

THÈSE DE DOCTORAT

de l'Université de Recherche Paris Sciences et Lettres
PSL Research University

Préparée à l'École Nationale Supérieure des Métiers de
l'Image et du Son (La Fémis)

La continuité stéréoscopique : correspondances et discontinuités

École doctorale n°540

ÉCOLE DOCTORALE TRANSDISCIPLINAIRE LETTRES/SCIENCES

Spécialité SACRe, Cinéma

Soutenue par **ESTHER JACOPIN**

le **02 décembre 2017**

Dirigée par **Giusy PISANO, Jeanne
GUILLOT et Sabine LANCELIN**

COMPOSITION DU JURY :

Mme PISANO Giusy
ENS Louis-Lumière, Directrice de thèse

Mme GUILLOT Jeanne
Stéréographe et directrice de la photographie
Co-directrice de thèse

Mme LANCELIN Sabine
Directrice de la photographie, Co-directrice de thèse

M. AMIEL Vincent
Université Paris 1, Président du jury

M. BARNIER Martin
Université Lyon 2, Rapporteur

M. MOUËLLIC Gilles
Université Rennes 2, Rapporteur

M. GRAIN Sylvain
Producteur et stéréographe, Membre du jury

LA CONTINUITÉ STÉRÉOSCOPIQUE :

CORRESPONDANCES ET DISCONTINUITÉS

Esther JACOPIN

02 décembre 2017

Remerciements

Je remercie Mme Giusy Pisano d'avoir accepté de diriger cette thèse, m'apportant un appui sans faille pendant ses trois années de doctorat, me permettant de tracer ma route dans le dédale institutionnel et guidant mes premiers pas au sein de la recherche universitaire.

Je remercie chaleureusement Jeanne Guillot et Sabine Lancelin pour leur confiance, leur bienveillance, leurs lectures minutieuses ainsi que leurs précieux conseils.

Je tiens à remercier vivement Messieurs les Professeurs Vincent Amiel, Martin Barnier et Gilles Mouëllic, ainsi que Monsieur Sylvain Grain pour avoir accepté de siéger dans ce jury.

Je remercie Pascal Martin pour son accompagnement à l'occasion des premières expériences pratiques, depuis les tournages avec les étudiants de l'ENS Louis-Lumière à Clermont-Ferrand jusqu'à celui de *Surveillance*.

Je souhaite renouveler ma gratitude envers les techniciens et les comédiens, pour la plupart jeunes professionnels, qui ont participé bénévolement aux deux films qui accompagnent cette recherche. Leur réalisation n'aurait pas été possible non plus sans le soutien des partenaires industriels : Binocle 3D, Parallell Cinema et le laboratoire Ymagis-Éclair.

Je profite de cette page pour remercier du fond du cœur Nadine qui, pour ainsi dire, a vécu ces sept dernières années au rythme de mes cours, de mes tournages et de mes travaux d'écriture, suivant mes premiers pas de scripte puis mon incursion dans le monde universitaire où elle a baigné durant toute sa vie professionnelle, m'apportant en toutes circonstances son soutien et prêtant une oreille attentive à mes histoires, à mes déboires, à mes réussites et à mes difficultés.

Je remercie mes parents pour leur soutien qui dure depuis maintenant de plus de vingt-sept ans : mon père, qui a su me secouer quand il le fallait et ma mère, pour ses relectures attentives.

Cette recherche a bénéficié d'un contrat doctoral de l'université Paris Sciences et Lettres. Je la remercie de m'avoir permis de mener cette étude dans les conditions idéales pour une jeune chercheuse.

Les deux courts métrages qui accompagnent ce travail ont été encouragés et financés par le Labex Arts-H2H/ENS Louis-Lumière (*Surveillance*, 2016) et La Fémis (*Espace, Espaces !*, 2017) et ont été tournés avec les moyens techniques des deux écoles.

Table des matières

INTRODUCTION	9
PREMIÈRE PARTIE	14
Correspondances entre cinéma, arts et sciences	14
Chapitre 1. La continuité apparente au cinéma	16
Technique : les mécanismes à la source	16
La perception visuelle : une opération de synthèse	17
Divisions et multiplications : discontinuités	20
Trois critères : répétitions, raccords et chevauchements	21
Variations sur le temps dans Je t'aime, je t'aime d'Alain Resnais	25
Chapitre 2. L'enchaînement intelligible de l'espace-temps filmique	29
Géométrie	30
Assemblages	34
Lissage	41
Premier bilan sur la notion de continuité au cinéma	48
Chapitre 3. La continuité au carrefour des sciences et des arts	50
La médecine	51
La géographie	52
Les mathématiques : une approche spatiale de la continuité	53
La critique du modèle spatial de Cantor-Dedekind	58
Temps et durée : Henri Bergson	60
Michel Foucault et l'histoire	62
La musique	63
L'architecture	68
DEUXIÈME PARTIE	75

De la stéréopsis à la stéréoscopie	75
Chapitre 4. Savoirs et techniques optiques de reproduction de la stéréopsis	78
Les apports de la géométrie et de l'optique	81
Convergences entre sciences et arts : l'héritage de la Renaissance	85
Disparités et fusions dans la vision binoculaire humaine	86
Les indices monoculaires	88
Les premiers dispositifs stéréoscopiques	94
Stéréoscopie et prise de vues animées : premières associations	99
Chapitre 5. L'arrivée de la stéréoscopie au cinéma	103
Les images en 3D stéréoscopique	107
<i>Les spécificités de l'image 3Ds</i>	110
<i>Les implications physiologiques de la stéréoscopie</i>	112
La conquête de la convergence : pour une « meilleure » continuité visuelle	114
L'évolution des systèmes de prise de vues en 3Ds	116
L'arrivée des outils numériques au secours de la stéréoscopie	122
Les systèmes de diffusion en 3Ds	126
Chapitre 6. De la continuité dans les films en 3Ds	134
Variations stéréoscopiques pour un plan	134
Plusieurs plans, différentes amplitudes stéréoscopiques	136
Divisions et multiplications stéréoscopiques en soutien au scénario	138
Rupture versus lissage stéréoscopique : les enjeux du « raccord relief »	143
Espace et stéréoscopie	149
De la lenteur	152
Fusions spatio-temporelles	153
TROISIÈME PARTIE	158
Pour une continuité stéréoscopique	158

Chapitre 7. Continuités et discontinuités des images 3Ds : héritages et influences artistiques	161
Aloïs Riegl : de la continuité tactile à la discontinuité optique dans l'Antiquité	164
Heinrich Wölfflin : style linéaire et style pictural à la Renaissance	167
Pina	171
Every Thing Will Be Fine	175
Coraline	179
Chapitre 8. Premières expériences stéréoscopiques	188
Première expérience 3Ds : l'Atelier 3Ds des étudiants de l'ENS Louis-Lumière à Clermont-Ferrand	188
Deuxième expérience : le court métrage Endless Night au sein du programme « Action 3Ds »	192
Chapitre 9. Vers de nouvelles formes de la continuité stéréoscopique ?	198
Surveillance (cm, 2016) : la stéréoscopie, un art trompeur	198
<i>Manipuler les réglages stéréoscopiques</i>	200
<i>Jouer avec la paire stéréoscopique</i>	203
<i>Associer le cinéma et la 3Ds</i>	206
<i>Mettre en scène les effets stéréoscopiques dans une fiction</i>	208
<i>Résultats et perspectives</i>	212
Espace, Espaces ! (cm, 2017) : le principe des variations continues dans le court métrage	214
<i>Le principe des variations continues d'après Iannis Xenakis, point de départ théorique du projet</i>	215
<i>L'espace comme point de départ créatif : le choix du décor</i>	216
<i>Les variations continues comme structure du scénario</i>	218
<i>Intégrer les variations continues à la production du film</i>	219
<i>Notes sur l'intégration du son au sein des variations continues de Espace, Espaces !</i>	223
<i>Discussion</i>	226
CONCLUSION	237

La leçon de Méliès	238
La continuité apparente de la stéréoscopie au cinéma	243
Retour sur la pratique : bilan et perspectives	247
BIBLIOGRAPHIE	252
Index des œuvres	264
Index des noms propres	264
Index des notions	266
Table des figures	267

INTRODUCTION

En tant qu'étudiante scripte, l'habitude vint rapidement, lorsque famille et amis posaient des questions sur les fonctions de la scripte¹, de répondre qu'il s'agissait de la personne responsable de la continuité narrative et temporelle du film sur lequel elle travaillait. Au cours de l'apprentissage à La Fémis, cependant, demeura le sentiment de ne faire qu'effleurer le sujet de la « continuité », sans parvenir à cerner précisément ce en quoi consistait le principal sujet de préoccupation des scriptes, ce qui fait notre « corps de métier », pour en tirer des vérités générales. Dans l'imaginaire collectif, la continuité recouvre essentiellement des enjeux de montage. Il suffit de quelques instants pour réaliser qu'envisager la continuité sous l'angle du montage ne suffit pas à considérer le phénomène dans toute sa dimension : si les éléments peuvent s'assembler au montage de la façon qui correspond à celle souhaitée par le réalisateur (ou, du moins, qui en est la plus proche), c'est bien qu'on y a réfléchi auparavant et qu'on a apporté les éléments nécessaires à leur assemblage. Sinon, pourquoi aurait-on besoin des scriptes ?

Ces questions d'assemblage furent petit à petit apprivoisées au cours des trois années d'études au sein du Département Scripte à La Fémis, pour faire en sorte de les avoir toujours en tête pendant le tournage. Lorsqu'il fallut conclure cet apprentissage triennal, mesurant la prolifération des effets visuels, c'est encore cette question d'assemblage qui se posa : puisque les effets visuels sont réalisés en post-production, comment la scripte peut-elle continuer à assurer la continuité d'éléments dont la production est dissociée de la période dévolue à son activité ? Cette question pouvait bien interroger une étudiante inexpérimentée, mais dans la profession on considérait la question des VFX comme déjà résolue et donc résolue. Les problématiques modernes touchaient à la « 3D ». Il ne fallut pas attendre l'issue des deux journées d'intervention de la stéréographe et réalisatrice Joséphine Derobe, accompagnée par la scripte Magali Frater pour se rendre à l'évidence : la 3D stéréoscopique (3Ds) donne à voir des images et une représentation de l'espace que l'on n'avait jamais eu l'occasion d'observer jusque-là, laissant entrevoir autant de possibilités que d'interrogations.

Comme l'explique Bernard Mendiburu, la stéréoscopie au cinéma apporte son lot de nouvelles problématiques : « il y a une limite à l'intensité du relief que nous pouvons exploiter dans la salle. [...] Il n'y a pas que les scènes et les images qui nécessitent d'être adaptées à la 3D, le rythme du montage et les effets visuels doivent l'être aussi.² » Par

¹ Ce métier est essentiellement exercé par des femmes en France, raison pour laquelle ce terme sera associé au genre féminin. En espérant que les « script-boys » ne nous en tiendront pas rigueur...

² MENDIBURU Bernard, *Produire des images en relief 3Ds*, Paris, INA, coll. « INA expert », 2011, p. 14.

conséquent, la stéréoscopie a un impact sur la continuité. Comment se traduit l'incidence de la prise de vues stéréoscopiques sur le film ? Assisterait-on à l'émergence d'une continuité particulière aux films en 3Ds, une *continuité stéréoscopique* ? Nos premières recherches sur le cinéma en 3D stéréoscopique nous avaient permis de réfléchir à l'impact de la stéréoscopie sur les méthodes de travail de la scripte. Ce travail fournit l'occasion de commencer à appréhender le fonctionnement de la 3Ds au cinéma. Ces rudiments techniques ont permis d'aborder la relation entre scripte et stéréoscopie sur le plan technique : identifier les données à recueillir afin d'assurer la transmission des informations relatives à la stéréoscopie (en adéquation avec les intentions du metteur en scène), élaborer de nouveaux documents destinés à transmettre ces informations. Le travail fut ensuite élargi à l'analyse des choix des réglages stéréoscopiques et de leur enchaînement par le montage en relation avec la narration. Toutefois, ce travail s'appuyait sur des images finies, intégrées au film terminé. Par conséquent, il présentait des limites : les exemples fournis étaient restreints aux films étudiés. Il manquait à cette démarche l'analyse à travers un modèle stable et général : il fallait pour cela définir la continuité.

Un film allie à la fois des images et des sons. L'association de deux éléments (au moins) de natures différentes renvoie à la figure de la « correspondance », telle que Baudelaire l'a définie dans son sonnet éponyme :

« [...] Comme de longs échos qui de loin se confondent
Dans une ténébreuse et profonde unité,
Vaste comme la nuit et comme la clarté,
Les parfums, les couleurs et les sons se répondent. [...]»³

Les images et les sons d'un film, se confondent parfois dans un seul et même plan ou bien se font écho d'une séquence à l'autre selon les intentions du metteur en scène. Autrement dit, les éléments d'un film se déploient dans l'espace et dans le temps. La stéréoscopie, lorsqu'elle est associée à la prise de vues, fait partie du processus de tournage et devient indissociable du film. Ce caractère intrinsèque de la stéréoscopie amène à la considérer comme un élément à part entière au sein du film. Avec la stéréoscopie, l'espace trouve un mode de représentation original. Son association à la temporalité à l'œuvre dans le cinéma ouvre la porte à des possibilités artistiques

³ BAUDELAIRE Charles, « Correspondances », *Les Fleurs du Mal*, Gallimard, coll. « Poésies », 1996, p. 40.

inédites. Par endroits, cet état de fait pose davantage de questions qu'il n'apporte de réponses. En écho aux problématiques formulées par Bernard Mendiburu, Wim Wenders affirmait à la sortie de *Pina* (2011) : « il faut abandonner tout ce qu'on sait de l'écran : d'une certaine façon, il n'existe plus et devient une fenêtre à travers laquelle on regarde dans la profondeur⁴ ». Comment tirer parti des éléments visuels apportés par la stéréoscopie pour les intégrer au mieux au film ?

Si, comme le suggère Wim Wenders, cette question nécessite de mettre de côté nos habitudes de réalisation cinématographique, voire de faire table rase pour partir d'une page blanche, par où commencer ? L'espace et le temps, deux éléments essentiels à la stéréoscopie et au cinéma, ne leur sont pas exclusifs. D'autres formes d'art, par exemple l'architecture et la musique, prennent en compte ces notions pour la création des œuvres.

Quels avantages pourrait-on tirer à établir des systèmes de *correspondances* entre le cinéma en 3Ds, l'architecture et la musique afin de favoriser et d'enrichir la construction de la *continuité stéréoscopique* ?

Nous nous emploierons d'abord à définir les notions au cœur de cette recherche. Il est nécessaire de commencer par examiner la continuité, pour tenter enfin d'en proposer une définition. Dans l'optique de tracer les contours d'un modèle général de la continuité, nous chercherons dans un premier temps à identifier les invariants qui trouvent une application récurrente dans les films de fiction. Cette approche permettra de poser cette notion consubstantielle au cinéma en regard avec l'intelligibilité des œuvres, qui reste la finalité de tout réalisateur dans sa démarche créatrice. Pourtant, l'intelligibilité recouvre des problématiques en étroite relation avec la notion de continuité qui dépassent le seul domaine du cinéma et ne peuvent être envisagées sans considérer aussi la discontinuité. Ces deux concepts sont, en effet, essentiels à l'élaboration des connaissances dans des disciplines aussi éloignées (mais en *apparence* seulement, comme le montrera notre étude), que la médecine et la musique. Continuité et discontinuité seront ainsi l'occasion de mettre *en correspondance* des domaines artistiques et scientifiques pour approfondir la définition de la continuité au cinéma.

Nous aborderons ensuite la stéréoscopie au cinéma, où la question de la continuité revêt un enjeu technique et esthétique majeur. L'étude de la vision humaine et du développement des connaissances des mécanismes visuels et perceptifs révéleront l'origine de la stéréoscopie et, dans le même temps, retraceront l'évolution des appareils

⁴ WENDERS Wim, cité par CIMENT Michel, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, n°602, avril 2011, p. 32.

optiques qui façonnent aujourd'hui la prise de vues en 3Ds. Ce socle de connaissances psycho-physiologiques et technologiques sera réinvesti dans l'analyse de la continuité en regard des productions en 3Ds contemporaines. Le modèle de la continuité préalablement défini dans la première partie sera d'abord analysé dans l'impact que la stéréoscopie a sur l'agencement temporel des films. Nous élargirons ensuite notre étude au travers de *correspondances* entre les arts, afin d'examiner les règles de composition spatiale qui président aux images en 3D stéréoscopique.

Cette recherche, menée par l'idée de *correspondances* entre différents domaines artistiques, se conclura par les comptes rendus des expériences pratiques réalisées dans le but d'apporter des éléments de réponse à la problématique formulée plus haut. Ce parcours, de la théorie à la pratique et vice-versa, devrait permettre d'ouvrir, nous l'espérons, une voie pour de fructueuses explorations dans le champ de la continuité stéréoscopique, qui reste un domaine encore peu exploré.

PREMIÈRE PARTIE

Correspondances entre cinéma, arts et sciences

Lorsqu'on ouvre un dictionnaire généraliste pour consulter la définition de « continuité », elle se résume à ce qui est *ininterrompu*. Les occurrences (plus ou moins nombreuses) sont répertoriées selon deux axes. Il y a d'une part le *temps* (« qui n'est pas interrompu dans le temps⁵ ») et d'autre part, l'*espace* (« état de ce qui est d'une seule tenue⁶ »). Les films n'ont pas tous la même durée, ce qui constitue un critère de différenciation (par exemple dans les festivals ou dans le système d'aide à la production en France). La plupart des films relatent par ailleurs des événements captés à des moments différents d'une même journée, ou bien répartis sur plusieurs journées, successives ou non. De prime abord, un film est donc temporel. Un film, ensuite, est constitué de sons et d'images. La composition de ces dernières s'organise selon des limites définies en hauteur et en largeur : c'est le cadre. Dans cet espace bi-dimensionnel, on voit dans la majorité des cas plus d'un décor filmé, qui sont autant d'espaces différents. Un film est donc aussi spatial, selon plusieurs régimes : le cadre et les différents espaces enregistrés dans celui-ci. En tant qu'objet temporel et spatial (voire multi-spatial et multi-temporel), on peut présumer qu'un film peut être sujet à continuité. Mais étant à la fois temporel et spatial, avec différents types de temps et d'espaces, il offre la possibilité d'une continuité multi-formes, selon différents critères. D'où cette question : quelles sont les formes de la continuité au cinéma ? Toutes ces formes doivent-elles être rigoureusement continues pour mériter l'appellation de continuité ?

Ces questions appellent une vaste étude, pour faire face à la diversité des formes cinématographiques. Le champ de recherche sera restreint au cinéma de fiction, en laissant les questions sonores de côté pour se concentrer sur l'image, afin de mettre en lumière les principes qui se voient remis en question par la stéréoscopie, qui touche directement à l'image, et que nous analyserons ensuite. L'objectif poursuivi est de définir la continuité dans le cinéma de fiction, en détaillant les éléments qui rendent possible l'appellation de « continuité » et en incluant les mécanismes de sa compréhension par les spectateurs. Pour compléter cette définition, il sera donc nécessaire de revenir sur les notions de continuité et de discontinuité élargies à d'autres disciplines.

⁵ *Le Petit Robert*, Paris, Le Robert, 2006, p. 530.

⁶ *Le Nouveau Littré*, Paris, Garnier, 2008, p. 357.

Chapitre 1. La continuité apparente au cinéma

On entend souvent dire que la scripte est, au cinéma, la personne qui, sur le plateau pendant le tournage d'un film, est « responsable de la continuité ». Mais qu'est-ce, au fond, que la *continuité* ? Certains ouvrages dédiés au vocabulaire du cinéma proposent une définition du terme « continuité »⁷. À l'inverse, d'autres ne proposent que l'adjectif « discontinu », affirmant que « le cinéma repose sur la discontinuité : d'une part entre les photogrammes successifs sur la pellicule, d'autre part entre les plans dans le montage.⁸ »

Le cinéma repose-t-il plutôt sur la continuité ou sur la discontinuité ? Il convient, avant de poursuivre, de revenir sur la relation entre ces deux notions au cinéma.

Technique : les mécanismes à la source

Le support d'enregistrement des images au cinéma fut argentique pendant des décennies, jusqu'à l'apparition du numérique à la fin des années 1990 qui a vu les premiers films tournés entièrement en numérique au début des années 2000. Les techniques de prise de vues numériques reproduisent le système éprouvé par l'argentique, qui fonctionne comme suit : le moteur de la caméra entraîne à la fois les rouages qui permettent de faire défiler la pellicule et un obturateur. Celui-ci laisse la lumière, préalablement passée au travers de l'objectif, atteindre par intermittence la surface photosensible de la pellicule. Cette *intermittence* permet d'enregistrer un certain nombre d'images par seconde de film. La vitesse a varié au cours des débuts du cinéma, avant d'atteindre une vitesse standard de vingt-quatre images par seconde. Cette vitesse permet d'obtenir des conditions de projection optimales. C'est ici qu'interviennent les facteurs perceptifs qui permettent au cinéma de fonctionner. Rappelons d'abord que le terme « cinéma » est l'abréviation de « cinématographe ». On pourrait s'étonner que Louis et Auguste Lumière n'aient pas donné leur nom à leur invention. En réalité, ils ont repris le terme

⁷ Voir AUMONT Jacques & MARIE Michel, *Dictionnaire théorique et critique du cinéma*, Paris, Nathan, 2001, et PINEL Vincent, *Dictionnaire technique du cinéma*, Paris, Nathan université, 1999 [1996], p. 88. Vincent Pinel fournit quatre occurrences du terme « continuité » en fonction (dans l'ordre) : de la préparation, de la post-production, du tournage et du montage.

⁸ JOURNOT Marie-Thérèse, *Vocabulaire du cinéma*, Paris, Nathan Université, coll. « Cinéma 128 », p. 27.

employé quelques années auparavant par Léon Bouly⁹ et qui évoque son fonctionnement, tant au niveau de ses caractéristiques mécaniques que de ce qu'elle produit : le terme grec « kinêmatos » signifie « mouvement » et le suffixe « graphe » est issu de « graphein », qui signifie en grec « écrire ». Littéralement, le cinématographe est le procédé qui « écrit le mouvement ». Avec vingt-quatre images par seconde, le cinéma fractionne les mouvements des sujets filmés par la caméra. Il est mécaniquement *discontinu*. Cependant, cette vitesse permet à la projection de lisser la discontinuité au point que les spectateurs ne perçoivent pas de manière individuelle les vingt-quatre images qui se succèdent à chaque seconde de film. Ils perçoivent au contraire un flux visuel ininterrompu. Ce sont les capacités perceptives et les caractéristiques cognitives de l'être humain qui permettent de transformer des éléments discontinus en un ensemble continu. Comment ces phénomènes connus fonctionnent-ils ?

La perception visuelle : une opération de synthèse

Deux phénomènes sont à l'origine de la continuité du mouvement des images perçue par les spectateurs. Le premier est connu sous l'expression « persistance visuelle ». Il intervient lorsqu'on atteint la capacité maximum des cellules visuelles à transmettre les changements d'états ou d'intensités au cerveau. Ce phénomène apparaît dès lors que la fréquence (pour une lumière par exemple) est supérieure à 50Hz. Sur un projecteur de cinéma, l'obturateur a pour fonction de masquer le défilement des images et d'éviter le scintillement. Pour chaque image projetée, l'obturateur intervient quatre fois. La première fois pour obturer l'escamotage d'une image à une autre, la deuxième fois pour projeter l'image, la troisième fois pour obturer l'image afin d'éviter le scintillement et la quatrième fois pour projeter de nouveau l'image. Chaque image se trouve ainsi projetée deux fois pendant 1/48^e de seconde, donc 1/24^e de seconde au total¹⁰. L'obturateur agit quatre fois pour chaque image : la fréquence de projection est égale à 96Hz. L'obturateur existe toujours tel quel dans une caméra numérique. En revanche, dans un projecteur numérique de cinéma, l'obturateur en tant que tel a disparu. À sa place, une dalle constituée d'une multitude de micro-miroirs mobiles (commandés

⁹ Léon Bouly avait déposé en 1892 un brevet intitulé : « Appareil photographique instantané pour l'obtention automatique et sans interruption d'une série de clichés analytiques du mouvement ou autres dit le "Cinématographe" ». Voir à ce sujet SOULARD Robert, « Le cinématographe Bouly », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, tome 16, n°4, 1963, pp. 317-322. Version numérisée disponible à l'adresse : www.persee.fr/doc/rhs-0048-7996_1963_num_16_4_4467.

¹⁰ WYN Michel, *Le cinéma et ses techniques*, Paris, Éditions Techniques Européennes, 1964, p. 200. Voir aussi PINEL Vincent, *Techniques du cinéma*, Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1981, p. 81.

individuellement) renvoient ou non la lumière de la lampe du projecteur vers l'écran de cinéma. Les micro-miroirs sont répartis par trois, pour correspondre aux trois couleurs primaires (rouge, bleu et vert) et agissent individuellement pour chaque pixel de l'image. L'obturation ne s'opère donc plus pour l'image entière : elle est fragmentée autant de fois qu'il y a de pixels dans l'image. Elle est même fractionnée une seconde fois (proportionnellement à la quantité de rouge, de bleu et de vert) pour chaque pixel de l'image. Le mécanisme qui met successivement les miroirs en position « allumée » (qui réfléchit la lumière de la lampe) et « éteinte » opère plusieurs fois par seconde afin de projeter vingt-quatre images par seconde à une fréquence de 96Hz¹¹. Cette fréquence est supérieure à 50Hz, par conséquent notre œil n'est pas en mesure de distinguer les images les unes des autres.

Le second phénomène est le *mouvement apparent*. Il est dénommé comme tel par les psychologues et doit être distingué de l'effet-phi. Le mouvement apparent est le résultat de la succession temporelle d'images fixes, autrement dit celle des photogrammes. Éric Castet résume ainsi le phénomène :

« [...] bien qu'aucune forme visuelle ne soit présentée aux positions spatiales situées entre X1 et X2, les sujets ont pourtant l'impression que ces positions ont été successivement occupées par le stimulus. Cette particularité explique pourquoi le mouvement est qualifié d'apparent. Par opposition, on parle de mouvement "continu" lorsqu'un stimulus s'est vraiment déplacé entre deux points de notre environnement, c'est-à-dire lorsque le stimulus a été physiquement présent à toutes les positions se trouvant entre ces deux emplacements.¹² »

Dans le cas du mouvement apparent, les figures perçues aux positions intermédiaires entre X1 et X2 sont physiquement identiques (en couleur et en texture, par exemple) aux formes visuelles situées aux positions X1 et X2. Prenons par exemple un homme, filmé debout, qui bouge l'un de ses deux bras de haut en bas. Il est clair que les vingt-quatre photogrammes ne permettent pas de représenter toutes les positions du bras en mouvement. Les spectateurs ont l'impression que le bras bouge effectivement parce que la forme qu'ils perçoivent *entre deux photogrammes* est identique à celle du bras de

¹¹ Sur le fonctionnement complet de la projection numérique au cinéma, voir TOURNIER Maurice, *Le cinéma côté cabine*, Cassis, Éditions MT COM, 2011, pp. 213-255.

¹² CASTET Éric, « La perception visuelle du mouvement », in BOUCART Muriel, HÉNAFF Marie-Anne, BELIN Catherine (dir.), *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, Marseille, SOLAL, coll. « Neuropsychologie », 1998, p. 187.

l'homme filmé, tel qu'il est représenté sur le photogramme X1 et sur le photogramme X2. Il en va de même pour tous les photogrammes suivants. Ce phénomène se produit lorsque les formes visuelles sont montrées avec un intervalle optimal compris entre 50 ms et 60 ms. L'effet-phi est, quant à lui, considéré comme un mouvement pur, sans objet¹³. L'observateur perçoit un halo autour des formes visuelles aux positions X1 et X2, et mouvant entre les positions X1 et X2. Dans notre exemple de plan d'un homme dont le bras bouge, ce halo se matérialiserait autour du bras mouvant, puis le spectateur aurait l'impression que ce même halo se déplace entre les positions successives occupées par le bras sur les photogrammes X1 et X2, ainsi que sur les photogrammes suivants. Ce phénomène se produit lorsque l'intervalle entre deux photogrammes est compris entre 30 ms et 50 ms (à cet intervalle, le spectateur a l'impression que les stimuli apparaissent simultanément).

Il faut bien admettre que, d'un point de vue mécanique, le cinéma repose sur la discontinuité entre les photogrammes, comme l'a relevé Marie-Thérèse Journot. Si l'on considère, comme on vient de l'expliquer, les limites neurophysiologiques de l'œil humain, associées aux aspects psychologiques de la perception visuelle, le défilement de vingt-quatre images par seconde, projetées à une fréquence de 96Hz, ne permet pas à l'être humain de distinguer les photogrammes les uns des autres et fait paraître les mouvements filmés ininterrompus. La technique cinématographique produit de cette façon une synthèse entre ce qui est discontinu et ce qui est continu, pris au sens strict du terme : « composé de parties non séparées ; perçu comme un tout¹⁴ ». C'est pourquoi nous sommes amenés à reformuler partiellement la définition de Marie-Thérèse Journot pour affirmer, par analogie avec le mouvement apparent, que le cinéma repose sur la *continuité apparente* des photogrammes successifs. Chacun sait cependant que le cinéma n'est pas seulement la succession de photogrammes par entraînement mécanique. Qu'en est-il de la continuité en dehors des aspects techniques et perceptifs du cinéma, plus particulièrement dans les films de fiction ? Cette question nécessite d'élargir la comparaison de la continuité avec son opposé, la discontinuité, à chacune des étapes de production d'un film, en passant notamment par le filtre de la *continuité apparente*, afin de dégager les critères de manifestation de la continuité dans un film de fiction.

¹³ STEINMAN Robert M., PIZLO Zygmunt & PIZLO Filip J., « Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution », *Vision Research*, 2000, n°40, p. 2263.

¹⁴ *Le Petit Robert*, Paris, Le Robert, 2006, p. 530.

Divisions et multiplications : discontinuités

Les phénomènes techniques et perceptifs liés au mouvement apparent, qui caractérisent la continuité que l'on a qualifiée d'apparente, se manifestent lors de l'enregistrement puis de la projection. Or, ni l'un ni l'autre ne sont la première étape de fabrication d'un film.

Avant l'enregistrement des images, l'écriture d'un scénario est généralement la première étape dans la production d'un film de fiction. C'est le cas aussi bien pour un court métrage qu'un long métrage. Si l'on se concentre sur l'histoire lexicale du cinéma, le terme de « continuité » est associé en premier lieu au scénario : on retrouve l'expression (aujourd'hui inusitée dans le milieu professionnel) de « continuité dialoguée », pour désigner l'« état du scénario qui précède le découpage technique¹⁵ » et « qui permet d'enrichir le traitement en développant chronologiquement les fragments d'action, en mettant au point le détail de chaque scène et en précisant le dialogue.¹⁶ » Cette définition correspond aujourd'hui à ce qu'on désigne plus largement comme étant le scénario du film. Un scénario contient dans la majorité des cas plusieurs séquences, numérotées de manière croissante. La règle veut que chaque changement de décor implique un changement de séquence dans le scénario. Les en-têtes de chacune des séquences contiennent des indications spatiales (par exemple « intérieur » et « extérieur », suivi du décor précis) et temporelles (les plus fréquentes sont « jour » et « nuit »). Ces indications seront reportées sur le clap au moment du tournage. Lors du tournage, la division numéraire du scénario se trouve subdivisée par les numéros des plans et des prises, inscrits sur le clap. Le film de fiction se trouve ainsi doublement divisé de manière numéraire, permettant de dissocier des éléments temporels et spatiaux constitutifs de l'histoire racontée.

À la fin du XIX^e siècle, la plupart des premières vues cinématographiques se contentaient de capter l'action enregistrée avec une caméra éloignée de la scène, qui filmaient en plan d'ensemble. Un peu plus tard, certains cinématographistes¹⁷ se sont essayés à rapprocher la caméra de l'action et des comédiens. Ce fut le cas, par exemple, du plan serré sur une bouteille de poison dans *The Medicine Bottle* (1903) de David Wark Griffith (1875-1948). Cet exemple relate un usage ponctuel de plan rapproché. Il

¹⁵ MITRY Jean, *Dictionnaire du cinéma*, Paris, Larousse, 1963, p. 64.

¹⁶ PINEL Vincent, *Dictionnaire technique du cinéma*, *op. cit.*, p. 88.

¹⁷ Ce terme est aujourd'hui répandu parmi les historiens du cinéma, qui défendent l'emploi des termes « cinématographe » pour désigner le cinéma des premiers temps et « cinématographiste » pour désigner les opérateurs de l'époque. Voir notamment GAUDREAULT André, *Cinéma et attraction - Pour une nouvelle histoire du cinématographe*, Paris, CNRS Éditions, 2008.

n'est pas généralisé à l'époque et, dans le cas de D.W. Griffith, le réalisateur fut malgré tout réticent à abandonner le point de vue frontal pour filmer la scène et à adopter des axes de caméra de biais, en particulier pour mettre en œuvre des champs-contrechamps¹⁸. Noël Burch, dans son ouvrage *La lucarne de l'infini*¹⁹, rappelle que pour Georges Méliès, qui débuta comme magicien au théâtre, la position de la caméra face à la scène reproduit celle d'un spectateur assis au théâtre. Toute autre position de la caméra (surtout si elle est rapprochée de l'action) aurait brisé cette règle théâtrale. Cela était donc inconcevable. Par la suite, le déplacement de la caméra dans l'espace de la scène, pour capter des portions de tailles variables de l'action, se généralisa. L'évolution du matériel utilisé permit au fil du temps d'accroître les possibilités visuelles : la distance focale des objectifs (fixe ou variable grâce à l'utilisation d'un zoom), les mouvements de la caméra (sur l'axe horizontal avec un panoramique, sur l'axe vertical à l'aide d'une grue ou d'une Dolly et en profondeur avec un travelling) et les conditions de tournage (à toute heure du jour ou de la nuit, en intérieur comme en extérieur). Il suffit d'aller voir un film pour constater la variété des axes de prise de vues et des échelles de plans, du très gros plan au plan de grand ensemble.

Les combinaisons des éléments spatio-temporels d'un film de fiction sont multiples et le scénario divisé en séquences n'est pas, à première vue, « d'un seul tenant ». Le fait que le scénario développe des « fragments d'action », eux-mêmes fractionnés en plusieurs plans, vient s'ajouter aux divisions spatio-temporelles évoquées précédemment. Pourtant, lorsqu'on achève la lecture d'un scénario ou la vision d'un film, on a le sentiment d'un même objet, unique et entier. On peut alors avancer le présupposé suivant : de même que la discontinuité des photogrammes est effacée par l'action conjuguée de la technique et de la perception visuelle, des éléments atténuent les discontinuités liées aux modes d'écriture du scénario et aux techniques de réalisation d'un film.

Trois critères : répétitions, raccords et chevauchements

En introduction de cette partie, il a été suggéré que le phénomène du mouvement apparent est possible, car les formes présentes sur les photogrammes d'une part et celles

¹⁸ Voir MOURE José, « Le champ-contrechamp : archéologie d'une figure du découpage », in AMIEL Vincent, MOUËLLIC Gilles & MOURE José (dir.), *Le découpage au cinéma*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, coll. « Le Spectaculaire », 2016, pp. 261-281. Nous reviendrons sur le champ-contrechamp au chapitre 2.

¹⁹ Voir BURCH Noël, *La lucarne de l'infini*, Paris, Nathan Université, 1991, pp. 158-161.

perçues entre les photogrammes d'autre part sont identiques. Cette observation vaut également pour un scénario de fiction : la présence répétée d'un décor, d'un personnage ou d'un objet par exemple d'une séquence à l'autre, empêche une rupture complète dans la succession des « fragments d'action » développés dans chaque séquence. Le second niveau de division identifié, celui de chaque séquence en plans différents lors du tournage, est élaboré de manière à être reproduit au montage. D'où la nécessité de répéter les éléments présents dans le scénario à *l'identique*, ce à tous les niveaux de divisions : d'une prise à l'autre, d'un plan à l'autre et d'une séquence à l'autre. Cet état de fait est bien connu des scriptes et des équipes de tournage sous le nom de « raccord ». Sylvette Baudrot dresse ainsi la liste des « 7 R²⁰ » auxquels une scripte doit porter attention :

- « - Raccord dans l'axe ;
- Regards ;
- Rentrée et sortie de champ ;
- Réflexion dans un miroir et 180° ;
- Retournements ;
- Raccord geste sur parole ;
- Rythme déplacements.²¹ »

Parmi les raccords listés par Sylvette Baudrot, les regards relèvent de la façon dont les plans sont assemblés au montage. Les six autres raccords sous-entendent la multiplicité des plans au tournage, d'où la nécessité que certains éléments restent inchangés pour paraître continus une fois le film terminé. Lorsque l'assistant-réalisateur lance : « on fait les raccords et on la tourne ! », il enjoint l'équipe à vérifier une dernière fois que tout est bien identique à son état enregistré précédemment dans une prise, un plan ou une séquence. Cette annonce concerne le plus souvent le maquillage et les costumes (qui sont le plus sujet aux contingences du tournage). Elle vaut également pour des accessoires, une direction de lumière ou encore une ambiance sonore. Pendant l'enregistrement, c'est au tour des comédiens de reproduire leurs répliques, leurs gestes, le rythme de leurs mouvements dans tous les plans d'une même séquence pour être « raccord ». Le terme de « raccord » qualifie, à ce stade, l'immutabilité parmi la diversité des matériaux du film. Il faut que l'intégralité des portions filmées d'une séquence puisse

²⁰ Sylvette BAUDROT et Isabel SALVINI, *La Script-girl Cinéma/Vidéo*, Paris, La Fémis, 1989, p. 82.

²¹ *Ibid.*

s'assembler au montage. Il faut pour cela qu'au moment du tournage les plans captent bien les « fragments d'action » développés dans le scénario selon les souhaits du metteur en scène. Les seuls critères de répétition et de raccord ne suffisent pas à en assurer l'assemblage. Si les plans « couvrent » l'action et le dialogue d'une séquence les uns à la suite des autres, il sera très difficile de les assembler de manière à ne pas interrompre le flux de l'action qui traverse les plans. Les spectateurs percevraient comme des micro-coupures à chaque enchaînement entre deux plans. C'est pourquoi, lors du tournage des plans, on prend garde à ce que les portions filmées se chevauchent les unes les autres, c'est-à-dire que la dernière action (ou la dernière phrase dite) à la fin d'un plan soit également filmée dans le plan qui en filmera la suite.

Une méthode admise par la majorité des scriptes consiste à couvrir les pages du scénario par des segments. C'est un moyen graphique de représenter les plans filmés. Le segment débute sur le scénario, à l'endroit où est décrite la première action ou la première ligne de dialogue filmé. Il s'arrête, de la même manière, avec la dernière action ou la dernière ligne de dialogue du plan tourné. En général, une portion du segment en zigzag signale ce qui était filmé, mais se trouvait hors-champ. À côté de chaque segment est indiqué le numéro du plan. Par cette représentation graphique sur les pages du scénario, on voit clairement les jonctions entre les plans. Elles constituent autant de possibilités d'assemblages lors de l'étape du montage : le fait de filmer deux fois au moins certaines actions ou certaines répliques d'un dialogue assure un « point de montage » possible, c'est-à-dire un moment où un plan peut être assemblé au montage avec (au moins) un autre. Annoté de cette façon, le scénario de la scripte représente à la fois les plans comme entités individuelles dissociées les unes des autres – soit leur caractère discontinu –, et leurs entrelacs possibles – soit la manière dont ils peuvent tenir ensemble –, formant ainsi un tout continu. Le chevauchement des éléments du film est lié au raccord au sens où un monteur l'entend : l'enchaînement entre deux plans. Ce dernier point sera examiné dans le chapitre suivant, car il renvoie aux moyens mis en œuvre pour faire comprendre la continuité.

Que dire cependant quand une séquence se déroule dans un lieu différent de la précédente, à un autre moment de la journée et avec d'autres personnages, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a aucun point commun visible ni audible entre deux séquences ? On retrouve l'emploi du terme « continuité » dans le théâtre, où toute scène inutile à

l'histoire doit être évitée afin de privilégier la continuité d'action²². Cette définition tolère les ellipses. Les scénaristes de cinéma s'inscrivent dans cette tradition : ils introduisent régulièrement des ellipses dans les scénarii des films de fiction. D'un point de vue strictement pratique, il serait difficile de mettre en place une histoire filmée (et, par conséquent, projetée) « en temps réel », qui se déroulerait sur plusieurs jours, plusieurs semaines, plusieurs mois ou plusieurs années, sans contraction ni rupture temporelle : le film n'en finirait pas. Les ellipses (au-delà du fait qu'elles évitent bien des difficultés techniques) font la force d'un film. L'un des attraits d'une intrigue policière n'est-il pas dans l'occultation du meurtre, qui surprend les personnages et, par la même occasion, les spectateurs ? L'ellipse est alors un moyen efficace pour créer cette surprise et installer le suspense : quand exactement la victime a-t-elle été tuée (et par qui) ? Bien qu'elles introduisent des ruptures temporelles dans le déroulement chronologique de l'action, les ellipses n'empêchent pas de maintenir entre eux des éléments temporellement distants. L'ellipse possède dès lors une force suggestive, laissant les spectateurs libres d'imaginer ou de prendre la mesure de ce qui s'est passé « entre temps ». Dans le film de Stanley Kubrick *2001: a Space Odyssey* (*2001, l'odyssée de l'espace*, 1968) un primate, après avoir tué un autre individu d'un groupe rival en le frappant avec un os, lance en l'air « l'arme du crime ». Un premier gros plan au ralenti montre l'os s'élevant et tournoyant dans l'air, depuis le bas du cadre, jusqu'à sortir en haut du cadre. Un second gros plan nous montre l'os qui « retombe », depuis le haut du cadre vers le bas. Ce second gros plan est coupé un peu avant que l'os ne sorte du cadre. Le plan suivant montre un vaisseau de forme longiligne (ainsi semblable à la forme de l'os du plan précédent) se déplacer en silence dans l'espace, depuis le haut vers bas du cadre. Les objets des deux plans ne sont pas identiques, mais leur forme reste semblable. La direction du mouvement dans le cadre se répète d'un plan à l'autre. Similitude et répétition permettent encore une fois de créer de la continuité malgré une ellipse de plusieurs dizaines de milliers d'années. Stanley Kubrick relie une période que les spectateurs n'ont pas connue à une période qu'ils ne connaissent pas encore (et qu'ils ne connaîtront probablement pas), leur laissant tout le loisir de mesurer tant le chemin parcouru que celui qui reste à parcourir avant de parvenir à construire des vaisseaux

²² La première édition du dictionnaire *Littre*, publiée en 1873, relève une application du terme « continuité » qui va dans ce sens, spécifique à la littérature théâtrale : « Règle qui veut que, dans une pièce de théâtre, l'action principale ne soit interrompue par aucun épisode non nécessaire. » Cette définition concerne le théâtre classique, qui reposait sur les règles d'unités de temps, de lieu et d'action. L'écriture théâtrale s'est, depuis, affranchie de ces règles.

permettant aux êtres humains d'effectuer des voyages spatiaux de longues distances²³. Cet exemple relate un usage ponctuel de l'*ellipse*. Pour clore ce chapitre, il faut revenir sur un film qui multiplie les périodes temporelles, au point que l'*ellipse* devient un élément essentiel au film.

Variations sur le temps dans *Je t'aime, je t'aime* d'Alain Resnais

Je t'aime, je t'aime, long métrage de fiction d'Alain Resnais (sorti en 1968) compte parmi les exemples de films français qui multiplient les époques temporelles, les ellipses et les répétitions. Le film montre des épisodes de la vie d'adulte de Claude Ridder, répartis sur plusieurs années d'existence. Après le décès de sa compagne Catrine, Claude Ridder tente de se suicider, mais il en réchappe. À sa sortie de l'hôpital, il est approché par des scientifiques pour servir de cobaye humain à leurs expériences de voyage dans le temps. La construction temporelle du film est régie à la fois par la narration et par un protocole d'expérimentation précis, qui induit une rigueur dans l'enchaînement des événements qui suivent. À l'arrivée de Ridder dans le laboratoire, le chef de service lui explique que le voyage ne dure qu'une minute, dans le passé uniquement, à un an d'intervalle. Le scientifique lui demande : « Où étiez-vous l'année dernière à cette époque ? – En vacances. Exceptionnellement cette année-là j'avais pris trois mois de vacances dans le sud de la France, dans le Midi. » Claude Ridder revit effectivement une minute de ses vacances dans le midi un an auparavant, mais le voyage du retour dérape. Il ne parvient jamais à revenir assez longtemps dans le temps présent pour que les scientifiques l'y fixent de nouveau. Ridder revit alors la minute de ses vacances dans le sud de la France de manière répétée, parfois à un moment légèrement différent. Ne parvenant pas à revenir définitivement dans le temps présent, Ridder erre dans sa propre existence, revivant d'autres minutes de sa vie, y compris le décès de Catrine, jusqu'à sa tentative de suicide qui cette fois-ci le tue bel et bien.

La minute que Claude Ridder revit scande le film. Elle sert de point de repère. Le scénario²⁴ précise pour chaque séquence la date à laquelle elle se situe. À l'exception de la journée où il sort de l'hôpital et arrive au centre scientifique de Crespel, aucune séquence n'est la suite directe de l'autre : l'*ellipse* préside à l'enchaînement des événements. L'information de la date, présente dans le scénario, n'est pas reproduite de

²³ Rappelons que Neil Armstrong, premier être humain à marcher sur la Lune, y arriva à l'été 1969, soit un an après la sortie de *2001, l'odyssée de l'espace*.

²⁴ BiFi BAUDROT-GU227-B80 et BAUDROT-GU228-B81.

manière visible ou audible dans le film, hormis celle de l'expérience : le 5 septembre 1967. Les spectateurs qui assistent à sa projection situent les événements par déduction, à partir de cette date et de quelques informations distillées dans les images (la rencontre avec Catrine par exemple) et les sons (une phrase indique le nombre d'années écoulées depuis que Claude et Catrine vivent ensemble, par exemple). Deux séquences successives se situant rarement la même année, elles ne se déroulent pas non plus dans le même lieu : le film repose sur la discontinuité spatio-temporelle. La répétition de certaines séquences, par exemple la minute du 5 septembre 1966, le décès de Catrine ou encore la Sphère dans laquelle Ridder ne cesse d'apparaître et de disparaître au gré de ses allées et venues dans le temps ; ainsi que de certains personnages de son environnement, permettent de tracer des liens entre tous les éléments du film et de reconstituer progressivement son existence. Comme Claude Ridder, le spectateur voyage de minute en minute. On comprend alors que ce n'est pas sa vie qui est le principal sujet du film, pas plus que les circonstances de sa tentative de suicide ou les conditions du décès de Catrine. Comme pour les scientifiques du centre de Crespel, c'est le temps qui est constamment évoqué dans le film, le point commun à toutes les séquences, à l'instar de celle où Claude Ridder s'ennuie à son bureau et décompte : « Trois heures. Encore trois heures à franchir. Il y a trois minutes il était déjà trois heures. Dans trois semaines il sera encore trois heures. Dans un siècle aussi. Le temps passe pour les autres, mais pour moi, seul enfermé dans cette pièce, il ne passe plus. Je suis hors-temps. Il est trois heures à tout jamais. » Les séquences sont courtes et peu découpées. Pour la majorité des séquences du film, un plan suffit à montrer l'action. Sur le scénario, Sylvette Baudrot n'a recouvert les pages que d'un seul trait : une séquence, un plan, une « minute » de la vie de Claude Ridder. C'est ainsi que dans *Je t'aime, je t'aime*, comme dans la plupart des films de fiction, les éléments communs entre deux ou plusieurs séquences successives tissent des liens qui effacent les différences et les divisions spatio-temporelles du récit au profit d'un flux ininterrompu.

Les facteurs de répétition, de raccord et de chevauchement permettent de tisser des liens entre tous les éléments disparates d'un film. Ils atténuent les divisions et les multiplications liées aux différentes technologies et techniques utilisées pour sa réalisation. De fait, lorsqu'elle examine les caractéristiques des structures narratives dans son ouvrage *Story Structure Architect*²⁵, Victoria Lynn Schmidt n'hésite pas à les représenter par des courbes ininterrompues :

²⁵ SCHMIDT Victoria Lynn, *Story Structure Architect*, Cincinnati, Writer's Digest Book, 2005, 302 p.



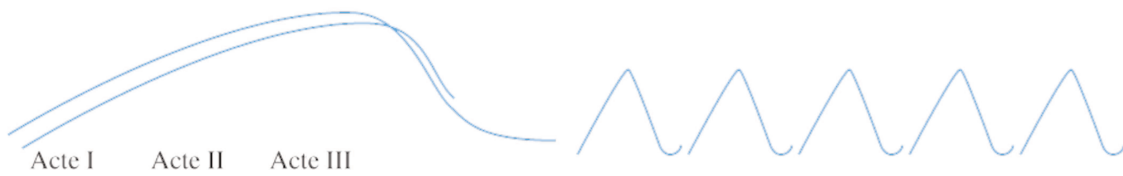
a. Structure traditionnelle

b. Structure « roller coaster »



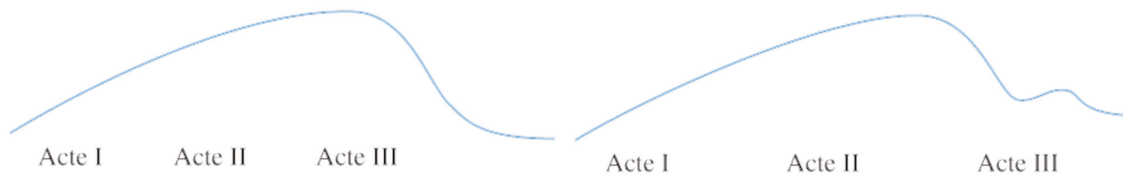
c. Structure « replay »

d. Structure « destin »



e. Structure parallèle

f. Structure à épisodes

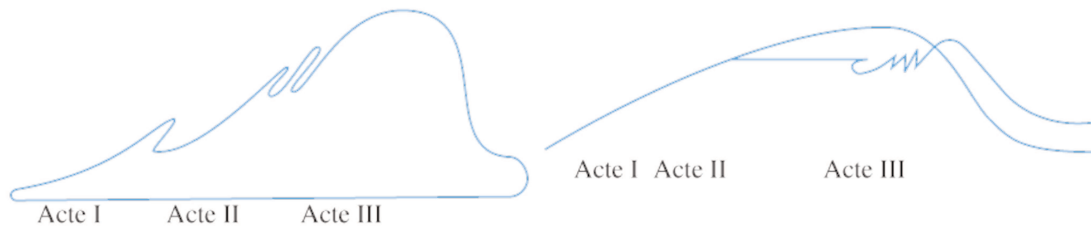


g. Mélodrame masculin

h. Mélodrame féminin

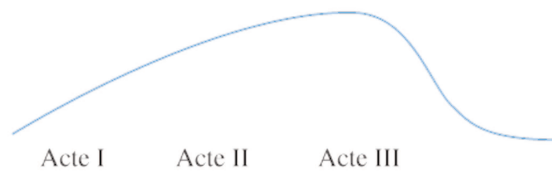


i. Romance

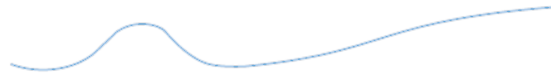


j. Voyage féminin

k. Voyage masculin



l. Voyage « Joseph Campbell »



m. Exemple de « portion de vie »

Fig. 1. Représentations graphiques des structures narratives²⁶

C'est la raison pour laquelle on élargira ici l'expression de *continuité apparente* pour l'appliquer à l'ensemble des films de fiction.

Dans ce chapitre nous avons exposé les éléments de discontinuité et de continuité les plus répandus dans un film de fiction. Ils sont liés à la manière la plus courante de faire des films, qui ne concerne cependant pas *tous* les films. Un metteur en scène réalise un film selon ses souhaits, avec des intentions variables selon sa personnalité et ses choix artistiques. Il s'adresse, au travers de son film, aux spectateurs. Quels moyens emploie-t-on pour s'assurer que les spectateurs vont s'approprier ce que le metteur en scène avait en tête à l'origine, et qu'il a tenté de mettre en forme avec le film ? Il faut maintenant poursuivre l'analyse de la continuité apparente dans les films de fiction en étudiant les moyens mis en œuvre pour transmettre aux spectateurs les intentions de la mise en scène.

²⁶ Reproduites d'après SCHMIDT Victoria Lynn, *Story Structure Architect*, *op. cit.*

Chapitre 2. L'enchaînement intelligible de l'espace-temps filmique

Revenons un instant sur le fonctionnement mécanique du cinéma. Que se passe-t-il dans le cas d'un défilement inférieur à vingt-quatre images par secondes ? Au-dessous de la fréquence d'un vingt-quatrième de seconde, l'image est subliminale. Elle n'apparaît pas assez longtemps pour que les cellules de la rétine captent la lumière associée et transmettent le signal au cerveau. En revanche le cerveau perçoit le message, ce qui engendra des craintes relatives à l'usage à mauvais escient (par exemple pour faire passer des messages politiques ou publicitaires) des images subliminales. La projection d'images successives nécessite donc un temps d'adaptation visuel et cérébral. Sans cette adaptation, que se passe-t-il ? Comme précédemment expliqué, le spectateur n'est pas capable de distinguer les images qui lui sont montrées. Par conséquent, la fréquence de défilement des images est nécessaire pour que le spectateur comprenne, au sens étymologique de « prendre avec lui », le contenu des images. Encore faut-il que ledit contenu soit lui-même compréhensible par les spectateurs. Georges Méliès l'avait bien compris lorsqu'il insistait, dans un texte paru en 1907 voué à donner un aperçu au public du fonctionnement du cinématographe, sur l'attention à porter à l'agencement de la scène et en particulier à la direction des comédiens afin « que le spectateur suive toujours de lui-même et sans fatigue la continuité de l'action principale interprétée par les personnages marquants²⁷ ». La « continuité » renvoie ici à l'intelligibilité pour le spectateur de l'enchaînement des événements enregistrés : « l'action principale » et « les personnages marquants ». Quelles sont les caractéristiques de cette forme de continuité, associée au cinéma de fiction ? Quelles sont les conditions nécessaires à son fonctionnement ?

Après avoir décrit dans le précédent chapitre les formes de la continuité apparente, il faut désormais s'intéresser à la continuité comme enchaînement intelligible. Si l'on considère que la notion de continuité est liée à l'espace et au temps, les méthodes employées couramment dans les films de fiction pour les rendre intelligibles sont : l'application de règles géométriques, l'assemblage et le lissage des éléments du film, qui trouvent tous leur aboutissement dans le montage.

²⁷ MÉLIÈS Georges, « Les vues cinématographiques », reproduit dans GAUDREAU André, *Cinéma et attraction - Pour une nouvelle histoire du cinématographe*, Paris, *op. cit.*, p. 220.

Géométrie

L'étude d'un espace (quel qu'il soit) et l'observation de son organisation mènent rapidement à faire des mesures, à comparer des distances, à calculer des angles ; autrement dit à mettre à jour ses particularités géométriques. C'est donc à travers des éléments de géométrie que l'on se propose d'étudier les modalités de compréhension de la continuité spatiale à l'œuvre dans les films de fiction. Rappelons pour commencer deux choses. Elles peuvent sembler évidentes, mais elles sont nécessaires pour la suite de cette étude.

Premièrement, le cinéma est un art audio-visuel. Le système de production des images est optique (à l'exception peut-être de certains procédés utilisés pour des films expérimentaux). Il convient dans un premier temps de revenir sur les divers paramètres optiques utilisés lors du tournage d'un film. La longueur focale est le principal paramètre optique d'un objectif. Elle joue un rôle dans la représentation de l'espace de deux manières : les proportions de l'espace et la profondeur de champ. Pour une échelle de plan identique sur un personnage, l'espace présent à l'arrière-plan sera moindre avec une longue focale. La profondeur de champ repose sur trois paramètres : la distance focale de l'objectif, l'ouverture du diaphragme et la distance qui sépare la caméra du sujet. À diaphragme égal, plus la distance focale d'un objectif est longue, plus la profondeur de champ sera restreinte.

Deuxièmement, un film de fiction est (en règle générale) composé de plus d'un plan. Chaque plan est caractérisé par la combinaison des paramètres optiques évoqués, qui ont un impact sur le résultat visuel final et, partant, sur la représentation de l'espace. Il s'agit de faire en sorte que cette représentation spatiale soit accessible aux spectateurs²⁸. Ces plans sont filmés depuis différentes positions dans l'espace de la séquence, avec des objectifs de longueurs focales différentes. Si, au cours d'une séquence, on utilise des objectifs de longueurs focales de plus en plus longues pour filmer des personnages à des valeurs de plus en plus serrées, la proportion d'image occupée par le personnage augmente. De cette façon, le regard du spectateur se porte naturellement sur l'objet ou le personnage qui occupe le plus de place dans le cadre. Ainsi, chaque plan enregistre une portion de l'espace de la séquence, de manière fractionnée, mais jamais l'espace en entier (à moins d'un dispositif de prise de vues à 360°, ce qui arrive rarement). L'espace, dans un film, est donc représenté de manière

²⁸ Encore une fois, cette affirmation est d'ordre général. Dans les faits, cette question est subordonnée aux volontés du metteur en scène. Celui-ci peut avoir décidé, pour diverses raisons, que *tout* l'espace ne serait pas *tout le temps* compréhensible.

discontinue. Pourtant, pour focaliser l'attention du spectateur, cette discontinuité est utile. Grâce à des plans rapprochés sur un personnage dont seule la portion d'espace qui le contient sera nette, le metteur en scène s'assure que le spectateur porte son attention sur lui. Ses gestes ou ses paroles peuvent contenir une information nécessaire à la compréhension du film, à l'inverse du passage fortuit d'une personne à l'arrière-plan ou de la couleur de la théière sur la table. Par conséquent les variables spatiales sont liées aux outils de captation de l'espace. Nous avons auparavant considéré l'impact de la longueur focale des objectifs utilisés sur l'échelle des plans tournés. Ces variables sont également liées à cet espace même, autrement dit au décor dans lequel on tourne une séquence. La disposition des éléments dans l'espace, tant de la caméra que des comédiens ou des accessoires, a aussi son importance pour la manière dont ils seront filmés (en gros plan ou en pied) pour rendre plus ou moins intelligibles aux spectateurs leurs relations.

Une situation récurrente, dans laquelle sont mis en œuvre tous les paramètres qu'on vient d'identifier, est celle d'une discussion. Lorsque deux personnages discutent l'un en face de l'autre dans un film de fiction, on observe que la séquence est traditionnellement découpée en champ-contrechamp :

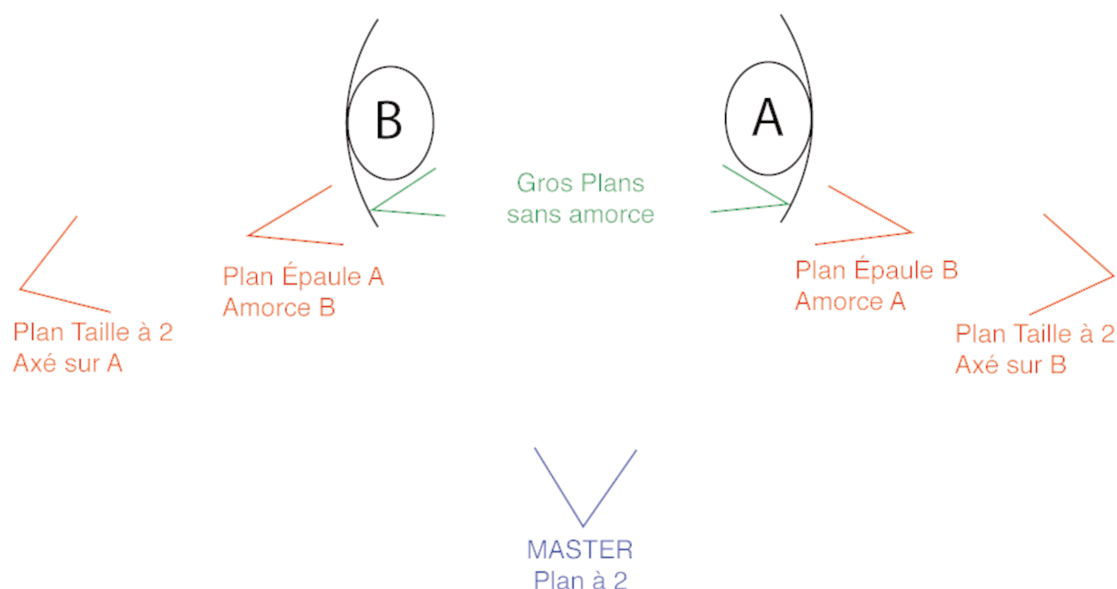


Fig. 2. Plan au sol du découpage d'un champ-contrechamp tel qu'il est aujourd'hui pratiqué

D'abord, on filme un plan large avec deux personnages, le « master ». Puis on resserre de chaque côté de l'axe avec un objectif de longueur focale supérieure, face à un personnage (en général entre le plan taille et le plan épaule) avec l'amorce de l'autre,

jusqu'à avoir un gros plan de chaque personnage seul, regardant son interlocuteur hors-champ. Le découpage fonctionne ainsi par paire de plans : une fois le « master » tourné, chaque échelle de plan tournée pour un personnage est reproduite sur le second. Le découpage fractionne l'espace et l'action en plusieurs plans. Ceux-ci sont organisés de manière à rester lisibles par les spectateurs. Ce qui nous intéresse ici, c'est la façon dont on crée l'espace de la scène filmée pour faire en sorte que, face à l'écran plat où le film sera projeté, le spectateur se représente le volume dans lequel les personnages évoluent.

Il y a en premier lieu les positions occupées par les éléments filmés (le plus souvent les personnages et les accessoires), puis les positions successives de la caméra par rapport à ce qu'on enregistre. Reprenons l'exemple du champ-contrechamp. Le plan « master », le plus large, donne au spectateur une vue d'ensemble de l'espace, de la disposition des personnages dans le décor ainsi que d'éventuels accessoires de jeu. Les spectateurs vont être en mesure de l'utiliser comme référence, afin de reconstruire l'espace de la séquence lorsqu'on ne lui donnera plus à voir dans les plans suivants que des morceaux, de plus en plus petits, du décor et des personnages. Lorsque ces « morceaux » sont délibérément placés à l'avant-plan, coupés par les bords du cadre pour n'en occuper qu'une petite partie et flous (car leur proximité ne permet pas de les intégrer dans la zone de profondeur de champ), on a coutume de les considérer comme des *amorces*. Entre le plan « master » et les gros plans, les amorces servent aux spectateurs de rappel, en insistant cette fois sur les positions des personnages les uns par rapport aux autres. Admettons maintenant que les gros plans sans amorce soient les seuls plans montrés aux spectateurs. Pour permettre aux spectateurs de se représenter mentalement l'espace de la séquence, quelques éléments de géométrie sont appliqués au tournage. Ils sont devenus peu à peu des règles : l'axe des 180° et les directions de regards²⁹. C'est de cette façon que le spectateur construit l'espace dit hors-champ, ses dimensions, ses limites et la position du personnage dans cet espace. Pour rappel, l'axe des 180° désigne la droite imaginaire qui divise l'espace en deux :

²⁹ Pour rappel, ces critères font partie des « 7 R » édictés par Sylvette Baudrot. Cf. BAUDROT Sylvette & SALVINI Isabel, *La Script-girl Cinéma/Vidéo*, op. cit.

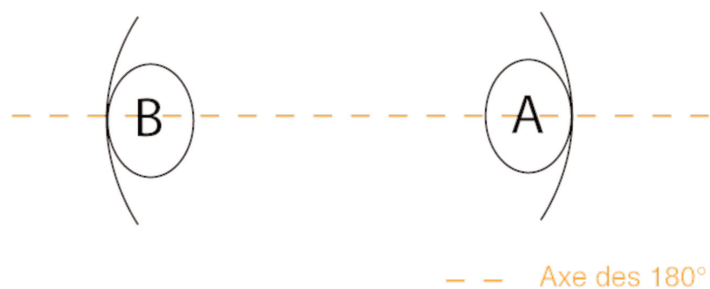


Fig. 3. Plan au sol de l'axe des 180° entre deux personnages

Dans le cas d'un dialogue entre deux personnages, cette droite passe par les points figurés par les deux personnages. Il est aujourd'hui admis que l'on devra toujours positionner la caméra pour filmer seulement d'un côté de cette droite. De cette façon, le personnage A se situera toujours dans la partie droite du décor tandis que le personnage B restera toujours dans la partie gauche. Les directions des regards en découlent. Dans les plans sur le personnage A, celui-ci dirigera son regard en direction du personnage B vers la gauche du cadre. Les plans sur le personnage B s'organiseront à l'inverse : le personnage B dirigera son regard vers le personnage A à la droite du cadre. De cette façon, on construit l'illusion que leurs regards se croisent entre les deux plans.

L'axe des 180° et les directions de regards permettent de distinguer la gauche de la droite, mais sont insuffisants pour déterminer avec précision la position exacte des personnages dans l'aire gauche et dans l'aire droite de l'espace. Il faut pour cela abstraire une fois encore l'espace et les sujets qu'il contient.

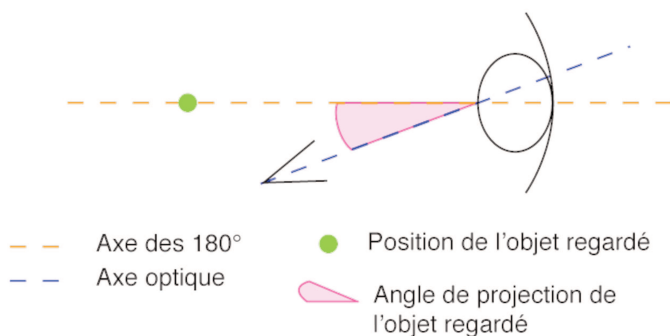


Fig. 4. Représentation géométrique des axes d'une scène : 180°, regards et axe optique de la caméra

Soit deux droites : celle qui passe par la caméra et le personnage filmé et celle qui passe par le personnage filmé et le point (sujet ou objet) regardé. La première correspond à l'axe optique de la caméra. Dans le cas d'un champ-contrechamp entre deux personnages qui se regardent l'un l'autre, la seconde droite correspond à l'axe des 180°. L'angle à l'intersection de ces deux droites permet aux spectateurs d'évaluer si ce qui est regardé se trouve plus ou moins à gauche (ou à droite) en dehors du champ du cadre. L'orientation de la tête et du buste par rapport à l'axe optique vient compléter ces informations spatiales. L'orientation des yeux fournit aux spectateurs les indices sur la hauteur et l'éloignement dans cet espace de l'objet ou de la personne regardée.

C'est en modifiant ces paramètres pendant le tournage que l'on « triche » avec l'espace. On modifie rarement ces paramètres dans le but de tromper les spectateurs. Au contraire : on « triche », car les conditions matérielles du tournage ne permettent pas de positionner la caméra, les comédiens ou les accessoires de jeu de manière identique. Par exemple, la proximité d'un mur peut empêcher de positionner la caméra comme le metteur en scène l'aurait souhaité. En d'autres termes, on modifie la direction de regard d'un comédien ou bien l'orientation de son visage d'un plan à l'autre pour, encore une fois, que tout paraisse identique dans tous les plans de la séquence. L'objectif est de conserver la cohérence globale de l'espace. Il n'aurait pas lieu d'être si les différents plans tournés n'étaient pas mis bout à bout par l'opération de montage.

Assemblages

D'après Jean Mitry, c'est l'américain Edwin Stratton Porter qui esquissa le sentiment de continuité produit par la succession des scènes mises bout à bout dans *La vie d'un pompier américain* (*Life of an American Fireman*, 1902) : « un film qui raconte une histoire par le simple agencement des scènes mises bout à bout selon un ordre logique³⁰ ». Cette affirmation permet de déduire deux choses. La première est qu'il y a un enchaînement logique qui préside à l'organisation des éléments d'un film de fiction. La seconde est que cet enchaînement logique vise à l'intelligibilité du film (« que le spectateur suive toujours de lui-même et sans fatigue (...) »), autrement dit de l'histoire qu'il raconte. Il convient maintenant d'étudier comment l'assemblage des plans entre eux concourt à la continuité d'un film de fiction.

Reprenons pour commencer l'étude du champ-contrechamp là où nous l'avions laissée. Pour filmer un champ-contrechamp de manière académique, il faut conserver

³⁰ MITRY Jean, *Esthétique et psychologie du cinéma*, Paris, Cerf, coll. « 7^e art », 2001, p. 102.

pour chaque paire de plans : la focale, la hauteur et la distance de la caméra aux sujets filmés. En réalité, si l'on filme un champ-contrechamp entre Stan Laurel et Oliver Hardy en appliquant strictement les mêmes réglages de la caméra sur chacun des comédiens, on constate au montage que l'enchaînement des formes n'est pas fluide. Cela produit une sensation de « saute » d'un plan à l'autre. Aussi, dans la pratique, les proportions des personnages (on pourrait dire le raccord des formes) dans le cadre prévalent sur les réglages techniques. Si bien que l'objectif pourrait être différent³¹ d'un plan à l'autre sans que cela porte préjudice à l'esthétique visuelle de ces plans, pourvu que leurs compositions soient semblables. Il se peut même que le spectateur ne perçoive pas ce changement s'il est concentré sur le personnage filmé, c'est-à-dire le sujet du plan. Une fois encore, les caractéristiques techniques peuvent être discontinues d'un plan à l'autre, pour permettre de construire une continuité à la fois apparente et intelligible. Par l'assemblage, on fait en sorte, comme le souligne Vincent Amiel, qu'« à partir des morceaux épars et spectaculaires, le spectateur puisse recomposer une totalité similaire³² », soit, dans le cas présent, que le spectateur se représente l'espace d'un seul tenant. Les lois géométriques peuvent donc être appliquées au découpage d'un champ-contrechamp, comme pour notre exemple reposant sur une discussion entre deux personnages. Cependant, l'assemblage d'une séquence découpée en champ-contrechamp devient plus délicat dès lors qu'il s'agit de mettre en scène des interactions entre plusieurs personnages. L'étude de la continuité ou de la discontinuité dans la représentation de l'espace peut être illustrée à travers une séquence du long métrage de fiction *L'Heure zéro* (Pascal Thomas, 2007).

Le film est adapté du roman éponyme d'Agatha Christie. La séquence que l'on se propose d'étudier est située dans le premier tiers du film et réunit tous les personnages à l'occasion d'un dîner. Celle-ci dure 04 mn 21 s et compte cinquante-cinq plans une fois montée, au cours desquels chaque personnage prononce au moins une réplique à l'attention d'un autre. La séquence se compose ainsi de plusieurs plans sur chaque personnage. Lorsqu'on dessine le plan au sol de la séquence telle qu'elle est montée, on constate que l'assemblage fait fi de la règle des 180°.

³¹ Dans une certaine mesure, car on a vu que la longueur focale avait un impact sur la représentation de l'espace, en particulier les proportions de l'arrière-plan.

³² AMIEL Vincent, *Esthétique du montage*, 2^e édition, Paris, Armand Colin, 2010 [2007], p. 13.

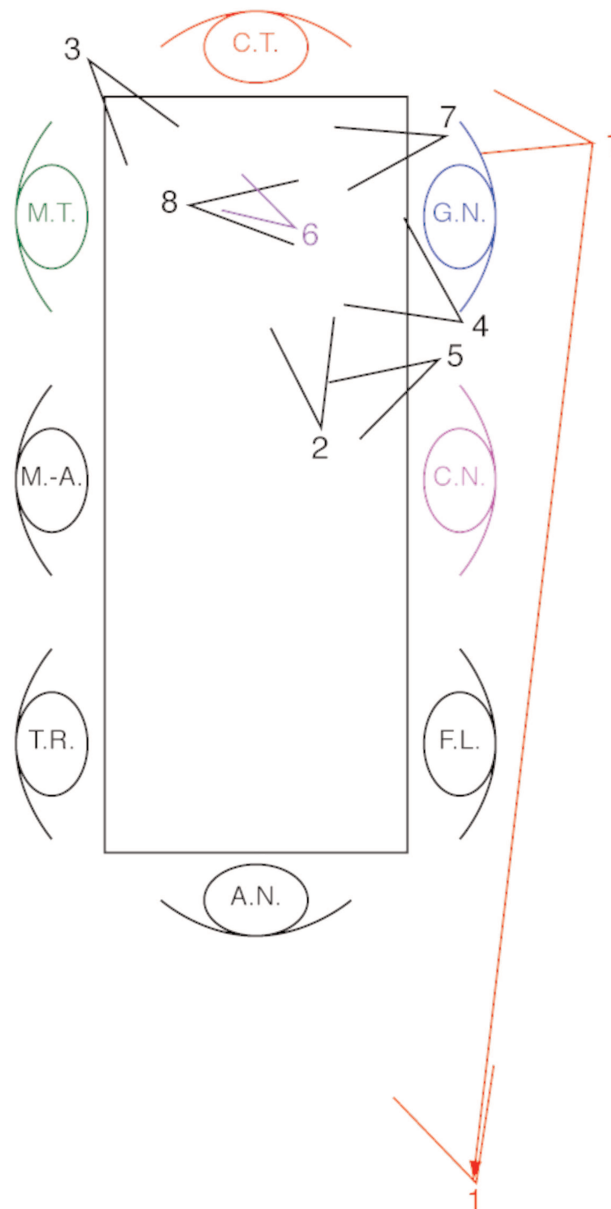


Fig. 5a. L'Heure zéro : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 1 à 8

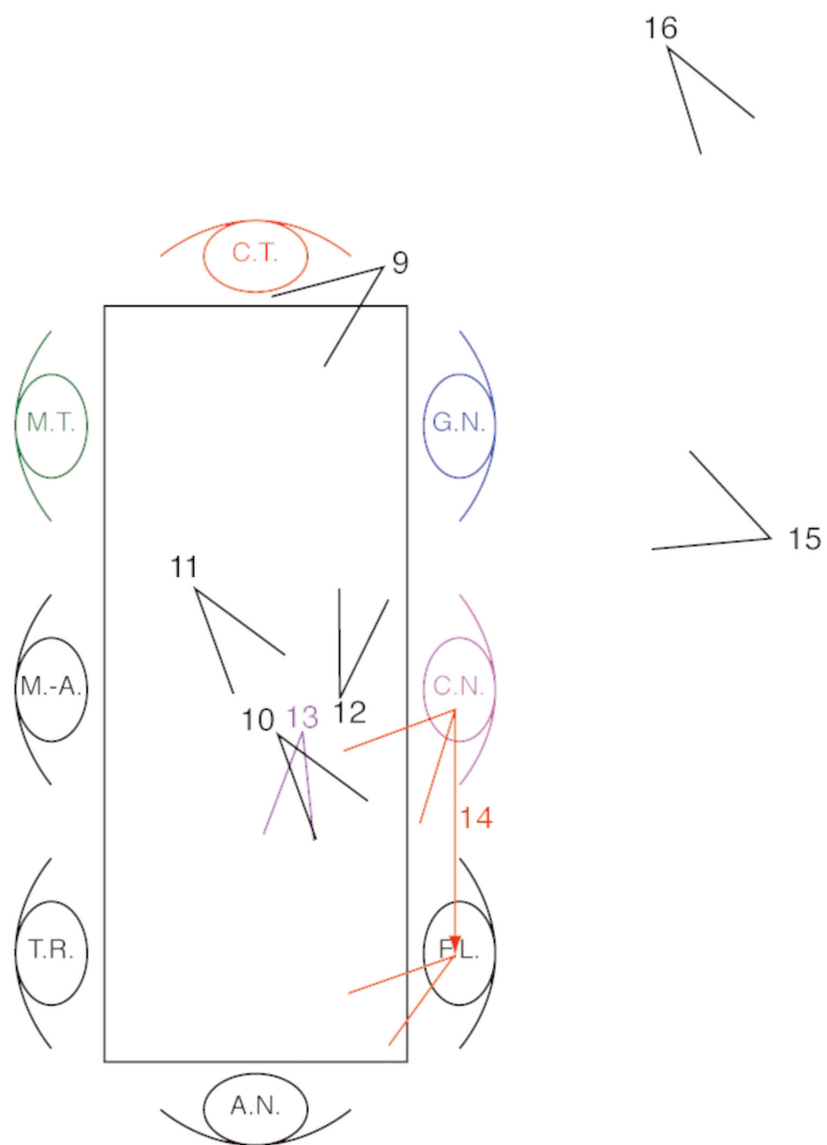


Fig. 5b. L'Heure zéro : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 9 à 16

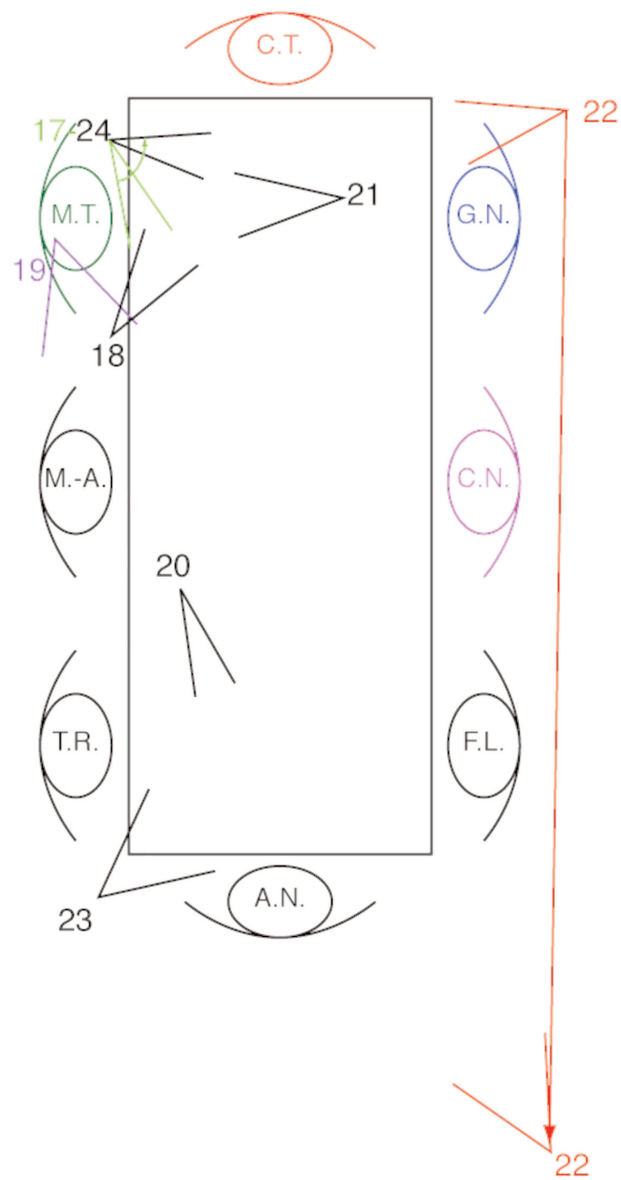


Fig. 5c. L'Heure zéro : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 17 à 24

La caméra a été positionnée de chaque côté de la table. La séquence débute par un travelling latéral, s'achève par un plan d'ensemble de la table avec tous les personnages assis, ce qui permet de découvrir le plan de table. La moitié des personnages font face à la caméra, la seconde moitié est de dos. Pour ces derniers, les spectateurs devinent leurs places, grâce à leur silhouette et en procédant par élimination. Ce travelling est repris avec une valeur de cadre similaire à la fin du mouvement en fin de séquence, au plan 51. Puis un plan fixe de l'ensemble des convives achève le dîner et la séquence (au plan 55). La vue de l'ensemble de la table à la fin du travelling du premier plan est furtive. Elle ne permet pas d'identifier avec certitude la place des personnages de dos. Au milieu, au plan 29 (axe de caméra 17), un panoramique latéral de la droite vers la gauche montre la moitié inverse de la table, ce qui permet de voir de face les personnages qui sont filmés de dos dans les travellings. La conversation s'engage entre Camilla Tressilian (Danielle Darrieux) et Maître Trevoz (Jacques Sereys). Les règles géométriques évoquées plus haut, associées aux directions de regards, permettent au spectateur de reconstituer la partie manquante du plan de table. C'est grâce à ce détail que l'on sait qui regarde qui et à quel moment, en déduisant si cette personne est à gauche ou à droite de la caméra. Ce sont également les regards qui régissent l'assemblage des plans : les raccords s'opèrent lorsque le personnage filmé regarde dans une direction. Le plan suivant montre un personnage qui poursuit l'échange verbal en regardant dans la direction du premier. Le rôle essentiel des directions de regards des différents personnages dans cette séquence de champs-contrechamps confirme l'observation de Vincent Amiel selon laquelle le regard, qui permet d'établir le lien entre les personnages, « est l'objet central du champ-contrechamp³³ » et renforce l'attention dont ils doivent faire l'objet au moment du tournage.

David Bordwell remarque³⁴ que les réalisateurs utilisent de moins en moins le plan « master » dans les champs-contrechamps, préférant des plans plus serrés filmés avec des focales plus longues : la ligne des 180°, les amorces, les directions de regard et la position des comédiens suffisent au spectateur pour reconstituer l'espace de la scène. *Je t'aime, je t'aime* compte peu de plans. Lorsqu'une séquence montre une discussion entre deux ou trois personnages, l'échelle de plan est suffisamment large pour inclure

³³ *Ibid.*, p. 28.

³⁴ BORDWELL David « Intensified Continuity – Visual Style in Contemporary American Film », *Film Quarterly*, Vol.55, n°3, Printemps 2002, pp. 17-20. ; BORDWELL David, *The Way Hollywood Tells It*, Berkeley-Los Angeles-Londres, University of California Press, 2006, pp. 124-135 ; BORDWELL David, « Intensified Continuity Revisited », 27 mai 2007, <http://www.davidbordwell.net/blog/2007/05/27/intensified-continuity-revisited/>.

tous les personnages dans le cadre. Le plan à deux ou à trois personnages se retrouve tel quel dans le montage, sans position de caméra supplémentaire pour isoler un personnage ou l'autre dans un plan différent. La reconstitution de l'espace n'est alors pas un problème pour les spectateurs. La difficulté tient plutôt à ordonner chronologiquement les séquences. On a déjà évoqué au chapitre précédent comment les éléments visuels et sonores permettent aux spectateurs de posséder les informations contenues dans le scénario avec précision, mais jamais reproduites explicitement dans le film. Ce qui nous intéresse ici c'est la façon dont les plans sont assemblés entre eux et dont les séquences s'enchaînent. Il y a peu de découpage, c'est pourquoi les séquences s'enchaînent sans raccord apparent autre que les épisodes de la vie de Claude Ridder et le thème du temps. D'un plan à l'autre, on voit Claude Ridder avec des personnages différents, dans un espace différent, à un moment différent et avec une ambiance sonore différente. Ces « sautes », à la fois spatio-temporelles et audio-visuelles, suivent celles subies par Ridder, baladé de manière aléatoire dans sa propre existence. Dans son analyse³⁵, David Bordwell explique que son observation va de paire avec la diminution globale de la durée moyenne des plans au cours des dernières décennies, associée à la multiplication des axes de prise de vues et l'usage d'échelles de plans de plus en plus petites, avec des objectifs de longueurs focales de plus en plus longues. C'est ce qu'il désigne par l'expression *continuité intensifiée* (en anglais « intensified continuity »). L'intensification du nombre de plans conduit à prendre garde à enchaîner les plans de la manière la plus fluide possible. C'est ici que, vis-à-vis de l'assemblage, le raccord devient, comme l'explique Vincent Amiel, « un moyen de jouer sur la continuité des plans³⁶ » :

« “Raccorder”, c'est faire en sorte, comme le terme l'indique, que le *cut* ne soit pas ressenti comme une rupture définitive et radicale, mais comme l'occasion d'une couture, qui permet d'assembler des morceaux différents avec la plus grande discrétion. Il s'agit de camoufler la césure, d'en effacer l'impression, tout en conservant la qualité d'articulation qui est au principe des changements de plan.³⁷ »

³⁵ *Ibid.*

³⁶ AMIEL Vincent, *Esthétique du montage*, op. cit., p. 25.

³⁷ *Ibid.*

À l'inverse, *Je t'aime, je t'aime* est un film où les heurts entre les plans s'accordent avec le fil de l'histoire et qui, du reste, est peu découpé. Dans un film où la durée moyenne des plans n'excède pas trois secondes³⁸, des coupes trop marquées sur des changements d'axes de caméras trop différents, pendant une heure trente à deux heures (voire plus), pourraient bien rendre le film pénible à regarder pour les spectateurs. Quelles sont les techniques utilisées pour atténuer la visibilité des divisions du montage ?

Lissage

Il faut ouvrir ici une parenthèse relative aux trucages, au sens large du terme. On distingue aujourd'hui les effets dits « spéciaux » qui concernent ceux réalisés sur le plateau pendant le tournage (de la pyrotechnie, par exemple) des effets dits « visuels » qui concernent ceux réalisés grâce à l'ajout, au cours de la post-production du film, d'éléments conçus via des logiciels de graphisme sur ordinateur. On observe alors une *dissociation*³⁹ dans le processus de fabrication des images. Elle induit une double discontinuité, spatiale et temporelle : un plan est fractionné en plusieurs portions qui ne sont pas élaborées au même endroit ni au même moment de la production du film. Les « morceaux » seront assemblés plus tard, lors des dernières étapes de la post-production. Aujourd'hui, on peut avoir recours aux effets visuels pour effacer les installations électriques et les antennes de télévision sur les toits d'une ville ou bien pour substituer un décor complet au fond vert ou bleu utilisé au tournage. Avant la création des outils numériques, on aurait probablement eu recours à une glace peinte au moment du tournage⁴⁰. La généralisation du numérique à toutes les étapes de la chaîne de production d'un film a tendance à accentuer la dissociation dans son élaboration. Tout est fait, par la suite, pour effacer toute trace de la discontinuité associée à la conception du plan. Il serait déraisonnable d'envisager assembler les différentes « couches » du plan les unes après les autres. Si c'était le cas, le spectateur verrait le plan tourné, par exemple les comédiens jouant la scène sur un plateau recouvert de bleu ou de vert, puis

³⁸ À titre d'exemple, *La communauté de l'anneau* (Peter Jackson, 2001), premier film de la trilogie *Lord of the Rings* (*Le Seigneur des anneaux*), dure 2 h 42 mn 37 s de la première à la dernière image (sans le générique final). Le film compte 3669 plans. Cela porte la durée moyenne par plan à 2,65 secondes.

³⁹ Terme employé par Christian Guillon, superviseur des effets visuels et fondateur de l'Agence Du Numérique (ADN), lors de l'atelier scientifique « Le lexique des techniques d'illusion » organisé dans le cadre du projet de recherche « Les Arts trompeurs. Machines. Magie. Médias » à l'ENS Louis-Lumière, le 07 avril 2016.

⁴⁰ Sur ces effets, leurs techniques et leurs évolutions, voir HAMUS-VALLÉE Réjane, *Les effets spéciaux*, Paris, SCÉRÉN-CNDP - Cahiers du Cinéma, coll. « Les petits cahiers », 2004.

un plan avec l'image du décor numérique (par exemple une jungle ou une ville en ruine), puis l'objet, le personnage ou la chose (créés numériquement) avec laquelle le comédien est supposé interagir, par exemple un gorille géant qui s'agite (probablement sur un fond blanc ou gris). Dans de telles circonstances, regrouper ces trois plans en un seul ne relève pas tant d'une question de crédibilité⁴¹ que de s'assurer la compréhension des spectateurs : tous les événements montrés ont lieu en même temps et au même endroit. Il faut donc que le plan présenté forme un ensemble continu, en prenant garde à effacer toute trace de la discontinuité originelle liée aux méthodes de fabrication.

Le détour par les trucages employés au cinéma, en se concentrant sur les effets visuels, était nécessaire pour mieux revenir sur les techniques permettant de créer des transformations dépourvues de discontinuité. C'est par exemple le cas du *morphing*, qui consiste à fusionner les états intermédiaires en un seul, mouvant d'un état A à un état Z, sans interruption visible. Ainsi, on donne à voir la transformation d'un objet en un autre par exemple, ou bien d'un corps en un autre dans un même plan. C'est notamment grâce au *morphing* que le long métrage *Skyfall* (Sam Mendes, 2012) contient un plan où le personnage de James Bond (interprété par Daniel Craig) chute du haut d'un pont ferroviaire dans une rivière. Steve Begg, le superviseur des effets visuels du film, a détaillé dans un entretien les étapes de fabrication de ce plan :

« D'abord, Daniel Craig a été filmé en train de chuter en studio d'une hauteur de quatre mètres environ. Puis, nous avons fait la même chose avec un cascadeur qui tombait depuis le vrai pont. [...] Les deux plans ont été combinés par un *morphing* entre Daniel Craig et le cascadeur. Par chance, il y avait une image où ils avaient tous les deux quasiment la même position, ce qui nous a permis d'effectuer une transition indétectable. L'illusion a été renforcée par l'incrustation du visage de Daniel Craig sur celui de sa doublure. Enfin, la chute du cascadeur a été prolongée par un James Bond animé en 3D. Les trois techniques s'enchaînent sans que cela ne se voie à l'écran.⁴² »

Dans cet exemple, l'usage des outils numériques a permis de rassembler trois corps, pour n'en faire paraître qu'un seul, sans laisser de trace apparente dans les transitions de l'un à l'autre. Les transitions numériques ne se limitent pas à supprimer les disparités

⁴¹ Cette idée a par ailleurs été défendue par André Bazin : « Montage interdit », *Qu'est-ce que le cinéma*, Paris, Cerf-Corlet, pp. 48-61.

⁴² BEGG Steve, cité par BIELIK Alain, *S.F.X.*, n°161, octobre/novembre 2012, pp. 20-21.

dans un même plan, elles peuvent aussi s'appliquer à gommer les raccords entre deux plans, jusqu'à les rendre invisibles pour les spectateurs.

Dans *The Revenant* (Alejandro González Iñárritu, 2016), toutes ces techniques ont été employées. Alain Bielik ne manque pas de souligner les prouesses techniques réalisées par les graphistes et dissimulées dans le film :

« Bien malin celui qui pourra repérer ce manteau neigeux ajouté dans des paysages trop verts (Cinesite), ces transitions numériques qui font que les 100 plans de la bataille d'ouverture n'en font que 39 à l'écran (MPC), [...] ou encore cette neige numérique qui tombe sur les héros dans le combat final (Cinesite)... [...] Le grand moment du film, c'est bien sûr la scène de l'attaque de Glass par un Grizzly. [...] En post-production, la première tâche d'ILM a consisté à réaliser des transitions invisibles pour que les différentes prises ne fassent plus qu'une. [...] Comme la scène avait été filmée sur cinq jours, l'ambiance lumineuse était très différente d'un plan à l'autre. Il fallait donc "lisser" l'ensemble pour que tout paraisse avoir été filmé en continu.⁴³ »

Nous tenons là le dernier critère de la continuité dans un film de fiction : le *lissage*. Il permet de faire exister la continuité là où des éléments disparates sont associés les uns avec les autres. Ce critère ne concerne pas seulement les effets visuels, mais tous les éléments du film. L'étalonnage permet d'harmoniser les couleurs des plans au sein d'une même séquence par exemple, permettant parfois de gommer certains écarts de colorimétrie résultant d'une météo capricieuse. De la même manière, un monteur son veillera généralement à créer des ambiances sonores consistantes pour chaque séquence et cohérentes avec l'environnement, effaçant des sons qui se seraient invités de manière intempestive lors de l'enregistrement ou bien intégrant un son tout au long d'une même séquence. Si le lissage se concrétise par certains aspects en post-production, il découle en partie des répétitions et des chevauchements opérés à la prise de vues. Par exemple, si le geste d'un comédien se poursuit sans heurt apparent d'un plan à l'autre, c'est parce que ce dernier aura répété son geste à l'identique et qu'il aura été enregistré dans plusieurs plans. Lisser entre eux les éléments du film permet de s'assurer que les spectateurs comprennent que tous ces éléments ne font qu'un. Pour poursuivre le

⁴³ BIELIK Alain, « The Revenant », *S.F.X.*, n°182, mai/juin 2016, pp. 46-47. Cinesite, MPC et ILM désignent les sociétés qui ont réalisé l'effet visuel décrit.

traitement du lissage dans les films de fiction, il s'agit d'examiner de nouveau le travail de Alejandro González Iñárritu.

C'est dans *Birdman* (2015), le film précédent du réalisateur Alejandro González Iñárritu, que l'assemblage des images se trouve lissé au maximum (grâce, là encore, aux effets visuels). Tout est fait pour assurer des jonctions parfaites entre les plans, au point que l'on ne sache pas quand un plan débute et quand il a été coupé pour raccorder avec le suivant. On ne peut que supposer que des actions comme les entrées et les sorties d'un décor, ou bien les effets de « volet » avec un personnage ou un pan de mur qui obstrue le cadre pendant une fraction de seconde, aient été propices à masquer la discontinuité entre deux plans. L'absence de discontinuité visible dans l'enchaînement des plans était le souhait originel d'Alejandro González Iñárritu⁴⁴. Il résultait du fait que le réalisateur voulait montrer ce que vit Riggan Thomson, le personnage principal, comme si l'on était dans sa tête : « Il me semblait que la meilleure idée pour évoquer une histoire qui se passe dans la tête d'un personnage était d'avoir une forme radicale. C'était le moyen d'être immergé dans cette histoire : une forme plus découpée nous aurait éloignés de l'histoire de cet ego.⁴⁵ »

Le film raconte quatre jours de la vie de Riggan Thomson (Michaël Keaton), comédien qui connut la gloire en interprétant Birdman, l'un de ces superhéros que l'industrie américaine du cinéma a coutume de produire en série (on apprend, grâce aux dialogues, que la franchise « Birdman » en produisit trois). Ce personnage de superhéros obsède Riggan Thomson (au point de dialoguer avec lui ou de le voir apparaître à ses côtés), tandis qu'il espère relancer sa carrière de comédien en adaptant un roman de Raymond Carver au théâtre, à New York. À l'approche de la soirée d'ouverture de sa pièce de théâtre, l'un des comédiens a un accident (un projecteur lui tombe sur la tête pendant une répétition). Il est remplacé au pied levé par un nouveau comédien, Mike Shiner (Edward Norton). Les raccords invisibles dans le film appuient la sensation d'une suite d'événements ininterrompus, ainsi que Riggan Thomson les vit. Pour s'assurer que tout sera prêt pour la première représentation, tout le monde travaille d'arrache-pied : les nuits sont courtes ; les personnages dorment peu, Riggan le premier.

⁴⁴ Dans le discours qu'il adresse à l'équipe avant le début du tournage, le réalisateur explique : « Le cinéma est un art juxtaposant un grand nombre de fragments de film pour créer une histoire. Vous savez qu'on va tourner des prises longues, sans coupures. De la fluidité, de l'unité. [...] Chaque temps, chaque caméra, tout ne sera que fluidité. Pas de fragmentation, pas de juxtaposition. C'est l'unité parfaite et elle se traduira dans notre équipe. » Propos extrait du *making-of* du film, présent sur l'édition DVD de *Birdman*.

⁴⁵ GONZÁLEZ IÑARRITU Alejandro, cité par VALENS Grégory, « Entretien avec Alejandro González Iñárritu », *Positif*, n°648, février 2015, p. 18.

Sans coupe apparente, le film se déroule comme si Riggan était dans un constant état de veille. Les apparitions de Birdman traduisent le flux ininterrompu des pensées de Riggan entre deux péripéties liées à la création de la pièce. Le fait que l'image du film soit continue n'assure cependant pas que l'espace et le temps qu'il relate le soient, ni que ceux-ci soient homogènes. C'est ainsi que le film contient plusieurs ellipses. Lorsque l'un des comédiens doit être transporté d'urgence à l'hôpital pour avoir reçu un projecteur sur la tête, Jake (Zach Galifianakis), l'avocat et manager de Riggan vient le voir dans sa loge : il faut trouver un remplaçant. Arrive alors Lesley (Naomi Watts) qui propose Mike Shiner pour remplacer le comédien accidenté. L'affaire est conclue, Jake sort de la loge de Riggan en disant qu'il appelle immédiatement l'agent de Mike Shiner. La caméra suit Jake dans les couloirs du théâtre, sans qu'il ne sorte son téléphone pendant tout le trajet qui l'amène jusqu'à la régie, où il croise une assistante : « Envoie tout le monde dîner et rallume les lumières, nous allons faire des raccords ce soir ». La jeune femme rallume les lumières sur le plateau, puis sort à droite cadre tandis que Jake disparaît derrière le décor installé sur la scène, à l'arrière-plan du théâtre. La caméra, qui a cessé son mouvement au bout du couloir, en haut de l'escalier qui descend sur le plateau du théâtre, reste un bref instant à filmer la scène dépourvue de présence humaine, puis descend par un autre escalier, proche de l'avant-scène. Le mouvement avant de la caméra révèle alors Mike Shiner (Edward Norton), dont la présence était auparavant obstruée par le rideau du théâtre. Celui-ci se tourne vers la caméra, orientant son corps et son regard vers la droite du cadre pour s'adresser à Riggan, qui entre effectivement à la droite de l'image. En un seul plan, plusieurs dizaines de minutes, voire plusieurs heures se sont écoulées, laissant le temps à Jake de contacter Mike Shiner sans qu'on le voit lui téléphoner, puis à Mike Shiner de rejoindre le théâtre. De cette façon, l'ellipse ne provoque aucune discontinuité visuelle. Elle permet de mettre en scène dans le film la notion de continuité de l'action, telle que le théâtre l'entend et qu'on a évoqué au chapitre précédent : on peut se passer des scènes inutiles à l'action principale. On peut gager qu'il n'est survenu aucun événement digne d'intérêt pendant que Riggan et les spectateurs du film attendaient l'arrivée de Mike. Dès lors, il aurait été inutile de filmer autre chose.

Plus tard, pendant l'ultime répétition générale publique, Riggan sort fumer une cigarette quelques instants avant d'entrer en scène pour la fin de la pièce. Un courant d'air et la porte se ferme : il est enfermé dehors. Il n'a d'autre choix que de laisser là son peignoir (qui s'est coincé dans la porte) et de contourner le bâtiment, vêtu uniquement de son caleçon, pour retourner dans le théâtre et entrer en scène dans les temps. Sur le

trottoir, les passants le filment avec leur téléphone mobile. Une fois la pièce terminée, sa fille montre à Riggan l'une des vidéos qui a été mise en ligne par les passants. La caméra, qui suit celui-ci depuis sa sortie pour fumer une cigarette, se déplace alors pour venir se placer entre sa fille et lui, avec le téléphone au centre du cadre. La caméra poursuit son déplacement avec un mouvement vers l'avant pour « plonger » dans l'écran du téléphone. L'image de la vidéo emplit tout le cadre de l'image du film. Puis la caméra « ressort » par un mouvement arrière de l'écran d'un téléviseur qui diffuse la vidéo dans un bar non loin du théâtre, où l'on retrouve Riggan, normalement habillé et installé devant un verre au comptoir. On se doute que le changement spatio-temporel opéré par l'intermédiaire de la vidéo a nécessité deux plans (au moins) : le premier dans la loge avec Riggan et sa fille, le second dans le bar avec Riggan seul. C'est probablement une opération numérique en post-production qui a rassemblé les deux plans en un seul⁴⁶. Le recours à ce type de lissage, qui atteint un degré maximum au point de rendre invisible la transition entre les plans, renforce le rythme haletant du film : la veille de la première répétition générale publique et quatre jours avant l'ouverture d'une pièce de théâtre, il n'y a pas une minute à perdre pour trouver une solution aux problèmes et faire face aux imprévus.

Le traitement des phases de sommeil accentue ce sentiment de vitesse pour les spectateurs. Chacune des journées montrées dans le film se termine peu après la représentation de la pièce. Il fait par conséquent déjà nuit. Par deux fois, alors que le dernier événement notable de la journée s'achève à l'extérieur, la caméra quitte les personnages et effectue un panoramique vers le haut pour filmer le sommet d'un gratte-ciel. C'est alors que le temps s'accélère. Les lumières des appartements clignotent au gré des activités de leurs occupants, puis le ciel s'éclaircit et toutes les lumières artificielles s'éteignent progressivement : c'est le matin. Cette accélération du temps, toujours sans aucune rupture à l'image, s'accorde avec les sensations de sommeil et d'éveil. Il fait nuit, l'obscurité à l'extérieur est identique à celle perçue lorsqu'on ferme les yeux ; lorsqu'on ouvre les yeux, la lumière matinale nous apparaît alors subitement, sans que nous nous en soyons aperçus. Cet effet de contraction d'une période temporelle donnée renforce le sentiment pour les spectateurs que le film leur donne à voir la perception mentale de Riggan de ce qui l'entoure : le temps passe, certains événements semblent se dérouler

⁴⁶ Alejandro Iñarritu se fait fort de ne pas révéler combien de plans ont été tournés, ni les techniques employées pour les assembler en un seul plan visible : « je considère que les réalisateurs sont des sortes de magiciens, et les magiciens ne révèlent jamais comment le lapin sort du chapeau. », in : GONZÁLEZ IÑARRITU Alejandro, cité par VALENS Grégory, « Entretien avec Alejandro González Iñarritu », *op. cit.*, p. 18.

plus vite que d'autres, mais cela ne s'arrête jamais. À l'image de Riggan qui, après avoir dormi quelques heures sur un trottoir, s'envole et passe d'une avenue à l'autre en survolant les voitures pour reprendre pied sur le trottoir devant l'entrée du théâtre. Un taxi est arrêté devant le trottoir, portière arrière ouverte. On comprend, lorsque le chauffeur se rue dans le théâtre à la suite de Riggan en réclamant le paiement de sa course, que la promenade aérienne de Riggan n'avait eu lieu que dans ses pensées. Son envol et son atterrissage n'étaient que les transitions entre l'espace réel et l'espace mental de Riggan. Encore une fois, il n'y a rien pour marquer explicitement la séparation d'un espace à l'autre ni pour quantifier le temps réellement écoulé.

Notons que, dans le cas de *Birdman*, on fait face à un cas particulier d'ellipse : elles existent, mais elles sont invisibles à l'image. C'est le flux mental de la perception des événements par Riggan qui prévaut. Il n'est pas rare de voir des films dans lesquels les réalisateurs étirent l'action dans un même plan, du simple plan-séquence de quelques minutes (comme par exemple le plan d'ouverture de *Touch of Evil – La Soif du mal*, Orson Welles, 1958) à l'exploit de ce que l'on pourrait appeler un « plan-film », par néologisme avec le plan-séquence, où le film n'est qu'un seul et même plan ininterrompu (dans *Victoria – Sebastian Schipper, 2015* – par exemple, on suit le personnage de Victoria à Berlin pendant la nuit durant deux heures). On ne développera pas plus avant l'esthétique de ces films, qui mériteraient une analyse stylistique exhaustive, car tel n'est pas le propos de cette recherche. Il semblait néanmoins nécessaire de mentionner ces cas de figure qui, allant à l'encontre des ellipses, donnent à voir une continuité poussée à l'extrême, appliquée dans le film au sens premier du terme. Le metteur en scène supprime toute division pour tout ou partie du film, abolissant ainsi tout le système de tricherie spatio-temporel, qui trouve son aboutissement dans l'assemblage des éléments les uns avec les autres et que l'on peut mettre en place dans un film. Dans ce cas de figure, que le plan dure quelques minutes ou plusieurs heures, techniciens et comédiens se coordonnent et se synchronisent pour filmer une séquence en continu et donner à voir l'action *en temps réel* : l'ellipse disparaît.

Dans *Birdman*, le temps se contracte et se dilate tel un ressort. Pour éviter toute interruption visuelle, Alejandro González Iñárritu rend visibles les accélérations et les ralentissements du temps en les montrant explicitement. Le passage d'un jour à un autre ou d'un espace à un autre s'opère de manière fluide et lisse pour s'intégrer au flux continu de l'image. Les espaces de natures différentes (réels ou mentaux) deviennent perméables les uns avec les autres pour maintenir cette continuité, qui comporte néanmoins des discontinuités internes. Celles-ci peuvent être spatio-temporelles (de par

la cohabitation de différents régimes d'espaces ou avec l'usage des ellipses) ou techniques (de par le processus de fabrication des effets visuels). Les disparités sont gommées pour réunir tous ces éléments en un ensemble unique, lisse et continu afin (pour reprendre les mots de Georges Méliès), que les spectateurs suivent toujours par eux-mêmes la continuité des pensées de Riggan.

Grâce aux principes géométriques énoncés précédemment et aux techniques de post-production, on construit un espace continu pour le spectateur. Par conséquent, l'intelligibilité du film repose aussi sur une continuité en apparence de l'espace au travers des plans successifs mis en relation les uns avec les autres par l'assemblage mental du spectateur et par celui du montage.

Premier bilan sur la notion de continuité au cinéma

Ces premières réflexions sur la notion de continuité au cinéma, en particulier dans les films de fiction, ont montré qu'elle est avant tout une *illusion*. Les films n'offrent pas de continuité pleine et entière, telle qu'on en trouve la définition dans le dictionnaire. Il apparaît qu'on ne peut restituer au cinéma qu'une *apparence* de continuité, en dissimulant les multiplications, les différences et les divisions existantes au sein de la multitude d'éléments qui constituent le film. Les réflexions menées dans les deux premiers chapitres de cette thèse nous ont donc amenées à définir le principe de *continuité apparente* au cinéma. Celui-ci s'appuie d'une part sur les caractéristiques neurophysiologiques et perceptives de notre système visuel et, d'autre part, sur les techniques de réalisation mises en œuvre lors de l'écriture du scénario, puis au tournage et enfin au montage. Répétitions, raccords et chevauchements, appliqués à la fois aux éléments spatiaux et temporels du film, sont les constantes de la continuité apparente élaborée à l'attention des spectateurs. Son intelligibilité est l'un des enjeux majeurs d'un film au moment de sa réalisation. Grâce à des règles de géométrie, ainsi que des techniques d'assemblage et de lissage, les metteurs en scène s'appliquent à rendre leurs films compréhensibles par le public. C'est pourquoi nous reprendrons les mots du philosophe Maurice Merleau-Ponty, pour affirmer que la continuité au cinéma tient aujourd'hui à la façon de « montrer comment quelque chose se met à signifier, non par allusion à des idées déjà formées et acquises, mais par l'agencement temporel ou spatial des éléments⁴⁷ ». C'est ici seulement que l'acceptation de « continuité » au cinéma rejoint des domaines aussi éloignés que la médecine et les arts qui, au travers des notions de

⁴⁷ MERLEAU-PONTY Maurice, *Le cinéma et la nouvelle psychologie*, Paris, Gallimard, coll. « Folioplus Philosophie », 2009, p. 22.

continuité et de discontinuité, mettent en jeu à la fois l'espace et le temps. Jusqu'où le rapprochement entre la continuité apparente du cinéma, qui rend intelligible les événements entre eux, avec la continuité dans d'autres domaines, peut-il être opéré ? La notion de continuité revêt-elle ailleurs la même importance qu'au cinéma, où elle joue un rôle essentiel ? Pourquoi persiste-t-elle malgré l'évolution vers des formes plus abstraites, de plus en plus discontinues par l'emploi des technologies numériques ? Cela reflète-t-il un mode de connaissance qui dominerait d'autres disciplines ? Ces questions peuvent sembler distantes des problématiques cinématographiques de cette recherche. En réalité, l'étude de la notion de continuité au travers de différents domaines de recherche va permettre d'affiner la définition de la continuité au cinéma. Le but n'est pas de proposer une analyse de la continuité cinématographique au travers de chacune des autres disciplines mettant en jeu cette notion. Il s'agit plutôt de voir comment la définition de la continuité dans le cinéma de fiction que l'on tente d'esquisser en hérite et s'en nourrit.

Chapitre 3. La continuité au carrefour des sciences et des arts

Dérivé du latin, le terme de continuité apparaît dans la langue française au XIII^e siècle. Les recherches dans les encyclopédies indiquent une origine latine du mot continuité, d'abord attaché à la notion de temps. Ainsi, le dictionnaire Le Robert propose pour premier sens de l'adjectif « continu » : « Qui n'est pas interrompu dans le temps⁴⁸ ». Dès lors, plusieurs interrogations, revêtant une dimension philosophique, se dégagent : comment juger de l'interruption ou non d'éléments, d'événements ou encore de phénomènes dans notre environnement ? Lorsque les bourgeons fleurissent dans les arbres au printemps, que les fleurs fanent pour laisser place aux fruits l'été venu, lesquels tombent une fois arrivés à maturité, que les feuilles font de même à l'automne pour laisser l'arbre nu pendant l'hiver avant de former de nouveaux bourgeons à l'approche du printemps, s'agit-il de continuité ou de discontinuité ? Il paraît évident que ces événements se reproduisent sans interruption, donc en continu. Mais ces phénomènes, tous associés à l'arbre, débutent, se développent, puis s'arrêtent. Autrement dit, ils sont discontinus.

Force est de constater que ces observations sont insuffisantes pour définir la continuité. S'il est aujourd'hui entré dans le langage courant, on sait que le vocabulaire d'une langue vivante échappe rarement, à travers les siècles, aux transformations, voire aux déformations. L'adjectif « continu », le nom « continuité » et son antonyme « discontinuité » ont, par ailleurs, maintes fois fait débat par les enjeux qu'ils recouvrent, dépassant parfois l'étymologie d'origine. Au-delà des affirmations triviales et pour éviter toute confusion, quels sens revêtent le terme de « continuité » et ses dérivés ?

Les notions de continuité et de discontinuité trouvent des applications dans les sciences, mais les problématiques épistémologiques et philosophiques qui ont remis en cause le modèle spatial considéré par les scientifiques (en particulier les mathématiciens), ont également recours à ces deux notions. Les arts, notamment la musique et l'architecture, les ont eux aussi récupérées et les ont réinvesties. Le psychologue et philosophe américain John Dewey (1859-1952) affirmait, critiquant une vision « rationnelle » de l'esprit : « comme l'esprit tend naturellement vers ce *principe de continuité*, et recherche les traits d'union entre les faits et leurs causes, isolés les uns

⁴⁸ *Le nouveau Petit Robert*, Paris, Dictionnaires Le Robert, 1993, p. 456.

des autres, il crée *arbitrairement* des forces dans ce but pour suppléer aux termes qui manquent.⁴⁹ » Nous allons voir que c'est dans cette « construction arbitraire » que la pensée scientifique et la pensée artistique peuvent converger.

La médecine

La médecine considère à la fois la dimension temporelle et la dimension spatiale rattachées au sens des termes de « continuité » et de « discontinuité ». Mais elle n'en retient que les adjectifs « continu » et « discontinu ». Le premier sens de l'adjectif « continu » renvoie au temps. Le *Dictionnaire de l'Académie de Médecine* donne le sens suivant :

« Caractérise un signal qui se développe en permanence dans le temps. En traitement d'un signal, un signal est dit à variation continue en fonction du temps si la variable “temps” est elle-même continue (que le signal présente ou non des discontinuités). Les électroencéphalogrammes et la plupart des enregistrements effectués en électrophysiologie visuelle (électrorétinogrammes, potentiels évoqués visuels) constituent de bons exemples de signaux continus.⁵⁰ »

La médecine rattache donc la continuité au *temps*. La définition est semblable à celle des dictionnaires généralistes, faisant de la non-interruption temporelle un critère de la continuité. On remarque cependant que la médecine l'admet avec des critères de discontinuité : le signal est émis sans interruption dans le temps, mais son amplitude peut varier au point de présenter « des discontinuités ». Cette donnée pose une question : quelles sont les règles qui permettent de détecter si « le signal présente ou non des discontinuités » ? On pourrait penser trouver un éclairage sur cette question dans la définition de « discontinu ». Mais il n'est fait aucune référence au temps : l'espace prévaut. En français, le terme de « continuité » revêt une dimension spatiale après avoir été considéré comme une notion temporelle. Revenons à la médecine.

Le premier sens attribué à l'adjectif « discontinu » est directement relié au champ médical : « En pathologie, qualifie des lésions dont les éléments sont séparés les uns des autres.⁵¹ » Cette définition insiste sur la dissociation de parties normalement unies. Elle

⁴⁹ DEWEY John, *Comment nous pensons*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond, 2004 [1910], p. 196.

⁵⁰ *Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine*, version 2015. Disponible en ligne. www.dictionnaire.academie-medecine.fr/?q=&page=449.

⁵¹ *Ibid.*, www.dictionnaire.academie-medecine.fr/?q=&page=575.

s'inscrit bien en opposition à l'étymologie latine de « continuité » : le verbe latin « continere » signifie « tenir ensemble ». À l'évidence, lorsqu'on a le bras ou la jambe cassée, l'os concerné est en deux parties (au moins) qui « *ne tiennent pas ensemble* ». Cependant, la définition de l'adjectif « discontinu » ne permet pas d'apporter une réponse à la question soulevée plus haut : comment distinguer les discontinuités des continuités ? Cette question est traitée par d'autres disciplines scientifiques, à commencer par la géographie, qui a pour objet d'étude principal l'espace.

La géographie

En poursuivant les recherches, on s'aperçoit que les géographes retiennent eux aussi la discontinuité plutôt que la continuité dans leurs études spatiales. En y réfléchissant de manière triviale, on observe que l'espace environnant est plein de discontinuités : les océans séparent les continents, les frontières distinguent les états, les espaces urbanisés alternent avec les espaces ruraux, une oasis se trouve au milieu d'une étendue désertique, une route goudronnée scinde en deux une forêt, les habitants d'une même rue n'ont pas le même âge, ni ne vont au cinéma le même nombre de fois au cours de l'année. Le géographe Jean-Christophe Gay⁵² propose une approche plus historique des frontières et des limites entre les espaces, à différentes échelles. Jean-Christophe Gay étudie autant les discontinuités naturelles que les discontinuités humaines, depuis le fleuve jusqu'à une auberge construite au milieu de la frontière entre la Suisse et la France où, pendant la Seconde Guerre mondiale, il s'en fallait une marche d'escalier à l'intérieur de la maison pour violer la neutralité suisse. Poursuivant son étude des discontinuités spatiales par des espaces de plus petite échelle, le géographe s'arrête sur les portes pour illustrer les « figures de la limite entre le public et le privé⁵³ ». Les portes sont un cas particulier dans l'aménagement de l'espace. Une porte fermée sépare deux espaces et crée de la discontinuité. Une porte ouverte lie deux espaces et crée de la continuité.

Pour appuyer les problématiques spatiales dues aux portes, Jean-Christophe Gay prend en exemple l'usage des portes au cinéma, citant celle entre le restaurant et la cuisine de l'hôtel dans *Les vacances de Monsieur Hulot* (Jacques Tati, 1953) et suggérant qu'« on peut parler de “film à portes” à propos des œuvres d'Ernst Lubitsch,

⁵² GAY Jean-Christophe, *Les discontinuités spatiales*, Paris, Economica, coll. « Poche Géographie », 1995.

⁵³ *Ibid.*, p. 36.

utilisant cette discontinuité comme un des éléments essentiels de ses vaudevilles.⁵⁴ » On ne développera pas ici une analyse sur l'utilisation des portes dans les mises en scène des films d'Ernst Lubitsch. On retiendra que le géographe reconnaît les questions de continuité liées aux portes au cinéma : « elles posent un problème aux cinéastes car elles sont à l'articulation de deux plans, la continuité du passage devant être respectée.⁵⁵ » On a déjà évoqué dans les chapitres précédents l'importance pour élaborer la continuité filmique des transitions entre les éléments discontinus. Prenant pour point de départ les discontinuités spatiales, l'ouvrage de Jean-Christophe Gay révèle en fait les transitions et les zones tampon, naturelles ou humaines. Des espaces en apparence séparés se révèlent secréter de la continuité à une plus grande échelle. Comme la discontinuité entre deux plans qui tiennent ensemble par les règles géométriques évoquées plus haut, l'auberge située sur la frontière entre la Suisse et la France tendait à atténuer la séparation entre la France occupée et la Suisse non occupée pendant la Seconde Guerre mondiale.

L'échelle d'observation est donc l'un des facteurs de distinction entre la discontinuité et la continuité en géographie. Il reste subjectif : le choix de l'échelle et de la zone d'observation restent à la discrétion de l'observateur. Pour y pallier et étudier objectivement les discontinuités de l'espace géographique, Claude Grasland⁵⁶ passe en revue les outils mathématiques à disposition des géographes. À partir des données collectées, ces outils mathématiques permettent leur représentation graphique sur une carte par exemple, ou bien dans un repère orthonormé. Un maillage appliqué sur une carte met en évidence les discontinuités le long des limites du maillage, une courbe tracée dans un repère fait apparaître les discontinuités lorsque la pente est supérieure à la verticale. Là encore, il est plus facile de mettre en évidence les discontinuités dans les espaces géographiques. Le recours aux mathématiques nous amène à considérer les questions de continuité et de discontinuité dans cette discipline.

Les mathématiques : une approche spatiale de la continuité

Les recherches dans les dictionnaires et encyclopédies ont permis de constater que toutes les occurrences des termes « continuité » et « discontinuité » renvoient aux

⁵⁴ *Ibid.*, p. 39.

⁵⁵ *Ibid.*

⁵⁶ GRASLAND Claude, « La notion de discontinuité en géographie » in : ALEXANDRE Frédéric & GÉNIN Alain (dir.), *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, Tours, Presses Universitaires François Rabelais, coll. « Perspectives "Villes et territoires" », 2008, p. 129.

mathématiques. Que signifie l'emploi de ces termes en mathématiques ? Quelle en est l'application ?

Pour commencer, on constate que les mathématiques distinguent l'emploi du terme « continu » comme adjectif de son emploi comme substantif, c'est-à-dire « le continu ». Quant au terme « discontinu », on lui préfère celui de « discret ». Avant d'aller plus loin, il convient de revenir sur quelques notions des mathématiques, afin de comprendre l'importance que revêtent les notions de continu et de discret dans cette discipline. Notre première approche des mathématiques se fait généralement par les nombres. On apprend rapidement qu'il en existe une infinité, que l'on peut les fractionner au point d'en obtenir des portions qui n'en finissent pas (par exemple, lorsqu'un nombre décimal comporte une infinité de chiffres après la virgule) et que certains sont si complexes que, pour les écrire, il vaut mieux abandonner les dix chiffres arabes et leur substituer les symboles d'origine (c'est par exemple le cas de π). Comment s'y retrouver parmi tous ces nombres ? Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle des mathématiciens, parmi lesquels Georg Cantor (1845-1918) et Richard Dedekind (1831-1916), ont proposé de trier les nombres, en les répartissant selon qu'ils appartiennent ou non à un ensemble. Cette répartition, désignée plus tard comme la *théorie des ensembles*, inclut les ensembles de nombres les uns dans les autres de la manière suivante :

- l'ensemble des entiers naturels (\mathbb{N}) désigne tous les nombres entiers positifs ;
- l'ensemble des entiers relatifs (\mathbb{Z}) inclut \mathbb{N} et tous les nombres entiers négatifs ;
- l'ensemble des décimaux (\mathbb{D}) inclut \mathbb{Z} et tous les nombres positifs et négatifs avec des parties limitées de chiffres après la virgule ;
- l'ensemble des rationnels (\mathbb{Q}) inclut \mathbb{D} et tous les quotients, positifs ou négatifs, de deux entiers ;
- l'ensemble des réels (\mathbb{R}) inclut \mathbb{Q} et tous les nombres avec des parties illimitées après la virgule, qui ne sont pas le quotient de deux entiers (par exemple les racines et π).

Chaque ensemble est donc inclus (\subset) dans le suivant, de sorte que les mathématiciens écrivent : $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{D} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R}$. Les sous-ensembles \mathbb{N} , \mathbb{Z} et \mathbb{D} ont ceci de particulier qu'on les considère comme *dénombrables* : on peut énumérer (de plus en plus précisément de \mathbb{N} à \mathbb{D}) les nombres inclus jusqu'à l'infini, l'expression « et ainsi de suite » permettant d'exprimer verbalement leur infinité. Par exemple, le sous-ensemble \mathbb{N} contient les nombres 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; ... « et ainsi de suite » à l'infini. Cependant, la

finitude des nombres inclus dans \mathbb{N} , \mathbb{Z} et \mathbb{D} laisse des interstices entre eux. Les nombres du sous-ensemble \mathbb{Q} permettent de combler seulement partiellement ces espaces vides. De sorte que si l'on représentait les nombres des sous-ensembles \mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{D} et \mathbb{Q} graphiquement, on obtiendrait des droites en pointillés plus ou moins espacés selon la richesse des nombres inclus dans le sous-ensemble considéré :

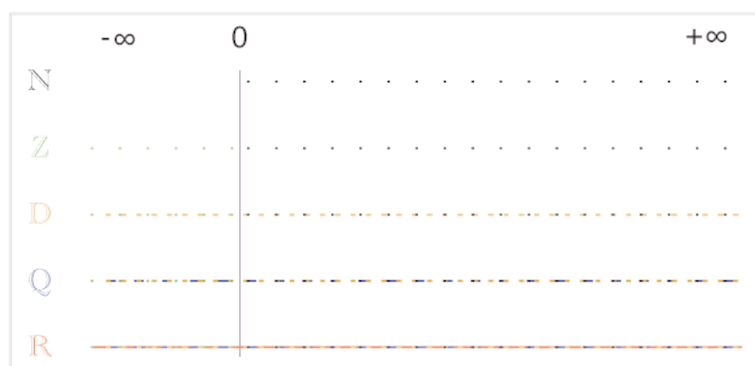


Fig. 6. Représentations graphiques des ensembles de nombres

Ces espaces sont des vides entre chaque nombre et sont autant de ruptures dans les ensembles \mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{D} et \mathbb{Q} , que leur représentation graphique met en évidence : \mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{D} et \mathbb{Q} sont des ensembles discrets. En revanche, la richesse de \mathbb{R} ne le rend ni morcelable ni dénombrable et se représenterait par une droite ininterrompue. C'est ainsi que, dans la tête des mathématiciens, \mathbb{R} est le modèle de référence du continu et vaut comme figure spatiale, dans laquelle s'appliquent les lois de la géométrie euclidienne.

Si l'on a tenu à faire ce rappel sur la théorie des ensembles, c'est parce qu'une partie des mathématiques est analytique. L'utilisation des mathématiques par les autres disciplines scientifiques (notamment les sciences expérimentales) a développé le domaine de l'analyse, rattaché à des notions de mesures et de distances. Par exemple, les données recueillies au cours d'un protocole expérimental peuvent donner lieu à une analyse algébrique, ou à une représentation géométrique, c'est-à-dire une courbe. C'est ce que nous avons vu dans la section précédente : le géographe Christian Grasland utilise la représentation géométrique des données collectées pour analyser la continuité ou la discontinuité d'un espace géographique à partir des variations de la courbe obtenue. D'où l'emploi des adjectifs « continu » et « discontinu » pour qualifier cette courbe.

En considérant strictement les mathématiques, ces courbes correspondent à des fonctions, les adjectifs « continu » et « discontinu » (ou « discret ») sont le plus souvent

utilisés pour qualifier ces fonctions. Qu'est-ce qu'une fonction ? Sans entrer dans les détails dignes d'un manuel de mathématiques, une fonction est une application d'un nombre x dans l'ensemble \mathbb{R} . De nouveau, on peut donner une représentation graphique de cette fonction. On considère un x de la fonction. Une équation, par exemple $3x+4$, régit la fonction f de x tel que $f(x) = 3x+4$. On obtient la représentation géométrique de $f(x)$ de la manière suivante. Les valeurs algébriques sont reportées dans un repère orthonormé : à chaque valeur de x sur l'axe horizontal des abscisses correspond son image y sur l'axe vertical des ordonnées. La suite des points permet de représenter une droite dans le repère orthonormé :

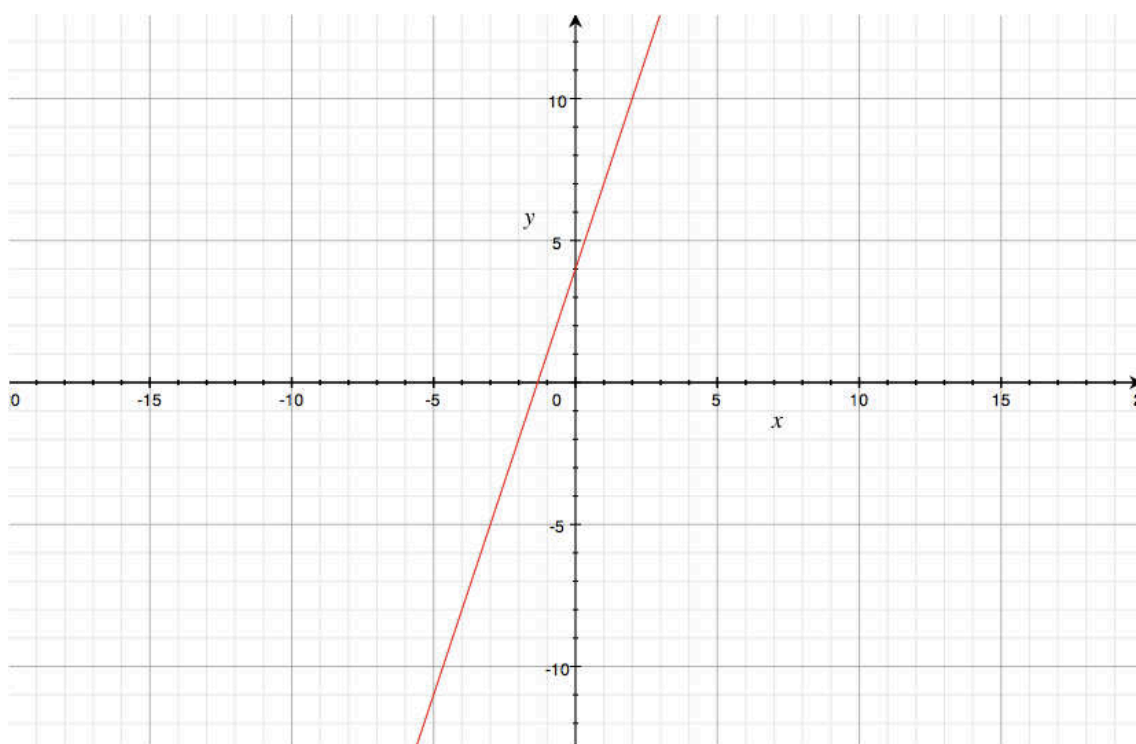


Fig. 7. Représentation graphique de la fonction $f(x) = 3x+4$

Quelle est la condition nécessaire pour qu'une fonction soit continue ? Une fonction est continue si elle présente une régularité avérée. Autrement dit, si la suite est constituée de points « suffisamment proches » les uns des autres pour former une droite ininterrompue. Dans ces conditions, \mathbb{R} induit des notions de continuité et de limites : à partir de quand les points ne sont-ils plus « assez voisins » les uns des autres pour considérer qu'ils forment un ensemble discontinu ? La question, ainsi formulée, présuppose de nouveau la dimension spatiale du continu et du discret.

Les mathématiciens ont progressivement cherché à établir des lois pour définir et analyser les notions de limite et de voisinage qui soient libérées de celles de mesure, d'angle et de distance afin de les étudier indépendamment de toute unité de mesure ; ce qui nous conduit au troisième domaine des mathématiques mettant en jeu les notions de continu et de discret. Ce domaine d'analyse est la topologie. Le terme, apparu au XIX^e siècle en mathématiques, est formé de deux termes grecs : « topos » signifie « espace, lieu » et « logos » signifie « discours, logique ». La topologie est donc « la science du lieu⁵⁷ ». La continuité et la discontinuité, en topologie mathématique, sont donc encore une affaire d'espace. Sans entrer dans des définitions complexes, la topologie considère des espaces contenant des valeurs. Ces valeurs sont appelées des points. Deux espaces topologiques seront continus si, d'après une série d'axiomes, l'application (autrement dit la fonction) d'un point au moins du premier espace topologique est commune au second. On peut dire, pour résumer, que la continuité en topologie tient aux conditions d'union et d'intersection d'espaces.

Cette conception de la continuité selon des facteurs d'unions et d'intersections pourrait trouver des analogies dans la continuité au cinéma en considérant le film comme un espace topologique. Les familles et sous-ensembles du film sont les séquences qui composent le film, peuplé de divers points qui sont autant de détails du film : les décors bien sûr, mais aussi les actions, les personnages, les costumes, les accessoires, etc. On peut alors reprendre l'exemple de la porte cité par Jean-Christophe Gay. Un personnage marche dans la rue et entre dans le hall d'un immeuble par la porte d'entrée. On a ici deux sous-ensembles, matérialisés par deux décors différents : la rue et le hall d'entrée de l'immeuble. Si l'on voit des détails (par exemple la lumière, le costume, la manière d'ouvrir la porte) appliqués de manière identique dans les deux décors selon les conditions énoncées dans les deux premiers chapitres, on peut affirmer qu'il y a continuité entre ces deux séquences. On ne développera pas davantage cet exemple. L'objectif n'est pas ici de proposer une analyse topologique de la continuité au cinéma, mais de poser les jalons de la réflexion qui va suivre sur la question de l'espace dans la continuité stéréoscopique. La conception du continu spatial de \mathbb{R} , soutenue par Georg Cantor et Richard Dedekind, a fait l'objet de quelques critiques qui remettaient en cause la dimension spatiale du continu mathématique.

⁵⁷ HAUCHECORNE Bertrand, *Les mots et les maths - Dictionnaire historique et étymologique du vocabulaire mathématique*, Paris, Ellipses, 2003, p. 203.

La critique du modèle spatial de Cantor-Dedekind

Jean-Michel Salanskis a étudié les théories qui, au tournant du XX^e siècle, ont remis en cause la conception spatiale de la continuité mathématique défendue par Cantor et Dedekind⁵⁸. On se propose d'exposer ici les deux principales. On étudiera brièvement comment la continuité cinématographique trouve écho dans la seconde conception retenue par Jean-Michel Salanskis.

La première, la conception temporelle du continu d'Henri Poincaré (1854-1912), est physique. Elle est basée sur l'expérience. Soit : trois masses A, B et C. En prenant en mains les masses A et B, puis les masses B et C, elles nous paraissent égales. En revanche, en faisant de même avec A et C, on est capable d'affirmer que A possède une masse différente de celle de C. On peut alors déduire de cette expérience les relations suivantes : $A > B$ et $B > C$. Les différences $A - B$ et $B - C$ sont cependant trop infimes pour atteindre le seuil nécessaire à son identification par notre perception. Au contraire, la différence $A - C$, aussi exprimée par l'égalité $A - C = (A - B) + (B - C)$, atteint le seuil quantitatif suffisant pour être décelé par notre perception parmi les valeurs qui nous sont données à comparer. Deux critères permettraient donc de définir le continu physique d'Henri Poincaré. Premièrement, le continu physique désignerait l'organisation d'un champ de valeurs, laquelle organisation serait construite à partir d'une relation de quasi-égalité. Deuxièmement, cette organisation reposerait donc sur la succession à l'intérieur d'un processus expérimental : nous évaluons les masses A et B, puis les masses B et C, puis nous en déduisons leurs relations. Cette conception renvoie par conséquent à la temporalité. Henri Poincaré critique le modèle de Cantor et Dedekind sur ce point : si une collection de masses, qui constituent autant de points, se dénaturent petit à petit de par leurs différences entre eux, il y a alors individuation desdits points les uns par rapport aux autres. Les points constituent alors un ensemble discret. Pour respecter le continu, il faut l'envisager de manière topologique : un voisinage de points, tel que chaque point passe dans l'autre de manière incoercible. De fait, Poincaré considère le continu comme les mouvements de ces points, constamment actualisés d'un instant à l'autre, ce qui en fait un phénomène *temporel* et non spatial.

Le mathématicien néerlandais Luitzen Egbertus Jan Brouwer (1881-1966) compte parmi les critiques du modèle de Cantor et Dedekind répertoriés par Jean-Michel Salanskis. Pour L.E.J. Brouwer, les mathématiques sont des actes de construction, d'agencements mentaux. Ces constructions s'élaborent en relation étroite

⁵⁸ SALANSKIS Jean-Michel, « La figure du continu temporel », in WORMS Frédéric (dir.), *Le moment 1900 en philosophie*, Villeneuve-d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2004, pp. 145-167.

avec l'acte de scission, qui permet la conception d'un *avant* et d'un *après*, ce que Brouwer nomme la dyade. Mais s'il y a scission, alors il y a discontinuité ? Brouwer repense le continu en déplaçant le sens de la spatialité de deux façons. D'abord, il substitue le principe de vérification temporel à celui de la vérification spatiale. On ne parvient pas à déterminer le rang d'un nombre quelconque ? Qu'à cela ne tienne, il sera déterminé plus tard, « en temps utile » pour ainsi dire, une fois que tous les éléments précédents l'auront été. Le continu se construit ainsi par intuition, d'où l'expression de « continu intuitionniste », souvent employée pour qualifier cette conception. Les nombres réels de \mathbb{R} ne sont néanmoins pas suffisants pour établir le continu de cette manière. Pour y pallier, L.E.J. Brouwer a recours au déploiement : on fabrique le continu en mobilisant toutes les suites se poursuivant indéfiniment, en anglais « infinitely proceeding sequences » (ips), selon une sorte d'arborescence.

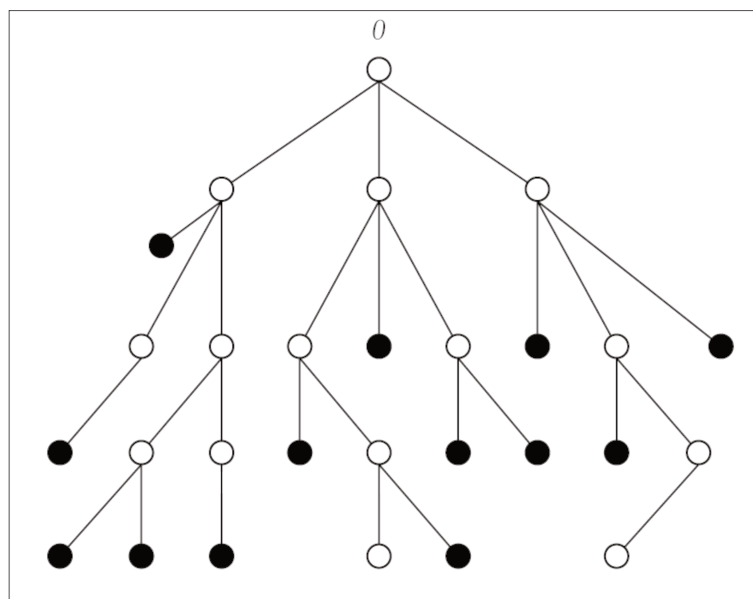


Fig. 8. Reproduction du schéma de déploiement d'Albino Lanciani⁵⁹

Ainsi, le continu repose sur un principe d'*engendrement* et non sur un ensemble infini de points. Ce n'est pas un espace, mais un milieu d'individuation où résident des entités ponctuelles en libre devenir.

Avant de refermer cette section dédiée à la continuité dans les sciences, arrêtons-nous un instant sur le continu intuitionniste pour le mettre en regard avec la continuité au cinéma. Nous avons évoqué précédemment l'élaboration de la *continuité apparente*

⁵⁹ LANCIANI Albino, *Mathématiques et musique*, Grenoble, Jérôme Millon, coll. « Krisis », 2001, p. 264. Pour l'auteur, les cercles blancs sont des « nœuds actifs », tandis que les cercles noirs sont des « nœuds stérilisés ».

de l'espace, grâce aux éléments géométriques et à l'enchaînement des plans par l'opération de montage. On a déjà pris en exemple une séquence découpée en champ-contrechamp dépourvue de plan « master » pour appuyer notre explication. Reprenons la séquence du dîner de *L'Heure zéro*. Il arrive un moment où le majordome Heurtebise renverse de la vaisselle qu'il venait de débarrasser. L'incident nous est montré comme suit : un plan large de la table, puis un plan de Heurtebise seul, puis un plan de la table. Heurtebise n'est pas visible dans le premier des trois plans. Quand survient le son de la vaisselle renversée, on se demande d'où il provient. En nous montrant Heurtebise, seul personnage dans le cadre, Pascal Thomas nous montre la cause du son. Mais cela n'informe pas le spectateur sur l'endroit d'où il provient. Heurtebise relève le plat qui a manqué d'atterrir par terre, se redresse en regardant à gauche du cadre : regarde-t-il en direction des convives ? Auquel cas, il se trouve hors champ à droite dans le premier plan. Ou bien dirige-t-il son regard sans pointer d'endroit particulier, faisant comme si rien ne s'était passé, trop honteux d'avoir fauté devant la maîtresse de maison et ses invités ? La logique des interactions sociales nous fait pencher en faveur de la première solution, bien que rien, dans ces deux plans, ne permette d'éliminer la seconde. La position d'Heurtebise ne se trouve confirmée que dans le troisième plan : Maître Trevoz, Camillia Tressilian et Guillaume Neuville regardent hors champ à droite du cadre, confirmant ainsi la position d'Heurtebise⁶⁰.

La continuité spatiale, élaborée ici à partir d'informations distillées de manière successive, soit *dans le temps*, nous évoque la conception du *continu intuitionniste*. En effet, la position d'Heurtebise par rapport à la table et aux convives dans l'espace de la salle à manger est déterminée après coup. D'une façon similaire, le continu intuitionniste détermine la place des nombres dans l'espace \mathbb{R} (soit leur continuité) *au fur et à mesure*, à partir des positions déterminées *auparavant*. C'est ainsi que le continu n'est plus spatial, mais temporel. Le caractère temporel de la continuité fut également défendu par le philosophe Henri Bergson.

Temps et durée : Henri Bergson

Revenons dans un premier temps à l'exemple de l'arbre, évoqué en introduction de ce chapitre. Cet arbre passe par des états différents, dont certains sont récurrents : la

⁶⁰ On remarque cependant l'absence de plan « master » montrant dans le même cadre les convives et Heurtebise. Seule cette convention des directions de regards, aujourd'hui bien établie auprès du public et des techniciens du cinéma, permet de déduire où se trouve Heurtebise dans la salle à manger quand il renverse la vaisselle.

floraison, la fructification et la défoliation en font partie. On pourrait affirmer que c'est la discontinuité qui prévaut. Pour autant, si l'on n'y porte pas d'attention particulière, cette discontinuité ne nous apparaît pas de manière évidente, comme si nous étions capables de saisir les événements détachés les uns des autres, divisés à l'infini. Les phénomènes décrits font partie de la vie de l'arbre et s'inscrivent dans un tout, une unité qui existe « d'un seul tenant », de sorte que dans notre esprit la discontinuité s'efface au profit de la continuité. C'est l'éternelle question posée par la philosophie, celle de l'unicité ou de la multiplicité de la vérité. Cet arbre dont nous parlions plus haut, est-il unique ou est-il multiple du fait de ses changements d'état ?

Dans l'*Essai sur les données immédiates de la conscience*⁶¹, le philosophe Henri Bergson (1859-1941) aborde cette question afin d'opérer une distinction entre le temps et la durée. Prenant l'homme pour exemple, Bergson met en évidence la multiplicité des phénomènes psychologiques qui le touchent : les sensations et les sentiments. Le temps renvoie à la succession des différents *états* par lesquels nous passons quotidiennement. C'est donc une notion discontinue, à l'image des différents états par lesquels l'arbre passe tout au long de sa vie. Henri Bergson oppose le temps, multiple et discontinu, à la durée : « la durée toute pure est la forme que prend la succession de nos états de conscience quand notre moi se laisse vivre, quand il s'abstient d'établir une séparation entre l'état présent et les états antérieurs⁶² ». Nos états s'offrent à nous d'un seul tenant, autrement dit en continu. Le concept de durée repose ainsi sur la continuité. Henri Bergson met en lumière l'opposition du temps des choses qui sont et du temps des choses qui deviennent. Revenons à notre exemple de l'arbre, qui passe par des états différents et de manière répétée tout au long de son existence. Si l'on suit le raisonnement de Bergson, il y a donc deux façons de considérer la vie de l'arbre (ou la nôtre). On peut la subdiviser pour ne considérer qu'une portion restreinte dans le temps, ou bien on peut la considérer en continu, dans sa durée pure. La première est souvent employée par les sciences expérimentales. Il peut être utile au biologiste d'étudier l'éclosion des fleurs chaque matin pendant la période de floraison de l'arbre, sans se préoccuper des états avant et après l'éclosion sur cette période, ni de l'arbre en dehors de la période de floraison.

⁶¹ BERGSON Henri, *Essai sur les données immédiates de la conscience*, Paris, PUF, coll. « Quadrige », 2013 [1927], 322 p.

⁶² *Ibid.*, pp. 74-75.

Cette approche mena Bergson à opérer un rapprochement entre le processus d'élaboration de nos connaissances et le cinéma. Dans l'ultime chapitre, intitulé « Le mécanisme cinématographique de la pensée et l'illusion mécanistique. Coup d'œil sur l'histoire des systèmes. Le devenir réel et le faux évolutionnisme », de son ouvrage *L'Évolution créatrice*, Bergson avait affirmé (vingt ans avant l'*Essai sur les données immédiates de la conscience*), après avoir pris l'exemple de la reproduction « sur un écran [d']une scène animée⁶³ », que « nous prenons des vues quasi instantanées sur la réalité qui passe, et, comme elles sont caractéristiques de cette réalité, il nous suffit de les enfilet le long d'un devenir abstrait, uniforme, invisible, situé au fond de l'appareil de la connaissance⁶⁴ ». Et Bergson de conclure que « le *mécanisme de notre connaissance usuelle est de nature cinématographique*.⁶⁵ » Mais revenons à l'arbre : pour Bergson, l'étude au présent d'un moment instantané de la vie de l'arbre va à l'encontre du temps réel de la conscience. Il dénature l'objet étudié, aussi Bergson penche-t-il pour la seconde façon de considérer la vie de l'arbre : dans sa durée pure, indivisible et par conséquent continue. Mais comment étudier et rendre compte de la continuité de l'arbre passé d'une petite graine à un végétal pouvant atteindre plusieurs mètres de haut ? Comment faire l'histoire de l'arbre ?

Michel Foucault et l'histoire

Au début du vingtième siècle, les aspects méthodologiques de l'histoire ont été remis en question. Plutôt que de chercher à mettre en évidence la succession des événements, l'enchaînement logique des idées, certains philosophes proposent de mettre en avant les *discontinuités*. Concernant l'histoire des sciences, Georges Canguilhem (1904-1995) préférait distinguer les interruptions, les discontinuités entre deux modèles scientifiques ; Gaston Bachelard (1884-1962) repérait quant à lui les seuils épistémologiques. À la suite de ces idées, Michel Foucault (1926-1984) est amené à concevoir deux définitions du concept de continuité. Dans ses premières réflexions, sa définition de la continuité rejoint celle de la durée pure de Bergson. C'est l'évolution ininterrompue des états passés et présents de notre environnement, saisis par notre conscience. Elle renvoie à un concept de continuité absolue, dépourvue de variations. Dans la seconde définition, la continuité découle de l'ensemble des transitions entre les

⁶³ BERGSON Henri, *L'évolution créatrice*, Paris, Presses universitaires de France, 1969 [1907], p. 304.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 305.

⁶⁵ *Ibid.*

événements qui, eux, changent constamment. Cette définition a un impact direct sur l'histoire comme discipline scientifique. Pour étudier l'histoire, Michel Foucault choisit de se concentrer sur les transformations, les mutations d'un événement en un autre⁶⁶, la manière dont les événements sont unis pour mieux les distinguer et les analyser. Dès lors la discontinuité ne doit plus être considérée comme un obstacle que l'historien cherche à effacer au profit du continuum de l'histoire, mais comme « un des éléments fondamentaux de l'analyse historique⁶⁷ » :

« [...], car ce que [l'historien] entreprend de découvrir ce sont les limites d'un processus, le point d'inflexion d'une courbe, l'inversion d'un mouvement régulateur, les bornes d'une oscillation, le seuil d'un fonctionnement, l'émergence d'un mécanisme, l'instant de dérèglement d'une causalité circulaire.⁶⁸ »

En somme, c'est la discontinuité qui serait à la base de la continuité : les événements discontinus liés à la vie de l'arbre (floraison, fructification et défoliation) s'inscrivent dans la continuité de celui-ci. Plus tard, Foucault considérera que la pensée tout entière est elle-même le terrain de métamorphoses continues dont il s'agit d'énoncer les conditions de possibilité.

La musique

En dehors de l'analyse physique, de sa représentation par une courbe sinusoïdale et des considérations physiologiques, Bergson fait remarquer que le son est une qualité pure, ce qui en fait un phénomène continu. Le son est le matériau premier de la création musicale. Qu'en est-il de la continuité en musique ? Cette question mériterait d'être l'objet d'une thèse à part entière. On limitera notre examen aux conditions d'usage de la continuité dans le vocabulaire musical, qui ont pu guider certains compositeurs du XX^e siècle pour l'organisation des phénomènes sonores dans leurs compositions, en particulier Iannis Xenakis.

⁶⁶ Michel Foucault eut pour professeur Georges Canguilhem. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles certaines idées leurs sont communes.

⁶⁷ FOUCAULT Michel, « Sur l'archéologie des sciences. Réponse au Cercle d'épistémologie », *Cahiers pour l'analyse*, n°9, Été 1968, pp. 9-40, repris dans FOUCAULT Michel, *Dits et écrits*, Paris, Quarto Gallimard, 2001 [1994], T. 1, p. 726.

⁶⁸ *Ibid.*

On trouve une occurrence du terme « continu » en musique dans l'expression « basse continue ». L'expression est apparue au XVII^e siècle et désigne à la fois un mode d'écriture et une pratique musicale devenue courante à cette époque (qui coïncide avec le baroque), avant de disparaître à la fin du XVIII^e siècle. Le principe était, pour tout ensemble instrumental ou vocal, d'être constitué d'une ligne mélodique principale jouée par la partie aigüe. La partie instrumentale grave était utilisée en soutien à l'harmonie et elle devint progressivement une partition instrumentale indépendante dont seule la basse était écrite⁶⁹. Cette partie était généralement jouée par un instrument polyphonique comme l'orgue, le clavecin, le luth ou le théorbe et souvent doublé avec la basse de viole, le violoncelle ou le basson⁷⁰. Une fois généralisée, cette basse était présente sans interruption dans le temps, d'où l'expression « basse continue » : la continuité est ici rattachée au temps. La basse continue vaut pour une méthode d'annotation à une époque donnée. Or, une œuvre musicale associe des sons, de longueurs et de fréquences variables, intégrant même des temps où aucun son n'est émis. Si la musique est l'organisation de sons, autrement dit d'éléments temporels, qu'en est-il de la continuité ou de la discontinuité d'une œuvre musicale ?

Le travail de Iannis Xenakis (1922-2001), à la fois compositeur et architecte, artiste du temps et de l'espace, mérite que l'on s'y arrête pour analyser la manière dont il traite les phénomènes de continuité et de discontinuité, ainsi que la signification que ces termes revêtent dans ses œuvres, à commencer par son travail de compositeur. Né en Roumanie, Iannis Xenakis intègre l'école polytechnique d'Athènes à son arrivée en 1940. Il y suit l'enseignement de manière sporadique, profitant des périodes où l'école est ouverte pendant la Seconde Guerre mondiale. Il obtient son diplôme d'ingénieur, mais il est rattrapé par son engagement politique, en particulier dans la résistance pendant la Seconde Guerre mondiale. Il fuit la Grèce (où il est condamné à mort par contumace) en 1947 avec pour objectif les États-Unis⁷¹. Son itinéraire passe à Paris, où il s'arrête et est embauché à l'Atelier des Bâisseurs (ATBAT) de l'architecte Le Corbusier (1887-1965). Pendant douze années de travail à l'ATBAT, il participe à l'élaboration de plusieurs grands projets de Le Corbusier : les Unités d'Habitation de Marseille et de Rezé-lès-Nantes, la ville de Chandigarh, le monastère de la Tourette, la

⁶⁹ HARDY Christophe, *Les mots de la musique*, Paris, Belin, coll. « Le français retrouvé », 2007, p. 81.

⁷⁰ VIGNAL Marc, « Basse continue », *Dictionnaire de la musique*, Paris, Larousse, 2005, p. 96.

⁷¹ XENAKIS Françoise, « Ce que je sais de lui », in MÂCHE François-Bernard (dir.), *Portrait(s) de Iannis Xenakis*, Paris, Bibliothèque Nationale de France, 2001, p. 11.

Maison de la culture et de la jeunesse de Firminy⁷². En 1956, à la demande de Le Corbusier, il prend en charge le Pavillon Philips pour l'exposition universelle de Bruxelles organisée en 1958⁷³. Ce travail d'architecte ne lui sert dans un premier temps que d'appoint pour lui permettre de vivre. Iannis Xenakis ne l'a jamais considéré comme une fin : dès son arrivée à Paris, son objectif est déjà de faire de la musique.

À Paris, Xenakis s'est inscrit au conservatoire, où il a suivi les cours d'Olivier Messiaen (1908-1992). Travaillant la journée à l'ATBAT, il compose la nuit. Il montre la partition de *Zyia* (1952), l'une de ses premières œuvres, à Olivier Messiaen. Ce dernier le recommande à Hermann Scherchen (1891-1966), qui lui apporte son soutien : il propose à Xenakis de diriger *Metastaseis* (1954) et d'écrire dans la revue *Gravesaner Blätter* qu'il dirige. Les compositions de Xenakis, autant que ses idées qu'il expose dans *Gravesaner Blätter* ont un fort retentissement dans le monde de la musique de l'époque. Lorsque Iannis Xenakis arrive à Paris, c'est alors la musique sérielle qui domine, héritée d'Arnold Schönberg (1874-1951). Les compositeurs prennent pour base de composition les douze notes de la gamme chromatique. Lue dans un certain ordre, elle forme la série originale de la composition, d'où l'expression de musique « sérielle ». Ils y appliquent ensuite des combinaisons ou des transformations simples. Par exemple, la série est reprise à l'envers, transposée à une hauteur différente ou bien encore les notes sont réparties entre les différents instruments. Le premier texte publié par Iannis Xenakis dans *Gravesaner Blätter*, intitulé « La crise de la musique sérielle⁷⁴ », critiquait les méthodes de composition de ses contemporains : selon lui, elles ne pouvaient conduire qu'à une impasse. Il reproche à la musique sérielle d'être un exercice pour l'esprit, mais dont les arrangements échappent à l'auditeur, voire même à des compositeurs et des

⁷² Voir XENAKIS Iannis, *Musique de l'architecture*, Textes, réalisations et projets architecturaux choisis, présentés et commentés par Sharon Kanach, Marseille, Parenthèses, 2006, 443 p. L'ouvrage revient en détail sur le travail de Xenakis comme architecte, en particulier les projets de l'ATBAT auxquels il a collaboré.

⁷³ Sur l'évolution du projet du Pavillon Philips, voir XENAKIS Iannis, *Musique architecture*, Paris, Casterman, coll. « Synthèses contemporaines », 1976, pp. 123-142.

⁷⁴ *Gravesaner Blätter*, n°1, Juillet 1955, repris dans XENAKIS Iannis, *Kéleütha*, Paris, L'Arche, 1994, p. 16.

interprètes de musique sérielle⁷⁵. Comment, dans ce cas, organiser la distribution des notes ?

Au cours de sa jeunesse, Xenakis a été fasciné par les sons naturels, mécaniques ou encore produits par l'homme :

« [...] quand je me promenais à bicyclette dans l'Attique, quand j'allais visiter les couvents du Péloponnèse, j'écoutais les bruits de la nature, et je savais inconsciemment que ces bruits avaient une véritable dignité et faisaient partie de la musique. De même lorsque je participais aux manifestations sanglantes d'Athènes, nous nous rassemblions sans bruit dans les petites rues pour déboucher en longues processions dans les artères principales et, au fur et à mesure que nous nous approchions du commandement allemand, s'élevait une clameur de slogans très rythmés. La ville entière se remplissait de cette scansion. Puis nous arrivions au contact des chars et des mitrailleuses qui tiraient sur nous. Alors, les slogans, les cris de la foule ponctués par la mitrailleuse, le piétinement de ceux qui fuyaient, tout cela composait un phénomène musical extraordinaire.⁷⁶ »

Ces phénomènes musicaux, Xenakis a tenté de les reproduire dans ses œuvres⁷⁷. Mais comment retranscrire l'agencement temporel de sons de nature différente qui débutent puis cessent, se chevauchent sans obéir à aucune règle apparente ? Pour ce faire, Xenakis distingue deux catégories : la catégorie du « hors-temps » concerne les structures musicales qui ne sont pas affectées par le déroulement temporel (par exemple les échelles de hauteurs) ; la catégorie de « l'en-temps » concerne les structures musicales directement dépendantes du temps (par exemple les lignes mélodiques). Il utilise ensuite le calcul des probabilités afin d'obtenir des valeurs et une distribution aléatoires de l'une ou l'autre des catégories. Les œuvres musicales ne sont pas le résultat de règles de composition, mais celui de la *stochastique*. Bien souvent, Xenakis

⁷⁵ François Delalande rapporte à ce sujet que « le psychologue Robert Francès montait, à la même époque [1955], une expérience perverse consistant à faire entendre à des compositeurs et des interprètes de musique sérielle des extraits musicaux et à leur demander de reconnaître s'ils étaient ou non de l'une de deux séries préalablement entendues. La probabilité d'erreur était supérieure à une chance sur deux dans la plupart des présentations. » DELALANDE François, « *Il faut être constamment un immigré* » - *Entretiens avec Iannis Xenakis*, Paris, INA - Buchet/Chastel, 1997, 188 p.

⁷⁶ XENAKIS Iannis, *Musique de l'architecture*, op. cit., p. 21.

⁷⁷ Cette démarche était aussi celle d'Olivier Messiaen. À partir d'enregistrements de chants d'oiseaux, il a composé plusieurs œuvres : *Réveil des oiseaux* (1953), *Oiseaux exotiques* (1956) ou encore *Catalogue d'oiseaux* (1959).

commence par reporter ses résultats sous forme graphique, sur du papier millimétré. Sa méthode de composition met à jour des similitudes entre la continuité en mathématique et la continuité en musique. Ainsi, les lignes de la partition graphique de *Metastaseis* pourraient être considérées comme autant de fonctions continues.

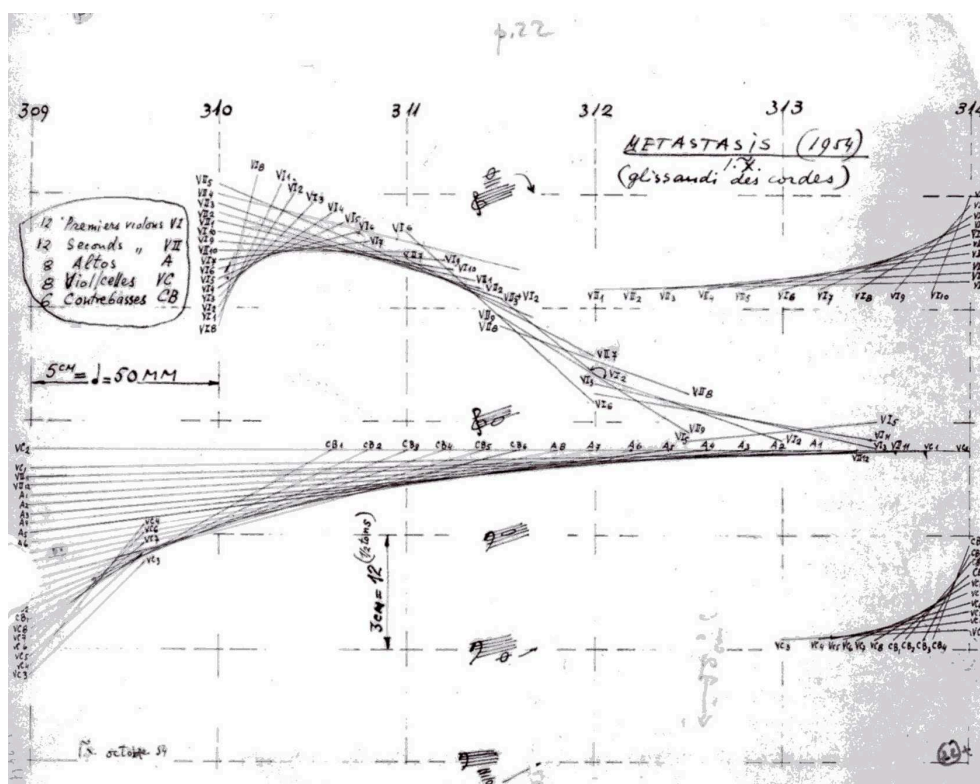


Fig. 9. Étude manuscrite de Iannis Xenakis pour les glissandi de *Metastaseis*⁷⁸

Sur l'en-tête de la partition de *Metastaseis*, le compositeur avait écrit la consigne suivante : « les glissandi sont rigoureusement continus ». Tandis que les hauteurs varient de manière discrète, le son est ininterrompu. La représentation graphique de la composition de *Erikhton* (1974) prend la forme d'arborescences semblables à celles des déploiements de Brouwer :

⁷⁸ MÂCHE François-Bernard (dir.), *Portrait(s) de Iannis Xenakis*, op. cit., p. 85.

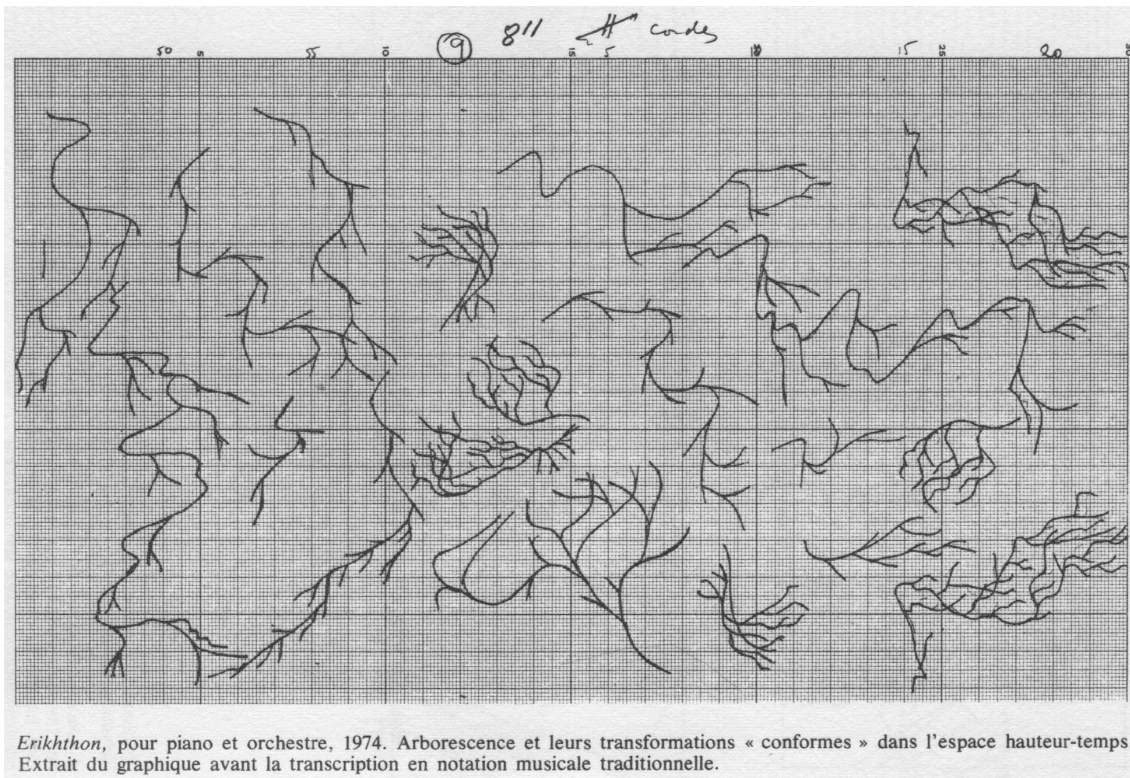


Fig. 10. Représentation graphique de la composition d'Erikhthon⁷⁹

Xenakis est convaincu des possibilités artistiques des modèles de continuité et de discontinuité des mathématiques appliqués à la composition musicale : « La confrontation de la continuité et de la discontinuité nous offre un nouveau moyen de modeler la plastique sonore de l'orchestre ou des machines électroniques.⁸⁰ »

L'architecture

Iannis Xenakis, au cours des douze années où il fut employé à l'ATBAT, collabora à plusieurs projets commandés à Le Corbusier. Il en est un qu'il a mené de bout en bout : la commande, par la société Philips, d'un Pavillon pour l'exposition de Bruxelles en 1958. Le pavillon accueille la projection d'un court métrage réalisé par Le Corbusier. À l'invitation de ce dernier, Edgar Varèse a composé la bande son. L'aménagement intérieur ne posant pas de difficulté particulière (c'est une salle de projection, les spectateurs entrent d'un côté et sortent de l'autre), Xenakis concentre son travail sur l'extérieur et cherche à construire avec du volume. À cette époque, le compositeur-architecte remarque que l'architecture contemporaine est le résultat de translations de surfaces planes (les murs, inscrits dans des espaces perpendiculaires les uns aux autres),

⁷⁹ XENAKIS Iannis, *Musique architecture*, op. cit., p. 178.

⁸⁰ *Ibid.*, p. 28.

ou circulaires (par exemple une coupole ou une rotonde), mais dépourvues de volume : « La troisième dimension conçue et réalisée de cette manière est fictive, elle est homomorphe au plan, elle n'apporte pas un élément volumétrique nouveau.⁸¹ » Pour relier deux dimensions (au moins), Xenakis façonne des courbes avec du béton armé : une paroi de forme parabolique devient hyperbolique (ou inversement). La souplesse de transformation du béton est pour beaucoup dans la réussite technique de cette idée, au point que l'architecte affirme : « son essence [le béton] est la *continuité*⁸² ». Alors qu'un pan de mur et un plafond sont inscrits dans deux espaces distincts (l'un vertical et l'autre horizontal), les parois parabolicoïde-hyperboliques proposées par Xenakis lient les deux espaces sans interruption. À la manière du montage où l'on cherche bien souvent à enchaîner les plans de la façon la plus fluide et la moins visible possible, les parabolicoïde-hyperboliques traversent les espaces sans que l'on puisse les distinguer les uns des autres. En donnant de cette façon du volume au bâtiment, Xenakis apporte une forme de continuité spatiale à l'architecture. Cette solution s'applique à l'extérieur d'un bâtiment et convient à un pavillon temporaire. On voit mal son application sur des maisons individuelles construites de manière pérenne, ne serait-ce que pour des questions d'optimisation de l'espace habitable. On va maintenant s'interroger sur la continuité à l'intérieur des bâtiments, en se concentrant sur les habitations, à travers l'œuvre de Ludwig Mies van der Rohe.

L'architecte allemand Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969) fait partie des figures marquantes de l'architecture moderne du vingtième siècle. Contemporain de Le Corbusier, les deux hommes s'étaient rencontrés dans les années 1910 et Mies van der Rohe avait invité ce dernier à dessiner l'une des maisons du lotissement du Weissenhof à Stuttgart pour l'exposition du Werkbund de 1927. Ludwig Mies van der Rohe est également connu pour avoir dirigé l'école d'art allemande du Bauhaus de 1930 jusqu'en 1932, après que le conseil municipal de la ville de Dessau, devenu à majorité nazie, ait voté la dissolution de l'école⁸³. Il émigra aux États-Unis en 1938, fuyant le régime nazi comme la plupart de ses compatriotes qui choisirent de quitter l'Allemagne à l'époque. Il continua l'enseignement et dirigea le département d'architecture de l'Armour Institute of

⁸¹ *Ibid.*, p. 123.

⁸² *Ibid.*, p. 124.

⁸³ RAGON Michel, *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes - Vol.2*, Paris, Casterman, coll. « Points-Essais », 1986, p. 121. Michel Ragon précise que Mies van der Rohe et Walter Gropius tentèrent de maintenir l'activité du Bauhaus en le transformant en institut privé, installé dans une usine désaffectée à Berlin. L'école ferma définitivement au milieu de l'année 1933.

Technology à Chicago. Il prit la nationalité américaine en 1944 et poursuivit ses projets aux États-Unis jusqu'à la fin de sa vie, en premier lieu le campus l'Armour Institute of Technology, renommé Illinois Institute of Technology dès 1940⁸⁴.

Dans ses constructions, l'architecte met les piliers en acier, le béton armé et le verre au service de l'une de ses préoccupations principales : l'espace et sa continuité, afin d'élaborer ce que Ludwig Mies van der Rohe a appelé un peu plus tard le *plan libre*. Comment l'architecte formalise-t-il la continuité de l'espace au travers de la notion de plan libre ? Les piliers en acier et le béton armé permettent si on le souhaite de supprimer les murs porteurs. Les vitrages sont, d'après l'architecte, un élément essentiel à l'ensemble :

« La capacité à libérer l'espace [du béton] comme de [l'acier] serait entravée, voire annulée sans le vitrage ; elle resterait à l'état de promesse. Seules l'enveloppe de verre, les parois de verre confèrent à l'ossature sa forme clairement constructive et garantissent ses possibilités architectoniques.⁸⁵ »

De cette façon, l'espace intérieur se trouve libéré et on peut l'organiser comme bon nous semble. C'est cet aspect du travail de l'architecte que l'on retiendra ici : il récuse l'idée du mur comme séparation, servant à fermer une pièce et à diviser les espaces d'une maison. Les murs doivent au contraire orienter l'espace interne du bâtiment, sans le contenir, pour articuler les pièces entre elles et lier les espaces intérieurs avec l'extérieur. Mies van der Rohe applique cette idée de manière radicale dans son projet (jamais construit) de maison de campagne en briques en 1923.

⁸⁴ KHAN Hasan-Uddin, *Le Style International. Le modernisme dans l'architecture de 1925 à 1965*, Taschen, 2009, p. 89.

⁸⁵ MIES VAN DER ROHE Ludwig, « Que seraient le béton et l'acier sans le vitrage ? » (texte inédit de 1933), cité par NEUMEYER Fritz, *Mies van der Rohe. Réflexions sur l'art de bâtir*, Paris, Le Moniteur, Coll. « Architectes », 1996, p. 310.

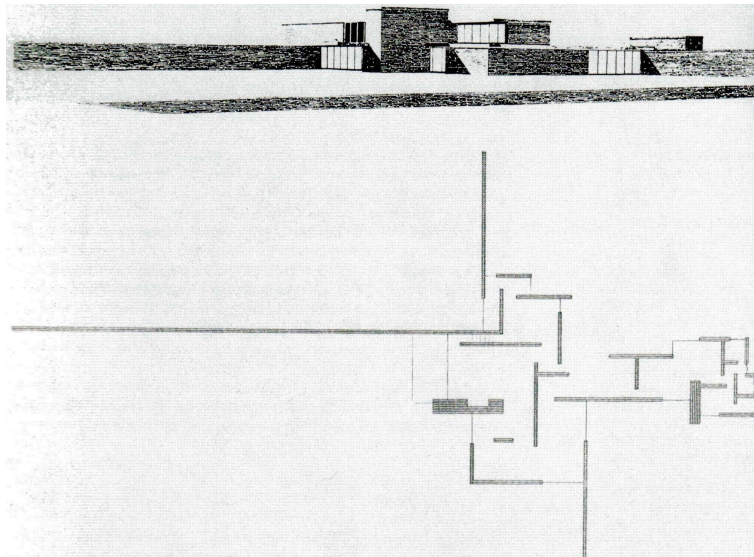


Fig. 11. Plan masse du projet de maison de campagne en brique de Ludwig Mies van der Rohe, 1923⁸⁶

La maison dessinée par Ludwig Mies van der Rohe, dépourvue de porte, constitue un ensemble d'espaces ouverts circonscrits par le mur extérieur, lui-même troué par de larges vitres. Mies van der Rohe n'avait pas défini les fonctions des espaces. Il avait simplement distingué la partie gauche du plan de la partie droite, avec les annotations « Whonräume », que l'on pourrait traduire par « pièce à vivre » et « Wirtschaftsräume », c'est-à-dire « local de service ». Tels des espaces topologiques, l'intérieur organise des espaces en intersections, unis partout. Dans un texte manuscrit daté du 19 juin 1924, Ludwig Mies van der Rohe écrit, à propos du projet de maison de campagne en briques :

« Dans le plan de cette maison, j'ai abandonné le principe habituel des volumes clos : à une série de pièces distinctes j'ai substitué une suite d'espaces ouverts. La paroi perd ici son caractère de clôture et ne sert plus qu'à l'articulation organique de la maison.⁸⁷ »

L'intérieur de la maison forme un espace ininterrompu, dépourvu de rupture, construit « d'un seul tenant » : c'est le plan libre, la continuité en architecture. Il appliquera véritablement cette idée avec le pavillon allemand de l'exposition universelle de

⁸⁶ KHAN Hasan-Uddin, *Le Style International. Le modernisme dans l'architecture de 1925 à 1965*, Taschen, 2009, p. 36.

⁸⁷ MIES VAN DER ROHE Ludwig, cité par NEUMEYER Fritz, *Mies van der Rohe. Réflexions sur l'art de bâtir*, op. cit., p. 251.

Barcelone en 1929 (démoli à l'issue de l'exposition, il fut reconstruit de 1983 à 1984). Dans le pavillon, le verre vient jusqu'à l'intérieur du bâtiment, éliminant ainsi toute séparation interne visible. Selon les angles de vue, le bâtiment tout entier semble disparaître au profit de l'environnement extérieur, qui se reflète même dans le marbre poli. Le plan libre se trouve poussé à l'extrême dans l'une des dernières réalisations de Ludwig Mies van der Rohe. La maison Farnsworth, construite entre 1946 et 1951 à Plano, dans l'État de l'Illinois aux États-Unis, se forme autour d'un noyau central qui renferme les chambres et la salle de bain. Autour de cet espace, il n'y a aucune autre séparation, la paroi extérieure étant intégralement vitrée. La transparence des vitrages à l'intérieur de la maison permet à la lumière de circuler sans obstacle d'une pièce à l'autre, voire de traverser la maison. Sans mur opaque, l'œil de l'habitant a la possibilité d'embrasser le volume de l'habitat tout entier et l'environnement qui se trouve au-delà.

Pour synthétiser, la coexistence d'un espace intérieur et d'un espace extérieur, la trajectoire transversale de la lumière entre ces deux espaces, la division de l'espace intérieur par des parois transparentes en plusieurs volumes ouverts et communicants sont les conditions d'existence du plan libre dans un bâtiment.

Les deux premiers chapitres de cette recherche ont permis de proposer une définition de la continuité au cinéma, en relation avec les films de fiction, ainsi qu'à nos réflexions la pratique du métier de scripte. Cette première étude a mis à jour des constantes qui rendent possible l'existence et la compréhension par les spectateurs d'une *continuité apparente* jouant un rôle essentiel dans la réalisation des films de fiction, tant pour les films dits des « premiers temps » que pour ceux, plus récents, qui utilisent les technologies numériques. Ces constats nous ont amenés à explorer d'autres domaines de la connaissance scientifique et artistique.

Cette approche transdisciplinaire de la continuité a révélé combien la discontinuité était elle aussi importante. La dialectique produite par ces deux notions est à l'origine de questionnements et soulève des problématiques en sciences, en philosophie et dans la musique et l'architecture, aux fondements d'une forme de connaissance qui met en jeu à la fois l'espace et le temps et semble dépasser les frontières entre les savoirs. Le rappel à la continuité dans le cinéma intervient pour mieux définir ces principes scientifiques. Pour la médecine, la continuité est nécessairement temporelle, attachée aux signaux physiologiques des organes essentiels du corps humain (le cœur, le cerveau). En géographie l'étude concomitante de la

continuité et la discontinuité est révélatrice du fonctionnement spatial de nos sociétés. Les sciences expérimentales, dont la distinction entre l'espace et le temps dépend de l'unité de mesure de l'objet d'étude, font appel aux mathématiques pour analyser les données issues de leurs protocoles expérimentaux. On tend alors vers un modèle spatial. Mais lorsque les mathématiques s'emparent de la continuité et de la discontinuité pour en faire des objets d'étude à part entière (le continu et le discret), elles poussent plus loin dans l'abstraction pour en tirer des lois générales. Le modèle spatial est finalement remis en cause au profit de la continuité comme phénomène temporel. Cette problématique est partagée par la philosophie, où elle rejoint les délicates questions de l'unicité face à la multiplicité, dans une perpétuelle dialectique entre l'espace et le temps. Face à l'histoire, science du temps par excellence, les problématiques de la continuité et de la discontinuité renvoient quant à elles à la méthodologie de la discipline.

Il était impossible d'aborder ces notions de manière exhaustive dans toutes les disciplines artistiques. Nous nous sommes volontairement restreints à la musique et à l'architecture, car ces deux formes d'arts ont pour support principal respectivement le temps et l'espace. Lorsque les compositeurs et les architectes cherchent le point d'équilibre entre la continuité et la discontinuité, celles-ci comptent alors parmi les moteurs de la création. La basse continue musicale apporte une forme de stabilité et offre une assise pour les règles de la composition musicale, tandis que les canons architecturaux tendent plutôt vers la division des espaces. Certains artistes, comme Iannis Xenakis ou Ludwig Mies van der Rohe, tentent d'abolir la scission entre la continuité et la discontinuité, cherchent à opérer une synthèse entre les disciplines, ou bien choisissent de favoriser l'un au profit de l'autre pour renouveler leur pratique artistique.

Ces recherches ont mis en lumière les enjeux de la continuité dans toutes ces disciplines, où l'espace et le temps sont prépondérants (voire concurrents par exemple dans les mathématiques). Ils font parfois écho aux formes de continuité qu'on a identifiées pour le cinéma dans les deux premiers chapitres, permettant d'une part d'enrichir notre définition de la continuité et, d'autre part, d'avancer l'hypothèse suivante : si la continuité est tant recherchée par le cinéma, c'est qu'elle régit notre appréhension du monde et les savoirs qui tentent de le maîtriser. Nous sommes par conséquent tentés de reformuler la phrase de Maurice Merleau-Ponty pour affirmer que la continuité au cinéma c'est la manière de « montrer comment quelque chose se met à signifier, non par allusion à des idées déjà formées et acquises, mais par l'agencement temporel *et* spatial des éléments ».

C'est au travers de ces éléments que nous allons poursuivre les réflexions, en traitant désormais de la continuité et de ses relations avec la stéréoscopie appliquée au cinéma. En effet, la stéréoscopie parvient, à partir de deux images filmées simultanément par deux caméras différentes, à les rassembler de façon à ce que les spectateurs perçoivent bien une image unique. En regardant le film au travers des lunettes, ceux-ci croient voir une représentation tri-dimensionnelle fidèle à leur environnement quotidien, toute en profondeur et en relief. D'une part, ces constats sur l'emploi de la stéréoscopie au cinéma ramènent la dialectique entre discontinuité et continuité au premier plan. D'autre part, ils remettent en jeu les questions spatiales et, par l'association de la stéréoscopie avec le cinéma, les problématiques temporelles : en d'autres termes, le cinéma en 3D stéréoscopique (3Ds) pose de nouveau la question de la continuité au cinéma.

DEUXIÈME PARTIE

De la stéréopsis à la stéréoscopie

Au cours de l'année 2003, on voit apparaître dans des magazines et des paquets de céréales des paires de lunettes en carton aux verres colorés : l'un en bleu, l'autre en rouge. Ces petits objets ne sont pas de vulgaires gadgets, ils sont indispensables pour aller voir le film qui apportera la conclusion à la trilogie destinée à un jeune public réalisée par Robert Rodriguez : *Spy Kids*. Pour ce dernier film de la série, le réalisateur a pris le parti de donner au chiffre trois toute sa dimension en réalisant le film en « 3D ». Dans ce troisième film, le public retrouve Carmen et Juni Cortez, deux enfants qui ont marché dans les pas de leurs parents en intégrant la branche juvénile d'un service de contre-espionnage. Tout va pour le mieux à l'agence d'enquêtes privées du jeune Juni Cortez, lorsque celui-ci est appelé par ses anciens collègues-espions : au cours d'une mission, sa sœur Carmen a disparu dans une version-test du jeu vidéo dernier cri qui s'apprête à être distribué sur le marché. Seul son frère est en mesure de la retrouver et de l'en sortir. Juni se rend donc dans le laboratoire secret des services (encore plus) secrets pour être envoyé dans l'univers du jeu vidéo. Avant de le dématérialiser pour l'envoyer dans le jeu, Juni se voit remettre une paire de lunettes semblables à celles remises aux spectateurs avant que la séance ne débute. Ainsi, les personnages du film envoient un signal direct aux spectateurs : il est temps qu'ils chaussent leurs lunettes. Le public se retrouve alors propulsé avec Juni dans le monde du jeu vidéo, où les créatures du jeu jaillissent à travers l'écran, les personnages flottent dans l'espace et les niveaux labyrinthiques s'étirent dans la profondeur. En passant d'un univers fait de décors construits « en dur », mais cantonné à un mode de représentation « à plat » sur l'écran de cinéma, à un environnement où les spectateurs ont l'impression que les objets ont retrouvé leur volume originel et se meuvent dans la profondeur de part et d'autre de l'écran au milieu de décors artificiels, Robert Rodriguez apporte avec ce film une rupture visuelle jusqu'alors inédite et qui remet en jeu la notion de continuité au cinéma.

Au moment de la sortie de *Spy Kids 3D: Game Over*, cela fait quelques années déjà que le numérique s'est introduit dans la chaîne de production cinématographique, permettant d'intégrer des éléments, fabriqués virtuellement en post-production grâce à des logiciels de graphisme, dans les images enregistrées au tournage avec des comédiens dans des décors réels⁸⁸. Mais Robert Rodriguez parvient à y intégrer la 3D *stéréoscopique* (abrégée *3Ds*). Car c'est bien de cette technique qu'il s'agit. Son emploi est justifié par le scénario et son introduction dans le film est même mise en scène lors

⁸⁸ Du reste, des productions « hybrides » mêlant la prise de vues réelles à d'autres techniques de réalisation d'images animées avaient déjà vu le jour par le passé : on pense notamment à quelques productions des studios Walt Disney, telle *Mary Poppins* (Robert Stevenson, 1965) par exemple.

de la séquence où Juni passe d'un univers à un autre : la 3Ds devient un élément de transition esthétique essentiel dans le film. Lorsque, à la fin du film, les créatures et les machines du jeu vidéo envahissent le monde « réel », la 3D stéréoscopique permet de faire la synthèse de ces deux univers disparates, consolidant ainsi son lien avec la *continuité* du film. Toutefois, les filtres colorés des lunettes déforment les couleurs des images, sollicitant le système visuel des spectateurs d'une manière inhabituelle, contribuant à la difficulté de « tenir » cette continuité sur toute la durée du film. En choisissant d'utiliser la stéréoscopie dans *Spy Kids 3D: Game Over*, Robert Rodriguez rouvre le débat sur la *continuité apparente* au sein des films de fiction.

Depuis 2003, le numérique a investi les salles de cinéma et les films en 3Ds se sont généralisés. Si l'on souhaite analyser l'esthétique de ces films, on ne peut raisonnablement évacuer la question de la continuité. Aujourd'hui, en France, il ne se passe pas une semaine sans que les spectateurs puissent, parmi les films nouvellement diffusés, en choisir un dont l'affiche annonce « en 3D »⁸⁹. Munis de lunettes, les spectateurs accèdent à une représentation tri-dimensionnelle très semblable au monde qui les entoure. Par quelle prouesse technologique les images d'un film paraissent-elles véritablement « prendre du relief » ?

Afin de mieux comprendre en quoi la stéréoscopie constitue un enjeu qui met à l'épreuve la continuité comme enchaînement intelligible des éléments d'un film, ainsi que les méthodes (analysées dans le chapitre 2) employées pour l'assurer, il est nécessaire de procéder par étapes. Dans un premier temps, il faudra rappeler les mécanismes du système visuel humain qui, à partir de deux vues dissociées, permettent la construction d'une représentation tri-dimensionnelle unique de notre environnement, soit l'élaboration d'un *continuum* perceptif. Nous retracerons brièvement l'évolution des connaissances du système visuel humain, notamment celles liées à la géométrie et à l'optique, dont certaines ont permis d'élaborer les premiers appareils stéréoscopiques (stéréoscope puis appareils de stéréophotographie par exemple). Nous terminerons notre état des lieux de la continuité dans le cinéma en 3Ds en revenant sur l'impact des techniques de prise de vues stéréoscopiques au cinéma sur la vision humaine, en relation avec les moyens mis en œuvre pour assurer la continuité narrative et esthétique d'un film.

⁸⁹ Précisons toutefois qu'il s'agit en grande majorité de productions américaines. La production 3Ds en France reste minoritaire.

Chapitre 4. Savoirs et techniques optiques de reproduction de la stéréopsis

Sans trop entrer dans des détails bio-anatomiques, voici en résumé le fonctionnement de la vue chez l'être humain. L'œil gauche et l'œil droit sont les organes de la vision humaine. Un rayon de lumière⁹⁰ qui atteint l'un des deux yeux traverse plusieurs milieux transparents : la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et le corps vitré.

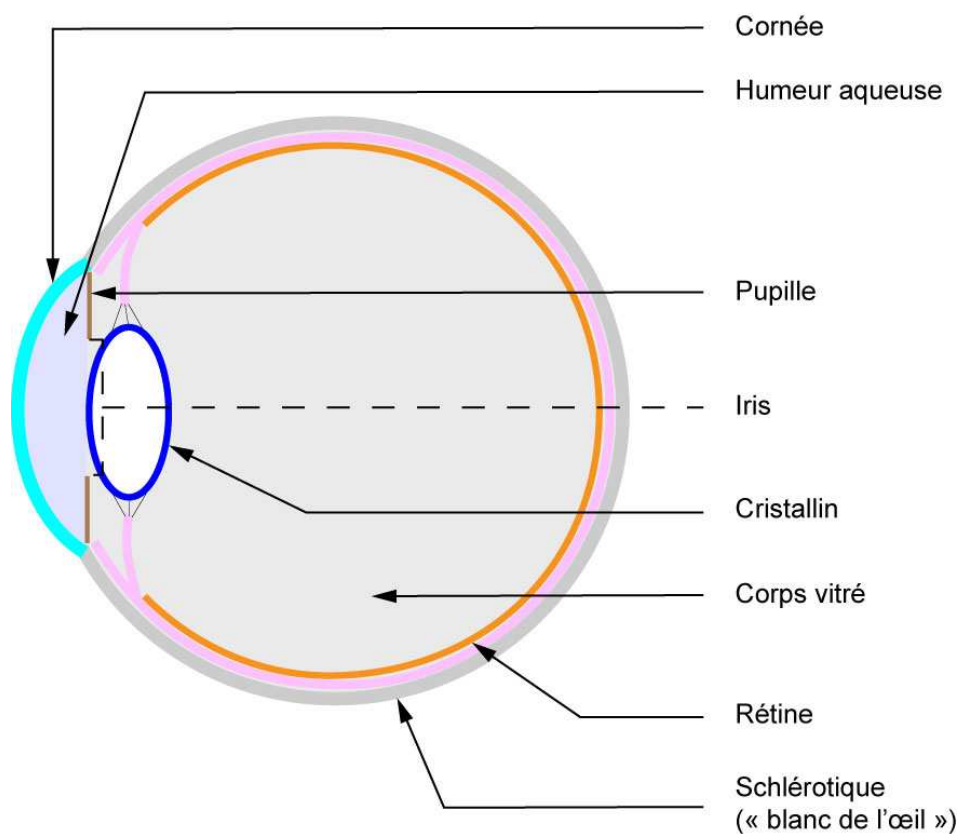


Fig. 12. Schéma de l'œil humain

Ces milieux transparents ne sont pas tous identiques, tant par leur forme que par leur constitution. Or, on sait que la lumière voit sa vitesse modifiée lorsqu'elle traverse des milieux transparents de densités différentes. L'angle de sa trajectoire est également modifié dès l'entrée dans le nouveau milieu : c'est le phénomène de réfraction. Chacun des milieux transparents de l'œil possède donc un indice de réfraction différent, qui va modifier d'autant la trajectoire de la lumière. Le trajet d'un rayon lumineux jusqu'au

⁹⁰ Pour rappel, la lumière est constituée de photons.

fond de l'œil n'est donc pas rectiligne, mais soumis à la variation des indices de réfraction des différents milieux qu'il traverse. Voyons plus précisément quelles sont les caractéristiques de chacun de ces milieux.

La cornée est constituée d'une trame fibreuse serrée et régulière, qui lui confère sa transparence. Avec sa forme convexe à l'avant, elle focalise les rayons lumineux. L'humeur aqueuse, située entre la cornée et la pupille, n'a pas de propriété optique proprement dite. Sa transparence permet cependant de transmettre le spectre lumineux sans en modifier sa composition. Après l'humeur aqueuse vient la pupille. Couverte de pigments plus ou moins bruns, la pupille est la partie de l'œil qui lui donne sa « couleur ». En son centre se trouve l'iris : c'est un « trou », dont le diamètre varie sous l'action de muscles lisses en fonction de la luminosité de l'environnement extérieur⁹¹. Plus l'environnement est lumineux, plus le diamètre de l'iris sera petit. Au contraire, son diamètre sera plus grand dans un environnement peu lumineux, afin de laisser davantage de lumière pénétrer dans la partie interne de l'œil. Après être passée au travers de l'iris, la lumière traverse le cristallin, qui doit son nom à la cristalline, la protéine qui le compose. Les cellules sont regroupées dans une sorte de capsule qui donne au cristallin sa forme de lentille biconvexe. C'est notamment sa forme qui lui confère ses propriétés optiques, pour faire converger la lumière vers le fond de l'œil. Au fil du temps, les cellules du cristallin s'allongent, puis perdent leur noyau⁹², formant des rubans inertes, mais souples, recouverts par de nouvelles cellules. C'est ainsi que le cristallin s'épaissit naturellement au cours des années⁹³. Il est relié aux muscles ciliaires qui étirent ou relâchent le cristallin pour permettre d'accommoder la netteté en fonction de la distance, ce qui modifie son épaisseur et par la même occasion l'indice de réfraction. Ainsi, nous voyons nets les objets (proches de quelques centimètres ou éloignés de plusieurs mètres) que nous regardons. Derrière le cristallin, le globe oculaire est rempli par le corps vitré. Comme l'humeur aqueuse, sa transparence permet de transmettre sans les modifier les

⁹¹ *Science & Vie - Hors série*, n°216, septembre 2001, p. 11.

⁹² Pour rappel, les cellules du vivant sont constituées de trois composants principaux : la membrane externe, le cytoplasme et le noyau, qui renferme toute l'information génétique de la cellule. Le noyau est le « cœur » de la cellule.

⁹³ Avec le temps, le cristallin perd de sa souplesse. Il devient de plus en plus difficile d'accommoder pour voir net. Certains mécanismes viennent, du moins pendant un temps, compenser le manque d'accommodation du cristallin, modifiant la réfringence au sein même du cristallin, au point que certains chercheurs parlent de « zones de discontinuité », mais sans développer davantage les justifications d'une telle appellation. Voir : KORETZ Jane et HANDELMAN George, « L'œil : son accommodation et son vieillissement », in GALIFRET Yves (dir.), *Les mécanismes de la vision*, Paris, Belin, coll. « Pour la science », 1989, pp. 24-26.

rayons lumineux qui, suite à l'action du cristallin, convergent vers le fond de l'œil. Le corps vitré n'est pas un liquide fluide : sa densité permet notamment de maintenir le cristallin.

Au fond de l'œil se trouve la rétine. Le fait que l'appareil optique de l'œil mette tout en œuvre pour faire converger les rayons lumineux *sur* la rétine et non pas au-devant ou au-delà est l'un des facteurs nécessaires pour voir net. Si les rayons convergent au-devant ou au-delà de la rétine, l'image projetée sur la rétine de l'objet regardé est une tache. Or, pour qu'un objet soit vu net, il est nécessaire que pour tout point de l'espace sur lequel nos yeux convergent et sur lequel on porte notre attention, son *image*⁹⁴, soit également un point et non une tache. La rétine est un assemblage de plusieurs types de cellules. Ces cellules, dites « photoréceptrices », sont photosensibles. Il en existe deux catégories : les « cônes » et les « bâtonnets », ainsi désignés en raison de leurs formes respectives. Sensibles à la lumière, ces cellules réagissent aux photons en émettant un signal électrique, transmis au cerveau par le biais du nerf optique et grâce à des combinaisons cellulaires supplémentaires.

Le but n'est pas ici d'expliquer de manière exhaustive l'état des connaissances relatives au fonctionnement de la vision humaine. Dans le cadre de cette recherche, nous nous arrêterons toutefois sur un phénomène qui, au premier abord, peut sembler déroutant. Nous venons de détailler les principales données anatomiques pour *un* œil. Or, les êtres humains ont *deux* yeux. Grâce à des expérimentations en laboratoire, on a réussi à mettre en évidence les différents circuits cellulaires dédiés au traitement des données visuelles et certaines de leurs ramifications dans les différentes aires cérébrales dédiées à la vision. La partie du cerveau qui traite les informations à haute résolution sur les contours formés par les contrastes colorimétriques est différente de celle qui s'occupe des couleurs et des niveaux de gris, différente encore de celle dédiée au traitement du mouvement et de la profondeur stéréoscopique⁹⁵. Pour autant, lorsque nous regardons autour de nous, notre environnement n'est pas dédoublé, mais *un et entier*. Mieux : comme nous venons de le mentionner, le système visuel permet donc à

⁹⁴ C'est ainsi que l'on désigne, en physique optique, le point de convergence des rayons lumineux d'un point d'un objet donné. Si les rayons sont directement issus du point de l'objet, il s'agit de l'image *réelle* de l'objet. S'il s'agit du point de convergence issu du prolongement des rayons lumineux réfléchis par l'objet, alors il s'agit de l'image *virtuelle* de l'objet. Dans le cas présent, l'image projetée sur la rétine est l'image virtuelle. Cf. article « Image », in REY-DEBOVE Josette et REY Alain (dir), *Le nouveau petit Robert*, Paris, Les Dictionnaires le Robert, 1993, p. 1125.

⁹⁵ Voir : BULLIER Jean, « Les trajectoires cérébrales de l'information visuelle », *Science & Vie - Hors série*, n°216, septembre 2001, pp. 54-59.

l'être humain d'en percevoir les couleurs, les mouvements et, surtout, d'en situer les objets dans l'espace, de percevoir leurs volumes et la distance qui les sépare. Autrement dit, l'origine de la vision est organique et *discontinue*, mais la perception visuelle qui survient finalement est *continue* et, soulignons-le, *tri-dimensionnelle*. On appelle le phénomène qui nous permet de distinguer la profondeur et les volumes des objets la *stéréopsis*⁹⁶. Ce dernier terme est composé de deux mots empruntés au grec. Le premier élément, « stereos » désigne un « solide », entendu comme une forme possédant trois dimensions. Le second élément, « skopos », est dérivé de « skopein », qui signifie « examiner, observer ». D'où nous vient cette capacité à « examiner les formes tri-dimensionnelles » ? Si le fonctionnement du système visuel humain est aujourd'hui bien connu, il n'en reste pas moins qu'un long parcours – mobilisant divers savoirs éprouvés par l'expérimentation empirique – a été nécessaire. Il suffira d'en rappeler les principales étapes.

Les apports de la géométrie et de l'optique

Dès l'Antiquité, savants et philosophes se sont intéressés à la vision et à son fonctionnement, mais de manière indirecte. Les écrits qui nous sont parvenus traitent en réalité de géométrie et d'optique. L'état des lieux des connaissances des savants antiques sur la vision humaine s'effectue alors par soustraction, en déduisant de leurs règles géométriques leurs conceptions du fonctionnement de la vision humaine. Il ne s'agit pas de recenser ici tous les traités d'optique, nous en retiendrons trois : ceux d'Euclide (323-285 av. J.-C.), de Claude Ptolémée (v. 90-v. 168) et de Claude Galien (v. 131-v. 201). Ces savants de l'Antiquité ont fourni des règles et des lois. Elles ont constitué un socle qui servit de référence pendant plusieurs siècles, marquant ainsi durablement la discipline et les savants qui leur succédèrent. Certaines d'entre elles sont encore appliquées aujourd'hui dans leurs domaines respectifs.

Euclide est un mathématicien grec du III^e siècle av. J.-C. Les *Éléments*, figurent parmi ses écrits qui nous sont parvenus et qui ont assuré la reconnaissance scientifique de ses travaux à travers les siècles. Cette somme de plusieurs volumes réunit, entre autres, lois et théories d'arithmétique et de géométrie. Les livres XI à XIII traitent spécifiquement de la géométrie spatiale. Euclide y énonce des lois appliquées à l'espace (le plan, les figures planes et les volumes), mises en pratique par les architectes et qui lui

⁹⁶ On retrouve en majorité ce terme en anglais, ainsi que dans certains ouvrages traduits ou intégrant le vocabulaire anglophone (tels ceux de Bernard Mendiburu et Céline Tricart, cités plus loin). On le préférera à celui de « stéréopsie » (vraisemblablement une forme « francisée »), moins usité.

valurent d'être considéré comme le père de la géométrie (on parle de « géométrie euclidienne »). Le onzième livre s'ouvre par la définition suivante : « Solide est ce qui a longueur, largeur et profondeur.⁹⁷ » La traduction invite à la prudence, on note néanmoins l'emploi du terme « solide » pour désigner un objet tri-dimensionnel, ce qui n'est pas sans rappeler l'étymologie de la stéréoscopie, composé du terme grec « stereo », qui désigne un solide.

Le traité d'optique⁹⁸ attribué à Euclide (auquel s'ajoute son traité sur la catoptrique, soit les règles d'optique appliquées aux miroirs) rassemble cinquante-huit propositions. Ce que le mathématicien nomme « propositions » sont en fait autant de théorèmes que le savant s'emploie à démontrer après les avoir énoncés. Certaines propositions sont des problèmes strictement géométriques. D'autres ont un point de départ empirique : à partir d'une observation courante, Euclide en tire une loi générale. Dans la majorité des cas, cependant, les objets sont considérés comme vus *par un seul œil*. Ce n'est que lorsqu'il en arrive à considérer la sphère que trois des propositions de son traité d'optique insistent sur les particularités liées au fait de regarder une sphère avec les deux yeux :

« Proposition XXV. Une sphère étant regardée des deux yeux, si le diamètre de cette sphère est égal à la droite sur laquelle les yeux s'écartent l'un de l'autre, son hémisphère sera vu entièrement.

Proposition XXVI. Si l'écartement des yeux est plus grand que le diamètre de la sphère, on verra plus que l'hémisphère.

Proposition XXVII. Si l'écartement des yeux est plus petit que le diamètre de la sphère, on verra moins que l'hémisphère.⁹⁹ »

Dans ces trois propositions, Euclide remarque que regarder un objet avec les deux yeux permet d'en voir une plus grande portion qu'en le regardant avec un œil seulement. Euclide inclut également dans ces propositions « l'écartement des yeux », soit la distance inter-oculaire. Ces observations sont considérées uniquement d'un point de vue géométrique et se résument à des comparaisons de grandeurs (ici, le diamètre de la

⁹⁷ EUCLIDE, *Éléments de géométrie - Livre XI* (Trad. D. Henrion), Paris, 1632, p. 504. URL : gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k68013g/f517.item.r=Les+quinze+livres+des+éléments+géométriques+d'Euclide.

⁹⁸ EUCLIDE, *L'optique et la catoptrique* (Trad. Paul Ver Eecke), Paris, Albert Blanchard, 1959.

⁹⁹ *Ibid.*, pp. 19-20.

sphère et la distance inter-oculaire). Elles ne sont pas reprises pour expliquer le fonctionnement de la vision humaine. Forts des connaissances actuelles sur le système visuel humain, nous pouvons dire que les propositions XXV à XXVII suggèrent le rôle de la vision binoculaire dans l'amplitude du champ de vision, comme cela a été expliqué précédemment. On pourrait même affirmer qu'Euclide y lève un coin du voile sur la relation entre la vision binoculaire et la perception des volumes¹⁰⁰. Les questions de distances restent rattachées à des comparaisons de grandeurs. Mais Euclide s'en tient à l'optique et, par ailleurs, ne se préoccupe pas de la perception. Tout porte donc à croire qu'il ignorait l'importance de la vision binoculaire¹⁰¹.

Quatre siècles plus tard, les travaux du savant Ptolémée (dit aussi Claude Ptolémée) se répandirent. Dans *La syntaxe mathématique* (ou *Almageste*), Ptolémée utilise les mathématiques et le modèle de la sphère pour les appliquer à l'astronomie et calculer les mouvements des corps célestes. Bien que fondés sur un modèle géocentrique, ses calculs permettaient d'annoncer une éclipse ou de dessiner les mouvements des planètes (notamment Mars et Vénus) dans le ciel terrestre¹⁰², ce qui concourut à forger la renommée du savant. Ptolémée fut aussi l'auteur d'un traité d'optique (dont il semblerait qu'il ait été partiellement perdu). Rudolph E. Siegel, lorsqu'il compare les théories antiques sur la vision, rapporte que Ptolémée conçoit l'idée de la distance à partir de quatre critères : la longueur apparente des rayons visuels, l'angle formé entre les deux rayons entourant l'objet regardé, la comparaison de la taille relative d'objets connus lorsqu'ils sont placés à côté de l'objet regardé et la modification des couleurs en fonction de la distance¹⁰³. Mais, note Rudolph E. Siegel, « ces quatre manières de percevoir la distance pourraient être obtenues par un œil seulement.¹⁰⁴ »

¹⁰⁰ Dans la proposition XXIII, Euclide énonce : « La sphère, vue de quelque manière que ce soit sous un seul œil, apparaît toujours plus petite que l'hémisphère, et la partie vue de la sphère paraît être une circonférence de cercle. » *Ibid.*, p. 17. On peut déduire, avec les propositions suivantes, que les champs de vision des yeux (pris individuellement) permettent de voir une portion différente d'un volume, mais que la fusion des deux champs de vision permet de voir une portion plus grande de ce même volume.

¹⁰¹ Plusieurs sites internet attribuent à Euclide l'affirmation suivante (reprise par Céline Tricart, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 42) : « voir en relief, c'est recevoir au moyen de chaque œil l'impression simultanée de deux images dissemblables du même sujet. » Aucune de ces sources ne fournit la référence exacte de cette supposée citation, qui n'a pas été retrouvée par ailleurs dans les écrits d'Euclide. C'est pourquoi nous nous en tiendrons aux détails présents dans *Éléments* et *Optique*.

¹⁰² Voir MONDOT Jean-François, « Un monde de sphères », *Les Cahiers Sciences et vie*, n° 129, mai 2012, pp. 52-54.

¹⁰³ SIEGEL Rudolph E., *Galen on sense perception*, New York & Basel, S. Karger, pp. 103-104.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 104 (notre traduction).

Comme Euclide, Ptolémée ne mesure pas l'importance de la vision binoculaire et ignore complètement les aspects perceptifs du système visuel humain.

Peu après Ptolémée, ce sont les écrits de Claude Galien (qui lui était presque contemporain) qui retiennent notre attention. Médecin, Claude Galien s'intéresse aux aspects physiologiques de la vision, consacrant le livre X de son manuel *De l'utilité des parties du corps humain* « aux yeux et à leurs annexes¹⁰⁵ ». Après avoir décrit le fonctionnement et le rôle des différentes parties de l'œil, Galien en vient à expliquer sa théorie de la vision. Le chapitre XII débute par l'étude de l'arrangement des nerfs optiques des deux yeux dans le cerveau, puis Galien admet qu'il faut en passer par la géométrie pour expliquer et comprendre la suite de sa théorie de la vision. C'est ici qu'il fait plusieurs observations liées à la vision avec les deux yeux, en soulignant d'abord les différences de position des objets : « l'objet vu par un seul œil n'est pas vu au même endroit que par l'autre œil, ni par les deux yeux au même endroit que par un seul œil, mais que l'œil droit voit à un endroit, l'œil gauche à un autre, et que les deux ensemble voient encore à un troisième.¹⁰⁶ » Pour ceux qui ne comprendraient pas les explications géométriques, Galien suggère au lecteur « qu'il se tienne près d'une colonne, et qu'ensuite il ferme alternativement chaque œil, certaines parties à droite qu'il voit avec l'œil droit, il ne les verra pas avec l'œil gauche. [...] En ouvrant les deux yeux à la fois, il verra les deux parties¹⁰⁷ ». Galien évoque ici la disparité binoculaire, mais se contente de constater les différences des champs de vision gauche et droit. À aucun moment il n'opère de rapprochement avec la disparité rétinienne, pas plus qu'il n'aborde les questions de distance des objets et de leurs volumes en lien avec la vision binoculaire.

La prégnance de la géométrie et plus particulièrement de l'optique dans les travaux des savants antiques a eu pour incidence leur attachement à dégager les propriétés des choses regardées, ou (comme Galien) à se limiter aux observations. En se consacrant soit à l'optique, soit à la physiologie, mais sans associer ces deux disciplines, il s'avère que les savants de l'Antiquité n'étaient pas conscients de l'importance d'avoir deux yeux dans notre perception de l'environnement. Employer le terme « perception » est néanmoins incorrect et anachronique : dans l'Antiquité, on ignore le rôle des facteurs psychologiques dans notre appréhension de l'environnement. Les travaux d'Euclide, de

¹⁰⁵ GALIEN, *Œuvres anatomiques, physiologiques et médicales de Galien*, Vol. 1, Paris, J. B. Baillière, 1854-1856, pp. 607-651. Version numérique en ligne sur le site de la bibliothèque de médecine de l'université Paris-Descartes : www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/cote?34857x01.

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 640.

¹⁰⁷ *Ibid.*, p. 641.

Ptolémée et de Galien comptaient parmi les plus complets et les plus précis de leur époque. C'est ainsi qu'ils furent considérés comme des références plusieurs siècles durant.

Convergences entre sciences et arts : l'héritage de la Renaissance

L'époque de la Renaissance se caractérise par la redécouverte de l'héritage de la Grèce antique. Cet héritage trouve un fort écho en Italie, avant de rayonner dans une grande partie de l'Europe. Parmi les redécouvertes qui marquèrent cette époque, on trouve les règles de la perspective. Issus des règles d'optique, elles sont reprises par les peintres. Parmi eux se détache la figure de Léonard de Vinci (1452-1519), probablement parce qu'il ne chercha pas à faire de la peinture sa spécialité, s'intéressant au contraire à de nombreuses disciplines. En croisant son savoir-faire sur la peinture avec ses connaissances en médecine et en mathématiques, on trouve chez Léonard de Vinci des éléments attestant de son intérêt et de ses connaissances sur la vision humaine. Ses écrits démontrent que le savant est conscient qu'un tableau n'offre qu'une représentation plane¹⁰⁸ et qu'on ne pourra jamais y reproduire le relief naturel, sauf à regarder le monde qui nous entoure avec un seul œil. Dans son *Traité de la peinture*, Léonard de Vinci appuie cette dernière affirmation (énoncée de manière plus explicite que dans ses carnets de notes) avec une démonstration géométrique¹⁰⁹ similaire à celle, évoquée plus haut, de la comparaison des champs de vision de chaque œil faite par Galien. Le peintre Léonard de Vinci recommande aux jeunes peintres de reproduire exactement les indices monoculaires pour simuler la profondeur et les volumes : cela suggère qu'il est conscient de leur importance. Le savant n'a en revanche pas compris le rôle des deux yeux pour la profondeur et les aspects perceptifs sont encore inexistantes dans ses écrits sur la vision.

¹⁰⁸ « Les objets en relief vus de tout près, d'un seul œil, produiront l'effet d'un tableau parfait. », in DE VINCI Léonard, *Les carnets de Léonard de Vinci*, Vol. 1, Paris, Gallimard, coll. « Tel », 1987, p. 253.

¹⁰⁹ « Il est impossible à la peinture même exécutée à la perfection et avec une exacte précision des contours, des ombres, des lumières et des couleurs, de montrer autant de relief que le naturel, à moins qu'elle ne soit vue avec un seul œil.

Soient les yeux AB qui voient l'objet C par les lignes centrales ou rayons visuels AC et BC. Les lignes ou côtés de l'angle visuel qui comprennent les lignes centrales voient encore au-delà et derrière le même objet, l'espace GD : l'œil A voit tout l'espace FD, et l'œil B voit tout l'espace GE ; donc les deux yeux voient derrière l'objet C tout l'espace FE. », in DE VINCI Léonard, *Traité de la peinture*, Vol. 1, Paris, Librairie Charles Delagrave, 1910, p. 112.

Ses contemporains Jacopo Chimenti (1554-1640) et Giambattista Della Porta (1535-1615) paraissent avoir eux aussi saisi l'importance des deux yeux pour la vision tri-dimensionnelle. Il semblerait en effet que le peintre Jacopo Chimenti ait produit des dessins binoculaires¹¹⁰. Giambattista Della Porta, à qui l'on doit notamment la description du fonctionnement de la camera obscura¹¹¹, s'intéressa aux phénomènes optiques et, par extension, à la vision. Sur la vision binoculaire, il remarqua les différences de positions d'un objet, selon qu'il est vu de l'œil droit seulement, de l'œil gauche seulement, ou bien des deux yeux¹¹².

D'autres travaux pourraient être convoqués pour retracer de manière exhaustive les savoirs liés à la vision binoculaire humaine et à la stéréopsis. Pendant des siècles, cependant, les savants ne font que reprendre les connaissances établies par ceux de l'Antiquité. Le rapprochement entre l'optique, qui reste une affaire de géométrie pure, et les phénomènes visuels, demeure assez vague. La vision reste, quant à elle, de l'ordre de l'anatomie, écartant de fait toute approche psycho-perceptive. Avant de revenir sur les découvertes scientifiques qui, au XIX^e siècle, ont permis aux savants d'établir le lien qui manquait entre optique et stéréopsis, marquant les débuts réels de la stéréoscopie, il est nécessaire de préciser le fonctionnement de la vision binoculaire humaine, ainsi que les éléments liés à la stéréopsis.

Disparités et fusions dans la vision binoculaire humaine ¹¹³

À la différence d'autres mammifères terrestres, comme le cheval ou le lapin par exemple, les yeux de l'homme sont placés à l'avant de la boîte crânienne et leurs axes optiques sont parallèles. Comme cela avait été observé dès l'Antiquité, les deux yeux ne sont pas juxtaposés, mais séparés d'une distance moyenne de six centimètres et demi pour un adulte. La proximité des globes oculaires au-devant de la boîte crânienne permet de couvrir un champ de 110° sur l'axe vertical et de 200° environ sur l'axe horizontal, dont 130° couverts par les deux yeux¹¹⁴. La distance entre les deux yeux est

¹¹⁰ TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 42.

¹¹¹ DELLA PORTA Giambattista, cité par WADE Nicholas, *A Natural History of Vision*, Cambridge, MA et Londres, The MIT Press, 1998, p. 27.

¹¹² *Ibid.*, p. 245.

¹¹³ La stéréopsis est partagée avec la plupart des animaux, mais nous nous en tiendrons aux faits concernant les humains.

¹¹⁴ SCHALCHLI Laure, « Façons de voir », *Science & Vie - Hors série*, n°216, septembre 2001, p. 51.

appelée *distance inter-oculaire*. Elle engendre un décalage entre les positions apparentes de l'objet regardé : c'est le phénomène de *parallaxe*. Pour constater ce décalage, il suffit de placer un objet (par exemple un stylo) à une trentaine de centimètres devant soi. En regardant cet objet alternativement avec l'œil gauche puis l'œil droit, on constate que les images de chaque œil ne sont pas à la même « place ». La différence de position d'un même objet lorsqu'il est vu par chaque œil séparément correspond à la *disparité rétinienne* : si l'on superposait les deux rétines, on constaterait que l'image du stylo ne se forme pas au même endroit sur chaque rétine. En regardant un point précis de l'espace, chaque œil converge pour « viser » un même point : le *point de convergence*. André Delorme explique que la convergence joue un rôle dans la perception de la distance : si on modifie la convergence au moyen d'une paire de lunettes munies de prismes (à la place des lentilles habituellement utilisées pour les corrections), l'objet sera perçu plus proche (avec des prismes à bases externes) ou plus éloigné (avec des prismes à bases internes) que sa position réelle¹¹⁵.

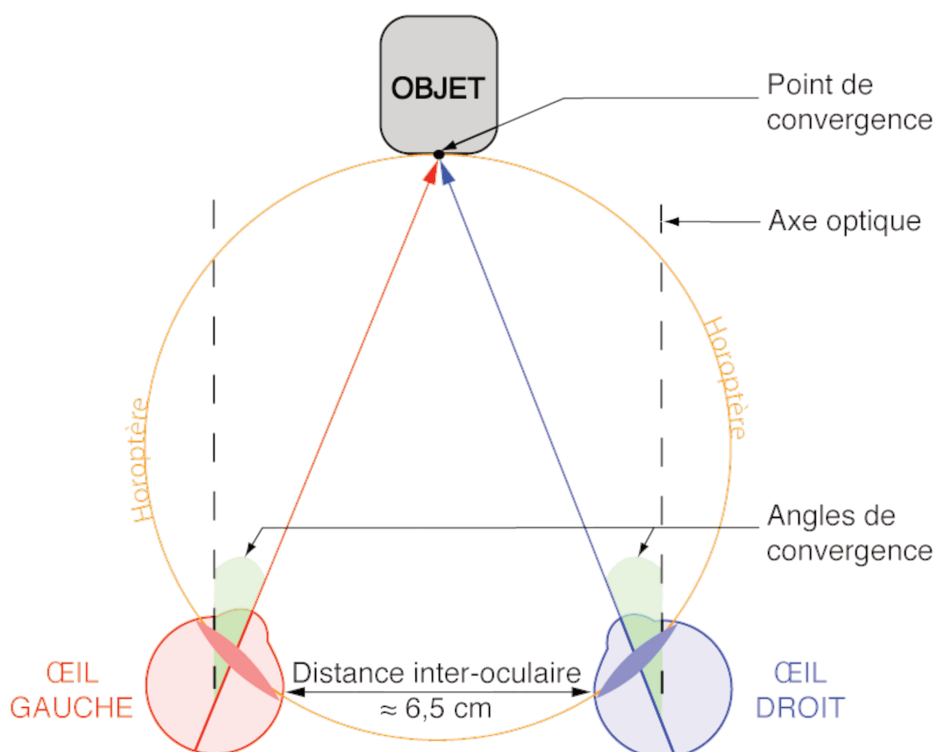


Fig. 13. La vision binoculaire humaine

Le phénomène de convergence permet également de percevoir l'objet que nous fixons du regard comme un et unique. Il en va de même pour tous les points du cercle passant

¹¹⁵ DELORME André, *Psychologie de la perception*, Paris et Saint-Laurent, Éditions Études Vivantes, 1982, p. 110.

par les yeux et le point de convergence : c'est l'*horoptère*. Si l'on prend garde à la manière dont nous voyons en périphérie de ce point, on se rend compte que les objets vus sont *doubles*. Autrement dit, la continuité perceptive ne concerne qu'une portion restreinte de notre champ visuel. Reprenons l'exemple du stylo situé à une trentaine de centimètres devant nos yeux. Admettons maintenant que l'on place un second stylo, à mi-chemin entre le premier et nos yeux. Si l'on fixe (autrement dit, si l'on fait converger nos yeux) l'un des deux stylos, on voit deux images du second. Si l'on fixe le stylo le plus proche, puis que l'on ferme alternativement l'œil gauche et l'œil droit, on constate que les deux images du stylo le plus éloigné se trouvent respectivement à gauche du stylo le plus proche lorsqu'on regarde avec l'œil gauche, et à droite du stylo le plus proche lorsqu'on regarde avec l'œil droit. La terminologie de ce phénomène est reliée à la disparité rétinienne : on parle, dans ce cas, de *disparité homonyme*. À l'inverse, si l'on fixe alternativement avec l'œil gauche puis l'œil droit le stylo le plus éloigné, on constate que la position de l'image du stylo le plus proche est inversée par rapport à l'œil avec lequel on le regarde. Ainsi, l'image du stylo le plus proche est vue à droite du stylo le plus éloigné lorsqu'on regarde celui-ci avec l'œil gauche, tandis qu'elle se trouve à gauche du stylo le plus éloigné lorsqu'on le regarde avec l'œil droit. On parle, dans ce cas, de *disparité croisée*. On observe une situation similaire pour les images stéréoscopiques, sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre suivant. En dehors de ces caractéristiques géométriques, il faut mentionner une autre particularité liée à la disparité binoculaire. Si l'on observe un objet de plus gros volume qu'un stylo (comme un cube ou une pyramide par exemple), on constate, toujours en regardant cet objet alternativement avec l'œil droit puis l'œil gauche, que chaque œil ne voit pas « la même portion » que l'autre. Cet effet croît si l'objet n'est pas équidistant des deux yeux, mais positionné sur le côté (se retrouvant ainsi « plus en face » d'un œil que de l'autre).

La combinaison de ces deux éléments (la convergence d'une part et la disparité d'autre part) nous renseigne sur la distance. La disparité nous renseigne également sur le relief, le volume des objets, complétant ainsi le potentiel tri-dimensionnel de la vision binoculaire. La convergence et la disparité binoculaire ne sont cependant pas les seuls éléments qui permettent la perception tridimensionnelle de notre environnement.

Les indices monoculaires

On peut remarquer qu'il n'est pas besoin d'avoir les deux yeux ouverts pour apprécier la profondeur d'une scène, le volume des objets et les distances qui les séparent. Il suffit d'observer une peinture ou un dessin avec un seul œil pour s'en rendre compte. L'étude

de la vision binoculaire et de la perception visuelle ont, au fil des siècles, mis en évidence le rôle d'indices dits *monoculaires* dans la stéréopsis, régulièrement mis en œuvre par les artistes pour procurer aux spectateurs une sensation de profondeur et de volume des scènes représentées sur des supports de représentation plats, comme c'est le cas en peinture ou en dessin.

Un point important pour percevoir un espace tri-dimensionnel est la profondeur. Il s'agit d'être en mesure d'évaluer d'une part les distances, et d'autre part l'organisation de la profondeur (quel objet est devant ou derrière, etc.). Pour commencer, on remarque, lorsqu'on regarde autour de nous, que les contours de certains objets sont interrompus par d'autres. Cette « discontinuité des contours¹¹⁶ » permettrait de déduire la disposition des objets les uns par rapport aux autres dans la profondeur, donc d'établir ce que l'on pourrait appeler une *hiérarchie de la profondeur* et fournirait une première information sur la distance : l'objet totalement ou partiellement *recouvert* est le plus éloigné. Ce recouvrement se caractérise par une rupture des contours des objets, favorisant une forme de *discontinuité visuelle* qui agit sur notre perception de la profondeur dans notre environnement. L'éloignement a pour conséquence la diminution de l'image de l'objet sur la rétine : plus l'objet est proche, plus sa projection rétinienne est grande. À l'inverse, plus l'objet est éloigné, plus sa projection rétinienne est petite. La grandeur perçue des objets compterait donc parmi les indices de distance. La connaissance des dimensions réelles de l'objet aurait cependant un impact sur l'évaluation de la distance qui nous en sépare. Considérons plusieurs exemplaires d'un même vase, disposés dans la profondeur. Sur le côté de ces vases se trouve un objet sphérique pouvant être une balle. On supposera que cette « balle » se trouve vis-à-vis de tel vase ou de tel autre, autrement dit qu'elle se trouve à telle distance en profondeur, différemment selon qu'on la perçoit comme une balle de golf ou bien une balle de basket. La position relative des objets joue elle aussi un rôle dans la hiérarchie de la profondeur. Elle découle de notre déduction de l'éloignement des objets selon leur position dans notre champ de vision et par rapport à notre niveau oculaire. Soit une personne mesurant 1,70 m. Ses yeux seront situés à environ 1,60 m de haut. En regardant des objets éparpillés au sol, autrement dit situés au-dessous de son niveau oculaire, elle déduira qu'un objet apparaissant plus haut qu'un autre sur l'axe vertical est le plus éloigné des deux. Cette déduction s'inverse dans le cas où les objets sont situés au-dessus de notre niveau oculaire. Si nous regardons un

¹¹⁶ *Ibid.*, p. 133.

ciel couvert d'altocumulus¹¹⁷, nous aurons tendance à déduire que les nuages « les plus bas » (sur l'axe vertical) seraient plus éloignés que ceux qui se trouvent au-dessus.

Pour distinguer la *position* des objets les uns par rapport aux autres dans l'espace, la convergence seule n'y suffit pas. Elle se double de l'accommodation. Il s'agit, comme on l'a expliqué précédemment, de la modification de l'épaisseur du cristallin afin de maintenir, à l'intérieur de l'œil, la convergence des rayons lumineux sur la rétine. Tout ce qui se trouve au-devant et au-delà de la distance focale est vu plus ou moins flou, selon que l'objet est plus ou moins éloigné du point d'accommodation. Les distinctions entre « flou » et « net » fourniraient donc des indices sur la distance des objets en nous permettant de détacher les objets les uns des autres pour établir leur position dans la profondeur, de nouveau par une sorte de discontinuité visuelle. Ces données ne sont cependant pas assez précises pour être totalement fiables. Le « net » ne renseignerait qu'une distance relative : celle qui nous sépare du point d'accommodation. On a constaté que celle-ci fonctionnait de paire avec la convergence. Or, nous avons vu précédemment qu'il était possible de donner à voir un objet dans une position apparente différente de sa position réelle : la perception de la distance est alors faussée. Quant au « flou », il est théoriquement le même dans toutes les directions en fonction de la distance entre l'objet et le point d'accommodation. Considérons un espace rempli d'objets équidistants les uns des autres, avec un point d'accommodation situé à quatre mètres de nous. Les objets situés à trois mètres de nous et à un mètre du point d'accommodation seront « aussi flous » que ceux situés à cinq mètres de nous, qui se situent eux aussi à un mètre du point d'accommodation. Cet état de fait amène André Delorme à formuler la question suivante : « comment distinguer le flou d'un objet éloigné de celui d'un objet proche ?¹¹⁸ » Il semble qu'on n'ait pas encore trouvé de réponse perceptive à cette question, c'est pourquoi l'accommodation se révèle être un indice de distance incertain.

La perspective, autre indice monoculaire pour l'évaluation des distances, a été reprise par les artistes pour représenter l'aspect tri-dimensionnel d'une scène sur un support bi-dimensionnel. On distingue deux types de perspectives : la perspective dite *linéaire* et la perspective dite *aérienne*. La première fonctionne de la façon suivante. Lorsqu'on regarde les fils d'une ligne électrique, on a l'impression que l'écart entre les

¹¹⁷ Ces amas nuageux semblables à de petites boules de coton et situés entre deux et sept kilomètres d'altitude.

¹¹⁸ DELORME André, *Psychologie de la perception*, op. cit., pp. 124-125.

fil diminue à mesure que les fils sont plus éloignés de nous. De cette façon, ils semblent se rejoindre vers un même point. De cette observation en découle une autre : un objet tridimensionnel semble se raccourcir à mesure de son éloignement. Si l'on regarde une personne avec l'un des bras tendus vers nous et le second tendu vers l'arrière, ce dernier nous semblera plus court et la main plus petite que celle du bras tendu vers nous. La perspective linéaire repose donc d'une part sur la convergence vers un même point des lignes parallèles de la scène à mesure de leur éloignement dans la profondeur et, d'autre part, sur le raccourci. Dans le cas d'un espace plus vaste et plus dense, tel qu'un environnement vallonné couvert d'arbres, on remarquera que le vert des plantes semble s'affadir pour les arbres les plus éloignés, l'ensemble paraissant moins lumineux et le vert des arbres tirant vers le bleu : il s'agit là de la perspective aérienne. La combinaison de ces éléments indique que les objets soumis à ces phénomènes se situent à très grande distance. Il semblerait cependant qu'ils dépendent du milieu que la lumière traverse : on connaît les effets de grossissement dus à l'eau par exemple, et « le bleuissement ne se produit, en fait, que dans le ciel ou dans l'eau claire. Dans la brume, les objets lointains blanchissent ; dans une eau tourbeuse, ils deviennent bruns rougeâtres.¹¹⁹ »

Un autre détail vient compléter les indices de perception de la distance. Il s'applique, contrairement aux indices monoculaires précédemment décrits, en cas de mouvement dans un espace tri-dimensionnel réel. Il s'agit de la *parallaxe de mouvement*. Le phénomène repose sur la différence de vitesse de déplacement des images d'objets en mouvement sur la rétine en fonction de leur éloignement réel¹²⁰. Il suffit, pour faire l'observation de la parallaxe de mouvement, d'observer le paysage à travers la fenêtre pendant un voyage en voiture, en bus ou en train. En rase campagne, les arbres au bord de la route, proches du véhicule dans lequel vous vous trouvez, procureront la sensation d'un déplacement plus rapide que l'épouvantail planté au milieu du champ à une centaine de mètres derrière ; qui lui-même donnera l'impression d'un déplacement plus rapide que le sommet de la montagne distante de plusieurs kilomètres. Le phénomène ne trouve pas d'application en peinture ou en dessin en raison de leur fixité, mais il a trouvé à être reproduit au cinéma, notamment dans le cinéma d'animation. Par exemple les animateurs, grâce à des bancs-titres, utilisent la transparence de ceux-ci pour superposer sur plusieurs couches les différents objets d'une

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 141.

¹²⁰ *Ibid.*, pp. 136-140.

scène selon leur éloignement supposé, en prenant soin, en cas de déplacement des dits objets, d'attribuer à leurs mouvements une vitesse décroissante à mesure de leur éloignement.

Certains indices monoculaires influent sur la perception du volume des objets. La surface d'un objet est rarement lisse au point d'être complètement plane. Elle réagit par ailleurs à la lumière. La matière dont elle est faite réfléchira plus ou moins la lumière et absorbera telle ou telle longueur d'onde, nous permettant ainsi d'en percevoir une couleur au moins. C'est ainsi qu'André Delorme affirme que « la texture est constituée de patterns de luminosité et de couleurs qui se répètent.¹²¹ » En observant un champ de tournesols, on observe que la taille apparente des plantes diminue, tandis que leur densité augmente à mesure de l'éloignement de celles-ci. Cette observation correspond à ce que James J. Gibson appelle le *gradient de texture*. Cet élément ferait selon lui partie de ceux qui permettent d'évaluer la distance des objets et procurerait l'impression à l'observateur de la continuité de la surface dans la profondeur (« the impression of continuous distance on a surface¹²² »). Pour un objet tri-dimensionnel éclairé, on observe un dégradé de luminosité : la luminosité à la surface de l'objet décroît à mesure que la surface est de moins en moins face à la source de lumière. Dans ces conditions, le changement progressif de l'éclairage relie les creux et les saillies d'un même objet entre eux et qui, à l'inverse du recouvrement ou de l'opposition entre netteté et flou, aide à visualiser la *continuité* des volumes.

La luminosité influe sur la couleur : la partie la moins éclairée est plus sombre, tandis que la partie la plus éclairée est plus lumineuse et d'une couleur plus vive. La lumière ou la couleur ont-elles plus d'importance dans la perception de la profondeur et des volumes ? Margaret Livingstone s'appuie, pour illustrer son propos, sur le dessin (colorisée pour les besoins de l'expérience) de M.C. Escher *La Tour de Babel* : la vue plongeante depuis le sommet d'une tour, dessinée en bleu foncé sur un fond bleu clair semble avoir davantage de profondeur que sa version modifiée où la tour est dessinée en vert-pomme.

¹²¹ *Ibid.*, p. 132.

¹²² GIBSON James J., *The perception of the visual world*, Cambridge, MA, The Riverside Press, 1950, pp. 84-86. Livre numérisé et accessible en ligne : [s-f-walker.org.uk/pubsebooks/pdfs/The Perception of the Visuale Worl-GibsonJJ.pdf](http://s-f-walker.org.uk/pubsebooks/pdfs/The%20Perception%20of%20the%20Visuale%20Worl-GibsonJJ.pdf)



Fig. 14. Deux reproductions colorées de *La tour de Babel* de M. C. Escher¹²³

Il semblerait par conséquent que la lumière soit plus importante que la couleur pour la perception du relief¹²⁴. Les recherches menées par Vilayanur Ramachandran permettent d'en savoir plus sur le rôle de la lumière et des ombres dans la perception du relief¹²⁵. D'abord, il apparaît que l'on considère *a priori* qu'une scène est éclairée par une source lumineuse unique provenant du haut. C'est ainsi que les formes sont perçues en relief ou en creux, selon le sens du dégradé de luminosité sur les formes de l'objet que l'on regarde (on pourrait parler, comme pour la texture, de *gradient de luminosité*). Si l'on regarde ce même objet la tête en bas, ses aspérités seront perçues à l'inverse : l'orientation de la rétine détermine l'identification du sens de l'éclairage et, de fait, du rapport haut-bas des objets (et non la position objective des objets dans notre environnement)¹²⁶. Cette perception est complétée par les contours qui, dès lors qu'ils

¹²³ LIVINGSTONE Margaret, « Art, illusion et système visuel », in GALIFRET Yves (dir.), *Les mécanismes de la vision, op. cit.*, p. 139.

¹²⁴ *Ibid.*, pp. 138-139.

¹²⁵ RAMACHANDRAN Vilayanur, « Les ombres et la perception des formes », in GALIFRET Yves (dir.), *Les mécanismes de la vision, op. cit.*, pp. 157-169.

¹²⁶ *Ibid.*, pp. 158-159.

sont marqués et délimitent nettement les formes, renforcent la perception de relief¹²⁷ et de continuité.

La stéréopsis repose par conséquent sur l'espace et sur le volume, grâce aux facteurs binoculaires de disparités et de convergence d'une part, et au travers des éléments monoculaires tels que le recouvrement, le flou, la grandeur variable des objets et leur position relative, les perspectives (linéaire et aérienne), la parallaxe de mouvement et les gradients de texture et de luminosité d'autre part. Notre cerveau opère la synthèse de tous ces éléments disparates (selon des mécanismes qui restent aujourd'hui encore mal maîtrisés) de façon à produire une vision du monde unique : nous retrouvons, pour la vision stéréoscopique, le phénomène de continuité apparente, laquelle échappa aux savants pendant des siècles. Nous avons en effet constaté que ce qui manqua aux scientifiques, ce fut de faire le rapprochement entre les deux points de vue légèrement différents (la disparité rétinienne due à la distance inter-oculaire) offerts par les yeux d'un même objet et l'image unique perçue en trois dimensions. En d'autres termes, il leur fallait saisir les mécanismes qui permettent de créer du continu à partir de données discontinues. Il fallut attendre le XIX^e siècle pour que les connaissances sur la vision humaine se concrétisent véritablement et donnent naissance, en Angleterre, à la stéréoscopie. À cette époque, on assiste à une mutation décisive : comme l'affirme Georges Canguilhem, « entre l'expérimentation physiologique du XVIII^e siècle et celle du XIX^e siècle, la différence radicale tient à l'utilisation systématique par celle-ci de tous les instruments et appareils que les sciences physico-chimiques en plein essor lui ont permis d'adopter, d'adapter ou de construire tant pour la détection que pour la mesure des phénomènes¹²⁸ ».

Les premiers dispositifs stéréoscopiques

En 1838, Sir Charles Wheatstone (1802-1875) présente à la Royal Society de Londres ses travaux sur la vision binoculaire¹²⁹, en même temps qu'un modèle de stéréoscope, dit « stéréoscope à réflexion ». Selon l'analyse de Nicholas Wade, c'est par cet appareil que

¹²⁷ *Ibid.*, pp. 160-161.

¹²⁸ CANGUILHEM Georges, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 3^e édition, Paris, Vrin, 1975 [1968], pp. 231-232.

¹²⁹ WHEATSTONE Charles, « Contributions to the Physiology of Vision – Part the First. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 128, 1838, pp. 371-394. URL : rstl.royalsocietypublishing.org/content/128/371.full.pdf+html

Charles Wheatstone démontra l'influence de la disparité rétinienne sur la perception de la profondeur¹³⁰. La stéréopsis, est obtenue grâce à deux miroirs placés à 90° qui réfléchissent deux images légèrement différentes placées chacune de part et d'autre du système sur une tablette : l'une pour l'œil droit et l'autre pour l'œil gauche.

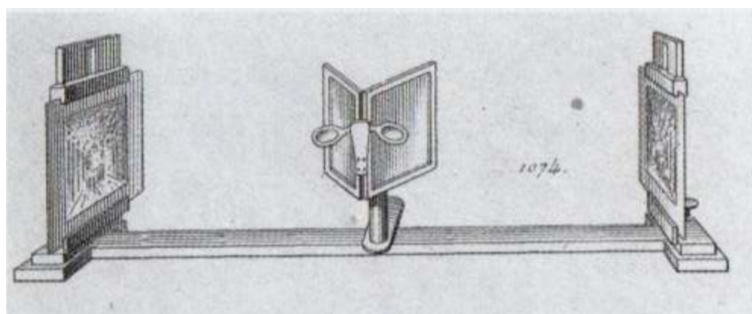


Fig. 15. *Reproduction du stéréoscope à réflexion de Charles Wheatstone*¹³¹

Le stéréoscope n'était donc, dans un premier temps, qu'un appareil optique destiné à expliciter les phénomènes visuels liés à la vision binoculaire, ou comment, à partir de deux vues, nous percevons un seul objet. Il semblerait cependant que les recherches de Charles Wheatstone aient porté leurs fruits dès le début des années 1830. Ray Zone a retrouvé ces quelques lignes expliquant le principe du stéréoscope dans la troisième édition de *Outlines of Human Physiology* de Herbert Mayo, publié en 1833 :

« Les résultats parmi les plus remarquables des recherches de M. Wheatstone sur la vision binoculaire sont les suivants. Un objet solide, placé de façon à être vu par les deux yeux, projette une perspective différente de la figure sur chaque rétine ; si ces deux perspectives sont recopiées sur papier, et que chacune est présentée à un œil de façon à ce qu'elles se correspondent, la forme originale du solide sera apparemment reproduite d'une manière telle que l'imagination ne pourrait le faire sur une surface plane.¹³² »

L'écossais Sir David Brewster (1781-1868) menait lui aussi des recherches sur l'optique et les phénomènes visuels. Dès 1844, il mit au point un modèle de stéréoscope

¹³⁰ WADE Nicholas, *A Natural History of Vision*, *op. cit.*, p. 3.

¹³¹ *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle* (catalogue d'exposition), Londres, Booth Clibborn Editions et Paris, Paris-Musées, 2000, p. 44.

¹³² MAYO Herbert, cité par ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, Lexington, University Press of Kentucky, 2007, pp. 6-7 (notre traduction).

dit « lenticulaire ». Plus compact que le stéréoscope à miroirs de Charles Wheatstone, celui de David Brewster recourt à des lentilles pour fusionner les paires d'images stéréoscopiques. Il s'agira plus tard de paires de daguerréotypes obtenus par translation latérale d'un même appareil de prise de vues¹³³. Rival de Charles Wheatstone, David Brewster lui contesta la découverte des principes qui régissent la vision binoculaire dans son ouvrage *The Stereoscope: Its History, Theory, and Construction*, publié en 1856¹³⁴. Ray Zone rapporte que dans cet ouvrage, David Brewster formulait des recommandations pour la prise de vues stéréoscopiques, telles que la taille des diaphragmes des objectifs, les distances focales des objectifs (en adéquation avec celles des lentilles du stéréoscope) et l'écart entre les deux appareils, qui devait selon lui être semblable à la distance inter-oculaire¹³⁵.

Les premiers appareils stéréoscopiques sont avant tout des objets de diffusion d'images. La réalisation des dites images reste un problème. La photographie n'en étant qu'à ses balbutiements, les paires d'images stéréoscopiques sont d'abord dessinées à la main. Or, comme le fait remarquer Denis Pellerin, « malgré les dires de Wheatstone, aucun artiste ne pouvait dessiner les deux projections planes d'un objet complexe avec suffisamment de précision pour que les images obtenues coïncident exactement au stéréoscope et reproduisent la sensation de relief.¹³⁶ » L'arrivée de la photographie, qui permit de mécaniser la prise de vues et de produire des reproductions plus fiables et plus précises, fournit un tremplin à la stéréoscopie.

Il reste encore un frein : pour populariser leur découverte, les deux savants britanniques ont besoin de faire construire leurs inventions. Mais en Grande-Bretagne, personne ne se montre intéressé. C'est lors d'une visite en France en 1850 que le vent tourne en faveur de David Brewster. Il y rencontre l'abbé François Marie Moigno (1804-1884). Enthousiaste, l'abbé l'introduit auprès de l'opticien Jules Duboscq (1817-1886), associé du fabricant d'instruments d'optique Jean-Baptiste Soleil (1798-1878), lesquels construisirent le stéréoscope lenticulaire. Le spectateur regarde simultanément les deux images au travers de deux demi-lentilles : à l'époque, face à la difficulté de réaliser deux lentilles semblables, il est plus sûr de couper en deux une

¹³³ *Ibid.*, p. 10.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 9.

¹³⁵ *Ibid.*, p. 10.

¹³⁶ PELLERIN Denis, « La naissance de la stéréoscopie », in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle* (catalogue d'exposition), *op. cit.*, p. 40.

lentille plus grande afin de s'assurer de leurs qualités optiques identiques. La paire d'images est imprimée côte à côte sur une même carte, insérée à l'avant d'une boîte de forme trapézoïdale, le plus souvent faite en bois. Cette portion peut s'ouvrir afin de faire entrer la lumière. Les lentilles sont situées à l'opposé : les spectateurs regardent dans le stéréoscope en le tenant par exemple comme une paire de jumelles.



Fig. 16. Reproduction du stéréoscope lenticulaire de David Brewster, construit par Jules Duboscq¹³⁷

Pour promouvoir les travaux de Brewster et leur appareil auprès du public, Jules Duboscq et Jean-Baptiste Soleil présentent le stéréoscope à l'exposition universelle de Londres en 1851, avec des vues stéréoscopiques de Paris réalisées sur daguerréotypes, sur papier et sur verre. Le succès fut retentissant et la légende veut qu'un stéréoscope fut offert à la reine Victoria d'Angleterre à cette occasion¹³⁸. L'abbé Moigno, quant à lui, après des articles dans la presse de l'époque (parus notamment dans *La Presse* et *La Lumière*, dont il était le cofondateur), rédige *Stéréoscope, ses effets merveilleux. Pseudoscope, ses effets étranges*¹³⁹, publié en 1852. Cet ouvrage contribue à la diffusion

¹³⁷ Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle, *op. cit.*, p. 100.

¹³⁸ « Les recherches effectuées dans les collections royales de Windsor n'ont pas permis de retrouver ce fameux stéréoscope et le journal de la reine Victoria ne fait aucune allusion à ces deux épisodes », rapporte Denis Pellerin (*op. cit.*, p. 48).

¹³⁹ MOIGNO abbé François, *Stéréoscope, ses effets merveilleux. Pseudoscope, ses effets étranges*, Paris, A. Franck & J. Duboscq, 1852. URL : <https://archive.org/details/stroscopeseseff00moiggoog>.

des principes de la vision binoculaire et du stéréoscope auprès de la communauté scientifique et du public savant, en particulier en France.

En 1853, soit un an après la publication de Charles Wheatstone de la seconde partie de ses travaux sur la vision binoculaire¹⁴⁰, l'Allemand Wilhelm Rollman (1821-1890), décrit dans une revue de physique-chimie un processus de stéréoscopie obtenu grâce à la superposition de deux images de couleurs complémentaires : les paires de dessins étaient tracées en jaune et bleu et observées au travers de verres teintés en bleu et en rouge¹⁴¹. Quelques années après, en 1858, le Français Joseph Charles d'Almeida (1822-1880) présente à l'Académie des Sciences un système de projection stéréoscopique reposant sur ce principe, avec deux projecteurs et des filtres rouges et verts¹⁴². Mais ce n'est qu'en 1891 qu'apparaît le terme « anaglyphe » : le Français Louis Ducos du Hauron (1837-1920) dépose un brevet pour un procédé d'impression sur papier de deux images superposées, l'une rouge et l'autre bleue, afin d'obtenir un rendu stéréoscopique¹⁴³.

L'anaglyphe est essentiellement un système de diffusion de la stéréoscopie, qui vit le jour conjointement aux premiers stéréoscopes ainsi qu'aux recherches et aux premiers essais de photographies en couleurs. Les spectateurs doivent porter des lunettes, munies cette fois de filtres colorés. Les deux filtres sont différents pour chaque œil, mais chaque fois complémentaires : magenta et vert, vert et rouge, rouge et cyan, ou bien encore bleu et jaune. Les filtres rouge et cyan sont les plus courants. Ces mêmes filtres sont également positionnés devant les projecteurs (qui projettent chacun les images correspondant à un seul œil), mais à l'inverse des lunettes. Par exemple, si les lunettes sont munies d'un filtre cyan à droite et rouge à gauche, le projecteur droit sera équipé d'un filtre rouge et le projecteur gauche d'un filtre cyan. De cette façon, chaque filtre des lunettes permet de « couper » l'image voisine (qui sera de la même couleur en « sortie » du projecteur). Au cinéma, ce procédé est encore utilisé en production, pour

¹⁴⁰ WHEATSTONE Charles, « The Bakerian Lecture: Contributions to the Physiology of Vision – Part the Second. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision (Continued) », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1852, Vol. 142, pp. 1-17. URL : rstl.royalsocietypublishing.org/content/142/1.full.pdf+html.

¹⁴¹ PELLERIN Denis, « L'anaglyphe, une nouvelle forme de stéréoscopie », in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, *op. cit.*, p. 121.

¹⁴² D'ALMEIDA Joseph Charles, « Nouvel appareil stéréoscopique », *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, t. 47-2, séance du 12 juillet 1858, pp. 61-63. URL : <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3004?rk=42918;4>. Joseph Charles d'Almeida y décrit aussi un système par projection intermittente des images gauches et droites.

¹⁴³ *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle* (catalogue d'exposition), *op. cit.*, p. 104.

l'affichage de certains moniteurs de contrôle : les couleurs facilitent l'identification des images pendant les réglages 3Ds. Les lunettes (la plupart du temps en carton) sont légères, compactes et donc faciles à transporter pendant le tournage. Le procédé a en revanche été abandonné pour la projection : il nécessite deux projecteurs, offre un rendu des couleurs médiocre et provoque la fatigue visuelle des spectateurs. Économique et facilement applicable à différents supports, comme le papier par exemple, le système anaglyphe est encore populaire dans l'édition, où il fait la plupart du temps office de gadget : on trouve parfois des lunettes anaglyphe dans des paquets de céréales ou vendus avec un magazine jeunesse imprimé en anaglyphe. Les fondations de ce système ont été posées à la même époque que celles des systèmes stéréoscopiques optiques. Il n'en fallait pas plus, à l'époque, pour stimuler l'intérêt d'ingénieurs, d'opticiens et d'autres inventeurs afin de trouver un moyen d'associer la stéréoscopie à l'enregistrement d'images animées. C'est pourquoi, dès l'apparition des premières photographies, les inventeurs (plutôt que de se contenter d'images fixes en noir et blanc) cherchent à produire des images se rapprochant davantage encore de la réalité telle qu'elle est (discontinue) et telle que nous la percevons (continue).

Stéréoscopie et prise de vues animées : premières associations

Comme le remarque Pascal Martin, « il faut comprendre les mécanismes fondamentaux de la perception pour ensuite être capable de créer des images qui vont être en phase avec elle et non pas en contre-sens.¹⁴⁴ » Les recherches qui ont permis de construire les connaissances théoriques relatives au fonctionnement de la vision humaine, tant au niveau physiologique que perceptif, se sont avérées utiles à l'élaboration des systèmes de prise de vues et de projections stéréoscopiques encore utilisés de nos jours. Quelles techniques sont mises en œuvre au cinéma pour procurer aux spectateurs la sensation renouvelée de voir les images « en relief » ?

Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, tous les moyens sont déployés pour donner aux images de la couleur, du mouvement et un aspect tri-dimensionnel. C'est ainsi que beaucoup des premiers appareils de prise de vues animées (pour ne pas dire tous), une fois fonctionnels, eurent leur version stéréoscopique. Ce fut le cas dès 1852 : Jules Duboscq, fort de la commercialisation des stéréoscopes à réfraction réalisés pour David Brewster, adjoint le 12 novembre une addition à son brevet de stéréoscope pour

¹⁴⁴ MARTIN Pascal, cité par TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, Nice, Baie des Anges, 2013, p. 21. Pascal Martin, Professeur des Universités, enseigne l'optique appliquée à l'École Nationale Supérieure Louis-Lumière.

le « stéréoscope-fantascope ou Bioscope [...] qui ajoute aux propriétés essentielles du stéréoscope les propriétés les plus merveilleuses du Phénakistiscope de M. Plateau¹⁴⁵ ». Une douzaine de paires d'images stéréoscopiques, que les spectateurs observaient à l'aide de miroirs ou de lentilles, étaient imprimées sur un disque rotatif. Ray Zone rapporte que l'inventeur Johann Czermak (1828-1873) construisit en 1855 un appareil semblable à un zootrope vertical. L'appareil, nommé « stereophoroskop », fonctionnait avec une roue octogonale pourvue de fentes dont les miroirs internes permettaient de réfléchir les paires d'images stéréoscopiques¹⁴⁶. Émile Reynaud (1844-1918) déposa quant à lui deux brevets au début du XX^e siècle pour des appareils stéréoscopiques. Le premier en 1902 pour un « appareil stéréoscinématographique », le second en 1907 pour une version binoculaire de son praxinoscope, un « appareil à déroulement continu et à vision sans éclipses donnant des images stéréoscopiques animées », dont Jacques Périn décrit ainsi le fonctionnement : « deux tambours contenant deux bandes de photographies stéréoscopiques d'un sujet en mouvement, couplé à deux autres tambours composés de miroirs et complétés par un bloc optique limitant la vision “image par image”, permettent de voir l'animation en continu et en relief.¹⁴⁷ »



Fig. 17. Photographie du « praxinoscope binoculaire stéréoscopique » d'Émile Reynaud¹⁴⁸

¹⁴⁵ DUBOSCQ Jules, cité par MANNONI Laurent, « La “sensation de la vie” : débuts de la stéréoscopie cinématographique », in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, op. cit., p. 137.

¹⁴⁶ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., p. 28.

¹⁴⁷ PÉRIN Jacques, in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, op. cit., p. 140.

¹⁴⁸ *Ibid.*

Ces systèmes servent uniquement à visionner des images en mouvement et en 3Ds. Ils ne permettent pas de visualiser de longues animations et ne sont accessibles qu'à une personne à la fois. Pour résumer, ces systèmes restent des jouets optiques. Il leur manque l'arrivée du cinématographe, autrement dit un moyen d'enregistrement et de projection à grande échelle.

Les premiers systèmes d'enregistrement arrivent au début de la décennie 1890. Cette année-là, l'anglais William Friese-Greene (1855-1921), associé à l'ingénieur Frederick Henry Varley (1842-1916) mettent au point une caméra stéréoscopique. Ray Zone précise que la caméra permettait d'enregistrer des paires d'images stéréoscopiques à une fréquence d'environ quatre images par seconde, de format carré de 3 pouces de côté (soit environ 7,6 cm), disposées côte à côte sur une bande de celluloid (non perforée) de $6\frac{3}{4}$ pouces (soit un peu plus de 17 cm)¹⁴⁹. Laurent Mannoni indique quant à lui qu'un fragment de film est conservé à la Cinémathèque Française : large de 15,5 cm et long de 45,5 cm, il présente deux rangées de six images successives¹⁵⁰.

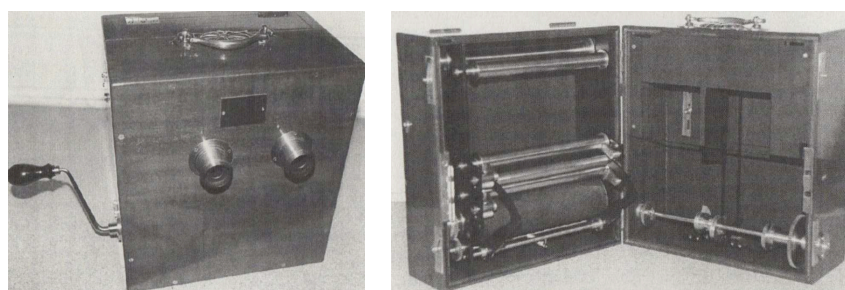


Fig. 18. Photographies de la caméra stéréoscopique de Friese-Greene et Varley¹⁵¹

Toujours selon Laurent Mannoni, c'est Paul Mortier qui, en France, dépose le premier un brevet de caméra « réversible, dite “aléthoscope”, pourvu de systèmes révolutionnaires : pour obtenir le relief, écrit-il dans son brevet du 17 février 1896, il faut interposer devant les deux lentilles de projection des verres colorés en couleurs complémentaires et munir les spectateurs de besicles également colorés (procédés anaglyphique).¹⁵² » Sur le principe de la vision binoculaire humaine, les premières

¹⁴⁹ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., pp. 60-64.

¹⁵⁰ MANNONI Laurent, « La “sensation de la vie” : débuts de la stéréoscopie cinématographique », in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, op. cit., p. 140.

¹⁵¹ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., p. 62.

¹⁵² MANNONI Laurent, « La “sensation de la vie” : débuts de la stéréoscopie cinématographique » in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, op. cit., p. 141.

caméras sont pourvues d'une paire d'objectifs disposés côte à côte (parfois avec un léger décalage vertical¹⁵³).

Au terme de ces expérimentations, la stéréopsis a été reproduite grâce à des appareils permettant l'enregistrement et la diffusion d'images successives. Cependant, malgré l'ingéniosité et la diversité des appareils stéréoscopiques mis au point à la fin du XIX^e siècle, qui se poursuivirent au début du XX^e siècle, la stéréoscopie tarde à percer au cinéma.

¹⁵³ Ce fut le cas par exemple d'une caméra stéréoscopique construite par Jules Richard, brevetée en 1909. « Le décalage vertical des deux objectifs permet la prise de vue simultanée de deux bandes d'images horizontales (13 × 19 mm) sur le même film nitrate perforé (35 mm, format standard). L'écartement de 65 mm des objectifs entraîne un décalage horizontal des vues sur la pellicule. Ainsi, l'image 1 sur la bande supérieure du film coïncide avec l'image 4 de la bande inférieure, la 2 avec la 5, la 3 avec la 6, et ainsi de suite. », PÉRIN Jacques, *in Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle, op. cit.*, p. 143. On remarque que l'écartement des objectifs correspond, de nouveau, à la distance inter-oculaire moyenne pour les humains.

Chapitre 5. L'arrivée de la stéréoscopie au cinéma

Ce n'est que le 10 juin 1915 que l'on recense la première projection anaglyphe à l'Aster Theatre à New York, devant un public d'invités. William E. Waddell et Edwin Stratton Porter (1870-1941), qui est alors employé par Adolph Zukor (1873-1976), cofondateur de la société Paramount Pictures, présentent trois bobines de films. La première montre des vues extérieures (paysages ruraux, collines, vallées, maisons et personnes). La deuxième bobine montre des scènes en intérieur, vraisemblablement en studio, dont des scènes extraites de *Jim the Penman*. La dernière bobine, de mille pieds de long, montre des vues des chutes du Niagara¹⁵⁴. La projection était anaglyphe. R.M. Hayes indique que les films auraient été tournés avec deux caméras ; les images gauche et droite auraient ensuite été imprimées sur une même pellicule pour une projection « uni-bande » en anaglyphe bi-color¹⁵⁵. Adolph Zukor rapporte en revanche qu'Edwin S. Porter avait bien utilisé deux caméras pour tourner les bobines, mais deux projecteurs pour les projeter en anaglyphe (rouge et vert)¹⁵⁶. Malgré les bonnes critiques, *Jim the Penman* ne fut pas diffusé en 3Ds à sa sortie et ce n'est qu'en 1922 que sort le premier long métrage en 3Ds, intitulé *The Power of Love*¹⁵⁷. Réalisé par Nat G. Deverich, le film fut tourné avec une caméra construite par Harry Fairall. Deux objectifs fixés sur un même corps de caméra, distants d'environ 6,5 cm l'un de l'autre (autrement dit, un écart égal à la distance inter-oculaire moyenne), permettaient de filmer les images gauche et droite séparément sur deux pellicules. La projection était opérée par deux projecteurs synchronisés, en anaglyphe vert et rouge. Il semblerait cependant que le film ne fut jamais exploité en salle.

¹⁵⁴ Informations d'après la recension de DENIG Lynde, *Moving Picture World*, 26 juin 1915, cité par ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., p. 98.

¹⁵⁵ HAYES R. M., *3-D Movies: A History and Filmography of Stereoscopic Cinema*, Jefferson et Londres, MacFarland & Company, 1989, p. 4 et p. 236.

¹⁵⁶ ZUKOR Adolph, cité par ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., p. 98.

¹⁵⁷ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., pp. 110-114.

En France, Louis Lumière et Abel Gance, tous deux considérés comme des pionniers du cinéma, s'intéressèrent également à la stéréoscopie¹⁵⁸.

Louis Lumière (1864-1948), féru de sciences et de techniques, s'essaya à la stéréoscopie. Il construisit un appareil de prise de vues stéréoscopiques et réalisa quelques-unes de ses « vues », dont une version de *L'Arrivée du train en gare de La Ciotat*. Certains éléments laissent planer une incertitude quant à la période exacte à laquelle les recherches de Louis Lumière produisirent des résultats. Vincent Pinel indique que Louis Lumière aurait déposé en 1900 un brevet pour un « appareil destiné à recevoir et à montrer des images stéréoscopiques d'objets en mouvement¹⁵⁹ ». R. M. Hayes affirme que cette version stéréoscopique de *L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat* fut filmée par les frères Lumière sur deux pellicules 35 mm et projetée dès 1903 à partir d'une seule bande anaglyphe, devenant ainsi (toujours d'après R. M. Hayes) « officiellement le premier film en 3Ds réalisé pour une projection publique.¹⁶⁰ » Il semblerait, en réalité, que seul Louis Lumière effectua des recherches sur le cinéma en 3Ds, qui ne trouvèrent de conclusion que dans les années 1930. Le 25 février 1935, Louis Lumière présenta à l'Académie des sciences le résultat de ses travaux pour filmer et projeter des vues stéréoscopiques. Le compte rendu de l'Académie des sciences fournit quelques informations sur la caméra et le système de projection. Après avoir constaté les difficultés liées à la prise de vues à l'aide de deux appareils (en particulier pour obtenir une intensité lumineuse identique sur les deux yeux) distants de 70 mm (soit un éloignement proche de celui qui sépare les deux yeux chez l'être humain), Louis Lumière construisit un appareil unique équipé de deux objectifs, vraisemblablement légèrement décalés sur la verticale. Deux paires de prismes permettent de ramener les rayons lumineux sur une même pellicule, qui défile horizontalement. Les images sont imprimées l'une au-dessus de l'autre : « la parallaxe verticale que les yeux ne

¹⁵⁸ Serge Bromberg, collectionneur connu pour l'édition en DVD de films des premiers temps *Retour de flammes* (8 DVDs édités par Lobster Films) a découvert que, afin d'assurer une diffusion plus rapide de ses films et contrer le plagiat de ses œuvres aux États-Unis, Georges Méliès se mit à tourner ses films simultanément avec deux caméras placées l'une à côté de l'autre. Lorsque Serge Bromberg fit assembler les deux bobines des films, il obtint des versions stéréoscopiques opérationnelles. Ainsi Georges Méliès réalisa des films en 3D stéréoscopique, mais de manière non-intentionnelle, aussi nous n'examinerons pas davantage ces productions. Voir HARDESTY Jandy, « TCM Film Fest: Retour de Flamme – 3D », April 19, 2012, www.rowthree.com/2012/04/19/tcm-film-fest-retour-de-flamme-3D-rarities-2/. Merci à Jeanne Guillot de nous avoir mis sur la piste.

¹⁵⁹ PINEL Vincent, *Louis Lumière, inventeur et cinéaste*, Paris, Nathan, coll. « Synopsis », 1994, p. 98. Il n'a cependant pas été trouvée d'autre mention de ce brevet dans d'autres sources.

¹⁶⁰ HAYES R. M., *3-D Movies: A History and Filmography of Stereoscopic Cinema*, op. cit., p. 3 (notre traduction).

corrigerait que très difficilement est supprimée par ce dispositif.¹⁶¹ » À la projection, « un double objectif permet de faire coïncider les deux images sur l'écran. Comme le film, dans l'appareil de projection des salles de spectacle se déroule horizontalement et non plus perpendiculairement, un système inverseur ramène les images dans le sens vertical.¹⁶² » Les spectateurs étaient munis de lunettes bleu et jaune-verdâtre¹⁶³. Le journal *L'illustration* fait état de projections publiques de films en 3Ds au mois de mai l'année suivante, au cinéma l'Impérial, à Paris¹⁶⁴. L'article signale la projection de deux films : *L'Ami de Monsieur*, une comédie de 950 m de long et *Sur la Riviera*, un documentaire de 800 m de long. En étudiant la presse régionale, Martin Barnier et Kira Kitsopanidou ont découvert que des projections avaient également été organisées à Lyon, Marseille et Nice¹⁶⁵. Aucune de ces sources ne mentionne la version stéréoscopique de *L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat*, mais Martin Barnier et Kira Kitsopanidou affirment avoir eu accès à une version restaurée, ainsi qu'à une vue du port de Toulon. Notons que cette version stéréoscopique de *L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat* fut traitée par la société Alioscopy pour être diffusée sur des écrans autostéréoscopiques à l'occasion de l'exposition *Lumière ! Le cinéma inventé*¹⁶⁶.

Avant Louis Lumière, Abel Gance (1889-1981) lui-même s'essaya à la stéréoscopie lorsqu'il réalisa *Napoléon* (1927). On doit à Kevin Brownlow les recherches parmi les plus exhaustives sur le travail du réalisateur : il eut la chance de

¹⁶¹ LUMIÈRE Louis, « Écrans colorés pour projections optiques », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 1935, t. 200-1, pp. 703-704. Version numérisée : www.gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3152t?rk=42918;4.

¹⁶² BESSY Maurice et DUCA Lo, *Louis Lumière inventeur*, Paris, Éditions Prisma, 1948, p. 77.

¹⁶³ « [...] pour l'un des écrans un mélange de vert naphthol, de tartrazine et d'éosine, l'autre étant obtenu en superposant à un écran coloré à l'aide d'un bleu cyanol un deuxième verre teinté au moyen d'une solution faible de saccharéine du diéthylmétaminophénol », précise Louis Lumière, « Écrans colorés pour projections optiques », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, art. cit., p. 703.

¹⁶⁴ « Les débuts publics du film en relief », in BASCHET Éric (dir.), *Les grands dossiers de L'illustration - Le cinéma*, Paris, L'illustration, 1987, p. 153.

¹⁶⁵ BARNIER Martin & KITSOPANIDOU Kira, *Le cinéma 3-D - Histoire, économie, technique, esthétique*, Paris, Armand Colin, 2015, pp. 57-58.

¹⁶⁶ Voir le dépliant de l'exposition : www.grandpalais.fr/pdf/Depliant_Lumiere_FR.pdf. L'exposition s'est tenue au Grand Palais à Paris du 27 mars au 14 juin 2015, puis au Musée des Confluences à Lyon du 13 juin 2017 au 25 février 2018. Nous remercions M. Allio d'avoir porté cette information à notre attention.

s'entretenir avec lui et d'avoir accès à ses documents de travail¹⁶⁷. L'une des innovations techniques de *Napoléon* réside dans le « Polyvision », utilisé pour l'une des scènes finales de *Napoléon*. À la demande d'Abel Gance, l'ingénieur André Debie (1891-1967) avait conçu un système permettant à trois caméras de filmer simultanément. Les images se devaient ensuite d'être projetées simultanément sur trois écrans¹⁶⁸. En s'entretenant avec le réalisateur, Kevin Brownlow découvrit qu'Abel Gance avait tourné des scènes à La Garde (près de Toulon) en couleurs et en 3D. Kevin Brownlow douta d'abord d'une telle affirmation :

« C'était une affirmation stupéfiante. J'ai recherché des preuves de cette affirmation, et je n'ai rien trouvé. J'en ai conclu qu'il avait confondu le "relief" de la pellicule gaufré Keller-Dorian avec celui du 3D. [...] un télégramme et des lettres ont été découverts prouvant que des négociations avaient eu lieu à la fin 1925 et au début 1926 pour que Gance utilise le procédé couleur et 3D développé par A. Carchereux à Marseille. [...] – "RÉSULTATS SUPERBES" – et les lettres proposaient à Gance une participation dans la société créée pour exploiter l'invention. À la lumière de ceci, on peut penser avec certitude que le procédé a été utilisé à La Garde, quoique sous forme expérimentale. En 1928, Gance suggéra au Studio 28 de projeter les scènes en couleurs et en relief, ce qui prouvait qu'elles avaient bien été tournées.¹⁶⁹ »

L'entretien ultérieur de Kevin Brownlow avec le réalisateur ne donne pas plus de détails quant au fonctionnement de la caméra utilisée. Rien ne semble cependant subsister de ce procédé, ce qui ne fait qu'ajouter au mystère qui l'entoure. En effet, Abel Gance choisit finalement de ne pas inclure les rushes en 3Ds et en couleurs issues de cette caméra, vraisemblablement pour conserver la cohérence du film :

« Les caméras pour le triptyque ont été construites pour moi par André Debie. [...] nous avons monté les caméras Debie les unes à côté des autres, et Jules Kruger a

¹⁶⁷ Voir : BROWNLOW Kevin, *Le grand Classique d'Abel Gance, Napoléon*, Paris, Armand Colin, 2012, et BROWNLOW Kevin, *La parade est passée*, Paris et Lyon, Actes Sud/Institut Lumière, 2011, pp. 843-913.

¹⁶⁸ On ne peut s'empêcher, dans le cadre de cette recherche, de voir dans le Polyvision un autre exemple de continuité apparente, semblable à la stéréoscopie : il s'agit de la réunion de trois images différentes, juxtaposées et présentées aux spectateurs en simultané.

¹⁶⁹ BROWNLOW Kevin, *Le grand Classique d'Abel Gance, Napoléon*, op. cit., p. 148.

commencé à tourner avec les moteurs synchronisés. [Léonce Burel (1892-1977)], lui, avait la caméra qui prenait les mêmes scènes que le triptyque, mais en couleurs et en 3D.

Pour voir les rushes, je devais porter des lunettes rouges et vertes. L'effet 3D très prononcé était excellent. Je me souviens d'une scène où les soldats exaltés agitaient, dans les airs, leurs pistolets qui semblaient venir dans le public. Je redoutais néanmoins que, si le public voyait cet effet, il serait séduit certes mais, sans doute, moins intéressé par le contenu du film. Et je ne le voulais pas.

Je n'avais qu'une bobine de pellicule couleur – et je trouvais qu'on était trop avancés dans le film pour l'introduire maintenant. En plus, l'effet 3D ne fonctionnait pas sur le même rythme et je trouvais que s'il fascinait l'œil, il n'avait pas le même effet sur l'esprit et le cœur !

Le Triptyque ! ! C'est, pour moi, le point le plus essentiel dans l'histoire du cinéma. Nous ne pouvions pas voir les triptyques sur grand écran parce que nous n'avions qu'un seul projecteur, et nous en avons vraiment besoin de trois.

[...] Après un certain temps, j'ai eu trois projecteurs Pathé, et je les ai mis les uns à côté des autres, et j'ai passé le triptyque dans une petite pièce où je faisais le montage.

Cela a été vraiment un des plus grands moments de ma vie. Je ne peux pas décrire le plaisir que cela m'a apporté. C'était magnifique. Après, j'ai passé la bobine en 3D et en couleurs, et j'ai finalement décidé de ne pas les utiliser. C'est la seule fois que j'ai touché à ces procédés qui étaient déjà assez perfectionnés pour l'époque. Personne n'a jamais retrouvé cette bobine en couleurs. Burel assure qu'elle doit encore exister quelque part, parce que personne ne détruirait une bobine comme celle-là. Mais où est-elle ? Elle pourrait être à la Cinémathèque. Il y a tellement de choses là-bas. Une chose est sûre, c'est qu'il est très important pour l'histoire du cinéma que quelqu'un trouve cette bobine.¹⁷⁰ »

À notre connaissance, cette mystérieuse bobine en couleur et en 3Ds, qu'Abel Gance aurait tournée avec son équipe non loin de Toulon, un jour de 1925, demeure introuvable...

Les images en 3D stéréoscopique

Avant de poursuivre sur l'évolution des techniques de prise de vues et de diffusion 3Ds, il est nécessaire, pour comprendre les étapes essentielles dans l'élaboration de

¹⁷⁰ GANCE Abel, cité par BROWNLOW Kevin, *La parade est passée*, op. cit., pp. 906-907.

techniques de reproduction de la stéréopsis fiables et efficaces, d'expliquer en détail le fonctionnement de la stéréoscopie au cinéma.

Dès l'invention du stéréoscope, la stéréoscopie repose sur deux images. Les inventeurs s'emploieront par la suite à les enregistrer séparément, soit par le doublement d'objectifs sur une même caméra, soit par l'utilisation de deux caméras. C'est que le système de prise de vues en 3Ds est semblable au système visuel humain : une image sera associée à l'œil gauche, l'autre image sera associée à l'œil droit. Nous avons pu remarquer, pour chacun des inventeurs cités ci-dessus, leur insistance quant à l'alignement des appareils et, par conséquent, des images de la paire stéréoscopique. Cette donnée est essentielle sur plusieurs points. Aujourd'hui, on emploie deux caméras pour un tournage en 3Ds. Les caméras sont éloignées l'une de l'autre sur un axe horizontal, de la même façon que nos deux yeux sont distants de six centimètres et demi en moyenne.

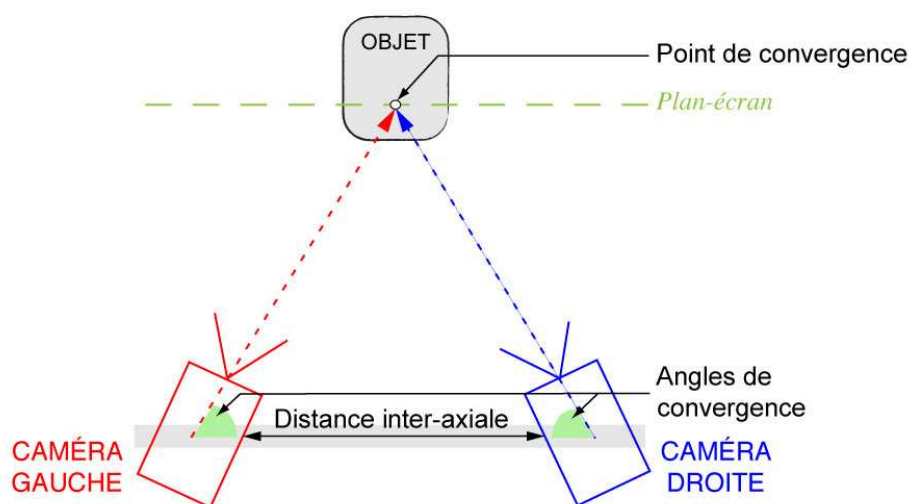


Fig. 19. La reproduction du système visuel humain au cinéma

La distance entre les deux caméras est désignée par les termes *entraxe* ou *distance inter-axiale*. Elle détermine le décalage entre l'image gauche et l'image droite : on retrouve ici la disparité des vues gauche et droite spécifiques à la vision binoculaire, pour laquelle on conserve également le terme de *parallaxe*. Nous discuterons plus loin des spécificités de l'image en 3D stéréoscopique liées à la parallaxe. En revanche, on est attentif, à la prise de vues, à ce que les appareils soient alignés sur l'axe vertical : autant notre système visuel a besoin du décalage horizontal des deux points de vue, autant il ne se satisfait guère de la disparité verticale. Notre perception nous permet de compenser cette dernière, mais seulement dans une certaine mesure et au prix d'un effort

supplémentaire qui, sur le long terme, peut être responsable de fortes migraines. On ajuste également l'angle des caméras, pour lequel on conserve le terme optique de *convergence*. L'entraxe et la convergence sont les deux paramètres à partir desquels le stéréographe¹⁷¹ règle la stéréoscopie au tournage.

Depuis plus d'un siècle, nous sommes habitués à regarder au cinéma l'apparence d'une représentation du monde en trois dimensions. Celle-ci, projetée sur une surface plane (l'écran), repose en majeure partie sur l'usage d'indices monoculaires. Ce qui frappe lorsqu'on assiste à la projection d'un film en 3D stéréoscopique, dès lors que la lumière s'éteint dans la salle, que l'on chausse ses lunettes et que le film commence, c'est que l'image 3Ds offre aux spectateurs un espace ouvert sur la profondeur, une vision du monde contenu dans un volume tri-dimensionnel. L'image 3Ds est une sorte de boîte, que certains stéréographes appellent la *boîte scénique*¹⁷², en forme de pyramide tronquée dans laquelle s'inscrit l'écran de cinéma :

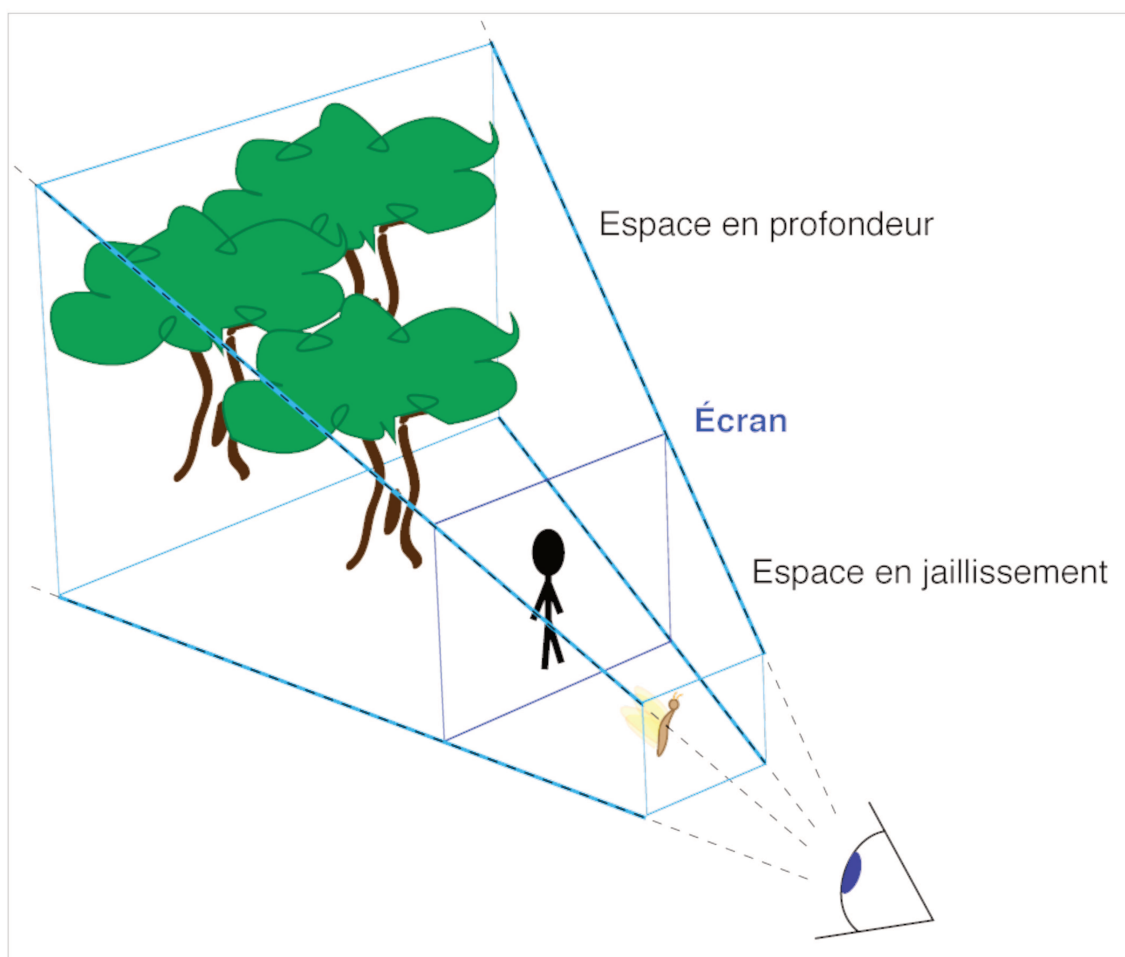


Fig. 20. La boîte scénique

¹⁷¹ Technicien responsable de la stéréoscopie.

¹⁷² TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 162.

Les objets semblent tantôt jaillir en dehors de l'écran, tantôt s'éloigner au loin dans la profondeur. Ces effets dépendent des réglages stéréoscopiques. Quel est le rôle de la distance inter-axiale des caméras, qui permet d'obtenir la parallaxe, et de leur convergence dans l'impression de profondeur et de volume d'une image en 3Ds ?

Les spécificités de l'image 3Ds

La distance inter-axiale détermine la parallaxe, autrement dit l'ampleur de la disparité entre les deux images. La parallaxe définit par conséquent l'amplitude de la boîte scénique, autrement appelée la *gamme stéréoscopique* : plus la distance entre les deux caméras sera grande, plus « grande » sera la boîte scénique. Une fois l'entraxe fixé par l'enregistrement des images, il n'est pas possible de changer l'amplitude de la boîte scénique ainsi définie. Cela suppose de réfléchir au préalable à l'amplitude spatiale recherchée, car il ne sera pas possible de revenir sur ce critère par la suite. Dans le cas de la vision binoculaire, la disparité issue de la distance inter-oculaire permet la perception des volumes de notre environnement. De la même façon, l'entraxe des caméras influe sur la représentation des volumes des objets filmés : plus la distance entre les deux caméras sera grande, plus « ronds » et plus « allongés » seront les volumes des objets. Cette caractéristique de la stéréoscopie ouvre ainsi la porte à une représentation de l'espace filmé plus ou moins conforme aux proportions réelles, et engage la décision du réalisateur. Laissons là cette problématique, nous reviendrons plus loin sur les enjeux artistiques des réglages stéréoscopiques. Poursuivons sur les spécificités des images en 3Ds selon leurs réglages.

Nous avons déjà établi que la prise de vues stéréoscopiques était similaire au système visuel : nos yeux convergent, les caméras aussi. La convergence détermine quelle portion de l'image semblera « sortir » de l'écran, tandis que le reste semblera se situer en arrière de l'écran, dans la profondeur. Considérons un point de l'espace filmé. Il correspond à un pixel de chaque image de la paire stéréoscopique : ce sont les *points homologues*¹⁷³ de l'image. Si ce point vient à correspondre au point de convergence des axes optiques des caméras alors ce point se situera, d'un point de vue optique, au plan de l'écran. On parle, en technique 3Ds, de la *fenêtre stéréoscopique*. Pour tous les objets situés au plan de la fenêtre on considère que la *parallaxe est nulle*. Tout ce qui est situé en avant du plan de la fenêtre et semble sortir de l'écran est dit en *jaillissement*, déterminé par une *parallaxe négative*. Tous les objets situés derrière la fenêtre sont dits

¹⁷³ *Ibid.*, p. 50.

en *profondeur*. Les objets situés au plus loin dans la profondeur sont parfois désignés comme étant les *lointains* et servent de repère pour tout ce qui se trouve « au fond » de la boîte scénique. Ils sont déterminés par une *parallaxe positive*. Ce lexique peut paraître paradoxal : pourquoi employer le terme de « négatif » pour désigner ce qui est au-devant de l'image et semble plus proche des spectateurs, et au contraire considérer comme « positif » ce qui est à l'arrière de l'image et semble plus éloigné des spectateurs ? Il faut, pour répondre à cette question, revenir aux principes optiques qui président à la stéréoscopie. Les termes de positif ou de négatif font référence à la manière dont les points des images gauche et droite apparaissent sur l'écran. Revenons au point d'un objet de l'espace filmé, matérialisé par un pixel dans l'image gauche et un pixel dans l'image droite. Si le point de l'objet est au plan de l'écran, les points sont confondus : il n'y a pas « d'écart » entre les deux points, pas de parallaxe. C'est pourquoi on considère que la parallaxe est nulle au point de convergence. Si l'objet est derrière la fenêtre, la disposition originale des points est conservée : son pixel correspondant pour l'image gauche apparaîtra à gauche, tandis que son pixel correspondant pour l'image droite apparaîtra à droite. On retrouve là l'observation faite en cas de disparité homonyme pour la vision binoculaire. Si l'objet est en jaillissement, leur disposition sera inversée : le point de l'image gauche apparaîtra à droite de l'écran tandis que le point de l'image droite apparaîtra à gauche¹⁷⁴.

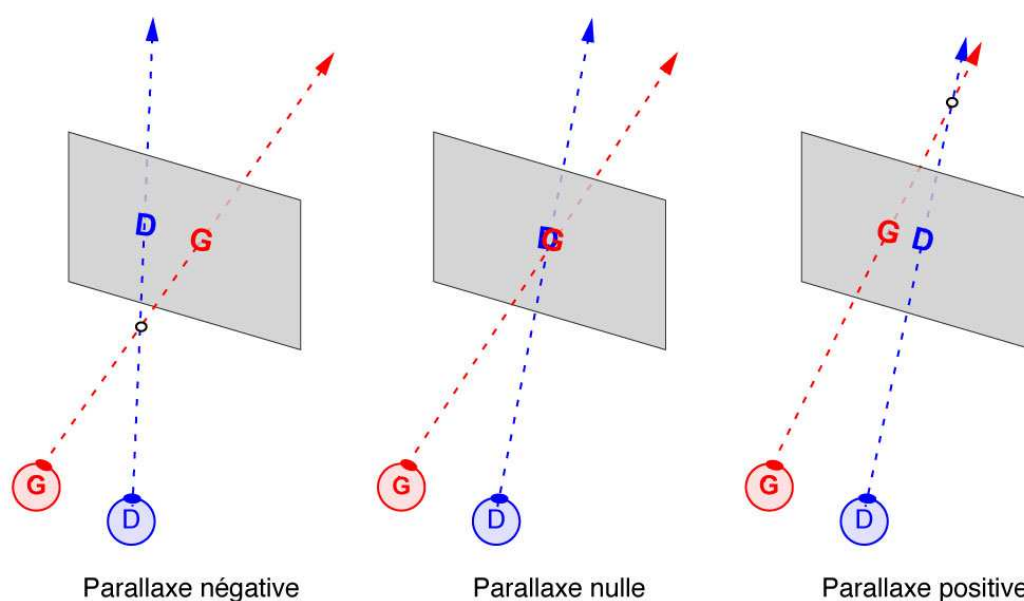


Fig. 21. Positions des images gauche et droite par rapport à l'écran selon la parallaxe

¹⁷⁴ *Ibid.*, pp. 10-11 et 54-55.

Encore une fois, cette observation se rapproche de la vision binoculaire dans le cas de la disparité croisée que l'on a évoquée au chapitre 4. À l'inverse, dans la plupart des logiciels de post-production contemporains, le jaillissement est déterminé par des valeurs positives et la profondeur par des valeurs négatives. Il convient donc, lors de la production d'un film en 3Ds, de s'accorder au préalable sur les termes employés pour désigner les objets en avant de la fenêtre et ceux en arrière.

Les implications physiologiques de la stéréoscopie

Les stéréographes ajustent l'entraxe et la convergence pour chaque plan avec précaution, car ils ont tous deux un fort impact sur notre système visuel. En effet, les images filmées en 3Ds impliquent, pour les spectateurs, un temps d'adaptation à la fois visuelle et cérébrale plus long que pour les films en 2D. Les auteurs de la seconde version du *Livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision* recommandent la prudence particulièrement pour l'usage des jaillissements affirmant que, selon des observations empiriques, « au début d'un film il faut environ trois secondes pour que le cerveau se plie au décalage entre convergence et accommodation qu'on lui impose, tandis qu'au bout de dix minutes d'un film en 3D stéréoscopique, ce temps d'accommodation est réduit à ½ seconde.¹⁷⁵ » Si l'on veut éviter toute fatigue visuelle qui conduirait à une dépréciation de la stéréoscopie de la part des spectateurs, il s'agit de prendre en compte son impact physiologique lors de la réalisation du film, comme on le verra ultérieurement.

Pour commencer, les stéréographes évitent généralement de régler la stéréoscopie avec une parallaxe démesurée : il faut que les images restent « regardables » par les spectateurs. Le confort visuel est l'une des principales préoccupations des stéréographes. Si la parallaxe est trop importante, les yeux des spectateurs se trouveront dans la situation de devoir diverger, plutôt que de converger, pour retrouver la profondeur stéréoscopique. Nous effectuons ces actions sans nous en rendre compte, mais notre corps et notre cerveau sont, eux, bien conscients des efforts fournis. En cas d'effort soutenu et prolongé, les réactions physiologiques ne tardent pas : c'est ainsi que nous éprouvons des picotements aux yeux, des maux de tête ou encore des nausées si nous regardons trop longtemps des images 3Ds mal réglées ou bien avec une gamme stéréoscopique trop importante. Quels sont les repères pour déterminer le

¹⁷⁵ BOURHIS Marc et AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, Mai 2012, p. 18. Version numérique accessible en ligne. www.focusinnovation.fr/wp-content/uploads/downloads/2012/05/LivreBlancReliefV2_BasseDef1.pdf.

seuil d'inconfort des images 3Ds ? Par analogie avec le fonctionnement de la vision humaine, des ingénieurs et des opérateurs ont, par le passé, pensé que l'entraxe idéal pour tout système stéréoscopique se situait autour de six centimètres et demi, c'est-à-dire la distance inter-oculaire moyenne. Or, selon la distance entre le rig et les sujets filmés d'une part, et pour des raisons de confort visuel d'autre part, le stéréographe est amené, dans la plupart des cas, à définir un entraxe inférieur à six centimètres et demi, voire à le faire varier pendant le plan. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

La convergence a elle aussi un impact physiologique sur les spectateurs. Tout objet qui se trouve en jaillissement nécessite pour les spectateurs de faire converger leurs yeux davantage qu'à l'accoutumée. C'est ici que se cristallise le *conflit vergence-accommodation*. Nous avons vu que pour la vision binoculaire humaine, la convergence des yeux fonctionne en adéquation avec le système d'accommodation qui permet de voir net ce que l'on « vise ». Or, la stéréoscopie désunie la convergence et l'accommodation. Ceux-ci ne se font plus sur le même point : là où le système visuel était continu, la stéréoscopie le rend discontinu.

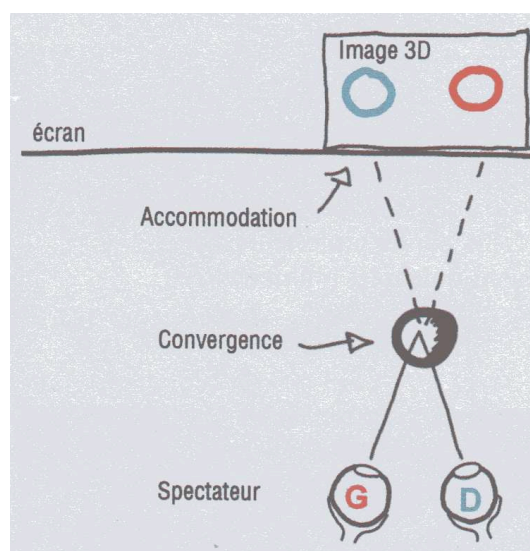


Fig. 22. Schéma de la dissociation entre la zone d'accommodation et le point de convergence¹⁷⁶

D'un point de vue optique, le point d'accommodation se situera sur le plan de l'écran. Nous convergerons en revanche nos yeux sur le point d'attention de l'image : en avant de l'écran si celui-ci est en jaillissement, ou bien en arrière de l'écran s'il est situé dans la profondeur¹⁷⁷. Cet effort visuel de convergence poussée à outrance ne peut, lui non plus,

¹⁷⁶ MENDIBURU Bernard, *Produire des images en relief 3Ds*, op. cit., p. 32.

¹⁷⁷ MICHEL Benoît, *La stéréoscopie numérique*, op. cit., pp. 39-40.

être tenu indéfiniment sans provoquer une fatigue visuelle. C'est particulièrement le cas pour les objets en jaillissement. Autrement dit, on peut faire flotter des bonbons dans la salle de cinéma le temps d'une publicité, mais pas pendant un long métrage de deux heures.

Il faut soulever un dernier point, avant de conclure sur les spécificités de l'image en 3Ds en relation avec les réglages à la prise de vues. La convergence des caméras n'est pas obligatoire pour obtenir la stéréoscopie. On peut tourner en parallèle, c'est-à-dire avec un angle de convergence nul¹⁷⁸. C'était le cas des premiers systèmes de tournage en 3Ds, constitués de deux objectifs sur un unique corps de caméra : les images étaient tournées *en parallèle*. Il semblerait que les inventeurs du début du XX^e siècle n'appliquent pas la convergence, essentielle dans le fonctionnement de la vision binoculaire humaine, à leurs systèmes de prise de vues. Cette disposition ne produit pas de parallaxe positive au moment du tournage et sollicite fortement le système visuel des spectateurs : les lointains sont au plan de l'écran, tout est en jaillissement.

La conquête de la convergence : pour une « meilleure » continuité visuelle

À l'exception de quelques essais et courts métrages, les films en 3Ds restent marginaux pendant la première moitié du XX^e siècle, jusqu'à une subite explosion de la production au début des années 1950.

D'après Ray Zone, Milton Gunzburg, scénariste à Hollywood, convint son frère David, ophtalmologiste, de se lancer dans la construction d'un système de prise de vues stéréoscopiques (35 mm), après avoir vu en 1951 des bouts d'essais en 3Ds tournés (avec des caméras 16 mm) par Lothrop Worth et Friend Baker (tous deux opérateurs à Hollywood)¹⁷⁹. Les frères Gunzburg se mettent au travail : si les caméras et les objectifs se sont nettement améliorés depuis cinquante ans, le matériel est surtout devenu plus lourd et plus encombrant que le cinématographe Lumière. Il s'agit donc de construire quelque chose d'assez robuste pour supporter plusieurs semaines de tournage et, du côté de la 3Ds, de trouver un moyen de disposer les caméras pour conserver un entraxe raisonnable. Les frères Gunzburg construisent donc un module avec deux caméras, ce

¹⁷⁸ On obtient alors une paire d'images qui sont bien rectangulaires, alors que les images en convergence sont légèrement trapézoïdales (à l'inverse l'une de l'autre, de sorte que les dimensions des bords gauches et droits des images ne coïncident pas). Cette déformation reste le plus souvent négligeable, mais peut nécessiter des corrections, sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

¹⁷⁹ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., p. 182.

qui permettait de filmer les images gauche et droite séparément sur chaque caméra¹⁸⁰. L'ensemble des deux caméras ainsi assemblées constitue le *rig*¹⁸¹. Elles se font face et deux miroirs étaient positionnés devant les objectifs de chaque caméra, avec un angle de 45°. Le rig 3Ds des frères Gunzburg avait ainsi un entraxe fixe de 3,5 pouces (soit un peu moins de 9 cm) et, surtout, permettait *d'ajuster la convergence* en réglant l'angle des miroirs, ce que ne permettaient pas les systèmes précédents¹⁸². Le système, baptisé « Natural Vision », est présenté à plusieurs studios, mais seul le producteur indépendant Arch Oboler (1909-1987) se montre intéressé. Il débute la production de *Bwana Devil* avec ce système au mois de juin 1952. Le film, tourné en couleur avec des caméras Mitchell et des objectifs de longueurs focales différentes (du 35 mm au 100 mm), sort le 26 novembre 1952. Les projections sont réalisées avec deux projecteurs synchrones qui projettent le film sur des écrans métallisés pour des spectateurs munis de lunettes à filtres polarisants¹⁸³. Le succès est immédiat : d'après Ray Zone, le film rapporte plus de quatre-vingts quinze mille dollars pour sa première semaine d'exploitation dans deux cinémas¹⁸⁴. Constatant la réussite financière de ce film en 3Ds, Jack Warner, fondateur du studio du même nom, achète le droit d'utiliser le système Natural Vision des frères Gunzburg et se lance dans la production de films en 3D stéréoscopique. Les autres studios l'imitent rapidement, ce qui conduit Ray Zone à l'analyse suivante : « il semblerait cependant que la promesse d'une bonne affaire, plus qu'un réel attrait pour la stéréoscopie, ait été le facteur à l'origine du “boom 3-D” à Hollywood dans les années 1950.¹⁸⁵ » Car « boom 3-D » il y eut : Pascale Reynaud ne recense pas moins de soixante-neuf films en 3Ds de 1952 à 1954 aux États-Unis¹⁸⁶. Aussi bien des comédies musicales (*Kiss Me Kate*, George Sidney, 1953), que des westerns (*Arena*, Richard

¹⁸⁰ *Ibid.*, p. 183. Une photo du rig est reproduite p. 185.

¹⁸¹ Terme utilisé en anglais pour désigner l'assemblage d'objets.

¹⁸² ZONE Ray, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, Lexington, University Press of Kentucky, 2012, p. 9.

¹⁸³ *Ibid.*, pp. 14-15.

¹⁸⁴ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, *op. cit.*, p. 185.

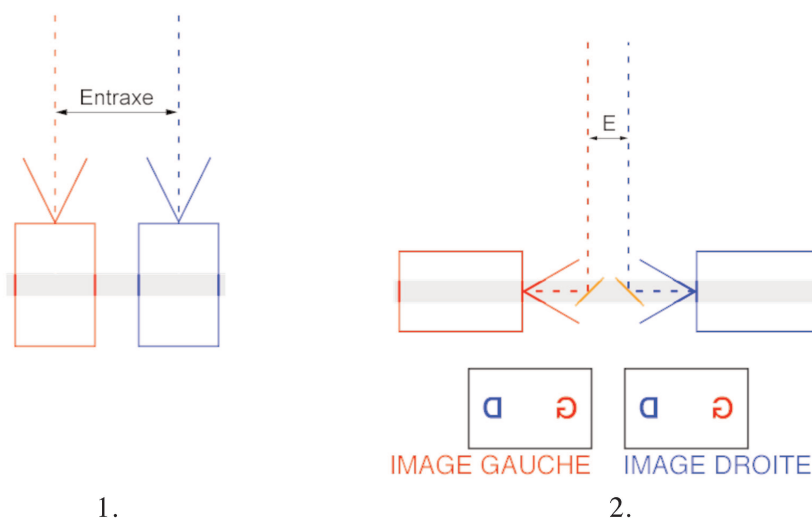
¹⁸⁵ *Ibid.* (notre traduction).

¹⁸⁶ REYNAUD Pascale, « Éléments filmographiques », 1895, Hors série « Le relief au cinéma », pp. 189-196. L'auteur recense également quelques productions soviétiques, britanniques, japonaises, européennes et sud-américaines sur cette même période, à partir de la filmographie commentée de R.M. Hayes dans son ouvrage *3-D Movies: A History and Filmography of Stereoscopic Cinema*, *op. cit.*, pp. 123-371.

Fleischer, 1953), des films noirs (*I, the Jury*, Harry Essex, 1953), des films de science-fiction que des films de « monstres » (*It Came From Outer Space* et *The Creature From the Black Lagoon*, tous deux réalisés par Jack Arnold et sortis en 1953 restent parmi les plus connus), ou bien encore des films se rapprochant du genre fantastique ou d'horreur (*House of Wax*, André De Toth, 1953) sortirent en salle durant ces deux années. Alfred Hitchcock (1899-1980) lui-même fut contraint par la Warner de tourner *Dial M for Murder* (*Le crime était presque parfait*) en 3Ds. Le film fut présenté le 29 mai 1954, mais l'arrivée du Cinémascope quelques mois plus tôt avait déjà détourné l'intérêt des investissements pour la stéréoscopie et suspendu la production en 3Ds. Le film fut exploité essentiellement en 2D. Par ailleurs, malgré les efforts pour assurer la synchronisation des caméras pendant la prise de vues et des projecteurs pendant la projection, afin d'assurer la continuité au sein de la paire d'images stéréoscopiques, ces systèmes mécaniques n'étaient pas parfaits. On peut supposer que leur instabilité ait été un élément supplémentaire contre la pérennisation de la 3Ds à cette époque.

L'évolution des systèmes de prise de vues en 3Ds

Pendant les années 1950, chaque studio chercha à développer son propre système de prise de vues. Les arrangements de caméras les plus usités à l'époque ont été résumés par John Norling dans un article paru en 1953 dans la revue *New Screen Techniques*¹⁸⁷. Il énumère quatre différents types de rig 3Ds, arrangés de la façon suivante :



¹⁸⁷ ZONE Ray, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, op. cit., pp. 23-29.

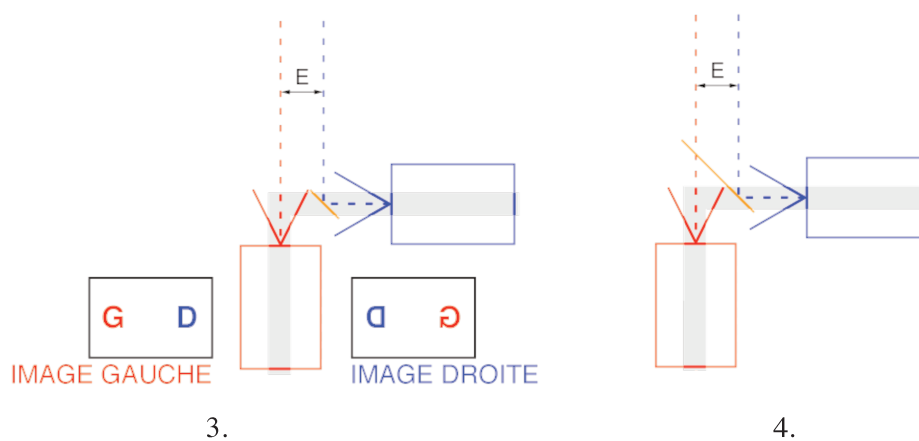


Fig. 23. Les quatre types de rigs 3Ds décrits par John Norling¹⁸⁸

Le premier est un rig parallèle, aujourd'hui connu sous le nom de rig *côte à côte*. Sur un rig *côte à côte*, les caméras sont disposées l'une à côté de l'autre, comme le sont nos yeux sur notre boîte crânienne¹⁸⁹. Cette disposition permet dans une certaine mesure de régler la convergence, cependant l'encombrement des caméras oblige à tourner avec une valeur d'entraxe assez élevée. Or, les objets que nous regardons sont souvent situés à plusieurs dizaines de centimètres de nous. En dessous de quelques centimètres de distance, nous louchons et le cristallin atteint ses limites : il nous est impossible de former une image unique et nette de l'objet. Au cinéma, le cadre est composé en fonction des plans inscrits dans la profondeur. Si des objets sont placés au premier plan et à proximité de la caméra, le stéréographe peut avoir besoin de réduire l'entraxe à quelques centimètres seulement, soit un écart inférieur à la distance inter-oculaire humaine. Le rig *côte à côte* ne permet pas, en raison de l'encombrement naturel des caméras, de réduire l'entraxe au minimum. Aujourd'hui, il est donc utilisé pour des plans où les sujets au premier plan sont à une grande distance de la caméra, par exemple une vue aérienne tournée depuis un hélicoptère, ou bien un plan d'ensemble.

Le second rig 3Ds décrit par John Norling correspond au système Natural Vision développé par les frères Gunzburg : les deux caméras se font face, un miroir est positionné devant chacune d'elle. L'angle des miroirs permet de régler la convergence, mais l'entraxe est fixe et, semble-t-il, ne peut pas être inférieur à 3 pouces (soit environ 7,5 cm). En disposant les caméras à angle droit l'une de l'autre comme dans le troisième type de rig 3Ds décrit par Norling, l'entraxe peut être diminué à 1³/₄ pouces (soit environ

¹⁸⁸ Schémas réalisés à partir des dessins originaux reproduits dans ZONE Ray, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, op. cit., pp. 24-25.

¹⁸⁹ BLOCK Bruce & McNALLY Philip "Captain 3D", *3D Storytelling*, Londres, Focal Press, 2013, pp. 6-7.

4,5 cm) avec des objectifs 35 mm, ce qui permet de tourner des gros plans (où les sujets sont proches de la caméra) plus facilement. Le miroir, positionné devant une seule des deux caméras, reste le moyen de régler la convergence. En revanche, cela engendre une perte de lumière de l'ordre d'un quart de diaphragme : les réglages optiques des caméras se trouvent différenciés. Dans le quatrième rig, les deux caméras sont toujours à angle droit l'une de l'autre. Le miroir, en revanche, est semi-transparent : une caméra filme au travers du miroir tandis que l'autre filme l'image en réflexion. Cette dernière configuration est très semblable au modèle de rig *miroir* breveté en 1980 par l'américain Steve Hines¹⁹⁰, qui est le plus couramment utilisé de nos jours, car il est le seul qui permette de filmer avec une valeur d'entraxe nulle. C'est l'une des raisons pour laquelle, compte tenu de la nécessité de réduire l'entraxe en fonction de la distance entre le rig et les sujets filmés, les stéréographes le préfèrent au rig côte à côte. Il est donc utilisé pour filmer la majorité des plans d'un long métrage de fiction.

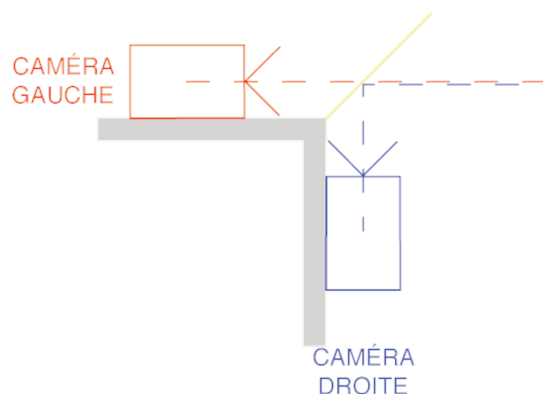


Fig. 24. Disposition des caméras sur un rig miroir

Sur un rig miroir, les caméras sont disposées à 90° l'une de l'autre sur un axe vertical. Un miroir semi-transparent est installé entre les deux caméras, avec un angle de 45°, afin d'assurer la coïncidence des deux axes optiques¹⁹¹. Son fonctionnement est identique à celui du rig côte à côte : on peut régler l'entraxe et la convergence. Il peut être fixé sur pied, sur grue, sur steadicam¹⁹² ou sur cross à l'épaule.

¹⁹⁰ *Ibid.*, pp. 163-165.

¹⁹¹ *Ibid.*, p. 8.

¹⁹² Appareil de machinerie porté par le cadreur, sur lequel est fixée la caméra (ici, le rig 3Ds) pour effectuer des mouvements en caméra portée. Conçu pour limiter au maximum les vibrations, il permet de mouvoir la caméra avec fluidité.

L'enjeu principal de la prise de vues stéréoscopiques est, rappelons-le, d'obtenir des images semblables à tous points de vue : l'exposition, la couleur et la géométrie ; ces trois paramètres constituent les conditions de possibilité de la continuité des vues stéréoscopiques. Le rig miroir évacue la contrainte de l'encombrement des caméras pour effectuer les réglages stéréoscopiques, mais sa configuration ajoute des disparités dans la paire d'images 3Ds, ce qui présente plusieurs difficultés. Pour commencer, le miroir semi-aluminé engendre une perte de lumière pour la caméra qui filme au travers. Au moment où John Norling rédige son article, les miroirs engendrent une perte de luminosité de l'ordre de 60% pour la caméra qui filme au travers, ce qui ne faisait qu'ajouter aux difficultés de tournage et de post-production. Ray Zone rapporte que ce système trouva à être utilisé malgré tout avec les systèmes Technicolor tri-bandes (une pellicule pour chaque couleur primaire) de l'époque¹⁹³. Depuis, les fabricants se sont employés à réduire cette perte de lumière. Elle équivaut aujourd'hui à un tiers de diaphragme en moyenne. Ensuite, le traitement sur la surface du miroir possède des propriétés polarisantes. Certains miroirs sont traités afin d'annuler la polarisation¹⁹⁴, mais le revêtement engendre une perte de lumière supplémentaire. Lorsque le miroir n'est pas traité, il est possible d'utiliser un filtre supplémentaire. Il est installé dans la boîte du miroir, afin d'agir uniformément sur les images des deux caméras. L'indice colorimétrique de ces traitements (sur le miroir et sur le filtre) n'est pas neutre. Cela provoque des différences de couleurs entre les images des deux caméras et il arrive souvent que l'image d'une caméra soit dans les tons verts, tandis que l'autre est dans les tons magenta¹⁹⁵.

Demetri Portelli, qui a supervisé la stéréographie (entre autres) de *Hugo Cabret* (Martin Scorsese, 2010), *The Young and Prodigious T.S. Spivet (L'extravagant voyage du jeune et prodigieux T.S. Spivet*, Jean-Pierre Jeunet, 2013) et de *Billy Lynn's Long Halftime Walk (Un jour dans la vie de Billy Lynn*, Ang Lee, 2016), a confié¹⁹⁶ qu'il

¹⁹³ *Ibid.*, p. 28.

¹⁹⁴ Cela permet d'éviter des reflets lumineux qui, en raison de la disparité de point de vue des deux caméras, ne seraient pas identiques sur l'image gauche et sur l'image droite, empêchant l'enregistrement d'une paire d'images la plus semblable possible.

¹⁹⁵ À l'étalonnage il faudra, pour ôter par exemple la tonalité verte, ajouter du magenta. Cette manipulation peut paraître paradoxale : bien que le vert et le magenta soient complémentaires, ils se trouvent à l'opposé l'un de l'autre dans le spectre des couleurs.

¹⁹⁶ PORTELLI Demetri, « 3D Art and Business. Anticipating a fantastic future for 3D filmmaking », conférence donnée à la Fémis pendant le colloque « Stéréoscopie et Illusion », organisé dans le cadre du projet de recherche « Les Arts trompeurs. Machines. Magie. Médias », 1^{er} octobre 2016.

prenait soin, avant le tournage, de sélectionner des miroirs dont les revêtements modifiaient le moins possible la colorimétrie. Enfin, l'image filmée en réflexion dans le miroir nécessite d'être modifiée avant d'être exploitée au montage. En raison du miroir, elle est l'inverse de l'image réelle, puisqu'elle n'est que la captation du reflet du miroir : il faut, en post-production, inverser l'image filmée pour rétablir le sens de l'image originale.

Selon les conditions de tournage, on distingue deux configurations pour le rig miroir. Il y a d'abord la configuration *zénithale* (ou *high mode*). La caméra positionnée verticalement est au-dessous de l'axe optique de la seconde, l'objectif est dirigé vers le haut. Le miroir s'en trouve mieux protégé, notamment des lumières parasites : c'est pourquoi cette disposition est plus couramment employée en tournage. Elle autorise les plans en forte plongée. La configuration « grue » (ou *low mode*) autorise les plans près du sol, en forte contre-plongée si besoin. La caméra positionnée verticalement est au-dessus de l'axe optique de la seconde, l'objectif est dirigé vers le bas.

En fonction de l'angle des plans prévus au découpage (en particulier en cas de plan en plongée ou en contre-plongée), on peut être amené à passer de la position zénithale à la position « grue ». Cette manipulation fait souvent l'objet d'un débat sur le plateau, ce pour plusieurs raisons. On peut penser, logiquement, que la rotation des caméras inverse le sens des images : l'image gauche passe à droite du cadre tandis que l'image droite passe à gauche du cadre :

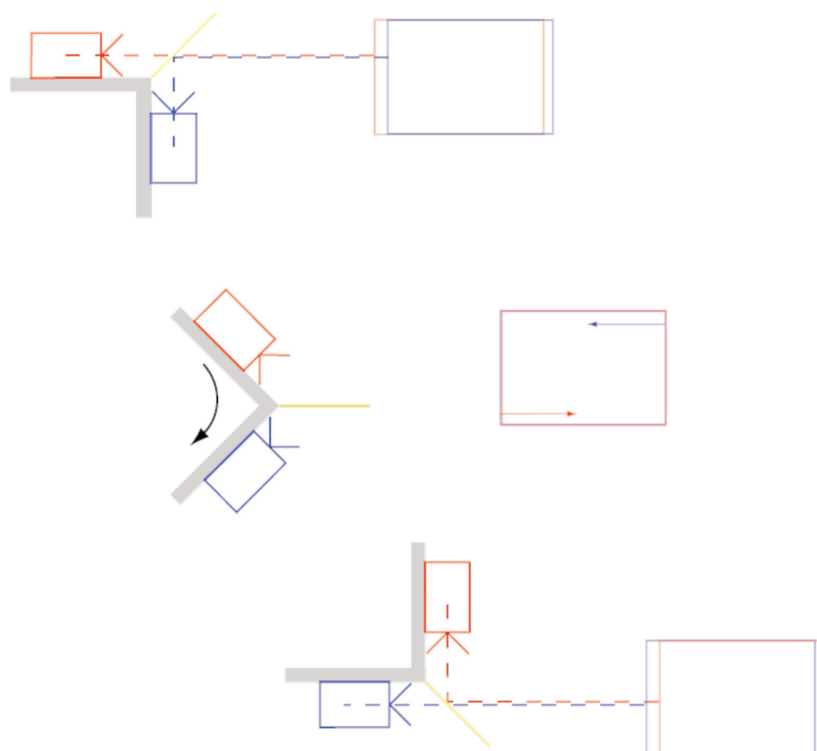


Fig. 25. Influence du passage en configuration Low Mode sur l'ordre des images

Ce n'est pas le cas si le stéréographe modifie l'entraxe et la convergence en conséquence. Le changement de configuration inverse néanmoins la caméra qui filmait au travers du miroir avec celle qui filmait l'image réfléchi par celui-ci, avec les caractéristiques de luminosité et de couleurs évoquées précédemment. D'une manière générale, une note de la scripte sur les rapports caméras et de montage permet d'informer les techniciens de la post-production du changement de configuration afin d'adapter en conséquence le traitement des images pour les plans concernés¹⁹⁷.

Pour résumer, le problème commun des rigs à deux caméras est le suivant : en utilisant deux caméras, il est difficile de s'assurer leur parfait alignement (surtout vertical) ; or, à l'époque où John Norling rédige son article, les outils de l'époque ne sont pas assez perfectionnés pour corriger la 3Ds en post-production. Les défauts de synchronisation, tant au tournage qu'en projection, étaient fréquents, rendant difficile (sinon impossible) la fusion de la paire d'images : des conditions dans lesquelles la 3Ds était irrémédiablement discontinuée. Après la prolifération stéréoscopique constatée entre 1952 et 1954, la stéréoscopie tombe pour ainsi dire dans l'oubli, avant de connaître un rebond dans les années 1980. Ce regain d'intérêt pour la 3Ds est marqué, d'un point de vue technologique, par le retour à des systèmes uni-bandes. Les fabricants de caméras construisent de nouveau des caméras à corps unique avec double objectifs (les images gauche et droite sont donc enregistrées sur la même bande de pellicule) pour tenter de pallier aux problèmes d'alignement des images et d'assurer leur synchronisation. Pourquoi la prise de vues synchrone est-elle importante ? Transférons cette question sur le système visuel humain : que se passerait-il si les cellules de l'œil droit émettaient les signaux électriques une fraction de seconde après celles de l'œil gauche ? L'image de la personne que vous regardez marcher vers vous serait en appui sur une jambe pour l'image de l'œil gauche, tandis qu'elle serait en appui sur l'autre jambe pour l'image de l'œil droit. À cela s'ajouterait la différence d'éloignement issu du décalage temporel entre les images de chaque œil, car entre-temps la personne se sera déplacée. Ces phénomènes ne seraient pas restreints à cette personne qui s'avance, mais généralisés à tout notre environnement. On peut dès lors imaginer la confusion visuelle que provoquerait cette disparité temporelle (laquelle se doublerait sans doute de douleurs crâniennes aiguës). C'est pourquoi il est important que les deux caméras filment simultanément. Les systèmes uni-bandes avec une seule caméra corrigent les défauts des rigs à deux caméras pour assurer la fusion des deux images, mais restreignent les

¹⁹⁷ Merci à Jeanne Guillot d'avoir porté à mon attention les détails relatifs aux changements de configuration.

possibilités de réglages d'entraxe et de convergence. Les images, le plus souvent tournées en parallèle avec des entraxes importants, présentaient de forts effets de jaillissement et des boîtes scéniques de grandes amplitudes, difficilement supportables pour les spectateurs. Après quelques films¹⁹⁸, le plus souvent des films d'horreur (*Friday 13th - Part III*, Steve Miner, 1982 ; et *Jaws 3-D*, Joe Alves Jr., 1983), la production s'essouffle de nouveau.

L'arrivée des outils numériques au secours de la stéréoscopie

Les films en 3Ds en pellicule souffraient donc de plusieurs défauts, qui constituaient principalement un frein à l'accomplissement de la continuité de la paire d'images stéréoscopiques. C'est probablement ce qui empêcha la 3Ds de s'installer durablement, tant du côté de la production que du côté de la diffusion et de la réception des films. L'arrivée du numérique, au tournant du XXI^e siècle, apporta des solutions de traitement des images plus souples que l'argentique, et avec elles la promesse d'une « meilleure » continuité dans le dispositif du cinéma en 3D stéréoscopique. Avec le numérique, le support de tournage en 3Ds (et en 2D) s'est dématérialisé, ce qui a un impact direct autant sur le tournage que sur la post-production des films en 3Ds.

Au tournage, on s'assure d'abord que les deux caméras filment simultanément. Nous avons remarqué que les systèmes argentiques souffraient des défaillances mécaniques de la prise de vues. Par ailleurs, le repère fourni par le clap sur une image (c'est-à-dire sur 1/24^e ou 1/25^e de seconde) n'est pas assez précis. Le Time Code des caméras numériques offre une meilleure précision. Les caméras numériques sont généralement branchées l'une à l'autre pour être synchrones : soit par le biais du Time Code interne, soit par une horloge externe. Le Time Code n'assure cependant pas une vitesse identique pour les deux caméras ni la synchronisation de leurs capteurs. Ainsi, la première caméra peut avoir filmé une image au moment où le capteur de la seconde était désactivé, ceci de manière aléatoire. Le phénomène peut donc survenir plusieurs fois dans un même plan. La fonction Genlock (interne à certains modèles de caméras, ou

¹⁹⁸ Ray Zone retient *Spacehunter: Adventures in the Forbidden Zone*, de Lamont Johnson, sorti le 20 mai 1983, tourné avec un rig à deux caméras mais dont les corrections 3Ds furent bâclées afin d'assurer la sortie du film avant celle de *Star Wars - Return of the Jedi (Le Retour du Jedi)*, George Lucas, 1983) et *Starchaser: the Legend of Orin*, de Stephen Hahn, premier long métrage d'animation en 3D stéréoscopique sorti le 22 novembre 1985.

bien obtenue grâce à un boîtier externe) permet de s'assurer de la captation synchrone de la lumière par les capteurs¹⁹⁹.

Les stéréographes sont en mesure de quantifier avec davantage de précision la parallaxe (soit les disparités de la paire d'images 3Ds), qui s'exprime désormais en pixels ou bien encore en pourcentage (par rapport à la largeur de l'image). Cela est rendu possible grâce à l'adaptation des outils de visualisation, qui permettent de visualiser les plans en 3Ds dès le tournage et facilitent les réglages 3Ds sur le plateau pour pouvoir effectuer les réglages au pixel près selon les besoins, ce qui était loin d'être le cas auparavant. Les stéréographes évitent plus aisément l'écueil d'une trop grande parallaxe. Le stéréographe Alain Derobe a établi les valeurs souhaitables de la parallaxe pour les lointains selon la taille de l'écran de diffusion : cinématographique ou télévisuel²⁰⁰. La relation entre la parallaxe et la taille de l'écran de diffusion apporte un argument supplémentaire pour conclure que l'affirmation selon laquelle l'entraxe idéal pour la prise de vues stéréoscopiques équivaut à la distance inter-oculaire humaine n'est pas une vérité absolue.

Dans ce contexte, le réalisateur et producteur américain James Cameron eut un rôle prépondérant. Associé à Vincent Pace, il a fait développer des outils pour le tournage en 3Ds. En parallèle, la propagation des outils de transmission haute-fréquence sur les plateaux de tournage a rendu certaines manipulations manuelles des réglages sur les caméras (à commencer par le point) facultatives : elles peuvent désormais être effectuées en temps réel grâce à des commandes sans fil. Leur association aux outils 3Ds a rendu les manipulations des réglages 3Ds plus souples. C'est ainsi que Robert Rodriguez tourna *Spy Kids 3D: Game Over* avec le système Reality Camera développé par Pace et Cameron, composé de deux caméras Sony HD avec un entraxe fixe de 69 mm et des réglages de convergence pouvant être indépendants ou asservis aux contrôles de la mise au point, du diaphragme et du zoom²⁰¹. Sorti le 20 juillet 2003 en 3Ds anaglyphe (ce qui était une intention du réalisateur), *Spy Kids 3D: Game Over* est le premier long métrage de fiction tourné et projeté (dans les salles équipées) en numérique. James Cameron ne se limite pas à des activités de recherche et de développement d'ordre industriel : il réalise *Ghosts of the Abyss*, un documentaire en

¹⁹⁹ MICHEL Benoît, *La stéréoscopie numérique*, Paris, Eyrolles, 2012, pp. 75-76.

²⁰⁰ BOURHIS Marc & AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, op. cit., p. 45.

²⁰¹ ZONE Ray, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, op. cit., pp. 247-248.

3Ds au format IMAX sur le paquebot Titanic avec des vues sous-marines de l'épave. Le film, tourné avec deux caméras HD, est sorti en 2003, projeté en 3Ds en pellicule²⁰². Conscient des apports des technologies numériques pour la 3Ds, James Cameron ne s'arrête pas là. Peu après, il se lance dans la réalisation d'un long métrage de fiction : *Avatar*. Sorti le 15 décembre 2009, *Avatar* raconte l'arrivée de Jake Sully (Sam Worthington) sur la planète Pandora et sa découverte de celle-ci. Vétéran de guerre ayant perdu l'usage de ses jambes, Jake Sully a rejoint l'une des expéditions vers cette planète pour remplacer son frère jumeau, accidentellement décédé avant le départ. La similitude génétique des jumeaux se révèle ici nécessaire pour que les instigateurs de la colonisation de Pandora ne perdent pas une partie de leur investissement : des bipèdes à la peau bleutée, copies (*avatars*) des quelques scientifiques de la mission et d'apparence identique au peuple autochtone de Pandora. Pour réaliser le film, le réalisateur a associé tous les savoir-faire développés par le numérique, à commencer par la *performance capture*. Cette technique permet la captation des mouvements des comédiens ainsi que de leurs expressions faciales²⁰³. Ces données servent ensuite de repères pour l'animation de personnages virtuels réalisés en images de synthèse. De cette façon, le film intègre les environnements et les personnages virtuels dans les images issues de prises de vues réelles avec un niveau de continuité et de précision rarement atteint jusque-là. D'autant que cette continuité trouve sa justification dans le scénario : chaque membre de l'équipe scientifique possédant son *avatar* en prend mentalement le contrôle au moyen d'un caisson isolant l'être humain de son environnement. Ainsi, les spectateurs suivent les changements d'apparence des personnages sans difficulté, maintenant ainsi une *continuité apparente* entre les différents environnements du film. Ces performances technologiques trouvent leur aboutissement dans l'association de la stéréoscopie. Le film est l'occasion, pour les spectateurs équipés de lunettes, d'accéder à une vision *en relief* de Pandora, accompagnant les scientifiques par une expérience visuelle qui procure l'illusion de se mouvoir aux côtés de Jake Sully et des personnages du film, parmi les créatures et la végétation de Pandora. *Avatar* se distingue également par la discrétion de certains de ses jaillissements. L'un des premiers survient lors de la première sortie de l'avatar de Jake Sully. Alors qu'une autochtone s'apprête à décocher une flèche pour l'abattre, une petite créature, semblable celle-là à une graine de pissenlit, apparaît doucement dans le cadre, volette lentement (tandis que la profondeur de champ se réduit

²⁰² ZONE Ray, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, op. cit., p. 179.

²⁰³ Ce dernier point constitue la différence avec la *motion capture*.

progressivement pour se focaliser sur elle) et se pose délicatement sur l'extrémité de la flèche. On est loin de certains effets de jaillissement des films en argentique, tel le bras de Margot Wendice (Grace Kelly) dans *Dial M for Murder* s'étendant vers les spectateurs tandis qu'un homme malveillant tente de l'étrangler, ou bien les chiffres surgissant des combinaisons des personnages de *Spy Kids 3D: Game Over*, symbolisant le « nombre de vies » qu'il leur reste dans le jeu²⁰⁴.

Réussite technique encensée par la critique, *Avatar* a relancé la production de longs métrages en 3Ds. Les sorties de films en 3Ds sont aujourd'hui monnaie courante. Le développement des outils de post-production n'est pas pour rien dans l'achèvement technique de la 3Ds.

Les yeux humains voient deux images identiques à tous points de vue : la luminosité, les couleurs, la géométrie. On cherche donc, à la prise de vues, à diminuer autant que possible les différences au sein de la paire d'images enregistrées par deux appareils de prise de vues. Mais, malgré le perfectionnement des technologies numériques les systèmes de prise de vues sont chacun uniques, mécaniquement différents de leur voisin. Aujourd'hui, il n'y a pas deux caméras du même modèle dont les capteurs possèdent un rendu identique des couleurs, ni deux objectifs d'une même série dont les lentilles produisent un rendu géométrique identique. C'est l'une des raisons pour laquelle les images font l'objet, en post-production, d'une harmonisation des couleurs, des contrastes et de la luminosité à l'étalonnage et de corrections géométriques. Le traitement des couleurs est d'autant plus utile dans le cas des images tournées avec un rig miroir, dont le revêtement de ce dernier peut augmenter les écarts de couleurs sur la paire d'images stéréoscopiques. Grâce aux outils de correction numérique on est en mesure de corriger avec davantage de précision les déformations trapézoïdales dues à la convergence (d'autant plus importantes que l'entraxe choisi à la prise de vues aura été grand), ce qui n'était pas le cas auparavant pour les tournages en argentique. En cas de tournage de prise de vues en parallèle (pour des prises de vues aériennes ou pour des raisons matérielles), la convergence est réalisée en post-production, en décalant les images par translation horizontale. On emploie le terme anglais *shift*. Il est utile d'insister sur le fait que « shifter » la paire d'images stéréoscopiques permet seulement de modifier la position du point de convergence. La parallaxe est, comme on l'a expliqué précédemment, immuable une fois les images

²⁰⁴ Du reste, Robert Rodriguez souhaitait inscrire l'esthétique stéréoscopique de son film dans la tradition des films 3Ds en argentique : les jaillissements et le recours à l'anaglyphe procédaient de cette démarche. Voir à ce sujet les commentaires du réalisateur sur l'édition DVD du film.

enregistrées. D'où la nécessité, lors de la préparation d'un tournage en parallèle, d'anticiper le rendu spatial final recherché. Cependant, les limites gauche et droite sont hors de l'écran : cela « rogne » le cadre original, on perd en qualité d'image. Il est aussi plus facile d'inverser en post-production l'image filmée en réflexion dans le miroir, en lui appliquant l'effet *flip*, afin de la remettre dans le sens de l'image originale.

On peut dire que, dès le début des années 2000, tous les outils étaient réunis pour assurer le succès technique de la 3Ds en numérique. Toutefois, les images stéréoscopiques peuvent avoir été tournées en parfaite synchronisation, avoir fait l'objet de toutes les attentions pour définir l'entraxe et la convergence selon le plan et de corrections scrupuleuses pour les rendre aussi semblables que possible, tous ces efforts auront été vains si les spectateurs voient les deux images gauche et droite dissociées plutôt qu'une seule et même image. C'est pour la fusion des images gauche et droite que le système de projection et de diffusion des images 3Ds revêt toute son importance. L'une des « réussites » de James Cameron associée à *Avatar* fut d'user de toute son influence et d'une solide stratégie marketing pour « vendre la 3D », poussant ainsi le secteur de l'exploitation cinématographique à opérer la mutation de l'argentique vers le numérique, indispensable pour assurer la fiabilité du dispositif stéréoscopique. Comment reproduit-on pour le cinéma la continuité apparente de la vision humaine, qui permet de percevoir une seule et même image à partir de deux images prises sous un angle légèrement différent ?

Les systèmes de diffusion en 3Ds

Aujourd'hui, à la différence des systèmes argentiques double-bandes qui requéraient deux projecteurs, un seul projecteur numérique suffit pour projeter un film 3Ds en salle. Les images correspondant à l'œil gauche et à l'œil droit sont projetées alternativement. Il s'est avéré, après des tests, que conserver une fréquence de projection à 96Hz ne permet pas de supprimer le scintillement dû à la succession des images. C'est pourquoi la fréquence de projection recommandée pour un film en 3Ds atteint 144Hz : chaque image est projetée trois fois par œil²⁰⁵. Mais si l'on assistait à la projection telle quelle, on ne verrait qu'un mélange de lumière et de couleurs, d'une part en raison de la fréquence de projection, qui dépasse nos capacités physiologiques ; d'autre part parce que chaque œil verrait aussi l'image complémentaire qui ne lui est pas réservée : l'œil

²⁰⁵ *Guide technique de la cabine de cinéma numérique*, document édité en 2010 sous la direction de la Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son et de la Fédération Nationale des Cinémas Français.

gauche percevrait les images destinées à l'œil droit et inversement. Il faut donc trouver un moyen de « couper » une partie du flux lumineux pour s'assurer qu'il n'est reçu que par l'œil auquel il est destiné, soit reproduire la discontinuité des organes visuels pour recréer les conditions nécessaires à la continuité perceptive. Les premiers systèmes de projection, à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, étaient le plus souvent anaglyphes, bien que des inventeurs tentèrent d'élaborer des systèmes où l'image gauche et l'image droite étaient projetées alternativement²⁰⁶. Aujourd'hui, plusieurs systèmes fonctionnent dans les salles de cinéma.

Un premier système, dit « passif » et beaucoup plus installé dans les salles, repose sur la polarisation de la lumière. L'utilisation de filtres polarisants permet, selon leur orientation, de « couper » partiellement le champ électrique des ondes lumineuses dans la direction correspondante. C'est au physicien anglais John Anderton que l'on doit le procédé de projection stéréoscopique par polarisation²⁰⁷. Élaboré au début des années 1890, le système est breveté dans plusieurs pays en 1895. Ce système fonctionne avec deux lanternes magiques, devant chacune desquelles Anderton dispose des filtres polarisants à angle droit l'un de l'autre ; les spectateurs portent des lunettes à filtres polarisants orientés de manière à occulter l'image voisine qui ne lui est pas destinée. Dès cette époque, Anderton recommande l'emploi d'un écran métallisé pour ne pas perturber la direction de la lumière réfléchi, ou bien d'un écran « non-dépolarisant ». Aujourd'hui, c'est le système de la société RealD qui est le plus implanté. Un filtre polarisant dynamique est placé devant le projecteur. De nouveau, un système de synchronisation relié au projecteur permet d'activer la polarisation²⁰⁸. Une fois encore, la direction de la polarisation est différente pour l'image gauche et pour l'image droite. Elle est cependant complémentaire, de façon à ce que les filtres polarisants montés sur les lunettes des spectateurs ne permettent pas au flux lumineux correspondant à l'image gauche d'être perçu par l'œil droit et au flux lumineux correspondant à l'image droite d'être perçu par l'œil gauche. C'est de cette façon que le système permet de dissocier les flux d'images gauches et droites et de s'assurer que chaque œil ne verra que l'image qui lui est destinée. Toutefois, le système passif est parfois critiqué car son « pouvoir

²⁰⁶ Voir à ce sujet MANNONI Laurent, « La “sensation de la vie” : débuts de la stéréoscopie cinématographique » in *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, op. cit., p. 141 et ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., pp. 53-72.

²⁰⁷ ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film. 1838-1952*, op. cit., pp. 64-66.

²⁰⁸ *Ibid.*, pp. 232-233. Voir aussi TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 133.

séparateur » n'est pas le plus optimal. Si un œil perçoit l'image qui ne lui est pas destinée, cette image paraît « s'afficher » malgré tout sur l'écran. Cette rémanence de l'image complémentaire de la paire stéréoscopique dédouble l'image. L'image complémentaire, qui ne devrait pas être visible, apparaît alors en légère transparence, comme un fantôme, d'où le terme anglais de *ghost* pour désigner le phénomène. L'un des avantages de ce système est économique : c'est le système pour lequel les lunettes sont les moins chères à fabriquer. Elles sont par ailleurs réutilisables : les spectateurs achètent leur paire de lunettes et peuvent revenir avec pour le film en 3Ds suivant qu'ils souhaitent voir. Cela ôte à l'exploitant la charge de l'entretien des lunettes, ce qui n'est pas le cas des autres systèmes. Ce système comporte néanmoins une spécificité, qui fut très décriée en raison de son impact sur la luminosité et par conséquent la qualité des projections en salle : il nécessite l'utilisation d'une toile métallisée pour l'écran, « afin de conserver le sens de polarisation de la lumière lorsque celle-ci est réfléchi vers les spectateurs.²⁰⁹ » Or, sur cette surface, la lumière est réfléchi de manière directionnelle : le niveau de luminosité sera inégal sur toute la surface de la toile. Cela se matérialise par une zone circulaire plus lumineuse, généralement au centre de l'image, dans l'axe du projecteur, qui décroît sur les côtés de l'image, à mesure qu'on l'on s'éloigne du centre. La luminosité du film vu par des spectateurs assis sur les côtés de la salle s'en trouvera alors dégradée. C'est d'autant plus flagrant si l'on ôte quelques instants les lunettes, car les filtres, qui retiennent une partie de la lumière, ne sont pas là pour atténuer le phénomène. En France, la Commission Supérieure Technique, bien consciente des problématiques liées à l'utilisation d'une toile métallisée²¹⁰, a recommandé de dédier les salles équipées d'une toile métallisée à la projection de films en 3Ds²¹¹. Les films en 3Ds ne sont pas devenus majoritaires et les exploitants n'ont, en général, pas suivi cette recommandation, pour des raisons économiques (du reste bien compréhensibles) de rentabilité des espaces et du matériel et les salles équipées d'écran métallisé servent aussi bien à la projection de films en 3Ds que de films en 2D. Les normes des

²⁰⁹ TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 132.

²¹⁰ Dans le *Guide technique de la cabine de cinéma numérique*, la CST explique (pages 40-41), à propos des toiles métallisées, que « la directivité de la lumière crée un point lumineux, dit "point chaud", dans l'axe du flux lumineux et qui se déplace selon l'angle de vue du spectateur, donc sa place dans la salle. »

²¹¹ « Certaines salles ont aujourd'hui opté pour une toile métallisée requise pour les solutions de cinéma en relief RealD, Sony ou MasterImage. Les défauts mentionnés précédemment quant à l'utilisation de ce type de toile ne sont plus aussi gênants qu'ils peuvent l'être en 2D car ils sont compensés par la polarisation du filtre ajouté au projecteur et par celle des lunettes. Pour cette raison, il faut peut-être préférer dédier une salle équipée en toile métallisée pour le relief. », *Guide technique de la cabine de cinéma numérique*, pp. 44-45.

équipements techniques des salles de cinéma ont depuis été revues²¹², rendant les niveaux de luminance exigés incompatibles avec ceux des écrans métallisés. La société RealD a récemment présenté un nouveau type d'écran pour se conformer aux normes et améliorer la répartition de la luminosité sur la surface de l'écran de projection²¹³.

L'autre technologie de projection des films en 3Ds actuellement utilisée dans les salles de cinéma est dite « active ». L'adjectif fait référence à l'activation des lunettes : à l'intérieur de verres épais se trouvent des cristaux liquides. Un boîtier électronique, relié au projecteur, émet un signal infrarouge pour activer et désactiver les cristaux liquides (toujours en synchronisation avec la projection alternative des images gauches et droites) alternativement pour chaque œil. Cette « activation » modifie l'orientation des cristaux²¹⁴. Cela provoque l'obturation alternative de la vision pour chaque œil. De cette façon, l'œil gauche ne perçoit que l'image gauche et l'œil droit ne perçoit que l'image droite. Le pouvoir séparateur de ce système est meilleur que celui des lunettes à filtres polarisants décrit précédemment, où les lunettes sont « passives » et fonctionnent avec un écran métallisé. Si les stéréographes s'accordent à dire que le système à lunettes actives offre la meilleure qualité de projection, il provoque quelques désagréments. Du côté des exploitants, les lunettes sont plus chères et leur entretien reste à la charge des exploitants (qui, en général, font distribuer des lingettes nettoyantes avec les lunettes avant que la séance ne commence). Du côté de l'utilisateur, les lunettes sont plus lourdes et plus volumineuses et peuvent être d'autant plus difficiles à porter sur le temps d'une séance de cinéma pour les personnes qui portent déjà des lunettes de correction.

Un autre système, toutefois moins répandu et appartenant à la société Dolby, repose sur la séparation et la diffusion des couleurs. Un filtre circulaire tourne en synchronisation avec la projection des images. Ce filtre est conçu pour ne laisser passer que certaines portions du spectre lumineux correspondant aux couleurs rouge, verte et bleue et va donc « coloriser » alternativement les images gauches et droites, chacune d'une manière légèrement différente, mais complémentaire. Il se trouve que les

²¹² *Bulletin Officiel du Centre national du cinéma et de l'image animée*, n°12, lundi 7 mai 2012, p. 3. Les normes ont été mises à jour le 24 octobre 2014. Voir à ce sujet le Communiqué de presse de la CST, 10 septembre 2014, www.cst.fr/publication-des-versions-revisees-des-normes-afnor-nf-s-27001-et-nf-s-27100/.

²¹³ HILLAIRES Olivier, « RealD : un nouvel écran pour améliorer la qualité de la projection en relief », *Mediakwest*, 30 novembre 2016, www.mediakwest.com/cinema/item/reald-un-nouvel-ecran-pour-ameliorer-la-qualite-de-la-projection-en-relief.html.

²¹⁴ BOURHIS Marc & AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, *op. cit.*, p. 38.

longueurs d'onde correspondant à ces trois couleurs sont celles auxquelles les cellules photo-réceptrices des yeux réagissent. Autrement dit, ce système est conçu en adéquation avec la sensibilité de notre système visuel aux couleurs. En complément, les verres des lunettes sont eux aussi traités pour filtrer une certaine partie du rouge, du vert et du bleu. Ces filtres sont complémentaires : les couleurs « coupées » d'un côté pour les images à destination de l'œil gauche ne le sont pas de l'autre côté pour les images à destination de l'œil droit. C'est ainsi que, théoriquement, l'œil gauche ne peut percevoir que les images gauches, tandis que l'œil droit ne peut percevoir que les images droites de la paire stéréoscopique. Comme souvent lorsque différents systèmes technologiques permettent de réaliser une même action, le système Dolby présente à la fois des avantages et des inconvénients. Le « pouvoir séparateur » de ce système est plutôt bon²¹⁵, comparé aux systèmes examinés précédemment, mais il nécessite d'une part des paramètres de rendu des couleurs spécifiques dans l'encodage du DCP qui va être diffusé et d'autre part les filtres sont sombres et diminuent la luminosité²¹⁶. Un autre avantage de ce système réside dans sa souplesse d'installation : il ne nécessite pas de changer la toile de l'écran et on peut ôter facilement le filtre du projecteur pour diffuser un film en 2D. Mais le traitement multi-couches du filtre et des verres de lunettes est complexe et onéreux. C'est peut-être l'une des raisons pour lesquelles ce système est peu installé dans les salles de cinéma (tout au moins en France).

Au vu des avantages et des inconvénients de chacun des trois systèmes décrits, on pourrait penser qu'il suffirait de mettre au point un système débarrassé des filtres (synchrones avec le projecteur) et des lunettes. Les systèmes *autostéréoscopiques*, comme on les appelle, existent. Ils fonctionnent avec un réseau (lenticulaire ou bien une barrière de parallaxe) placé devant les images. Le réseau permet de dissocier les images gauches des images droites, de façon à ce que chaque œil perçoive l'image qui lui est destinée. Mais en opérant de cette façon, les systèmes autostéréoscopiques ne permettent pas de couvrir tout le champ de projection devant l'écran. Les « angles morts » sont nombreux. Il faut que les spectateurs soient positionnés à des endroits précis pour voir la 3Ds. Par ailleurs, il est difficile de construire un réseau suffisamment grand pour équiper un écran de cinéma, dont la surface atteint plusieurs dizaines de mètres carrés. Les tentatives de construction de systèmes autostéréoscopiques pour la

²¹⁵ Notons toutefois que tout système est susceptible de souffrir du phénomène de « *ghosting* ». Cela se manifeste également dans les zones de forts contrastes de l'image.

²¹⁶ MICHEL Benoît, *La stéréoscopie numérique, op. cit.*, p. 232.

projection en 3Ds au cinéma ont fait long feu. D'autant qu'augmenter le champ visible en 3Ds en projection nécessite en prise de vues d'augmenter le nombre de vues de l'image. Il suffit d'imaginer un rig 3Ds avec huit caméras pour identifier quelques-unes des difficultés que cette solution représente au moment du tournage : alimentation des caméras, encombrement et masse totale du rig, la synchronisation de l'enregistrement de tous les appareils. Cette solution est plus facile à réaliser en *animation 3D* par exemple, où les caméras sont *virtuelles*.

Avant de poursuivre sur la projection en 3Ds, il nous faut clarifier un point d'ordre lexical. Nous avons étudié comment la photographie, et par la suite le cinéma, ont réussi à apporter aux images un aspect tri-dimensionnel. C'est l'une des raisons pour laquelle on parle de « 3D » dès lors que les images observées procurent l'impression d'un environnement en trois dimensions. L'arrivée des ordinateurs parmi les outils de la production cinématographique permet aujourd'hui de réaliser des environnements et des objets tri-dimensionnels, en vue de les intégrer au film (par exemple pour les effets visuels²¹⁷). Le caractère tri-dimensionnel des éléments virtuels qui constituent (partiellement ou totalement) les images virtuelles réalisées sur ordinateur grâce à un logiciel de graphisme (c'est-à-dire CGI) conduit souvent à considérer ces images comme étant en « 3D » et à les désigner comme telles. Il faut insister sur le fait que la « 3D » réalisée sur ordinateur est une 3D *virtuelle*, les scènes fabriquées par ce moyen restent, elles aussi, *virtuelles*. Lors de la projection du film, ces images offrent une reproduction de l'espace basée sur les indices monoculaires évoqués précédemment, mais elles demeurent planes et ne permettent nullement de reproduire la sensation de profondeur et la rondeur des volumes issues de la vision binoculaire. Pour que les spectateurs voient et perçoivent les images en « 3D », c'est-à-dire qu'ils aient l'impression de profondeur et de relief, cela nécessite d'utiliser des technologies appropriées pour la prise de vues et pour la projection. Ce sont bien les techniques optiques dites *stéréoscopiques* qui permettent de reproduire la stéréopsis : rappelons que, d'un point de vue étymologique, la stéréoscopie désigne, comme on l'a expliqué précédemment, le moyen par lequel on observe les formes tri-dimensionnelles. C'est pourquoi nous parlons bien de 3D stéréoscopique (3Ds) pour désigner les images réalisées grâce à ce procédé optique, afin de ne pas les confondre avec les images « 3D » virtuelles générées par ordinateur. Cela

²¹⁷ Sur l'évolution des techniques de trucages et l'arrivée progressive des techniques numériques, voir : HAMUS-VALLÉE Réjane, *Les effets spéciaux*, Paris, SCÉRÉN-CNDP - Cahiers du Cinéma, coll. « Les petits cahiers », 2004.

n'exclut pas pour autant la possibilité qu'un film soit à la fois en 3D *et* en 3Ds²¹⁸, mais il s'agit de ne pas confondre ces deux « 3D ».

Mettre à disposition des spectateurs une technologie pour fusionner les paires d'images stéréoscopiques assure-t-il pour autant que les spectateurs perçoivent la stéréoscopie telle qu'elle a été tournée ? Ce n'est pas tout à fait le cas. Selon la position des spectateurs, l'amplitude de la boîte scénique semblera petite et les volumes sembleront comme « écrasés » (notamment pour ce qui est en jaillissement) pour les personnes assises au premier rang ; l'amplitude semblera plus grande et les objets comme « allongés » (en particulier ceux en jaillissement) aux spectateurs assis parmi les rangs du fond de la salle et les volumes sembleront orientés légèrement de biais pour les spectateurs assis sur les côtés. Un phénomène que Bernard Mendiburu explique de la façon suivante :

« Imaginez que vous êtes dans une salle de cinéma, en train de regarder un film 3D, avec une boule de neige volant dans la salle. La parallaxe négative est exactement de 6,4 cm (2,5 pouces), et la boule de neige est à mi-chemin de l'écran. Si vous êtes au premier rang la boule de neige semble à 3,5 m (10 pieds) de distance, de 5 cm (2 pouces) de large et de 5 cm (2 pouces) de profondeur. Supposons que l'on arrête le film, que vous alliez vous placer tout au fond de la salle. La parallaxe est toujours de 6,4 cm (2,5 pouces), la boule est à mi-chemin de l'écran, mais elle est maintenant à une distance de 12 m (40 pieds). Si cette boule de neige est toujours de 5 cm de large, c'est maintenant une saucisse de 20 cm (8 pouces) de profondeur. [...] Si le fait d'être assis loin de l'écran augmente la taille des objets en dehors de l'écran, être assis plus près de l'écran les fait apparaître plus proches. [...] S'asseoir sur les côtés n'a jamais été une expérience plaisante au cinéma, en raison des fortes déformations 2D de l'écran. En 3D, ces déformations affectent réellement les formes, les cubes paraissant s'incliner de côté.²¹⁹ »

Les stéréographes pourront fournir un travail techniquement irréprochable, aucun spectateur ne verra, d'un point de vue purement optique, le même film en 3Ds que son voisin en raison de leur position différente dans la salle.

²¹⁸ À condition que deux caméras virtuelles enregistrent l'environnement 3D selon deux points de vue légèrement différents, comme on le ferait avec un rig 3Ds, et que le film soit diffusé avec l'un des systèmes expliqués plus haut. C'est le cas de beaucoup de films d'animation depuis le début du XXI^e siècle : *Chicken Little* (Mark Dindal, 2005), *Tintin, le secret de la Licorne* (Steven Spielberg, 2011) ou encore *Baby Boss* (Tom MacGrath, 2017).

²¹⁹ MENDIBURU Bernard, *Produire des images en relief 3Ds*, *op. cit.*, pp. 89-90.

Tout comme la stéréopsis est le résultat de plusieurs éléments, sa reproduction, pour faire sentir aux spectateurs les distances entre les objets filmés et leurs volumes, est le résultat de la conjugaison de plusieurs technologies, mises en œuvre du tournage à la projection du film en 3Ds. Le numérique, en dématérialisant le support d'enregistrement du film, lui apporte la souplesse dont la 3Ds avait besoin. Il est devenu plus aisé de corriger, pendant la phase de post-production, les erreurs et incidents survenus au tournage. Les outils de post-production numérique se développent et les paires d'images stéréoscopiques deviennent ainsi aussi parfaites et identiques que possible sur des paramètres essentiels en 3Ds : l'alignement, la géométrie, les couleurs et la luminosité. Cela permet de conserver au tournage les rigs à deux caméras qui, de l'avis de tous, restent les meilleurs systèmes de prise de vues. En parallèle, les technologies haute-fréquence de commandes à distance et *motion control*²²⁰ sont mises au point, pouvant être associées si besoin, et se répandent sur les tournages. Elles permettent d'effectuer des réglages 3Ds précis en temps réel et de les modifier pendant la prise si besoin.

C'est ainsi qu'aujourd'hui, on trouve sur les tournages des rigs à deux caméras (parallèle ou à miroir) dont les réglages de convergence et d'entraxe sont dynamiques et peuvent être effectués à distance. La projection numérique assure la restitution synchrone des paires d'images stéréoscopiques et la conservation de leurs réglages.

²²⁰ Système de contrôle automatisé de la caméra (ou d'un autre appareil sur le tournage), le plus souvent par ordinateur.

Chapitre 6. De la continuité dans les films en 3Ds

Nous avons étudié, au travers des deux premiers chapitres dédiés à la stéréoscopie, les similitudes de la prise de vues stéréoscopiques avec la vision binoculaire humaine et, dans les grandes lignes, les évolutions technologiques des systèmes de prise de vues en 3Ds. Ces derniers se sont succédés jusqu'à obtenir un modèle de rig 3Ds, qui s'est stabilisé avec le retour de la stéréoscopie au cinéma en ce début de XXI^e siècle.

Jusqu'ici la stéréoscopie a été présentée au travers de la prise de vues de deux images simultanées au moment du tournage, avec les contraintes matérielles que cela engendre. Il faut, encore une fois, souligner le fait qu'avec l'arrivée du numérique, les logiciels de graphisme couramment employés pour les effets visuels permettent la réalisation de décors tri-dimensionnels *virtuels*, dont les images sont elles aussi enregistrées par des caméras *virtuelles*. Dès lors, rien n'empêche la création de rigs 3Ds *virtuels* en post-production, afin de se délester de toutes les contraintes d'un tournage en 3Ds. Le film pourrait ainsi être tourné avec une seule caméra, soit en 2D, puis *converti* en 3Ds en post-production. Grâce à la puissance de calcul des ordinateurs contemporains, il est possible de créer le « second œil » nécessaire au rendu stéréoscopique²²¹. C'est en fait déjà le cas pour la plupart des films disposant de budgets pharaoniques réalisés outre-Atlantique : les films sont tournés en 2D avant d'être convertis en 3Ds en post-production.

Adopter cette méthode de réalisation, c'est néanmoins risquer de faire des choix de mise en scène sans songer à leurs résultats en stéréoscopie. Quels sont-ils ? Comment et pourquoi la stéréoscopie influencerait-elle la réalisation des films ? Étudier l'esthétique à l'œuvre dans les films de fiction en 3Ds permet de proposer des éléments de réponse. À travers la notion de *continuité apparente*, définie dans la première partie de cette recherche, on proposera une analyse de la continuité dans les films en 3Ds, où elle prend toute son importance, tant sur le plan narratif qu'esthétique.

Variations stéréoscopiques pour un plan

Comme évoqué au début de cette recherche, la diversité des matériaux visuels est inhérente à la plupart des films de fiction : des comédiens variés avec des costumes

²²¹ Il existe plusieurs moyens d'y parvenir, par exemple en recourant à la rotoscopie, à des algorithmes qui automatisent le travail, voire en combinant ces deux procédés (ce qui arrive régulièrement).

divers, des décors différents, des ambiances lumineuses changeantes, filmés avec des plans fixes, ou bien avec des mouvements mécaniques, ou optiques, sans oublier les mouvements humains à l'intérieur du cadre. On sait que la stéréoscopie influence la représentation de l'espace filmé et, par voie de conséquence, la perception de cet espace par les spectateurs. Dans ces conditions, il suffit qu'un seul des facteurs visuels change pour que la 3Ds doive elle aussi être modifiée. C'est d'autant plus le cas dès qu'il y a des mouvements dans un plan, en particulier lors de mouvements dans la profondeur : soit un plan fixe, d'un personnage positionné à vingt mètres de la caméra au début du plan et qui s'approche à une distance de deux mètres. Selon l'entraxe et la convergence fixés, le personnage pourrait, au cours de son déplacement, venir « crever l'écran » en jaillissement, ou bien rester derrière (voire très loin derrière) et les proportions des volumes ne seraient pas conservées entre sa position initiale et sa position finale. C'est pourquoi les réglages stéréoscopiques sont rarement les mêmes pendant tout le temps que dure un plan, en particulier lorsque celui-ci contient du mouvement. Soulignons que ces variations relèvent d'un choix esthétique : si les mouvements dans la boîte scénique ne menacent pas le confort visuel des spectateurs, le stéréographe peut choisir (en accord avec le réalisateur) de déplacer le point de convergence (et modifier ou non l'entraxe pour conserver la disparité dans les lointains). D'un point de vue technique, on peut rapprocher ce « suivi de convergence » du suivi de la mise au point qui accompagne généralement les mouvements (de machinerie ou de personnage) pour un plan. Mais le stéréographe peut tout aussi bien décider de ne pas changer les réglages stéréoscopiques pendant le plan, et ainsi « laisser vivre » les objets et les comédiens dans la boîte scénique. Ainsi le critère de la multiplicité, que l'on avait identifié pour les films en 2D, touche aussi la stéréoscopie. À l'échelle d'un plan, elle se décline sous la forme d'une variation : il ne s'agit pas d'une rupture franche et nette entre deux réglages, mais d'un ajustement progressif des valeurs stéréoscopiques sur un temps donné. On ne peut donc pas affirmer qu'il y ait de réelles divisions stéréoscopiques au sein d'un plan. Comment ces changements visuels se traduisent-ils au sein d'un film de fiction ?

Cette nécessité de modifications stéréoscopiques constantes a été avantageusement utilisée dans *Souviens-moi* (2013), court métrage réalisé par Joséphine Derobe, stéréographe et réalisatrice qui a collaboré aux films en 3Ds de Wim Wenders. *Souviens-moi* est une fiction en prise de vues réelles dont l'intrigue n'appartient pas au genre du fantastique, de la science-fiction ou de l'horreur, récurrents dans les films en 3Ds numérique sortis ces dix dernières années (par exemple *Gravity* d'Alfonso Cuarón, sorti en 2013, ou les trois films *Le Hobbit* de Peter Jackson, sortis entre 2012 et 2014).

Le personnage principal, Thomas, revient dans la maison de son enfance suite au décès de sa mère. Ses souvenirs lui reviennent à mesure qu'il se promène dans le jardin. Sur son parcours, Thomas retrouve la balançoire. Le rig 3Ds, installé sur le steadicam, filme Thomas de face en plan poitrine au niveau de la fenêtre stéréoscopique. Thomas ralentit en regardant hors champ à droite. La caméra suit la direction de son regard avec un mouvement panoramique à droite, faisant disparaître Thomas hors du cadre à gauche pour laisser apparaître la balançoire en profondeur à l'arrière-plan, comme un lointain souvenir. Thomas rentre à nouveau dans le cadre (à gauche) par le plan-écran. La caméra, tout en le maintenant au niveau de la fenêtre stéréoscopique, le suit avec un mouvement avant. À mesure qu'il s'approche de la balançoire, il la ramène dans l'espace présent : lorsqu'il pose sa main sur la structure de la balançoire, les deux images convergent à cet endroit. Thomas passe sous la balançoire pour se retrouver de l'autre côté, la caméra continue de le suivre (de profil cette fois) par un mouvement latéral vers la droite. Une fois Thomas de l'autre côté dans la profondeur, c'est-à-dire du côté du passé, la caméra le laisse là : avec un panoramique vers le haut elle fait le chemin inverse vers la gauche et repasse de l'autre côté de la balançoire. Le changement de convergence est visible quand la caméra est encore en contre-plongée sur le haut de la structure de la balançoire. En un seul plan, le personnage passe de l'espace présent à l'espace passé par l'intermédiaire de la balançoire et grâce aux modulations des réglages stéréoscopiques.

La stéréoscopie peut varier pendant un plan, mais elle n'interfère pas pour autant sur sa continuité. De la même manière que l'on observe, à l'échelle macroscopique, les divisions entre les photogrammes, la présence d'invariants au sein de l'image (le décor, les accessoires, les comédiens et leurs costumes) confère à chaque plan en 3Ds une unité que les seuls changements stéréoscopiques ne suffisent pas à briser. Qu'en est-il de l'enchaînement des plans à l'échelle du film ?

Plusieurs plans, différentes amplitudes stéréoscopiques

Nous avons mis en évidence, dans la première partie de ce travail, les divisions internes d'un film : un film, rappelons-le, est (dans la majorité des cas) composé de plusieurs séquences, divisées en plusieurs plans. Comment la stéréoscopie s'intègre-t-elle au sein de ces divisions ?

Entre deux séquences d'un film de fiction, comme entre deux plans, plusieurs éléments seront différents, des comédiens au décor, en passant par l'ambiance sonore du lieu et la distance qui sépare la caméra du sujet. Admettons, pour commencer, que l'on

souhaite reproduire autant que possible les proportions de l'espace filmé. On tourne, avec un objectif de longueur focale donnée, un plan fixe en 3Ds dans un espace fermé, par exemple une cuisine dans un appartement. Le stéréographe ajuste l'entraxe et la convergence de façon à ce que les proportions de la cuisine soient respectées lors de la projection du film dans une salle de cinéma. Puis on tourne un autre plan dans cette même cuisine, depuis un angle différent : les distances (entre la caméra et le fond du décor et entre la caméra et le sujet) sont différentes. Il suffit que l'on choisisse de filmer ce deuxième plan dans la cuisine avec un autre objectif que celui du premier plan pour que cela finisse de modifier toute la représentation spatiale. On a constaté, dans la première partie de cette recherche, l'impact de la longueur focale de l'objectif utilisé sur la représentation du décor : il faudrait là aussi modifier la stéréoscopie pour compenser le changement de focale. À moins d'une volonté délibérée de la part du réalisateur de s'éloigner d'une représentation cohérente de l'espace, l'entraxe et la convergence devront être ajustés pour que les deux portions d'espace montrées dans chacun des plans, une fois assemblées au montage, semblent appartenir au même volume et que les comédiens et les objets filmés ne se déplacent pas de part et d'autre du plan-écran de manière incongrue. Plus tard, on tournera un plan à l'extérieur, dans une rue pavillonnaire, avec l'axe optique du rig 3Ds dans l'alignement de la rue. Quelle que soit la longueur focale de l'objectif choisi pour tourner ce plan d'extérieur, les réglages stéréoscopiques, ajustés précédemment pour un espace fermé de quelques mètres de profondeur, ne conviendront plus pour reproduire les proportions d'un espace ouvert de plusieurs dizaines de mètres de long. Imaginons encore une autre situation : le plan de rue n'est pas tourné en plein jour, mais de nuit. L'éclairage public fonctionne, des lumières au-dessus des portes d'entrée des pavillons sont allumées et de la lumière filtre au travers de quelques fenêtres. On a, au début de cette partie, passé en revue les indices monoculaires, parmi lesquels les ombres, qui jouent un rôle dans la perception de la profondeur. Interrogée sur son travail et sur la représentation de l'espace en stéréoscopie, la stéréographe Joséphine Derobe avait expliqué que « sur le dernier film de Wenders, le réglage 3Ds est léger mais l'illusion de profondeur est forte juste parce qu'on a utilisé des ombres au sol et une lumière transversale, et qu'on est dans une rue avec de nombreux réverbères²²² ». En 3Ds, l'amplitude des zones d'ombre et leur

²²² DEROBE Joséphine cité par MERCIER Frédéric, « Stéréographe : penser en relief », *Cahiers du cinéma*, n°696, janvier 2014, p. 50. Le film dont il est question ici est *Every Thing Will Be Fine*, tourné à l'automne 2013 et en post-production au moment de la publication de l'entretien.

répartition dans l'image influenceront la perception par les spectateurs de la profondeur de l'image stéréoscopique.

Les divisions du film, matérialisées par la multitude de plans, que l'on a pu observer en 2D, se retrouvent en 3Ds. La plupart du temps, les changements opérés d'un plan à l'autre sont d'ordre visuel, aussi la stéréoscopie s'accorde-t-elle à eux. Or, nous avons établi dans la première partie que les divisions et les multiplications étaient des facteurs de discontinuité. Comment les réalisateurs s'accommodent-ils des divisions et des multiplications stéréoscopiques pour conserver la continuité de leur film ?

Divisions et multiplications stéréoscopiques en soutien au scénario

Comme on l'a souligné en introduisant le travail de cette partie, les réalisateurs qui ont eu la volonté de tourner leur film en 3Ds cherchaient à employer cette technique comme un élément à part entière du film, qui contribue à en élaborer l'esthétique. Il s'avère que le scénario comporte rarement des indications sur la stéréoscopie et, quand il en contient, elles restent peu nombreuses.

Que le scénario contienne ou non des indications stéréoscopiques, tout stéréographe conseille de parler de la stéréoscopie dès la préparation. Les intentions stéréoscopiques sont mises en place dans le *depth budget* ou le *depth script*. Clyde Dsouza²²³ les définit de la façon suivante : le *depth budget* est constitué de la courbe des lointains et de celle du jaillissement. Il permet aussi de déterminer les moments où l'amplitude est plus importante *pour accroître l'intensité dramatique d'une séquence*. Le *depth script* est une courbe unique. C'est l'illustration linéaire de l'intensité de la stéréoscopie à l'échelle du film.

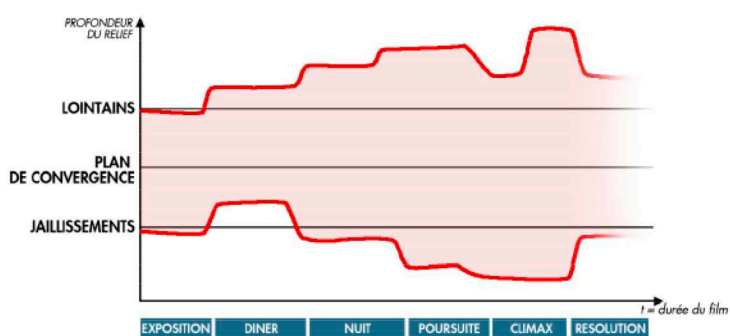


Fig. 26. Un exemple (arbitraire) de *depth budget*²²⁴

²²³ DSOUZA Clyde, « Sanctioning a Depth Budget for 3D movies », *Think in 3D : Food for Thoughts for Directors, Cinematographers and Stereographers*, Amazon Distribution, 2012, pp. 105-108.

²²⁴ BOURHIS Marc et AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, op. cit., p. 19.

À partir du scénario, le stéréographe établit la continuité de la stéréoscopie en adéquation avec celle du scénario et les intentions artistiques du réalisateur. Des discussions prennent place dès la préparation et se poursuivent pendant le tournage, comme l'explique la stéréographe Joséphine Derobe : « Le travail de la direction de la stéréoscopie, c'est d'établir pendant les lectures 3D du scénario puis sur le plateau pendant le tournage, les réglages de la stéréoscopie en fonction de ce qui se passe ou de tel événement dramatique²²⁵ ». Rien n'indique cependant que l'usage d'un *depth budget* ou d'un *depth script* soit généralisé. D'autant qu'on a pu constater, au cours des recherches, une confusion des deux termes. Lors de son intervention au 3D Creative Summit, Phil MacNally²²⁶ (surnommé « Captain 3D » au sein de la profession) expliquait que les équipes du studio Dreamworks avaient appliqué sur *The Croods* (*Les Croods*, de Kirk de Micco et Chris Sanders, 2013) un *depth budget* de 20% supérieur à leurs derniers films. En ce sens, Phil MacNally parlait bien de l'amplitude stéréoscopique globale pour le film. Mais en montrant des extraits des productions du studio, il employait également le terme de *depth budget* pour désigner les variations stéréoscopiques appliquées dans un plan, afin d'associer l'amplitude de la boîte scénique aux actions des personnages et à leur intensité dramatique. Or, ce dernier exemple se rapproche davantage de la définition du *depth script*. Laissons là ces tâtonnements lexicaux et revenons à l'examen de l'usage des divisions et des multiplications stéréoscopiques, ainsi que de leurs implications quant à la continuité dans un film, que nous allons illustrer au travers du long métrage d'animation *Coraline*.

Sorti en salle en 2009, quelques mois avant *Avatar*, la réalisation en 3Ds de *Coraline* découle de la volonté de son réalisateur Henry Selick. Le scénario repose sur une distinction entre les espaces, lesquels influent sur l'humeur du personnage. Voici l'histoire : Coraline se sent délaissée par ses parents, accaparés par la rédaction de leur catalogue de jardinage. Alors qu'elle visite la maison où la famille vient d'emménager, elle découvre une porte cachée. Celle-ci donne accès à un univers presque identique au sien, à ceci près que les gens arborent une paire de boutons à la place des yeux et qu'il paraît plus attrayant pour la jeune fille. Dans cet Autre Monde, le frigo familial est rempli de sucreries, les parents sont souriants, le voisin bavard qui exaspère d'habitude Coraline est muet et le jardin est largement fleuri. Coraline fait plusieurs allers et retours

²²⁵ Entretien de l'auteur avec Joséphine DEROBE, Paris, 15 Mai 2013.

²²⁶ MACNALLY Phil, « Dreamworks Animation : Showcase and Q&A », 3D Creative Summit, British Film Institute, Londres, 27 Mars 2013.

au cours du film, jusqu'à découvrir que cet Autre Monde est en fait l'œuvre d'une sorcière. Cette dernière espère garder Coraline auprès d'elle, après avoir remplacé ses yeux par une paire de boutons. La jeune fille parvient à s'échapper suite à un ultime affrontement avec la sorcière. Le scénario est ainsi construit sur les va-et-vient du personnage entre deux espaces semblables en apparence, avec cependant des différences suffisantes pour les distinguer visuellement et faire comprendre au spectateur leur impact sur l'humeur de Coraline, d'abord enthousiaste puis peu à peu mal à l'aise. C'est, comme on l'a déjà évoqué, l'une des raisons qui ont poussé le réalisateur Henry Selick à tourner *Coraline* en 3Ds. Il a alors fallu réfléchir au traitement stéréoscopique du film, pour rendre compte des changements des espaces et de l'évolution du personnage, comme en témoigne le directeur de la photographie du film, Pete Kozachik :

« En même temps que l'arc narratif, l'arc pour la lumière et la charte des couleurs, nous avons décidé d'imposer un "arc stéréo" complémentaire sur le film. Henry [Selick] voulait que la profondeur 3D différencie le Monde Réel de l'Autre Monde, notamment en accord avec ce que Coraline ressentait. Pour cela, nous avons conservé le Monde Réel à une profondeur stéréoscopique réduite, suggérant le point de vue plat de Coraline, et utilisé la pleine 3D pour l'Autre Monde. Au début, la pleine 3D ouvre un monde meilleur pour Coraline, mais quand les choses tournent mal, nous avons précautionneusement exagéré la profondeur stéréoscopique pour l'accorder à sa détresse.²²⁷ »

Le scénario était donc implicitement propice à un traitement stéréoscopique. Si Brian Gardner a été embauché pour superviser la stéréoscopie du long métrage *Coraline* d'Henry Selick, c'est en partie parce que le réalisateur a été attiré par les possibilités narratives de la 3Ds. En prenant appui sur les données de la perception des images stéréoscopiques, il a élaboré le *depth budget* du film, à partir du scénario et du storyboard. Le recours à une représentation graphique de l'évolution de la stéréoscopie n'est pas systématique. Elle est encore plus rarement rendue publique : le *depth budget* de *Coraline* est le seul trouvé au cours de nos recherches.

²²⁷ KOZACHIK Pete, « 2 Worlds in 3 Dimensions », February 2009, www.theasc.com/ac_magazine/February2009/Coraline/page1.php (notre traduction).

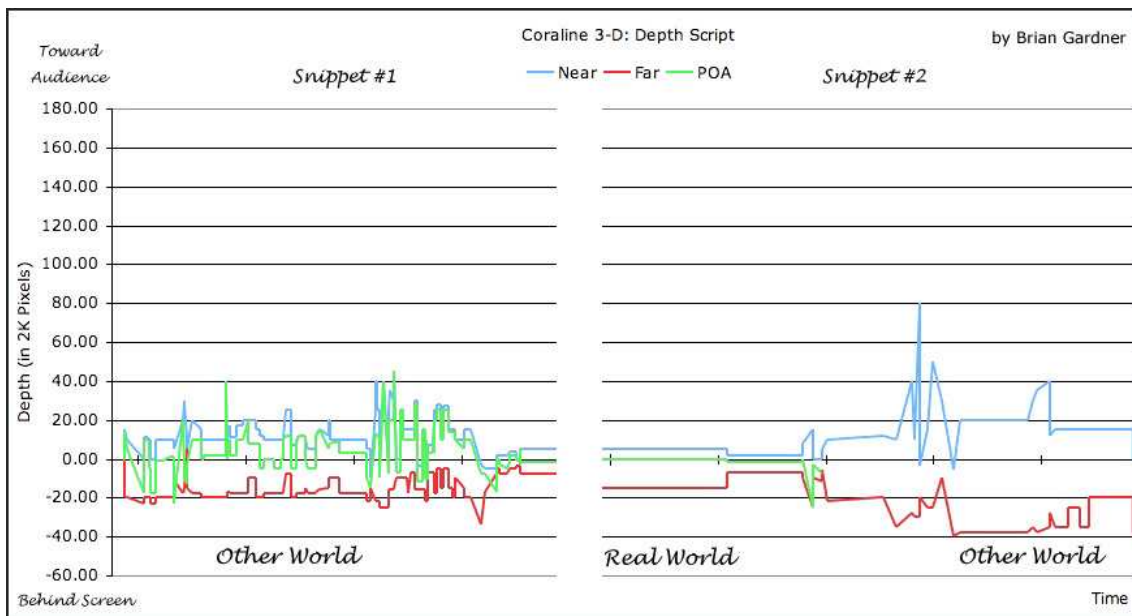


Fig. 27. Reproduction du depth script de Coraline établi par le stéréographe Brian Gardner²²⁸

La fenêtre stéréoscopique se situe au niveau de la ligne « 0.00 ». La ligne bleue indique les limites de la zone en jaillissement. La ligne rouge indique les limites de la profondeur de la boîte scénique. La ligne verte représente le point d'attention (« POA » : « Point Of Attention »). On note que cette dernière suit souvent la ligne de jaillissement, en particulier dans l'Autre Monde. De cette façon, le point d'attention est souvent en jaillissement, ce qui contribue à augmenter la « présence » du personnage ou de l'objet pour le spectateur. Cela augmente par la même occasion la proportion d'espace en profondeur situé derrière le point d'attention et contribue à rendre l'Autre Monde plus grand, tel que le perçoit Coraline et comme le souhaitait Henry Selick. On note, à première vue, la discontinuité des réglages stéréoscopiques à l'échelle du film : on remarque également l'absence de modulation de la gamme stéréoscopique pour les séquences du monde réel. Au contraire, l'amplitude stéréoscopique est plus variée pour les séquences dans l'Autre Monde. Quelle signification ces réglages suggèrent-ils à l'échelle du film ? « Par exemple, quand la 3D augmente en profondeur, vous obtenez un grand espace vide, le sentiment de la Grandeur de Dieu, de l'immensité des possibilités. En général, j'aime bien l'appliquer juste au moment du climax du premier acte, quand le

²²⁸ Source : https://library.creativecow.net/article.php?author_folder=gardner&article_folder=magazine_3d_storytelling&page=1. On retrouve l'amalgame entre le *depth script* et le *depth budget* : le titre du graphique indique qu'il s'agit du *depth script*, or l'association des trois lignes sur l'échelle de temps du film représente les variations de l'amplitude de la stéréoscopie, ce qui se rapproche davantage d'un *depth budget*.

personnage part explorer un nouveau monde, pour amener le sentiment d'aventure.²²⁹ » Lorsque Brian Gardner affirme qu'il augmente la stéréoscopie au moment du climax, cela signifie qu'il utilise la stéréoscopie pour accentuer l'intensité dramatique de certains événements : la stéréoscopie est utilisée en appui à la narration.

Le *depth script* de *Coraline* réalisé par Brian Gardner révèle la discontinuité de la stéréoscopie liée à l'histoire. Il met aussi en évidence la volonté originelle d'appliquer des réglages stéréoscopiques particuliers selon l'environnement. On observe d'une part une 3Ds stable et continue dans le Monde Réel et d'autre part une gamme stéréoscopique variable pour les séquences dans l'Autre Monde. Les changements de gamme stéréoscopique, observés de manière isolée, à l'échelle du film, permettent d'œuvrer à la cohérence de ce dernier : à chaque univers correspond un traitement stéréoscopique. À ce titre, on pourrait être tenté d'affirmer que chaque décor se caractérise par un « thème stéréoscopique », par analogie avec un thème musical.

Multiplications et divisions se retrouvent donc également dans un film de fiction en 3D stéréoscopique. Les divisions en séquences et en plans d'un film se répercutent sur la stéréoscopie, avec parfois des écarts significatifs entre deux séquences, comme c'est le cas pour les passages d'un monde à l'autre dans *Coraline*. Ces divisions viennent toutefois en soutien à l'esthétique du film et participent à la construction de sa cohérence. On retrouve là la problématique de la *continuité apparente*, étudiée précédemment pour le cinéma en 2D : on peut tolérer à l'échelle de quelques plans des ruptures qui, en réalité, permettent de conserver sur un temps plus long la cohérence d'un même espace et servent de support à l'histoire et aux enjeux dramatiques du film, sans remettre en question l'intégrité de ce dernier. Les spectateurs peuvent alors continuer à suivre « toujours [par eux-mêmes] et sans fatigue la continuité de l'action principale²³⁰ ». La précision « sans fatigue » a son importance en stéréoscopie, où l'on a vu que le système visuel se trouvait plus sollicité que pour un film en 2D. Comment envisager les divisions stéréoscopiques sans mettre à mal le système visuel des spectateurs ? C'est dorénavant la continuité du film face aux enjeux de confort visuel des spectateurs que nous devons examiner.

²²⁹ GARDNER Brian, « Perception and the Art of 3D Storytelling », June 2009, https://library.creativecow.net/article.php?author_folder=gardner&article_folder=magazine_3d_storytelling&page=1 (notre traduction).

²³⁰ MÉLIÈS Georges, « Les vues cinématographiques », *op. cit.*, p. 220.

Rupture versus lissage stéréoscopique : les enjeux du « raccord relief »

Comme on l'a expliqué dans le précédent chapitre, le stéréographe règle la stéréoscopie en attribuant une valeur d'entraxe et de convergence, qui déterminent la parallaxe stéréoscopique, la position du plan de l'écran dans la boîte scénique et l'amplitude de celle-ci. Ces réglages sont effectués en accord avec le réalisateur. De manière générale, les changements des réglages 3Ds d'un plan à l'autre permettent de veiller à la cohérence des espaces. Dans ce contexte, on pourrait élargir la liste des « 7 R » établie par Sylvette Baudrot et étudiée dans la première partie de ce travail, à la stéréoscopie : un « 8^e R », pour un « raccord relief », permettrait de considérer les raccords dans le cadre d'un film en 3Ds. On a vu, avec le *depth budget* de *Coraline*, que la gamme stéréoscopique pouvait être amenée à varier fortement au sein d'un film. Pour autant, tout stéréographe sait qu'il a tout intérêt à œuvrer à la fluidité de la 3Ds et tout en tenant compte du confort visuel des spectateurs, afin d'éviter que ceux-ci déprécient le film à cause de la 3Ds. Comment le raccord relief trouve-t-il sa place au milieu de ces contraintes ?

Si le découpage est conçu pour laisser plusieurs possibilités de montage, il paraît difficile, compte tenu des contraintes d'un tournage en 3Ds, d'ajouter aux variations stéréoscopiques nécessaires au maintien de la cohérence spatiale, des variations supplémentaires en vue d'assurer d'hypothétiques raccords. D'autant qu'il n'est pas possible de changer la parallaxe établie au moment de la prise de vues, comme cela a été expliqué au chapitre 5. En revanche, si la différence de position d'un objet dans la boîte scénique venait à être trop grande entre deux plans, il est possible, lors de la post-production, de modifier la convergence des images (par translation horizontale). La modification de la position du plan de l'écran accompagne le changement de plan opéré au montage et facilite le temps d'adaptation oculaire et cérébrale nécessaire au spectateur pour apprécier une nouvelle boîte scénique. Les stéréographes nomment cette étape « l'harmonisation » du relief : il s'agit, plus précisément, de déplacer le point de convergence d'un plan, de façon à ce que l'objet de l'attention visuelle des spectateurs se retrouve à peu près (sinon exactement) à la même position dans la boîte scénique du plan suivant. Ainsi, le *point d'attention* raccorde mieux entre les deux plans. Dans son ouvrage *3D Storytelling*, le stéréographe Phil McNally insiste sur la relation entre la composition de l'image et le raccord relief, afin de limiter ce qu'il appelle les « sautes du point d'attention » (« *point-of-attention jumps*²³¹ »), qu'il classe parmi les « six pêchés visuels » à éviter en stéréoscopie. Parmi les solutions proposées (nous ne les étudierons

²³¹ BLOCK Bruce & MACNALLY Philip “Captain 3D”, *3D Storytelling*, Londres, Focal Press, 2013, pp. 89-110.

pas toutes) pour corriger ce que l'on pourrait nommer ces « faux raccords » de l'attention visuelle (outre celle d'accepter la « saute » si elle est en adéquation avec les intentions artistiques), Phil McNally propose de créer un *dégradé de profondeur* (*depth grading*²³²) pour assurer la continuité entre les positions dans la profondeur des sujets d'attention des différents plans. Des expérimentations menées pendant la production du long métrage d'animation *Legends of the Guardians: The Owls of Ga'Hoole* (*Les Gardiens de Ga'Hoole*, Zack Snyder, 2010) ont conduit à ajuster la convergence sur la fin d'un plan pour adoucir le raccord relief avec le plan suivant, sur une durée variable de huit à quarante images²³³. Il semblerait qu'il suffise d'amener l'amplitude stéréoscopique d'un plan à la moitié de celle du plan à venir pour assurer un raccord relief sans heurt. « Il en [résulte] un léger sursaut de 3Ds à la coupe²³⁴ », presque imperceptible pour le spectateur. Les changements d'amplitudes stéréoscopiques se trouvent ainsi lissés pour fluidifier le raccord d'un plan à un autre et veiller au confort visuel des spectateurs. Un raccord relief ne sera donc pas strictement continu, mais cette discontinuité est au service de la continuité entre les plans. Le spectateur ne remarque le phénomène que s'il retire ses lunettes pendant le film. On le distingue aisément lors d'une projection en salle de cinéma ou en anaglyphe²³⁵. La première fois qu'il nous a été donné d'en observer l'usage fut pendant une projection de *The Hobbit: the Desolation of Smaug* (*Le Hobbit : la désolation de Smaug*, Peter Jackson, 2013). Dans un premier plan, un personnage, filmé en plan poitrine, se réveille dans une cabane où il a dormi, allongé dans un coin sur un tas de paille. Le second plan opère un raccord regard : la caméra est positionnée à la place du personnage pour filmer en plan d'ensemble la cabane depuis l'endroit où il la voit, suggérant par-là un point de vue subjectif. Dans le premier plan, l'espace filmé est restreint, car un mur de la cabane se trouve juste derrière le personnage. La distance entre la caméra et cette limite de profondeur est faible, tandis que dans le plan suivant l'espace en longueur de la cabane se déploie dans la profondeur. L'amplitude des boîtes scéniques de chaque plan est ici guidée par l'espace filmé : celle du premier plan est faible, inférieure à celle du second plan où la profondeur du décor

²³² *Ibid.*, p. 105.

²³³ BOURHIS Marc et AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, *op. cit.*, p. 27.

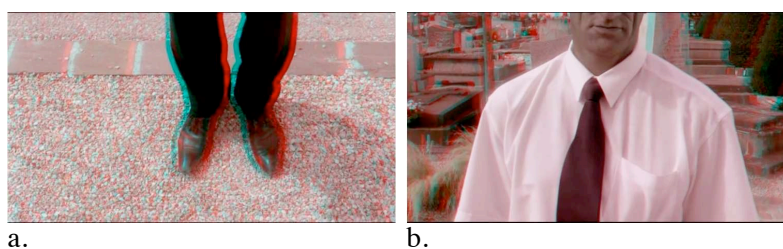
²³⁴ *Ibid.*

²³⁵ La disparité entre les deux images colorées en 3D anaglyphe facilite l'observation des modulations stéréoscopiques sur un téléviseur. Disposant d'une version en anaglyphe pour *Coraline* et *Souviens-moi*, il fut plus facile d'observer les modulations stéréoscopiques dans ces deux films.

est plus importante. Une fraction de seconde avant le raccord d'un plan à l'autre, la parallaxe entre les images gauches et droites augmente subitement. La convergence est ainsi ajustée pour assurer le confort visuel et la cohérence de l'élargissement des échelles de plan, opéré par l'enchaînement des deux boîtes scéniques au montage.

Là où nous avons identifié le lissage comme un élément de la compréhension de la continuité pour un film de fiction en 2D, le *lissage stéréoscopique* vient compléter les raccords pour assurer l'existence de la continuité au sein d'un film en 3Ds. Pour clore cet examen du raccord relief, il est utile de revenir sur le début de *Souviens-moi*, car il donne à voir un contre-exemple du lissage stéréoscopique tel qu'il est recommandé. Le tournage d'un film, néanmoins, n'interdit rien, qu'il soit en 2D ou en 3Ds : l'harmonisation du relief relève d'un choix esthétique et narratif. Marc Bourhis et Olivier Amato précisent d'ailleurs que « Rien n'empêche d'utiliser un effet de raccord 3Ds brutal, afin de provoquer une sensation particulière chez le spectateur.²³⁶ » C'est pourquoi il nous paraît tout aussi important d'évoquer les possibilités offertes par l'usage de raccords reliefs volontairement différents.

Joséphine Derobe nous a confié, au cours d'une discussion, sa volonté d'utiliser la stéréoscopie comme élément de rupture pour renforcer le malaise du personnage principal au début de son film *Souviens-moi* : « La 3D peut accentuer des intentions de rupture ou de gêne. Pour mon film, le générique de début est très lent, très contemplatif pour installer le spectateur, pour qu'il puisse écouter toutes les réminiscences sonores. Après le choc de l'annonce du décès de la mère, je voulais quelque chose d'extrêmement dérangeant dans le cimetière.²³⁷ » En observant l'écart entre les images gauches et droites du plan du générique et du premier plan du cimetière, on constate que la parallaxe du plan dans le cimetière est supérieure à celle du plan du générique. La séquence de l'enterrement est constituée de plans subjectifs de Thomas :



²³⁶ BOURHIS Marc et AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, op. cit., p. 27.

²³⁷ Entretien de l'auteur avec Joséphine DEROBE, Paris, 15 Mai 2013.



Fig. 28. Les plans de la séquence de l'enterrement dans *Souviens-moi*

Le premier plan est en plongée sur le sol. Dans la serre, pendant le plan du générique, les objets sont disposés les uns derrière les autres, proches de la fenêtre stéréoscopique vers la profondeur. Le regard du spectateur se promène dans la profondeur de manière fluide. Dès le premier plan du cimetière, les jambes de l'interlocuteur de Thomas sont immédiatement en profondeur, on ne distingue pas la fenêtre stéréoscopique. Le spectateur est forcé de regarder loin dans la profondeur de la boîte scénique. La rupture stéréoscopique, lors de l'apparition à l'écran du premier plan dans le cimetière, est d'autant plus marquée qu'un écran noir a précédé la séquence du cimetière juste après le plan du générique. Cela instaure une distance entre le personnage principal et son environnement, comme un détachement face à un événement qui le dépasse et des gens qu'il ne connaît pas : « Qui c'est ? Je sais pas qui c'est... », se demande Thomas en voix off. L'amplitude stéréoscopique augmente quelques plans plus tard, de manière brutale. À plusieurs reprises, l'écran devient noir le temps de quelques images, pour suggérer que Thomas cligne des yeux. L'augmentation stéréoscopique intervient lorsque Thomas

regarde son frère Antoine (la caméra effectue un mouvement panoramique de la droite vers la gauche). Alors qu'il retourne la tête (avec un panoramique de la gauche vers la droite), quelques images noires coupent le mouvement dans son élan pour raccorder avec un plan en plongée vers le sol, où est assis le frère de Thomas enfant, qui le regarde au travers d'une bille. La vision d'Antoine dans le présent lui renvoie tout de suite l'image de son frère dans un passé lointain, d'autant plus lointain avec la stéréoscopie et la discontinuité de l'agencement spatial. De nouveau, le frère enfant est en profondeur dans la boîte scénique, sans rien d'autre entre lui et Thomas que du vide. Aucun objet ne relie le plan de profondeur au plan de la fenêtre ou du jaillissement, plus proche du spectateur. Avec un raccord « cut »²³⁸, la vision d'Antoine enfant disparaît pour laisser place à un plan similaire en plongée sur le sol, mais cette fois il n'y a personne. La rupture est renforcée par la profondeur stéréoscopique, qui augmente brusquement entre les deux plans. Il suffit de comparer l'écart stéréoscopique des pavés par terre entre les deux plans pour constater que la parallaxe s'accroît d'un plan à l'autre. La vision d'Antoine enfant détache encore davantage Thomas du présent. L'inconfort visuel provoqué par la brutalité des modulations de la gamme stéréoscopique traduit aussi le malaise de Thomas dans le cimetière. Il met d'ailleurs ses mains devant ses yeux, pour se couper du monde et comme pour empêcher que d'autres souvenirs ne fassent leur apparition. L'écran devient noir et permet au spectateur de reposer ses muscles oculaires : Thomas ferme en même temps les yeux des spectateurs, mis à mal par la violence des raccords relief. Le dernier plan de la séquence apparaît. Les réglages stéréoscopiques sont similaires à ceux du début de la séquence, lorsque les gens défilent devant Thomas. Partant d'un écran noir dépourvu de profondeur stéréoscopique, le raccord relief crée de nouveau une rupture, mais qui s'inscrit dans la continuité de la séquence : la situation est toujours difficilement supportable pour Thomas et le spectateur. Ce dernier plan présente une particularité : c'est le seul plan de la séquence où l'un des sujets filmés se meut dans la profondeur. Madeleine s'approche de Thomas en même temps que la caméra s'approche pour plonger sur elle. Ce mouvement dans la boîte scénique tranche avec les plans fixes qui l'ont précédé. En s'approchant, Madeleine crée un lien entre les plans de profondeur de la boîte scénique. Pendant son mouvement,

²³⁸ Ce raccord est un résultat du montage. Il s'agit d'une coupe où « on passe d'un plan à l'autre sans effet de liaison (fondu, enchaîné...). ». Voir « Cut », in JOURNOT Marie-Thérèse, *Vocabulaire du cinéma, op. cit.*, p. 30. À la lumière de notre examen des raccords dans la première partie, nous pouvons préciser cette définition en ajoutant que le raccord « cut » ne présente pas non plus de liaison visuelle (raccord dans l'axe), ni de rapport de causalité (raccord regard). Le raccord « cut » est donc un marqueur de discontinuité.

le personnage est maintenu au même niveau de profondeur, juste derrière la fenêtre. Le regard du spectateur s'accroche au mouvement de Madeleine et l'image devient tout à coup moins désagréable à regarder. La situation devient aussi moins pénible pour Thomas : la présence de la vieille dame est réconfortante. Le plan suivant opère le mouvement inverse : la caméra effectue un mouvement arrière couplé à un panoramique vers le haut pour cadrer Madeleine en plan poitrine, dans l'encadrement de la porte de sa maison, qui remet un trousseau de clés à Thomas.

L'exemple des ruptures qui marquent l'enchaînement des plans au début de *Souviens-moi* montre que la discontinuité stéréoscopique peut s'inscrire dans la logique du film et répondre aux intentions artistiques du réalisateur. Par ailleurs, le *depth budget* permet aussi de déterminer les moments où l'amplitude de la boîte scénique est moindre pour assurer le confort visuel.

Le film de Jean-Pierre Jeunet *The Young and Prodigious T.S. Spivet* contient régulièrement des jaillissements, appliqués aux nombreuses machines (réalisées en 3D et incrustées dans les plans en post-production) que le héros imagine, dessine ou construit. Le réalisateur a confié avoir réfléchi à la répartition des jaillissements dans le film, afin de les équilibrer et de ménager les yeux des spectateurs :

« On avait fait en préparation un grand tableau dans lequel on avait intégré toutes les scènes. On avait identifié les jaillissements avec des points de couleur pour faire en sorte qu'ils interviennent régulièrement. Il ne fallait pas qu'il y ait de trop longs moments sans jaillissement ni que les jaillissements soient trop rapprochés, pour ne pas demander un effort trop important au cerveau. Nous avons donc essayé de les répartir de manière équilibrée dans le film.²³⁹ »

Ces observations relatives à la gestion des discontinuités stéréoscopiques confirment le statut de la stéréoscopie comme un élément à part entière d'un film. Elles nous rapprochent à nouveau des critères de la continuité apparente exposés dans la première partie de cette recherche : malgré des discontinuités, parfois marquées sur certaines portions d'un film, elles n'empêchent pas la réalisation d'un film unique et cohérent. Elle contribue en cela à l'élaboration de la signification du film en vue de sa compréhension par les spectateurs. Il nous faut maintenant interroger l'impact de la stéréoscopie sur la

²³⁹ Propos recueillis lors de la rencontre publique avec Jean-Pierre Jeunet et le stéréographe du film Demetri Portelli pendant le colloque « Stéréoscopie et Illusion », organisé dans le cadre du projet de recherche « Les Arts trompeurs. Machines. Magie. Médias », à l'ENS Louis-Lumière, le 29 septembre 2016.

géométrie du film et son assemblage, deux critères que nous avons identifiés comme essentiels à l'intelligibilité d'un film de fiction, et par conséquent à sa continuité.

Espace et stéréoscopie

Rappelons que la prise de vues cinématographiques est le fruit de manipulations optiques. Les images produites reposent essentiellement sur l'objectif, dont les caractéristiques et les réglages pour chaque plan, telles que la distance focale de l'objectif, l'ouverture du diaphragme et la distance caméra-sujet jouent un rôle prépondérant. La prise de vues en 3D stéréoscopique, comme on l'a expliqué précédemment, reproduit (sur le plan optique) le système de la vision binoculaire. Il donne à voir des images proches de la perception visuelle que nous avons de notre environnement. C'est pourquoi les réglages optiques de chaque plan auront un impact sur la perception par les spectateurs de l'espace représenté à l'écran.

Reprenons quelques données caractéristiques de la prise de vues (photographique ou cinématographique). On sait que la longueur focale d'un objectif influencera la représentation spatiale d'une image de deux manières. C'est en premier lieu la proportion de l'espace filmé qui est touchée : pour une distance caméra-sujet identique, un objectif à courte focale permettra de cadrer une portion plus large d'un espace donné qu'un objectif à longue focale. Par ailleurs, les propriétés optiques d'un objectif à longue focale ont pour résultat de diminuer en apparence les distances entre les objets, comme si la profondeur se trouvait « écrasée », réduisant du même coup la perspective de l'image. Dans ces conditions, utiliser des objectifs à longue focale pour un film en 3Ds, qui permet justement une représentation accrue de la profondeur, serait aller à l'encontre des possibilités visuelles mêmes de la stéréoscopie. Le stéréographe Phil MacNally a confié que les équipes de *The Croods* étaient « montées » jusqu'au 35 mm²⁴⁰. Cette donnée reste à relativiser dans la mesure où il s'agit de caméras (et donc de longueurs focales) virtuelles et non réelles, dont l'association des lentilles de chaque objectif fournit un rendu géométrique unique. Les objectifs à courtes focales restent les plus usités pour la prise de vues en 3Ds. À l'échelle d'un long métrage, cela procure la sensation d'une grande cohérence géométrique des images. Jean-Pierre Jeunet a affirmé avoir, en cours de tournage de *The Young and Prodigious T.S. Spivet*, fixé la paire

²⁴⁰ MACNALLY Phil, « Dreamworks Animation : Showcase and Q&A », *op. cit.*

d'objectifs 21 mm sur les caméras²⁴¹. Bien qu'il ait admis avoir pris cette décision pour éliminer les délais liés aux changements d'objectifs, l'homogénéité visuelle qui en résulte nous avait frappés en découvrant le film.

Sur le plan perceptif, les recherches de Laure Leroy ont montré que les images en 3D stéréoscopique offraient une meilleure perception de l'espace : les sujets du protocole expérimental étaient capables de situer des objets les uns par rapport aux autres avec plus de précision que lorsqu'on les leur présentait avec une image plane²⁴². Dans ces conditions, il devient plus difficile, lors d'un tournage en 3Ds, de se jouer de l'orientation du mobilier, de la position de la caméra ou de la direction de regard du comédien afin de « tricher » avec l'espace comme cela arrive régulièrement en 2D (bien souvent en raison des contingences de tournage, comme on a pu le voir dans la première partie de cette recherche). Il s'agit toujours, sur ce point, d'assurer la cohérence de l'espace de la séquence dans l'esprit des spectateurs. La stéréoscopie aurait donc tendance à générer davantage de stabilité à la prise de vues quant à l'arrangement de l'espace d'une séquence (ce qui peut toutefois devenir un casse-tête pour les équipes de tournage, si l'on considère l'encombrement de la plupart des rigs 3Ds), contribuant en cela à la continuité du film.

Les règles géométriques que l'on a identifiées pour la compréhension de la continuité d'un film de fiction en 2D s'appliquent (voire, sont à appliquer avec rigueur) en stéréoscopie. Il reste un élément utile à la compréhension de l'espace et que l'on n'a pas encore examiné : l'amorce. Elle constitue, pour les films de fiction en 2D, un invariant qui fait office de point de repère et aide à situer les éléments du plan les uns par rapport aux autres.

En 3Ds, les facteurs optiques que l'on vient d'évoquer, associés aux réglages stéréoscopiques, génèrent plusieurs problématiques. Filmer en courte focale demandera, pour resserrer la valeur de plan, de rapprocher la caméra du sujet principal. Cela aura pour conséquence d'accroître la proportion du cadre occupée par l'objet ou le comédien positionné en amorce. Or on peut remarquer, de manière empirique, notre tendance naturelle à observer notre environnement de l'avant vers l'arrière, du proche vers le

²⁴¹ Information tirée de la rencontre publique avec Jean-Pierre Jeunet et le stéréographe du film *Demetri Portelli* pendant le colloque « Stéréoscopie et Illusion ». Notons cependant que Jean-Pierre Jeunet a pour habitude de recourir à des objectifs à courtes focales pour ses films, ce qui n'a donc pas modifié outre-mesure ses habitudes de tournage et de découpage.

²⁴² LEROY Laure, « Explorer la stéréoscopie intermittente : son influence sur la perception et la fatigue visuelle », in ALMIRON Miguel, JACOPIN Esther et PISANO Giusy (dir.), *Stéréoscopie et illusion*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2018 (à paraître).

lointain. De fait, notre regard est davantage attiré par les éléments proches de nous qui, plus ils sont grands, plus ils attireront notre attention. Augmenter la taille d'une amorce dans le cadre risque donc de détourner l'attention des spectateurs du principal sujet du plan. Compte tenu de la proximité du sujet en amorce (ce qui se trouve souvent hors de la zone de netteté), régler la stéréoscopie devient délicat : où placer le plan de l'écran ? Au-devant de l'amorce, avec peu d'entraxe, le sujet face à la caméra aura un volume réduit et pourra se trouver relégué loin dans la profondeur de la boîte scénique (selon la distance qui le sépare du rig). Au-delà de l'amorce, avec un entraxe réglé pour le sujet face à la caméra, l'amorce elle-même se trouvera en jaillissement avec un volume pouvant mettre à mal le confort visuel des spectateurs à cause d'un objet par ailleurs dépourvu d'intérêt dans le plan. D'autant qu'une amorce est, par essence, coupée par les bords du cadre : tout effet de jaillissement partiellement occulté par les bords du cadre compromet la compréhension du relief stéréoscopique et ajoute à la gêne visuelle²⁴³. Aujourd'hui, la plupart des films convertis en 3Ds en post-production anticipent quelque peu le traitement stéréoscopique à venir et, bien que le découpage porte les stigmates d'un tournage en 2D avec une amorce fortement présente dans le cadre, son éclairage se voit diminué afin de limiter les détails qui viendraient parasiter la vision des spectateurs et perturber leur attention²⁴⁴. Pour les films de fiction tournés en 3Ds native, on distingue à l'heure actuelle deux tendances : filmer d'un peu plus loin, de façon à ce que l'amorce soit un sujet à part entière du plan et non plus une masse informe et floue non-identifiable, ou bien rapprocher suffisamment la caméra du sujet pour évacuer toute amorce du cadre (cette seconde option est la plus usitée dans *The Young and Prodigious T. S. Spivet*).

La géométrie, bien qu'elle conserve son rôle dans la compréhension de la continuité d'un film, possède en 3Ds ses spécificités. Elles nécessitent de la part des équipes de tournage quelques modifications dans leurs habitudes afin de veiller à ne pas détourner l'attention des spectateurs des éléments essentiels à la compréhension de la continuité.

²⁴³ Comme le souligne Céline Tricart, « pour le cerveau du spectateur, un objet situé devant la fenêtre stéréoscopique est placé en théorie entre l'écran et le spectateur, à l'intérieur de la salle. Il est donc parfaitement illogique que cet objet soit coupé par le bord de l'écran, qui devrait en théorie se situer derrière ! Cela donne un effet très étrange de conflit, qui peut engendrer au final de la gêne et de la fatigue oculaire. », TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, op. cit., p. 187.

²⁴⁴ On peut citer, à titre d'exemple, les deux films *Guardians of the Galaxy* (*Les gardiens de la galaxie*, 2014 et *Les gardiens de la galaxie Vol. 2*, 2017, réalisés par James Gunn).

La continuité, comme on a pu le voir, repose sur l'espace et le temps. Maintenant que nous avons examiné l'influence de la stéréoscopie sur les critères spatiaux de la géométrie, on va revenir plus en détail sur leur arrangement temporel.

De la lenteur

David Bordwell a observé, de manière concomitante à la multiplication des axes de prise de vues, associée à l'allongement des longueurs focales (notamment pour filmer des plans de plus en plus serrés), la diminution globale de la durée moyenne des plans au cours des dernières décennies dans les films de fiction²⁴⁵. Avec la stéréoscopie, le temps d'adaptation oculaire et cérébral des spectateurs à la vision de chaque nouvelle boîte scénique ne touche pas seulement les raccords des plans entre eux. La longueur des plans est une gageure pour que les spectateurs apprécient les images, identifient et suivent sans fatigue visuelle les informations qu'elles contiennent. Il s'agit de laisser le temps aux spectateurs d'appréhender les volumes, la profondeur de l'image et les détails des objets, plus visibles dans des images rendues plus nettes par l'usage d'objectifs à courtes focales. À ce titre, Phil MacNally avait affirmé que, pour pouvoir augmenter de 20% le *depth budget* de *The Croods*, les équipes avaient également allongé les plans et ralenti le rythme de montage²⁴⁶. Jean-Pierre Jeunet a lui aussi confirmé avoir opté pour des plans plus longs et un rythme de montage plus lent, ce qui ne faisait pas partie de ses habitudes en 2D²⁴⁷.

Tsui Hark, qui a fait le choix de la stéréoscopie pour ses derniers films, a lui aussi fait en sorte de ralentir le rythme des plans. *Zhi qu wei hu shan (La bataille de la montagne du Tigre, 2015)* adapte un roman paru en 1957, lui-même inspiré d'un fait d'armes de l'Armée Populaire de Libération (APL) chinoise pendant la guerre civile qui sévit après la Seconde Guerre mondiale. Il met en scène les soldats de l'Unité 203 de l'APL, qui délivrent la province du Dongbei du joug d'un dangereux bandit dont la forteresse trône au sommet de la montagne dite « du Tigre ». Rythmé par les fusillades et les escarmouches, le film enchaîne rapidement les plans, parfois très courts. En contrepartie, Tsui Hark recourt à plusieurs reprises à des ralentis. Au-delà de l'effet

²⁴⁵ BORDWELL David « Intensified Continuity – Visual Style in Contemporary American Film », *Film Quarterly*, art. cit., pp. 16-17 ; BORDWELL David, *The Way Hollywood Tells It*, op. cit., pp. 121-124 ; BORDWELL David, « Intensified Continuity Revisited », art. cit.

²⁴⁶ MACNALLY Phil, « Dreamworks Animation : Showcase and Q&A », op. cit.

²⁴⁷ Information tirée de la rencontre publique avec Jean-Pierre Jeunet et le stéréographe du film Demetri Portelli pendant le colloque « Stéréoscopie et Illusion ».

dramatique, ces ralentis sont propices au repos des spectateurs avant la prochaine bataille. Ils contrebalancent les moments d'intense rapidité, apportant ainsi un équilibre à l'échelle du film. Les ralentis ponctuent également les séquences de bataille, où les balles fusent en tous sens. L'une d'elles, alors qu'elle vient de traverser le plan-écran, sur le point de se loger entre les deux yeux des spectateurs, ralentit sa course. La caméra la contourne de 180° pour se positionner derrière, opérant ainsi un demi-tour dans la boîte scénique : le projectile reprend progressivement de la vitesse et poursuit sa trajectoire dans la profondeur de l'image, jusqu'à frapper le personnage face à elle. Tsui Hark utilise ici l'effet *bullet time*²⁴⁸ pour allonger le temps de certains plans et compenser la rapidité des plans au sein des séquences, tout en mettant l'accent sur la dextérité des tireurs d'une part, et la violence des combats d'autre part.

Ce que David Bordwell nomme la « continuité intensifiée » (en anglais « *intensified continuity* ») est remise en question en 3Ds, où les courtes focales sont privilégiées pour composer le film (ou le ponctuer) avec des plans plus longs et plus lents qu'à l'ordinaire, afin de laisser à l'œil le temps d'apprécier des portions d'espace plus larges sans nuire à la compréhension du film. Par ailleurs, dans le cas où le découpage prévu laisse augurer d'un montage court, par exemple pour des séquences « d'action », les stéréographes peuvent alléger l'amplitude stéréoscopique des plans dès le tournage, afin d'éviter que les temps de lecture visuelle ne se trouvent trop allongés par la stéréoscopie. Les spécificités de la prise de vues en 3Ds au cinéma, que d'aucuns pourraient considérer comme des freins, ouvrent également la continuité à des arrangements dans l'espace et dans le temps du film que l'on n'a pas (ou très peu) l'occasion d'observer en 3Ds.

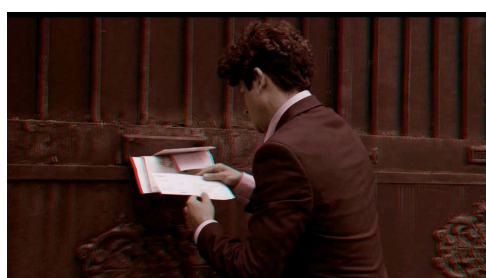
Fusions spatio-temporelles

La prise de vues en 3D stéréoscopique, qui fusionne deux points de vue légèrement différents d'un même environnement produit un espace tri-dimensionnel dans lequel se déploient les éléments du film. Cela ouvre la porte, comme l'a suggéré Freddie

²⁴⁸ Popularisé par la trilogie *Matrix* (Larry et Andy Wachowski, 1999 et 2003), l'effet *bullet time* repose sur la prise de vues *simultanées* d'un même objet en mouvement. L'enchaînement de ces vues multiples en post-production (bien souvent complété grâce au *morphing*, ce qui fournit un autre exemple de lissage obtenu par les techniques graphiques des VFX) procure l'impression d'un « arrêt sur image » pendant lequel la caméra se déplace, le plus souvent autour du sujet figé dans son élan. Bien que cet effet repose sur la prise de vues *simultanées*, Réjane Humus-Vallée, a souligné les similitudes de cet effet avec les vues *successives* d'Eadweard Muybridge (1830-1904). Voir à ce sujet HAMUS-VALLÉE Réjane, « De Muybridge à *Matrix* », *Les effets spéciaux*, op. cit., pp. 66-67.

Gaffney²⁴⁹, à l'élaboration de la signification du film tant *dans la profondeur* de la boîte scénique que dans l'enchaînement des plans.

Dans *Souviens-moi*, par exemple, la présence d'objets dans la profondeur ou entre le jaillissement et le plan de l'écran s'accorde avec le va-et-vient des souvenirs de Thomas. Devant le portail de la maison de sa mère, Thomas hésite, oscille entre le plan de l'écran et une profondeur toute proche. Cela lui confère une proximité : le spectateur peut facilement s'imaginer à côté de lui, tentant aussi de déverrouiller le portail. De l'autre côté, dans la profondeur encore inaccessible de la boîte scénique se trouvent la maison et tout le passé de Thomas. Entre les deux, Thomas n'est pas encore prêt à faire face à ses souvenirs, comme il l'a déjà annoncé dans la séquence précédente au personnage de Madeleine : « Je sais pas si je vais y arriver ». À ce moment du film, le portail semble être une barrière infranchissable entre le présent et le passé. Lorsque la vision du petit garçon qu'il était surgit de l'autre côté du portail à travers l'ouverture de la boîte aux lettres, Thomas en tombe à la renverse : la caméra s'est éloignée, en restant toujours au niveau du sol. Le plan de la fenêtre s'est déplacé. Il n'est plus au niveau de Thomas, mais se situe entre la caméra et lui, de sorte que le personnage est passé de l'autre côté de la fenêtre stéréoscopique. Le sol, surface qui traverse en continu la boîte scénique du jaillissement vers la profondeur, guide le regard du spectateur et le relie à Thomas.



a.



b.



c.

Fig. 29. Les plans de Thomas devant le portail de la maison de son enfance dans *Souviens-moi*

²⁴⁹ GAFFNEY Freddie, « 3D Narratology : Multiplan Storytelling », communication du 3D Creative Summit, British Film Institute, Londres, 28 Mars 2013.

Le portail s'ouvre enfin, sans que Thomas y ait touché. À mesure que la caméra s'éloigne, la boîte scénique s'amplifie et le personnage entre dans le lieu de son enfance, vers la maison située plus loin dans la profondeur. Dès lors, lorsque Thomas revient au niveau de la fenêtre stéréoscopique ou légèrement en jaillissement dans l'image, c'est qu'il se trouve dans le présent. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il retire une bâche protégeant des objets empilés les uns sur les autres. Les objets au premier plan sont au niveau de la fenêtre stéréoscopique. Il prend une boîte (visiblement usagée, la peinture est écaillée par endroits), en sort un sac en tissu rempli de billes, recule d'un pas ou deux pour s'accroupir et poser sur le bord d'un vieux coffre quelques billes. La continuité des réglages stéréoscopiques laisse Thomas se positionner un peu en profondeur quand il sort le sac de billes de la boîte : de nouveau, il est concentré sur le passé. Dans le plan suivant, il ouvre une boîte et en sort une paire de bottes d'enfants. La vision du souvenir de Thomas enfant chaussé des bottes en train de courir dans le jardin est de nouveau traitée dans la profondeur (la caméra suit l'enfant de dos en plan demi-ensemble par un mouvement effectué au steadicam). L'espace des souvenirs est dans la profondeur, l'espace présent est à proximité de la fenêtre stéréoscopique et les objets qui vont et viennent dans la boîte scénique sont autant de souvenirs qui reviennent en mémoire à Thomas. On a analysé précédemment les variations stéréoscopiques en lien avec la résurgence des souvenirs d'enfance de Thomas lorsque celui-ci retrouve la balançoire. Thomas, à la fin de ce long plan, saisit une balançoire et la pousse. Le souvenir ne tarde pas à ressurgir. Lorsque la balançoire, filmée en gros plan subjectif en plongée, part du plan de la fenêtre vers la profondeur à l'arrière-plan, le plan suivant la balançoire revient à Thomas avec son double enfant. La balançoire emporte l'enfant hors champ. Le plan suivant est à nouveau le plan subjectif sur la balançoire, qui revient de la profondeur vers Thomas, c'est-à-dire du passé vers le présent : le souvenir s'est enfui, l'enfant n'est plus là. Quand, un peu plus tard dans le film, Thomas rejoint l'enfant qu'il était sur la cabane dans un arbre du jardin, il s'assoit à côté de lui : il est à côté de ses souvenirs. La réunion spatiale des deux personnages, représentant chacun une époque différente de la vie de Thomas, crée une forme de continuité spatio-temporelle en écho avec la narration au sein de chaque boîte scénique.

Pina est le premier long métrage en 3Ds du réalisateur Wim Wenders. Le film, sorti en 2011, est un documentaire sur Pina Bausch, chorégraphe allemande originaire de la ville de Wuppertal, devenue l'amie du réalisateur. Pina Bausch avait fait part à Wim Wenders de sa déception quant aux captations de ses spectacles. Ce dernier lui promet de faire un film qui rendrait compte le mieux possible de son travail. La

stéréoscopie sembla au réalisateur être le meilleur moyen de représenter à l'écran le travail de la chorégraphe. Le film contient des captations des spectacles de la chorégraphe, parmi lesquels la pièce *Kontakthof*. Cette pièce fit l'objet de trois versions. Elle fut d'abord produite en 1978, puis reprise au début des années 2000 avec des sexagénaires (*Kontakthof, pour dames et messieurs de 65 ans et plus*, 2000) et enfin avec des adolescents (*Kontakthof, pour des jeunes de plus de 14 ans*, 2008)²⁵⁰. Pour représenter *Kontakthof* dans son film, Wim Wenders reprend les éléments caractéristiques d'un découpage en champ-contrechamp. Avec le rig stéréoscopique monté sur grue, il filme la pièce interprétée successivement par les danseurs de la troupe, les personnes âgées et les adolescents en travelling avant le long de la scène, de biais. Les danseurs sont alignés sur le devant de la scène, de trois quarts face à la caméra. Leur alignement forme la ligne de 180° à ne pas dépasser et en même temps la perspective de l'image, du premier plan vers l'arrière-plan, du jaillissement vers la profondeur. La caméra effectue le mouvement à la fois de gauche à droite de la scène et de droite à gauche de celle-ci. Au montage, le sens de déplacement de la caméra alterne d'un plan à l'autre, les axes de caméra se répondent comme dans un champ-contrechamp, sans passer de l'autre côté de la ligne de 180° matérialisée par les danseurs. Un retournement, un geste sert de raccord d'un plan à l'autre et, par la même occasion, c'est un autre groupe qui apparaît. Dans ce champ-contrechamp, deux dialogues semblent s'établir simultanément. Il y a celui entre les générations des interprètes et celui entre les différentes versions de *Kontakthof* qui met en évidence l'évolution de l'œuvre de Pina Bausch, dont Wim Wenders souhaitait « faire la biographie de son travail²⁵¹ ». Avec un même mouvement de caméra dans la profondeur, mais un axe de prise de vues et des sujets chaque fois différents d'un plan à l'autre, les trois générations qui interprètent la pièce de la chorégraphe et qui représentent les trois versions de son travail paraissent rassemblées sur une seule et même ligne, dans un seul et même espace qui s'étire toujours plus. C'est comme si, à chaque nouveau plan, la caméra agrandissait chaque fois la largeur de la scène du théâtre, tantôt vers la gauche, tantôt vers la droite ; en même temps que la profondeur de la boîte scénique.

²⁵⁰ Voir le dossier de presse de *Pina*. URL : www.filmsdulosange.fr/fr/film/183/pina. Voir également le témoignage de Jo Ann Endicott, danseuse ayant participé à la préparation des versions de *Kontakthof* avec des sexagénaires et des adolescents : « Working with Menschen. Entretien avec Jo Ann Endicott », in CAMARADE Hélène & PAOLI Marie-Lise (dir.), *Marges et territoires chorégraphiques de Pina Bausch*, Paris, L'Arche, 2013, pp. 178-188.

²⁵¹ CIMENT Michel, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, art. cit., p. 31.

En rappelant les spécificités techniques de la prise de vues en 3Ds et le comportement perceptif qui lui est associé, on a pu mesurer la difficulté à conserver les réglages stéréoscopiques à l'identique. Pour compenser les modifications optiques et géométriques inhérentes au découpage d'un film, les réglages stéréoscopiques ne seront pas nécessairement identiques afin de garder une constance dans la représentation spatiale de chaque décor. On retrouve, pour la continuité en 3Ds, les mêmes critères que pour la continuité en 2D : malgré les variations et les divisions, répétitions et raccords sont de rigueur pour préserver l'unité de chaque plan, de chaque séquence et enfin de l'intégralité du film. Du reste, les réalisateurs, dès lors qu'ils choisissent de réaliser le film en 3Ds, tournent les variations stéréoscopiques à l'avantage de la narration.

Avec la stéréoscopie le découpage s'adapte, favorise les objectifs à courtes focales, réinvestit le plan large pour mettre en valeur la profondeur, modifie l'amorce pour filmer des plans à deux personnages et n'hésite pas à recourir aux plans où un personnage est seul : l'illusion spatiale qui découle des réglages stéréoscopiques ne laisse aucun doute au spectateur quant à la distance entre les personnages, l'orientation des corps dans l'espace et la direction des regards. Pour laisser le temps au spectateur d'apprécier l'amplitude de la boîte scénique tout en ménageant son système visuel, les réalisateurs sont amenés à ralentir le rythme de leurs films, donnant à voir des plans longs, des mouvements lents et des ralentis. La dimension spatiale de la stéréoscopie, associée à celle, temporelle, du cinéma, offre par ailleurs la possibilité de créer des liaisons spatio-temporelles originales. L'association d'éléments signifiants *à la fois* dans l'espace et dans le temps permet d'élargir le spectre des possibilités de la continuité en 2D pour esquisser une *continuité stéréoscopique*. Ainsi, la stéréoscopie devient un élément à part entière intégré à la continuité du film pour, comme le suggère Georges Méliès, « que le spectateur suive toujours de lui-même et sans fatigue la continuité de l'action principale interprétée par les personnages marquants²⁵² ».

²⁵² MÉLIÈS Georges, « Les vues cinématographiques », *op. cit.*

TROISIÈME PARTIE

Pour une continuité stéréoscopique

Les deux premières parties de ce travail ont proposé une étude des deux principales notions de cette recherche : la continuité d'abord, puis la stéréoscopie. Les recherches sur la continuité ont permis d'identifier les formes de la continuité dans diverses disciplines, pour parvenir à définir un modèle de la continuité dans les films de fiction. Celle-ci se poursuit dans les productions en 3D stéréoscopique. Toutefois, les spécificités du fonctionnement de la prise de vues en 3D stéréoscopique, alliées à des données perceptives, influent sur la continuité des films. Nombreux sont les réalisateurs qui, en abordant la stéréoscopie, se sont d'abord sentis (à des degrés variables) perdus, tels des jeunes gens débutant des études de cinéma. Le sentiment de Wim Wenders rapporté dans l'introduction de ce travail fut partagé par Sam Raimi lors de la production de *Oz, the Great and Powerful* (*Le monde fantastique d'Oz*, 2013) :

« Je n'avais jamais eu l'occasion de filmer en 3D, donc j'ai dû apprendre beaucoup de choses sur le processus, comment vous éclairez la scène et comment vous filmez, ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas, et quelle est la convergence de chaque focale. Et puis, il y a tout un langage au niveau du montage qui est différent en 3D. Votre œil a besoin d'un peu de temps pour s'habituer à une convergence particulière, si bien que vous ne pouvez pas couper aussi librement ni aussi rapidement que sur un film traditionnel. Par ailleurs, vous ne pouvez pas faire le point sur un personnage au loin, puis enchaîner dans le plan suivant avec un personnage au premier plan. Il faut le temps de s'habituer au changement de convergence. La stéréoscopie change donc la manière dont on construit une scène. Je suis encore en plein apprentissage à ce sujet...²⁵³ »

Comme on a pu l'observer dans le chapitre 6, les réalisateurs intègrent petit à petit les spécificités de cette méthode de prise de vues, en apprennent les rudiments et modifient leurs habitudes en conséquence pour tracer les contours d'une continuité stéréoscopique. S'il est une chose que l'on intègre dans une école de cinéma, qui se confirme au gré des réalisateurs que l'on accompagne, c'est qu'il y a autant de manières de filmer une histoire qu'il y a de réalisateurs, multiplié par toutes les personnalités que constituent l'équipe technique. La production en 3Ds n'a fait son retour que récemment et, en regard de la production en 2D, on ne peut que constater sa jeunesse. La pratique stéréoscopique est encore débutante et chaque nouveau film en 3Ds révèle des trouvailles.

²⁵³ RAIMI Sam, cité par MATHIEU Frédéric, « Avant-Première. Le monde fantastique d'Oz », *S.F.X*, n°161, octobre/novembre 2012, p. 13.

Nous avons discuté certaines d'entre elles dans le précédent chapitre. Elles restaient toutefois très liées à la temporalité d'un film. L'objectif formulé en introduction de ce travail est, rappelons-le, de pousser plus avant l'exploration des possibilités artistiques de la 3Ds au cinéma, pour étoffer la continuité stéréoscopique. Avant d'achever cette recherche par les expérimentations menées au cours de ces trois années de doctorat, on complétera l'examen de la continuité stéréoscopique en se focalisant plus précisément sur les notions de continuité et de discontinuité dans leur dimension spatiale. Cette étude permettra d'introduire notre proposition esthétique de correspondance. Nous avons déjà, dans la première partie de notre travail, mis en correspondance la notion de continuité dans les films de fiction avec d'autres domaines scientifiques et artistiques. En conclusion de cette recherche, nous revenons aux intentions qui ont présidé à la démarche et qui ont guidé notre travail de recherche en intégrant la correspondance à notre étude sur la continuité en 3D stéréoscopique. De cette approche apparaîtront les questions et les réflexions qui nous sont apparues à chacune de nos expériences pratiques avec la 3D stéréoscopique.

Chapitre 7. Continuités et discontinuités des images 3Ds : héritages et influences artistiques

Nous sommes habitués à voir les images des films se succéder *sur* l'écran. Pour restituer un semblant de profondeur aux images indéniablement planes, on emploie la plupart des indices monoculaires. Avec la stéréoscopie, les objets semblent faire fi de l'écran pour en jaillir. Surprise, étonnement ou émerveillement, les jaillissements peuvent susciter de nombreuses réactions parmi les spectateurs d'un film en 3Ds, jusqu'à des réactions corporelles que l'on ne constate que très rarement face à des images en 2D : qui n'a pas aperçu, en assistant à la projection d'un court métrage en 3Ds dans un parc à thème, un enfant bondir de son siège en tendant les bras, espérant attraper un poisson ou un papillon qui « s'approchait » de lui ? Notons qu'une telle réaction ne touche pas seulement les spectateurs les plus jeunes : Sean Fairburn rapporte que, pendant le concert du groupe U2 à Cannes au mois de mai 2007, retransmis en direct en 3Ds, « les spectateurs tendaient les bras pour toucher les mains de Bono²⁵⁴ ».

Lorsqu'on prend connaissance de la littérature qui s'attache à analyser l'esthétique des films en 3Ds, on est frappé par la profusion de références au toucher. Pierre Eisenreich fit part de son enthousiasme pour l'utilisation de la 3Ds dans *Coraline*, qui permettrait selon lui « d'avoir la sensation que les éléments physiques filmés peuvent être touchés²⁵⁵ » ; Ryan Pierson suggéra la naissance d'un nouveau cinéma haptique²⁵⁶ et Miriam Ross conclut, après avoir mis en regard l'esthétique de *Dial M for Murder* et d'*Avatar*, que ces films nous amènent à « considérer et à reconfigurer la place de notre corps vis-à-vis du contenu projeté à l'écran²⁵⁷ ». Cette liste d'exemples n'est pas exhaustive. Rapprocher le sens du toucher des images se justifie-t-il dans le cas des images en 3Ds ?

Nombre de critiques et d'analyses évoquées ci-dessus abordent l'analyse esthétique des films en 3Ds selon la position (physique) dans l'espace des spectateurs de

²⁵⁴ KROHN Bill, « Entretien avec Sean Fairburn - Une esthétique de la 3D », *Cahiers du cinema*, n°647, juillet-août 2009, p. 22.

²⁵⁵ EISENREICH Pierre, « *Coraline* - Vive la 3D ! », *Positif*, n°580, juin 2009, p. 15.

²⁵⁶ PIERSON Ryan, *A New Haptical Cinema*, October 10, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=421>.

²⁵⁷ ROSS Miriam, *3D Cinema*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2015, p. 24 (notre traduction).

film en 3Ds. Craignant de restreindre l'étude des images en 3Ds à une analyse *a posteriori* en oubliant d'interroger la mise en œuvre des intentions initiales des réalisateurs, nous souhaitons aborder de manière inverse la problématique de l'interaction supposée entre le toucher et la vue dans les images en 3Ds : comment les images stéréoscopiques d'un film sont-elles composées ? Y a-t-il des points communs à l'organisation spatiale de la boîte scénique dans les films en 3Ds, qui permettraient d'identifier si celle-ci relève d'une esthétique du toucher ou de la vue ?

Il faut tout d'abord rappeler que la 3Ds donne une vision fragmentée de l'espace. Encore une fois : le stéréographe détermine, pour chaque plan, la distance entre les deux caméras et l'angle de convergence. Ces réglages définissent l'amplitude stéréoscopique, les proportions occupées dans l'image par l'espace en profondeur et l'espace en jaillissement et la position du plan-écran par rapport à ces deux espaces. Autrement dit, la stéréoscopie opère une division spatiale en trois espaces de l'image en 3Ds dès la prise de vues. Quelle est l'appréhension réelle des spectateurs quant à la tri-partition spatiale des images en 3Ds ? S'en rendent-ils seulement compte et cela affecte-t-il leur expérience et la manière dont ils regardent un film en 3Ds ?

Conscients qu'il existe « des processus auxquels on n'accède pas consciemment²⁵⁸ », Jukka Häkkinen et son équipe se sont penchés sur ces questions dans l'étude intitulée *What do people look at when they watch stereoscopic movies?*. Celle-ci fournit les résultats comparatifs de la vision, par une vingtaine d'étudiants, d'un court métrage de fiction en 3Ds d'une durée de six minutes avec celle de la version en 2D du film (l'ordre de projection des deux versions du film était déterminé de manière aléatoire pour chaque spectateur). La comparaison est faite selon deux critères : les points de fixation du regard dans l'image (à l'aide d'un *eye tracker*) et les temps qui leurs sont associés. Quatre plans du film servent d'exemple pour présenter les résultats. Les chercheurs ont représenté les points de fixation par des marqueurs colorés sur les images, en mettant en vis-à-vis un photogramme présentant les résultats des points de fixation pour le plan en 3Ds avec un photogramme présentant les points de fixation pour la version 2D. Il apparaît que, pour un plan en 3Ds, les spectateurs fixaient leur regard

²⁵⁸ HÄKKINEN Jukka, KAWAI Takashi, TAKATALO Jari, MITSUYA Reiko et NYMAN Göte, *What do people look at when they watch stereoscopic movies?*, étude présentée lors du IS&T/SPIE's International Symposium on Electronic Imaging : Science and Technology, 18.-21.01.2010, San Jose, California, USA, 10 p. s3.amazonaws.com/publicationlist.org/data/jukka.hakkinen/ref-58/7524-13%20Hakkinen.pdf, p. 1 (notre traduction).

plus longtemps à l'apparition de chaque nouveau plan²⁵⁹ et, sur toute la durée du plan, parcouraient du regard des zones plus larges de l'image que pour la version monoscopique de ce même plan. Par exemple, pour l'un des quatre plans sélectionnés dans l'article (un plan large à l'intérieur d'une piscine avec un personnage debout immobile au bord du bassin à l'arrière-plan), leur regard portait davantage d'attention au bassin de la piscine au premier plan en 3Ds que lorsqu'ils regardaient le film en 2D. Deux autres plans, avec le même comédien et présentant une organisation spatiale différente, montrent des résultats concordants. Le premier, un plan filmé en intérieur dans un sauna, présente un jaillissement prononcé, matérialisé par un mur au premier plan de l'image ; l'autre plan ne présente que des éléments en profondeur, un train passant sur la voie de chemin de fer à l'arrière-plan, dans le tiers supérieur de l'image. Le mur du sauna et le train n'ont aucun intérêt narratif dans le film. Pourtant, lorsque les spectateurs voient le plan en 3Ds, la zone de jaillissement matérialisée par le mur est autant regardée que le comédien situé derrière le mur, légèrement en profondeur, ce qui représente quatre fois plus de fixations que pour la version 2D. Le train récolte cinq fois plus de fixations lorsqu'il est vu dans le plan en 3Ds, où il apparaît en profondeur, que lorsque les spectateurs voient le film en 2D. Ces données amènent les auteurs à conclure que « les structures qui attirent l'attention des spectateurs sont celles qui sont dirigées vers l'observateur, tel le mur à l'avant-plan dans le plan 3, mais c'est parfois aussi le cas d'objets qui ont par ailleurs un aspect fascinant, comme l'eau dans le plan 1²⁶⁰. »

Cette étude tend à confirmer la primauté de la vision dans la perception des images en 3D stéréoscopique. Elle met en lumière des ruptures spatiales au sein de la boîte scénique, renforcée par notre façon de regarder les images en 3Ds, qui n'existent pas de manière aussi prononcée en 2D. Ainsi, si l'on considère l'espace en jaillissement, il se trouve dissocié du reste de l'image non seulement par les réglages stéréoscopiques, mais aussi par le spectateur dont « le champ [visuel] se fragmente lui-même en unités en relief²⁶¹ ». Il semblerait, compte tenu de ces éléments, que la 3Ds nous donne à voir une représentation de l'espace caractérisée par ce que nous sommes tentés de qualifier une

²⁵⁹ Bien que ce constat ne trouve pas d'explication de la part des auteurs de l'article, on peut supposer qu'il s'agit là du temps d'adaptation nécessaire au système visuel pour appréhender l'amplitude stéréoscopique de chaque nouveau plan, rapporté par les auteurs du *Livre blanc du relief* (voir chapitre 5).

²⁶⁰ *Ibid.*, p. 9 (notre traduction).

²⁶¹ LUTZ Antoine, *Phénoménologie de la vision stéréoscopique*, Mémoire de Maîtrise de Philosophie, Université Paris IV, Octobre 1999, p. 59. Version numérique à l'adresse : www.brainimaging.waisman.wisc.edu/lutz/Memoire_philo_Lutz_1999.pdf.

discontinuité optique. Revenons à notre première question : pourquoi mettre un film en 3Ds en relation avec le toucher ? On a mis à jour la prégnance de la vue dans l'observation des images en 3Ds, mais se pourrait-il qu'elle induise une *esthétique* plus « tactile » que visuelle ?

Lors de la sortie du film de Wim Wenders *Pina* en 2011, Joachim Lepastier écrivit : « résolument tactile [...], la 3D de Wenders accouche d'une représentation intermédiaire entre l'écosystème d'un aquarium et le foisonnement d'un bas-relief²⁶² ». Cette critique fournit un point de départ pour poursuivre notre raisonnement : quels seraient les points communs entre l'esthétique des bas-reliefs et celle des films en 3Ds ? Il paraît utile, pour formuler une réponse à cette question, de revenir sur les recherches qui ont été menées sur l'esthétique des bas-reliefs et d'étudier leurs relations possibles avec les théories qui ont introduit la notion du toucher dans les arts visuels.

Aloïs Riegl : de la continuité tactile à la discontinuité optique dans l'Antiquité

En 1894, le ministère (Austro-hongrois) impérial et royal de l'Instruction commanda un rapport sur les récentes découvertes archéologiques dans la partie Orientale de l'Empire. En tant que commissaire de l'Österreichisches Museum für Kunst und Industrie (Musée Autrichien d'art et de technique) et professeur d'histoire de l'art à l'université de Vienne, Aloïs Riegl (1858-1905) pris part à ces travaux. En 1901, il publia *Spätromische Kunstindustrie*²⁶³. L'ouvrage étudie l'art antique, analysant l'architecture, la sculpture, la peinture et l'artisanat et comparant les styles égyptien, grec et romain tardif. C'est dans cet ouvrage que Riegl exposa sa théorie de l'évolution des styles, marquée selon lui par le glissement d'un style *tactile* à un style *optique*. Selon Riegl, cette évolution repose sur les changements de la vision du monde au sein de ces trois civilisations antiques. L'évolution de cette « manière de voir » influença celle dont les artistes de ces trois civilisations, dont les historiens de l'art ne discutent plus leur importance dans l'histoire de l'art, représentaient les figures et, plus largement, leur environnement. Toujours d'après Riegl, les artistes de l'Égypte antique cherchaient à représenter les figures comme des entités individuelles, se refusant ainsi à représenter la profondeur. Le fait que les sculptures et les bas-reliefs de l'Égypte antique représentent animaux et êtres humains les uns à côté des autres plutôt que les uns derrière les autres et uniquement par

²⁶² LEPASTIER Joachim, « *Pina* », *Cahiers du cinéma*, n°666, avril 2011, p. 41.

²⁶³ RIEGL Aloïs, *L'Industrie d'art romaine tardive*, Paris, Macula, coll. « La littérature artistique », 2014. Les informations sur la genèse de l'ouvrage sont issues de l'introduction de l'édition française, rédigée par Christopher S. Wood.

leurs contours, avec le moins de détail possible à l'intérieur des figures, procède de cette volonté. Matérialiser les figures par cette seule limite était le meilleur moyen d'en faire des entités individuelles, impénétrables. Les artistes creusaient la surface le moins possible, procédant comme par de fines incisions, de façon à inscrire les figures dans la surface du mur, support de la représentation. De cette façon, figures et surface-fond sont liées l'un à l'autre dans le même plan. Ils partagent un même espace dépourvu de rupture, créant ainsi une continuité spatiale entre les figures et leur surface de représentation.

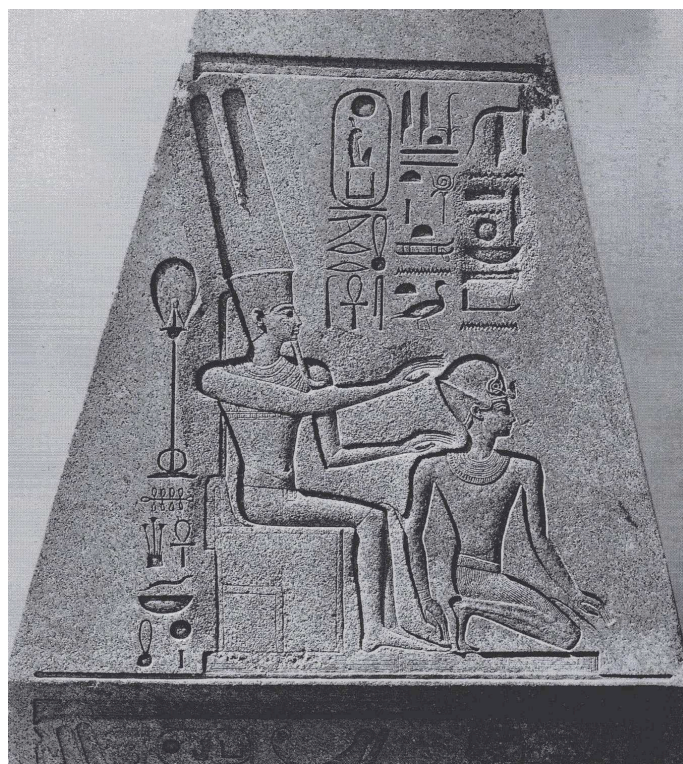


Fig. 30. Bas-relief du Temple d'Amon, pyramidion d'un obélisque d'Hatchepsout, XVIII^e dynastie (vers 1550-1305 av. J.-C.), granit, Karnak²⁶⁴

Ce type de représentation bi-dimensionnel repose sur le mélange d'éléments représentés de profil (la tête, les bras et les jambes) et de face (les yeux et les épaules). Cette technique de représentation permettait de représenter les figures presque dans leur intégralité, soulignant en cela leur individualité, sans avoir recours au raccourci ni au recouvrement et en limitant les ombres autant que possible. En raison de l'absence de ces indices monoculaires qui fournissent des informations strictement visuelles, les sculptures de l'Égypte antique « demandent donc à être appréciées en vision proche, car

²⁶⁴ ORGOGOZO Chantal, *L'Art égyptien*, Paris, Flammarion, coll. « Tout l'art », 1996, p. 35.

plus on s'en éloigne, plus la surface apparaîtra fatalement morne et plate²⁶⁵. » La vision proche permet à l'observateur d'apprécier les statues égyptiennes libérées de « tous les contours, et surtout toutes les ombres, qui pourraient trahir un changement de profondeur²⁶⁶ ». Il peut dès lors éprouver de manière tactile la matérialité individuelle des sculptures, preuve de leur impénétrabilité, et leurs qualités artistiques :

« à mesure qu'on s'en approche, les surfaces acquièrent de plus en plus de vie jusqu'à ce qu'on prenne pleinement conscience, en les effleurant du bout des doigts, de la finesse du modelé.²⁶⁷ »

En résumé, Aloïs Riegl considère que les bas-reliefs de l'Égypte antique reposaient sur un mode de représentation bi-dimensionnel créateur de continuité spatiale suscitant le sens du toucher, parlant même de *continuité tactile*.

Selon Riegl, ce mode de représentation fut abandonné dès que les artistes choisirent de représenter la profondeur. Les artistes grecs, et à leur suite ceux de l'époque romaine tardive, intégrèrent progressivement de l'espace pour détacher les figures de leur surface de représentation :

« le plan commun à toutes les figures perd de son ancienne continuité tactile et se désagrège pour prendre l'aspect d'une série de figures claires, séparées par de profondes ombres spatiales.²⁶⁸ »

Cet espace, les artistes le remplirent avec d'autres figures, créant ainsi des recouvrements, multipliant les plans de profondeur. Formes et figures jaillissent hors de l'arrière-plan. Les ombres qu'elles projettent autour d'elles renseignent l'observateur sur les creux et les saillies, les volumes et la profondeur de la sculpture. Elles créent aussi des ruptures au sein de la composition : les figures se distinguent nettement les unes des autres, de même que les détails à l'intérieur des formes. L'observateur n'a plus besoin de se tenir proche pour regarder la sculpture, il a même intérêt à s'en éloigner pour mieux l'apprécier, car les figures s'inscrivent désormais dans un « plan optique, tel celui dans

²⁶⁵ *Ibid*, p. 128.

²⁶⁶ *Ibid*, p. 81.

²⁶⁷ *Ibid*, p. 81, n. 7.

²⁶⁸ *Ibid*, p. 122.

lequel toutes les choses apparaissent à notre œil en vision lointaine²⁶⁹. » C'est ainsi que, d'après Aloïs Riegl, les artistes grecs et romains abandonnèrent la continuité tactile égyptienne au profit d'un mode de représentation reposant sur la *discontinuité optique*.



Fig. 31. Sarcophage d'Abdalonimos (détail de la frise) : Alexandre à cheval (fin IV^e siècle av. J.-C.), marbre du Pentélique, frise de 0,69 m de haut, Istanbul, Musée d'Archéologie²⁷⁰

Aloïs Riegl concentra l'essentiel de son étude sur les formes d'art tridimensionnelles : l'architecture, la sculpture et l'artisanat d'art. Le chapitre dédié à la peinture traite essentiellement des mosaïques et des premières enluminures. On ne saurait le lui reprocher, compte tenu de l'époque étudiée. Sachant que cette recherche a pour objet principal le cinéma, où l'écran (c'est-à-dire une surface plane) domine, il nous paraît important, avant de revenir au cinéma stéréoscopique, de voir comment les notions de continuité tactile et de discontinuité optique théorisées par Riegl furent appliquées à la peinture, lorsque celle-ci atteignit des sommets de production plusieurs siècles après les œuvres produites par les artistes de l'Antiquité.

Heinrich Wölfflin : style linéaire et style pictural à la Renaissance

La représentation picturale du monde sur un support en deux dimensions (mur, panneau de bois, toile, feuille de papier, vitrail) fut la plus reconnue et la plus influente en Occident après les œuvres monumentales produites par les artistes antiques.

²⁶⁹ *Ibid*, p. 128.

²⁷⁰ HOLTZMANN Bernard et PASQUIER Alain, *Histoire de l'art antique : l'Art grec*, Paris, École du Louvre/Réunion des musées nationaux/La Documentation française, coll. « Manuels de l'École du Louvre », 1998, p. 230.

Heinrich Wölfflin (1864-1945) marcha dans les pas d'Alois Riegl sur les concepts de continuité tactile et de discontinuité optique. Il les utilisa comme des outils pour étudier les styles des XVI^e et XVII^e siècles, marqués par la Renaissance et l'art baroque²⁷¹. Dans son étude, Wölfflin traite de l'architecture, de la sculpture et fait une large place au dessin et à la peinture. Au style tactile défini par Riegl, il lui préfère le terme de « linéaire » et celui de « pictural » pour le style optique. Dans le premier, c'est la ligne qui prévaut : elle dessine les contours des figures et détermine leurs limites, comme pour le style tactile défini par Riegl, de sorte que l'œil parcourt l'œuvre et la saisit comme « la main qui palpe l'objet selon ses contours²⁷² », de manière tactile. Le style linéaire juxtapose également les figures, pour les inscrire dans un même plan. Dans le style pictural, la représentation de l'espace se caractérise par l'arrangement des masses soulignées par les ombres autour des corps, échelonnés dans la profondeur par l'utilisation des raccourcis, du recouvrement et des effets de perspective. Pour illustrer son propos, Heinrich Wölfflin compare deux représentations d'Adam et Ève dans le jardin d'Eden, l'une peinte par Palma Vecchio (1480-1528) et l'autre par le Tintoret (1518-1594).



Fig. 32. PALMA Vecchio, *Adam et Ève* (1504), huile sur toile, 202 × 154 cm, Brunswick, Herzog-Anton-Ulrich Museum²⁷³

²⁷¹ WÖLFFLIN Heinrich, *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*, Paris, Gérard Montfort, 1992.

²⁷² *Ibid.*, p. 24.

²⁷³ Source : www.3landesmuseen.de/Gemaeldegalerie-Bilder.1483.0.html.

Palma Vecchio peint Adam et Ève debout l'un à côté de l'autre, sur le même plan de profondeur. Les lignes délimitent clairement leurs contours et ceux des arbres derrière eux. Ce léger recouvrement est le seul élément optique du tableau. Le reste de la composition spatiale reste plane : le tableau ne présente que très peu de profondeur, car l'arbre de la connaissance du bien et du mal occupe la majeure partie de l'arrière-plan. Palma Vecchio dispose les figures dans l'espace d'une manière qui répond davantage à la continuité tactile qu'à la discontinuité optique.



Fig. 33. LE TINTORET, Adam et Ève (c. 1550), huile sur toile, 150 × 220 cm, Venise, Galleria dell'Accademia²⁷⁴

À l'inverse, le Tintoret compose son tableau dans la profondeur. Les corps des personnages sont disposés sur l'une des diagonales du tableau. Adam est de dos. Ève fait au contraire face au spectateur, assise derrière Adam dans l'axe de la profondeur. Des ombres entourent Ève du fait des arbres du jardin d'Eden qui obstruent l'espace en profondeur derrière Adam et elle. Sur la partie droite du tableau, cependant, il n'y a plus d'arbre : un chemin ouvre l'arrière-plan sur un ciel clair qui contraste avec la large zone ombrageuse des arbres. Adam est penché en arrière, esquissant par conséquent un mouvement vers les spectateurs, exprimant un mouvement de refus de la pomme qu'Ève veut lui offrir. L'observateur suit ce mouvement des yeux, selon un trajet qui l'amène vers la profondeur, depuis le dos d'Adam jusqu'au fond éclairé en passant par le bras tendu d'Ève. On constate que le Tintoret a mis en œuvre tous les éléments de la discontinuité optique pour réaliser la composition spatiale de son tableau.

²⁷⁴ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accademia_-_The_Temptation_of_Adam_by_Jacopo_Tintoretto.jpeg.

Le travail d'Heinrich Wölfflin montre que la composition spatiale continue et tactile a perduré plusieurs siècles après les artistes égyptiens, grecs et romains suite au déclin de leurs civilisations. Lorsque, à la Renaissance, les intellectuels redécouvrent les travaux de l'Antiquité, en particulier celui des Grecs, les artistes réinvestissent l'héritage antique dans leurs œuvres²⁷⁵. Peintres et dessinateurs reprennent les techniques antiques et les adaptent à leurs outils et à leurs matériaux. Ils s'appliquent à reproduire le monde tel qu'il était vu : les figures sont les unes derrière les autres, avec des dimensions et des formes d'après leur éloignement et la perspective linéaire, l'éclairage et les couleurs changent en fonction de la perspective aérienne (la technique du *sfumato*). Avec un espace de représentation limité à deux dimensions, c'est la composition dans la profondeur qui prévaut : on retrouve la discontinuité optique dans l'organisation spatiale des œuvres. De prime abord, on peut penser que la représentation de la profondeur était plus accessible aux artistes que les volumes : sans pouvoir reproduire physiquement sous leur pinceau ou leur crayon les saillies et les creux à la portée des outils des sculpteurs, ils se sont appliqués à positionner les sources lumineuses pour alterner les zones d'ombre et de lumière afin de mettre en valeur les volumes et ainsi guider le regard du spectateur dans la profondeur.

Ce détour sur le sens du toucher dans l'esthétique de certains arts visuels révèle son origine aux sculptures antiques, en particulier les bas-reliefs égyptiens. Il nous a permis d'identifier les caractéristiques des styles tactiles et optiques quant à l'organisation spatiale des œuvres, aussi bien pour des formes artistiques bi-dimensionnelles que pour des formes artistiques tri-dimensionnelles. Ainsi, une composition tactile est continue, tandis qu'une composition optique est discontinue. Or, il nous semble que ces deux types de représentation peuvent être mis en regard avec les images stéréoscopiques : les images, dans les films de fiction en 3Ds peuvent-elles raisonnablement être qualifiées de « tactiles » compte tenu de l'organisation spatiale de la boîte scénique ? Pour répondre à cette question, nous analyserons pour commencer les longs métrages de Wim Wenders *Pina* et *Every Thing Will Be Fine*, dont le premier avait été qualifié de « résolument tactile », Joachim Lepastier ayant fait le rapprochement entre les images du film et le « foisonnement d'un bas-relief ».

²⁷⁵ PANOFSKY Erwin, *La perspective comme forme symbolique*, Paris, Éditions de Minuit, 1975. Voir aussi GOMBRICH Ernst Hans, *Histoire de l'art*, Paris, Phaidon (édition de poche), 2001.

Pina

La construction de *Pina* repose sur l'alternance de trois types de séquences : les captations des pièces de Pina Bausch, les interludes dansés dans les rues de Wuppertal et ses environs et les portraits individuels des danseurs de la troupe du Tanztheater Wuppertal. Chaque type de séquence est filmé d'une manière particulière.

Les pièces de Pina Bausch sont filmées lors de représentations publiques. Wim Wenders savait que son amie concevait ses pièces selon le point de vue du public, c'est-à-dire positionné face à la scène. Il choisit de respecter ce critère et de ne filmer que face à la scène lors des captations de *Le Sacre du Printemps*, *Café Müller*, *Kontakthof* et *Vollmond*²⁷⁶. Positionnée sur scène pour obtenir une sensation de proximité déjà évoquée, la caméra n'est cependant jamais positionnée de manière complètement frontale, mais sur le côté de la scène ou décalée par rapport à la position des danseurs. Or, filmer de cette façon sur le côté a pour effet de créer des raccourcis au sein des figures de l'image et dessine la perspective au sein de l'espace scénique. Les lignes verticales des corps des danseurs dans *Le Sacre du Printemps*, *Café Müller* ou *Vollmond* fonctionnent comme des indices de profondeur de part et d'autre de la fenêtre stéréoscopique. Leur alignement dans *Kontakthof* crée la perspective de l'image. Autrement dit, Wenders a trouvé des positions de caméra qui permettent de filmer depuis la position la plus éloignée possible du fond de la scène, dans l'axe où la profondeur est la plus grande. Celle-ci se trouve renforcée par la grande profondeur de champ et l'éclairage. Pendant la période d'essais avant le tournage de *Pina*, la directrice de la photographie Hélène Louvart avait remarqué que « la vision 3D a aussi certaines règles qui lui sont propres, comme accentuer les contre-jours, afin d'aider la perception de l'espace.²⁷⁷ » Les lumières en douche pendant la représentation du *Sacre du Printemps* dessinent les contours des corps des danseurs et soulignent leurs volumes, mais, ce faisant, les décolle du fond noir et renforcent la hiérarchie de la profondeur établie par la stéréoscopie, du jaillissement vers la profondeur. Les contrastes de l'éclairage ont un effet saisissant dans la mise en scène du *Sacre du Printemps*, au début de la pièce, dont le style oscille entre éléments tactiles et indices optiques. La scène, couverte de terre, est plongée dans le noir. Un seul projecteur éclaire en douche une

²⁷⁶ Le réalisateur dérogea à cette règle une fois seulement en filmant un contrechamp lors de la captation de *Le Sacre du Printemps* : « J'ai failli ne pas le mettre dans le montage, mais je pense qu'elle l'aurait compris et accepté. » WENDERS Wim, cité par CIMENT Michel, « Entretien avec Wim Wenders », *art. cit.*, p. 32.

²⁷⁷ LOUVART Hélène, directrice de la photographie de *Pina*, <http://www.afcinema.com/Pina,6733.html>.

danseuse allongée sur le sol. La captation de cette pièce par Wim Wenders débute par un plan d'ensemble en forte plongée sur la scène entièrement nette. La distance du sujet, filmé avec un angle de caméra marqué, ne remplit pas les critères de proximité et de frontalité pour pouvoir qualifier le relief de cette image de *complètement* « tactile ». Il est clair que l'éclairage renforce les effets de contre-jour et donne du volume aux figures, mais avec la stéréoscopie les espaces vides entre les danseurs deviennent évidents. L'aplat de couleur noire qui entoure le corps de la danseuse le délimite, l'individualise dans l'image et, ce faisant, lui procure au milieu des aplats sombres de l'image l'*unité matérielle* chère aux artistes égyptiens. Toutefois, ces larges zones dépourvues d'indice optique rendent invisibles les limites de profondeur de l'espace filmé : lorsque l'on détend son regard pour tenter de discerner ce fond invisible, en regardant au-delà de la tache noire qui occupe la majeure partie de l'image, l'œil perd tout repère spatial. De cette façon, la danseuse semble en lévitation dans le vide, sans rien pour la retenir. Ce vide à l'intérieur de la boîte scénique opère des démarcations au sein de l'espace et le divise en plusieurs plans de profondeur. Ces éléments de composition sont autant d'indices optiques communs aux plans des captations qui contribuent à élaborer un espace dans lequel la discontinuité optique a un fort impact esthétique. C'est d'autant plus frappant dans les interludes dansés, filmés en extérieur.

Les interludes dansés présentent des chorégraphies et des mouvements que chaque danseur avait eu l'occasion de développer avec Pina Bausch. Ils sont filmés dans les rues de Wuppertal et ses environs. La caméra, positionnée sur le côté de l'action comme lors des captations, permet de regarder l'image suivant un mouvement vers la profondeur. On remarque ce dispositif dès le premier interlude, dans lequel les danseurs Ruth Amarante et Andrey Berezin dansent dans un parc. Les escaliers, les bancs et les arbres, puis dans les autres séquences les feux tricolores, les voitures ou encore le métro monorail se trouvent placés dans l'image de manière à en tracer les lignes de perspective. S'il arrive que les danseurs évoluent face à la caméra lors des séquences en extérieur, la stéréoscopie met en évidence la distance qui les sépare des éléments du mobilier urbain et rend sensibles les espaces vides entre eux. Les figures dans la boîte scénique sont clairement séparées les unes des autres et arrangées dans la profondeur, exploitant les critères de discontinuité optique.

Dans les deux types de séquence que l'on vient d'analyser, la mise en scène de Wim Wenders accorde au style tactile une place restreinte. L'espace des portraits est, lui, composé un peu différemment.



Fig. 34. Un exemple de portrait dans *Pina*

Vus en 2D, les spectateurs peuvent trouver peu d'intérêt aux portraits, qui restent de composition classique : pour chaque portrait des danseurs de la troupe, le danseur est filmé en plan poitrine, face à la caméra. Le fond derrière le danseur est une surface plane gris foncé avec des taches blanches réparties de manière irrégulière, semblable à un tableau en ardoise couvert d'une multitude de marques de craies : c'est un fond neutre. L'étude perceptive faite par Jukka Häkkinen *et al.* a mis en lumière combien les portions de l'image en jaillissement peuvent attirer le regard, au point de détourner l'attention des spectateurs du principal sujet du plan. On retrouve cette prégnance du jaillissement pour les portraits filmés des danseurs dans *Pina*, mais l'astuce de Wim Wenders consiste à mettre le sujet du plan en jaillissement. Le spectateur qui découvre le film pour la première fois en 3Ds peut être frappé par le sentiment de présence et de proximité des corps filmés, que l'équipe du stéréographe Alain Derobe s'est employée à placer autant que possible légèrement en avant de la fenêtre stéréoscopique. La stéréoscopie a été réglée de manière à accentuer la sensation de proximité du spectateur avec le contenu de l'image. La fenêtre stéréoscopique est placée non pas au niveau des yeux, mais juste derrière la tête du danseur. De cette façon, tout le corps de la personne filmée se trouve légèrement en jaillissement, ce qui contribue à créer la sensation de présence ressentie par les spectateurs, tout en concentrant leur attention sur le sujet. Positionnée devant un fond plat dont les détails restent discrets, la figure baigne dans une lumière douce. L'effet de contre-jour est presque inexistant et les ombres sur le visage, bien qu'il soit vu de face et non de profil comme pour un bas-relief égyptien, marquent discrètement les contours des formes internes (par exemple le nez et les yeux). La sobriété de l'habillement contribue à ce que, à l'image d'un bas-relief égyptien, l'éclairage révèle le moins de détails internes possible. La figure apparaît comme une entité matérielle disposant d'une individualité propre et impénétrable, que le spectateur

peut éprouver en suivant ses contours du regard, comme il le ferait en effleurant un bas-relief.

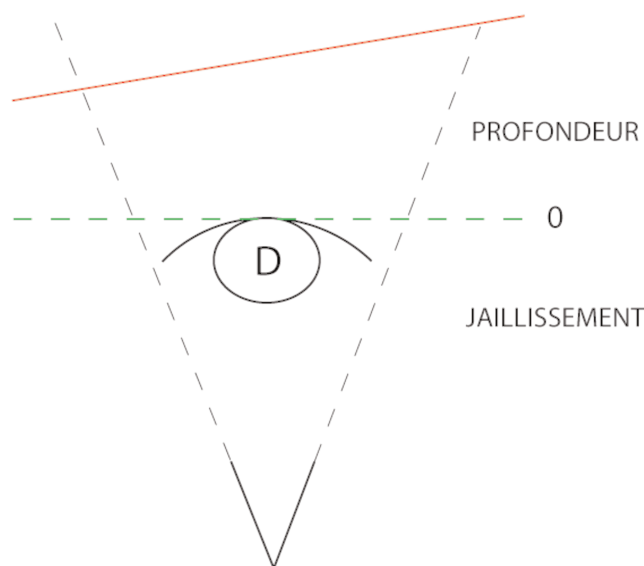


Fig. 35. Plan au sol pour les portraits de Pina

Cette emphase sur la tangibilité du corps filmé se rapproche de la continuité tactile. Elle est contrebalancée par plusieurs éléments optiques. Pour commencer, le fond est flou, la zone de netteté est restreinte au danseur. La profondeur de champ permet au spectateur de cibler la zone d'attention et de détacher visuellement le danseur du fond. Le plan de netteté dissocie l'arrière de l'avant. Vue en 3Ds, la place du fond dans l'espace accentue cette dissociation : il n'est pas inscrit dans un plan strictement parallèle à celui de l'écran. Il est en réalité légèrement de biais, s'enfonçant dans la profondeur de l'image. La distance ainsi creusée entre la figure et le fond souligne les volumes ; les traces blanches sont autant d'indices de profondeur qui inscrivent le sujet filmé dans l'espace et vont à l'encontre du critère de continuité entre la figure et le fond du relief tactile d'inspiration égyptienne.

Le relief de *Pina* possède certes des éléments de continuité du relief tactile des bas-reliefs égyptiens de l'Antiquité, néanmoins il semble déraisonnable de le qualifier de « résolument tactile ». *Pina* est un documentaire, après lequel Wim Wenders tourna *Every Thing Will Be Fine*, un long métrage de fiction. L'organisation spatiale des plans en 3Ds est semblable, dans ce film de fiction du même réalisateur, à celle qui caractérise les plans de *Pina*.

Every Thing Will Be Fine

Le deuxième long métrage de fiction en 3Ds de Wim Wenders, *Every Thing Will Be Fine* (2015) conte une partie de la vie de Tomas (James Franco), jeune écrivain vivant au Canada et personnage principal du film. Sa vie bascule le jour où il renverse par accident un garçon, qui est tué sur le coup.

Au début du film, Tomas se réveille dans une cabane de pêcheur, installée sur le lac des Deux Montagnes (Lake of Two Montains) gelé. On comprend rapidement qu'il s'est disputé avec sa compagne Sara peu de temps auparavant et qu'il est en panne d'inspiration pour son prochain roman. Dans l'étroite cabane, Wim Wenders utilise des plans en contre-plongée, suggérant le point de vue de Tomas lorsque celui-ci est encore allongé sur le lit. Avant que Tomas ne se lève pour aller regarder par la fenêtre, un plan en plongée radicale le filme assis sur le lit, dévoilant l'ensemble du décor et l'étroitesse de l'espace. De cette façon, la caméra se situe à des endroits qui permettent, avec un angle de vue de biais, d'avoir le plus de profondeur possible dans la petite cabane. Lorsque Tomas tire le rideau de la fenêtre pour regarder au-dehors, la caméra suit sa main de la gauche vers la droite par un mouvement panoramique. La forme de la fenêtre épouse le format large de l'image (1:2.35) : l'amorce de la main de Tomas et du rideau donne la sensation que celui-ci occultait l'écran et non la fenêtre. Lorsque la caméra effectue un mouvement panoramique vers la gauche pour évacuer l'amorce, la fenêtre remplit tout le cadre, comme un écho à Wim Wenders qui, rappelons-le, avait affirmé qu'avec la stéréoscopie l'écran « devient une fenêtre à travers laquelle on regarde dans la profondeur²⁷⁸ ». Le plan suivant, filmé de l'extérieur de la cabane, s'inscrit comme le contrechamp du plan précédent : on voit Tomas regarder par la fenêtre de la cabane.



Fig. 36. Tomas derrière la fenêtre de la cabane de pêcheur dans *Every Thing Will Be Fine*

²⁷⁸ WENDERS Wim, cité par CIMENT Michel, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, art. cit., p. 32.

Comme pour la majorité des plans de *Pina*, la caméra est placée de biais par rapport au plan du mur avec la fenêtre (comme si la caméra avait effectué un « pas de côté » pour filmer la scène), dont l'encadrement crée des lignes de perspective qui soulignent la profondeur, dédoublée par le reflet très net des pêcheurs sur la vitre. La fenêtre opère comme un second cadrage dans l'image, ce qui permet de circonscrire l'attention des spectateurs et de guider leur regard vers la profondeur de l'image, entièrement nette. Wenders opère de cette façon à plusieurs reprises dans le film. Les fenêtres deviennent un moyen d'établir des ouvertures dans la profondeur. La caméra est alors positionnée de côté par rapport au décor et à l'action, de façon à créer de nouveaux cadres dans l'image et d'éviter que ceux-ci ne paraissent plats. On observe ce procédé lorsque des personnages se trouvent en intérieur, dans de petits espaces. C'est le cas par exemple lorsque Tomas conduit sa voiture sous la neige au début du film, puis à l'issue du déjeuner qui suit son retour à la maison après sa tentative de suicide, ou bien encore quand il rend visite à son père. Chaque fois, la caméra filme les personnages à travers la vitre, que la transparence nous permet de voir.



Fig. 37. Un exemple de « sur-cadrage » dans les séquences en intérieur dans Every Thing Will Be Fine

La stéréoscopie rend mieux perceptibles les espaces vides devant la caméra, que le regard des spectateurs traverse sans encombre avant de parvenir aux images « sur-cadrées » par les fenêtres. Dans le cas des plans larges filmés depuis des positions plus éloignées, par exemple pour le dernier plan de la séquence de rupture entre Tomas et Sara ou bien lorsque Tomas rencontre Christopher dans un café, les murs et les vitres marquent la séparation entre l'intérieur et l'extérieur d'une part, et entre les personnages eux-mêmes d'autre part. Wenders choisit d'utiliser des éléments optiques pour renforcer la profondeur et séparer les objets les uns des autres par différents plans de profondeur,

plutôt que d'opter pour une organisation spatiale continue et tactile. Le fait que Wim Wenders et Benoît Debie, le directeur de la photographie du film, se soient inspirés des œuvres du peintre Andrew Wyeth (1917-2009) pour le cadre et la lumière de *Every Thing Will Be Fine* confirme ces observations²⁷⁹. Dans son tableau *Wind From the Sea*, Andrew Wyeth représente un paysage de campagne qui se déploie au-delà de la fenêtre d'une maison, légèrement de biais par rapport au plan de la toile, composition souvent reprise par Wim Wenders dans son film.



Fig. 38. WYETH Andrew, *Wind From the Sea* (1947), *tempera sur panneau*, 47 × 70 cm, Washington, National Gallery of Art²⁸⁰



Fig. 39. *Every Thing Will Be Fine* : un plan sur le modèle d'Andrew Wyeth

²⁷⁹ WENDERS Wim, cité par GOMBEAUD Adrien, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, n°651, mai 2015, pp. 26-27.

²⁸⁰ Source : <https://www.nga.gov/Collection/art-object-page.143926.html>

Certains éléments évoquent toutefois le toucher. La stéréoscopie, dont le fonctionnement reprend, rappelons-le, celui de la vision binoculaire, augmente la perception de la profondeur et des volumes des objets dans l'image. On remarque subitement le gel sur la fenêtre de la cabine de pêcheur ou on suit la trajectoire de certains flocons de neige sur le pare-brise de la voiture de Tomas, comme s'ils étaient devenus perceptibles et que la stéréoscopie leurs avait rendu leur matérialité. Dans la postface de *L'Industrie d'art romaine tardive*, Emmanuel Alloa revient sur l'importance du toucher dans l'élaboration de nos connaissances de l'environnement pour le philosophe allemand Johan Gottfried Herder (1744-1803)²⁸¹. J. G. Herder considère le toucher comme un élément majeur pour comprendre notre environnement, en particulier pendant la phase d'éveil. Cela correspond à la position de Tomas au début du film. *Every Thing Will Be Fine* débute par un écran noir. Des formes, des couleurs apparaissent progressivement, devenant nettes peu à peu. Bientôt, on distingue les affaires de Tomas et le mobilier de la cabane. Tomas se redresse et s'assoit sur le bord du lit. On comprend alors que le premier plan était un plan subjectif de Tomas. La façon dont les objets prenaient peu à peu forme sur un fond avant de gagner en netteté figurait en fait son éveil. Dans ce plan, la stéréoscopie est un moyen d'appréhender les volumes des objets, leurs contours et leurs limites comme tout un chacun pourrait le faire, les touchant un à un comme pour éprouver leur matérialité, en attendant que l'environnement retrouve une luminosité et une netteté normale, autrement dit que la vision redevienne opérationnelle après une nuit de sommeil.

Comme dans *Pina*, Wim Wenders a composé les plans de son film en mettant en valeur le plus possible la profondeur. Le traitement stéréoscopique de Joséphine Derobe, qui tend à placer les objets et les comédiens proches de la caméra, légèrement en jaillissement pour souligner leurs volumes, peut procurer aux spectateurs une impression de matérialité « tangible ». Mais cela les dissocie par la même occasion de l'arrière-plan, où l'espace en profondeur reste ordonné de manière optique.

L'étude des deux longs métrages de Wim Wenders montre que le réalisateur met en scène et arrange la boîte scénique de manière optique (et picturale), tout en y intégrant des éléments tactiles qui font référence aux règles de l'organisation spatiale des bas-reliefs égyptiens. Pas assez, cependant, pour affirmer à la suite de Joachim Lepastier que le relief stéréoscopique des films de Wim Wenders est « résolument tactile²⁸² ». Il y

²⁸¹ ALLOA Emmanuel, in RIEGL Aloïs, *L'Industrie d'art romaine tardive*, op. cit., p. 403.

²⁸² Nous soulignons.

a fort à parier que le journaliste, leurré par l'illusion stéréoscopique, fut impressionné par la représentation des volumes des corps, magnifiés par leurs mouvements dans des espaces qui, tant en intérieur qu'en extérieur, sont toujours filmés de façon à mettre également en valeur la profondeur. De cette façon, Wim Wenders donne à voir des images où coexistent des éléments à la fois tactiles et optiques.

On s'est concentré jusque-là sur les films d'un même réalisateur. Avant de confirmer le recoupement de nos observations et d'en généraliser les résultats, il s'agit de voir comment un autre réalisateur a pu composer les images en 3Ds. Le film *Coraline* nous fournira également l'opportunité d'étudier l'organisation de l'espace des images dans un film d'animation.

Coraline

L'histoire de *Coraline* repose sur l'alternance de deux univers : le monde « normal » et celui de la Sorcière. Le défi consistait donc à représenter les mêmes décors, mais de façon suffisamment différente pour que les spectateurs saisissent ces différences lors de la projection.

Henry Selick souhaitait, rappelons-le, distinguer les deux mondes du film grâce aux décors et à la stéréoscopie. Pour cela, les angles et les lignes des décors intérieurs du monde de Coraline sont conçus pour réduire la profondeur : « les sols, les murs, les plafonds sont ramassés. Ils sont angulés.²⁸³ » Remarquant le recours à des angles marqués pour élaborer un style de représentation spatiale plutôt inhabituel dans les films, David Bordwell²⁸⁴ suggère des rapprochements entre l'esthétique spatiale de *Coraline* et la représentation de l'espace dans l'art pictural asiatique, dont la production la plus importante nous vient de Chine et du Japon.

En Chine, la peinture se développe chez les lettrés et son introduction, ainsi que ses techniques de représentation, sont indissociables de la calligraphie²⁸⁵. La peinture japonaise, quant à elle, se développa d'abord sous l'influence des maîtres chinois, d'où les similitudes des techniques de représentation picturale dans ces deux pays²⁸⁶. Plutôt

²⁸³ « The floors, walls, ceilings are raked. They're angled. », SELICK Henry, réalisateur de *Coraline*, dans le commentaire du film. Bonus du DVD (notre traduction).

²⁸⁴ BORDWELL David, « Coraline Cornered », 23 Février 2009, <http://www.davidbordwell.net/blog/2009/02/23/coraline-cornered>.

²⁸⁵ Voir ELISEEFF Danielle, « Transcrire le monde en deux dimensions », *L'art chinois*, Paris, Larousse, coll. « Reconnaître - Comprendre », 2007, pp. 136-171.

²⁸⁶ Voir STANLEY-BAKER Joan, *L'Art japonais*, Paris, Thames & Hudson, coll. « L'univers de l'art ».

que de composer leurs œuvres selon les règles de la perspective linéaire, les artistes asiatiques (influencés par les courants religieux comme le taoïsme, le bouddhisme, la philosophie zen et leurs conceptions de la relation au monde) représentent la profondeur en s'appuyant sur la perspective dite « cavalière » (on parle, en terme géométrique, d'*axonométrie oblique*²⁸⁷). La face d'un cube sera confondue avec le plan de la surface de représentation (papier, soie, bois) tandis que les deux autres faces visibles seront représentées suivant une droite fuyante inclinée de 45° ou 30° *vers le haut* du tableau. Les œuvres picturales asiatiques donnent à voir les espaces d'après une vue plongeante : on distingue le dessus des toits des bâtiments (lorsque ceux-ci sont représentés) et les chaînes montagneuses s'étalent les unes derrière les autres, telles qu'elles seraient observées depuis un point de vue en hauteur. Dans les représentations de scènes de la vie courante, les sections obliques, telles que les lames des parquets, les panneaux rectangulaires des murs et des portes coulissantes rompent les séries de segments parallèles aux bords du cadre pour orienter le regard dans la profondeur. Comme le fait remarquer Henri Focillon, il n'est pas besoin d'user du raccourci et des points de fuite pour suggérer la profondeur et proposer une juste représentation des proportions spatiales :

« En s'abstenant de faire intervenir des lignes de fuite, en prenant soin de nous présenter les différents plans parallèles entre eux et parallèles au plan de l'horizon – autrement dit, en se plaçant de face – et, d'autre part, en donnant à ces plans mêmes leur valeur relative dans l'harmonie du ton, [les artistes japonais] aboutissaient à des effets exacts, à des paysages assez construits et assez justes pour dégager une rare poésie.²⁸⁸ »

La représentation est complétée par le recours à la perspective aérienne : la transparence de la brume, d'une rafale de neige ou d'une atmosphère pluvieuse « absorbe la violence des ombres et laisse deviner sous le fin réseau qui recouvre les formes (...) quelques tons délicats, heureusement échelonnés.²⁸⁹ » L'importance de la calligraphie dans ces cultures fait valoir celle du trait dans l'art pictural. Il est important, dans la démarche artistique, que les figures soient représentées par des traits sûrs et délimités par des

²⁸⁷ FLOCON Albert et TATON René, *La perspective*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1984 [1963], pp. 88-89.

²⁸⁸ FOCILLON Henri, *Hokusai*, Lyon, Fage Éditions, coll. « Varia », 2005 [1914], p. 32.

²⁸⁹ *Ibid.*

contours bien définis. Dans les espaces intérieurs, l'enchaînement des parallèles est interrompu par les lignes courbes des figures qui ne sont pas soumises au point de vue en hauteur et semblent être représentées à hauteur d'homme. Les figures se détachent nettement du fond, créant une discontinuité entre la figure et le fond dans la représentation des scènes d'intérieur. À l'exception des chevelures des acteurs et des courtisanes, représentées dans certaines estampes japonaises du XVIII^e siècle par « de beaux noirs fumés ou veloutés, qui bordent ou qui ceignent les robes à ramage²⁹⁰ », les aplats ne dépassent ni n'empiètent sur les contours des figures. Cette démarche écarte la représentation « des ombres inutiles et violentes²⁹¹ » qui, comme l'écrit Henri Focillon à propos des aquarelles japonaises, viendraient « trouer l'unité » du tableau : la représentation de la profondeur semble prévaloir sur celle du volume et des modelés.



Fig. 40. SUZUKI Harunobu, *Discussion à Asakusa* (c. 1764-1770), estampe à la planche en bois, approx. 20 × 27 cm, Londres, British Museum²⁹²

²⁹⁰ *Ibid.*, p. 34.

²⁹¹ *Ibid.*, p. 42.

²⁹² GUTH Christine, *Le Japon de l'ère Edo*, Paris, Flammarion, coll. « Tout l'art », 1996, p. 107.

Dans *Coraline*, l'usage fréquent de plongées et de contre-plongées met en valeur les lignes de perspective des décors intérieurs (par exemple les plinthes au pied des murs, les rampes des escaliers, les encadrements des portes et des fenêtres) et détache les objets les uns des autres. Ces angles de prise de vues permettent peut-être aussi de pallier les faibles possibilités de recul des décors de taille réduite en Stop Motion : pour obtenir le maximum de profondeur, la caméra est moins sur les côtés des décors que dans *Pina*, elle est davantage en haut ou en bas. En plongée, cela augmente la surface apparente du sol.



Fig. 41. La cuisine dans Coraline

Dans la cuisine par exemple, si l'on prend Coraline pour point de repère, la caméra semble être au même niveau qu'elle. Mais le sol occupe la moitié inférieure du cadre et les motifs carrés sont presque de même taille au premier plan et à l'arrière-plan. Les carreaux sur les murs tracent des lignes de perspective vers le fond de la pièce, mais la règle de la dimension apparente en fonction de l'éloignement n'est pas respectée. La perspective est restreinte, comme si le sol était filmé depuis une position plus haute que le reste de l'image. Les éléments du mobilier présentent la même étrangeté : l'espace est arrangé selon plusieurs points de fuite. On voit trop le dessus du plan de travail de la cuisine et le dessous des étagères pour affirmer que l'espace possède des proportions normales. La table et l'ordinateur de la mère, de couleur sombre et de nouveau représentés selon une « vue du dessus » se détachent sur les murs et le sol clairs. Les formes rondes des personnages rompent les lignes géométriques du sol, des étagères et des fenêtres, ce qui les détache du fond. Les cartons éparpillés dans la pièce sont tous tordus, comme s'ils avaient perdu toute leur rigidité. Une autre distorsion est visible sur les fenêtres : les encadrements supérieurs et inférieurs ne sont pas parallèles entre eux.

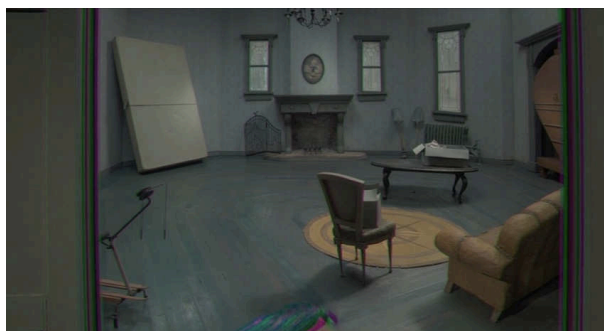


Fig. 42. Le salon dans Coraline

On retrouve ce phénomène dans le salon. La pièce a la forme d'un polygone, multipliant les formes anguleuses. Le bord inférieur de la grande fenêtre à droite devrait être parallèle à la plinthe du sol, suivant un point de fuite commun. Ce n'est pas le cas. En prenant la cheminée comme point de repère, on constate que le dessus est invisible, ce qui laisse penser que la caméra est donc à la même hauteur que la cheminée. Or, le sol occupe, comme dans le décor de la cuisine, la moitié inférieure du cadre. On distingue nettement chaque lame de parquet, comme si le sol était filmé en plongée, instaurant une composition en profondeur de l'image. Les lames s'enchaînent les unes avec les autres suivant les segments du polygone de la pièce, autant de lignes de fuite différentes en direction de la profondeur. L'apparente vue en plongée sur le sol met en évidence les espaces vides de la boîte scénique et la discontinuité entre les éléments disposés dans la profondeur. Les objets se distinguent nettement sur le sol bleu-gris. Leur recouvrement (les cartons sur la table et la chaise, la chaise sur le tapis et l'accoudoir du canapé qui dépasse sur le tapis) met en évidence la hiérarchie de la profondeur de la pièce, renforcée par les multiples lignes de fuite.



Fig. 43. La chambre de Coraline

Ces éléments sont répétés dans la chambre de Coraline. Les proportions et les règles de perspective ne sont pas non plus respectées. Les pieds du lit les plus éloignés

sont plus hauts que les pieds les plus proches : ce devrait être l'inverse. Chaque arête du coffre fermé au premier plan suit un point de fuite différent, à l'encontre de toute logique de représentation de la perspective. Au-dessus des fenêtres, le haut du mur ne joint pas le plafond directement : on remarque que le mur est plus haut d'un côté que de l'autre. De cette façon, la plinthe qui marque la jonction entre les murs et le plafond n'est pas alignée avec la portion de mur à gauche (celui avec l'étagère) et forme un angle supplémentaire, qui répond aux intentions du réalisateur évoquées plus haut. La pièce contient peu de mobilier, le plan large montre le vide de la pièce et l'agencement discontinu des objets.

Si ces éléments ne se remarquent pas tout de suite, ils le deviennent plus tard, lorsque Coraline pénètre peu à peu dans chaque pièce du monde de la Sorcière. On a la sensation que la caméra est plus basse pour une échelle de plan identique. Cela est dû au fait que la perspective est correctement appliquée, l'espace semble mieux ordonné : le sol occupe une proportion raisonnable de l'image et tout le mobilier de la pièce suit le même point de fuite. Les décors de la cuisine, du salon et de la chambre de Coraline reviennent de manière récurrente dans les deux univers.



Fig. 44. La cuisine, le salon et la chambre de Coraline dans le monde de la Sorcière

Les motifs carrés du sol de la cuisine marquent nettement la perspective et emmènent le regard dans la profondeur de l'image, loin derrière la fenêtre stéréoscopique. Le lit et le coffre dans « l'autre » chambre ont aussi repris des proportions normales. La caméra, un peu plus basse que dans la chambre de Coraline, accentue la grandeur du lit à baldaquin,

de la coiffeuse et des rideaux des fenêtres qui s'élèvent vers le plafond. Néanmoins, si le haut du mur au-dessus des fenêtres est parallèle au plafond, le haut du mur au-dessus de la porte de l'autre chambre ne l'est pas : la logique de la perspective n'est pas complètement appliquée.

La perspective cavalière et l'absence d'ombres marquées, éléments récurrents dans l'art pictural asiatique, caractérisent certains des décors de *Coraline*. Ils sont complétés par une façon inhabituelle de montrer les sols des pièces et les objets qui s'y trouvent, comme s'ils étaient vus depuis une position en hauteur, en multipliant les lignes et les angles que viennent casser les formes arrondies des personnages. Associés à l'image, ces éléments créent une sorte de *trompe-l'œil* qui fait écho à certaines œuvres asiatiques.



Fig. 45. MASANOBU Okomura, *Intérieur d'une maison close* (c. 1750), estampe à la planche en bois, 31 × 45 cm, Allemagne, Collection Geyger²⁹³

Ils participent de l'intention originale du réalisateur Henry Selick de distinguer le monde de Coraline de celui de la Sorcière et de renforcer leurs différences grâce à la stéréoscopie. Celle-ci apporte une forme d'équilibre à ce traitement spatial qui fait la part belle aux distorsions. On a vu dans le chapitre 6 que chaque univers avait son traitement stéréoscopique. Le monde de Coraline, caractérisé par des décors « aplatis » (en apparence) et distordus, a peu d'amplitude 3Ds. Lors d'une séquence où Coraline et sa mère sont dans la cuisine, aucune disparité n'est visible dans le plan large

²⁹³ GUTH Christine, *Le Japon de l'ère Edo*, op. cit., pp. 104-105.

entre l'image gauche et l'image droite : toute la cuisine est inscrite dans la surface plane de la fenêtre stéréoscopique. En revanche, le décalage de parallaxe est évident sur les sapins à l'extérieur, derrière la fenêtre de la cuisine. Cela renforce l'ennui et la solitude de la jeune fille dans sa nouvelle demeure. À l'inverse, le monde de la Sorcière est géométriquement « normal », ordonné selon les règles de la perspective. Pour contrebalancer cette apparente « normalité » optique, les séquences du monde de la Sorcière ont un budget stéréoscopique plus important que celui du monde de Coraline. Les espaces sont ainsi doublement accentués et reflètent les intervalles entre les pièces du mobilier : entre la table et la fenêtre dans la cuisine par exemple ; entre le canapé, la chaise, la table basse et la cheminée dans le salon, entre le lit et la porte de la chambre de Coraline. Cela accentue la démesure du monde de la Sorcière, qui se veut plus attrayant pour piéger Coraline.

En se jouant des codes habituels de la représentation de l'espace sur une bonne moitié du film et en magnifiant l'espace et sa profondeur avec la stéréoscopie dans l'autre, Henry Selick compose des plans dont l'organisation spatiale repose exclusivement sur la discontinuité optique.

Au vu des films étudiés, qui couvrent un champ assez large des possibilités de la production cinématographique (un documentaire, deux longs métrages de fiction, l'un en prise de vues réelles et l'autre animé en *stop motion*), on ne peut pas dire que le relief tactile préside à la composition des images stéréoscopiques. Les images stéréoscopiques possèdent certes des volumes palpables propres au relief tactile, « mais l'image qui émane des formes disparaissant les unes derrière les autres n'est sensible qu'aux yeux²⁹⁴ ».

C'est ainsi que l'organisation spatiale des images trouve son équilibre entre des éléments visuels continus et des éléments visuels discontinus, avec toutefois un avantage pour la discontinuité. De cette façon, la stéréoscopie tire mieux parti de ses possibilités de reproduction du relief binoculaire : les volumes sont davantage mis en valeur, cela offre une nette distinction des plans de la profondeur grâce, entre autres, aux différences entre les dimensions apparentes des objets et les spectateurs ont une meilleure appréhension des espaces vides qui les séparent les uns des autres. Le spectateur identifie les « unités en relief²⁹⁵ » et les regarde, comme le remarque Cyril

²⁹⁴ WÖLFFLIN Heinrich, *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*, op. cit., p. 70.

²⁹⁵ LUTZ Antoine, *Phénoménologie de la vision stéréoscopique*, op. cit., p. 59.

Lepot²⁹⁶, suivant la hiérarchie obtenue grâce aux indices optiques qui guident son regard. L'indice du jaillissement est un pur produit de la stéréoscopie et la profondeur de champ est un résultat strictement photographique, mais les lignes de perspective, l'éclairage ou encore les couleurs sont autant de techniques picturales réinvesties dans l'organisation spatiale de la boîte scénique que nos observations ont permis d'identifier.

Peintres et dessinateurs avaient largement employé ces éléments de discontinuité optique. On a en effet pu observer, au travers de quelques exemples de films de fiction, que la composition des images en 3Ds s'inspire à la fois d'éléments issus de la peinture et d'éléments issus de la sculpture, en particulier la sculpture de bas-relief. Ceci met à jour une première forme de *correspondance*²⁹⁷ entre différentes formes artistiques et le cinéma stéréoscopique et révèle que la notion de continuité, en stéréoscopie, ne se déploie pas seulement dans le temps, comme on a pu l'étudier dans le chapitre précédent, mais aussi dans l'espace.

²⁹⁶ LEPOT Cyril, « De l'ordre à l'image au regard ordonné dans le cinéma en 3D stéréoscopique », in CHATEAU Dominique (dir.), *La direction de spectateurs*, Paris, Les Impressions Nouvelles, 2015, pp. 273-282.

²⁹⁷ Rappelons les vers du poète français Charles Baudelaire (1821-1867), cités en introduction de ce travail, qui en fournissent la définition : « [...] Comme de longs échos qui de loin se confondent/Dans une ténébreuse et profonde unité,/Vaste comme la nuit et comme la clarté./Les parfums, les couleurs et les sons se répondent. [...] » BAUDELAIRE Charles, « Correspondances », *Les Fleurs du Mal*, op. cit., p. 40.

Chapitre 8. Premières expériences stéréoscopiques

Au cours de cette recherche, un premier état des lieux sur les notions de continuité et de discontinuité dans les films de fiction en 3Ds a été effectué. Cette première approche a révélé que ces notions revêtent une dimension temporelle d'une part, et spatiale d'autre part, enrichies par des éléments issus de formes artistiques différentes du cinéma. Précédemment, nous avons également évoqué l'impact du fonctionnement technique de la stéréoscopie sur la notion de continuité, prise au sens premier du terme. Les techniciens de cinéma, qui travaillent à la création des films, savent bien que, du scénario en papier à sa réalisation sur le plateau, les intentions originales du metteur en scène subiront (entre autres) les contingences du tournage. Avant de débiter cette recherche, nous n'avions encore jamais eu l'opportunité de travailler sur un film en 3Ds. Il fallait en outre prendre la mesure des contraintes éventuelles inhérentes à la réalisation d'un tel film. Par conséquent, il était nécessaire, pour commencer, de participer à des tournages en 3Ds en tant que scripte, afin d'être directement confrontée aux problématiques de la continuité en 3D stéréoscopique tout en étant dégagée de toute responsabilité décisionnelle. Ce poste d'observation nous paraissait propice à l'apprentissage nécessaire et préalable à toute pratique de la 3Ds dans le cadre de cette recherche. Deux tournages en 3Ds, ont été l'occasion de formuler les premiers questionnements relatifs à la mise en scène avec cette technique.

Première expérience 3Ds : l'Atelier 3Ds des étudiants de l'ENS Louis-Lumière à Clermont-Ferrand

Le premier tournage était organisé par l'École Nationale Supérieure Louis-Lumière (ENSL). Chaque année, l'ENSL participe, en marge du Festival International du Court Métrage à Clermont-Ferrand, à l'« Atelier - École d'art éphémère » : pendant le Festival, plusieurs écoles d'art s'installent dans l'École d'Architecture de Clermont-Ferrand pour présenter leurs établissements et les travaux des étudiants au public. Pendant une semaine²⁹⁸, les étudiants de l'ENSL organisaient quotidiennement, sur un décor construit par des étudiants de l'école d'architecture et ouvert au public, le tournage

²⁹⁸ Du lundi 02 février au vendredi 06 février 2015.

en 3Ds²⁹⁹ d'une séquence d'un film préexistant en 2D. Nous avons participé au tournage en 3Ds de deux séquences de *To Be or Not to Be* (Ernst Lubitsch, 1942), de deux séquences de *Polisse* (Maïwenn, 2011) et d'une séquence de *Maigret tend un piège* (Jean Delannoy, 1958).

Chaque jour, l'équipe changeait et les étudiants tournaient aux différents postes, y compris celui de stéréographe. Les tournages s'effectuaient avec deux caméras Sony PWF-F3, munies de deux zooms Angénieux Optimo DP 16-42 mm et installées sur un rig à miroir prêté par la société Binocle 3D. Cette dernière avait également prêté le Tagger, l'un de ses outils d'analyse 3Ds en temps réel. Thomas Villepoux, stéréographe, supervisait l'installation du matériel de prise de vues stéréoscopiques et guidait l'étudiant occupant le poste de stéréographe pour la journée. Deux vidéoprojecteurs, projetant chacun l'une des deux images enregistrées par les caméras sur une toile métallisée de dimensions 4 m × 3 m, constituaient un système de projection « passif ». Cela permettait à l'équipe et au public de visualiser en 3Ds les plans en cours de réalisation.

Arrivées tardivement sur ce projet, nous avons eu très peu de temps de préparation. Les étudiants avaient préparé l'exercice de leur côté : ils avaient eu au préalable des cours sur le fonctionnement de la 3Ds et, la semaine précédant les tournages, un atelier pour s'initier au fonctionnement du matériel. Ils avaient préparé pour chaque séquence un dossier, comprenant notamment le scénario de la séquence, une note d'intentions et un découpage. Celui-ci prenait en compte les contraintes et les possibilités de la prise de vues stéréoscopiques en fonction de leurs choix artistiques : les objectifs, les mouvements de caméra, les cadres. Nous avons pu prendre connaissance de ces documents quelques jours seulement avant le début du tournage et ce n'est qu'une fois sur le décor, la veille du tournage, qu'il a été possible d'échanger avec les étudiants. Il s'agissait essentiellement de s'assurer que les plans couvriraient suffisamment d'action pour assurer le montage si les étudiants souhaitaient aller au bout de l'exercice, une fois rentrés à Paris³⁰⁰. Le but était de faire en sorte que les plans dont ils avaient rêvé sur le papier puissent raccorder entre eux : filmer en 3Ds ne signifie pas pour autant se délester des bases du montage, qui assurent des raccords cohérents et fluides (si tel est le souhait du réalisateur) entre les plans.

²⁹⁹ Depuis 2016, les étudiants ne tournent plus en 3Ds. L'exercice de tournage a été remplacé par des plans-séquences.

³⁰⁰ Une fois les séquences tournées, la post-production n'étant pas inscrite à l'emploi du temps des étudiants, la finalisation des séquences restait à leur discrétion, à effectuer sur leur temps libre.

Le rythme de tournage ne s'élevait pas à plus de cinq à sept plans par jour. Les caméras étant équipées d'objectifs à courtes focales, nous devions rapprocher le rig pour resserrer les valeurs de plan. Il est parfois arrivé que la caméra soit en face des comédiens. Il était alors délicat, dans le cas d'un champ-contrechamp, d'indiquer la direction de regard aux comédiens, de façon à donner l'impression que les personnages se regardent sans donner la sensation qu'ils regardent *dans* la caméra. C'est là que le grand écran s'est avéré très utile : il était plus facile d'ajuster les directions des regards des comédiens en regardant l'image sur le grand écran. En dehors du réglage des directions de regards, ce tournage n'a pas posé de problème de continuité majeur vis-à-vis de l'exercice du métier de scripte.

Avoir un « retour » de grandes dimensions permettait de voir avec davantage de précision ce que nous étions en train de tourner. Cela offrait l'opportunité de se familiariser avec l'impact sur l'image des réglages stéréoscopiques indiqués par le stéréographe. L'une des difficultés pendant le tournage d'un film de fiction, en regard de la continuité (et qui touche directement la tâche d'une scripte), est de se représenter mentalement les plans du film, pour ensuite évaluer les possibilités de montage (qui correspondent aux souhaits du réalisateur). Cette expérience a confirmé ce que nous avait confié Perry Hoberman³⁰¹ lors de précédentes recherches sur la continuité en 3D stéréoscopiques³⁰². En discutant de l'impact de la stéréoscopie sur le métier de scripte, il nous avait alertés sur l'importance de conserver la cohérence stéréoscopique entre les plans du film, tout en convenant de la difficulté de la tâche :

« De la même façon qu'une scripte ferait attention à la lumière pour s'assurer qu'elle est cohérente d'un plan à l'autre, elle devra faire attention à ce que la stéréo soit cohérente d'un plan à l'autre. À la différence que c'est plus difficile de garder un œil dessus. La stéréo est un indice plus subtil que la lumière. C'est très important, je dirais, pour la continuité, que vous ayez un retour vidéo 3Ds sur le plateau.³⁰³ »

Pour un tournage en 3Ds, la stéréoscopie est une donnée supplémentaire parmi toutes celles à considérer. Pouvoir visualiser dans de bonnes conditions le rendu

³⁰¹ Artiste et *research professor* à University of Southern California, School of Cinematic Arts (Los Angeles, États-Unis).

³⁰² JACOPIN Esther, *Stéréoscopie, scripte et continuité*, Mémoire de fin d'études sous la direction de Donatienne de Gorostarzu et Zoé Zurstrassen, Département Scripte - La Femis, Juin 2013.

³⁰³ Entretien de l'auteur avec Perry Hoberman, Los Angeles, 22 janvier 2013.

stéréoscopique des plans est un atout. Sur ce tournage, nous avons découvert à quel point les réglages stéréoscopiques pouvaient varier pour éviter que les comédiens ou les accessoires n'entrent en conflit avec la fenêtre stéréoscopique par exemple, en particulier lorsque les comédiens et la caméra se meuvent pendant le plan. Cette donnée ne fait qu'ajouter à la difficulté d'anticiper le montage : à chaque réglage correspond un rendu stéréoscopique. Comme expliqué dans la première partie de cette recherche, multiplier les plans et répéter les actions et les dialogues dans plusieurs plans d'une même séquence permet de multiplier les possibilités de montage (mais rend, en contrepartie, la construction de la continuité plus ardue). Il y aura, pour chaque plan et à plusieurs reprises dans un même plan, plusieurs raccords possibles avec (au moins) un autre plan filmé. Or, comme expliqué au chapitre 6, la stéréoscopie entre en ligne de compte dans les raccords du montage. Varier la stéréoscopie entre deux plans, voire pendant un même plan peut par conséquent supprimer certaines possibilités de montage. Rappelons que, pour minimiser les sollicitations du système visuel des spectateurs, les raccords entre des plans présentant de grandes différences d'amplitude stéréoscopique seront à utiliser avec parcimonie.

Par ailleurs, nous avons eu le sentiment, pendant le tournage, que certaines positions de la caméra ou certains mouvements empêchaient d'utiliser l'amplitude stéréoscopique à son maximum. Prenons pour exemple l'une des séquences de *Polisse*, qui se déroule dans les bureaux de la police. Deux officiers de police interrogent une adolescente ; la situation qu'elle décrit leur paraît si absurde qu'ils ne peuvent s'empêcher de rire à ce qu'elle raconte. L'étudiant-réalisateur souhaitait filmer les deux policiers ensemble, dans un plan à deux. Mettre deux personnages dans le cadre implique un cadre plus large que si nous les avions filmés chacun séparément, c'est pourquoi une portion du bureau auquel ils étaient assis apparaissait nécessairement dans le bas du cadre. Un plan à deux permettait de suggérer le point de vue de la jeune fille, qui fait face aux deux policiers *en même temps*. Les filmer en deux plans serrés les aurait séparés. Cela offrait d'autre part la possibilité de renforcer leur présence et leur poids psychologique dans la séquence, où ils sont tous les deux (à rire de l'histoire de l'adolescente et de ce qui lui est arrivé), face à la jeune fille, qui est seule. La stéréoscopie aurait pu être utilisée pour appuyer la présence des deux policiers, en plaçant par exemple la fenêtre stéréoscopique juste derrière eux, de façon à ce qu'ils soient légèrement en jaillissement. Mais la présence du bureau à l'avant-plan au bas de l'écran gênait : si nous placions les policiers en jaillissement, le bureau aurait été très en jaillissement, au point de provoquer une « erreur de fenêtre » importante et gênante pour

le regard des spectateurs. L'étudiant qui réalisait la séquence fut d'accord pour placer la fenêtre devant les policiers afin de l'éviter.

Cette anecdote souleva plusieurs interrogations. Quelles sont les limites pour inventer de nouvelles manières de filmer en 3Ds ? Si nous avons décidé de mettre les deux policiers légèrement en jaillissement pour accroître leur présence, aurions-nous positionné le bureau différemment dès le début ? Aurions-nous modifié la position de la caméra ou des comédiens pendant le tournage, ou bien aurions-nous changé la focale ? En résumé : quand commence-t-on à « penser en 3Ds », quand on se décide à faire un film en 3Ds ?

Deuxième expérience : le court métrage *Endless Night* au sein du programme « Action 3Ds »

À la suite de cette expérience avec les étudiants de l'ENS Louis-Lumière pendant le Festival International du Court Métrage à Clermont-Ferrand, vint la participation (toujours comme scripte) au tournage du court métrage *Endless Night*, réalisé par Jonathan Bocquet. Ce court métrage a été réalisé dans le cadre du programme de recherche « Action 3Ds » mené conjointement par l'ENSL et la société Binocle 3D. Ce programme, débuté en 2012 pour une durée de quatre ans, avait pour objectif d'évaluer les besoins spécifiques à un tournage 3Ds et de développer de nouveaux outils, notamment un logiciel de prévisualisation pour les films en 3Ds. Ce logiciel, baptisé le Dynamic Stereoscopic Previz³⁰⁴ (DSP), a été développé par Laurent Boiron, sous la direction de Rémi Ronfard, respectivement doctorant et ingénieur de l'Institut National pour la Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA). Le tournage d'*Endless Night* devait servir de test grandeur nature pour le DSP. Le film était donc à la fois un court métrage à part entière et un film de recherche.

Jonathan Bocquet avait rédigé le scénario suivant : dans un monde envahi par les zombies, James est réfugié dans une maison abandonnée avec Mary, sa compagne enceinte de huit mois. Une nuit, James perçoit un message sur sa radio de fortune : le camp de réfugiés que le couple tente de rejoindre a été attaqué par des zombies. James décide de sortir un peu plus tard, pendant que Mary est endormie, pour savoir de quoi il retourne. Quelques heures plus tard, Mary est réveillée par un bruit : James, gravement blessé par des zombies, parvient juste à entrer dans la maison avant de succomber à ses

³⁰⁴ PUJADES Sergi, BOIRON Laurent, RONFARD Rémi, DUVERNAY Frédéric, « Dynamic Stereoscopic Previz », *Proceedings of the International Conference on 3D Imaging*, IEEE, *3D Stereo Media*, Liège (Belgique), décembre 2014.

blessures. Mary fait son sac pour partir. Alors qu'elle s'apprête, avant de quitter la maison, à trancher la tête du corps de James pour éviter que celui-ci ne se réveille zombie et ne se retourne contre elle, la jeune femme est prise de contractions. Il est trop tard : la mutation de James s'est opérée. Celui-ci se relève tandis que Mary se tord de douleur, impuissante.

À partir de ce scénario et du story-board établis par Jonathan Bocquet, Laurent Boiron a réalisé la prévisualisation du film avec le DSP. Associée à ce projet environ un mois avant le début du tournage, nous avons pu assister à la dernière réunion de préparation du projet et, par la suite, échanger de nouveau avec le réalisateur sur le découpage avant que le tournage ne débute. Lors de cette réunion de préparation, nous avons discuté du découpage et des modifications qui pouvaient être apportées, notamment sur les positions de la caméra, de façon à trouver des angles de prises de vues qui mettent en valeur la profondeur. Le logiciel de prévisualisation nous a été un outil très utile afin de faire des propositions dans ce sens : cela a permis de visualiser facilement un modèle précis du décor, que nous n'avions pas encore vu³⁰⁵. Laurent Boiron appliquait immédiatement les modifications du découpage dans le logiciel. Visualiser ainsi en direct le plan au sol du décor et les plans prévus s'est également avéré bénéfique pour anticiper la continuité spatiale, car certains accessoires ou éléments du mobilier se déplaçaient à l'envi, au gré des diverses positions de la caméra. S'il est acquis parmi les techniciens que l'on a coutume d'élever la « tricherie spatiale » au rang d'art, il est des limites à ne pas franchir (comme cela a été évoqué dans la première partie de cette recherche) si l'on souhaite conserver la cohérence de l'espace, plus encore avec la 3Ds qui procure une meilleure appréhension de l'espace filmé.

Le tournage était réalisé par une équipe de professionnels, avec deux caméras Sony F55 enregistrant en 4K et montées sur un rig à miroir de Binocle 3D. Thalès-Angénieux, également partenaire du projet, nous avait fourni deux paires de zooms Optimo DP, deux 16-42 mm et deux 30-80 mm. Binocle 3D avait, comme pour les tournages des étudiants de l'ENS Louis-lumière à Clermont-Ferrand, fourni ses outils informatiques d'analyse de l'image en temps réel et deux moniteurs de 46 pouces. L'un permettait de visualiser (en 3Ds « passive ») le plan en cours de tournage, l'autre

³⁰⁵ Ce film avait déjà fait l'objet d'un tournage un an auparavant. Ce tournage s'étant révélé insatisfaisant pour tester le DSP, il avait été décidé d'organiser un nouveau tournage, en demandant à Jonathan Bocquet de procéder à des modifications du scénario pour l'accorder aux contraintes de production. Tous les protagonistes de ce projet connaissaient donc déjà le plateau de tournage, ainsi que le décor qui y était construit et dans lequel le film serait tourné. Le tournage d'*Endless Night* dura cinq jours, du lundi 15 juin au vendredi 19 juin 2015.

permettait de visualiser (en anaglyphe) le même plan issu de la prévisualisation du DSP. Nous étions libres de tourner des plans différemment de ce qui était prévu en prévisualisation, tant que nous tournions en premier lieu les plans tels qu'ils avaient été prévisualisés. L'objectif était de valider les paramètres (tels que les focales, les distances et les hauteurs du rig et, surtout, la stéréoscopie) appliqués pour chaque plan dans le DSP. Des projections-tests étaient également prévues après le tournage, de façon à comparer la stéréographie entre les plans prévisualisés et leurs versions filmées.

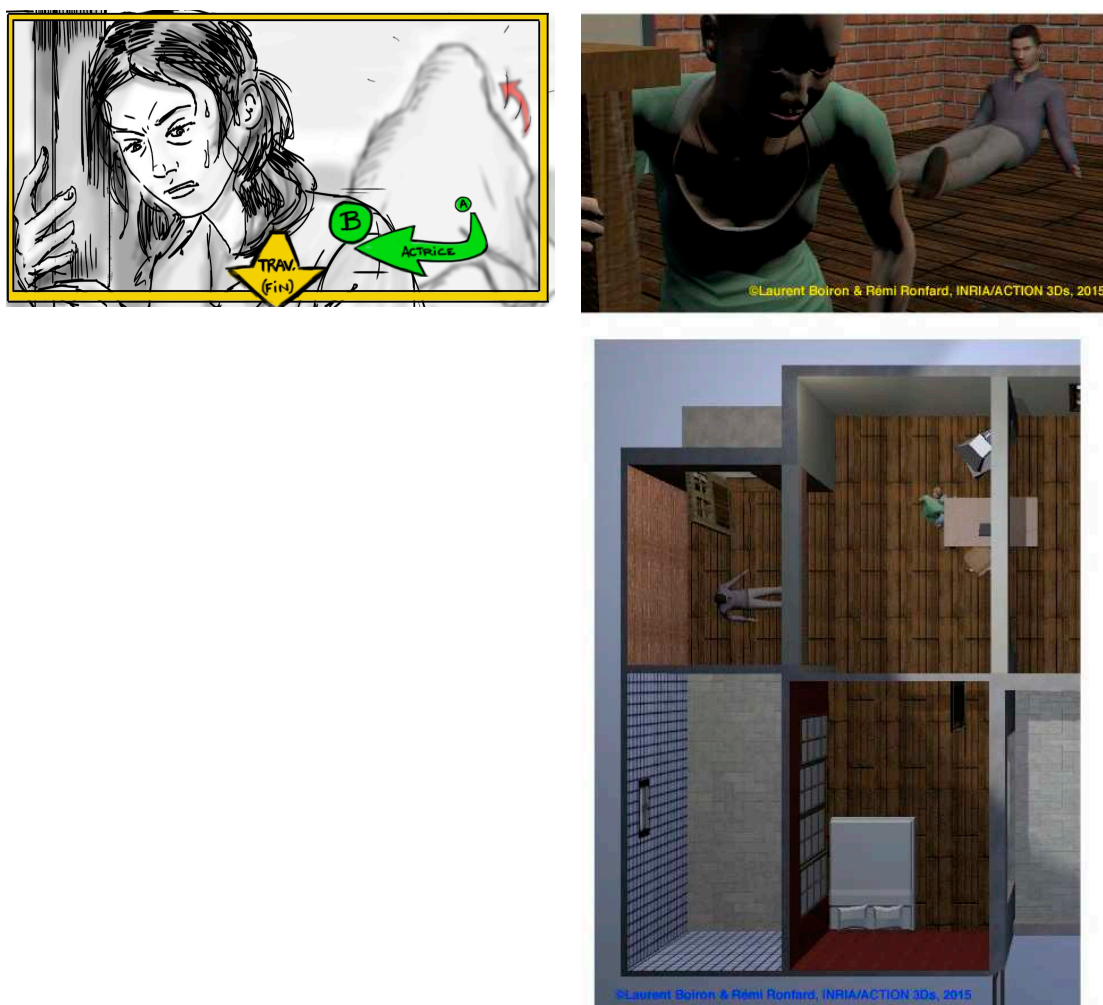


Fig. 46. Comparaison : le story-board réalisé par Jonathan Bocquet (à gauche) et sa version « prévisualisée » avec le DSP (à droite)

Avant que le tournage ne commence, nous avons discuté avec Jeanne Guillot, la stéréographe du film, de l'utilisation de la stéréoscopie. Nous avons d'abord pensé à associer des réglages stéréoscopiques à chaque personnage, comme un « thème stéréoscopique », dans la lignée de l'association faite entre le décor et la stéréoscopie dans *Coraline*. L'idée était d'appliquer un traitement stéréoscopique spécial à James, en

faisant de lui un zombie dès le début du film par le biais de la 3Ds. Dans le même temps, la boîte scénique aurait progressivement gagné en amplitude à chaque plan sur Mary, de façon à obtenir la même stéréographie pour les deux personnages à la fin du film. L'idée nous semblait bonne, notamment pour accompagner l'histoire avec la stéréoscopie. Elle a finalement été abandonnée : le découpage prévoyait de varier les focales fréquemment, parfois avec des différences importantes entre deux plans. Compte tenu du rôle de la distance focale de l'objectif dans la représentation de l'espace, nous en avons conclu que cela empêcherait de mettre en œuvre cette idée correctement. C'est la raison pour laquelle nous avons finalement décidé d'appliquer un traitement stéréoscopique « normal » pour la première séquence. Par la suite, une fois que Mary est réveillée au milieu de la nuit par un bruit étrange, la stéréoscopie serait utilisée pour approfondir et distordre l'espace afin de souligner l'étrangeté de la séquence et l'appréhension de Mary.

L'un des grands avantages de ce tournage fut plus particulièrement d'être confrontées à tout l'éventail des possibilités de représentation de l'espace : nous avons utilisé toutes les focales dans des configurations spatiales différentes, le décor étant constitué d'une petite pièce relativement étroite (la chambre à coucher) et d'une pièce plus large et surtout plus longue (la pièce principale du refuge des protagonistes). Pour cette raison, ce projet ajoutait à la difficulté, en comparaison du précédent. Il a été très difficile de se représenter les plans une fois assemblés, de façon à faire attention à la cohérence de l'espace. Par la suite, nous avons eu le sentiment que l'espace et les possibilités qu'il offrait en 3Ds n'avaient pas été suffisamment considérés. Peut-être aurions-nous pu mettre en place un découpage qui permette de lier davantage les espaces du décor entre eux ? Par exemple, lors de la principale séquence de dialogue en James et Mary, les deux personnages se trouvent chacun dans une pièce différente. Ils peuvent communiquer malgré tout, car la porte est ouverte. Cette ouverture qui lie les deux espaces n'a pas été exploitée. Nous avons privilégié l'utilisation de la stéréoscopie comme un moyen de distorsion spatiale ou pour ajouter de la profondeur au décor. Or, ce dernier, constitué essentiellement de deux pièces, était par conséquent restreint. À l'issue du tournage, nous avons conclu qu'il aurait peut-être fallu réfléchir à d'autres angles de caméra ou bien à d'autres mouvements pour, en association avec la stéréoscopie, enrichir la représentation spatiale du décor du film.

Lorsque le film fut achevé, nous avons été surprises de constater que l'idée originelle d'utiliser la 3Ds comme un moyen de mise en valeur de l'espace en accord avec la situation des personnages avait été abandonnée. Éviter les variations

stéréoscopiques et l'utilisation de plans de grande amplitude 3Ds avait cependant apporté de la cohérence à la représentation visuelle et spatiale du film. Cette *continuité stéréoscopique*, associée au montage, permet de lisser les trois ellipses du film et aide à fluidifier la temporalité de l'ensemble du film. À la lecture du scénario (qui ne faisait que cinq pages), puis pendant le tournage, nous craignions que ces ellipses ne créent des ruptures évidentes qui auraient pu aller à l'encontre de l'unité narrative du film. Le décor représentant l'intérieur d'une maison abandonnée, la chef décoratrice avait pris le parti de créer une atmosphère poussiéreuse, en particulier dans la pièce principale. Pendant le tournage, l'accessoiriste lançait une poignée de ciment dans l'air avant chaque prise pour créer la poussière. Il ne reste malheureusement rien de tous ces efforts à l'écran : l'effet poussière est tout à fait invisible. C'est dommage, car ces effets de particule sont toujours bénéfiques pour aider la stéréoscopie à mettre l'espace en valeur et à donner aux images un aspect matériel, comme si l'on appliquait une texture à l'air. Le stéréographe Demetri Portelli avait eu recours avec succès à l'utilisation de petites particules de ce genre (poussière, flocons de neige ou pollen par exemple), dans *Hugo Cabret* et *The Young and prodigious T.S. Spivet*. À la vision de ces films, ces petites particules agissent comme une multitude d'indices spatiaux qui mettent en valeur la profondeur du décor de la séquence.

C'est ainsi que la stéréoscopie de *Endless Night* est certes confortable visuellement, mais si légère qu'elle en devient presque imperceptible, même à la fin du film lorsque le danger et le suspense atteignent leur intensité maximum. Par conséquent le résultat final fut un peu décevant. La stéréoscopie aurait pu être légère sur une majeure partie du film (participant ainsi à la construction du film comme un tout) tout en incluant de soudaines « explosions stéréographiques ». En d'autres termes, intégrer quelques variations stéréoscopiques, sans pour autant les associer aux ruptures temporelles du scénario, pour donner à ce court métrage un impact esthétique plus fort.

Ces premières expériences sont venues confirmer les observations théoriques issues des recherches préliminaires quant à l'impact de la stéréoscopie sur le tournage et la mise en scène d'un film. Accompagner les étudiants de l'ENS Louis-Lumière pendant leur atelier à Clermont-Ferrand a permis de se familiariser avec les conditions de tournage en 3Ds. Non qu'elles soient très différentes de celles d'un tournage en 2D, mais elles ont été utiles pour prendre conscience des spécificités de découpage, de cadrage, de mouvements de caméra et des difficultés spécifiques à l'anticipation du montage en 3Ds. Le tournage d'*Endless Night*, dont la production fut menée à son terme, a confirmé les

problématiques liées à l'intégration de la stéréoscopie tout le temps du film : ajustements des raccords stéréoscopiques ou encore conservation des réglages du tournage à la post-production. Ces deux tournages, effectués en tant que scripte, ont également mis en lumière l'importance du traitement spatial de l'image, de cerner des questions relatives à l'espace et à sa représentation stéréoscopique pour répondre aux intentions du réalisateur. Ces premières expériences pratiques ont enfin été utiles pour commencer à réfléchir au moyen de mettre en œuvre une continuité *stéréoscopique*, c'est-à-dire propre à cette technique, d'augmenter le potentiel d'éléments déjà existants et d'ouvrir des pistes vers des possibilités encore inexploitées afin de contribuer au développement artistique des films en 3Ds.

Chapitre 9. Vers de nouvelles formes de la continuité stéréoscopique ?

Par ces deux tournages que nous venons d'évoquer, il a été possible de se familiariser à l'outil technique et d'en connaître les limites et les possibilités narratives et esthétiques. Forts de cette première expérience menée parallèlement aux recherches théoriques, il nous fallait tenter d'appliquer nos hypothèses à la réalisation d'une œuvre entièrement conçue par nous-mêmes. La participation à un programme de recherche international, « Les Arts trompeurs - Machines. Magie. Médias » avec des centres d'intérêt en relation avec nos propres investigations a, en définitive, permis non pas une réalisation personnelle, mais deux. Commençons par la première.

Surveillance (cm, 2016) : la stéréoscopie, un art trompeur ³⁰⁶

Dans un article paru en 1871 dans la revue *The Atlantic Monthly*, Oliver Wendell Holmes (1809-1894), professeur d'anatomie à Harvard, poète et inventeur du stéréoscope à main, partageait son expérience de la stéréoscopie en ces termes : « À ce charme de la fidélité dans les plus infimes détails, le stéréoscope ajoute sa stupéfiante illusion du relief, achevant ainsi l'effet qui envoûte tellement l'imagination.³⁰⁷ » C'est dans cet état d'esprit que nous³⁰⁸ avons entamé les recherches de l'« Atelier 3Ds » coordonné par Pascal Martin au sein du programme de recherche « Les Arts trompeurs - Machines. Magie. Médias », porté par Giusy Pisano et Jean-Marc Larrue.

Afin de donner un aperçu de la relation entre les axes de ce projet et nos propres recherches, il n'est pas inutile de revenir, une fois de plus, sur ce que nous savons de la stéréoscopie au cinéma : il s'agit d'une technique optique qui permet aux spectateurs,

³⁰⁶ Ce court métrage a été réalisé grâce au financement du Labex Arts-H2H (Université Paris VIII), accordé dans le cadre du projet « Les Arts trompeurs - Machines. Magie. Médias ». L'ENS Louis-Lumière a mis à disposition ses studios et une partie de l'équipement.

Merci à Yves Pupulin, directeur de Binocle 3D, pour nous avoir permis d'utiliser leur matériel de tournage et leurs outils de correction 3Ds ; à Carole Vasseur et l'équipe du laboratoire Ymagis pour leur assistance technique ; ainsi qu'aux stéréographes Thomas Brésard et Jeanne Guillot pour leurs conseils.

Enfin, ce film n'aurait pas pu être réalisé sans la volonté et l'engagement des techniciens et des comédiens qui ont œuvré à sa réalisation. Qu'ils en soient eux aussi remerciés.

³⁰⁷ HOLMES Oliver Wendell, « Sun-Painting and Sun-Sculpture: With a Stereoscopic Trip across the Atlantic ». L'article a été publié en français en deux parties sous le titre « Un voyage stéréoscopique ». Voir *Études photographiques*, n°9, mai 2001, pp. 109-123, <http://etudesphotographiques.revues.org/245#bodyftn8> et n°10, juin 2001, pp. 107-127, <http://etudesphotographiques.revues.org/266>.

³⁰⁸ Morgane Nataf et Guillaume Méral, doctorants ayant eux aussi la stéréoscopie pour principal sujet de recherche, étaient associés à cet atelier de recherche.

quand ils regardent les images avec un appareil optique approprié, d'avoir l'impression que les images sont en trois dimensions. Lorsque les spectateurs qui assistent à la projection d'un film en 3Ds mettent leurs lunettes, l'image n'est plus une image 2D projetée sur une surface plane (l'écran), mais un volume tri-dimensionnel dans lequel s'inscrit l'écran de cinéma. Les objets semblent parfois traverser l'écran et s'approcher des spectateurs dans la salle de cinéma, tandis que d'autres apparaissent derrière l'écran, loin dans la profondeur de l'image. La stéréoscopie produit par conséquent l'*illusion* de la stéréopsis. Le cinéma, quant à lui, donne aux spectateurs l'illusion d'un mouvement continu, par l'action combinée de la persistance visuelle et du mouvement apparent, comme nous avons pu le voir dans le premier chapitre. Il ne faut pas oublier non plus que le cinéma repose sur notre capacité à rassembler des éléments de façon à reconstituer la cohérence du film entier à partir de simples fragments (plusieurs plans nous montrant des personnages, des objets et des espaces différents et changeants). De bien des manières, le cinéma repose lui aussi sur des illusions. Si l'on tient compte des illusions de la stéréoscopie et du cinéma, on peut considérer leur association comme *doublement* productrice d'illusions.

La problématique était vaste et complexe, raison pour laquelle il fallait choisir un axe précis, permettant d'apporter des éléments d'analyse à la problématique plus générale de l'illusion stéréoscopique. Notre point de départ a été la question suivante : si l'on considère l'illusion stéréoscopique d'une part, et les illusions du cinéma d'autre part, quelles illusions l'association de ces deux techniques optiques produit-elle ? Il nous est rapidement venu à l'idée d'expérimenter nous-mêmes les illusions stéréoscopiques, en filmant en 3Ds. Nous avons en effet pensé qu'une expérience pratique serait plus adéquate pour comprendre les mécanismes d'illusions en jeu, plutôt que d'adopter une démarche d'analyse *a posteriori* à partir d'effets stéréoscopiques déjà réalisés³⁰⁹. La réalisation concrète d'images en 3Ds impliquait le contrôle de chaque étape de la production du film, de même que des réglages stéréoscopiques des images, plutôt que de chercher à collecter des données et à effectuer des mesures à partir d'images en 3Ds déjà tournées. Notre objectif en adoptant une démarche de recherche « par la pratique », était de parvenir à saisir les illusions spécifiques au cinéma en 3Ds, impossibles en 2D. Pour ce faire, nous avons d'abord identifié les effets que nous pouvions expérimenter, avant

³⁰⁹ Ce qui, par ailleurs, avait déjà été fait : pour une approche analytique visant à définir les « effets » stéréoscopiques et leur esthétique, voir par exemple le chapitre 4 de l'ouvrage de Martin Barnier et Kira Kitsopanidou, « Depuis 2000 de nouveaux “effets 3-D” : les trouvailles visuelles », *Le cinéma 3-D - Histoire, économie, technique, esthétique, op. cit.*, pp. 117-142.

de réfléchir à la manière de les inclure dans un scénario de fiction pour enfin tenter d'entrevoir et d'évaluer leur potentiel artistique. Par conséquent, notre première tâche fut de réfléchir aux spécificités de la stéréoscopie, de façon à identifier les effets strictement stéréoscopiques.

Ainsi, l'étude du fonctionnement du système visuel humain a été très utile à la compréhension des systèmes d'enregistrement et de diffusion donnant l'illusion de sa reproduction. Il a également fourni l'occasion d'approfondir notre connaissance de la prise de vues stéréoscopiques. Nous l'avons évoqué au chapitre 5 : deux caméras peuvent être assimilées à nos deux yeux, la distance inter-axiale qui sépare les deux appareils reproduit la disparité binoculaire et le phénomène de parallaxe utile à la perception des volumes. Le stéréographe laissera rarement la même distance inter-axiale pour tous les plans, il sera même amené à la faire varier pendant le plan, dans le souci d'assurer le confort visuel des spectateurs. La convergence permet, dans le cas de la stéréoscopie, de déterminer le plan de l'écran et la proportion d'espace qui se trouvera en avant ou en arrière de celui-ci. Le cinéma en 3D stéréoscopique a donc ceci d'inédit par rapport au cinéma 2D : deux images, une distance inter-axiale variable et la convergence (potentiellement variable elle aussi). À partir de ces observations, nous avons identifié trois moyens d'agir sur l'illusion stéréoscopique :

- varier les réglages stéréoscopiques (la distance inter-axiale et la convergence),
- manipuler les images au sein de la paire stéréoscopique,
- additionner les illusions cinématographiques décrites ci-dessus.

Une fois identifiés les effets que nous souhaitions expérimenter, l'étape suivante fut la préparation du matériel de tournage : le rig 3Ds était constitué de deux caméras Sony F3, équipées de zooms Angénieux Optimo DP 16-42 mm, montées sur un rig Binocle 3D « B1 ». Un petit moniteur 3Ds (6 pouces), permettait d'avoir une vue anaglyphe et un écran 3Ds passif de 46 pouces de visualiser les effets pendant le tournage.

Manipuler les réglages stéréoscopiques

Voyons maintenant les spécificités des effets intégrés dans le film, à commencer par les effets obtenus par la simple variation des réglages stéréoscopiques, c'est-à-dire la distance inter-axiale et la convergence. Ils dépendent du plan tourné : la distance qui sépare les sujets du rig stéréoscopique et les mouvements dans le cadre. Nous avons observé, dans les chapitres 4 et 5, la tendance des ingénieurs et des premiers stéréographes à ne considérer la prise de vues en 3Ds autrement qu'avec une distance

inter-axiale semblable à la distance inter-oculaire moyenne. L'ophtalmologiste américain Julian Gunzburg, dont le système (Natural Vision) reposait sur un entraxe fixe de 3,5 pouces, « ne pensait pas que “changer la distance inter-axiale était cohérent avec les données physiologiques”³¹⁰ ». Rappelons qu'un tel entraxe fournit deux points de vue très différents pour les objets proches du rig, à tel point que les spectateurs peuvent éprouver des difficultés à fusionner les deux images en une seule. C'est l'une des raisons pour laquelle aujourd'hui, les stéréographes définissent, par précaution, une distance inter-axiale inférieure à 7 cm et la font souvent varier pendant le plan, en fonction de la distance qui sépare le rig de l'objet le plus proche. À quoi ressemblent les images dans le cas où, au contraire, la distance inter-axiale est supérieure à 7 cm ?

Dans les années 1950, John Norling (qui, rappelons-le, décrivit les quatre types de rig 3Ds dans les années 1950³¹¹) identifia que la distance inter-axiale avait un impact sur l'échelle apparente des objets filmés, selon leur distance à l'appareil de prise de vues : « si [l'entraxe] est trop grand, l'image 3D souffrira d'une “miniaturisation” (...). Si l'entraxe est trop petit, l'image 3D souffrira de “gigantisme”³¹² ». Les recherches menées par Kim Timby ont montré que l'écart entre les deux objectifs avait déjà fait l'objet d'un vif débat en France quelques décennies auparavant auprès des stéréographes, opposant les partisans d'un entraxe identique à la distance inter-oculaire à ceux favorables à l'augmentation de la base stéréoscopique dans le but de magnifier le relief et la représentation de la réalité ainsi offerte par la stéréoscopie³¹³. Les effets de « miniaturisation » et de « gigantisme » étaient donc connus des opérateurs de prise de vues stéréoscopiques. Le phénomène de « miniaturisation » est aussi connu sous le nom d'« effet maquette ». Il correspond, en terme optique, à l'*hyperstéréoscopie*. L'Advanced Imaging Society en explique le fonctionnement comme suit : « utiliser une base stéréoscopique plus grande que la normale dans le but de produire un effet de grande profondeur et une scène à échelle réduite ; cela produit l'effet connu de

³¹⁰ Gunzburg, cité par Ray Zone, *op. cit.*, p. 9 (notre traduction). Rappelons que le système Natural Vision, que Julian Gunzburg élaborait avec son frère Milton, fut utilisé pour le film d'Arch Oboler *Bwana Devil* (1950) à l'origine de l'explosion de la production cinématographique en 3Ds entre 1952 et 1954.

³¹¹ Voir chapitre 5.

³¹² Norling, cité par Ray Zone, *3D Revolution. The History of Modern Stereoscopic Cinema*, *op. cit.*, p. 26 (notre traduction).

³¹³ TIMBY Kim, « Faire “plus beau que nature” : la construction culturelle des illusions stéréoscopiques en photographie », in ALMIRON Miguel, JACOPIN Esther et PISANO Giusy (dir.), *Stéréoscopie et illusion*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2018 (à paraître).

Lilliputianisme en raison de la miniaturisation des sujets filmés qui en résulte³¹⁴ ». L'hyperstéréoscopie est souvent réalisée avec un rig côte à côte, qui permet de définir une distance inter-axiale généralement plus grande que celle possible avec un rig miroir. Pour le tournage de *Surveillance*, nous étions équipés d'un rig miroir permettant un entraxe maximum de 5 cm. Pour compenser cette limitation technique et avoir une chance de procurer aux spectateurs la sensation de regarder quelque chose de petit, la caméra fut positionnée en hauteur pour réaliser un plan avec une forte plongée, que nous avons renforcée en choisissant une focale courte (20 mm).



Fig. 47. *Surveillance* : plan en hyperstéréoscopie.

Il n'a cependant pas été possible de tester le phénomène de « gigantisme ». Filmer des objets minuscules pour les faire paraître plus grands qu'ils ne le sont en réalité grâce aux réglages stéréoscopiques aurait requis des objectifs macroscopiques, dont nous ne disposions pas.

Voyons maintenant les effets issus de la convergence des caméras. C'est la convergence qui, rappelons-le, détermine si un objet paraîtra au-delà, sur ou au-devant du plan de l'écran. Le cinéma en 2D, qui peut user de tout son savoir-faire pour mettre en scène les indices monoculaires et créer de la profondeur dans l'image ne permet cependant pas d'atteindre l'illusion de proximité des objets en jaillissement, dont l'effet en 3Ds donne la sensation qu'ils ont « crevé l'écran ». Placer des objets en parallaxe négative reste un effet astreignant, car les yeux des spectateurs doivent converger plus qu'à l'accoutumée. Cela provoque, sur le long terme, une fatigue visuelle chez les spectateurs. C'est la raison pour laquelle, comme expliqué plus haut, les plans des longs métrages en 3Ds ne sont jamais entièrement en jaillissement pour préserver le confort visuel des spectateurs. C'est pour cette même raison que le recours à ce type de plans a été limité à deux fois dans *Surveillance*, et ce pour des plans courts.

³¹⁴ www.advancedimagingociety.com/glossary (notre traduction).

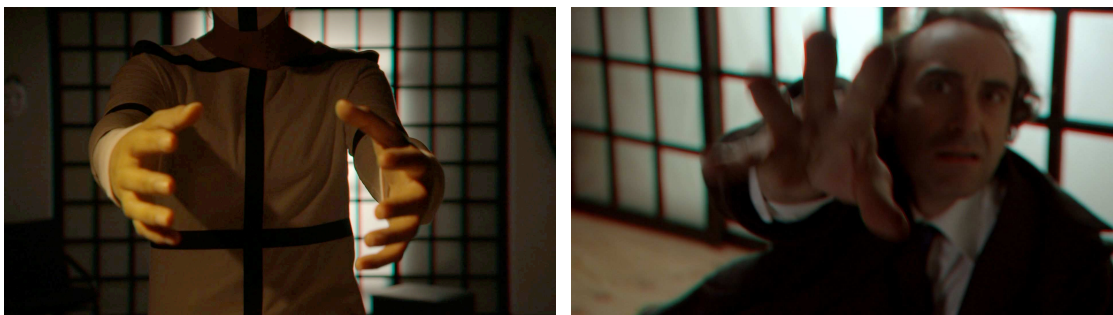


Fig. 48. *Surveillance* : plans en jaillissement.

Le premier plan avec l'effet de jaillissement est le plus court des deux : une silhouette féminine apparaît juste devant la caméra dans un plan fixe, ses bras tendus vers le rig, comme si elle essayait d'attraper les spectateurs. Le second plan associe un mouvement de caméra avec le mouvement du personnage : comme la caméra recule, le comédien étend son bras vers le rig. Cela évite que le jaillissement ne soit trop fort.

Jouer avec la paire stéréoscopique

Il nous est apparu que deux manipulations étaient possibles au sein de la paire stéréoscopique. La première est connue depuis le milieu du XIX^e siècle³¹⁵ sous le nom de *pseudoscopie*. Elle résulte de l'inversion des images gauches et droites, ce qui a pour effet d'inverser la hiérarchie de la profondeur au sein de l'image : ce qui est supposé être en profondeur apparaît en jaillissement. L'organisation spatiale de l'image va à l'encontre de toutes nos habitudes : les volumes sont inversés, mais leurs recouvrements demeurent.

Le plan en pseudoscopie de *Surveillance* révèle son étrangeté visuelle lorsque le détective finit de se redresser pour être positionné en plan-poitrine devant un coin du décor. Lors d'une projection du film³¹⁶, un spectateur a fait remarquer que ce plan aurait été moins désagréable à regarder si l'image avait été composée de manière continue, c'est-à-dire si nous avions filmé une simple surface en relief. Il ne nous semblait pas pertinent, dans le cadre de cette recherche, de réaliser le plan de cette manière pour les raisons suivantes. Psychologues et spécialistes de la neuro-physiologie ont remarqué que notre cerveau tordait parfois certaines illusions d'optique, pour mieux les conformer

³¹⁵ Charles Wheatstone a décrit cet effet avec précision dans la seconde partie de ses travaux dédiés à la vision binoculaire : « The Bakerian Lecture: Contributions to the Physiology of Vision – Part the Second. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision (Continued) », *art. cit.*, pp. 11-17. En France, l'abbé François Moigno en a décrit les principes optiques en même temps que ceux du stéréoscope dans son ouvrage (sus-cité, paru en 1852), *Stéréoscope, ses effets merveilleux. Pseudoscope, ses effets étranges*.

³¹⁶ À l'occasion du colloque « Stéréoscopie et Illusion », le 1^{er} octobre 2016 à la Fémis (Paris).

à nos habitudes perceptives³¹⁷. Un exemple courant traite de la perception des volumes d'un objet. Imaginons que nous regardons un masque. Celui-ci représente un visage humain. En regardant le masque de face, n'importe qui reconnaîtra le relief d'un visage, avec le relief sortant du nez et les creux au niveau des yeux. En regardant l'envers du masque, beaucoup d'entre nous ne remarqueraient pas que le relief est inversé : le nez est en creux et les yeux en relief. Il se trouve que notre perception est nourrie et influencée par notre connaissance de l'espace environnant. Sachant à quoi ressemble un visage, notre cerveau tord ce que nous voyons pour en faire une représentation conforme à la connaissance de notre environnement quotidien. L'effet d'inversion de la profondeur et des volumes se trouve par conséquent annulé. Nous souhaitons éviter cela dans le film en faisant en sorte que les spectateurs perçoivent clairement l'étrangeté de l'image pseudoscopique. L'objectif était d'écarter tout problème d'identification de l'effet afin de le pousser plus loin. Lorsque des photographies illustrent l'exemple du masque dans les ouvrages de psychologie, elles sont exclusivement en 2D et représentent le masque en gros plan, avec des ombres marquées et le moins de détails possible à l'arrière-plan. C'est pourquoi nous avons résolu d'utiliser le recouvrement des objets plutôt que la lumière pour renforcer la pseudoscopie. Nous avons demandé au comédien de se positionner devant un coin du décor (pas trop éloigné, pour ne pas risquer d'incommoder les spectateurs avec une amplitude stéréoscopique et un jaillissement trop forts). De cette façon, nous sommes parvenus à éviter l'annulation perceptive de l'effet pseudoscopique par le fait de filmer quelque chose que nous connaissons (et que, par voie de conséquence, les spectateurs auraient perçu normalement). Dans le même temps, cela créait une discontinuité évidente de la profondeur de l'image, qui permettait de mettre en avant la pseudoscopie.

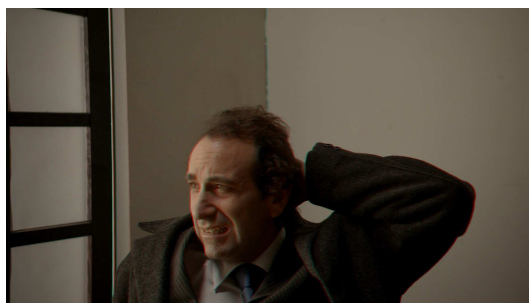


Fig. 49. Surveillance : plan en pseudoscopie.

³¹⁷ GREGORY Richard L., *L'œil et le cerveau. La psychologie de la vision*, Paris, DeBoeck Université, coll. « Neurosciences et cognition », 2000, pp. 259-261. Voir aussi DELORME André, *Psychologie de la perception*, *op. cit.*, pp. 118-119.

La seconde manipulation de la paire stéréoscopique consiste à expérimenter le fait de faire apparaître des objets seulement sur l'une des deux images de la paire stéréoscopique. Nous nous sommes pour cela inspirés de certains plans du film en 3Ds de Jean-Luc Godard *Adieu au langage* (2013). À plusieurs reprises dans le film, l'une des deux caméras effectue un mouvement panoramique latéral, allant jusqu'à filmer le décor dans le sens opposé à l'espace filmé par l'autre caméra. Le résultat est difficile à regarder pour les spectateurs : il leur est impossible de fusionner les deux images, car la paire stéréoscopique est faite de deux images complètement différentes. Les spectateurs n'ont d'autre possibilité que de fermer un œil et de choisir entre continuer à regarder l'image gauche ou bien l'image droite. Nous avons le sentiment qu'il y avait, dans l'expérience de Jean-Luc Godard, quelque chose à explorer. Notre principale réserve à reprendre ce type de plan dans notre film tenait à ce constat : en formant une paire stéréoscopique avec deux images complètement différentes, on obtient deux plans en 2D. La stéréoscopie a disparu. Or, l'objectif du film était d'expérimenter les effets *stéréoscopiques*. Comment tirer parti de l'expérimentation de Jean-Luc Godard tout en conservant le caractère stéréoscopique des images ? Tina Braun, dans son court métrage expérimental *Deconstruct*³¹⁸ (2009), a réussi à produire cet effet : dans certains plans, les images de la paire stéréoscopique se dissocient pour ne laisser apparaître des passants ou des véhicules que sur un œil. La réalisatrice explique avoir filmé avec une seule caméra puis converti le film en 3Ds en post-production afin de contrôler entièrement la stéréoscopie et de la régler selon ses intentions³¹⁹. Dans notre cas, nous tournions en 3Ds native et n'avions pas les moyens techniques pour réaliser cet effet en post-production. Nous nous sommes néanmoins inspirés des méthodes des effets visuels (VFX) pour le réaliser et choisi de tenter l'expérience en filmant d'abord l'une des pièces du décor vide (ce que nous appellerions, pour utiliser le vocabulaire VFX, une *passé à vide*). Vint ensuite le tournage du même cadre avec la comédienne, lui demandant de prendre différentes positions immobiles, puis de se déplacer dans le décor. Nous avons achevé l'effet après coup, pendant le montage, en associant une image de la comédienne avec une image du décor vide pour former la paire stéréoscopique. Trois combinaisons différentes ont été tentées : elle apparaît d'abord immobile sur un seul œil, puis en déplacement avec une disparité temporelle entre les deux images (nous discuterons de cet effet plus loin). La troisième combinaison visait à rassembler dans la même image

³¹⁸ www.tinabraun.de/deconstruct.html.

³¹⁹ <https://vimeo.com/11713495>.

quatre silhouettes de la comédienne : deux silhouettes sur l'image gauche et deux autres sur l'image droite. Cette dernière tentative visait à rendre hommage aux trucages de Georges Méliès, par exemple lorsqu'il se démultiplie lui-même en plusieurs personnages dans *L'Homme orchestre* (Georges Méliès, 1900).



Fig. 50. Surveillance : deux silhouettes sur l'image gauche plus deux silhouettes sur l'image droite sont égales à quatre silhouettes sur la paire stéréoscopique.

En procédant de cette façon, nous sommes parvenus à réaliser des plans en 3Ds. L'effet n'est cependant pas tout à fait réussi. Pour assembler des vues différentes en une seule paire stéréoscopique, nous avons dû « tromper » le logiciel de montage, en recourant à la surimpression. Or, la surimpression influe sur l'opacité de l'image. De fait, la silhouette de la comédienne apparaît bien sur un seul œil, mais elle est à demi-transparente. Bien que le résultat se justifie au sein de la narration, donnant aux silhouettes un aspect fantomatique qui effraie le détective alors enfermé dans la pièce, l'effet aurait été tel que nous le souhaitons si les silhouettes avaient conservé leur entière opacité.

Associer le cinéma et la 3Ds

Tous ces effets stéréoscopiques fonctionnent à l'identique avec des images fixes. Nous aurions alors pu nous contenter de réaliser une série de stéréophotographies. Pourquoi, dans ce cas, faire un film ? Quels effets pourrions-nous obtenir en combinant la stéréoscopie et le cinéma ? La troisième étape de ce travail de recherche fut d'expérimenter la stéréoscopie en intégrant les mouvements du cinéma dans l'espace et dans le temps, allant jusqu'à interroger l'organisation spatiale de l'image stéréoscopique même.

Le cinéma permettant des prises de vues mobiles par le mouvement de la caméra, nous avons privilégié les mouvements dans la profondeur, c'est-à-dire les

travellings³²⁰, de façon à accroître l'impression de mouvement dans ou au-dehors de la boîte scénique. En effet, si les surfaces à l'arrière-plan ne sont pas complètement parallèles au plan-film, mais légèrement en diagonale, les travellings créent des mouvements de parallaxe, ce qui renforce la profondeur stéréoscopique. De la même manière, les travellings compensés ont d'autant plus de force en 3Ds. Rappelons que ce mouvement repose sur la combinaison d'un mouvement de travelling de la caméra avec un mouvement (optique) du zoom dans le sens opposé à celui du travelling, effectués tous deux simultanément. Cela a pour effet de conserver la valeur du cadre sur les personnages ou les objets au premier plan, tout en réduisant ou en augmentant (selon la combinaison de mouvements retenue) la perspective de l'espace à l'arrière-plan. En 3Ds, les travellings compensés ont pour effet de comprimer ou d'étendre la boîte scénique.

Le caractère temporel d'un film a déterminé notre parti pris d'aller plus loin dans l'expérience de constituer une image stéréoscopique avec deux images différentes. Pour cela, il fallait ajouter du temps entre les deux images. Le plan du film correspondant à cet effet a été tourné normalement. Au montage, nous avons délibérément désynchronisé les images gauches et droites, dans un plan où la comédienne traverse le cadre de gauche à droite. Au moment où la comédienne apparaît sur l'œil gauche pour les spectateurs, elle apparaît de nouveau, mais cinq secondes plus tard, sur leur œil droit. On sait que la stéréoscopie fonctionne grâce à une disparité spatiale entre les deux images. Le cinéma nous a permis d'ajouter une disparité temporelle au sein de la paire stéréoscopique.

Il va de soi qu'un film repose également sur des éléments spatiaux. Or, l'espace prend d'autant plus d'importance en stéréoscopie, technique optique qui influe directement sur la représentation spatiale dans l'image. Si l'on considère le volume des images en 3Ds comme des boîtes, que se passe-t-il lorsqu'on superpose deux « boîtes » en surimpression ? Les stéréographes conseilleraient sans doute, pour le confort visuel des spectateurs, d'avoir deux boîtes scéniques d'amplitudes stéréoscopiques égales. Le plan de l'écran devrait aussi se situer au même endroit, car il est un indice de profondeur à part entière. Sans quoi, il apparaîtrait de manière évidente qu'un objet n'occupe pas la même place dans la profondeur que l'objet apparemment situé à côté de lui, mais filmé dans l'autre boîte scénique. Malgré ces potentielles discordances de profondeur, le point commun à toutes les images en 3Ds, c'est l'impression que l'écran a disparu. Certains chercheurs pensent que cette apparente disparition remet en question la primauté de

³²⁰ Nous ne disposons pas d'une Dolly ni d'une grue : nous ne pouvions donc pas faire de mouvement vertical, ni déplacer la caméra dans tous les sens.

l'écran au cinéma³²¹. Pourquoi ne pas renverser cette idée pour considérer l'écran comme une séparation formelle, une sorte de « barrière invisible » ? Si un objet se trouve dans une boîte scénique et un autre objet dans une autre image en 3Ds, ne pourrions-nous pas utiliser l'écran comme une référence pour donner la sensation qu'une image entre en collision avec l'autre ? Pour répondre cette question, il a fallu en passer par une nouvelle expérience. Nous avons superposé un premier plan du comédien, marchant du fond de l'espace vers le plan de l'écran avec un plan en travelling arrière d'un masque, qui apparaît d'abord en jaillissement, donnant ainsi l'impression que le masque « recule » vers le plan de l'écran.

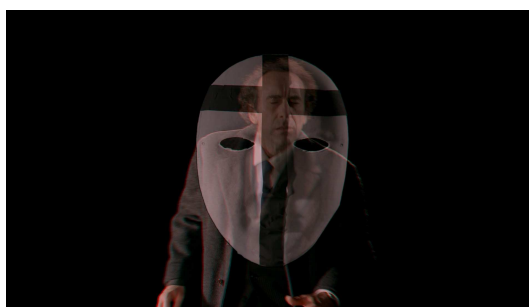


Fig. 51. *Surveillance* : surimpression de deux boîtes scéniques.

Notre idée était de faire en sorte que le masque vienne « se heurter », de manière virtuelle, au comédien sur le plan de l'écran. Le résultat est loin d'être convaincant. En raison du scénario, le comédien recule rapidement, s'éloignant de la position du plan de l'écran, de telle façon que les deux objets ne se retrouvent jamais complètement au même endroit dans les deux boîtes scéniques.

Mettre en scène les effets stéréoscopiques dans une fiction

Dans *Surveillance*, il nous importait d'éviter de présenter une suite de plans qui illustreraient chacun un effet stéréoscopique, comme un simple catalogue des effets possibles en 3Ds. Nous voulions aller plus loin dans cette expérience en les intégrant au sein d'un film de fiction afin d'élargir la réflexion sur les possibilités artistiques de la 3Ds. C'est avec cette démarche que nous avons commencé par définir les effets stéréoscopiques. Nous avons ensuite cherché à les relier, de façon à créer des connexions stéréoscopiques entre les plans, plutôt que des connexions reposant sur la narration. L'« histoire » du film s'est construite à mesure que nous établissions les liens

³²¹ ROSS Miriam, « Where is the screen? », *stereoscopicmedia.org*, November 30, 2014, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=54>.

entre les plans. Il nous est rapidement apparu que le rendu visuel de certains effets serait inhabituel : il serait difficile de les intégrer dans une fiction qui se voudrait réaliste. L'histoire devait être aussi étrange que les effets eux-mêmes. Une solution, en tenant compte des moyens dont nous disposions, était d'opposer une réalité d'aspect « normal » avec un rêve où les choses prennent d'étranges apparences. C'est pourquoi nous avons choisi d'adopter un schéma alliant stéréoscopie et narration similaire à celui de *Tron: Legacy* (*Tron : l'héritage*, Joseph Kosinski, 2010). Les premières et les dernières séquences du film, qui se déroulent au Canada, sont en 2D. Les autres séquences, où l'on suit le personnage principal dans les circuits (matérialisés pour l'occasion) d'un ordinateur, sont en 3Ds. Un carton annonce au début du film que certaines séquences sont volontairement en 2D, invitant les spectateurs à garder leurs lunettes sur le nez. Nous avons donc décidé, pour *Surveillance*, que les effets répondant à notre problématique de recherche seraient en 3Ds et correspondraient au rêve du personnage principal. Le reste du film, correspondant à la vie « réelle », serait en 2D. Alternier des images en 2D avec des images en 3Ds présentait l'avantage de disposer des versions en 2D et en 3Ds de chaque plan, de façon à pouvoir les comparer et renforcer le passage de la 2D à la 3Ds.

Certains des effets expérimentés avaient déjà été utilisés dans des productions récentes en 3Ds. Par exemple, on retrouve l'hyperstéréoscopie dans au moins deux films : *Cave of the Forgotten Dreams* (*La cave des rêves perdus*, Werner Herzog, 2011) et *Jack the Giant Slayer* (*Jack le chasseur de géants*, Brian Singer, 2013). Le premier est un documentaire sur la grotte Chauvet ; le second est un film de fiction inspiré du conte *Jacques et le haricot magique* de Hans Christian Andersen (1805-1875). La grotte Chauvet, sujet du documentaire de Werner Herzog, n'est pas ouverte au public et son accès est strictement régulé, à des fins de préservation et de conservation du site. L'effectif de l'équipe technique se trouvant réduit par ces restrictions, on opta pour une configuration de tournage la plus légère possible, avec un rig construit par Kasper Kallas permettant d'accueillir deux petites caméras GoPro ou S2K. Cette configuration présentait l'avantage d'être viable pour tourner à l'épaule, la seule configuration possible compte tenu de l'effectif et des temps de tournage limités. Werner Herzog et Peter Zeitlinger (l'opérateur du film) ont donc tourné avec un rig côte à côte, un entraxe fixe et en parallèle. Bien que Peter Zeitlinger ait confié³²² qu'ils aient cherché à travailler avec

³²² Peter Zeitlinger est intervenu à la Fémis, où il a présenté le film, le 10 février 2017. Toutes les informations techniques sur la prise de vues de *Cave of the Forgotten Dream* sont issues de cette intervention.

la plus petite base stéréoscopique possible, certains plans présentent un effet maquette évident. Ce sont des plans d'ensemble, montrant les scientifiques face aux peintures qui ornent les murs de la grotte, éclairés par leurs lampes frontales. On ne peut nier que l'effet doit beaucoup aux contingences de tournage. Nous avons cependant eu la sensation en voyant le film que la miniaturisation soulignait à quel point les humains étaient aujourd'hui dépassés face à l'œuvre de leurs ancêtres. Le film ayant vocation à rendre accessible au public la grotte Chauvet, la voix off de Werner Herzog n'hésite pas à affirmer que « ces images sont la mémoire des rêves de nos ancêtres, longtemps tombés dans l'oubli. » Sont-ce bien là les « rêves » des premiers hominidés ? Si ce sont des rêves, peut-on vraiment les comprendre ? Ces peintures, vieilles de plusieurs millénaires, ont traversé le temps, tandis que les êtres humains atteignent peu à peu une espérance de vie d'un siècle à peine. En voyant ainsi les scientifiques explorant la grotte rendus si petits en comparaison de celle-ci, le caractère insignifiant des scientifiques et de leur quête, eux qui cherchent à donner un sens aux peintures sans jamais être en mesure d'acquiescer à une quelconque certitude à leur sujet, nous paraît renforcé.

Jack the Giant Slayer narre les aventures de Jack, jeune homme qui fait tomber par mégarde des graines de haricots « magiques » : au premier contact avec de l'eau, les graines germent et un pied de haricot immense pousse en quelques instants. Le haricot est si haut qu'on ne voit pas son sommet, culminant quelque part au-dessus des nuages. En y grimpant, Jack atteint le royaume des Géants, qui n'attendaient qu'un nouvel haricot pour accéder au monde des humains et l'envahir. Lorsque, à la fin du film, Géants et Humains se livrent la bataille finale sur Terre, quelques plans subjectifs des Géants donnent aux spectateurs une vue des Humains depuis le point culminant des Géants : tout semble minuscule et les bâtiments (maisons et château fort) ne paraissent pas plus grands que des modèles réduits tout droit sortis du coffre à jouets d'un enfant. Ici, l'hyperstéréoscopie est justifiée par l'histoire. Le réalisateur se saisit de l'occasion pour nous montrer l'action *depuis* le point de vue des Géants. Par l'hyperstéréoscopie, il souligne la petitesse des humains et combien ils paraissent faibles et fragiles quand, comme les Géants, on mesure plusieurs mètres de haut. Dans ces deux films, l'hyperstéréoscopie se trouve renforcée par la position éloignée de la caméra, filmant l'action en plan d'ensemble.

Pour *Surveillance*, le plan d'hyperstéréoscopie devait permettre de « donner de l'air » à l'image après plusieurs plans accordant peu de visibilité à l'espace entourant le personnage principal. Dans le même temps, nous avons souhaité montrer le personnage dans le décor clos pour souligner l'enfermement de ce dernier et suggérer qu'il est

observé, tel un lion en cage ou un rat de laboratoire. Nous cherchions, de cette façon, à installer progressivement la tension de la séquence, après que le personnage se soit réveillé et avant que l'espace ne soit envahi par les silhouettes féminines qui semblent vouloir le poursuivre à tout prix.

On trouve plusieurs travellings compensés dans le film de Wim Wenders *Every Thing Will Be Fine*. Les travellings compensés viennent en soutien au choc émotionnel que subit Tomas, le personnage principal du film. C'est par exemple le cas lors de l'accident qui marque Tomas pour plusieurs années. Alors qu'il rentre chez lui l'hiver sur une route enneigée en fin d'après-midi, Tomas heurte mortellement un garçon qui dévalait le talus de neige devant chez lui avec sa luge, glissant jusque sur la route où Tomas roulait à ce moment-là. Tomas sort de sa voiture, s'approche de l'avant et découvre un petit garçon prostré dans sa luge. Soulagé, Tomas relève l'enfant (sans voir le corps du frère de celui-ci, qu'il vient de renverser) et se retourne pour voir la maison où le ramener. La réaction de Tomas est plus importante ici : un plan taille serré du personnage s'attarde sur lui tandis qu'il regarde la maison hors-champ, un travelling compensé débute, commençant à dilater l'espace, puis se poursuit sur toute la longueur pendant le plan suivant, qui est un contrechamp sur le chemin couvert de neige avec la maison au bout, agrandissant la distance apparente à parcourir pour l'atteindre. Le mouvement se termine sur le plan de Tomas en plan poitrine, créant un vide. À la fin du film, après une relation compliquée avec le jeune garçon rescapé de l'accident et dont le frère est décédé, quand les deux personnages trouvent enfin une relation saine malgré le drame qui les lie, Wim Wenders filme James Franco en gros plan, s'attarde un peu puis l'espace se compresse sous l'effet d'un travelling compensé, de nouveau entrecoupé par le contrechamp sur ce que regarde le personnage (l'arbre en fleur au milieu de son jardin).

Le mouvement marque le soulagement psychologique du personnage : les objets se rapprochent les uns des autres, l'environnement reprend son état normal. Dans le film de Wenders, l'effet de dilatation ou de compression de la boîte scénique reste discret. Derrière le personnage, le premier objet (la végétation ou le mobilier de sa maison) est loin et flou, le plan de netteté se trouvant sur le comédien. Nous avons le sentiment que lorsque le travelling compensé se fait, le manque de repère de profondeur en atténue l'effet : la perception de la dilatation de l'espace est meilleure dans le plan sur la maison, où le chemin donne la sensation de s'étirer, les piquets en bois le long du chemin de s'éloigner les uns des autres et la maison de rapetisser. C'est pourquoi, lorsque nous avons réfléchi à la manière de réaliser les travellings compensés dans *Surveillance*, nous

avons choisi une forme en spirale. Notre pari était que grâce au travelling compensé, la spirale (lumineuse) s'étendrait ou se comprimerait tel un ressort, mettant en évidence l'effet stéréoscopique. Les travellings compensés ont été considérés dans un second temps comme élément de liaison, servant à la fois à connecter les plans entre eux et à marquer le début et la fin de l'effet de surimpression avec le masque. La spirale lumineuse évoque la forme d'un vortex et sa compression puis sa dilatation provoquée par les travellings compensés devait nous permettre de suggérer le déplacement, la « téléportation » du personnage principal d'un espace à un autre.

Par ailleurs, il fallait également essayer de tirer parti du décor, qui nous était imposé. Il s'agissait du plateau de l'ENS Louis-Lumière où avait été tourné *Endless Night*. Le décor qui y est installé est permanent, il sert régulièrement aux exercices des étudiants de l'école. Il est fait d'une large fenêtre coulissante : elle a été intégrée à notre décor pour mettre à profit sa transparence. Dans la mise en scène, elle est devenue une séparation invisible, une barrière transparente, tout comme le plan de l'écran au sein de la boîte scénique. Cette fenêtre est présente dans les plans en 2D, quand le détective fait face à la réalité ; puis elle disparaît une fois que le détective rêve et que les plans sont stéréoscopiques. Elle agit ainsi comme élément de liaison entre les deux espaces : d'un côté se trouve la réalité en 2D et de l'autre (derrière la fenêtre) se trouve l'espace du rêve, en 3Ds. Le but était de lier les espaces entre eux, d'y intégrer de la continuité afin de compenser les ruptures que provoqueraient certains effets.

Résultats et perspectives

Bien que les effets ne soient pas tous complètement réussis tels qu'ils avaient été pensés à l'origine, cette recherche par la pratique nous a permis de mettre à jour les illusions optiques que seul le cinéma en 3D stéréoscopique permet de réaliser.

Lorsqu'on regarde le film en entier, on remarque que ces illusions produisent le plus souvent des distorsions spatiales (pseudoscopie, distorsions d'échelle, travellings compensés). Les retours d'expérience à l'issue des projections ont confirmé que certains effets, comme par exemple la pseudoscopie, sollicitaient fortement le système visuel des spectateurs. Conscients de l'importance du confort visuel des spectateurs, nous avons essayé d'y pallier au tournage en réduisant l'amplitude de la profondeur. Filmer certains effets stéréoscopiques sur un fond noir uni (et donc dépourvu de tout indice de profondeur) s'inscrivait dans cette démarche. Il apparaît que ce n'était pas la meilleure solution, dans la mesure où les indices de profondeur mettent en valeur la profondeur stéréoscopique et auraient probablement rendu l'identification de certains effets plus

facile (comme, par exemple, la surimpression avec le masque). D'autres effets, comme le fait de faire apparaître certains objets seulement sur un œil, sont si inhabituels qu'ils restent incompréhensibles aux spectateurs. Les gens ont même le réflexe de fermer les yeux plutôt que de continuer à regarder l'écran lorsque de telles images sont projetées.

L'étude de l'évolution des gammes stéréoscopiques du film (le *depth budget*, que l'on pourrait désigner en français par l'expression « budget 3Ds ») plan par plan met en avant le grand nombre de variations stéréoscopiques ainsi que leurs amplitudes. La stéréoscopie, dans *Surveillance*, est *discontinue*. Cet état de fait est d'autant plus visible que le film donne à voir beaucoup d'effets stéréoscopiques différents en peu de temps : sans les cartons au début du film et le générique de fin, le film dure 5 min 10 s.

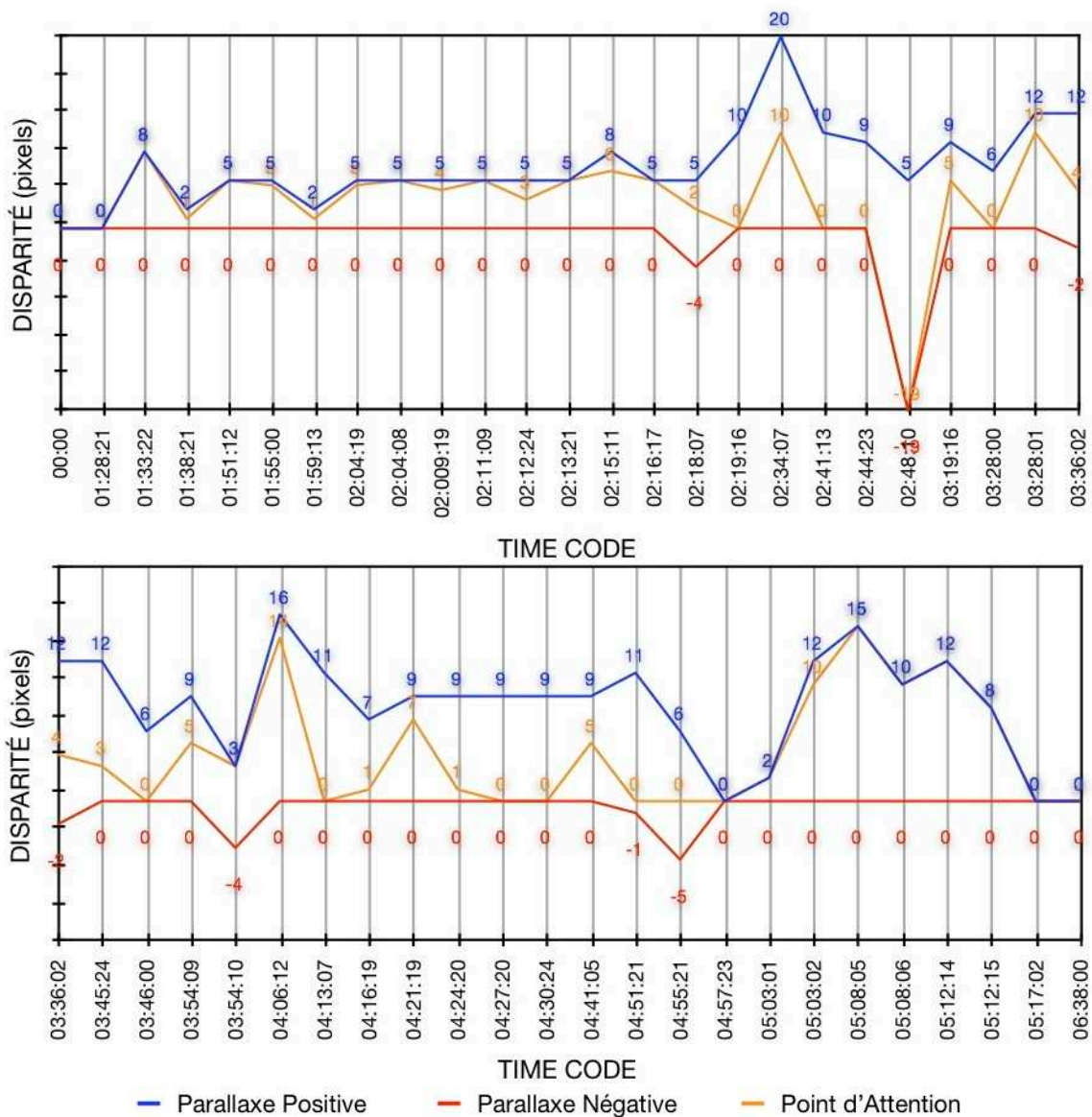


Fig. 52. Budget 3Ds final de Surveillance.

***Espace, Espaces !* (cm, 2017) : le principe des variations continues dans le court métrage**

Le fil conducteur à l'origine du second court métrage réalisé au cours de cette recherche, intitulé *Espace, Espaces !*, a trouvé sa source dans plusieurs interrogations, mises au jour au cours des deux premières années de doctorat.

L'état des lieux de la continuité en 3Ds, développé dans le chapitre 6, nous a permis d'approfondir notre connaissance des discours critiques et académiques sur le cinéma en 3Ds, mettant à jour le paradoxe d'associer le toucher aux objets optiques que sont les images en 3D stéréoscopique. Cette partie de la recherche a conduit à l'étude, rapportée dans le chapitre 7, de la composition des images en 3Ds et de saisir la part de discontinuité et de continuité spatiale dans la composition des images en 3Ds. Elle avait conclu, rappelons-le, à la prégnance de la discontinuité visuelle et spatiale, tant pour l'observation stricte des éléments de l'image que pour son efficacité dans la mise en œuvre de l'esthétique visuelle des images en 3D stéréoscopique. Cette étude avait également permis d'identifier des influences de la peinture et de la sculpture de bas-relief dans ces mêmes images, établissant les premières *correspondances*, entre le cinéma en 3Ds et d'autres formes artistiques. Cet aspect de l'étude de la continuité spatiale dans les images en 3Ds a engendré le retour à l'une des questions à l'origine de ce travail de recherche : si ce sont là les seules correspondances artistiques exploitées actuellement dans les films de fiction en 3Ds, ne pourrait-on pas établir d'autres correspondances artistiques au sein du cinéma en 3Ds afin d'élargir le champ des possibilités artistiques de cette technique ?

Par la suite, les premières observations lors de tournages en 3Ds ont confirmé la difficulté à intégrer du continu au sein d'un tel film, d'abord pour des raisons inhérentes à la réalisation technique de la stéréoscopie : on ne peut raisonnablement conserver les mêmes réglages et amplitudes stéréoscopiques pour tous les plans du film, comme on l'a évoqué au chapitre 6. L'expérience de *Surveillance* l'a confirmé et a mis à jour, de manière réflexive et pratique, les spécificités et les possibilités visuelles caractéristiques de la stéréoscopie (découvertes pour certaines et redécouvertes pour d'autres à l'occasion de la réalisation de ce premier court métrage) comme étant des facteurs supplémentaires favorisant la discontinuité. Cette première expérience de réalisation en 3Ds, qui a donc produit davantage d'éléments de discontinuité que d'éléments de continuité spatiale et visuelle, a soulevé une deuxième question : quels avantages stéréoscopiques pourrait-on obtenir à créer de la continuité, à l'inverse des images et des raccords 3Ds produits dans *Surveillance* ?

Les recherches sur la continuité menées tout au long de ce travail ont révélé que cette notion est intimement liée à celles du temps et de l'espace. L'étude de la continuité au travers de ces deux notions a mis en évidence d'une part l'importance du temps pour la musique et d'autre part l'importance de l'espace pour l'architecture. L'état des lieux de la continuité dans les films en 3Ds n'a pas montré de rapprochement évident avec ces deux disciplines. Pourtant, elles nous ont paru essentielles pour proposer une réponse *par la pratique* aux deux questions formulées plus haut, revenant en cela à l'hypothèse à l'origine de ce travail de recherche : identifier les modèles de continuité élaborés en musique et en architecture et faire en sorte de les appliquer au cinéma de fiction pour enrichir la *continuité stéréoscopique*. Soit, pour reprendre la définition formulée en conclusion de la première partie, prendre exemple sur la musique et l'architecture pour montrer comment les choses se mettent à signifier, dans un film de fiction en 3Ds, par l'arrangement temporel et spatial continu des éléments.

Le principe des variations continues d'après Iannis Xenakis, point de départ théorique du projet

Le travail de Iannis Xenakis fournit un point de départ à ce projet, ce pour deux raisons. Découvert pendant la première année de doctorat à l'occasion des recherches trans-disciplinaires sur la notion de continuité (rapportées dans le troisième chapitre), le compositeur et architecte Iannis Xenakis a la particularité d'avoir allié et alterné, au cours de sa carrière, ces deux domaines artistiques. On a vu par ailleurs que les problématiques de la continuité et de la discontinuité pour la composition musicale et la construction de bâtiments, auxquelles il se proposait d'apporter des réponses au moyen des mathématiques, étaient au cœur de ses œuvres. Partant de ce constat, nous avons eu le sentiment qu'il serait fructueux de prendre appui sur l'œuvre de Xenakis et sa méthode de travail, mais sans savoir, dans un premier temps, comment en tirer profit.

Au vu de la multiplicité des éléments constitutifs d'un film (évoquée dans les deux premiers chapitres), auxquels s'ajoute la stéréoscopie (dont on a pu mesurer l'impact sur la mise en œuvre d'un film dans la suite de cette recherche), il paraissait illusoire, quel que soit le film, de parvenir à mettre en œuvre un arrangement temporel et spatial *entièrement continu*. Les recherches ont par ailleurs mis en lumière l'utilité de la présence de la discontinuité au sein des films de fiction, par exemple pour concentrer dans un film les éléments essentiels à l'histoire dans un temps raisonnable. La discontinuité joue même un rôle important dans l'esthétique de la boîte scénique, comme l'ont démontré les recherches sur la composition spatiale des images en 3Ds.

Faisant face à des éléments de discontinuité avec la musique, Iannis Xenakis a appliqué le principe des *variations continues* dans *Metastaseis*, l'une de ses premières œuvres, qu'il reprit à la même période pour l'élaboration du Pavillon Philips à l'occasion de l'exposition universelle de Bruxelles de 1958. Jusque-là, notre étude de la continuité stéréoscopique, développée au chapitre 6, a mis en évidence les variations de la stéréoscopie au cours d'un plan. À l'échelle d'un film, celles-ci sont *discontinues*. Or, le principe des *variations continues* peut ouvrir un champ encore inexploré quant à son application en 3Ds et, partant, offrir l'opportunité d'établir des correspondances entre architecture, musique et cinéma en 3D stéréoscopique.

La démarche créative de Iannis Xenakis et le retour d'expérience sur la réalisation de *Surveillance*, sont à l'origine d'un questionnement à la base de notre seconde réalisation : quelles possibilités artistiques les variations continues peuvent-elles offrir à la continuité stéréoscopique ?

L'espace comme point de départ créatif : le choix du décor

Les recherches et les expériences sur les tournages ayant révélé l'importance de l'espace et de son agencement, afin de tirer parti au maximum des possibilités artistiques de la stéréoscopie quant à la représentation de l'espace dans un film, le choix prioritaire du décor s'imposait.

Il s'est arrêté sur l'actuel hôtel de ville de Bagnolet. Inauguré à la fin de l'année 2013, le bâtiment a été construit juste derrière l'ancien bâtiment de la mairie. Ce dernier est un pavillon de deux étages avec un toit en ardoises. Les murs en briques et en pierres blanches encadrent les ouvertures (portes et fenêtres) et les angles du corps du bâtiment. Une passerelle, faite de verre et de poutres métalliques, relie l'arrière de l'ancien bâtiment avec l'avant du nouveau³²³.



Fig. 53. Vue extérieure de l'hôtel de ville de Bagnolet

³²³ Cette passerelle n'est cependant pas fonctionnelle car l'accès à l'ancien bâtiment est condamné.

Le nouveau bâtiment de l'hôtel de ville a retenu notre attention par l'absence quasi totale d'angles droits au sein du bâtiment au profit de l'utilisation des courbes. Cela rapproche l'architecture du bâtiment avec celle du Pavillon Philips élaboré par Iannis Xenakis. Des murs plats n'offrent guère d'intérêt en 3Ds : une surface plane est, par essence, dépourvue de volume. Au contraire, les larges espaces de l'hôtel de ville, délimités par des courbes, créent des volumes naturels que la 3Ds pourrait mettre en valeur et seraient autant de possibilités pour explorer la notion de variations continues. Les plafonds, incomplets dans le corps principal du bâtiment, l'ouvrent à l'intérieur sur toute sa hauteur (du premier sous-sol au sixième étage) et l'organise selon des balcons courbes en vis-à-vis, offrant une profondeur décuplée que la prise de vues en 3Ds serait à même de mettre en valeur.

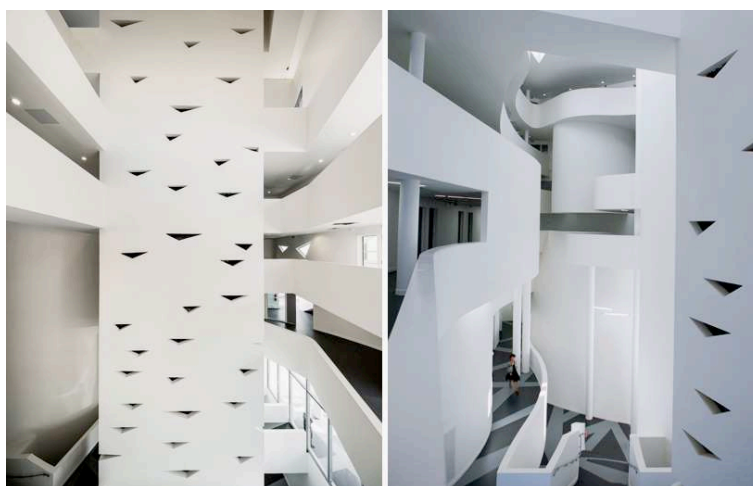


Fig. 54. Vue intérieure de l'hôtel de ville de Bagnolet

Le bâtiment se caractérise par ailleurs par de nombreuses surfaces vitrées. De telles surfaces transparentes créent des voies de communication entre l'intérieur et l'extérieur et lient les espaces architecturaux à l'intérieur du bâtiment. Elles suppriment tout élément de rupture traditionnellement représenté par les murs opaques : en un mot, elles créent de la continuité, notion au cœur de cette recherche. Cela offre la possibilité d'expérimenter la mise en scène en 3Ds en l'échelonnant sur plusieurs plans de profondeur ; profondeur qui prend ici tout son sens en 3Ds. Les surfaces vitrées possèdent également des propriétés optiques propices aux réflexions. Comme des miroirs semi-transparents, elles offrent un espace de profondeur supplémentaire, situé hors-champ, et constituent de fait un terrain d'exploration pour la recherche.

C'est ainsi que l'hôtel de ville de Bagnolet, une fois choisi pour décor, fut le point de départ pour élaborer un court métrage en 3Ds sur le principe des variations continues.

Les variations continues comme structure du scénario

En choisissant de réaliser un court métrage de fiction avec la notion de variations continues pour guide, celle-ci se devait d'être le fil conducteur pour toute la mise en œuvre du film, à commencer par l'histoire. Pour cela, nous avons fait le choix d'un scénario basé sur la répétition en intégrant des différences à chaque nouvelle occurrence d'une même séquence. Prendre le travail pour sujet était propice au développement de ce type de situations : on se retrouve chaque jour au même endroit pour y effectuer les mêmes actions, mais les journées ne se déroulent jamais de manière identique. Il y a toujours d'infimes variations d'une journée à l'autre, ne serait-ce que dans la météo ou les tenues vestimentaires des personnes. Cela offrait deux types de variations : des variations temporelles (changement de jour et déroulement de chaque journée) et visuelles (par la multiplication des journées et la variété des espaces du décor retenu).

Le scénario présente par conséquent la routine d'un personnage (nommé Baptiste) dans son environnement de travail (le ministère des Affaires Spatiales), où ses tâches sont chaque jour identiques et l'amènent à traverser les mêmes espaces, mais dont les conditions d'exécution restent soumises aux facteurs extérieurs, depuis ses interactions avec ses collègues de travail jusqu'aux instances et personnes extérieures à l'environnement de travail direct (par exemple les médias et les organes supérieures de l'État). Le dispositif se répète sur trois journées. Une quatrième journée sert de conclusion à l'histoire. Elle devait aussi pouvoir laisser la possibilité d'expérimenter des variations visuelles qui n'auraient pas eu l'occasion de l'être au cours des trois autres journées (reposant sur un système clos).

Suivant cette logique de répétitions dont les variations temporelles ont un impact visuel, il a été prévu que les décors intérieurs du bureau de Baptiste et du ministre d'une part, et l'extérieur du ministère d'autre part, seraient montrés à la fois de jour et de nuit. L'inclusion de *time lapses*³²⁴ au sein du film procédait aussi de cette démarche.

³²⁴ Technique qui consiste à prendre une série de vues à intervalles réguliers pendant un temps plus ou moins long (quelques dizaines de minutes à plusieurs heures). Une fois les vues mises bout à bout au montage, leur animation produit une sensation d'« écoulement du temps », que l'on désigne par l'expression anglaise « time lapse ».

Les variations passent également par les membres du personnel du ministère des Affaires Spatiales : les trois mêmes comédiens interprètent les trois personnages de chacun des services. Leurs costumes différencient le service du ministère auquel ils appartiennent à chacune de leurs apparitions : le département d'astro-physique, le service diplomatique ou le département d'exo-linguistique.

Intégrer les variations continues à la production du film

Une fois les variations continues intégrées à la structure narrative, il s'agissait de déterminer les variations continues dans la mise en scène. La multiplicité des éléments qui constituent un film et leurs combinaisons, qui ne font qu'accroître les possibilités, ne permettrait pas d'expérimenter l'application de variations continues pour tous ces paramètres dans un seul court métrage. Il a donc été nécessaire d'opérer une sélection : nous avons retenu de mettre l'accent sur la représentation de l'espace, prolongeant en cela la démarche qui nous avait amenées à sélectionner l'hôtel de ville de Bagnolet pour décor. Les paramètres retenus pour expérimenter des variations continues au sein de la représentation spatiale dans le film ont été les suivants pour ce tournage : la longueur focale des objectifs, la lumière (en particulier les ambiances lumineuses) et l'organisation de la boîte scénique (l'arrangement du décor, les mouvements dans la boîte scénique et les distances séparant la caméra des sujets filmés). Le tournage a été réalisé avec deux caméras Sony PWF-F3, munies de deux zooms Angénieux Optimo DP 16-42 mm prêtés par la société Binocle 3D et installées sur un rig à miroir P+S Teknik prêté par la société Parallell Cinema.

Le plan final de *Surveillance* est un travelling arrière sur une porte qui se ferme. Nous avons choisi, au moment du tournage, de filmer ce plan plusieurs fois, en ne modifiant que les réglages stéréoscopiques selon une suite arithmétique de raison + 5. C'est-à-dire que nous avons tourné ce plan six fois, d'abord avec les réglages stéréoscopiques à zéro, puis nous avons augmenté la parallaxe de cinq pixels à cinq reprises, jusqu'à atteindre une disparité de vingt pixels au sein de la paire d'images. Les réglages stéréoscopiques étaient fixes pendant le mouvement de travelling arrière. La sixième version du plan conservait une disparité de vingt pixels, mais nous modifions la convergence pendant le mouvement de façon à conserver le plan de l'écran sur l'encadrement de la porte. Comme expliqué au chapitre 6, le suivi de la convergence s'apparente au suivi de la mise au point. Il a pour effet de déplacer le plan de l'écran dans la boîte scénique, à la manière des pistons d'une trompette par exemple. Au montage, la succession de tous les plans ne permettait pas de percevoir l'augmentation

de l'amplitude stéréoscopique de manière significative. Le fait d'avoir filmé la porte sur un fond noir, sans autre objet dans le plan pour fournir un indice de profondeur, était un frein de plus à la visibilité de l'effet. Le plan se répète finalement quatre fois dans le montage final du film. Le choix a été opéré suivant les conseils d'Aymeric Manceau, stéréographe qui assura les corrections 3Ds lors de la post-production. Nous avons conservé la première version du plan, suivie des versions avec dix et vingt pixels de disparité, afin de ressentir malgré tout une légère variation à chaque changement de plan, et enfin la sixième version du plan avec suivi de la convergence durant le travelling. Sachant que les espaces de l'hôtel de ville de Bagnolet retenus pour *Espace, Espaces !* seraient aménagés de façon à proposer des décors plus fournis que pour le plan de la porte de *Surveillance*, il a été décidé, à l'inverse de *Surveillance*, de varier la focale entre deux occurrences d'un même décor. La valeur des focales diminue à chaque nouveau jour de continuité, donnant à voir des espaces plus vastes :

	BUREAU	OBSERVATOIRE	DIPLOMATIE	EXO-LINGUISTES
JOUR 1	40 mm	42 mm	42 mm	27/34 mm
JOUR 2	35 mm	27 mm	30 mm	27/34 mm
JOUR 3	25 mm	18/19 mm	21 mm	27/42/22 mm
JOUR 4	18/19 mm			

Fig. 55. Espace, Espaces ! : répartition des focales par décors et par jour de continuité

En revanche, la valeur de plan resterait identique et la stéréoscopie serait adaptée de manière à conserver la consistance des volumes et de la profondeur. Conserver une valeur de plan identique après un changement de focale, aussi minime soit-il, requiert de modifier la distance caméra-sujet. Cela offrait une variabilité spatiale supplémentaire. Cela supposait dans le même temps de répéter le même découpage dans chaque décor du film, renforçant en cela la routine quotidienne de Baptiste. L'objectif était de mesurer l'impact des variations de focale sur la représentation de l'espace (et son ressenti par les spectateurs). Les séquences des exo-linguistes font exception au traitement spatial choisi. La variation réside d'une part dans le scénario et d'autre part dans le découpage.

Les personnages des exo-linguistes cristallisent la tension qui règne au Ministère et entre les différents services. Il y a une gradation dans l'agacement des personnages d'une séquence à l'autre, qui atteint son niveau maximum à l'issue de la troisième séquence. À chaque apparition, les exo-linguistes proposent un nouveau « langage ». Il

est chaque fois élaboré en réponse aux reproches de leurs collègues du Ministère. Dès le scénario, l'évolution des langages inventés par ces personnages était prévue : le premier langage est uniquement sonore et le deuxième est uniquement visuel, mais bi-dimensionnel (des éclats lumineux et des ombres sur une surface plane : une toile en tissu). Le troisième est aussi visuel et se déploie de manière tri-dimensionnelle. Nous avons souhaité créer une progression dans la manière de mettre en espace cette troisième occurrence des exo-linguistes. Les recherches sur la composition spatiale de l'image en 3Ds ont constitué la base de notre proposition, l'organisation spatiale de la boîte scénique relevant d'abord de la continuité tactile, avant d'évoluer vers un arrangement basé sur la discontinuité optique.

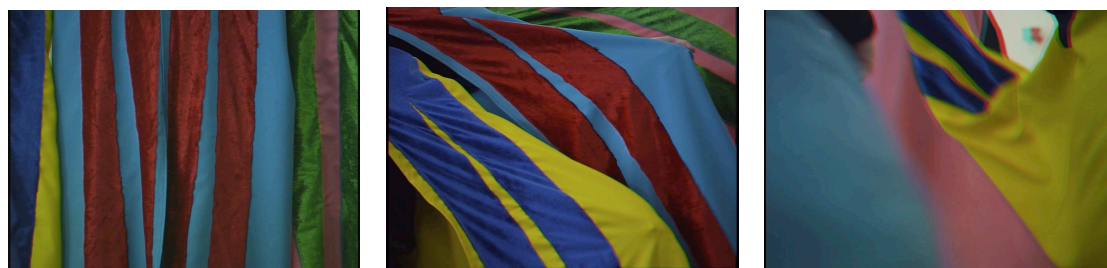


Fig. 56. *Space, Spaces !* : les trois plans du langage « tri-dimensionnel » des exo-linguistes

Un premier plan montre les capes des exo-linguistes juxtaposées, immobiles et sans ombre marquée, à l'image d'un bas-relief. Le mouvement de travelling latéral esquisse un mouvement longitudinal, semblable au parcours effectué le long d'une surface sculptée. Le deuxième plan montre les bras des exo-linguistes les uns derrière les autres, se lever l'un après l'autre, maintenant leur cape d'une main. Leurs bras apparaissent les uns derrière les autres, dans un plan parallèle à celui de l'écran, de manière à créer un effet de profondeur restreinte³²⁵. Dans le troisième plan, les positions des comédiens sont davantage échelonnées dans la profondeur, de manière à ce que les figures se détachent les unes des autres et mettent en valeur les volumes des capes que les comédiens bougent cette fois-ci dans l'axe de la profondeur.

Les séquences avec les diplomates et les exo-linguistes se déroulent dans le corps principal du bâtiment de l'hôtel de ville, avec les balcons courbes qui se font face.

³²⁵ Nous souhaitons à l'origine que les comédiens soient placés devant un mur afin de « fermer » l'espace dans la profondeur, prenant exemple sur les reliefs antiques (voir RIEGL Aloïs, *L'Industrie d'art romaine tardive, op. cit.*, pp. 120-123 pour l'analyse des reliefs constantiniens et pp. 139-143 sur les reliefs de l'Arc de Titus) mais une incompréhension entre le directeur de la photographie et nous-même au moment de la mise en place du plan a fait positionner l'éclairage et la caméra selon un axe qui, au contraire, ouvre l'espace derrière les comédiens.

Le découpage retenu pour les séquences avec les diplomates permettait de tirer parti de la profondeur d'un même étage, en plaçant des portions d'action de part et d'autre des couloirs qui se font face. La caméra restait à niveau, sur un plan parallèle au sol. Les séquences avec les exo-linguistes, pour les deux premières journées de continuité du scénario, sont découpées en champ-contrechamp alternant des plans en plongées radicales avec des plans en forte contre-plongée. La répartition des personnages et leurs actions dans la profondeur étaient ainsi maintenues, tout en variant les angles de caméra dans cet espace du bâtiment. Il était prévu à l'origine que ces séquences soient filmées selon le système des variations de focales avec une valeur de plan et une boîte scénique semblables. Le découpage retenu pour ces séquences n'a pas permis de maintenir ce système. Dans cette configuration de plongées et de contre-plongées radicales dans un espace ouvert de plusieurs étages de haut, nous n'avions pas la machinerie adéquate pour ajuster la position de la caméra afin de compenser le changement de focale et ainsi conserver la même valeur de plan d'une séquence à l'autre. Les plans sont donc filmés à l'identique entre la séquence du premier jour et celle du deuxième.

Les séquences dans le bureau du ministre sortent du système des variations de focales avec cadre et rendu stéréoscopique identiques. Nous tenions, en revanche, à ce que le décor soit vu sous deux ambiances différentes, comme le bureau de Baptiste. Les vitres courant sur toute la longueur de la pièce devaient permettre de tirer parti de la profondeur offerte par la vue sur la ville depuis le sixième étage du bâtiment, mesurant en cela l'impact du changement d'ambiance à l'extérieur sur la profondeur (malheureusement les contingences météorologiques n'ont pas permis d'obtenir un résultat abouti). Toujours dans le but d'expérimenter les variations continues sur la représentation spatiale et la composition de la boîte scénique, les critères établis pour les séquences dans le bureau de Baptiste et pour chacun des différents services du ministère, ont été reproduits pour la séquence de nuit. Ils ont été combinés différemment lors du monologue du ministre : celui-ci est filmé en trois parties, chacune avec une focale plus longue (25 mm, puis 32 mm et 40 mm). La caméra ne bouge pas, c'est le déplacement de la comédienne pendant le monologue qui fait varier la distance caméra-sujet. Le rendu stéréoscopique reste continu au cours de ces trois plans. Au montage, les plans du monologue alternent avec les plans d'écoute de Baptiste (filmé en plan taille au 30 mm au tout début, puis en plan poitrine au 42 mm une fois que le monologue a débuté). Le léger mouvement latéral de la caméra suggère d'une part celui du ministre et d'autre part, crée un mouvement de parallaxe avec les pans de murs colorés derrière lui afin de renforcer la profondeur à l'arrière-plan.

Compte tenu de l'impact visuel de la stéréoscopie, il était essentiel de concentrer notre attention sur l'image. Les raisons qui nous ont conduits à restreindre les recherches sur la continuité à l'image, laissant ainsi de côté le son, ont été précédemment expliquées, toutefois le son a une importance primordiale dans la continuité d'un film. Aussi, il était difficile (pour ne pas dire impossible) de l'écarter complètement de la démarche de réalisation de *Espace, Espaces !* C'est pourquoi il nous faut faire un détour par le son pour rendre compte des choix artistiques opérés pour la réalisation de ce film.

Notes sur l'intégration du son au sein des variations continues de Espace, Espaces !

Le son a été intégré dans le système des variations continues de deux manières : la musique et la mise en espace de la bande son à l'occasion du mixage.

Nous avons pris le parti de ne pas considérer la musique comme un élément venant explicitement ajouter à la tension dramatique ou au suspens de certaines situations (par exemple le monologue du ministre ou bien lorsque Baptiste revient de nuit au ministère après son renvoi), car le montage image du film est venu confirmer une intuition survenue lors de la préproduction du film (sans toutefois être en mesure de se la représenter complètement) : pour pouvoir s'intégrer au système des variations continues, la musique devrait venir accompagner les transitions entre les différents jours de continuité. De cette façon, elle créerait une continuité sonore afin de lier les événements entre eux et permettrait d'atténuer les divisions visuelles dues aux différents plans. Carmelo Tavarnesi, le compositeur, a fait plusieurs propositions dans ce sens et nous avons retenu une musique construite à partir d'éléments et de motifs répétés à chaque occurrence, mais de manière variée. Le premier morceau accompagne l'introduction du film le premier jour, où l'on découvre le ministère au travers de deux plans d'extérieur avant de voir pour la première fois Baptiste dans son bureau. Il sert de socle pour les morceaux suivants : Carmelo Tavarnesi en a repris la structure, tout en opérant des manipulations électroniques (par exemple des inversions, des changements de fréquence ou de vitesse). Les morceaux contribuent de cette façon à souligner la routine quotidienne de Baptiste lorsqu'il s'installe dans son bureau. Les sons deviennent plus graves pour instaurer progressivement une tension, afin d'accentuer la gravité de l'accident à l'observatoire le troisième jour. Le quatrième morceau utilise uniquement les percussions, nous avons choisi d'en accélérer le tempo pendant le montage son, afin de permettre d'accorder le rythme de la musique avec celui des images, marquées par une accélération (le *time lapse* est suivi des plans dans le bureau de Baptiste, tous raccourcis

– progressivement au fil du film – par rapport à leur première occurrence). Notre volonté, en procédant à une variation à ce point marquée, était de suggérer le changement à venir dans le scénario : cette journée ne sera pas comme les autres, car elle sera la dernière de Baptiste au ministère des Affaires Spatiales. Le cinquième morceau était initialement proposé par Carmelo Tavarnesi pour accompagner la transition du deuxième au troisième jour de continuité. Plus riche et plus étoffé, le morceau convenait mieux en conclusion du film. Complétés par des effets de réverbération, certains sons évoquaient, lors de la première écoute du morceau, une atmosphère spatiale, comme si l'on suivait par le son le vaisseau dans lequel Baptiste rentre chez lui.

Lors du mixage, nous avons fait en sorte d'accompagner les variations sonores à l'occasion des séquences d'installation de Baptiste à son bureau : les sons des objets s'atténuent peu à peu tandis que le volume et la présence de la musique augmentent. Claude Bailblé a eu l'occasion, à plusieurs reprises³²⁶, de pointer le paradoxe de la mise en espace sonore au cinéma : la profession s'obstine à développer la diffusion sonore sur les côtés et en arrière de la salle (et dorénavant sur le dessus avec le système Atmos développé par la société Dolby³²⁷), alors que la diffusion de l'image reste frontale. Nous avons donc choisi, avec le mixeur Romain Ozanne, de construire l'espace sonore selon une *perspective*, c'est-à-dire suivant l'alignement de l'image *dans la profondeur*, en nous appuyant sur les enceintes frontales et arrières, plutôt qu'une mise en espace dite « englobante », qui aurait reposé sur les enceintes latérales. L'idée n'est pas nouvelle : elle avait déjà été évoquée pour la diffusion en 5.1 par un intervenant au Forum du Son

³²⁶ BAILBLÉ Claude, « L'image frontale, le son spatial », in BEAU Franck, DUBOIS Philippe & LEBLANC Gérard (dir.), *Cinéma et nouvelles technologies*, Paris, INA et Bruxelles, De Bœck Université, 1998, pp. 225-249 ; BAILBLÉ Claude, « Interaction image et son dans le cinéma 3D », in LEBLANC Gérard & THOUARD Sylvie (dir.), *Numérique et transesthétique*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2012, pp. 79-87.

³²⁷ Voir le site internet de Dolby Laboratories : www.dolby.com/en/us/. Pour les spécificités techniques du système Dolby Atmos, voir les brochures publiées par la société : « Dolby Atmos Next-Generation Audio for Cinema », 16 p. URL : www.dolby.com/uploadedFiles/Assets/US/Doc/Professionnal/Dolby-Atmos-Next-Generation-Audio-for-Cinema.pdf ; « Dolby Atmos Specifications », 15 p. URL : www.dolby.com/uploadedFiles/Assets/US/Doc/Professionnal/Dolby_Atmos_Specifications.pdf.

Multicanal, à la Maison de la Radio, en 2007 et, à ce titre, avait été rapportée par Arnaud Marten³²⁸ :

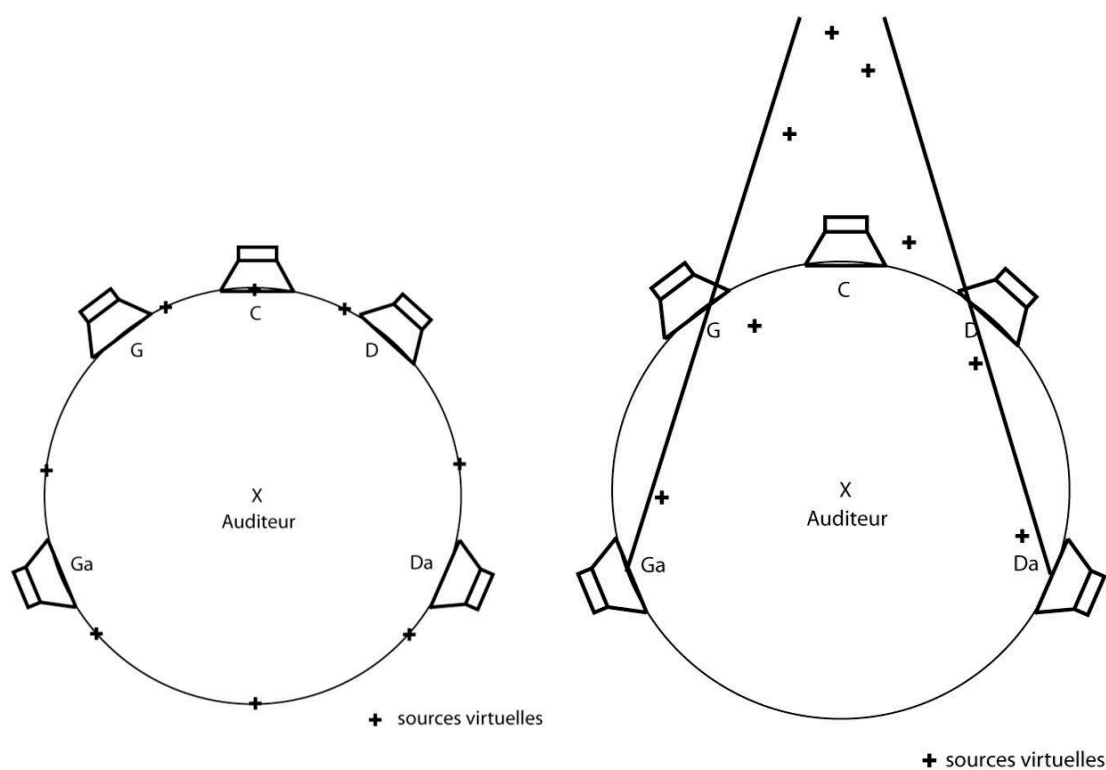


Fig. 57. Représentation schématique d'une diffusion « englobante » et en « perspective » du 5.1³²⁹

Quelques tests de mixage nous ont confortés, lors d'une projection en cours de mixage, dans notre démarche. Nous avons donc fait une première version du film en renforçant la présence de certains sons dans les enceintes arrière. Une projection complète du film a révélé que nous étions allés un peu trop loin dans l'expérimentation. Le volume sonore était trop fort dans les arrières, ce qui avait pour effet de provoquer une dé-synchronisation entre le son et l'image dès lors que l'on s'écartait du centre de la

³²⁸ Voir MARTEN Arnaud, *Diffusion MS d'une bande son pour le cinéma relief*, Mémoire de fin d'études du département Son, ENS Louis-Lumière, Juin 2008, pp. 33-34. URL : www.ens-louis-lumiere.fr/fileadmin/recherche/Marten-son-2008-mem.pdf. L'auteur rapporte ainsi les propos de l'intervenant (dont il ne précise pas le nom) : « il faudrait plutôt construire deux rails partant des arrières et plongeant le spectateur dans la profondeur de l'écran ».

³²⁹ *Ibid.*, p. 34. Pour rappel, le système de « spatialisation » sonore en 5.1 permet de répartir les sons de la bande son en vue de leur diffusion selon cinq canaux principaux : centre, centre-gauche, centre-droit, latéral-gauche et latéral-droit, renforcés par un canal dédié aux basses fréquences (enceinte *subwoofer*).

salle de projection³³⁰. Conserver le mixage tel quel risquait de détériorer la qualité de l'écoute pour la majorité des spectateurs. C'était le cas notamment pour les séquences d'installation de Baptiste à son bureau, pour lesquelles nous avons choisi de mettre en avant les sons des objets, afin de leur attribuer de l'importance et de souligner l'intérêt que Baptiste leur porte en les installant chaque matin³³¹. À chaque nouveau jour de continuité, nous avons baissé le volume sonore des objets pour augmenter celui de la musique, afin d'appuyer les variations continues de l'image et de la musique grâce au mixage de la bande son. Le déséquilibre sonore entre la diffusion avant et la diffusion arrière de la bande son du film a été corrigé à l'occasion d'une seconde session de mixage. Cela a permis d'équilibrer la provenance des sources sonores et d'uniformiser la bande son du film pour préserver la qualité d'écoute tout en l'intégrant au système des variations continues.

Après avoir expliqué les variations continues mises en scène dans le film et les intentions qui ont conduit à leur mise en œuvre, il s'agit de discuter de leur efficacité et de leur rendu à l'échelle du film.

Discussion

Suite à l'observation des discontinuités à l'issue de la production de *Surveillance*, il avait été décidé que *Espace, Espaces !* reposerait sur le principe des variations continues. Achevé récemment, le film n'a pas encore profité de réels retours issus de projections publiques. Nous nous en tiendrons donc, en conclusion au second exercice pratique réalisé dans le cadre de cette recherche, à notre sentiment personnel.

L'objectif était d'intégrer de la continuité parmi les discontinuités stéréoscopiques, en somme de proposer une antithèse du premier film. Faisant face à l'impossibilité de mettre en œuvre toutes les possibilités de variations continues dans un seul court métrage, nous avons pris le parti de nous concentrer sur la représentation spatiale et l'aspect visuel du film, là où la stéréoscopie a le plus d'impact. Il importait

³³⁰ Tout le problème de la diffusion sonore au cinéma est celui de la qualité d'écoute : compte-tenu de la vitesse de propagation sonore, mieux vaut se trouver à équidistance des sources de diffusion (les enceintes) pour une qualité d'écoute optimale. Dans ces conditions, la mise en espace sonore du Dolby 5.1 n'est pleinement perceptible que dans une zone dénommée « *sweet spot* », restreinte à quelques places au centre de la salle. D'où l'argument de la société Dolby en faveur de ses systèmes 7.1 et Atmos (64 canaux complétés par 3 *subwoofers*) : plus il y a d'enceintes, plus la zone *sweet spot* est élargie et meilleure est l'expérience sonore pour les spectateurs.

³³¹ Dans la première version de mixage, en regardant le film depuis le tiers arrière de la salle, la forte présence des sons dans les enceintes arrières faisait percevoir le son des objets que Baptiste pose sur le bureau après qu'ils ne heurtent le meuble.

d'évaluer les portes que pouvait ouvrir, sur le plan artistique, la mise en scène de variations continues dans les images en 3Ds, ainsi que leur enchaînement sur la durée du film. Les combinaisons des paramètres de représentation de l'espace mises en œuvres dans le film n'ont pas été explorées de manière exhaustive quant à la mise en scène de variations continues en lien avec la représentation spatiale (d'autant que certaines, initialement prévues, n'ont pas pu être réalisées dû à des contingences de tournage). Cette expérience reste donc incomplète et sujette aux imperfections.

L'observation du budget 3Ds du film³³² montre que la volonté de conserver un relief consistant, malgré les changements de focales et de distances, n'a pas engendré une stéréoscopie strictement continue. La disparité dans les lointains est cependant globalement plus stable que pour *Surveillance*³³³ : les amplitudes stéréoscopiques oscillent, dans la majeure partie des plans, entre 20 et 30 pixels (soit entre 1% et 2% de l'image). Les changements d'amplitude 3Ds sont donc moins importants que ceux de *Surveillance*. L'absence de jaillissement prononcé contribue au confort visuel, car les objets en jaillissement coïncident rarement avec le point d'attention du plan. C'est par exemple le cas des micros tout au long de la table de l'observatoire le deuxième jour, dont la couleur sombre et l'absence d'éclairage évitent qu'ils n'attirent l'attention des spectateurs. Nous remarquerons plutôt les variations associées aux points d'attention. Elles sont nombreuses, mais elles découlent de notre volonté, lors du choix du décor, de tirer parti de la profondeur de la boîte scénique dans la mise en scène, en échelonnant autant que possible les sujets dans toute la profondeur. Cette observation laisse penser qu'il sera difficile d'échapper à la discontinuité des points d'attention des plans en procédant de cette façon : ceux-ci varient beaucoup d'après une observation microscopique, soit à l'échelle d'un raccord ou deux. Néanmoins, à l'échelle d'une séquence ou du film entier, la différence de position du point d'attention est dans la majorité des cas inférieure à 10 pixels, soit environ 0,5% de la largeur de l'image, ce qui reste une quantité négligeable. D'un point de vue strictement « stéréographique », nous sommes en mesure d'affirmer que l'objectif d'intégrer de la continuité est rempli.

³³² Voir pages suivantes.

³³³ L'analyse de celle-ci a cependant été difficile à réaliser pour certains plans en raison de la profondeur de champ restreinte. Les fortes amplitudes constatées pour les séquences dans le bureau du ministre sont dus à des erreurs à la prise de vues.

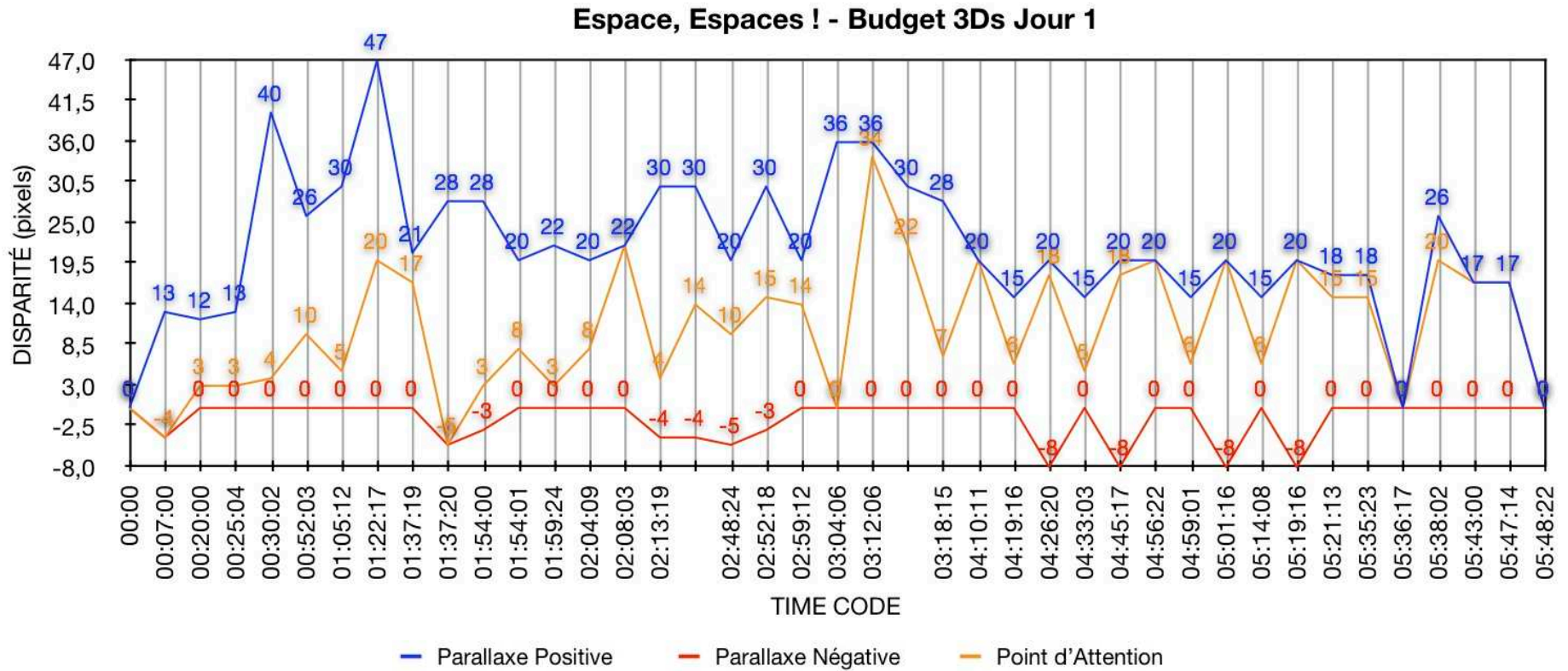


Fig. 58a. Budget 3Ds final de Espace, Espaces ! - Jour 1

Espace, Espaces ! - Budget 3Ds Jour 2

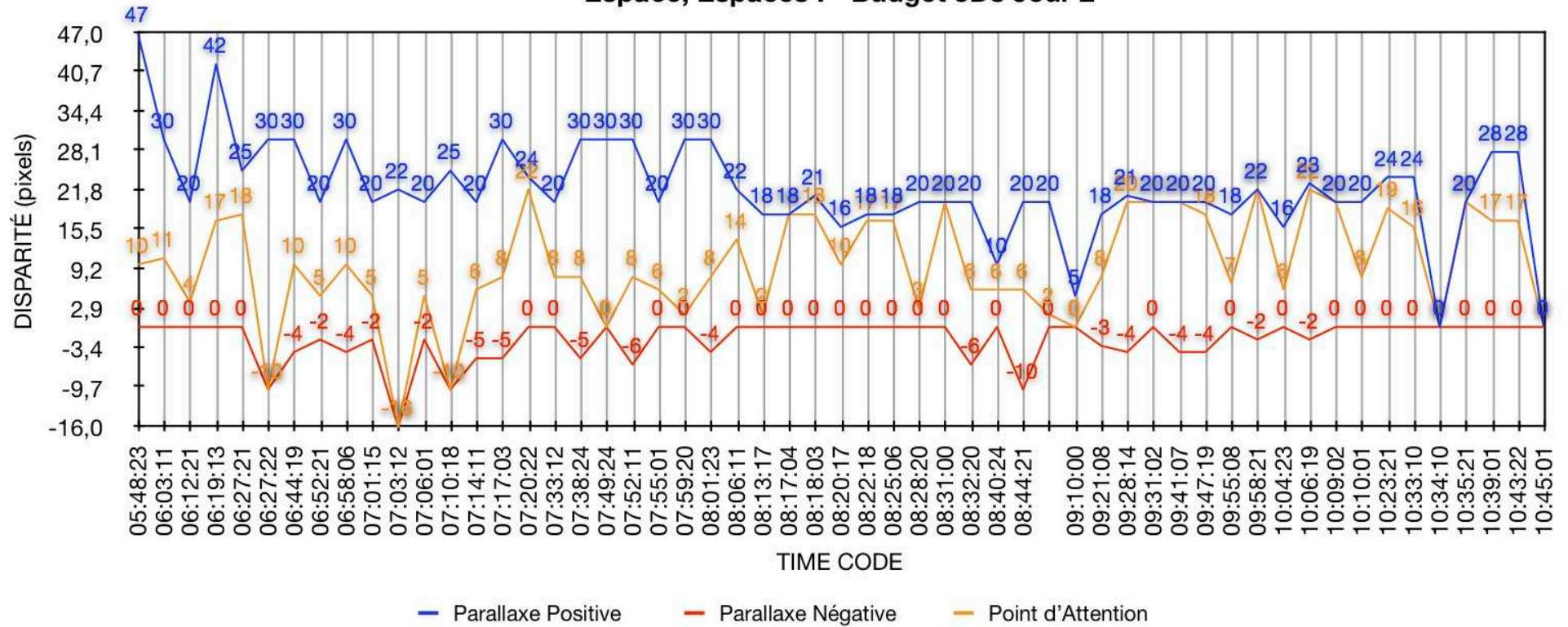


Fig. 58b. Budget 3Ds final de Espace, Espaces ! - Jour 2

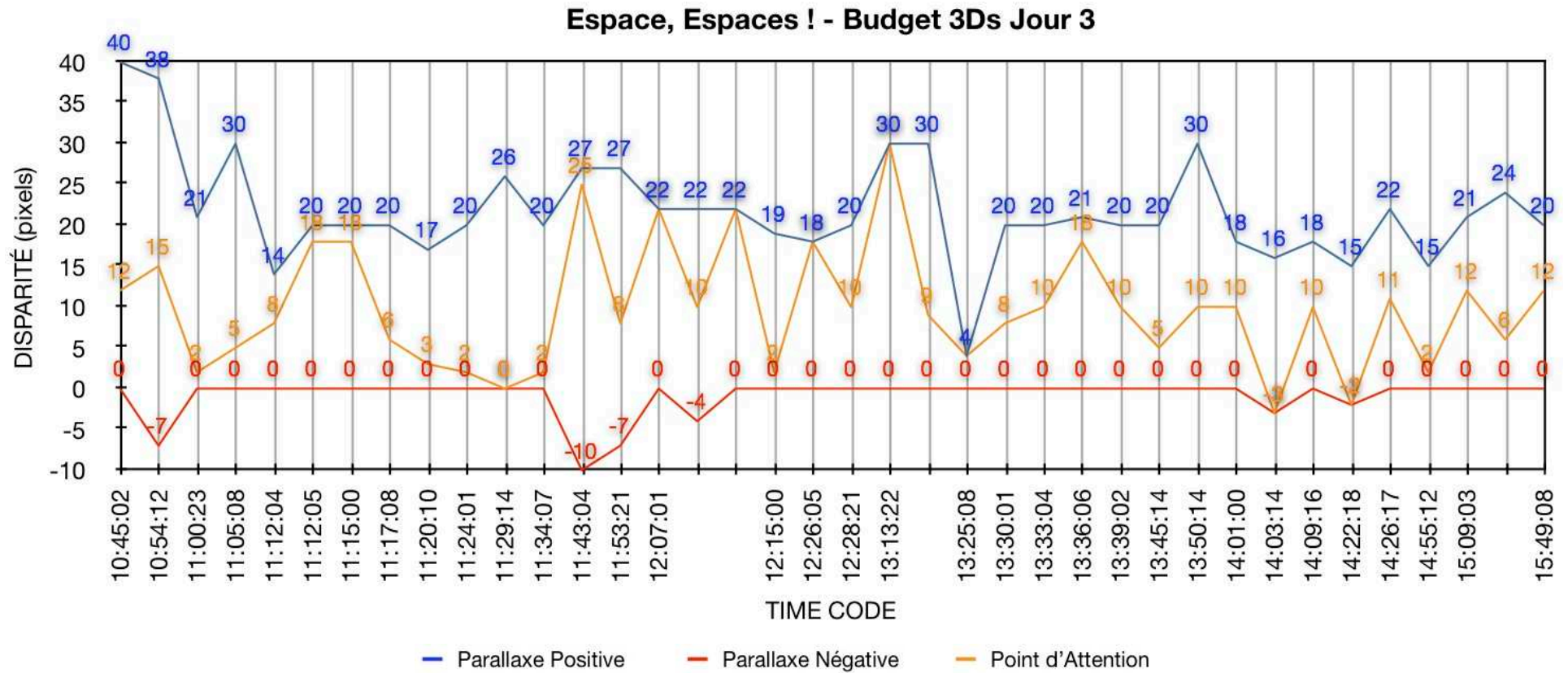


Fig. 58c. Budget 3Ds final de Espace, Espaces ! - Jour 3

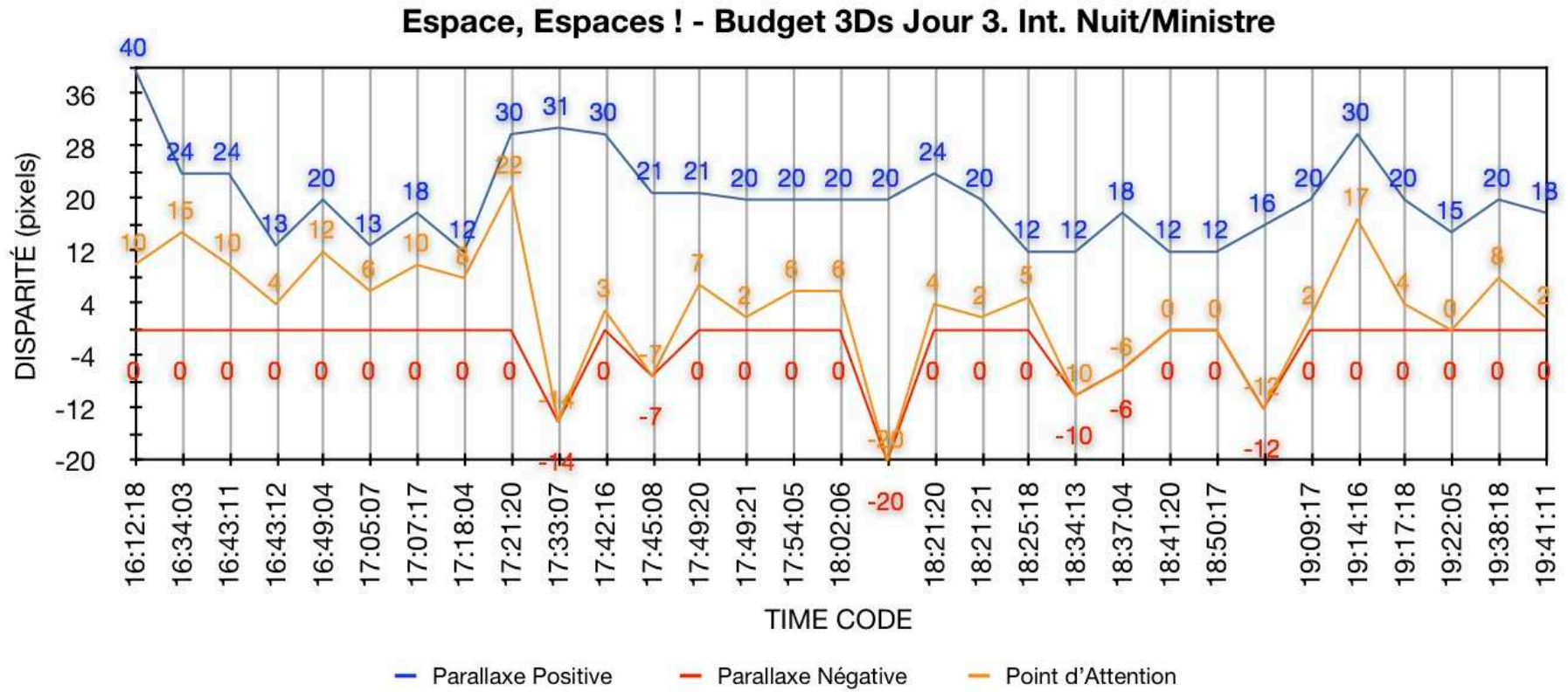


Fig. 58d. Budget 3Ds final de Espace, Espaces ! - Jour 3 - Séquence Int. Nuit/Bureau Ministre

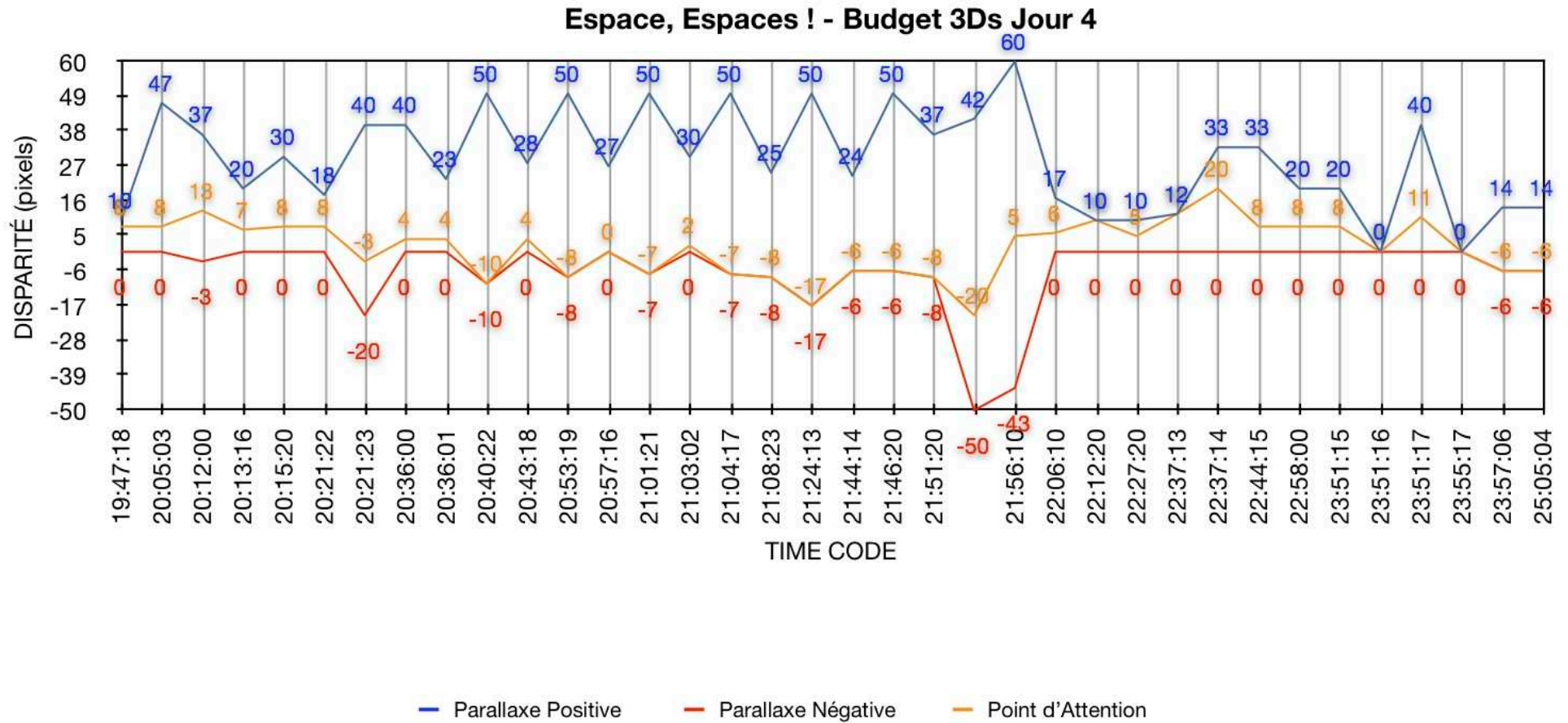


Fig. 58e. Budget 3Ds final de Espace, Espaces ! - Jour 4

D'un point de vue visuel (et empirique), le fait de conserver un rendu stéréoscopique constant au cours des variations a permis de mesurer l'impact des variations continues de focales et de distances caméra-sujet. Lorsqu'on regarde le film en entier, les changements de focale sont si fins qu'ils sont presque imperceptibles. Seul l'est, à l'échelle du film, celui qui intervient à la fin, lorsque les plans sont filmés avec une distance focale voisine de 20 mm. En tant que spectatrice, la profondeur du décor semble plus grande et les distances entre les objets paraissent avoir augmenté par rapport à la séquence du jour précédent. C'est le cas dès que l'image présente des lignes de fuite ou des éléments proches de la caméra dans un espace vaste. Par exemple, les bords du tableau dans le dernier plan dans le bureau de Baptiste accusent des lignes de fuite marquées dans la séquence du quatrième jour (tournée au 19 mm). C'est par ailleurs le plan qui présente le plus de profondeur dans cet espace : tourné face aux fenêtres, l'espace s'ouvre sur l'environnement extérieur. Cela confirme le fait que plus les espaces sont grands, plus la stéréoscopie est susceptible d'apporter une plus-value à la représentation de l'espace.



Fig. 59. Espace, Espaces ! : quatrième plan des séquences dans le bureau (de haut en bas) au 42 mm, au 35 mm, au 25 mm, au 19 mm



Fig. 60. Espace, Espaces ! : plan avec la maquette des séquences dans l'observatoire (de haut en bas) au 42 mm, au 27 mm, au 18 mm

Le jour précédent, dans l'observatoire (filmé au 18 mm), la maquette toute proche de la caméra prend de l'importance dans l'espace à l'avant-plan et la pièce de l'observatoire paraît tout à coup plus grande. L'astronome à gilet jaune semble devoir traverser plus de la moitié de la salle pour rejoindre son collègue en combinaison d'ingénieur debout devant la maquette. Ces observations confirment, sur le plan visuel, l'efficacité des objectifs à courtes longueurs focales dans la représentation de la profondeur et la rondeur des volumes en 3Ds.

Un phénomène semblable se produit pendant le monologue du ministre. Pourtant, le dispositif est différent : les distances focales sont de plus en plus longues, c'est la comédienne qui va et vient vers la caméra, laquelle reste immobile d'un plan à l'autre. La répétition du plan d'écoute de Baptiste, filmé à l'identique, sert de référentiel pour comparer les différents plans sur le ministre pendant son monologue.



Fig. 61. Espace, Espaces ! : les plans du monologue du ministre

Les changements de focale sont imperceptibles entre le plan filmé au 25 mm et celui filmé au 32 mm. En revanche, dans le plan filmé au 40 mm, la figure du ministre emplit une bonne partie du cadre et l'on focalise davantage et plus rapidement son regard et son attention sur elle. Compte-tenu du rapport entre la focale et la représentation de l'espace, associée aux allers et venues du ministre dans la profondeur, nous pouvons émettre l'hypothèse que cela est principalement dû à la différence de valeur de plan : Baptiste est d'abord montré en plan taille à l'occasion des premières phrases du monologue, puis en

plan poitrine une fois le monologue lancé. Il raccorde, pour la fin de la séquence, sur des plans de valeur plus larges : plan pied ou plan américain. Le dernier raccord sur le plan au 40 mm du ministre, s'effectue sur une valeur de plan taille où la comédienne nous fait complètement face et s'avance vers la caméra, ce qui n'est pas le cas dans les autres plans où elle est plutôt de profil à la position la plus éloignée de son déplacement. La proximité de l'échelle de plan entre Baptiste et le ministre et la distance focale, qui tend à diminuer la profondeur de champ et réduire la portion d'espace à l'arrière-plan, donne une place prépondérante à la figure du ministre dans la composition de l'image, qui se remarque aisément quand on voit le film. Elle se voit renforcée par la stéréoscopie, qui la positionne en jaillissement au sein d'une boîte scénique de grande amplitude pour les deux séquences dans le bureau du ministre.

Le rapprochement de la caméra occasionné par les objectifs à courte focale afin de conserver le même cadre est complètement imperceptible. Cela renforce l'invisibilité des variations continues appliquées à la représentation de l'espace dans le film et marque cette expérimentation d'un relatif échec. Pour être davantage perceptible, la différence entre les focales aurait dû être plus importante. Il aurait pour cela fallu disposer d'une série d'objectifs de longueurs focales supérieures à 42 mm ou bien, comme pour *Endless Night*, de deux zooms 30-80 mm. On aurait alors été en mesure d'évaluer de manière quantifiable l'impact des variations de focales sur les différents espaces.

Ces effets invisibles s'inscrivent toutefois dans la structure du film qui repose sur les variations continues associées à un cycle routinier, fait de répétitions. En étant peu visibles, ils participent à mettre en place cette routine dans l'esprit des spectateurs. Ils sont en cela en cohérence avec l'histoire du film et apportent une consistance visuelle aux images, notamment grâce au maintien de la profondeur et des volumes entre chaque journée de continuité du scénario. La rupture de ce système avec l'introduction du personnage du ministre dans l'expérience de Baptiste n'en est que plus brutale, soutenue par la forte amplitude stéréoscopique (laquelle est survenue de manière involontaire au tournage). La variété des espaces, des valeurs de plans et des angles de caméra a permis malgré tout de trouver un équilibre entre discontinuité et continuité au sein du film pour œuvrer en faveur de son unité.

CONCLUSION

Si l'on observe l'enchaînement des premières vues photographiques prises successivement et produites au cours du XIX^e siècle, on ne distinguera probablement qu'une série d'images individuelles, dans laquelle les positions des sujets photographiés se déplacent par saccades. Remarquons du reste que les auteurs de ces images visaient principalement à l'identification des différentes phases d'un mouvement, soit à en opérer la *discontinuité* pour en faciliter l'étude : on pense notamment aux vues produites par Eadweard Muybridge et Étienne-Jules Marey (1830-1904) par exemple. C'est une autre démarche qui poussa des inventeurs à rechercher un moyen de reproduire le mouvement. Après une période d'essais variés et de tâtonnements multiples, on parvint à mettre en œuvre la technologie nécessaire à l'enregistrement successif d'images, de telle sorte que la visualisation de leur succession puisse procurer à ceux qui les regardent l'illusion d'un mouvement ininterrompu, permettant par-là de partager ce moment d'émerveillement où tout un chacun est à même d'affirmer : « ça bouge ! » Si en conclusion de notre recherche nous revenons à ces images archaïques, c'est pour souligner que leur reproduction en continu n'allait pas de soi. Quelques décennies plus tard, le cinématographe concrétisait le rêve de la reproduction « parfaite » du mouvement. Il n'en reste pas moins – comme nous avons pu le constater –, qu'il n'autorisait nullement une *continuité pure*. Au contraire, la discontinuité entre les photogrammes d'un film, les arrêts mécaniques (et aujourd'hui électroniques) lors de l'enregistrement des images puis de leur diffusion, est consubstantielle à la continuité *perçue* par les spectateurs : avant tout, la continuité au cinéma reste du domaine de l'apparence, d'où l'expression de *continuité apparente* que nous avons proposé dans ce travail pour caractériser la continuité au cinéma.

La leçon de Méliès

Au fil du temps, le phénomène de la continuité apparente au cinéma connut plusieurs stades de développement. Les premiers opérateurs du cinématographe ne pouvaient envisager les vues qu'ils enregistraient autrement qu'en continuité : à une bobine de pellicule correspondait une vue et, tant qu'il restait de la pellicule vierge dans leur appareil, ils continuaient d'en tourner la manivelle. S'ils s'étaient arrêtés de tourner avant la fin de la bobine, auraient-ils seulement su quoi faire du morceau de pellicule vierge restée dans l'appareil ? Aux premiers temps du cinématographe, la continuité avait donc ce caractère « matériel » associé à la bobine de pellicule utilisée pour tourner. Petit à petit, les possibilités du médium ont été exploitées, enrichies par l'intervention d'artistes qui y intégrèrent leurs techniques de dramaturgie et de mise en scène pour les mettre au

service d'une *histoire* : les films de fiction ont pris l'avantage sur les autres formes cinématographiques comme le documentaire ou les films expérimentaux. C'est pourquoi, dans le souci de définir un modèle général, nous avons concentré notre étude de la continuité au cinéma sur les films de fiction³³⁴.

En exploitant de plus en plus les possibilités de représentation spatio-temporelle du cinéma, la continuité n'en est en réalité devenue que plus *apparente*. À la vue unique, enregistrée en temps réel, matérialisant une unité de lieu et de temps, a succédé d'une part la fragmentation spatiale induite par le découpage et la multiplication des espaces et d'autre part la division temporelle provoquée par le recours généralisé des ellipses, d'envergures plus ou moins grandes³³⁵. Ces observations nous ont amenés à mettre à jour les invariants qui conditionnent la continuité pour délimiter un modèle dans lequel la discontinuité, regroupant toutes les formes de divisions, de ruptures et de séparations, s'intègre à la continuité de manière plus large, confirmant ainsi le caractère *apparent* de la continuité dans les films de fiction. Aux divisions et aux multiplications répondent des répétitions, des raccords et des chevauchements qui jouent un rôle essentiel dans l'existence de la continuité. Les technologies numériques, aujourd'hui généralisées dans la production de films, ne sont pas pour rien dans ce constat. En dé-matérialisant le support d'un film, elles ont aboli les limites matérielles de la pellicule. Au tournage, le « dé-coupage » s'est accru, dé-multipliant les sub-divisions d'une séquence³³⁶, à un degré que l'argentique ne permettait pas (ou très difficilement) auparavant, contraint par la fragilité du support à éviter l'enchaînement de plans de moins d'une seconde. Or, aujourd'hui, le montage numérique permet bien de diminuer le temps d'un plan à quelques images seulement, tutoyant cette fois les limites de la perception humaine pour

³³⁴ Reste que certaines formes, plus abstraites et expérimentales, s'opposent à l'idée de continuité. On pense notamment aux ruptures données à voir par certains films, dont la construction n'est pas guidée par la narration, mais repose sur d'autres formes, de *L'Homme à la caméra* (Dziga Vertov, 1929 ; pour ne citer que ce film et ce cinéaste) aux derniers films de Jonas Mekas, en passant par les incursions des mouvements du Surréalisme ou du Dadaïsme dans la réalisation de films, ou bien encore les expérimentations audio-visuelles de Norman MacLaren (1914-1987). Cette liste n'est bien sûr pas exhaustive et l'analyse comparative entre les films de fiction (qui reposent précisément sur la continuité apparente) et les formes de non-fiction (où la recherche de la continuité ne préside pas à la construction des films) pourrait faire l'objet d'une étude à part.

³³⁵ Quand les réalisateurs ne poussent pas l'expérimentation jusqu'à en faire le principe même du film, comme nous l'avons constaté par exemple dans *Je t'aime, je t'aime*, d'Alain Resnais.

³³⁶ En attendant le temps (annoncé par nombre de professionnels) où le nombre de pixels dans l'image aura tellement augmenté qu'il suffira de « re-cadrer » à plusieurs endroits d'un plan large pour en extraire les plans serrés souhaités (sans que ce « grossissement » artificiel ne dégrade la qualité de l'image en rendant visible les pixels), intégrant ainsi davantage de discontinuité dans la production des plans pour réaliser la continuité finale du film.

n'offrir parfois qu'un stimulus fugace. Ces scissions au sein du film vont jusqu'à toucher l'intégrité même des plans. C'est par exemple le cas lorsque ceux-ci sont augmentés de divers objets et éléments spatiaux par l'ajout de pans entiers de décors virtuels, dont la création nécessite bien souvent plusieurs étapes qui ne trouveront leur conclusion que dans les toutes dernières phases de la post-production. Les techniques de mise en scène et d'assemblage des éléments d'un film ont donc évolué, sans toutefois mettre à mal son intégrité auprès des spectateurs.

Si l'impression de continuité demeure et prévaut aujourd'hui, tout en intégrant les discontinuités accentuées par le recours aux possibilités des outils numériques c'est aussi, comme l'a fait remarquer David Bordwell³³⁷, parce que les spectateurs se sont habitués à la continuité apparente *intensifiée* des histoires discontinues, reposant sur des montages ultra-rapides dans lesquels les raccords « cut » sont devenus banals, voire font aujourd'hui partie des « conventions » acquises et admises par les spectateurs des films de fiction. Car l'essentiel, au fond, pour un film de fiction, c'est qu'une fois tous les éléments disparates assemblés, « le spectateur suit toujours de lui-même et sans fatigue la continuité de l'action principale interprétée par les personnages marquants³³⁸ ». C'est dans cette affirmation que ce trouve, selon nous, l'un des points les plus importants de l'héritage de Georges Méliès au cinéma : la continuité apparente à l'œuvre dans les films de fiction repose sur l'*enchaînement intelligible* des éléments, dont notre étude a permis de valider le principe. La compréhension par les spectateurs trouve, sous l'apparence de la continuité, un subtil équilibre entre fluidité et rupture, par l'assemblage tantôt continu (grâce à l'application de quelques règles géométriques, ou bien encore lissé artificiellement par le recours aux technologies numériques), tantôt haché (par des ellipses ou des raccords « cut » par exemple) des éléments du film. Géométrie, assemblages et lissage sont toujours d'actualité, comme en témoignent les derniers films d'Alejandro González Iñárritu *The Revenant* et *Birdman*. Ils viennent parachever les répétitions, raccords et chevauchements qui maintiennent l'apparence de la continuité dans les films où la diversité des matériaux ne peut produire une continuité *absolue*. C'est pourquoi, après plus d'un siècle de production de films, la continuité apparente est toujours valable, malgré le fait que l'« apparence » n'a cessé de prendre de l'importance au fil du développement du « langage » cinématographique.

³³⁷ BORDWELL David « Intensified Continuity – Visual Style in Contemporary American Film », *Film Quarterly*, art. cit., pp. 16-28 ; BORDWELL David, *The Way Hollywood Tells It*, op. cit., pp. 121-138 ; BORDWELL David, « Intensified Continuity Revisited », art. cit.

³³⁸ MÉLIÈS Georges, « Les vues cinématographiques », op. cit., p. 220.

Notre étude du cinéma au travers des notions antagonistes de continuité et de discontinuité a donc révélé combien ces deux notions s'avèrent complémentaires. En outre, si continuité et discontinuité se montrent indissociables, c'est que l'étroite relation qui les lie dépasse le seul domaine du cinéma. En procédant à des recherches étymologiques, on a pu aborder les multiples facettes que revêt la notion de continuité. Elle puise ses origines aux sources mêmes de la langue française et, entrant dans le langage courant, sa signification fut soumise à des glissements, inhérents aux *langues vivantes*. Appliquée dans plusieurs disciplines, elle a pour chacune d'elles une signification et un rôle particulier. On a néanmoins pu remarquer qu'elle se construisait la plupart du temps conjointement à son opposé, la discontinuité. L'une va rarement sans l'autre, procédant d'une dialectique qui, depuis plusieurs siècles, préside à l'élaboration des connaissances humaines, l'espace et le temps venant chaque fois s'ajouter à ce modèle pour remettre en question une définition préalablement établie et admise. Toutefois, c'est bien souvent la continuité qui domine dans cette dialectique, car nous faisons face à un mode de connaissance qui privilégie la continuité plutôt que les ruptures. D'une manière générale, l'Homme préférera la routine rassurante d'un quotidien « sans histoire », plutôt que d'avoir à subir les sautes d'humeur arbitraires engendrées par un caractère inconstant, qui soulèveront doutes, incertitude et précarité. C'est, du reste, d'une logique implacable pour la médecine, où continuité et discontinuité caractérisent l'existence des êtres vivants, entre la vie et la mort, depuis l'apparition des stimuli à la naissance jusqu'à leur arrêt définitif qui marque le décès. Pour la médecine, la continuité est donc une affaire de temps. Pour la géographie, c'est une affaire d'espaces. Les critères de continuité et de discontinuité jouent un rôle essentiel pour comprendre leurs agencements, mais dépendent de l'échelle à laquelle on les observe : de près, on voit bien la séparation opérée par une route ou un fleuve, à l'instar d'un changement de décor entre deux séquences d'un film. Mais que l'on prenne de la hauteur et alors ils s'enchaînent dans le prolongement les uns des autres, sans interruption, aussi simplement que si l'on passait la porte de sa maison. Les portes, justement, « viennent ménager le franchissement de la limite.³³⁹ » Elles sont autant des éléments de jonction « à l'articulation de deux plans³⁴⁰ », comme le souligne Jean-Christophe Gay que « ce qui obstrue [la limite]³⁴¹ », c'est-à-dire des éléments de séparations, telle une frontière

³³⁹ GAY Jean-Christophe, *Les discontinuités spatiales*, *op. cit.*, p. 37.

³⁴⁰ *Ibid.*, p. 38.

³⁴¹ *Ibid.*, p. 37.

entre deux États. Tout dépend, cependant, à quel point les pays considérés sont des voisins proches. La proximité déterminera la continuité de deux espaces topologiques, confortant ainsi la dimension spatiale de la continuité dans ce domaine particulier des mathématiques et nous guidant vers un rapprochement entre topologie et continuité au cinéma : il faut un minimum d'éléments de liaison et de points communs entre les éléments d'un film pour que l'ensemble tienne de manière intelligible, sur le principe de la continuité apparente. Ludwig Mies van der Rohe, dans son *Projet de maison de campagne en brique*, n'a pas procédé autrement : pour instaurer de la continuité dans les espaces domestiques, il fait de la paroi – pourtant « un des archétypes spatiaux qui crée le sentiment d'intérieur et d'extérieur³⁴² » –, un élément d'articulation pour organiser de manière continue l'ensemble du volume et son interaction avec l'environnement dans lequel il s'inscrit. Pourtant, la continuité ne peut être seulement spatiale : il est certains éléments qui ne trouvent leur place que d'après un principe d'engendrement strictement temporel. Telles sont les thèses défendues par Henri Poincaré et par le concept de « continu intuitionniste » de L.E.J. Brouwer. Dans le cas de cette dernière, on constate que la continuité s'élabore de manière verticale³⁴³, à l'opposé de la frise chronologique, représentation linéaire et horizontale du déroulement des événements historiques. Un écolier sait que la frise est ponctuée de dates, parsemées de manière hétérogène tout au long de celle-ci. Michel Foucault défend l'idée que, pour bien faire son travail, il est du devoir de l'historien de relever les ruptures pour mieux identifier les transitions entre les événements et leurs enchaînements qui font sens au sein de ce *continuum*. L'histoire n'est donc pas une continuité pure (bien que Foucault ne renie pas cette définition), comme le fait valoir Bergson qui, lui, met en avant l'indivisibilité du continu : il n'est pas question de rompre l'unité de l'intellect, car toute tentative de ne considérer qu'une partie d'un phénomène spatio-temporel dénature l'unité de celui-ci et le rend par conséquent discontinu. Iannis Xenakis, maniant à la fois l'espace et le temps avec l'architecture et la musique, a tenté de dépasser cette distinction entre continuité et discontinuité. Revenant à une démarche créative où il met face à face la continuité et la discontinuité pour tenter de découvrir quelle forme artistique inédite pourrait jaillir de leur confrontation.

En menant l'étude de la continuité et de la discontinuité, au carrefour des sciences, des arts et du cinéma, nous observons la généralisation du phénomène de la

³⁴² *Ibid.*, p. 36.

³⁴³ Voir le schéma des déploiements p. 59.

continuité apparente pour laquelle, au cinéma comme ailleurs, il s'agit de « montrer comment quelque chose se met à signifier, non par allusion à des idées déjà formées et acquises, mais par l'agencement temporel ou spatial des éléments³⁴⁴ ».

La continuité apparente de la stéréoscopie au cinéma

En reproduisant la perception de l'espace fournie par notre système visuel, la stéréoscopie comporte elle aussi des enjeux de la continuité apparente, qui trouvent leur source dans le système visuel lui-même. La stéréopsis est la sensation de profondeur que la vision binoculaire humaine procure. Elle repose, de manière similaire à la continuité apparente, sur la synthèse d'éléments disparates. À partir des données recueillies par le système optique de la vision, c'est-à-dire les deux yeux, notre perception produit une vue unique comportant toutes les caractéristiques spatiales de notre environnement. De cette façon, nous sommes en mesure d'évaluer les distances des objets entre eux, leur grosseur, les aspérités des surfaces : d'une manière générale, la profondeur et les volumes de l'espace environnant. Nous avons toutefois constaté que cette représentation accusait malgré tout des ruptures (le recouvrement, le flou), des différences (grandeurs et positions variables des objets, parallaxe de mouvement), qui viennent notamment en soutien à la visualisation de la profondeur, que des éléments de liaison (perspectives et gradients) permettent de contrebalancer. Tous ces éléments sont pourtant essentiels à la stéréopsis et contribuent à l'unité visuelle de ce que nous regardons. L'émergence de la continuité malgré la disparité des éléments qui la composent nous ont permis d'établir la continuité apparente de la vision binoculaire humaine, plus particulièrement pour la stéréopsis. C'est pourquoi l'enjeu principal de la reproduction de la stéréopsis réside dans la *reproduction de la continuité apparente de la vision*.

La popularité des stéréoscopes et des vues stéréoscopiques au tournant du XX^e siècle a montré combien la stéréoscopie suscitait l'intérêt. Ayant précédé le cinéma dans la famille des techniques de prise de vues, elle doit beaucoup aux développements de la psychologie au XIX^e siècle. En remontant à la racine des observations optiques et physiologiques effectuées depuis l'Antiquité, celles-ci ont levé le voile sur certains aspects du fonctionnement du système visuel, en particulier la stéréopsis. Le recours à l'optique et à la géométrie a permis de comprendre la vision et en retour de comprendre les principes optiques et géométriques eux-mêmes. Une fois ce socle de connaissances

³⁴⁴ MERLEAU-PONTY Maurice, *Le cinéma et la nouvelle psychologie*, Paris, Gallimard, coll. « Folioplus Philosophie », 2009, p. 22.

établi, savants et inventeurs ont pu les réinvestir dans leurs domaines scientifiques respectifs et mettre au point les systèmes nécessaires à leur reproduction. Ces convergences entre disciplines scientifiques et domaines artistiques ont fourni les premiers systèmes de reproduction de la stéréopsis. Certains, mis au point il y a plus d'un siècle, sont toujours utilisés : aujourd'hui encore, c'est un système à deux caméras qui continue d'assurer la continuité entre l'entraxe et la convergence lors la prise de vues stéréoscopiques. Les propriétés de polarisation de la lumière ont été définitivement adoptées pour réaliser, lors de la diffusion, la fusion des deux images de la paire stéréoscopique et permettre la continuité perceptive des spectateurs à partir de deux flux visuels distincts. La disparité et l'instabilité des appareils mécaniques ne furent pas favorables au cinéma en 3D stéréoscopique, aussi fallut-il attendre l'arrivée des technologies numériques pour voir un contexte propice à la présence durable de films en 3Ds dans les salles de cinéma. De manière paradoxale, le numérique est à l'origine de plusieurs discontinuités dans le cinéma en 2D, ajoutant au caractère apparent de la continuité. Mais il a permis de rendre aux images en 3Ds la continuité apparente nécessaire à leur fonctionnement, avec une plus grande fiabilité que les outils mécaniques en usage en argentique. D'une plus grande précision, les outils numériques assurent la synchronisation de la paire d'images stéréoscopiques, depuis leur enregistrement jusqu'à leur diffusion. Avec les outils électroniques associés, on est en mesure de lier ou de dissocier les paramètres stéréoscopiques d'entraxe et de convergence selon les besoins, améliorant ainsi la qualité de l'expérience visuelle des spectateurs par rapport aux productions en argentique. La souplesse offerte par un support « dématérialisé » a vu le développement d'outils de post-production pour corriger des disparités inhérentes aux systèmes de prises de vues (les disparités de couleurs et de géométrie), ou celles survenues involontairement pendant le tournage (telles les disparités verticales).

C'est que les effets de la stéréoscopie sur la perception visuelle ne sont pas anodins. La paire stéréoscopique, une fois fusionnée, donne à voir le plan compris dans un volume, d'amplitude plus ou moins grande selon la distance inter-axiale entre les deux caméras et dans lequel la position de l'écran change selon le réglage de la convergence. L'association de l'entraxe et de la convergence divise le volume de l'image stéréoscopique, plus couramment appelée la boîte scénique, en trois : l'espace en profondeur, situé (d'un point de vue optique) derrière l'écran, le plan de l'écran lui-même et l'espace en jaillissement, situé (toujours d'un point de vue optique) devant l'écran. Ces données, principalement techniques au premier abord, surprennent les réalisateurs par

leur impact esthétique : c'est le seul mode de représentation qui reproduise avec un tel niveau de détail les ruptures des objets échelonnés dans la profondeur et la continuité de leurs surfaces. L'impact de la stéréoscopie, tant sur la production des images que sur la vue des spectateurs, impose aux réalisateurs d'en tenir compte dans la réalisation de leurs films. Ainsi l'association de la stéréoscopie, moyen de représentation spatiale, avec le cinéma, forme artistique temporelle, contient des enjeux spatio-temporels associés à l'esthétique d'un film qui renvoient à la continuité apparente à l'œuvre dans les films de fiction. Appliquant le modèle de la continuité apparente à l'analyse des films en 3Ds contemporains, on a pu constater à quel point la stéréoscopie renforce l'apparence de la continuité dans les films de fictions. Tantôt fixe, tantôt variable selon les intentions artistiques originelles, elle se calque sur les variations d'intensités dramatiques du scénario. Elle est soumise aux mêmes critères de répétition et de raccord pour assurer la cohérence spatiale des plans une fois assemblés, mais avec des contraintes supplémentaires, liées à son impact physiologique sur la vision des spectateurs. La stéréoscopie demande un effort supplémentaire pour réaliser complètement la continuité perceptive des paires d'images stéréoscopiques, ce qui a pour conséquence l'allongement du temps d'adaptation visuel et cérébral à chaque changement de plan. Pour veiller au confort visuel des spectateurs, les stéréographes veillent à ne pas trop forcer les réglages 3Ds et à lisser les raccords reliefs au moment de l'harmonisation stéréographique en post-production. Rompus aux conventions progressivement élaborées depuis plus d'un siècle de représentation visuelle sur un support bi-dimensionnel (l'écran), les réalisateurs intègrent progressivement les spécificités de la stéréoscopie dans leurs œuvres. Ils privilégient les focales courtes pour filmer la scène de plus près et accentuer la matérialité des sujets, et évitent de recourir aux amorces pour ne pas rompre la continuité de leurs volumes et de leurs surfaces. Ils utilisent tous les moyens à leur disposition pour ralentir le rythme : des mouvements plus lents, des plans plus longs, parfois ralentis artificiellement par le recours aux effets numériques (ralentis simples ou *bullet time*)³⁴⁵. Toutefois, comme le remarque Jesko Jockenhövel³⁴⁶, il n'y a pas aujourd'hui un seul style en 3Ds, mais plusieurs, dont aucun ne s'est véritablement imposé pour l'instant. Notre étude a cependant relevé des arrangements spatio-temporels inédits en 2D. Faits de fusions dans l'espace et dans le temps par la présence simultanée

³⁴⁵ Au-delà des exemples cités dans cette recherche, voir : JONES Nick, « Negotiating 3D Style and 2D Continuity », *stereoscopicmedia.org*, August 19, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=393>.

³⁴⁶ JOCKENHÖVEL Jesko, « Digital 3D: Not One Style, but Many Options », *stereoscopicmedia.org*, October 10, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=421>.

(dans *Souviens-moi* de Joséphine Derobe) ou successive (dans *Pina* de Wim Wenders) d'éléments du film en résonance avec le scénario, ils ouvrent la voie à l'émergence d'une *continuité stéréoscopique*.

Pour compléter cette étude, il nous a paru nécessaire d'élargir le champ d'analyse de l'esthétique de la continuité en 3Ds par la mise en correspondance avec d'autres méthodes de représentation. Revenant sur les travaux d'Aloïs Riegl qui analysait l'évolution des styles dans l'Antiquité, nous avons établi la distinction entre une organisation spatiale relevant d'une *continuité* qualifiée de *tactile*, de celle reposant sur une *discontinuité* de mode *optique*. Dans la première, les contours délimitent les formes des figures pour mettre en valeur leur individualité matérielle, que l'on peut littéralement « toucher du doigt » en suivant leurs contours. Les plans de la surface-fond et celui dans lequel s'inscrivent les figures sont confondus de manière continue. Cette organisation de l'espace, caractéristique des bas-reliefs de l'Égypte antique, est semblable au *style linéaire* défini par Heinrich Wölfflin pour qualifier des méthodes de représentation similaires sur des supports bi-dimensionnels à la Renaissance : les lignes définissent nettement les contours des figures dans des espaces où la profondeur est restreinte, pour ne pas dire inexistante. À l'inverse, Riegl observe que les artistes grecs et romains, à la suite des égyptiens, ont inclus des éléments de profondeur dans leurs œuvres : les figures se détachent du plan du fond, laissant la lumière marquer les ombres entre les figures échelonnées les unes derrière les autres dans la profondeur. Cette organisation de l'espace instaure une discontinuité qui relève davantage de la vue que du toucher. C'est ce que Heinrich Wölfflin définit comme le *style pictural* : les lignes ont été abandonnées au profit de dégradés ombrageux qui inscrivent les volumes dans la profondeur, renforcée par l'application des règles de la perspective linéaire. Ces théories identifient des invariants dans l'organisation de l'espace pour des modes de représentation aussi bien tri-dimensionnels que bi-dimensionnels. Le cinéma en 3Ds, dont les images, projetées sur le support bi-dimensionnel de l'écran, reproduisent le caractère tri-dimensionnel de l'espace, offre un terrain d'applications pour ces deux types de représentation. Malgré les discontinuités optiques qui les caractérisent, on a relevé dans les images en 3Ds des films de Wim Wenders une organisation spatiale où se mêlent des éléments de discontinuité optique et de continuité tactile. Que l'on ne s'y méprenne pas : c'est bien la vision que la stéréoscopie sollicite en premier lieu. Mais, comme le soulignait Gilles Deleuze lorsqu'il convoqua les théories d'Aloïs Riegl et de Heinrich Wölfflin sur l'évolution des styles pour analyser le travail du peintre Francis Bacon (1909-1992) : « c'est là sans doute qu'il faut préciser la nature complexe de cet espace

optique. Car en même temps qu'il rompt avec la vision "haptique" et la vue proche, *il n'est pas simplement visuel, mais se réfère à des valeurs tactiles, tout en les subordonnant à la vue*. En fait, ce qui remplace l'espace haptique, c'est un espace tactile-optique³⁴⁷ ».

Réunir la continuité et la stéréoscopie devait permettre d'analyser le résultat de leur entrecroisement sur l'esthétique des films de fiction, l'impact de la seconde sur la première, pour étudier ce qu'il en est de la *continuité stéréoscopique* aujourd'hui. Cette approche, en premier lieu réflexive, devait distinguer les espaces qui restaient pour l'instant inexplorés, les portes que cette notion pourrait ouvrir, les opportunités artistiques qu'elle permettrait de concrétiser. L'objectif de cette démarche était d'identifier les questions que soulèverait la continuité stéréoscopique pour ensuite proposer des réponses « par la pratique » à la problématique initiale de cette recherche. Autrement dit, trouver comment élaborer des correspondances entre le cinéma en 3Ds et d'autres formes artistiques pour enrichir l'esthétique de la continuité stéréoscopique.

Retour sur la pratique : bilan et perspectives

Les premières expériences pratiques, menées dans le cadre de projets de l'École Nationale Supérieure Louis-Lumière, ont été l'occasion d'effectuer nos premières observations sur la continuité en 3Ds dans des conditions de tournage. Le premier était effectué dans un contexte pédagogique, par les étudiants de l'ENSL. Le second s'inscrivait dans un projet de recherche industriel, avec des moyens professionnels. Nous avons trouvé, à la lumière de ces expériences, la confirmation de nos investigations passées concernant l'impact de la stéréoscopie sur le métier de scripte et, plus largement, sur l'importance d'intégrer la stéréoscopie le plus tôt possible dans le processus de création. Pour commencer, le plus tôt la scripte est présente, le plus tôt elle sera en mesure de discuter des intentions artistiques du metteur en scène en relation avec la 3Ds. Elle aura aussi l'opportunité d'échanger avec le stéréographe, interlocuteur privilégié en la matière, notamment afin de s'enquérir des spécificités techniques du tournage et d'adapter ses méthodes de travail pour assurer la bonne communication sur le plateau et avec l'équipe de post-production. Comme Perry Hoberman l'a fait remarquer, la stéréoscopie est un élément subtil, difficile à discerner : combien de spectateurs mesurent les nombreuses variations stéréoscopiques qui ont lieu dans un long métrage ? Elles ne deviennent évidentes que si l'on ôte ses lunettes. Mais sans

³⁴⁷ DELEUZE Gilles, *Francis Bacon. Logique de la sensation - Tome 1*, 4^e édition, Paris, Éditions de la Différence, coll. « La Vue le Texte », 1996, p. 81. Nous soulignons.

lunettes, plus de stéréoscopie... Dans ce contexte, visualiser l'image, de la préparation au tournage, s'avère utile pour maîtriser la représentation spatiale dans chaque plan du film, non seulement pour assurer sa reconstitution dans l'esprit des spectateurs lors de leur assemblage ultérieur, mais aussi pour valider leur adéquation avec les intentions du metteur en scène. C'est pourquoi il est essentiel d'avoir un retour vidéo sur le plateau pendant le tournage. C'est un outil de visualisation précieux qui aide l'équipe, et surtout la scripte, à intégrer la stéréoscopie parmi tous les paramètres nécessaires pour anticiper le montage, autrement dit la réalisation de la continuité du film.

Ces deux expériences ont donné matière à des réflexions qui ont trouvé leur application dans la réalisation de deux courts métrages.

Le premier, intitulé *Surveillance*, est le résultat d'un travail en commun avec deux autres doctorants sous la supervision de Pascal Martin, Professeur des Universités à l'ENS Louis-Lumière, dans le cadre du projet « Les Arts trompeurs - Machines. Magie. Médias ». Cette collaboration s'est révélée fructueuse et riche en enseignements. En se focalisant sur les illusions issues de la stéréoscopie, ce court métrage nous a fourni l'opportunité de réapprendre le fonctionnement de la vision binoculaire humaine, puis de mettre en œuvre ses principes de manière très concrète dans le film. Suivant les enseignements des expériences précédentes, la stéréoscopie, puisqu'elle était le principal objet d'étude à l'origine du film, a été intégrée au processus de fabrication dès le début. C'est ainsi que nous avons décidé d'en faire le moteur du film, pour élaborer celui-ci à partir de la stéréoscopie et des effets que nous avons identifiés, plutôt que d'intégrer les effets stéréoscopiques dans un scénario pré-établi (comme cela aurait probablement été le cas avec des conditions de production classiques. Le film revêt une forme plus proche du cinéma expérimental, où le scénario n'est certes qu'un prétexte, mais il nous permettait de ne pas perdre de vue, pendant son élaboration, notre objectif principal : mettre en œuvre les tromperies que seule la stéréoscopie permet. En définissant trois moyens d'agir sur l'aspect des images en 3Ds, par la variation des réglages stéréoscopiques, la manipulation des images au sein de la paire stéréoscopique et enfin l'association de la 3Ds avec les illusions cinématographiques, nous nous sommes approchés des limites de la vision humaine, repoussant nos facultés perceptives dans leurs retranchements. Dans une image où les jaillissements brisent la barrière de l'écran, ces manipulations révèlent un fort impact sur l'esthétique visuelle d'un film, particulièrement la représentation de l'espace : l'hyperstéréoscopie transforme l'échelle des objets, la pseudoscopie renverse la hiérarchie de la profondeur et les travellings compensés déforment les distances et les volumes. Malgré l'étrangeté visuelle des effets

stéréoscopiques de *Surveillance*, nos expérimentations ont mis à jour leur potentiel artistique. Par exemple, la pseudoscopie, plutôt que d'être considérée comme une erreur visuelle, peut souligner la désorientation, tandis que les objets n'apparaissant que sur un seul œil prennent un aspect fantomatique. À de rares exceptions près, que nous avons eu l'occasion de mentionner et qui demeurent des usages ponctuels, ces effets restent inédits dans le paysage de la production en 3Ds au cinéma, et *Surveillance* en fournit une concentration à un niveau jamais égalé. Ces effets stéréoscopiques pourraient trouver leur place dans des longs métrages : sans chercher à tous les utiliser, on pourrait songer à en choisir quelques uns, qui seraient dispersés dans le film, selon les besoins de l'histoire.

La recherche des effets stéréoscopiques nous a donc conduits à remettre en question la continuité de la stéréoscopie. Examinée à la lumière de nos propres recherches sur la continuité, l'expérience de *Surveillance* a révélé que l'alternance de plans en 2D avec des plans en 3Ds, la grande variabilité des réglages stéréoscopiques et l'accroissement des disparités entre les images gauches et droites avec des éléments spatiaux d'une part, et par un décalage temporel d'autre part, étaient des facteurs de discontinuités pour un film en 3Ds. Cette première expérience collaborative a alimenté les réflexions et influencé les questions à l'origine du second court métrage auxquelles le film proposerait des éléments de réponse.

La démarche qui avait présidé à la réalisation de *Surveillance* ayant abouti à d'intenses discontinuités (vraisemblablement renforcées par la concentration des effets stéréoscopiques dans un temps très court), nous avons cherché à construire le second film en réponse au premier, comme l'on travaillerait à formuler l'antithèse au sein d'un argumentaire, dans une démarche dialectique. C'est ainsi que *Espace, Espaces !* s'est d'abord construit sur l'envie d'un retour à la continuité. Étant plus « autonomes » quant aux choix artistiques qui guideraient sa réalisation, nous avons vu là la possibilité de mettre en œuvre nos propositions, revenant en cela à notre démarche originelle : mettre en correspondances le cinéma en 3Ds, l'architecture et la musique afin d'y faire résonner la notion de continuité. Cet objectif s'est cristallisé autour du travail de Iannis Xenakis qui, en construisant ses premières œuvres sur le principe des variations continues, ouvrait un champ encore peu exploré pour la continuité stéréoscopique et apportait la flexibilité essentielle quand le médium repose sur une *continuité apparente*. L'expérience de *Surveillance* ayant mis en lumière l'incidence de la stéréoscopie sur la représentation de l'espace et par-là même son importance sur l'esthétique visuelle d'un film, nous avons pris le parti de débiter ce projet par le choix du lieu dans lequel se

déroulerait le film. Le scénario de *Surveillance* reposait sur les illusions stéréoscopiques, celui de *Espace, Espaces !* devait avoir pour moteur : un décor original, caractérisé par une organisation spatiale insolite, et le principe des variations continues. Il nous paraissait très important, encore une fois, que dans le cadre d'une recherche par la pratique, la création soit guidée par des contraintes établies dès le départ. Par ailleurs la production d'un film est un travail de longue haleine : il est aisé d'oublier des éléments essentiels pendant ce long parcours (ce qui aurait invalidé notre démarche). Travailler à partir de principes prédéfinis possède l'avantage de fournir un cadre référentiel.

La multitude de possibilités qu'offrait le système des variations continues a nécessité de sélectionner certaines combinaisons de paramètres du film et d'en laisser d'autres de côté, ce qui laisse des portes ouvertes pour de futures expérimentations. Par exemple, les contingences de tournage ont conduit à abandonner finalement l'idée d'une caméra constamment mobile qui aurait apporté des mouvements de parallaxe et participé à la mise en valeur de la profondeur. Le produit des variations continues mises en place dans *Espace, Espaces !* n'est pas explicite quant à la combinaison retenue d'éléments optiques et visuels. Les choix opérés ont néanmoins confirmé de précédentes observations : la prévalence des courtes focales pour un rendu de profondeur accru, l'importance de choisir des espaces atypiques et l'extrême attention à porter à leur organisation pour, en accord avec les intentions artistiques originelles, valoriser l'apport de la stéréoscopie au film.

Anticipant les recherches sur la stéréoscopie, nous avons restreint le champ d'investigation sur la continuité aux éléments visuels. Il est indéniable que le son, qui depuis les années 1930 s'est généralisé dans les films, est pour moitié dans leur élaboration. Aussi nous avons conscience de n'avoir fait qu'effleurer le sujet dans la mise en œuvre de *Surveillance* et de *Espace, Espaces !*. Nous avons certes réfléchi à la musique dans *Espace, Espaces !* de façon à lui assigner le rôle, relevé par Gilles Mouëllic, de « continuité » et « d'unité »³⁴⁸, mais les aspects sonores de l'image en 3D stéréoscopique revêtent des enjeux plus larges dans leur relation avec l'image et leur répartition dans l'espace de diffusion, qui mériteraient d'être traités à part entière. Il

³⁴⁸ MOUËLLIC Gilles, *La musique de film*, 2^e édition, Paris, SCÉRÉN-CNDP - Cahiers du Cinéma, coll. « Les petits cahiers », 2006 [2003], p. 31. Gilles Mouëllic reprend des critères établis auparavant par Claudia Gorbman pour analyser les musiques des films des studios hollywoodiens.

paraît raisonnable de penser inscrire les problématiques sonores comme les axes principaux de recherches et d'expérimentations pratiques ultérieures.

Nous avons débuté notre travail avec l'idée de la continuité. À la suite des recherches théoriques, de l'examen esthétique des films en 3Ds et de nos propres expériences pratiques, ce sont aujourd'hui les possibilités offertes par la discontinuité qui retiennent notre attention et que, nous l'espérons, nous aurons l'occasion de poursuivre à la suite de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

LA VISION

Ouvrages

- BOUCART Muriel, HÉNAFF Marie-Anne, BELIN Catherine (dir.), *Vision : aspects perceptifs et cognitifs*, Marseille, SOLAL, coll. « Neuropsychologie », 1998, 365 p.
- DELORME André, *Psychologie de la perception*, Paris et Saint-Laurent, Éditions Études Vivantes, 1982, 424 p.
- GALIFRET Yves (dir.), *Les mécanismes de la vision*, Paris, Belin, coll. « Pour la science », 1989, 190 p.
- GIBSON James J., *The perception of the visual world*, Cambridge, MA, The Riverside Press, 1950, 235 p. Livre numérisé et accessible en ligne : [s-f-walker.org.uk/pubsebooks/pdfs/The Perception of the Visual Worl-GibsonJJ.pdf](http://s-f-walker.org.uk/pubsebooks/pdfs/The%20Perception%20of%20the%20Visual%20World-GibsonJJ.pdf).
- GREGORY Richard L., *L'œil et le cerveau. La psychologie de la vision*, Paris, DeBoeck Université, coll. « Neurosciences et cognition », 2000, 340 p.
- SHEPARD Roger N., *L'œil qui pense - Visions, illusions, perceptions*, Paris, Éditions du Seuil, coll. « Points - Série Sciences », 1992, 240 p.
- WADE Nicholas, *A Natural History of Vision*, Cambridge, MA et Londres, The MIT Press, 1998, 470 p.

Périodiques

- STEINMAN Robert M., PIZLO Zygmunt & PIZLO Filip J., « Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution », *Vision Research*, 2000, n°40, pp. 2257-2264.
- *Science & Vie - Hors série*, n°216, septembre 2001.

LA STÉRÉOSCOPIE

Ouvrages généraux

- BARNIER Martin & KITSOPANIDOU Kira, *Le cinéma 3-D - Histoire, économie, technique, esthétique*, Paris, Armand Colin, 2015, 194 p.
- BLOCK Bruce & MACNALLY Philip “Captain 3D”, *3D Storytelling*, Londres, Focal Press, 2013, 230 p.
- DSOUZA Clyde, *Think in 3D: food for thoughts for directors, cinematographers and stereographers*, Amazon Distribution, 2012, 199 p.
- HAYES R. M., *3-D Movies: A History and Filmography of Stereoscopic Cinema*, Jefferson et Londres, MacFarland & Company, 1989, 420 p.
- MENDIBURU Bernard, *Produire des images en relief 3Ds*, Paris, INA, coll. « INA expert », 2011, 264 p.
- MICHEL Benoît, *La stéréoscopie numérique*, Paris, Eyrolles, 2012, 292 p.
- ROSS Miriam, *3D Cinema*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2015, 225 p.
- TRICART Céline, *La pratique de la mise en scène en 3D relief*, Nice, Baie des Anges, 2013, 280 p.

- ZONE Ray, *3-D Filmmakers - Conversations with Creators of Stereoscopic Motion Pictures*, Lanham, Scarecrow Press, 2005, 180 p.
- ZONE Ray, *Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film*, Lexington, University Press of Kentucky, 2007, 225 p.
- ZONE Ray, *3D Revolution - The History of Modern Stereoscopic Cinema*, Lexington, University Press of Kentucky, 2012, 440 p.
- Catalogue d'exposition, *Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle*, Londres, Booth Clibborn Editions et Paris, Paris-Musées, 2000, 292 p.

Chapitres d'ouvrages

- EISENSTEIN Sergueï, « Le cinéma en relief », *Le mouvement de l'art*, Paris, Cerf, 1986 [1946-1948]. pp. 97-158.
- LEFEBVRE Simon, « Accessoires et accès de la 3D », in CHATEAU Dominique (dir.), *La direction de spectateurs*, Paris, Les Impressions Nouvelles, 2015, pp. 260-272.
- LEPOT Cyril, « De l'ordre à l'image au regard ordonné dans le cinéma en 3D stéréoscopique », in CHATEAU Dominique (dir.), *La direction de spectateurs*, Paris, Les Impressions Nouvelles, 2015, pp. 273-282.

Périodiques

- ATKINSON Sarah, « Stereoscopic-3D Storytelling – Rethinking the conventions, grammar and aesthetics of a new medium », *Journal of Media Practice*, Vol. 12, n°2, 2011, pp. 139-156, www.sfu.ca/~amb4/3D/s3.pdf.
- CIMENT Michel, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, n°602, avril 2011, pp. 29-33.
- CIMENT Michel et TOBIN Yann, « Entretien avec Henry SELICK », *Positif*, n°580, juin 2009, pp. 17-22.
- Dossier « Le relief à l'offensive », *Cahiers du Cinéma*, n°647, juillet-août 2009, pp. 8-29.
- EISENREICH Pierre, « *Coraline* : Vive la 3D ! », *Positif*, n°580, juin 2009, pp. 15-16.
- ELSAESSER Thomas, « The "Return" of 3-D : On Some of the Logics and Genealogies of the Image in the Twenty-First Century », *Critical Inquiry*, Vol. 39, n°2, Hiver 2013, pp. 217-246.
- ELSAESSER Thomas, « Critical Response II : Response to Miriam Ross », *Critical Inquiry*, Vol. 39, n°4, Été 2013, pp. 878-883.
- FLUECKIGER Barbara, « Aesthetics of Stereoscopic Cinema », *Projections*, Vol. 6, n°2, Été 2012, pp. 101-122.
- GOMBEAUD Adrien, « *Pina* : Pina's movie », *Positif*, n°602, avril 2011, pp. 27-28.
- GOMBEAUD Adrien, « Entretien avec Wim Wenders », *Positif*, n°651, mai 2015, pp. 25-28.
- HOLMES Oliver Wendell, « Un voyage stéréoscopique », *Études photographiques*, n°9, mai 2001, pp. 109-123.
- HOLMES Oliver Wendell, « Un voyage stéréoscopique », *Études photographiques*, n°10, novembre 2001, pp. 107-127.
- LEFEBVRE Thierry et MICHAUD Philippe-Alain (dir.), *1895*, « Le cinéma en relief », Hors-série, 1997, 207 p.

- LEPASTIER Joachim, « *Pina* », *Cahiers du cinéma*, n°602, avril 2011, pp. 41-42.
- MATHIEU Frédéric, « Avant-Première. Le monde fantastique d'Oz », *S.F.X.*, n°161, octobre/novembre 2012, pp. 13-14.
- MÉRANGER Thierry, « *Coraline* », *Cahiers du cinéma*, n°647, juillet-août 2009, pp. 47-48.
- MERCIER Frédéric, « Stéréographe : penser en relief - Entretien avec Joséphine Derobe », *Cahiers du cinéma*, n°696, janvier 2014, pp. 50-51.
- ROSS Miriam, « Critical Response I : Response to Thomas Elsaesser », *Critical Inquiry*, Vol. 39, n°4, Été 2013, pp. 874-877.
- TIMBY Kim, « Images en relief et images changeantes - La photographie à réseau ligné », *Études photographiques*, n°9, mai 2001, pp. 124-143.

Articles scientifiques

- HÄKKINEN Jukka, KAWAI Takashi, TAKATALO Jari, MITSUYA Reiko & NYMAN Göte, *What do people look at when they watch stereoscopic movies?*, étude présentée lors du IS&T/SPIE's International Symposium on Electronic Imaging : Science and Technology. Stereoscopic Displays and Applications XXI, 18.-21.01.2010, San Jose, California, USA. Proceedings of SPIE, Vol. 7524, 10 p. s3.amazonaws.com/publicationlist.org/data/jukka.hakkinen/ref-58/7524-13%20Hakkinen.pdf.
- PUJADES Sergi, BOIRON Laurent, RONFARD Rémi, DUVERNAY Frédéric, « Dynamic Stereoscopic Previz », *Proceedings of the International Conference on 3D Imaging*, IEEE, *3D Stereo Media*, Liège (Belgique), décembre 2014.
- WHEATSTONE Charles, « Contributions to the Physiology of Vision – Part the First. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 128, 1838, pp. 371-394. URL : rstl.royalsocietypublishing.org/content/128/371.full.pdf+html
- WHEATSTONE Charles, « Contributions to the Physiology of Vision – Part the Second. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 142, 1852, pp. 1-17. URL : rstl.royalsocietypublishing.org/content/142/1.full.pdf+html

Travaux Universitaires et Mémoires de fin d'études

- GARNIER François, *Diffusion spatiale et espaces numériques tridimensionnels*, thèse de doctorat, Université Paris 8, soutenue le 12 décembre 2008, 293 p., www.bibliotheque-numerique-paris8.fr/fre/notices/153060-Diffusion-spatiale-et-espaces-numeriques-tridimensionnelles-etude-esthetique-et-technique-de-la-perception-stere...html.
- GOISSET Arthur, *3D : l'odyssée de l'espace - le relief, devenir d'un procédé qui s'actualise au carrefour de bouleversements transmédiateurs*, Mémoire de fin d'études du Département Production, La Fémis, juin 2013, 69 p.
- GUILLOT Jeanne, *La 3D est-elle nécessairement spectaculaire ?*, Mémoire de fin d'études du Département Image, La Fémis, juin 2008, 68 p.
- JACOPIN Esther, *Stéréoscopie, scripte et continuité*, Mémoire de fin d'études du Département Scripte, La Fémis, juin 2013, 75 p.

- LEROY Laure, *Interfaçage visuel stéréoscopique : diminution de la fatigue visuelle et caractérisation de la perception des formes*, thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, soutenue le 15 décembre 2009, 258 p.
- LESUEUR Chloë, *La prise de vue stop motion en relief*, Mémoire de fin d'études du Département Image, La Fémis, juin 2011, 65 p.
- LUTZ Antoine, *Phénoménologie de la vision stéréoscopique*, Mémoire de Maîtrise de Philosophie, Université Paris IV, octobre 1999, 75 p. Disponible au format PDF à l'adresse : www.brainimaging.waisman.wisc.edu/lutz/Memoire_philo_Lutz_1999.pdf.
- TRICART Céline, *Réaliser un film en relief - Relations entre espace stéréoscopique et espace narratif*, Mémoire de fin d'études du département Cinéma, ENS Louis Lumière, juin 2008, 106 p. www.ens-louis-lumiere.fr/fileadmin/recherche/Tricard-cine-2008-mem.pdf

Internet : articles

- « Publication des versions révisées des normes Afnor NFS 27001 et NFS 27100 », Communiqué de presse de la CST, 10 septembre 2014, www.cst.fr/publication-des-versions-revisees-des-normes-afnor-nf-s-27001-et-nf-s-27100/.
- AMATO Olivier & GÉRARD Philippe (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision*, mai 2011, 42 p. <https://sites-google.com/a/ficam.fr/3ds/file-cabinet>.
- BORDWELL David, « Coraline Cornered », February 23, 2009, <http://www.davidbordwell.net/blog/2009/02/23/coraline-cornered>.
- BOURHIS Marc & AMATO Olivier (dir.), *Le livre blanc du relief (3Ds) au cinéma et à la télévision (V2)*, mai 2012, 62 p. www.focusinnovation.fr/wp-content/uploads/downloads/2012/05/LivreBlancReliefV2_BasseDef1.pdf.
- Dossier de presse de *Pina* : www.filmsdulosange.fr/fr/film/183/pina.
- GARDNER Brian, « Perception and the Art of 3D Storytelling », June 2009, https://library.creativecow.net/article.php?author_folder=gardner&article_folder=magazine_3d_storytelling&page=1.
- GARDNER Brian, « The Dynamic Floating Window – a new creative tool for 3D movies », 2011, michaelscroggins.files.wordpress.com/2012/09/bgardner_dynamicfloatingwdws_whitepaper.pdf.
- HARDESTY Jandy, « TCM Film Fest: Retour de Flamme – 3D », April 19, 2012, www.rowthree.com/2012/04/19/tcm-film-fest-retour-de-flamme-3D-rarities-2/.
- HIGGINS Scott, *How does 3D tell stories?*, April 12, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=310>.
- HILLAIRE Olivier, « RealD : un nouvel écran pour améliorer la qualité de la projection en relief », *Mediakwest*, 30 novembre 2016, www.mediakwest.com/cinema/item/reald-un-nouvel-ecran-pour-ameliorer-la-qualite-de-la-projection-en-relief.html.
- JONES Nick, *Negotiating 3D Style and 2D Continuity*, August 19, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=393>.
- JOCKENHÖVEL Jesko, *Digital 3D: Not one style, but many options*, October 10, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=430>.
- LOUVART Hélène, article sur le tournage et la lumière du film : <http://www.afcinema.com/Pina,6733.html>.

- KOZACHIK Pete, « 2 Worlds in 3 Dimensions », February 2009, [www.theasc.com/ac_magazine/February 2009/Coraline/page1.php](http://www.theasc.com/ac_magazine/February%202009/Coraline/page1.php).
- PIERSON Ryan, *A New Haptical Cinema*, October 10, 2013, <http://www.stereoscopicmedia.org/?p=421>.

Internet : vidéos

- BRAUN Tina, *Deconstruct*, 2008, <http://tinabraun.de/deconstruct.html>.
- GARDNER Brian, « The Dynamic Floating Window – a new creative tool for 3D movies », présenté par MENDIBURU Bernard, 11 avril 2011, www.youtube.com/watch?v=TucS'c_W9Sk.

Conférences et colloques

- 3D>>[FWD], Vancouver City Theatre, Vancouver, CANADA, 24 et 25 janvier 2013.
- 3D Creative Summit, British Film Institute Londres, ANGLETERRE, 27 et 28 mars 2013.
- 3D Stereo Media, Université de Liège, Liège, BELGIQUE, 9-10-11 décembre 2014.
- Stereoscopic and Immersive Media, Lisbonne, PORTUGAL, 7-8-9 octobre 2015.
- Stéréoscopie et Illusion, Paris, FRANCE, 29-30 septembre et 1^{er} octobre 2016.

Entretiens

- Entretien avec Perry HOBERMAN, Los Angeles, le 22 janvier 2013.
- Entretien avec Phil “Captain 3D” MACNALLY, Londres, le 28 mars 2013.
- Entretien avec Anne WERMELINGER, Paris, le 1^{er} mai 2013.
- Entretien avec Joséphine DEROBE, Paris, le 15 mai 2013.

CINÉMA

Ouvrages

- AMIEL Vincent, *Esthétique du montage*, 2^e édition, Paris, Armand Colin, 2010 [2007], 174 p.
- AMIEL Vincent, MOUËLLIC Gilles & MOURE José (dir.), *Le découpage au cinéma*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, coll. « Le Spectaculaire », 2016, 369 p.
- AUMONT Jacques, BERGALA Alain, MARIE Michel, VERNET Marc, *Esthétique du film*, Paris, Nathan, 1983, 224 p.
- AUMONT Jacques & MARIE Michel, *Dictionnaire théorique et critique du cinéma*, Paris, Nathan, 2001, 300 p.
- BASCHET Éric (dir.), *Les grands dossiers de L'Illustration - Le cinéma*, Paris, L'Illustration, 1987, 192 p.
- BAUDROT Sylvette & SALVINI Isabel, *La script-girl Cinéma/Vidéo*, Paris, La Fémis, 1989, 208 p.
- BESSY Maurice et DUCA Lo, *Louis Lumière inventeur*, Paris, Éditions Prisma, 1948, 134 p.
- BORDWELL David, *The Way Hollywood Tells It*, Berkeley-Los Angeles-Londres, University of California Press, 2006, 298 p.

- BOUILLOT René, *Guide pratique de l'éclairage - Cinéma, télévision, théâtre*, 4^e édition, Paris, Dunod, coll. « Audio-photo-vidéo », 2012, 256 p.
- BROWNLOW Kevin, *La parade est passée*, Paris et Lyon, Actes Sud/Institut Lumière, 2011, 1008 p.
- BRONWLOW Kevin, *Le grand Classique d'Abel Gance, Napoléon*, Paris, Armand Colin, 2012, 340 p.
- COWIE Peter, *Le petit livre de Apocalypse Now*, Paris, Cinéditions, coll. « Le Cinéphage », 2001, 312 p.
- GAUDREAU André, *Cinéma et attraction - Pour une nouvelle histoire du cinématographe*, Paris, CNRS Éditions, 2008, 255 p.
- HAMUS-VALLÉE Réjane, *Les effets spéciaux*, Paris, SCÉRÉN-CNDP - Cahiers du Cinéma, coll. « Les petits cahiers », 2004, 98 p.
- JOURNOT Marie-Thérèse, *Vocabulaire du cinéma*, Paris, Nathan Université, coll. « Cinéma 128 », 125 p.
- MERLEAU-PONTY Maurice, *Le cinéma et la nouvelle psychologie*, Paris, Gallimard, coll. « Folioplus Philosophie », 2009, 106 p.
- MILLER Pat P., *Script Supervising and Film Continuity*, 3^e édition, Focal Press, 1999, 236 p.
- MITRY Jean, *Dictionnaire du cinéma*, Paris, Larousse, 1963, 332 p.
- MITRY Jean, *Esthétique et psychologie du cinéma*, Cerf, coll. « 7^e art », 2001, 527 p.
- PINEL Vincent, *Techniques du cinéma*, Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1981, 130 p.
- PINEL Vincent, *Louis Lumière, inventeur et cinéaste*, Paris, Nathan, coll. « Synopsis », 1994, 130 p.
- SCHMIDT Victoria Lynn, *Story Structure Architect*, Cincinnati, Writer's Digest Book, 2005, 302 p.
- TOURNIER Maurice, *Le cinéma côté cabine*, Cassis, Éditions MT COM, 2011, 283 p.
- WYN Michel, *Le cinéma et ses techniques*, Paris, Éditions Techniques Européennes, 1964, 266 p.

Articles

- BIELIK Alain, « Interview - Steve Begg, Superviseur des effets visuels », *S.F.X.*, n° 161, octobre/novembre 2012, pp. 20-23.
- BIELIK Alain, « The Revenant », *S.F.X.*, n°182, mai/juin 2016, pp. 46-47.
- BORDWELL David, « Intensified Continuity - Visual Style in Contemporary American Film », *Film Quarterly*, Vol.55, n°3, Spring 2002, pp. 16-28. URL : academic.csuohio.edu/kneuendorf/frames/editing/Bordwell02.pdf
- *Bulletin Officiel du Centre national du cinéma et de l'image animée*, n°12, lundi 7 mai 2012, 4 p.
- SOULARD Robert, « Le cinématographe Bouly », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, tome 16, n°4, 1963, pp. 317-322. URL : www.persee.fr/doc/rhs-0048-7996_1963_num_16_4_4467.
- VALENS Grégory, « Entretien avec Alejandro González Iñárritu », *Positif*, n°648, février 2015, pp. 17-21.

Internet

- BORDWELL David, « Intensified Continuity Revisited », May 27, 2007, <http://www.davidbordwell.net/blog/2007/05/27/intensified-continuity-revisited/>.

Fonds d'archives Bibliothèque du Film

- BAUDROT-GU227-B80
- BAUDROT-GU228-B81

SON

Le son au cinéma

- BAILBLÉ Claude, « L'image frontale, le son spatial », in BEAU Franck, DUBOIS Philippe & LEBLANC Gérard (dir.), *Cinéma et nouvelles technologies*, Paris, INA et Bruxelles, De Bœck Université, 1998, pp. 225-249.
- MOUËLLIC Gilles, *La musique de film*, 2^e édition, Paris, SCÉRÉN-CNDP - Cahiers du Cinéma, coll. « Les petits cahiers », 2006 [2003], 95 p.

Systèmes de diffusion sonore au cinéma

- BEMBARON Elsa, « Le son en “3D” de Dolby s'impose dans les cinémas », *Le Figaro*, 14 août 2013, p. 26.
- LEBON Thierry, « Liste des salles Dolby Atmos », 15 Mai 2014, www.afsi.eu/news/liste-des-salles-dolby-atmos.
- Site internet de Dolby Laboratories : www.dolby.com/en/us/
- « Dolby Atmos Next-Generation Audio for Cinema », 16 p. www.dolby.com/uploadedFiles/Assets/US/Doc/Professionnal/Dolby-Atmos-Next-Generation-Audio-for-Cinema.pdf.
- « Dolby Atmos Specifications », 15 p. www.dolby.com/uploadedFiles/Assets/US/Doc/Professionnal/Dolby_Atmos_Specifications.pdf.

Son et stéréoscopie

- BAILBLÉ Claude, « Interaction image et son dans le cinéma 3D », in LEBLANC Gérard & THOUARD Sylvie (dir.), *Numérique et Transesthétique*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2012, pp. 79-87.
- HENDRICKX Étienne, PAQUIER Mathieu & KOEHL Vincent, *Influence de la stéréoscopie sur le mixage des ambiances « surround » au cinéma*, 7 p., hal.univ-brest.fr/docs/00/98/68/96/PDF/000396.pdf.
- HENDRICKX Étienne, PAQUIER Mathieu & KOEHL Vincent, *Should a movie have two different soundtracks for its stereoscopic and non-stereoscopic versions ?*, étude présentée lors du International Conference on 3D Imaging, 2013, Liège, BELGIQUE, 7 p. hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/93/99/77/PDF/IC3D_hendrickx_paquier_koehl.

Mémoires de fin d'études

- GAMBIER Victor, *Nouvelles approches pour la bande sonore d'un film en relief*, Mémoire de fin d'études du département Son, ENS Louis Lumière, juin 2010, 57 p. www.ens-louis-lumiere.fr/fileadmin/recherche/MEMOIRE_v1.0_2405_2010.pdf
- MARTEN Arnaud, *Diffusion MS d'une bande son pour le cinéma relief*, Mémoire de fin d'études du département Son, ENS Louis Lumière, juin 2008, 86 p. www.ens-louis-lumiere.fr/fileadmin/recherche/Marten-son-2008-mem.pdf

HISTOIRE ET THÉORIE DES ARTS

Histoire de l'art

- COMAR Philippe, *La perspective en jeu. Les dessous de l'image*, Paris, Gallimard, coll. « Découvertes Gallimard », 1992, 128 p.
- ELISEEFF Danielle, *L'art chinois*, Paris, Larousse, coll. « Reconnaître - Comprendre », 2007, 238 p.
- FLOCON Albert et TATON René, *La perspective*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1984 [1963], 128 p.
- GOMBRICH Ernst Hans, *Histoire de l'art*, Paris, Phaidon (édition de poche), 2001, 1046 p.
- GUTH Christine, *Le Japon de l'ère Edo*, Paris, Flammarion, coll. « Tout l'art », 1996, 176 p.
- HOLTZMANN Bernard et PASQUIER Alain, *Histoire de l'art antique : l'Art grec*, Paris, École du Louvre/Réunion des musées nationaux/La Documentation française, coll. « Manuels de l'École du Louvre », 1998, 365 p.
- ORGOGOZO Chantal, *L'Art égyptien*, Paris, Flammarion, coll. « Tout l'art », 1996, 79 p.
- PANOFSKY Erwin, *La perspective comme forme symbolique*, Paris, Éditions de Minuit, 1975, 280 p.
- RIEGL Alois, *L'industrie d'art romaine tardive*, Paris, Macula, coll. « La littérature artistique », 2014, 470 p.
- STANLEY-BAKER Joan, *L'Art japonais*, Paris, Thames & Hudson, coll. « L'univers de l'art », 1990, 214 p.
- WÖLFFLIN Heinrich, *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*, Paris, Gérard Montfort, 1992, 285 p.
- ZIEGLER Christiane et BOVOT Jean-Luc, *L'Art égyptien*, Paris, Larousse, coll. « Reconnaître - Comprendre », 2013, 143 p.

Peinture

- Catalogue de l'exposition *Hyperréalismes, USA 1965-1975*, Hazan, Les musées de Strasbourg, 2003, 303 p.
- DELEUZE Gilles, *Francis Bacon. Logique de la sensation - Tome 1*, 4^e édition, Paris, Éditions de la Différence, coll. « La Vue le Texte », 1996, 112 p.
- DE VINCI Léonard, *Traité de la peinture*, Vol. 1, Paris, Librairie Charles Delagrave, 1910, 252 p.

- FOCILLON Henri, *Hokusai*, Lyon, Fage Éditions, coll. « Varia », 2005 [1914], 185 p.

Architecture

- KHAN Hasan-Uddin, *Le Style International. Le modernisme dans l'architecture de 1925 à 1965*, Taschen, 2009, 224 p.
- NEUMEYER Fritz, *Mies van der Rohe. Réflexions sur l'art de bâtir*, Paris, Le Moniteur, coll. « Architextes », 1996, 353 p.
- RAGON Michel, *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes - Vol. 2*, Paris, Casterman, coll. « Points-Essais », 1986, 289 p.
- XENAKIS Iannis, *Musique de l'architecture*, Textes, réalisations et projets architecturaux choisis, présentés et commentés par Sharon Kanach, Marseille, Parenthèses, 2006, 443 p.
- ZEVI Bruno, *Apprendre à voir l'architecture*, Paris, Éditions de Minuit, 1959, 175 p.

Musique

- DELALANDE François, « *Il faut être constamment un immigré* » - *Entretiens avec Iannis Xenakis*, Paris, INA - Buchet/Chastel, 1997, 188 p.
- HARDY Christophe, *Les mots de la musique*, Paris, Belin, coll. « Le français retrouvé », 2007, 657 p.
- LACROIX Marie-Hortense, *Pléiades de Iannis Xenakis*, Paris, TUM-Michel de Maule, 2001, 110 p.
- LANCIANI Albino, *Mathématiques et musique*, Grenoble, Jérôme Millon, coll. « Krisis », 2001, 283 p.
- MÂCHE François-Bernard (dir.), *Portrait(s) de Iannis Xenakis*, Paris, Bibliothèque Nationale de France, 2001, 227 p.
- SOLOMOS Makis (dir.), *Présences de Iannis Xenakis*, Paris, Centre de Documentation de la Musique Contemporaine, 2001, 270 p.
- VIGNAL Marc, *Dictionnaire de la musique*, Paris, Larousse, 2005, 1530 p.
- XENAKIS Iannis, *Musiques formelles*, Paris, La Revue Musicale/Éditions Richard Masse, 1963, 234 p.
- XENAKIS Iannis, *Musique architecture*, Paris, Casterman, coll. « Synthèses contemporaines », 1976, 238 p.
- XENAKIS Iannis, *Arts/sciences. Alliages*, Paris, Casterman, coll. « Synthèses contemporaines », 1979, 153 p.
- XENAKIS Iannis, *Kéleütha*, Paris, L'Arche, 1994, 146 p.

Danse

- CAMARADE Hélène & PAOLI Marie-Lise (dir.), *Marges et territoires chorégraphiques de Pina Bausch*, Paris, L'Arche, 2013, 360 p.

Littérature

- ASIMOV Isaac, *Le Cycle des Robots - 4. Face aux feux du soleil*, Paris, J'ai lu, 1970, 312 p.

- BAUDELAIRE Charles, « Correspondances », *Les Fleurs du Mal*, Gallimard, coll. « Poésies », 1996 [1861], p. 40.
- GUERS-VILLATE Yvonne, *Continuité, discontinuité de l'œuvre durassienne*, Bruxelles, Éditions de l'Université de Bruxelles, 1985, 256 p.
- PEREC Georges, *La Disparition*, Paris, Denoël, 1969, Gallimard, coll. « L'imaginaire », 319 p.

PHILOSOPHIE

- BERGSON Henri, *L'évolution créatrice*, Paris, Presses universitaires de France, 1969 [1907], 375 p.
- BERGSON Henri, *Essai sur les données immédiates de la conscience*, Paris, PUF, coll. « Quadrige », 2013 [1927], 322 p.
- CANGUILHEM Georges, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 3^e édition, Paris, Vrin, 1975 [1968], 394 p.
- DEWEY John, *Comment nous pensons*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond, 2004 [1910], 293 p.
- FOUCAULT Michel, « Réponse à une question », *Esprit* n°371, mai 1968, pp. 850-874, repris dans FOUCAULT Michel, *Dits et écrits*, Paris, Quarto Gallimard, 2001 [1994], T. 1, p. 701-723.
- FOUCAULT Michel, « Sur l'archéologie des sciences. Réponse au Cercle d'épistémologie », *Cahiers pour l'analyse* n°9, Été 1968, pp. 9-40, repris dans FOUCAULT Michel, *Dits et écrits*, Paris, Quarto Gallimard, 2001 [1994], T. 1, p. 724-759.
- MERLEAU-PONTY Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, coll. « Tel », 1945, 535 p.
- REVEL Judith, « Michel Foucault : discontinuité de la pensée ou pensée du discontinu ? », *Le Portique*, 13-14, 2004. URL : <http://leportique.revues.org/635>.
- WORMS Frédéric (dir.), *Le moment 1900 en philosophie*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 2004, 417 p.

SCIENCES

- DE VINCI Léonard, *Les carnets de Léonard de Vinci*, Vol. 1, Paris, Gallimard, coll. Tel, 1987, 672 p.
- *Les Cahiers Sciences et vie*, n°129, mai 2012.

Géographie

- GAY Jean-Christophe, *Les discontinuités spatiales*, Paris, Economica, coll. « Poche Géographie », 1995, 112 p.
- GRASLAND Claude « La notion de discontinuité en géographie », in ALEXANDRE Frédéric & GÉNIN Alain (dir.), *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, Tours, Presses Universitaires François Rabelais, coll. « Perspectives “Villes et territoires” », 2008, pp. 117-144.

Mathématiques

- BOURBAKI Nicolas, *Éléments de mathématique - Topologie générale, chapitres 1 à 4*, Berlin, Springer, 2007 [1971, 1990], 376 p.
- EUCLIDE, *Les quinze livres des éléments géométriques d'Euclide*, Paris, 1632 (Trad. D. Henrion). URL : <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb30409444z>.
- EUCLIDE, *L'optique et la catoptrique*, Paris, Albert Blanchard, 1959 (Trad. Paul Ver Eecke), 126 p.
- HAUCHECORNE Bertrand, *Les mots et les maths - Dictionnaire historique et étymologique du vocabulaire mathématique*, Ellipses, 2003.
- MORLET Claude, « Topologie », in *Encyclopædia Universalis*, Paris, 1996, vol. 22, pp. 734-737.
- LIPSCHUTZ Seymour, *Topologie - Cours et Problèmes*, Paris, McGraw-Hill, 1981 [1965].
- SALANSKIS Jean-Michel, « Continu et discret », in *Encyclopædia Universalis*, Paris, 1996, vol. 6, pp. 458-462.

Médecine

- *Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine*, version 2015, dictionnaire.academie-medecine.fr
- GALIEN, *Œuvres anatomiques, physiologiques et médicales de Galien*, Vol. 1, Paris, J. B. Baillière, 1854-1856, 728 p. URL : www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/cote?34857x01.
- SIEGEL Rudolph E., *Galen on sense perception*, New York & Basel, S. Karger, 220 p.

Index des œuvres

- Adam et Ève* 168-169
Adieu au langage 205
Ami de Monsieur, L' 104
Arrivée d'un train en gare de La Ciotat, L' (3Ds) 104-105
Arena 115
Avatar 124-126, 139, 161
Baby Boss 132
Bataille de la Montagne du Tigre, La 152-153
Billy Lynn's Long Halftime Walk 119
Birdman 44-48, 240
Bwana Devil 115, 201
Café Müller 171
Catalogue d'oiseaux 66
Cave of the Forgotten Dreams 209-210
Chicken Little 132
Coraline 139-142, 143, 161, 179, 182-186, 195
Creature From the Black Lagoon, The 115
Croods, The 139, 149, 152
Deconstruct 205
Dial M for Murder 115, 125, 161
2001, l'odyssée de l'espace 24-26
Erikhton 67-68
Every Thing Will Be Fine 170, 174-178, 211
Friday 13th - Part III 122
Ghosts of the Abyss 123
Gravity 136
Guardians of the Galaxy 152
Heure zéro, L' 35-39, 60
Hobbit, The (trilogie) 136
Homme à la caméra, L' 240
Homme orchestre, L' 207
House of Wax 115
Hugo Cabret 197
I, the Jury 115
It Came From Outer Space 115
Jack the Giant Slayer 209-210
Jacques et le haricot magique 209
Jaws 3-D 122
Je t'aime, je t'aime 25-26, 39-41, 239
Jim the Penman 103
Kiss Me Kate 115
Kontakthof 155, 171
Legend of the Guardians: The Owls of Ga'Hoole 144
Life of an American Fireman 34
Maigret tend un piège 189
Mary Poppins 76
Matrix (trilogie) 153
Medecine Bottle, The 20
Metastaseis 65, 67, 216
Napoléon 105-107
Oiseaux exotiques 66
Oz, the Great and Powerful 159
Pavillon Philips 65, 68-69, 216, 217
Pina 12, 155-156, 164, 170, 171-174, 176, 178, 182, 246
Polisse 189, 191
Power of Love, The 103
Projet de maison de campagne en briques 70-71
Revenant, The 43, 240
Réveil des oiseaux 66
Sacre du Printemps, Le 171
Skyfall 42
Spacehunter: Adventures in the Forbidden Zone 122
Spy Kids 3D: Game Over 76-77, 123, 125
Souviens-moi 135, 145-148, 154-155, 246
Starchaser: the Legend of Orin 122
Star Wars - Return of the Jedi 122
Sur la riviera 105
Tintin, le secret de la Licorne 132
To Be or Not To Be 189
Touch of Evil 47
Tron: Legacy 209
Vacances de Monsieur Hulot, Les 52
Victoria 47
Vollmond 171
Wind From the Sea 177
Young and Prodigious T.S. Spivet, The 1119, 148, 149, 151, 196

Index des noms propres

- Amiel, Vincent 21, 35, 40
 Almeida, Joseph Charles d' 98
 Alves Jr., Joe 122
 Andersen, Hans Christian 209
 Anderton, John 127
 Arnold, Jack 116
 Bachelard, Gaston 62
 Bacon, Francis 246, 247
 Baker, Friend 114
 Barnier, Martin 105, 199
 Baudrot, Sylvette 22, 26, 143
 Bergson, Henri 60-62
 Bordwell, David 39-40, 152, 179, 240
 Bouly, Léon 17
 Braun, Tina 205
 Brewster, David 95-97, 99
 Burch, Noël 21
 Burel, Léonce 107
 Cameron, James 123-126
 Canguilhem, Georges 62, 94
 Cantor, Georg 54, 57, 58
 Chimenti, Jacopo 86
 Corbusier, Le 64-65, 68-69
 Czermak, Johann 100
 Cuarón, Alfonso 135
 Debrie, André 106
 Dedekind, Richard 54, 57, 58
 Delannoy, Jean 189
 Della Porta, Giambattista 86
 Deleuze, Gilles 246
 De Micco, Kirk 139
 Derobe, Alain 123
 Derobe, Joséphine 135, 137, 139, 145, 178, 246
 De Toth, André 116
 Deverich, Nat G. 103
 De Vinci, Léonard 85
 Dewey, John 51
 Dindal, Mark 132
 Duboscq, Jules 96-97, 99-100
 Ducos du Hauron, Louis 98
 Essex, Harry 116
 Euclide 81-84
 Fairall, Harry 103
 Fairburn, Sean 161
 Foucault, Michel 62-63, 242
 Fleischer, Richard 116-117
 Friese Greene, William 101
 Galien, Claude 81, 84
 Gance, Abel 104, 106-107
 Gardner, Brian 140-142
 Godard, Jean-Luc 205
 Gonzalez Iñarritu, Alejandro 44, 47, 240
 Griffith, David Wark 20
 Gunn, James 151
 Gunzburg, Milton & Julian 114-115, 117, 201
 Hahn, Stephen 122
 Hark, Tsui 152-153
 Herder, Johan Gottfried 178
 Herzog, Werner 209-210
 Hines, Steve 118
 Hitchcock, Alfred 116
 Holmes, Oliver Wendell 198
 Jackson, Peter 41, 135, 144
 Jeunet, Jean-Pierre 119, 148, 149, 152
 Johnson, Lamont 122
 Jockenhövel, Jesko 245
 Kitsopanidou, Kira 105, 199
 Kosinski, Joseph 209
 Kozachik, Pete 140
 Kubrick, Stanley 24-26
 Lee, Ang 119
 Leroy, Laure 150
 Louvart, Héléne 171
 Lubitsch, Ernst 52-53, 189
 Lucas, George 122
 Lumière, Louis 104-105
 MacGrath, Tom 132
 MacLaren, Norman 239
 MacNally, Philip "Captain 3D" 117, 139, 143-144, 149, 152
 Maïwenn 189
 Marey, Étienne-Jules 238
 Martin, Pascal 99, 198, 248
 Mekas, Jonas 239
 Méliès, Georges 29, 48, 104, 142, 157, 206, 238, 240
 Mendes, Sam 42
 Merleau-Ponty, Maurice 48, 73, 243
 Messiaen, Olivier 65
 Mies van der Rohe, Ludwig 69-73
 plan libre 71-72
 projet de maison de campagne en briques 70-71
 Miner, Steve 122
 Mitry, Jean 20, 34
 Moigno, François Marie 96-97, 203
 Mortier, Paul 101
 Mouëllic, Gilles 21
 Muybridge, Eadweard 153, 238
 Norling, John 116-117, 201
 Oboler, Arch 115, 201
 Pace, Vincent 123
 Palma, Vecchio 168-169
 Poincaré, Henri 58, 242
 Portelli, Demetri 119, 148, 150, 152, 195
 Porter, Edwin Stratton 34, 103
 Ptolémée, Claude 81, 83-84
 Raimi, Sam 159
 Resnais, Alain 25, 239
 Reynaud, Émile 100
 Riegl, Aloïs 164-167, 168, 246
 Rodriguez, Robert 76-77, 123, 125
 Rollman, Wilhelm 98
 Sanders, Chris 139
 Scherchen, Hermann 65
 Schönberg, Arnold 65
 Schipper, Sebastian 47
 Scorsese, Martin 119
 Selick, Henry 139-141, 179, 185-186
 Sidney, George 115
 Singer, Brian 209
 Snyder, Zack 144
 Spielberg, Steven 132
 Stevenson, Robert 76
 Tati, Jacques 52
 Thomas, Pascal 35, 60
 Tintoret, Le 168-169
 Varèse, Edgar 68
 Varley, Frederick Henry 101
 Vertov, Dziga 239
 Wachowsky, Andy & Larry 153
 Waddell, William E. 103
 Welles, Orson 47
 Wenders, Wim 12, 135, 137, 155-156, 159, 164, 171-179, 210-211, 246
 Wheatstone, Charles 94-98, 203
 Wölfflin, Heinrich 167-169, 186, 246
 Worth, Lothrop 114
 Wyeth, Andrew 177
 Xenakis, Iannis 63, 64-69, 73, 215-217, 242, 249
 Zeitlinger, Peter 209
 Zukor, Adolph 103

Index des notions

- 5.1 (son) 225-225
- continuité (cinéma)
- apparente 16, 19, 28, 29, 48, 49, 59, 72, 77, 94, 106, 124, 126, 134, 142, 148, 238-240, 242-245, 249
 - dialoguée 20
 - ellipse 24-25, 44, 47-48, 196, 239, 240
 - intensifiée 40, 153
 - lissage 41-48
 - raccords 21-23, 26, 35, 39-40, 43, 44, 48, 147
 - stéréoscopique 11-13, 57, 157, 159-160, 195-197, 214, 215, 216, 245, 247, 249
- continuité (transdisciplinaire)
- étymologie 50, 51
 - géographie 52-53
 - histoire 62-63
 - mathématiques 53-57, 58-59
 - médecine 51-52
 - philosophie 60-62
 - théâtre classique 24
- continuité tactile 164-167, 178, 221, 246
- correspondances 11-13, 187, 214, 216, 245, 247, 249
- depth budget* 138-139
- depth script* 138
- discontinuité optique 164-170, 172, 186-187, 221, 246
- Dolby 129-130, 224, 226
- Atmos 224, 226
- Dynamic Stereoscopic Previz 192-194
- effet
- bullet time* 153
 - flip* 125
 - morphing* 42, 153
 - performance capture* 124
 - spécial 41
 - time lapse* 217, 222
 - visuel (VFX) 10, 41, 153, 205
- Plan libre (voir Ludwig Mies van der Rohe)
- perspective
- aérienne 90-91, 94, 170
 - axonométrie oblique 180
 - cavalière 180
 - linéaire 90-91, 170
 - point/ligne de fuite 180, 182-184, 233
 - pseudoscopie 203-204, 212, 248
 - raccord relief 143-149
 - rig 3Ds
 - configuration grue (low mode) 120-121
 - configuration zénithale (high mode) 120
 - côte à côte 117-118, 202, 209
 - John Norling 115-117, 201
 - miroir 118-120
 - Natural Vision 114, 116, 201
- 7.1 (son) 226
- stéréoscope
- lenticulaire 95-96
 - à réflexion 94-95
- stéréoscopie (diffusion)
- Alioscopy 105
 - anaglyphe 98-99
 - polarisation 127, 128, 244
 - systèmes autostéréoscopiques 105, 130-131
- stéréoscopie (perception)
- confort visuel 112-113
 - étymologie 81, 131
 - hyperstéréoscopie 201-202
 - point d'attention 113, 141-143, 227, 236
- stéréoscopie (prise de vues)
- boîte scénique 109
 - conflit vergence-accommodation 113
 - convergence 108-109
 - distance inter-axiale 108
 - parallaxe 108, 110-111
- styles
- linéaire 167, 246
 - pictural 167-168, 246
- théorie des ensembles 54-55
- topologie 57-58
- vision (perception)
- effet beta 19
 - effet phi 18-19
 - mouvement apparent 18-19
 - persistance visuelle 17-18
- vision binoculaire
- convergence 87
 - disparité rétinienne 87-88, 112
 - distance inter-oculaire 87
 - horoptère 88
 - parallaxe 87
 - stéréopsis 81, 86, 88, 93

Table des figures

1	Représentations graphiques des structures narratives	27-28
2	Plan au sol du découpage d'un champ-contrechamp tel qu'il est aujourd'hui pratiqué	31
3	Plan au sol de l'axe des 180° entre deux personnages	33
4	Représentation géométrique des axes d'une scène : 180°, regards et axe optique de la caméra	33
5a	<i>L'Heure zéro</i> : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 1 à 8	36
5b	<i>L'Heure zéro</i> : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 9 à 16	37
5c	<i>L'Heure zéro</i> : plan au sol de la séquence du dîner, axes caméra 17 à 24	38
6	Représentation graphique des ensembles de nombres	55
7	Représentation graphique de la fonction $f(x) = 3x + 4$	56
8	Reproduction du schéma de déploiement d'Alberto Lanciani	59
9	Étude manuscrite de Iannis Xenakis pour les glissandi de <i>Metastaseis</i>	67
10	Représentation graphique de la composition d' <i>Erikhthon</i>	68
11	Plan masse du projet de maison de campagne en brique de Ludwig Mies van der Rohe, 1923.	71
12	Schéma de l'œil humain	78
13	La vision binoculaire humaine	87
14	Deux reproductions colorées de <i>La Tour de Babel</i> de M. C. Escher	93
15	Reproduction du stéréoscope à réflexion de Charles Wheatstone	94
16	Reproduction du stéréoscope lenticulaire de David Brewster, construit par Jules Duboscq	97
17	Photographies du « praxinoscope binoculaire stéréoscopique » d'Émile Reynaud	100
18	Photographies de la caméra stéréoscopique de Friese-Greene et Varley	101
19	La reproduction du système visuel humain au cinéma	108
20	La boîte scénique	109
21	Positions des images gauche et droite par rapport à l'écran selon la parallaxe	111
22	Schéma de la dissociation entre la zone d'accommodation et le point de convergence	113
23	Les quatre types de rigs décrits par John Norling	116-117
24	Disposition des caméras sur un rig miroir	118
25	Influence du passage en configuration Low Mode sur l'ordre des images	120
26	Un exemple (arbitraire) de depth budget.	138
27	Reproduction du depth script de <i>Coraline</i> établi par le stéréographe Brian Gardner	141
28	Les plans de la séquence de l'enterrement dans <i>Souviens-moi</i>	145-146
29	Les plans de Thomas devant le portail de la maison de son enfance dans <i>Souviens-moi</i>	154
30	Bas-relief du Temple d'Amon, pyramidion d'un obélisque d'Hatchepsout, XVIII ^e dynastie (vers 1550-1305 av. J.-C.), granit, Karnak.	165
31	<i>Sarcophage Abdalonymos</i> (détail de la frise), <i>Alexandre à cheval</i> (fin IV ^e siècle av. J.-C.), frise de 0,69 m de haut, marbre du Pentélique, Istanbul, Musée d'Archéologie.	167
32	PALMA Vecchio, <i>Adam et Ève</i> (1504), huile sur toile, 202 × 154 cm, Brunswick, Herzog-Anton-Ulrich Museum	168
33	LE TINTORET, <i>Adam et Ève</i> (c. 1550), huile sur toile, 150 × 220 cm, Venise, Galleria dell'Accademia	169
34	Un exemple de portrait dans <i>Pina</i>	173

35	Plan au sol pour les portraits de <i>Pina</i>	174
36	Tomas derrière la fenêtre de la cabane de pêcheur dans <i>Everything Will Be Fine</i>	175
37	Un exemple de « sur-cadrage » dans les séquences en intérieur dans <i>Everything Will Be Fine</i>	176
38	WYETH Andrew, <i>Wind From the Sea</i> (1947), tempera sur panneau, 47 × 70 cm, Washington, National Gallery of Art	177
39	<i>Every Thing Will Be Fine</i> : un plan sur le modèle d'Andrew Wyeth	177
40	SUZUKI Harunobu, <i>Discussion à Asakusa</i> (c. 1764-1770), estampe à la planche en bois, approx. 20 × 27 cm, Londres, British Museum	181
41	La cuisine dans <i>Coraline</i>	182
42	Le salon dans <i>Coraline</i>	183
43	La chambre de <i>Coraline</i>	183
44	La cuisine, le salon et la chambre de Coraline dans le monde de la Sorcière	184
45	MASANOBU Okomura, <i>Intérieur d'une maison close</i> (c. 1750), estampe à la planche en bois, 31 × 45 cm, Allemagne, Collection Geyger	185
46	Comparaison : le story-board réalisé par Jonathan Bocquet et sa version « prévisualisée » avec le DSP	194
47	<i>Surveillance</i> : plan en hyperstéréoscopie	202
48	<i>Surveillance</i> : plans en jaillissement	203
49	<i>Surveillance</i> : plan en pseudoscopie	204
50	<i>Surveillance</i> : deux silhouettes sur l'image gauche plus deux silhouettes sur l'image droite sont égales à quatre silhouettes sur la paire stéréoscopique.	206
51	<i>Surveillance</i> : surimpression de deux boîtes scéniques	208
52	Budget 3Ds final de <i>Surveillance</i>	213
53	Vue extérieure de l'hôtel de ville de Bagnolet	216
54	Vue intérieure de l'hôtel de ville de Bagnolet	217
55	<i>Espace, Espaces !</i> : répartition des focales par décors et par jour de continuité	220
56	<i>Espace, Espaces !</i> : les trois plans du langage « tri-dimensionnel » des exo-linguistes	221
57	Représentation schématique d'une diffusion « englobante » et en « perspective » du 5.1	225
58a	Budget 3Ds final de <i>Espace, Espaces !</i> - Jour 1	228
58b	Budget 3Ds final de <i>Espace, Espaces !</i> - Jour 2	229
58c	Budget 3Ds final de <i>Espace, Espaces !</i> - Jour 3	230
58d	Budget 3Ds final de <i>Espace, Espaces !</i> - Jour 3 - Séquence Int. Nuit/Bureau Ministre	231
58e	Budget 3Ds final de <i>Espace, Espaces !</i> - Jour 4	232
59	<i>Espace, Espaces !</i> : quatrième plan des séquences dans le bureau (de haut en bas) au 42 mm, au 35 mm, au 25 mm, au 19 mm	233
60	<i>Espace, Espaces !</i> : plan avec la maquette des séquences dans l'observatoire (de haut en bas) au 42 mm, au 27 mm, au 18 mm	234
61	<i>Espace, Espaces !</i> : les trois plans du monologue du ministre	235

RÉSUMÉ

Réalisée au sein du doctorat SACRe, la démarche de cette thèse est celle d'une recherche par la pratique. Elle est constituée de deux films en 3D stéréoscopique (3Ds). Ils sont accompagnés d'un manuscrit qui fait état des explorations et met en forme la réflexion menée au cours des trois années de doctorat.

Dans un premier temps, la thèse s'emploie à définir la notion de continuité au cinéma. Elle conduit à l'identification des éléments requis pour l'existence de la continuité d'une part, et pour sa compréhension d'autre part, permettant ainsi d'établir un modèle de la continuité cinématographique, qui partage certains de ses principes avec d'autres domaines, tant scientifiques qu'artistiques.

Nous analysons ensuite le cas singulier de la stéréoscopie, entre continuités et discontinuités. Cette étude technique et perceptive permet d'aborder pleinement les spécificités de cette technique, afin de faire l'état des lieux de la continuité dans le cinéma en 3D stéréoscopique.

La recherche s'achève en mettant en lumière les possibilités artistiques inexplorées en 3Ds, parmi lesquelles celle d'enrichir la continuité en 3Ds en s'inspirant de la façon dont l'architecture et la musique ont traité les notions de continuité et de discontinuité. Nous avons expérimenté certaines de ces possibilités au travers de deux courts métrages, dont nous rendons compte dans la dernière partie du manuscrit.

MOTS-CLÉS

continuité, discontinuité, cinéma, 3D stéréoscopique, correspondances.

ABSTRACT

This work has been driven among the Sciences, Arts, Design and Research doctoral program (SACRe), which relies on a practice-based research. It is therefore made of two stereoscopic 3D (S3D) movies and a dissertation that reports the explorations and our reflexive approach during this three years program.

The thesis first focuses on formalising the concept of continuity in cinema. This leads to enlighten elements that permits the continuity to exist on one hand, as well as those required for its understanding on the other hand, so as to define a general model of cinematographic continuity; that reveals itself to be sharing some of its principles with scientific disciplines as well as artistic ones.

We then analyse the singular case of stereoscopy, between continuities and discontinuities. This technical and perceptual study enables us to apprehend its specificities, in order to examine the state of continuity in nowadays stereoscopic cinema.

This work finally focuses on unexplored artistic possibilities in S3D, among which the enrichment of stereoscopic continuity, inspired by the way architecture and music have treated continuity and discontinuity issues. We have experimented some of these possibilities through two short films, as we report at the end of the dissertation.

KEYWORDS

continuity, discontinuity, cinema, stereoscopic 3D, *correspondances*.