

ENS Louis-Lumière

La Cité du Cinéma – 20, rue Ampère BP12 – 93213 La Plaine Saint-Denis

+33 184 670 001 – www.ens-louis-lumiere.fr

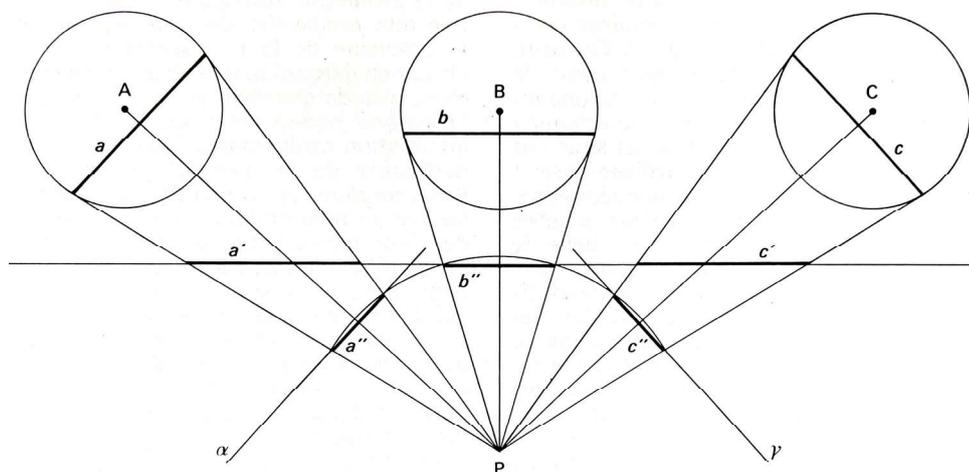
Mémoire de Master

Spécialité cinéma, promotion 2022

Soutenance de décembre 2022

Perspective(s) du cinéma

Ce mémoire est accompagné de la partie pratique intitulée :
Mise en évidence des anamorphoses inhérentes à la perspective artificielle



Yann TRIBOLLE

yann.tribolle@gmail.com

+33 613 410 777

Directeur de mémoire : **Pascal MARTIN**
Directeur de mémoire externe : **Gérard CADIOU**

Présidente du jury cinéma et coordinatrice des mémoires : **Giusy PISANO**

Remerciements

Tout d'abord je voudrais remercier chaleureusement mon directeur de mémoire, Pascal Martin, dont le soutien régulier et rigoureux m'a permis de délivrer ces pages. Au sein de l'école Louis-Lumière, je remercie également Julie Bornand pour son aide précieuse tout au long du parcours, ainsi que Florent Fajole qui m'a trouvé des perles dans ses rayonnages.

Je remercie mon directeur externe Gérard Cadiou, pour le temps et la confiance qu'il m'a accordés, en me donnant accès chez Transpacam au matériel de prise de vue, ainsi qu'aux bancs d'essais, qui m'ont permis de réaliser la partie pratique indispensable au propos.

Je remercie Françoise Clédat pour son soutien affectueux et ses conseils avisés sur le temps de la recherche, et celui de la rédaction.

Je remercie Emmanuel Hugot, CEO de Curve-One, qui m'a accordé un long entretien malgré ses nombreuses obligations.

Je remercie mon mentor dans le métier, Marc Koninckx, AFC, SBC, que j'ai beaucoup aimé suivre dans toutes nos aventures communes.

Hélène Louvart, AFC, pour ses encouragements, et son travail que j'ai toujours beaucoup de plaisir à voir.

Constantin Moll, pour son aide précieuse en tant que documentaliste et ses encouragements incessants à finir afin qu'on puisse enfin fêter ça.

Gérard Perche, pour son écoute en tant qu'ingénieur ENSAM et scientifique.

Enfin je remercie Amélie Ressigeac, et notre petit garçon Cyrus, pour le soutien et la patience qu'ils ont dû m'accorder bien malgré eux.

À mon père, Pierre-Alain TRIBOLLE, architecte d.p.l.g., 1945-2021

À mon ami, Christophe ADAM, 1977-2022

Table des matières

Introduction.....	8
Partie I : À L'ORIGINE DES IMAGES.....	12
I.1. En plein soleil, la science des ombres.....	13
I.1.1. Observer et mesurer.....	13
I.1.2. Gnomon, méridienne et analemme.....	15
I.1.3. Géométrie, astrométrie, cartographie.....	20
I.2. Dans la chambre noire, la science de la lumière.....	27
I.2.1. Caméra accidentelle et sténopé négatif.....	27
I.2.2. Identité de l'image optique et de la perspective.....	29
I.2.3. Vanité ou vérité ?.....	35
I.3. Développements de la perspective.....	39
I.3.1. Optique et perspective.....	39
I.3.2. Renaissance et invention de la perspective artificielle.....	42
I.3.3. Axe de fuite et perspective synthétique.....	45
Partie II : LA QUADRATURE DU CERCLE.....	49
II.1. Limites et contraintes de la perspective artificielle.....	50
II.1.1. Anamorphoses de l' <i>artificialis</i>	50
II.1.2. Mise en évidence par l'image.....	56
II.1.3. Sténopé.....	63
II.2. Comparaison perspective d'optiques cinématographiques.....	64
II.2.1. Focales fixes sphériques.....	66
II.2.2. Focale variable sphérique.....	69
II.2.3. Focales fixes anamorphiques.....	70
II.2.4. Focale variable anamorphique.....	71
II.3. Quantification des aberrations marginales.....	73
II.3.1. Distinction des distorsions géométriques.....	73
II.3.2. Le facteur d'élongation.....	77
II.3.3. Courbure de champ et perspective angulaire.....	79
Partie III : SUBSTITUER À NOS REGARDS.....	81
III.1. Un cadre, une perspective.....	82
III.1.1. Point de vue et distance focale	82
III.1.2. Regards et point de fuite.....	88
III.1.3. Peut-on mettre des mots sur le sens et le style du cadre ?.....	89
III.2. Ne soyons pas les outils de nos outils.....	91
III.2.1. Petits arrangements avec la perspective plane.....	91
III.2.2. Perspective anamorphique : la forme de l'image.....	97
III.3. Une évolution de la perspective artificielle ?.....	102
Conclusion.....	110
Références bibliographiques.....	112
Table des illustrations.....	116

Comme il ignore l'optique, dont en fait il ne sait rien (et avec lui la masse des chercheurs), il est impossible qu'il sache quelque chose de valable en philosophie.

Roger BACON (1214-1293)

Doctor Mirabilis, philosophe, savant, alchimiste

Un grand nombre d'auteurs qui ont traité de la perspective, y compris moi-même évidemment, ne sont pas parvenus à une explication parfaitement claire de ce processus.

Ernst Hans GOMBRICH (1909-2001)¹

Historien de l'art, notamment de la Renaissance

1 Ernst Hans Gombrich et Guy Durand, *L'art et l'illusion: psychologie de la représentation picturale* (Paris, France: Gallimard, 1996).p319

Introduction

En tant que représentation sur deux dimensions d'un espace à trois dimensions, telle qu'elle semble restituer les conditions de la vision directe, la perspective artificielle paraît dominer sans partage la fabrication de nos images, depuis son invention au début du Quattrocento, son avènement dans l'Europe renaissante, puis son essor universel.

Pourtant, la connaissance des travaux et compositions de David Hockney, Lyonel Feininger, Léonard de Vinci, Hans Holbein, et tant d'autres, ne cesse d'interroger ce mode de représentation canonique, qui se conforme à des règles, à une norme. La perspective est-elle restée inchangée depuis six siècles ? Peut-elle être dépassée ? Cherchant à transposer ces influences picturales, j'ai essayé des assemblages de photographies, puis des perspectives composites à partir de flux vidéo, reflétant de multiples points de vue, avec l'envie de sortir de ce carcan qui rend toutes les images produites semblables. Mais cette piste se révéla finalement anecdotique : le cinéma, par la simple succession des plans et des mouvements d'appareil, faisait beaucoup mieux. La perspective se voyait démultipliée en s'accumulant dans la durée filmique. Lorsqu'on se remémore une séquence ou un film, c'est une somme de perspectives que l'on convoque. De toute évidence, il me fallait recentrer mon sujet. D'autant que dans ma pratique d'opérateur de prise de vue, je recherche la plupart du temps, plutôt que des effets, une image en laquelle on a envie de croire ou du moins de se projeter. Une image où l'on ne sent pas les sources artificielles de lumière, dans laquelle la caméra ne revendique pas sa présence, et se substitue à notre regard. La maîtrise des défauts optiques en général, et des distorsions géométriques en particulier, participe de cette recherche. Dès lors une perspective rigoureuse constitue un idéal susceptible d'orienter mes choix techniques. Mais qu'est-ce qu'une perspective rigoureuse, quel rapport entre l'espace filmé et la perspective de la représentation ? Doit-on retranscrire ce que l'on sait, ou ce que l'on voit ?

On parle souvent d'invention de la perspective, comme s'il n'y en avait qu'une, comme s'il allait de soi que notre manière de décrire et de voir le monde avait été inventée durant la Renaissance italienne, et perdue depuis lors. La perspective artificielle est notre perspective maternelle, native. Nous apprenons à voir le monde à

travers elle. Elle formate notre regard. Si bien que lorsque l'on nous donne à voir une autre perspective, nous éprouvons le même sentiment d'étrangeté que lorsque nous essayons de déchiffrer une langue ancienne ou étrangère. Parfois même nous concluons bien vite qu'elle est aberrante ou saugrenue, quand nous ne la comprenons pas, parce que nous ne la regardons pas du bon point de vue. Pourtant, « il est aussi absurde de croire au réalisme de la perspective linéaire qu'à la possibilité pour une seule famille de langues d'exprimer tous les besoins sémantiques de l'humanité »². La *costruzione legittima* est-elle donc la seule légitime ? Est-elle caduque ? Pourquoi une telle domination ? Quelles sont ses limites ? Le perfectionnement de nos outils de prise de vue nous permet de faire de la perspective sans y penser, et pourrait donc nous dispenser de nous pencher sur ces problématiques. Sont-elles encore dignes d'intérêt ? Après deux années de recherche et de questionnement sur le sujet, je dirai qu'elles sont non seulement dignes d'intérêt, mais indispensables à quiconque fabrique des images. Le travail de l'opérateur de prise de vue consiste à élaborer des perspectives. Composer un cadre, ce n'est pas seulement encadrer des proportions équilibrées, c'est choisir les modalités irréversibles de cette projection dans laquelle on perd une dimension du monde. On part de volumes et d'espaces, pour construire des plans.

Existe-il une spécificité dans la perspective que donne à voir le cinéma ? Quel est le rapport entre la perspective artificielle et l'image optique que nos caméras enregistrent ? Le débat encore vif autour de la représentation en perspective a traversé les époques et les disciplines, et nous sommes confrontés aux mêmes problèmes que les artistes de la Renaissance ont étudiés et tâchés de résoudre, concernant principalement la limitation de l'angle de champ et les diminutions proportionnelles en fonction de la distance. J'avais appris que les courtes focales bien conçues ne déforment pas, que c'est la perspective d'un point de vue trop proche qui est en cause. Dans mes choix techniques je privilégiais donc souvent des objectifs sphériques à focale fixe, dont les distorsions sont très bien corrigées, et qui délivrent donc une image très proche d'une perspective rigoureuse. Pourtant je constatais des déformations latérales gênantes en courte focale, et plus encore avec les optiques rectilinéaires, alors même que ces optiques ne présentaient qu'une distorsion géométrique négligeable sur des mires planes. Or en perspective linéaire, l'image subit bien une distorsion sous la forme d'une anamorphose non linéaire du centre vers les bords, variant en fonction de la focale, indépendamment de la distance à l'objet. Nous verrons qu'une image perspective rectilinéaire plane ne peut objectivement pas être formée sans occasionner d'aberrations latérales, car il est impossible de dérouler une sphère sur le plan. Ces anamorphoses sont parfaitement

2 Pierre Francastel, *Peinture et société: naissance et destruction d'un espace plastique* (Lyon, France: Audin éditeur, 1951).

compensées dans le cas où la position de l'observateur se confond exactement avec le point de vue de la perspective. Elles sont présentes, voire gênantes selon la focale employée, dans le cas contraire qui est bien plus fréquent. Le problème ne vient évidemment pas de la perspective plane, mais de l'utilisation que l'on en fait, à savoir d'observer à distance constante des perspectives construites de points de vue très différents.

Je tenterai tout d'abord d'exposer les fondements historiques et théoriques de la perspective artificielle. Si les images peuvent être déformées, c'est qu'elles ont une forme, bien que planes. Il faut appréhender cela en termes de cartographie et de conformité, c'est-à-dire de correspondance de forme entre l'image et l'objet, comme nous allons le voir dans la première partie. En deuxième partie nous verrons les limites et les contraintes de la perspective artificielle à travers les déformations latérales inhérentes, que nous mettrons en évidence par l'image. J'ai cherché une façon de visualiser cela simplement sur un volume de référence, ne nécessitant aucune connaissance préalable. Grâce aux comparaisons, cela devient visuellement évident. Les résonances étant nombreuses avec notre métier d'opérateur, je jetterai des ponts autant que possible entre l'histoire, la théorie, et la pratique, afin d'en chercher la continuité et l'héritage artistique et technique. La question se posera alors de la pertinence de nos outils à l'avenir. D'autant que les recherches actuelles dans le domaine des capteurs courbes pourraient apporter un degré de sophistication supplémentaire à la perspective plane que nous utilisons majoritairement. Le plus excitant du point de vue de l'opérateur, dans la courbure des capteurs, ce n'est pas tant la suppression des aberrations, qui sont déjà bien corrigées par les progrès accomplis dans les matériaux et traitements, ainsi que dans les formules optiques. C'est le changement de perspective induit, d'une perspective plane, à une perspective angulaire plus naturelle. Ce serait une évolution technique majeure, donc peu probable, mais non moins prometteuse.

Ci-après, illustration 1 : *Les Époux Arnolfini*, Jan Van Eyck, 1434. Huile sur panneau de chêne. 82,2x60cm. National Gallery, Londres.

Partie I : À L'ORIGINE DES IMAGES



I.1. En plein soleil, la science des ombres

I.1.1. Observer et mesurer

Chercher l'origine de la perspective, c'est chercher l'origine de l'image et de la lumière, car optique et perspective sont les versions grecque et latine du concept d'étude de la lumière et de la vision. Les propriétés des projections associées au développement des mathématiques servirent la géométrie et l'astrométrie, c'est-à-dire à nous situer dans l'espace et le temps. Nous allons voir que ces rapprochements ne sont pas fortuits ou anecdotiques. Ils partagent les fondations conceptuelles de nos outils de prise de vue, ce qui devrait nous permettre de comprendre la perspective que nous fabriquons avec ces mêmes outils.

La perspective est avant tout un phénomène naturel : une projection de la lumière sur une surface, donnant à voir une image du monde en deux dimensions. Lorsque nous observons les astres à l'œil nu, ils nous apparaissent équidistants, sur une même portion de sphère, bien que disséminés dans l'immensité, car la stéréoscopie ne peut nous informer sur leur distances relatives, ni les indices de vision monoculaire du relief comme les gradients de texture, l'éclairement, les masquage, *etc.* Nous regardons ce qui nous apparaît comme la voûte céleste, « le ciel est saisi par l'œil comme une surface concave », comme l'expriment Abraham Bosse et Girard Desargues³. Nous voyons une projection imaginaire de l'univers visible, les trois dimensions spatiales sont ramenées aux deux dimensions d'une surface sphérique, dont le centre est le point de vue et sur laquelle semblent évoluer côte à côte planètes, étoiles et tous objets visibles quelles que soit leurs distances réelles. Ce que nous sommes toujours en mesure d'apprécier, c'est l'angle sous lequel nous voyons ces objets, indépendamment de leur distance. C'est une perspective angulaire.

Il y a quelques temps dans un parc, mon garçon de deux ans et demi s'arrête pour observer son ombre projetée au sol : « c'est le dessin de mon vélo ». Les idées d'ombre et de dessin ne sont pas encore séparées. S'il est vrai, comme le suggère la thèse de la récapitulation, que l'ontogenèse résume partiellement la phylogenèse, c'est-à-dire que le développement de l'individu rejoue en partie l'évolution de son espèce, les représentants du genre humain ont pu de tout temps avoir la même réflexion devant leurs ombres. Voir à ce sujet les développements récents de la

3 École pratique des hautes études. Section des sciences historiques et philologiques et Institut national d'histoire de l'art, *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'Antiquité au XVIIe siècle*, éd. par Michel Hochmann et Danielle Jacquart (Genève, Suisse: Droz, 2010).p217.

théorie de l'évolution popularisés par Stephen Jay Gould⁴. Lorsque nous regardons notre ombre anamorphosée, nous voyons une projection plane non orthogonale, différente de l'empreinte qui tient plus du tirage contact. À l'instar des empreintes, nous pouvons y lire des informations, pour peu que nous prêtions attention. Or, les Anciens, privés d'internet et de cinéma, prêtaient une grande attention à l'observation des phénomènes.

En effet, cette ombre donne lieu au plus ancien instrument d'astronomie, puisque son usage est avéré dès le deuxième millénaire avant notre ère⁵, équipant les observatoires de l'antiquité jusqu'au XVIIIème siècle et la généralisation des lunettes astronomiques. D'où l'expression de science des ombres.

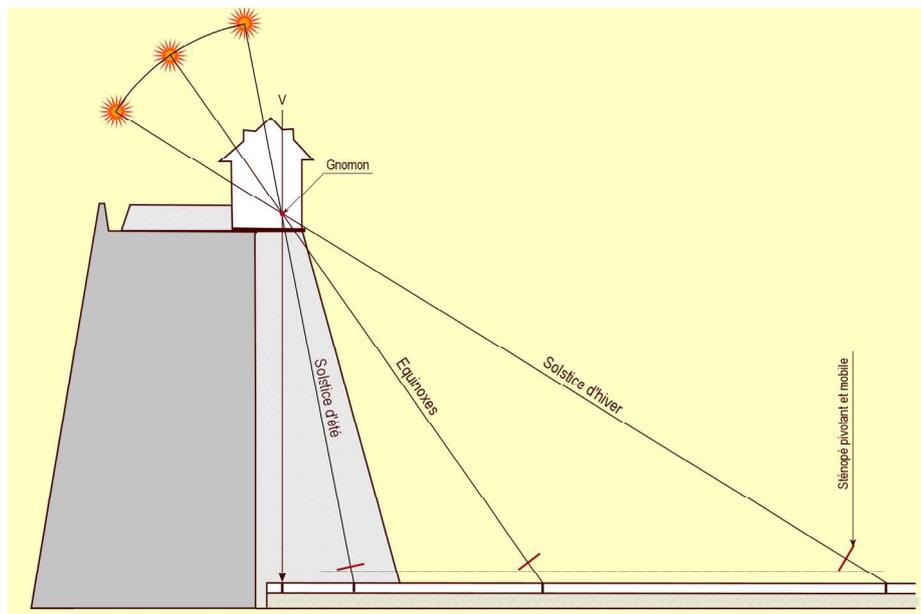


Illustration 2 : La Tour de l'ombre, érigée au XIIIè siècle. Schéma fonctionnel avec son sténopé mobile permettant d'améliorer la précision des mesures.

Cet instrument s'appelle un gnomon et s'accompagne souvent d'une table de lecture, parfois réduite à une seule dimension linéaire, constituant alors la méridienne. Cependant on a utilisé au moins dès l'Antiquité des surfaces de projection sphériques que l'on appelle alors scaphé, ou polos, qui signifie également voûte céleste. On peut citer l'obélisque du Champ de Mars à Rome, la méridienne de

4 Stephen Jay Gould et Marcel Blanc, *La structure de la théorie de l'évolution* (Paris, France: Gallimard, 2006).

5 Denis Savoie, « Usages astronomiques du gnomon au cours des siècles », *Comptes Rendus Geoscience* 350, n° 8 (décembre 2018): 487-97, <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.08.001>.

l'église Saint-Sulpice à Paris, les Rama Yantra de l'observatoire de Jaipur en Inde (qui ressemblent à d'immenses zootropes), et les nombreux gnomons antiques et médiévaux, notamment en Chine où ils servaient à définir le temps et la latitude des principales cités de l'empire. Il est utilisé par les bergers, mais aussi sur la Lune et sur Mars⁶ par la Nasa, pour déterminer le Nord géographique. Comme pour les télescopes, la taille compte, et un obélisque est beaucoup plus précis que le bâton du berger. La course annuelle du soleil et des astres donne lieu à une modélisation par construction géométrique appelée analemme, qui est une projection orthographique de la sphère céleste. L'analemme permet en retour de tracer les cadrans et de calculer les points remarquables.



Illustrations 3, 4 : La Tour de l'ombre : l'instrument monumental et sa méridienne vue du gnomon, observatoire astronomique de Gaocheng, Chine. A proximité se trouve un gnomon datant de 729.

I.1.2. Gnomon, méridienne et analemme

Étymologiquement, le gnomon est l'instrument primordial, et le premier gnomon est l'homme lui-même, qui regarde et mesure son ombre. Cette extrême simplicité n'a pas empêché une grande sophistication, car cet instrument, qui permet

6 « Un Instrument Babylonien Pour Déterminer Le Nord Sur Mars | Drupal », consulté le 5 août 2022, <https://www.insu.cnrs.fr/en/node/4787>.

de se situer à la fois dans l'espace et dans le temps, servit à établir les calendriers solaires en déterminant avec précision les solstices et les équinoxes. Il servait également à mesurer les latitudes des observatoires, propriété qui permit à Ératosthène de Cyrène de calculer le rayon de la Terre⁷. Il s'appuya pour ce faire sur la géométrie héritée des babyloniens et des arpenteurs égyptiens, et détermina ainsi dès le III^{ème} siècle avant J.-C. les dimensions de notre planète, et ce avec une précision stupéfiante eu égard à la simplicité des instruments utilisés.

Cela impliquait de considérer les verticales non comme des droites parallèles mais comme des droites convergentes dans une modélisation sphérique du monde, ce qui montre bien la puissance conceptuelle développée pendant l'Antiquité, en Chine, en Grèce, et ailleurs. Les progrès scientifiques, comme les progrès artistiques⁸, comme l'évolution biologique, ne sont pas linéaires. Comme l'écrivit Galilée à plusieurs reprises dans le *De Motu*, le *Dialogue*, ainsi que dans les *Discours*, « le plan horizontal réel est une surface sphérique »⁹.

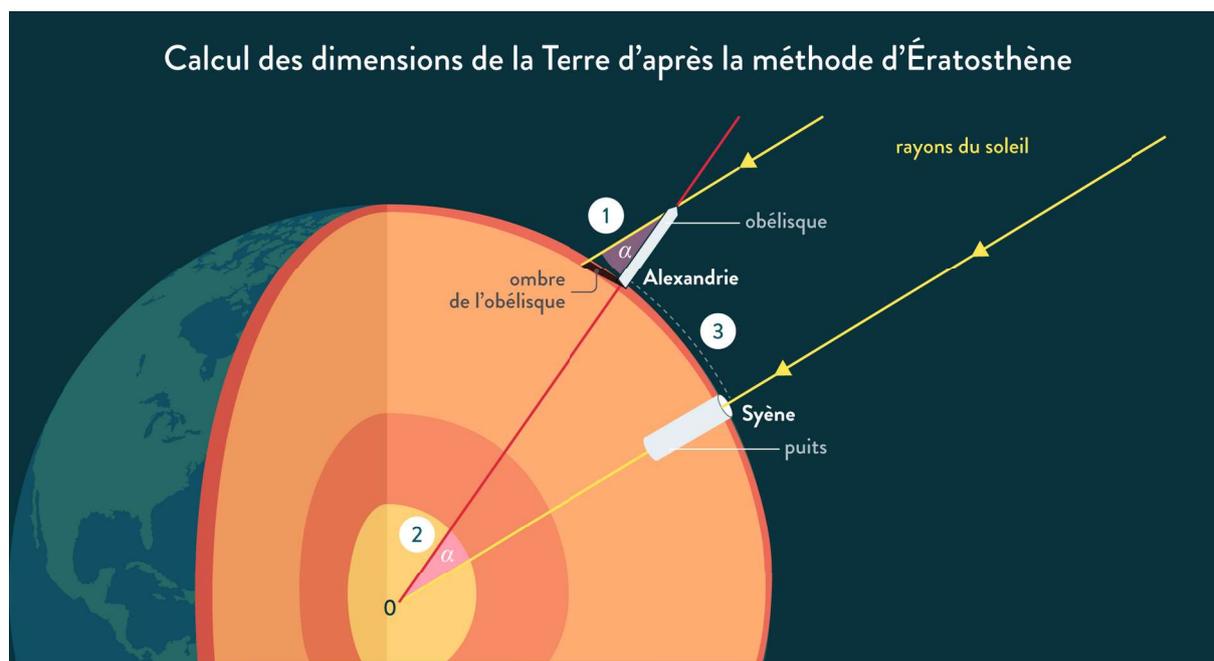


Illustration 5 : Méthode de calcul des dimensions de la Terre par Erathosthène au III^{ème} siècle B.C.

7 Jean-Pierre Maury, *Comment la terre devint ronde* (Paris, France: Gallimard, 1989).

8 Olga Hazan, « 9. La perspective linéaire », in *Le mythe du progrès artistique : Étude critique d'un concept fondateur du discours sur l'art depuis la Renaissance*, Thématique Art et littérature (Montréal: Presses de l'Université de Montréal, 2018), 337-63, <http://books.openedition.org/pum/15892>.

9 Severo Sarduy et Jacques Henric, *Barroco* (Paris: Gallimard, 1991).p74

Des annales chinoises d'observations gnomoniques solsticiales, remontant au XI^{ème} siècle avant J.-C, furent rapportées en Europe au XVII^{ème} siècle par un missionnaire, le père Gaubil. Ces observations journalières étaient faites notamment pour établir les latitudes des grandes cités qui étaient toutes pourvues d'imposantes méridiennes afin d'unifier le temps de l'empire chinois. Le mathématicien et astronome Pierre-Simon de Laplace, qui travaillait sur la stabilité de la mécanique céleste, utilisa ces relevés pour établir de manière incontestable la diminution successive de l'obliquité de l'écliptique¹⁰.

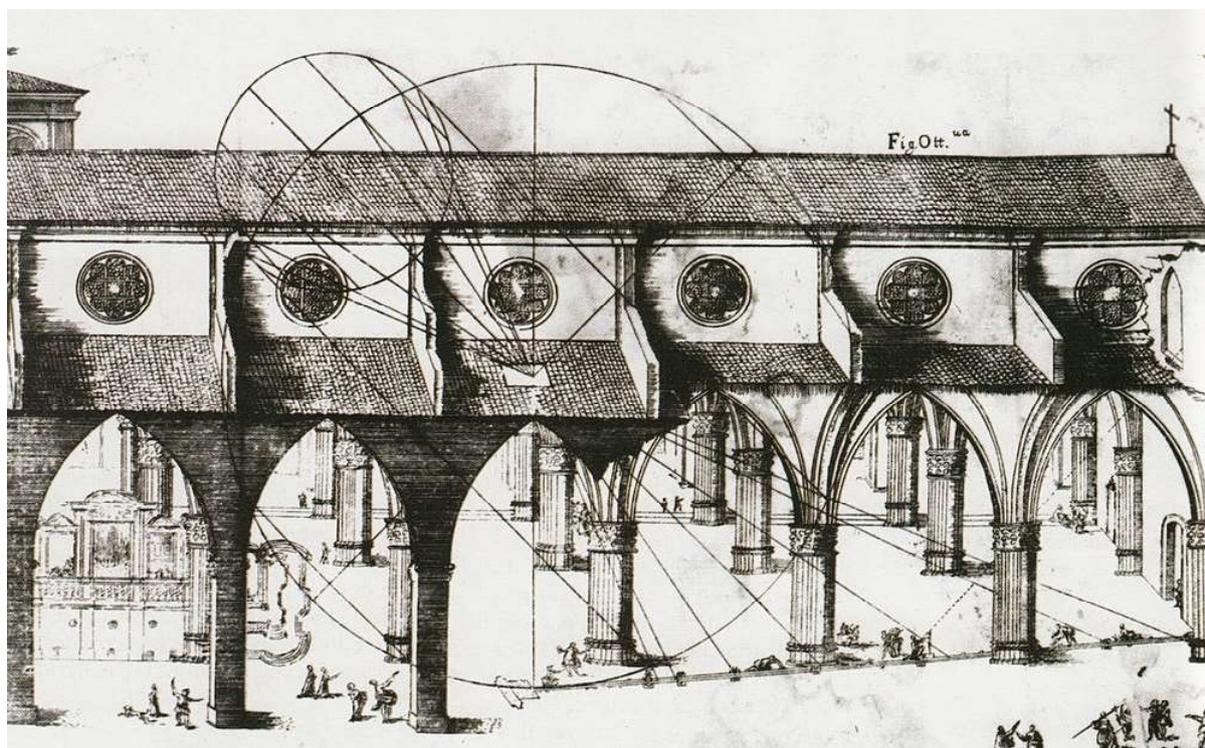


Illustration 6 : Implantation de la méridienne de Jean-Dominique Cassini à Bologne. Détermination de l'emplacement des plaques zodiacales par la méthode de l'analemme.

Dans le cas de la méridienne, la mesure de la projection se fait sur une seule dimension au zénith, d'où le nom venant de l'orientation de la table au midi. Les deux méridiennes construites par Jean-Dominique Cassini à Bologne et à l'observatoire de Paris furent exploitées de 1655 à 1755 et avaient justement pour objectif de quantifier la diminution de l'obliquité terrestre, mise en évidence par Laplace. Celle de l'église Saint-Sulpice fut construite en 1743 et exploitée jusqu'en 1799, avec des dimensions et des ambitions plus grandes encore. Les œillets placés à vingt-

10 Denis Savoie, « Usages astronomiques du gnomon au cours des siècles », *Comptes Rendus Geoscience* 350, n° 8 (décembre 2018): 487-97, <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.08.001>.

quatre et vingt-six mètres de hauteur éclairent une bande de laiton de cinquante mètres de long. Le but était de mettre en évidence la nutation terrestre, mouvement périodique (dont la période est de 18,6 années) de l'axe de rotation de la Terre, qui s'ajoute à la précession. Ces ambitions n'ont cependant jamais été atteintes, car les faibles mouvements dans la structure des bâtiments et le léger affaissement de leurs fondations contrecarraient la précision nécessaire des mesures.

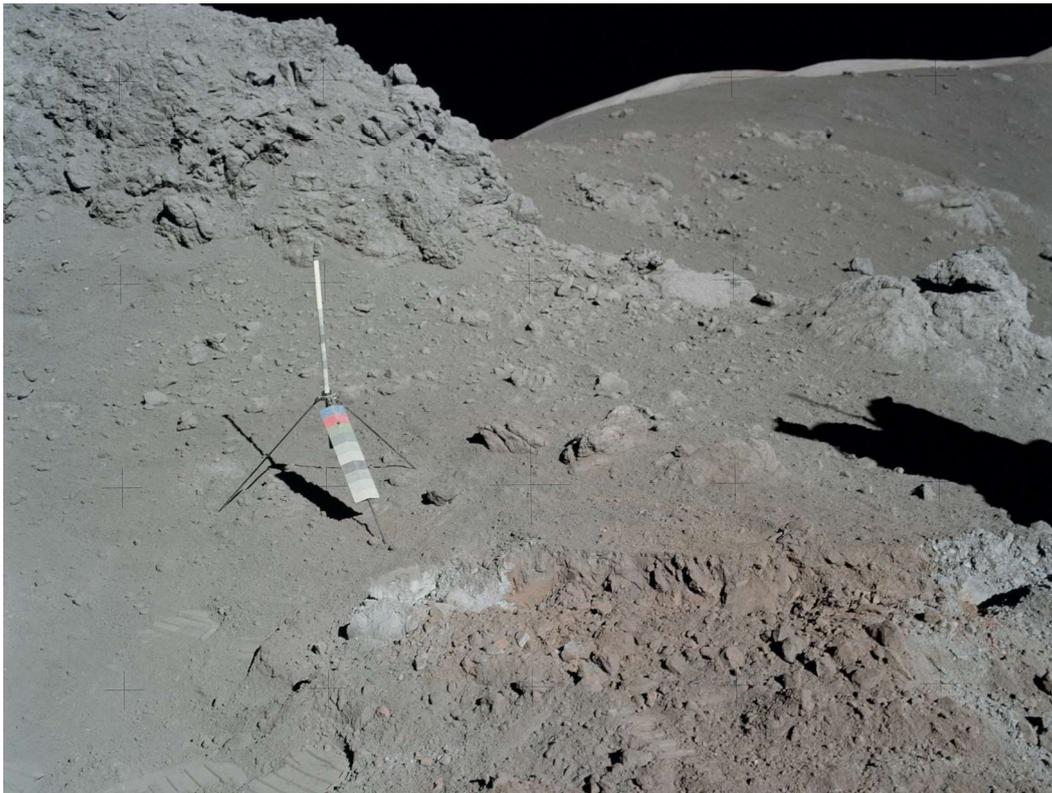


Illustration 7 : Gnomon lunaire de la NASA sur le programme Apollo.

Nombre d'auteurs et scientifiques qui s'intéressèrent à la perspective étudièrent le gnomon, comme Anaximandre et sa «représentation gnomonique du monde», Hipparque et son planisphère en projection stéréographique, Vitruve bien-sûr, et Ptolémée qui y consacra un volume : *De l'analemme*. Jean-Dominique Cassini, premier directeur de l'observatoire de Paris, construisit une méridienne à Bologne en suivant la méthode de l'analemme. Girard Desargues¹¹, perspectiviste, mathématicien et précurseur de la géométrie projective, s'intéressait à la gnomonique comme l'astronome Henri Chrétien devait s'intéresser aux télescopes.

11 Philippe Comar, *La perspective en jeu: les dessous de l'image* (Paris, France: Gallimard, 1992).p46

Rappelons qu'en dehors des procédés cinématographiques comme l'hypergonar, le professeur Chrétien développait des systèmes optiques astronomiques, et que de nombreux télescopes professionnels modernes, notamment Hubble, utilisent la solution Ritchey-Chrétien, développée entre 1910 et 1927, probablement d'après les travaux sur la théorie générale des systèmes à deux miroirs de Karl Schwarzschild de 1905. Pour le télescope James-Webb, c'est une conception Paul-Baker à trois miroirs dont un elliptique.

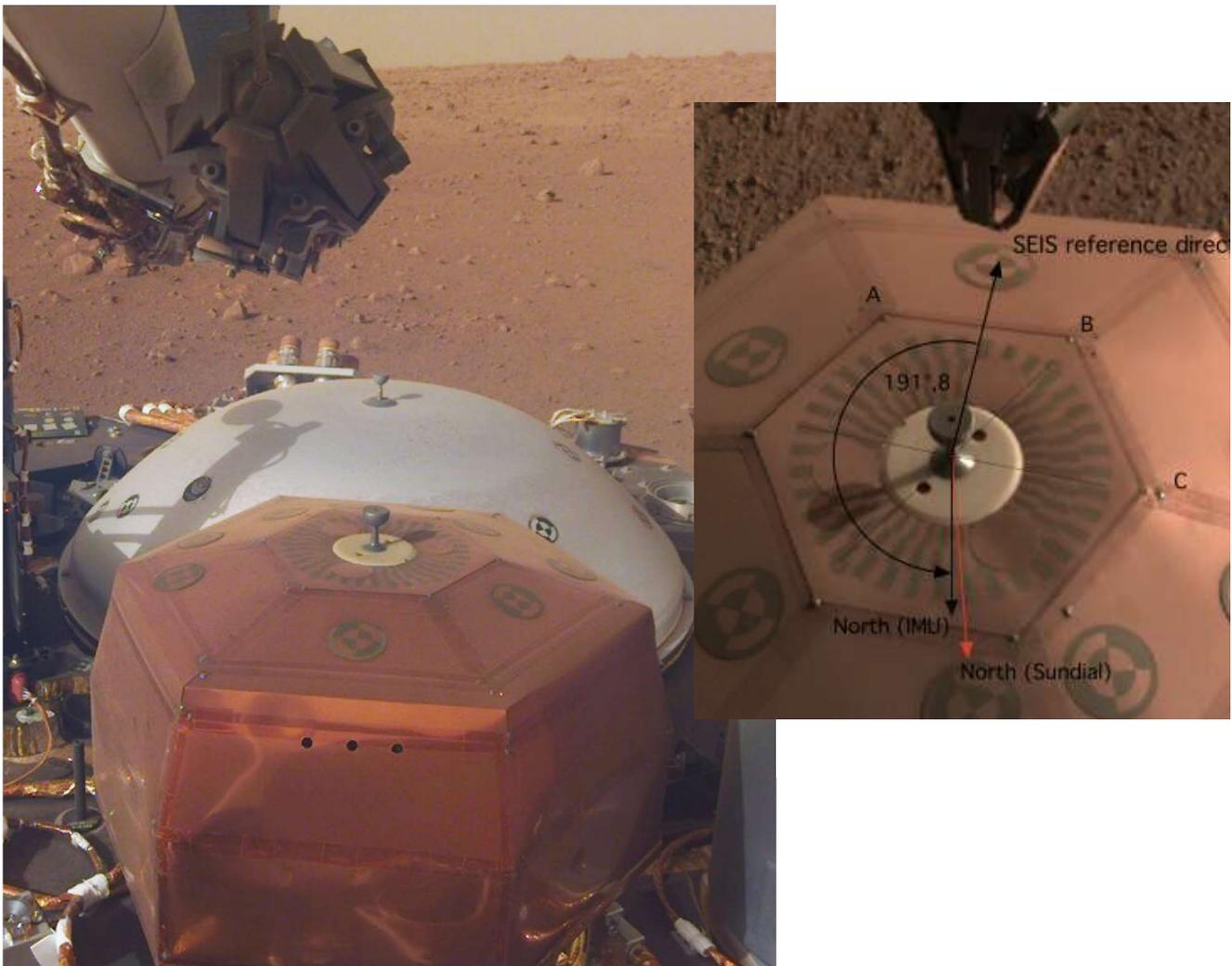


Illustration 8 : Sur la surface de Mars, gnomon conçu par Denis Savoie et intégré au sismomètre SEIS équipant InSight, atterrisseur martien de la NASA, permettant de recalibrer l'IMU (Inertial Measurement Unit) par rapport au soleil. Nasa/JPL Caltech

I.1.3. Géométrie, astrométrie, cartographie

Un problème simple attribué aux Babyloniens dans l'utilisation du gnomon permet d'illustrer et peut-être de comprendre la différence entre la perspective angulaire et la perspective plane, et le débat quant à leurs mérites respectifs qui perdure jusqu'à nos jours. En perspective plane on considère d'abord la projection sur une surface plane orthogonale. En perspective angulaire, c'est avant tout les angles que forment les rayons entre eux qui nous intéressent, et le moyen de rester fidèle à ces valeurs angulaires est de projeter sur une surface sphérique. Dans les deux cas on reste dans le cadre de la géométrie euclidienne, d'un côté une simple homothétie de type Thalès, de l'autre une relation angulaire moins évidente lorsque l'on projette sur un plan car la proportionnalité des distances n'y est pas linéaire mais dans un rapport trigonométrique. Ce qui fit dire à Desargues lorsque les premiers fragments des codex furent traduits et parurent en France que les abaquages de Léonard de Vinci étaient erronées¹², mais nous y reviendrons. Ce problème se posa lorsqu'une fois les solstices connus grâce au gnomon, il fallut déterminer le moment des équinoxes. D'après les tables conservées, les Babyloniens utilisèrent comme droite des équinoxes la médiane des solstices sur la table alors qu'il faut considérer la bissectrice de l'angle solaire.

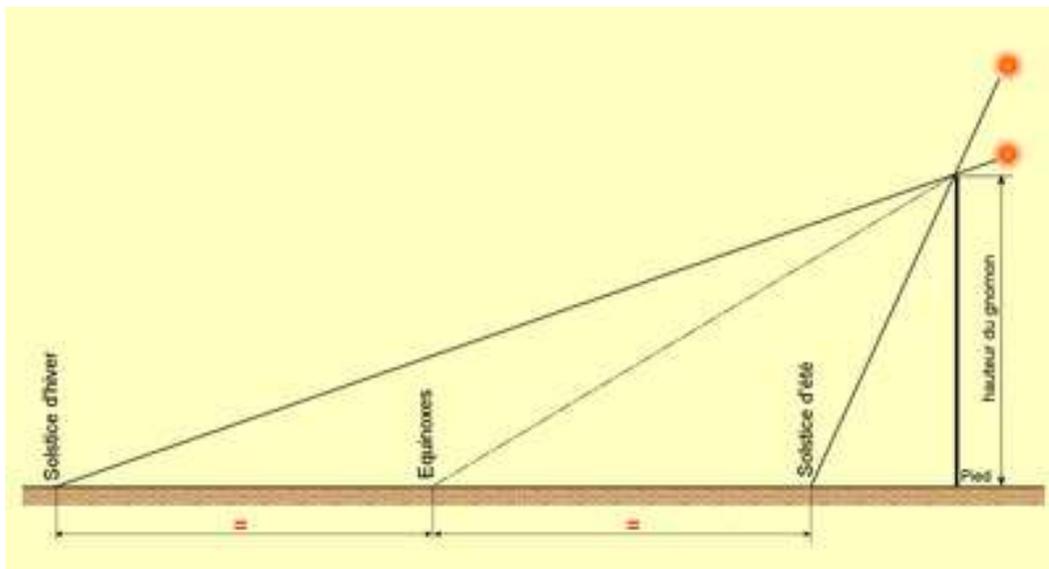


Illustration 9 : Détermination linéaire erronée des équinoxes par rapport aux solstices.

12 Gérard Simon, *Archéologie de la vision: l'optique, le corps, la peinture* (Paris, France: Éditions du Seuil, 2003).

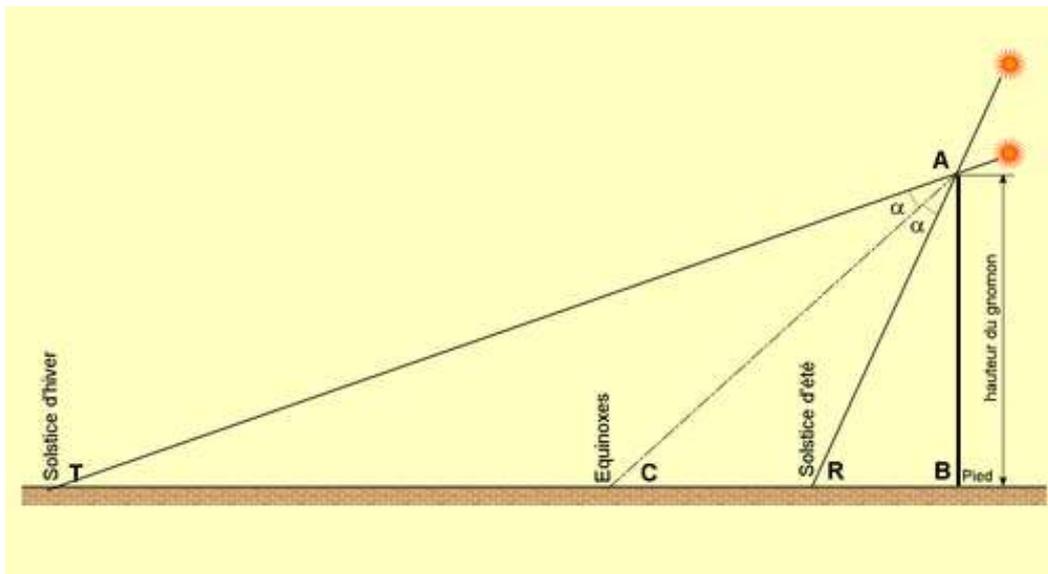


Illustration 10 : Détermination angulaire correcte des équinoxes par rapport aux solstices.

Le gnomon à table hémisphérique, appelé scaphé, permet de résoudre ce problème directement sur la projection de l'instrument. D'après Szabo et Maula les savants grecs savaient faire le calcul par la géométrie et les analemmes¹³.

Pages suivantes on peut apprécier la différence entre une projection plane (mais non orthogonale) et une projection sphérique dans le cas d'un cadran solaire. Cela illustre la différence fondamentale entre une perspective linéaire et une perspective angulaire. On voit que les intervalles sont constants sur les tables sphériques et non proportionnels sur les tables planes.

13 Árpád Szabó, Erkká Maula, et Michel Federspiel, *Les débuts de l'astronomie, de la géographie et de la trigonométrie chez les Grecs* (Paris, France: Librairie philosophique J. Vrin, 1986).

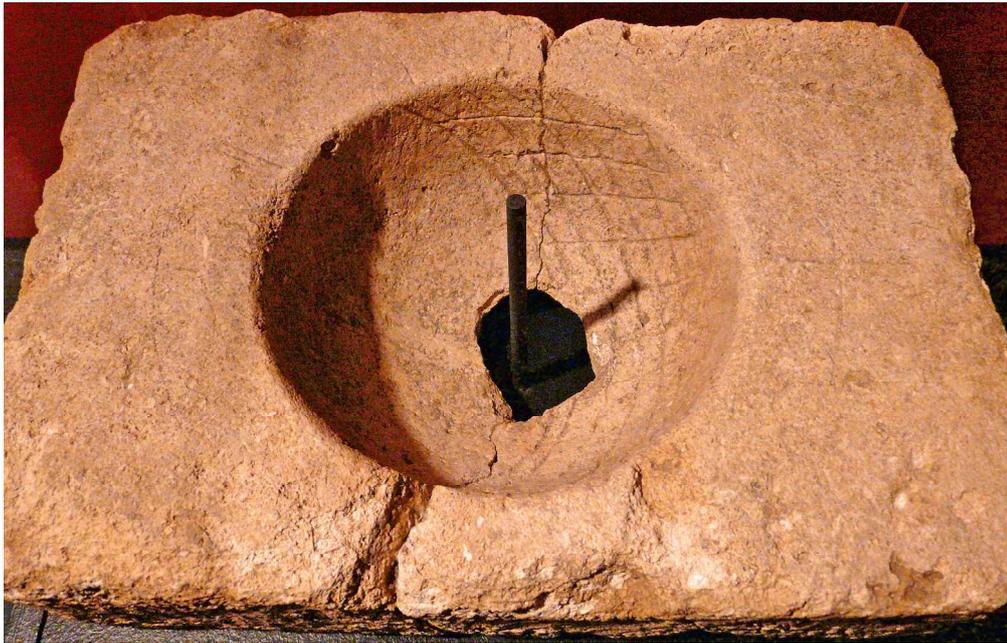


Illustration 11 : Scaphé de type grec



Illustration 12 : Scaphé de type de type romain provenant d'Aï Khanoum, musée Guimet.



Illustration 13 : Cadran solaire plan horizontal de Pompéi.

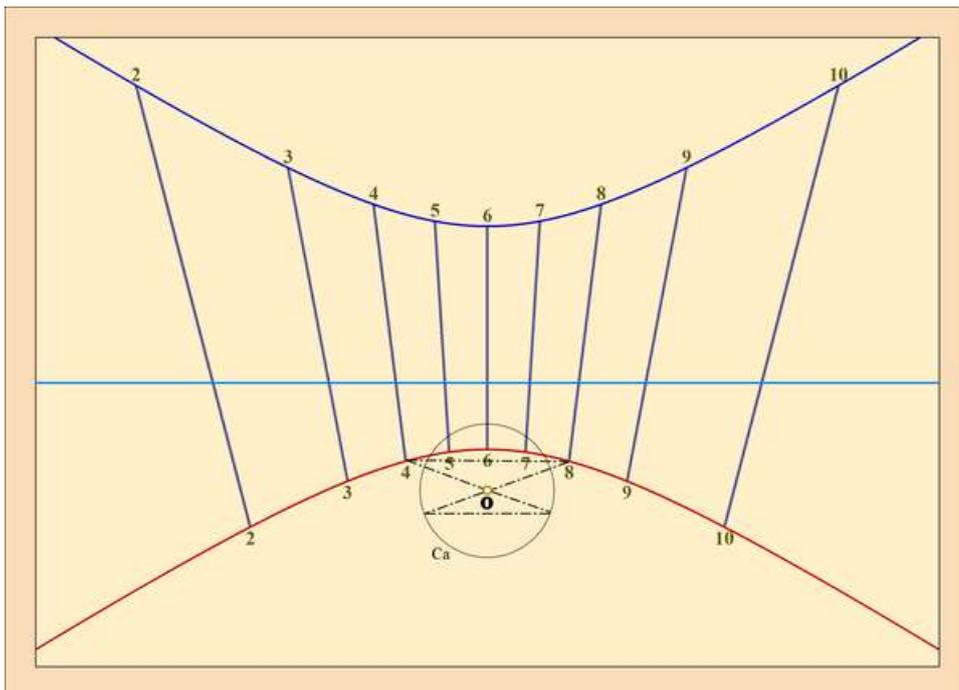


Illustration 14 : Cadran plan finalisé par projection de l'analemme sur un plan horizontal.

Quel rapport avec la perspective de nos images ? C'est toute la différence entre la perspective naturelle et la perspective artificielle ; entre la vision, angulaire, et la perspective plane, linéaire. Dans le cas de la perspective naturelle, la distance et

la grandeur apparente ont une relation trigonométrique, alors qu'il existe une relation de proportionnalité linéaire entre la distance et la taille apparente en perspective linéaire. On voit que pour un angle de champ identique, la perspective plane est objectivement accélérée par rapport à la perspective naturelle : un objet apparaît réduit de moitié lorsqu'il est situé deux fois plus loin de l'observateur, tandis qu'en perspective angulaire, pour que le même objet apparaisse réduit de moitié il devra être plus éloigné et l'angle en O réduit de moitié (cf illustration 15 ci-dessous).

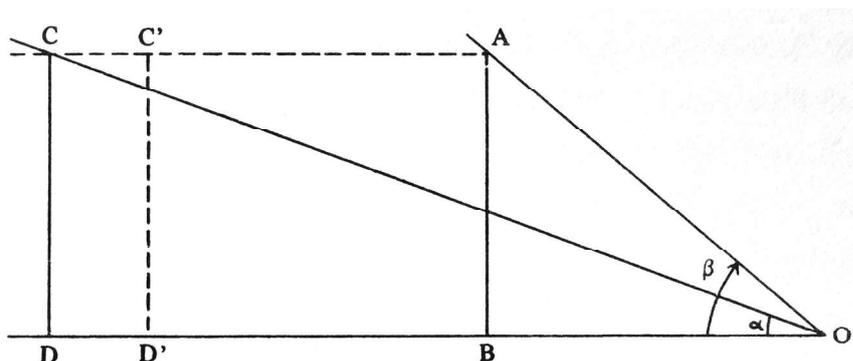


Illustration 15 : Selon une perspective angulaire, pour deux angles dont l'un est le double de l'autre ($\beta = 2\alpha$), un segment AB apparaît réduit de moitié en CD ; selon une perspective plane, ce serait en C'D' ($OD' = 2OB$).

Un autre domaine, en dehors des développements mathématiques de la géométrie projective, dans lequel interviennent les projections, c'est bien-sûr la cartographie. La perspective artificielle a toutes les caractéristiques d'une projection gnomonique polaire. Et l'on sait qu'aucune projection n'est totalement satisfaisante : on adopte différentes méthodes qui sont différents compromis en fonction de l'échelle et de l'usage, comme la projection stéréographique pour le planisphère d'Hipparque. La projection élaborée par Gerardus Mercator (1569) fut longtemps la référence pour les planisphères à grande échelle, et est détrônée depuis une vingtaine d'années par la projection Winkel-Tripel (Oswald Winkel, 1921) afin de minimiser les déformations. Les projections de Lambert (coniques conformes, Johann Lambert, 1772) sont pour leur part utilisées pour la navigation et les petites échelles, comme celle de la France métropolitaine, dont c'est la projection officielle. Pour être précis, les projections modernes ne sont plus des projections géométriques mais des transformations mathématiques planes. On peut citer aussi la projection pseudo-cylindrique équivalente *Equal Earth* (Savric, Jenny, Patterson, 2018). Ce type de projection est actuellement considéré comme le plus probant pour les planisphères.

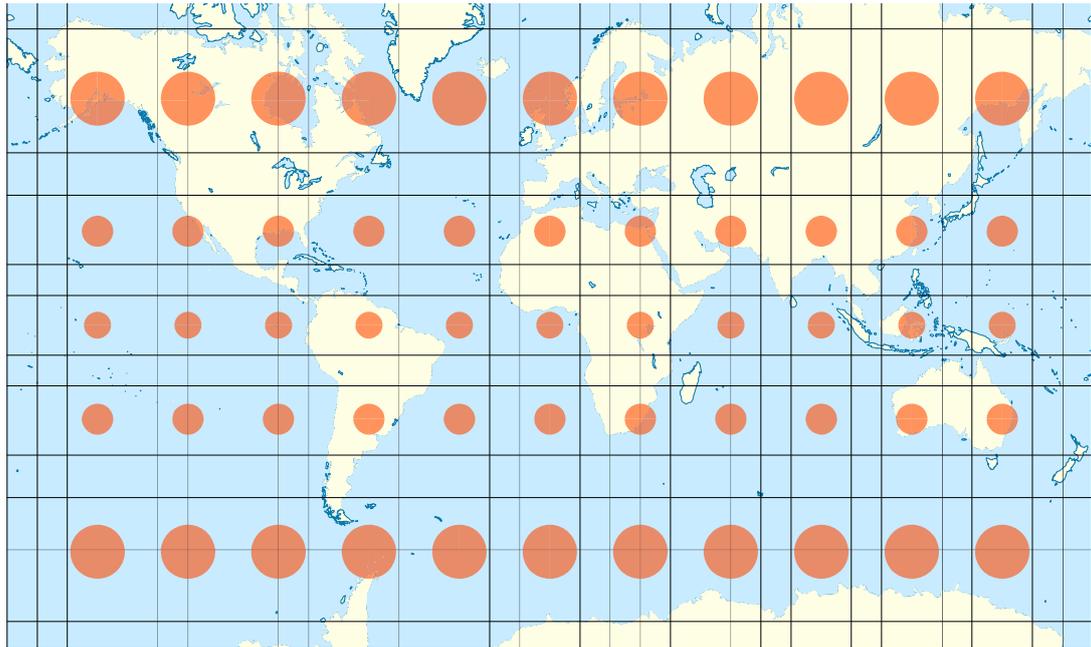


Illustration 16 : Projection Mercator. C'est une projection cylindrique conforme mais non équivalente : elle conserve les angles et donc les formes, mais pas les aires ni les distances (en rouge l'indicatrice de déformation de Tissot montre comment se répartissent les distorsions sur l'ensemble de la projection : les disques rouges ont tous la même taille réelle sur le globe).

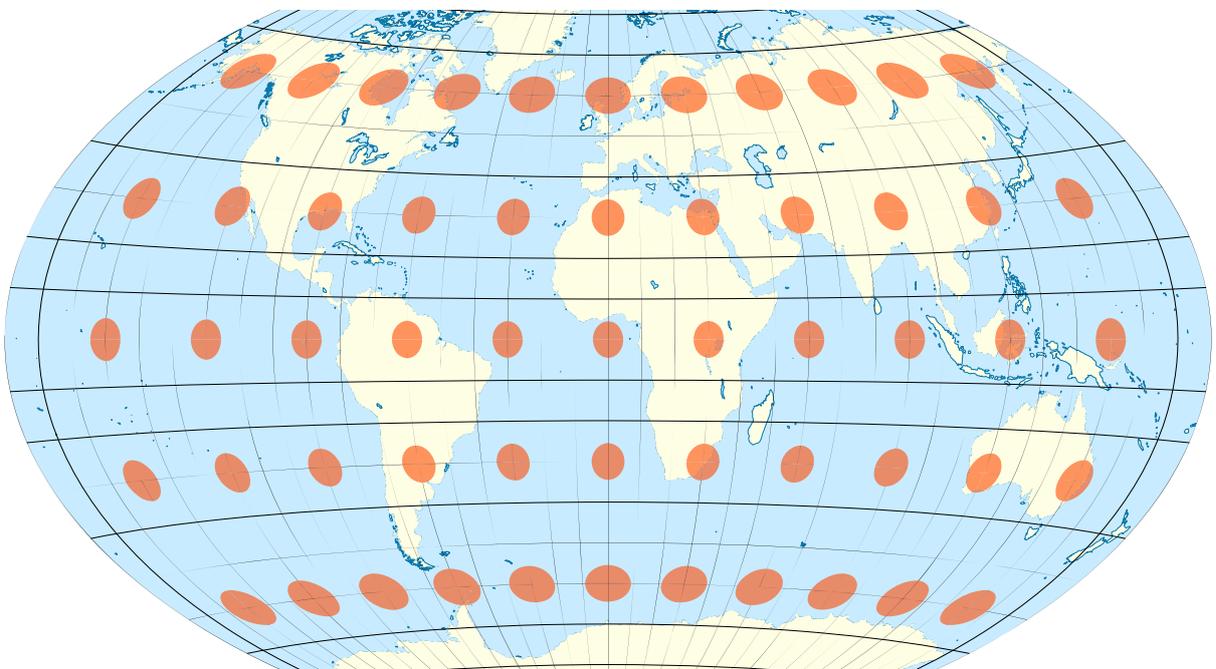


Illustration 17 : Projection Winkel-Tripel. C'est une moyenne arithmétique de la projection cylindrique équidistante et de la projection d'Aitoff. Compromis entre les différentes distorsions, elle n'est ni conforme, ni équivalente, comme on peut le voir grâce à l'indicatrice de déformation.

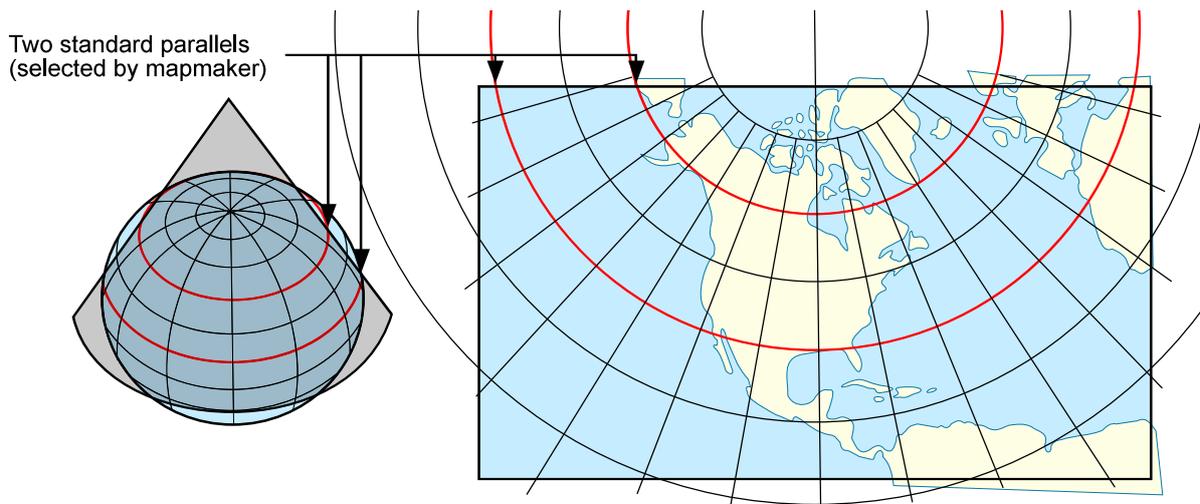


Illustration 18 : Projection de Lambert conique conforme.

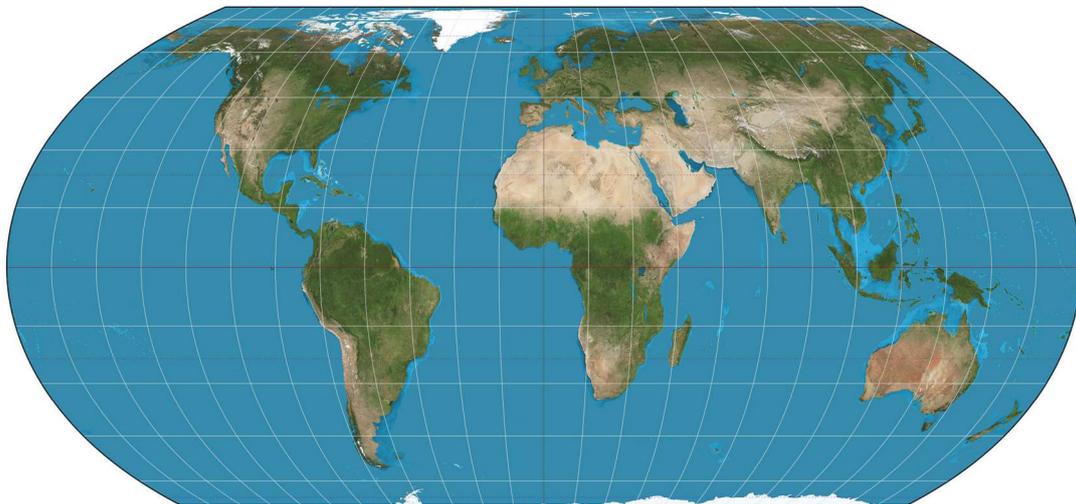


Illustration 19 : Projection *Equal Earth*

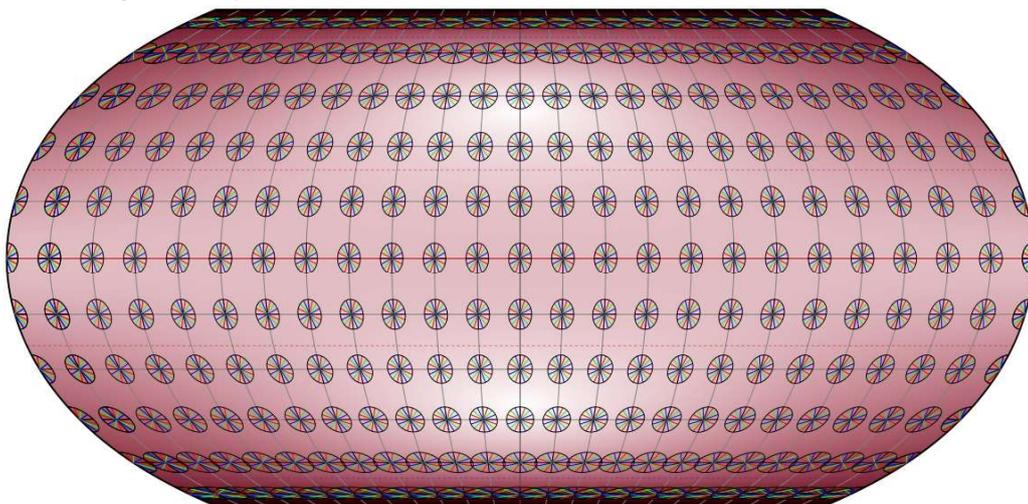


Illustration 20 : Indicatrice de Tissot pour la projection *Equal Earth*. En blanc les zones les moins déformées, en rouge les plus déformées.

I.2. Dans la chambre noire, la science de la lumière

I.2.1. Caméra accidentelle et sténopé négatif

La probabilité d'observer un sténopé accidentel¹⁴ rend le phénomène commun. Il suffit de se trouver dans une pièce obscure et qu'un orifice, en laissant entrer la lumière, forme une image de l'extérieur sur la paroi opposée. On se trouve alors dans une camera obscura à taille humaine.



Illustration 21 : sténopé accidentel

Quant au sténopé négatif, c'est plus courant encore, n'ayant pas besoin d'un orifice dans la paroi mais d'un objet dans une large ouverture. Encore faut-il voir l'image, qui est en négatif, dans ce qui paraît d'abord n'être qu'une ombre, alors que celle du sténopé est évidemment lisible bien qu'inversée.

14 A. Torralba et W. T. Freeman, « Accidental Pinhole and Pinspeck Cameras: Revealing the Scene Outside the Picture », in *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Providence, RI: IEEE, 2012), 374-81, <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6247698>.

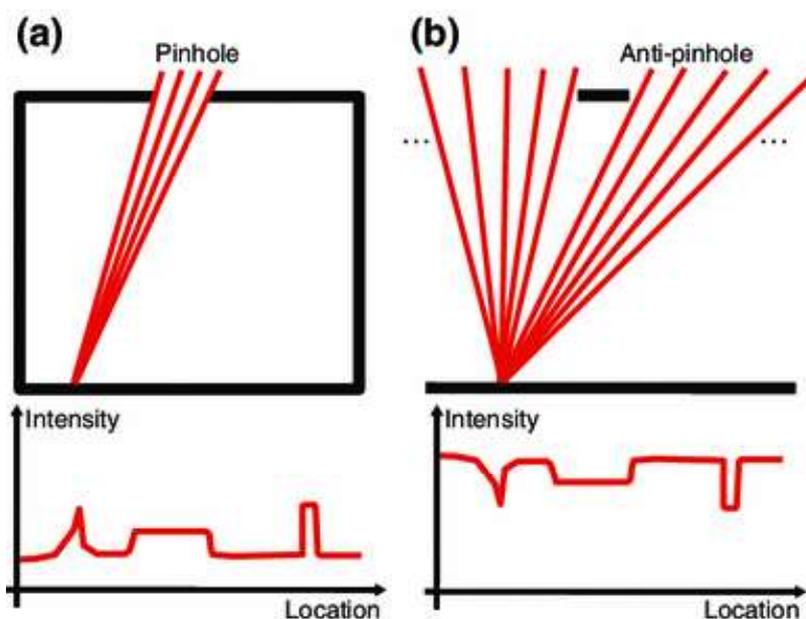


Illustration 22 : explication schématique du sténopé négatif

Dès lors, il est probable que les premières observations d'images issues de sténopé soient aussi anciennes que l'humanité. C'est l'hypothèse sur laquelle sont basés les travaux universitaires de Matt Gaton et Aaron Watson¹⁵, notamment. Ces derniers envisagent un usage de certains édifices paléolithiques en tant que chambre noire, à des fins culturelles ou observationnelles. Ils suggèrent également que des projections sténopéïques accidentelles ou intentionnelles auraient pu jouer un rôle dans le développement des peintures rupestres paléolithiques, et observent que les distorsions de certaines formes peintes pourraient avoir été inspirées par les anamorphoses dues aux caractéristiques des surfaces de projection.

Si certaines de ces hypothèses s'avéraient fondées on pourrait dès lors envisager que ces projections primordiales¹⁶, en tant que phénomènes naturels régulièrement observés, soient la véritable origine des images projetées et donc de la perspective, puisque la perspective plane est la projection sur un plan bidimensionnel des objets à trois dimensions, telle qu'elle semble restituer les conditions de la vision directe. Sur l'art pariétal et l'image paléolithique, Jacques Aumont écrit : « l'image semble avoir toujours été là, elle n'a donc pas d'histoire par elle-même, seules ses formes sociales en ont une »¹⁷ La perspective, en tant que phénomène naturel, préexisterait alors à l'homme, tout comme les lois de la

15 Constantinos Papadopoulos, *Oxford Handbook of Light in Archaeology*, 2018, <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198788218.001.0001>.

16 Matt Young, « The pinhole camera: Imaging without lenses or mirrors », *The Physics Teacher* 27, n° 9 (1 décembre 1989) : 648-55, <https://doi.org/10.1119/1.2342908>.

17 Jacques Aumont, *L'image* (Paris, France: Nathan, DL 2000, 2000).

physique. Il est vrai que le même phénomène optique est à l'œuvre dans l'œil et en dehors de l'œil. Si la perspective naturelle désigne la vision humaine, et la perspective artificielle la convention établie par Alberti, il existe entre les deux une perspective accidentelle qui est une image réelle projetée sur une surface quelconque, et la perspective artificielle est une image quelconque projetée orthogonalement sur une surface plane.

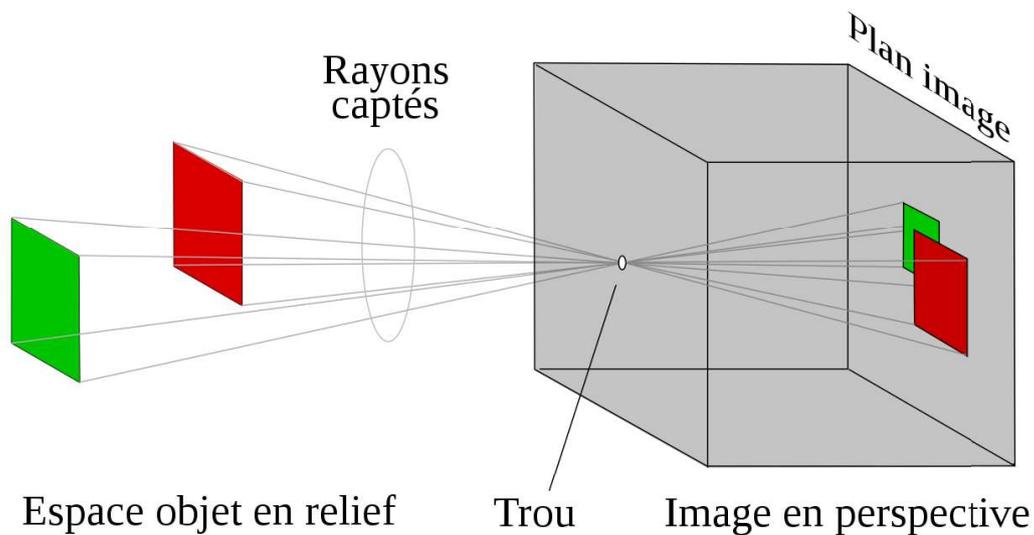


Illustration 23 : Perspective plane par sténopé

1.2.2. Identité de l'image optique et de la perspective

« L'invention de la camera obscura comme moyen de reproduction d'une image et son exploitation perspective remontent à des temps très anciens »¹⁸, peut-on lire dans l'Encyclopædia Universalis. Effectivement, l'observation des images produites par chambre noire est difficile à dater, cependant Aristote décrit au VI^{ème} siècle avant J.-C. une chambre noire sténopéïque dans ses *Problematica*, et questionne la forme de l'image en fonction de la forme de l'objet observé.

Une remarquable description de la camera obscura se trouve également dans un texte chinois daté du V^{ème} siècle avant J.-C., traditionnellement attribué à Mozi (vers 470-391 avant notre ère), philosophe chinois et fondateur de École de logique

18 Encyclopædia Universalis, « CHAMBRE NOIRE ou CHAMBRE OPTIQUE », Encyclopædia Universalis, consulté le 5 août 2022, <https://www.universalis.fr/encyclopedie/chambre-noire-chambre-optique/>.

Mohist. Ces écrits expliquent comment l'image dans un « point de collecte » ou « maison au trésor » (la chambre noire) est inversée par un « point d'intersection ou trou d'épingle » (le sténopé) qui recueille les rayons de lumière : « la lumière provenant du pied d'une personne éclairée forme le haut de l'image, les rayons de la tête formant la partie inférieure ». Au X^{ème} siècle le mathématicien perse Ibn Sahl étudie l'optique, notamment les propriétés des miroirs et des lentilles¹⁹. Il écrit vers 984 un traité sur les miroirs ardents dans lequel il expose comment les miroirs courbes et les lentilles peuvent focaliser la lumière en un point. Ce traité contient une des premières mentions connues de la loi de la réfraction, redécouverte plus tard sous le nom de loi de Snell-Descartes.

L'usage de la chambre noire à des fins scientifiques autour de l'an mille est longuement décrit par Ibn al Haytham dans ses volumes consacrés à l'optique. Alhazen (version occidentalisation de son nom) est considéré comme un pionnier de la méthode scientifique et un fondateur de l'optique moderne. Il étudia les miroirs plans et sphériques, la camera obscura, dont il se servit pour expérimenter les propriétés de la lumière et observer les astres et les éclipses. Il fit construire des chambres noires de grande taille, des chambres multiples, et des appareils de réflexion à sept miroirs. Il établit la loi de la réflexion $i=r$ et Huygens résoudra le « problème d'Alhazen » sur la diffraction en 1695. On peut voir à l'institut d'histoire des sciences arabo-islamiques de Francfort la reproduction d'une chambre noire monumentale construite spécifiquement pour l'étude des propriétés de la lumière et l'observation des éclipses²⁰. Les écrits d'Alhazen, qui reprenaient et étoffaient les traités grecs d'optique antique traduits en latin puis en arabe, furent à leur tour repris et traduits en latin par John Peckham, Erasmus Witelo, Roger Bacon. Ces différents traités d'optique et autres ouvrages savants circulèrent donc dans toute l'Europe, comme leurs auteurs érudits, à mesure que les règles religieuses médiévales cessèrent d'en freiner la diffusion en desserrant leur étau.

En 1502 Léonard de Vinci consigne une description précise de la chambre noire et de son intérêt pour l'étude de la lumière. Léonard était manifestement très intéressé par la camera obscura : au fil des ans, il a dessiné environ deux-cent-soixante-dix schémas de la camera obscura dans ses cahiers. Il a systématiquement expérimenté différentes formes et tailles d'ouvertures et des ouvertures multiples. Il comparait le fonctionnement de l'œil à celui de la camera obscura et semblait particulièrement intéressé par sa capacité à démontrer les principes de base de l'optique : l'inversion des images par le sténopé ou la pupille, la non-interférence des images et le fait que les images sont « dans l'ensemble et dans chaque partie ».

19 [Simon, Archéologie de la vision.p212](#)

20 Hans Belting, Naïma Ghermani, et Audrey Rieber, *Florence et Bagdad: une histoire du regard entre Orient et Occident* (Paris, France: Gallimard, 2012).p127,129,141

Vasari rapporte que Léonard expérimentait divers types de miroirs dans les années 1510 et qu'il travaillait avec des appareils optiques tels que la chambre noire, qui avait retenu l'attention de Leon Battista Alberti plus de quatre-vingts ans auparavant, dans les années 1430 donc²¹, lorsque Jan Van Eyck peint *Les Époux Arnolfini*. La camera obscura à miroir concave a-t-elle été utilisée comme outil d'aide au dessin par les peintres dès le début du XVème siècle, comme le suggère David Hockney ?



Illustration 24 : *Les Époux Arnolfini*, Jan Van Eyck, 1434. Huile sur panneau de chêne. 82,2x60cm. National Gallery, Londres. Détail du chandelier, du miroir convexe, et de la signature : « Johannes Van Eyck fuit hic, 1434 »

La conception et la fabrication de dispositifs optiques dédiés se faisaient déjà dans le secret des ateliers bien avant que Galilée ne construise sa propre lunette astronomique en 1608. On trouve une mention de la lunette en 1538 par Jérôme Fracastor, puis une description située avant 1559 par l'astronome Thomas Digges. L'alternative aux objectifs pour accroître grandement la luminosité et la netteté par rapport aux images sténopéïques est le miroir concave, qui permet également de projeter une image dans une chambre noire. En dehors de la chambre dans laquelle

21 [Kenneth Clark, Eleanor Levieux, et Françoise Rosset, Léonard de Vinci \(Paris, France: Librairie générale française, DL 2005, 2005\).p307.](#)

on forme une image à l'aide d'un sténopé, d'un objectif ou d'un miroir concave, les peintres ont utilisé un autre instrument : la camera lucida. Son principe est simple et son encombrement très réduit, c'est un prisme attaché à une came télescopique que l'on fixe à la table de dessin. Grâce à ce support, le prisme est positionné à hauteur de regard entre l'œil de l'artiste et son sujet, et au dessus du dessin. L'image du sujet se superpose alors à celle du croquis dans l'œil du peintre, et l'on peut alors en quelque sorte décalquer son sujet sans le quitter des yeux. D'ailleurs cet outil est particulièrement adapté aux portraits et un très bon dessinateur arrivera à croquer les principaux traits du visage de son sujet en quelques secondes, captant ainsi des expressions vivantes et naturelles.

Dès le XVI^{ème} siècle est établie l'identité de l'image de la chambre noire et d'une perspective exacte. La camera obscura est donc considérée comme l'instrument idéal pour le rendu des perspectives complexes et devient officiellement l'outil indispensable des peintres. En effet dès 1568, le cardinal et diplomate vénitien Daniele Barbaro recommandait l'emploi de la chambre noire pour mettre automatiquement les dessins en perspective²². Traducteur et commentateur des livres d'architecture de Vitruve, également féru de philosophie et de mathématiques, il composa un traité d'optique, *La pratica della prospettiva*, « œuvre très profitable aux peintres, sculpteurs et architectes » comme on peut le lire sur la couverture. Ce traité contient l'une des plus anciennes descriptions connues de l'utilisation d'une optique avec la chambre noire. Le réalisme que les artistes parvinrent à atteindre grâce à l'emploi savant de ces appareils donne plus de continuité qu'attendu entre les peintres anciens et les photographes et opérateurs de prise de vue modernes. Ce qui explique que certains tableaux soient faciles à reproduire photographiquement : la méthode de formation de l'image y est identique : *lens-based* comme le dit David Hockney. La plupart des peintres figuratifs contemporains comme par exemple Gerhard Richter travaillent d'ailleurs directement d'après photographie, ce qui revient au même, avec une camera obscura moderne.

Bien avant la publication de cet ouvrage établissant l'identité de l'image optique et de la perspective par le cardinal Barbaro, et donc la vulgarisation de la méthode, Léonard de Vinci s'entoura d'artisans verriers et mit au point des techniques de fabrication et de polissage de lentilles et de miroirs sphériques qui sont abondamment décrites dans les codex²³. Della Porta au XVI^{ème} siècle utilisa également de façon certaine des lentilles convexes sur ses chambres noires. À Delft les peintres et les fabricants de lentilles et autres instruments optiques appartenaient à la même guildes. D'abord secret d'atelier susceptible de donner un avantage

22 Louis-Philippe Clerc et Charles Préfacier Fabry, *La technique photographique*, 2 vol. (Paris, France: Publications photographiques Paul Montel, 1926).p33

23 Léonard de Vinci, Manlio Brusatin, et Vittorio Mandelli, *Codice C* (Milan, Italie: Abscondita, 2006).

concurrentiel, l'usage se généralisa jusqu'aux véritables mises-en-scène de studio de Caravaggio, Poussin, de la Tour, Wright of Derby, dont les éclairages sont époustouflants (mais c'est un autre sujet). Contrairement à la camera lucida qui une fois repliée tient dans la poche, la camera obscura est un outil lourd et encombrant, qui est plus adapté aux scènes vastes et complexes, pour lesquelles des maquettes d'architecture étaient également construites. Les deux outils peuvent bien-sûr être utilisés de manière complémentaire sur la même toile, l'un pour le décor et le costume, l'autre pour insuffler de la vie dans les visages. Dans tous les cas, ils sont difficiles à mettre en œuvre et il faut être un artiste doué et expérimenté pour en tirer un bon parti.

Dans certains cas relativement récents, et à mesure de leur généralisation, l'utilisation par les peintres des instruments d'optique est avérée et davantage documentée. On sait qu'à partir du XVII^{ème} siècle les artistes possédaient des chambres noires de différentes tailles, parfois pliables et portatives, équipées de sténopés, d'objectifs ou de miroirs concaves. A l'époque de Vermeer²⁴, qui composait ses images avec une camera obscura, il est fort probable que la plupart des artistes possédât un appareil d'aide au dessin, chambre noire ou claire, qui allait ensuite se répandre également dans les écoles d'art et d'architecture. Cependant ces techniques qui devaient se démocratiser étaient auparavant des secrets d'atelier qui certes garantissaient à ceux qui les maîtrisaient une supériorité certaine sur leur concurrents, et donc ne se partageaient pas, mais pouvaient aussi les envoyer directement au bûcher pour sorcellerie. Aussi pour remonter avant le XVI^{ème} siècle, où les traces écrites sont plus rares, il fallut procéder à des déductions directement sur les œuvres et détecter de brusques ruptures dans l'évolution stylistique des artistes. C'est le travail remarquable accompli méticuleusement par David Hockney, et consigné dans son ouvrage *Secret knowledge*²⁵.

Plusieurs signes révélateurs s'offrent en effet à notre regard. De nombreux artistes peignent des perspectives frappantes par leur rigueur et leur réalisme, sans aucun dessin préalable. D'autres parviennent soudainement à des rendus extrêmement fidèles et précis sur des tâches on ne peut plus complexes comme la reproduction des motifs sur une étoffe drapée, qui semblent impossibles à modéliser par un calcul perspectif. On peut citer encore le réalisme des représentations d'objets complexes et de leur éclairage, jusque dans les reflets et les brillances (chandeliers, armures, verreries). Tout cela ne résulte peut-être pas de miraculeuses et improbables constructions en perspective, mais de l'observation et de la reproduction

24 « La camera obscura : le secret de Vermeer ? », Beaux Arts, consulté le 9 avril 2021, <https://www.beauxarts.com/grand-format/ep-1-camera-obscura-le-secret-de-vermeer/>.

25 David Hockney, *Secret knowledge: rediscovering the lost techniques of the old masters* (London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord: Thames & Hudson, 2006).

directe d'images en deux dimensions formées par un dispositif optique. La chambre noire, perfectionnée dès le XVI^{ème} siècle par montage d'une lentille convergente dans l'ouverture, qui put alors être agrandie, donnant ainsi une image plus lumineuse, fut transformée dans les premières années du XVIII^{ème} siècle en un instrument portatif employé par les artistes pour le tracé de croquis d'après nature²⁶. Plus encombrant, le dispositif de chambre noire à miroir concave²⁷ reconstitué et expérimenté par Hockney était connu à la Renaissance mais pourrait très bien avoir été utilisé dès l'antiquité greco-romaine. Nous savons que les propriétés et la fabrication de miroirs de toute sorte ont été étudiées à cette époque, notamment dans le volume sur la catoptrique d'Euclide.

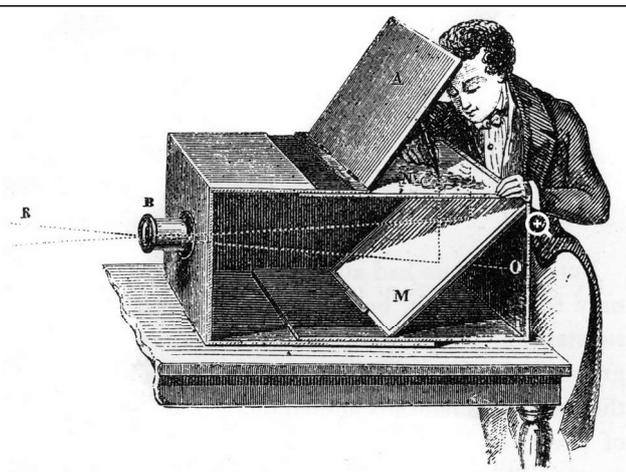
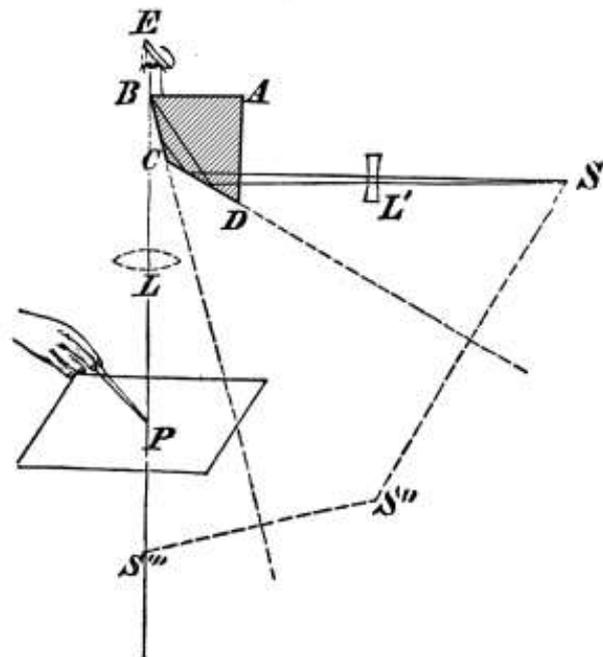


Illustration 25 : camera obscura portative



III. 26 : Principe optique de la camera lucida

26 Louis-Philippe Clerc, *La Technique photographique: avec 281 figures* (Paris, France: Publications Photo-cinéma, 1957).p33

27 Hockney, *Secret knowledge*.

I.2.3. Vanité ou vérité ?



Illustration 27 : *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne, 207x209cm. National Gallery, Londres.

Grâce à la perspective artificielle et à sa capacité d'illusion immersive, le *hic et nunc* (ici et maintenant) remplace l'au-delà, le spectateur prend place dans la représentation, qui perd son statut d'icône pour celui de spectacle. La représentation

en perspective, profane et narcissique, s'annonce donc universellement désirable. Mais aux pieds de ces jeunes diplomates, Holbein peint une célèbre curiosité, qui se révèle lorsqu'on adopte un point de vue rasant en outrepassant le tableau par sa droite, où se trouve le jeune évêque de Lavaur, George de Selve, qui mourra quelques années plus tard, ambassadeur à la République de Venise, à 33 ans. Le personnage de gauche est l'ambassadeur de France en Angleterre, Jean de Dinteville. Cette anamorphose, qui matérialise la surface peinte, souligne la fragilité de l'illusion de profondeur. La perspective, en tant qu'artifice, est-elle une révélation ou un masque ? Cette question rappelle le tabou religieux de représenter Dieu et sa création²⁸ qui perdure dans l'Islam, mais aussi les particularismes des courants artistiques catholique et nordique. L'Église catholique développe un culte fastueux de l'image comme *biblia pauperum*, tandis que les Églises anglicane et protestante affichent une sobriété et une distance teintées d'iconoclasme. Il faut faire le voyage en Italie, comme Dürer, pour sortir des portraits de commande et des gravures, et accéder à des ouvrages prestigieux et monumentaux²⁹.

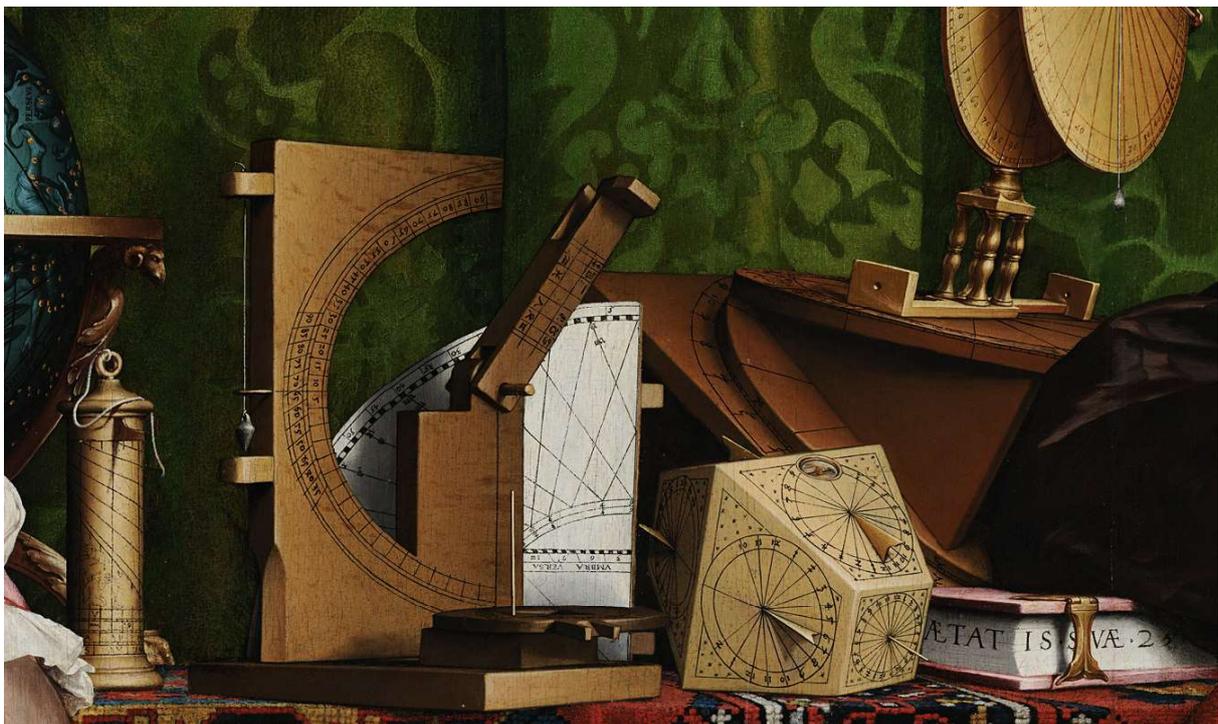


Illustration 28 : *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne, National Gallery, Londres. Détail des différents gnomons et cadrans solaires.

Le crâne, ici anamorphosé, est un élément constitutif des vanités, un genre de tableau qui prospéra du XV^{ème} au XVII^{ème} siècle, et prend l'apparence d'un portrait ou d'une nature morte contenant les symboles de l'emprise du temps et de la mort

28 [Belting, Ghermani, et Rieber, Florence et Bagdad.p69](#)

29 [Pierre Descargues, Dürer \(Paris, France: A. Somogy, 1954\).](#)

sur toute entreprise humaine. Les miroirs, souvent sphériques, renvoyant l'image de l'artiste ou du spectateur, nous incluent dans cette mise en abyme, et bien entendu la méticuleuse virtuosité de l'exécution constitue la première vanité des vanités. Les instruments optiques, abondamment cités dans la peinture de cette période de grandes conquêtes, sont l'image même du progrès technique et scientifique de l'esprit humain. Ils remplacent ici le sablier, autre élément des vanités, en tant qu'instrument de mesure du temps, qui ramène inlassablement cette profusion au néant.



Illustration 30 : *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne, National Gallery, Londres. Détail du rendu du drapé à motif, et du Christ en croix.

Et nous ne voyons plus que la vanité des hommes, et leurs pieds d'argile : ni la puissance ou l'argent, ni-même le savoir accumulé ou la technologie ne changeront leur condition mortelle. Du décor réel de cette mise-en-scène, hormis le pavement, nous apercevons, derrière une riche étoffe dont l'artiste laisse apparaître la coupe brute, un Christ en croix. Sa position oblique pourrait indiquer le point de vue caché du tableau. Ironie sinistre de l'auteur, que l'on pourrait comparer au *Ceci n'est pas une pipe* de Magritte (la légèreté en moins), l'étrange anamorphose interroge notre regard. Comme dans toute vanité, l'auteur inclut son talent dans sa

critique. C'est pourtant la maîtrise ahurissante de la perspective et de ses outils qui a forgé la réussite fulgurante de Hans Holbein, écartelé entre une posture démonstrative et un usage plus ascétique de son art.



Illustration 31 : *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne, National Gallery, Londres. Détail du crâne désanamorphosé.



Illustration 32 : *Le corps du Christ mort dans la tombe*, Hans Holbein le Jeune, 1522. Huile et tempera sur panneaux de bois de tilleul, 30,5x200cm, Kunstmuseum Basel.

I.3. Développements de la perspective

I.3.1. Optique et perspective

L'optique est l'une des plus anciennes sciences connues, et la recherche historique se perd dans l'oubli lorsque les textes sont perdus ou détruits comme c'est le cas pour la plupart des traités d'Euclide, dont sa catoptrique³⁰. Dans certains cas les œuvres qui parviennent jusqu'à nous résultent de traductions successives et partielles qui ajoutent leur part de lacunes et de confusion aux idées originales des auteurs. Ibn Al Haytham (Alhazen) n'est que très partiellement traduit³¹. Les écrits de Léonard de Vinci ont commencé à être partiellement déchiffrés, traduits et publiés en 1797³². Un travail monumental de retour aux sources a commencé récemment, et les chercheurs mettent progressivement à jour l'antériorité conceptuelle de découvertes de Galilée, Newton, Huyghens, Maxwell, etc³³. La sophistication de la technologie actuelle nous fait oublier la profondeur historique des idées qui la soutiennent. À titre d'exemple, bien que portée par son évidence culturelle, la théorie du big bang s'essouffle et n'est plus en mesure de refléter l'état des connaissances, si bien que la recherche cosmologique piétine depuis quarante ans malgré Hubble et le LHC. D'autres modèles, comme le scénario ekpyrotique ou la théorie M, sans parvenir à s'imposer, cherchent l'inspiration dans des conceptions cycliques antiques et la philosophie orientale, à l'instar de la théorie de la relativité avant eux³⁴.

Comme pour la perspective, l'acceptabilité sociale et culturelle est la partie immergée des inventions. Il est bien rare qu'une idée n'ait pas déjà été explorée et qu'une découverte ait une origine unique. La période de la Renaissance, riche en inventions et redécouvertes, fut propice à cette émergence. C'est à partir de cette époque que les termes d'optique et de perspective ont été sémantiquement distingués. Optique pour les instruments et la science, perspective pour la représentation et l'architecture. Dans l'Antiquité et le Moyen-âge, les deux termes (l'un grec, l'autre latin) signifiaient l'étude de la lumière³⁵ et étaient liés à la mesure du temps et de l'espace. Les textes nous font remonter à la période greco-égyptienne pour la géométrie et l'optique en tant que théorie de la lumière et de la vision, avant

30 Simon, *Archéologie de la vision*.

31 Belting, Ghermani, et Rieber, *Florence et Bagdad*.

32 École pratique des hautes études . Section des sciences historiques et philologiques et Institut national d'histoire de l'art, *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts*.

33 Museo Leonardiano, *L'ottica di Leonardo: tra Alhazen e Keplero*, éd. par Linda Luperini (Milano, Italie: Skira, 2008, 2008).

34 Jean-Marc Bonnet-Bidaud et Thomas Lepeltier, *Big bang: histoire critique d'une idée* (Paris, France: Gallimard, 2021).

35 Erwin Panofsky, Marisa Dalai Emiliani, et Guy Ballangé, *La perspective comme forme symbolique: et autres essais* (Paris, France: Les Éditions de Minuit, 1975).

que les pouvoirs religieux n'en freinent le développement depuis Athènes jusqu'à Rome³⁶ et Paris. Les penseurs arabes sauvegardèrent et continuèrent ce travail, qui se diffusa via l'Andalousie jusqu'à l'Italie du XIV^{ème} siècle³⁷.

Telles les deux faces d'une même pièce, la représentation perspective fut intimement liée à l'évolution scientifique et épousa comme elle le double rôle d'instrument et de subversion du pouvoir. Si la plupart ont été détruits ou perdus, les textes arrivés jusqu'à nous ont été traduits et tronqués plusieurs fois. Dans un texte célèbre mais controversé³⁸, Vitruve semble évoquer le développement de la perspective pour la scénographie théâtrale des tragédies d'Eschyle à Athènes vers 470 avant notre ère. Les décors en étaient construits par Agatharque, et Vitruve attribue à Anaxagore et Démocrite la rationalisation d'un système perspectif. Le traité d'Anaxagore étant perdu, l'expression « *omnium linearum ad circini centrum responsus* » (littéralement « toutes les lignes correspondent à la pointe du compas »), ne permet pas de déterminer avec certitude l'usage d'un point de fuite principal, ou le type de perspective.

Même Léonard de Vinci, bien que mort en France, ne fut traduit en français que tardivement et partiellement. Ce dernier ne se satisfaisait pas d'une rigoureuse perspective plane : « la conception de la vision perspective albertienne comme pyramide visuelle (...) ne serait pas suffisante pour l'artiste », notamment le fait « qu'un corps sphérique devienne un œuf dans une position élevée »³⁹. Il conseillait en conséquence de limiter l'angle de champ en prenant comme distance minimale au sujet le triple de la plus grande dimension du tableau. Cela donne si u est la distance au sujet et L la grande longueur de l'image :

$$\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{L}{2u}\right) \text{ avec } u \geq 3L \text{ donc } \alpha \leq 2 \arctan\frac{1}{6}$$

On obtient un angle de champ horizontal α tel que $\alpha \leq 19^\circ$ ce qui correspond pour une Alexa 35 à une distance focale supérieure ou égale à 75mm.

36 Maury, *Comment la terre devint ronde*.

37 Belting, Ghermani, et Rieber, *Florence et Bagdad*.

38 Pavel Aleksandrovitch Florenskij et Olivier Kachler, *La perspective inversée: Florenski et les forces symboliques* (Paris, France: Allia, 2013).

39 École pratique des hautes études. Section des sciences historiques et philologiques et Institut national d'histoire de l'art, *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'Antiquité au XVII^e siècle*, éd. par Michel Hochmann et Danielle Jacquart (Genève, Suisse: Droz, 2010).

D'autres auteurs conseillent de doubler le diamètre du cercle dans lequel s'inscrit la composition, c'est-à-dire dans le cas d'un cadre rectangulaire la diagonale de l'image. Dans ce cas cela correspond à un angle de champ diagonal maximal de 28° et une distance focale minimale de 65mm, toujours avec une Alexa 35. Nombreux sont les exemples de séquences ou même de films tournés entièrement à une focale de 50mm, mais 65mm ou 75mm, c'est moins évident.



Illustration 32 : *David*, Michelangelo Buonaroti, dit Michel-Ange. 1501-1504, 517X199cm. Galerie de l'Académie de Florence.

Léonard de Vinci a également longtemps travaillé au développement d'une perspective plus sophistiquée qui rendrait compte des diminutions latérales au lieu de provoquer un accroissement des marges, une perspective synthétique comme la désigne John White⁴⁰. Cet accroissement en fonction de l'angle de projection était bien connu des artistes, qu'ils soient peintres, architectes ou bien-sûr sculpteurs. Comme l'architecture, la conception des œuvres d'art s'appuyait sur de solides fondations philosophiques et scientifiques, ce qui peut nous paraître bien étrange aujourd'hui. Lors de la conception des sculptures, en fonction de leur position et de leur taille relativement à l'homme socle inclus, était déterminé un angle de vue principal, et l'échelle verticale réduite en proportion. Le *David* de Michel-Ange voit ainsi ses proportions augmenter de bas en haut afin de paraître proportionné à l'admirateur l'observant depuis le sol. La sculpture mesure plus de cinq mètres de hauteur sans le piédestal de deux mètres. Les mêmes problématiques se posaient pour les fresques et les peintures selon leur situations et leurs dimensions.

I.3.2. Renaissance et invention de la perspective artificielle

Ce sont encore pour les besoins de l'architecture que la perspective centrale a été inventée ou redécouverte à la Renaissance. La démonstration s'est faite sur des bâtiments existants pour valider les qualités de trompe-l'oeil de cette nouvelle construction du dessin, mais l'intérêt premier du procédé n'était pas d'ordre décoratif mais immobilier ou plutôt urbanistique, en ce qu'il permettait de montrer l'aspect futur des projets architecturaux à leurs commanditaires avant leur mise en œuvre. « L'architecture de la Renaissance a été peinte avant d'être construite ».⁴¹ La perspective linéaire était alors comparable à nos vues en trois dimensions de projets architecturaux ou urbanistiques modernes, permettant de modéliser et de donner à voir la configuration des futures constructions aux profanes éprouvant des difficultés à lire les plans d'architecte, ou bien pour mieux se rendre compte des implantations *in situ*.

C'est la méthode du plan sécant, laquelle revenait à lever la perspective d'un objet (et d'abord celle d'un bâtiment) à partir de son plan au sol et d'une vue en élévation, le plan de projection étant lui-même une section plane de la pyramide visuelle. Chose très ingénieuse et utile à l'art du *disegno*, s'entend celui de l'esquisse et du projet. « Son dispositif est avant tout une convention d'architecture » écrira Vasari à propos de la méthode de Brunelleschi⁴². La perspective constitue alors un

40 [John White et Catherine Fraixe, Naissance et renaissance de l'espace pictural](#) (Paris, France: A. Biro, 1992).p226

41 [Francastel, Peinture et société](#).p62

42 Hubert Damisch, *L'origine de la perspective* (Paris, France: Flammarion, impr. 2012, 2012).p93

instrument de calcul et un moyen de reproduction rationnel des édifices. Elle met en évidence les lignes de force de l'architecture (voitures et colonnades) et les scansions de l'espace (alternance des vides et des pleins).

Filippo Brunelleschi (1377-1446), ingénieur et architecte florentin renommé, à qui l'on doit bien-sûr l'incroyable dôme de la cathédrale Santa-Maria del Fiore de Florence (dont il faut voir les vertigineux effets de perspective du dallage depuis la double coque de la coupole) fait la démonstration publique de son procédé vers 1415 avec un petit tableau représentant le Baptistère en vue frontale, puis un autre plus important représentant le palais de la Seigneurie en vue oblique. C'est à Manetti et Vasari que nous devons l'essentiel des rares et succinctes traces écrites de ses expériences, ce qui laisse aux historiens de nombreuses questions. Ce sont Manetti et Vasari qui attribuent à Brunelleschi l'invention de la perspective artificielle, mais un autre architecte, Leon Battista Alberti, pose les bases de la nouvelle convention perspective et en codifie les procédés de construction dans *Della pittura*, son traité sur l'état de l'art de la peinture, trente ans plus tard, si bien que l'on parle parfois de perspective albertienne. Précisons qu'à l'époque les métiers étaient moins catégorisés qu'aujourd'hui, et que de grands artistes comme Michel-Ange et Vinci pouvaient être peintres, sculpteurs et architectes, parfois avec autant de talent, sinon de réussite. On peut citer le projet de 1502 redécouvert en 1952 de pont sur le Bosphore à Constantinople, par Léonard de Vinci, qui sert de fondation historique au roman de Mathias Énard⁴³, et qui a été terminé en Norvège en 2001 à l'échelle 1/2. La spécialisation des fonctions et des personnes n'était pas encore à l'œuvre, pour le meilleur et pour le pire, dans tous les domaines, mais surtout le pire, cf *Un spécialiste*, de Sivan et Brauman, 1999. Nommons tout de même Le Corbusier et Hundertwasser, peintres et architectes du XXème siècle, pour tempérer le propos.

Mais revenons au Quattrocento. Autour de Brunelleschi et Alberti il faut citer Filippo Lippi, Fra Angelico, Piero Della Francesca, Paolo Ucello, les frères Lorenzetti. Tous sont sous influence des traités d'optique de Roger Bacon, John Peckham, Erasmus Witelo (*De perspectiva*), et Ibn al Haytham (Alhazen). Le grand mérite de Brunelleschi est d'avoir démontré la concordance de la perspective artificielle avec la vision directe si et seulement si l'image et l'objet sont observés sous un point de vue rigoureusement identique, condition *sine qua non* permise par son dispositif.

43 Mathias Énard, *Parle-leur de batailles, de rois et d'éléphants: roman* (Arles, France, Canada: Actes Sud, 2010).



Illustration 33 : *La città ideale*, panneau dit d'Urbino, attribué à Piero della Francesca puis Luciano Laurana puis Francesco di Giorgio Martini



Illustration 34 : *La città ideale*, panneau dit de Berlin, attribution incertaine



Illustration 35 : *La città ideale*, panneau dit de Baltimore, attribué à Fra Carnevale. Les perspectives urbinates, par leur format très allongé de 3:1 et plus, donnent « un effet grand-angle illusoire voire trompeur ». L'angle de champ est de 45°. ⁴⁴

44 [Damisch](#), *L'origine de la perspective*, p382.

Convention commode à l'usage des peintres et des architectes, cette méthode était facile à construire car géométriquement simple. Les peintres s'en emparèrent pour leurs représentations artistiques de portrait ou de scènes religieuses, mais cette perspective n'était pas sans poser de problèmes, hormis dans le cas d'un point de vue fixe et d'un angle réduit. Or le point de vue fixe est une difficulté pour les arts décoratifs où l'on ne peut assigner sa place au spectateur comme au théâtre. L'angle réduit en est une autre lorsque les scènes demandent une certaine étendue, ou un angle ouvert pour les intérieurs. C'est évidemment problématique pour les fresques qui sont faites pour être vues par des spectateurs en divers endroits voire en mouvement, marchant. De la peinture antique, hormis les céramiques, seules des fresques subsistent. Or les fresques n'étant pas faites pour être vues d'un point de vue unique, il est logique de n'y pas trouver un point de fuite unique.

Concernant les spécificités du dispositif de Brunelleschi, de nombreuses hypothèses ont été avancées quant à l'intérêt du miroir que l'on regardait au travers de l'œilleton percé dans le panneau de bois. Le petit tableau aurait été peint grâce à un miroir, ou bien directement sur un miroir. On sait par ailleurs que le ciel n'était pas peint mais d'argent bruni reflétant le ciel réel⁴⁵. Quoi qu'il en soit observons que le procédé permet en tout cas de voir le tableau éclairé par la lumière extérieure alors qu'il aurait été dans l'obscurité sans cela. En effet le point de vue est à l'intérieur de la basilique qui est très sombre comparativement à l'extérieur du baptistère, il fallait donc pour que la superposition de l'image et de l'objet soit probante que l'image soit éclairée par la même lumière que son objet.

I.3.3. Axe de fuite et perspective synthétique

On observe dans certaines perspectives antiques et médiévales des constructions à points de fuite multiples, qui sont disposés sur un axe vertical que l'on appelle alors axe de fuite. Selon Erwin Panofsky⁴⁶, cet axe de fuite observé dans les vestiges de peinture antique serait la trace d'un système perspectif différent de la perspective plane moderne et en quelque sorte plus évolué, contrairement à ce qu'a pu établir un courant plus académique de l'histoire de l'art, qui voudrait croire à un progrès des techniques linéaire, et ainsi à une supériorité évolutive de la perspective artificielle. Cette méthode, afin d'éviter l'incurvation des lignes droites, remplace les arcs par leurs cordes, la convergence s'en trouve atténuée, multipliant les points de fuite, dans une perspective angulaire mais non curviligne.

45 Damisch.

46 Panofsky, Dalai Emiliani, et Ballangé, *La perspective comme forme symbolique*.

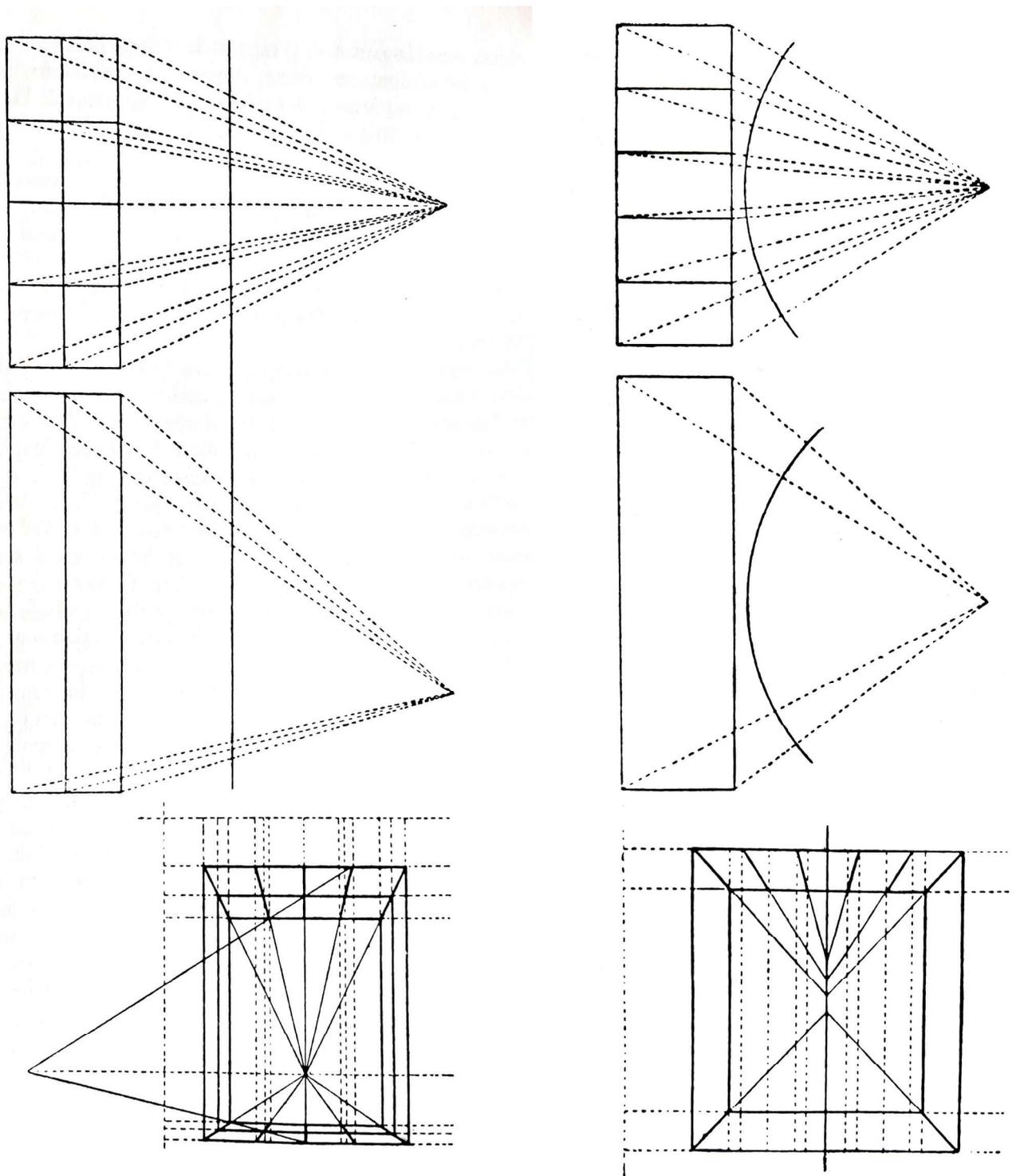


Illustration 36 : à gauche construction en perspective plane à point de fuite unique, à droite construction en perspective angulaire à axe de fuite. D'après Panofsky, *La perspective comme forme symbolique*, Les éditions de minuit, Paris, 1975.

John White rejoint Panofsky sur cet aspect relativiste de la perspective en tant que symbole culturel et décrit ce qu'il appelle la perspective synthétique⁴⁷, qui serait plus proche de la vision naturelle que la perspective artificielle, et aurait été développé pendant la Renaissance parallèlement à la perspective plane par Léonard de Vinci et d'autres artistes avant lui comme Masaccio et Lorenzetti, qui lui auraient consacré de nombreuses recherches. On sait en effet que Vinci a longuement travaillé au développement d'une perspective alternative qui ne serait pas soumise aux défauts de proportions occasionnés par la méthode albertienne, et donnerait à voir des diminutions latérales au lieu des accroissements disgracieux de l'*artificialis*. White se base sur une étude approfondie directe des œuvres et établit par ses recherches l'usage de l'axe central d'une perspective angulaire.

Parmi les chercheurs influents ayant œuvré sur la perspective, citons également Miriam Bunim⁴⁸ et Pierre Francastel⁴⁹, Marisa Dalai Emiliani (qui signe l'article *Perspective* de l'Encyclopædia Universalis, ainsi que *La question de la perspective*, introduction de l'édition française de *La perspective comme forme symbolique* d'Erwin Panofsky), Jean-Claude Simard, Hubert Damish, Meyer Schapiro. Pour se faire une idée du débat théorique dans la littérature artistique, il faut lire *La perspective linéaire*, dans *Le mythe du progrès artistique*, de Olga Hazan, aux Presses de l'Université de Montréal⁵⁰.

Une fois ces bases jetées, il faut se demander en quoi ces questions concernent notre pratique moderne de prise de vue, qui semble pourtant avoir évacué toute réflexion fondamentale sur son mode de représentation du réel en tant que perspective.

47 White et Fraix, *Naissance et renaissance de l'espace pictural*.

48 Miriam Schild Bunim, « Space in medieval painting and the forerunners of perspective » (New York, États-Unis d'Amérique: Columbia University Press, 1940).

49 Francastel, *Peinture et société*.

50 Hazan, « 9. La perspective linéaire ».

Partie II : LA QUADRATURE DU CERCLE

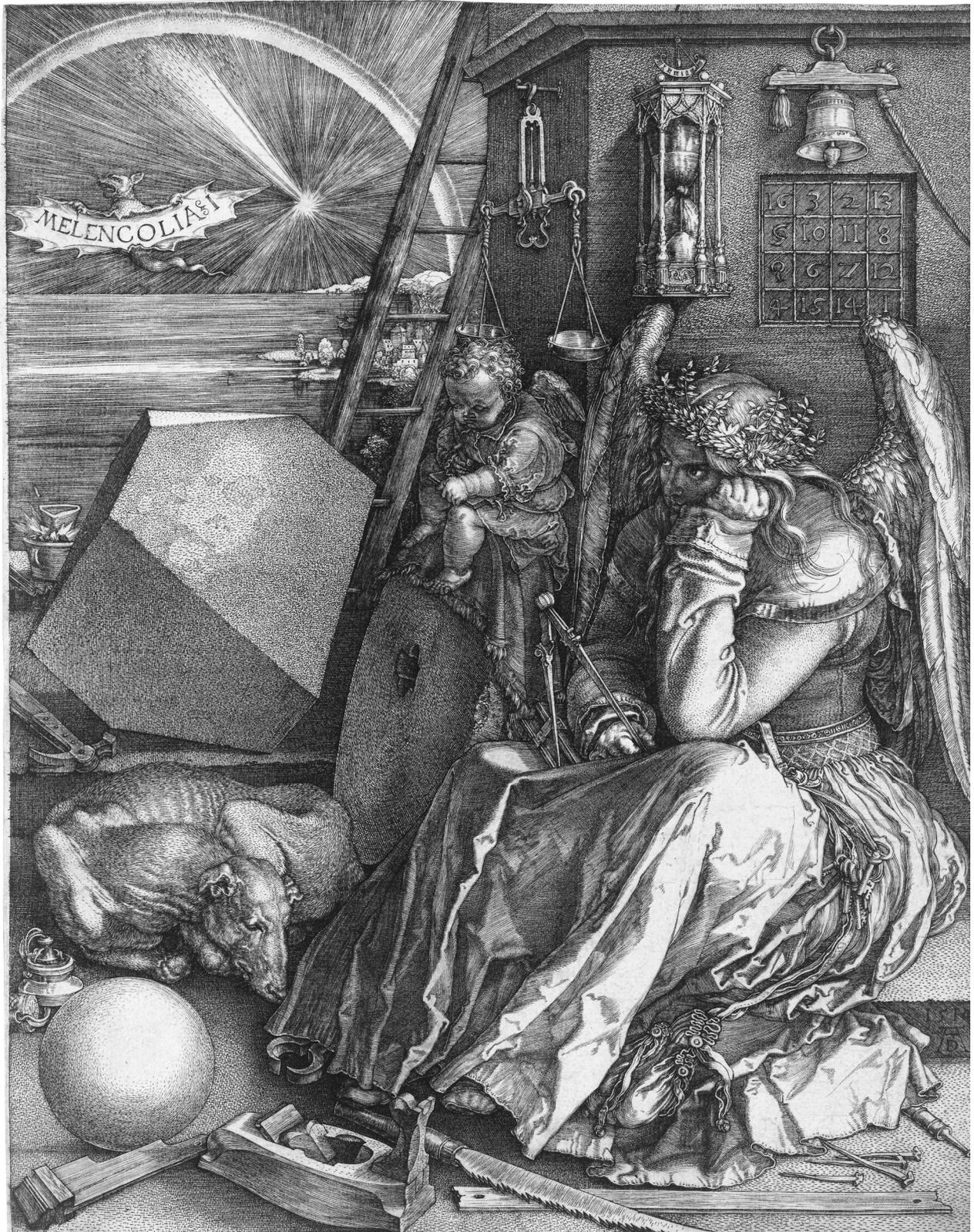


Illustration 37 : *Melencolia I*, Albrecht Dürer, 1514. Gravure sur cuivre. Metropolitan museum of art, NYC. Remarquons le rendu naturel parfaitement circulaire de la sphère pourtant placée à la marge.

II.1. Limites et contraintes de la perspective artificielle

II.1.1. Anamorphoses de l'*artificialis*

La perspective est une projection bidimensionnelle des objets à trois dimensions, telle qu'elle semble restituer les conditions de la vision directe⁵¹. Cette réduction sur deux dimensions d'un espace à trois dimensions suppose un point de vue, correspondant au point de fuite.

Nous avons vu que le questionnement autour de la perspective artificielle a fait l'objet d'un long et passionnant débat historique et théorique. Ce débat a été en partie éclipsé par les progrès techniques améliorant sans cesse la précision analogique des images, occulté par l'évidente objectivité de la photographie. On raconte que la photographie et donc la caméra auraient libéré les artistes du fastidieux carcan de la perspective en automatisant le travail. Il est vrai que de nombreux artistes travaillent d'après photographie, après avoir travaillé d'après camera obscura, lucida, ou autres miroirs. Mais que voulaient donc ces peintres, quand on leur fournissait un outil aussi simple et puissant pour représenter le monde ? Travailler de nouveau de façon empirique et subjective, fidèlement à leur vision, et respecter des proportions naturelles et harmonieuses ? En effet, pour celui qui passe des années à étudier méticuleusement les proportions, les déformations induites par la nouvelle perspective constituent un problème épineux, parfois rédhibitoire. Car la perspective plane n'étant correcte que d'un seul point de vue, elle présente des défauts pour tous les autres. Aux yeux de nombreux artistes ces anamorphoses ne sont tout simplement pas acceptables en l'état. Différentes réponses vont y être apportées, combinaisons d'arrangements par rapport à une perspective plane rigoureuse, et de limitations de celle-ci, mais aussi recherches d'amélioration pour les plus exigeants. Ces déformations sont-elles acceptables ou du moins souhaitables pour l'opérateur de prise de vue et le spectateur contemporain ? Nous y sommes tellement habitués que parfois même nous croyons que le monde est en fait tel que le représente la perspective artificielle.

Avec quelle(s) perspective(s) travaillons-nous ? Pas tout à fait l'*artificialis* d'Alberti et Brunelleschi. Et les peintres non plus d'ailleurs, comme nous le verrons dans la troisième partie. Les termes de perspective artificielle, linéaire ou plane désignent tous la perspective rectilinéaire établie par Alberti à point de fuite unique, diminution proportionnelle dans la profondeur et conservation des angles dans le plan, par opposition à la perspective naturelle de la vision humaine. La technique

51 André Gardies et Jean Bessalel, *200 mots-clés de la théorie du cinéma* (Paris, France: Les éditions du Cerf, 1992).

photographique reproduit-elle la perspective linéaire comme un étalon ? Le caractère d’empreinte automatique de la technique photographique lui tient lieu de vérité aveuglante et éclipse la question de la fidélité à son modèle en se substituant à lui⁵².

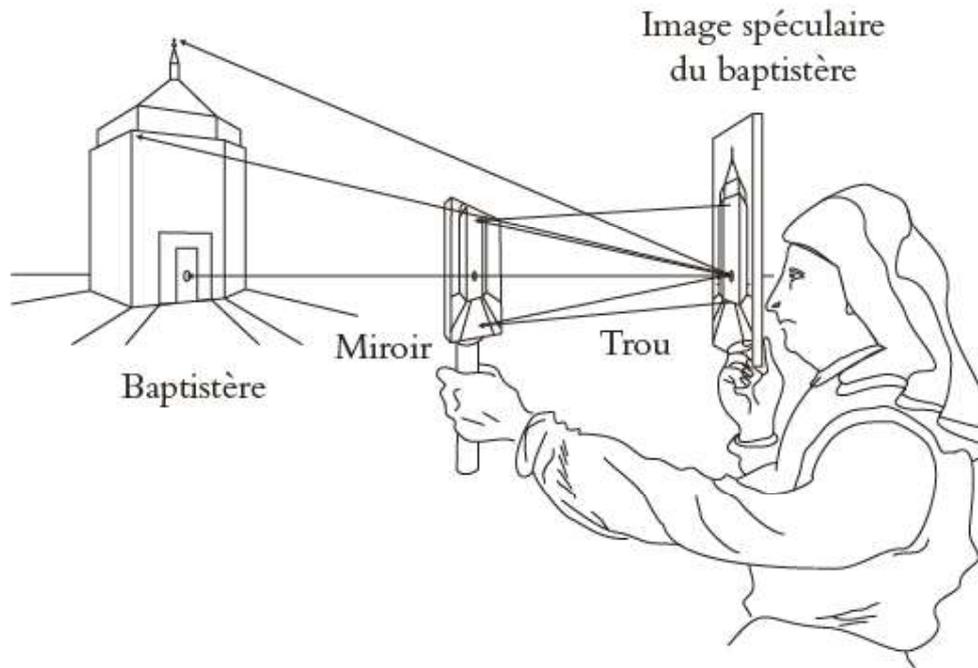


Illustration 37b : Schéma de principe de l'expérience de Brunelleschi démontrant l'identité de l'image perspective et de l'objet.

Comme nous l'avons évoqué dans la première partie, Filippo Brunelleschi a fait en 1415, à Florence, une célèbre et convaincante démonstration de la perspective plane grâce à son procédé de la tablette percée d'un œilleton, la *tavoletta*. Ce procédé permettait de restreindre précisément le point de vue et d'assurer ainsi la coïncidence des images réelle et représentée. Par la suite Alberti a établi une convention de représentation en perspective (*perspectiva artificialis*) et proposé une méthode de construction puissante car très simple à l'usage des peintres et des architectes. Mais cette méthode pose certains problèmes aux artistes, dont le principal touche aux proportions relatives entre le centre et les bords du champ, ainsi qu'à la conformité de la représentation, dès que l'on sort du strict cadre régissant les conditions d'observation des compositions. Il peut être illustré par le schéma suivant.

52 Roland Barthes, *La chambre claire: note sur la photographie* (Paris, France: Editions de l'Etoile : Gallimard: Seuil, 1980).

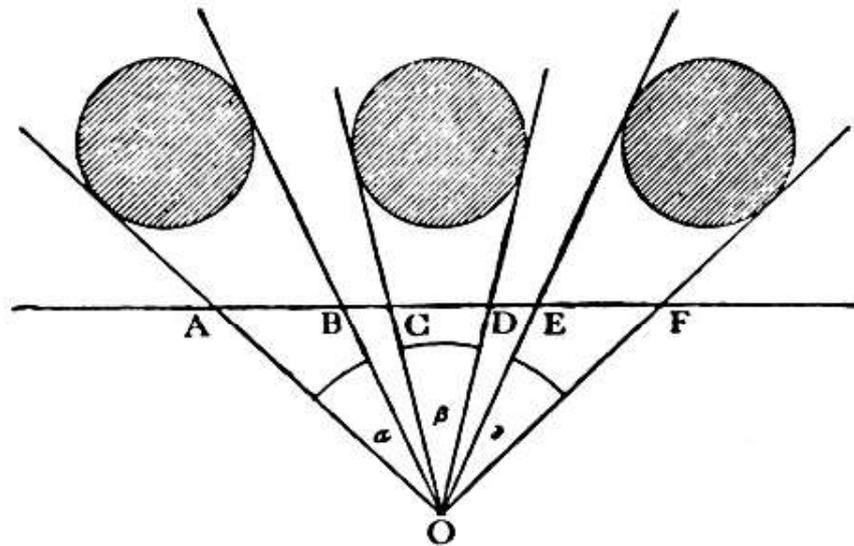


Illustration 38 : Schéma explicatif des déformations latérales (ou distortions ou aberrations marginales selon les auteurs) observées sur une colonnade en perspective plane en plan de coupe, problème bien connu des peintres.

Ce schéma revient neuf fois dans les codex de Léonard de Vinci, ainsi que dans la plupart des ouvrages traitant de perspective, et mérite donc un éclaircissement. Il a donné lieu à des interprétations diverses, parfois dues à des traductions fantaisistes. Certains auteurs s'en sortent en échafaudant des explications peu convaincantes, comme E.H. Gombrich de son propre aveu, avec l'hypothèse des colonnes de section carrée peinte en rouge et en vert, qui a le mérite de l'originalité⁵³. Il s'agit donc d'une vue de dessus en coupe de trois colonnes identiques faisant face à un observateur O. Ce dernier, qui observe les colonnes sous un angle quasiment égal, voit bien trois colonnes de même diamètre. En vérité il voit la colonne centrale plus grande car elle est plus proche. Or, dans une représentation en perspective plane, les colonnes latérales apparaissent plus larges que la colonne centrale, à moins que l'observateur ne se tienne exactement au point de vue qui a présidé à la construction. Dans tous les autres cas, la perspective plane va donc contre l'expérience réelle en modifiant les proportions naturelles entre la vision centrale et la vision périphérique. Léonard de Vinci, comme beaucoup d'autres artistes et scientifiques, ont longuement étudié et tenté de solutionner cette problématique.

En effet pour les meilleurs artistes, qui passent des années à essayer de respecter les proportions naturelles, des proportions fausses constituent un problème rédhibitoire, et cela devrait en être un aussi pour nous opérateurs. Le fait que la perspective artificielle puisse être à la fois exacte au sens géométrique, et

53 [Gombrich et Durand, L'art et l'illusion, pp318-319](#)

défectueuse en tant que perspective dont le but est de reproduire les conditions naturelles de la vision, n'est pas forcément aisé à comprendre. Cela est dû au fait que « la perspective naturelle est formée sur la surface sphérique de la rétine et est donc très différente de la perspective artificielle plane »⁵⁴. Pourtant E. H. Gombrich écrit : « le fait que la surface rencontrée par les rayons lumineux soit courbe ou plate importe peu »⁵⁵. Ce problème se retrouve donc de manière récurrente et parfois confuse dans les textes théoriques, et malgré sa désarmante simplicité, ne peut être totalement solutionné.

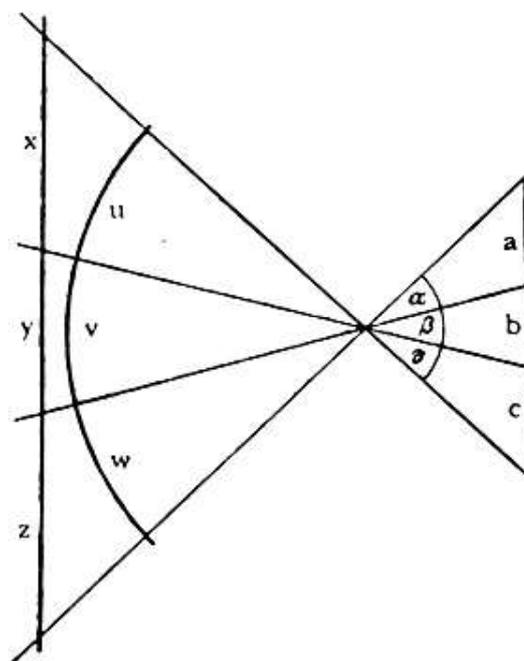


Illustration 39 : Arcs et tangentes : relation entre l'angle de vision et sa projection plane : angles et arcs sont égaux, non leur projection plane. Lorsque que l'on représente un objet plan en perspective plane, on a une relation homothétique régulière, mais ça n'est pas le cas pour les volumes. Et la perspective traite de volumes, non de plans.

L'idée, issue de vérités géométriques certes indéniables, serait que comme la perspective plane réalise une homothétie rigoureuse entre la scène représentée et l'image, alors l'image ne peut être que fidèle à son modèle. Dans cette logique on voit que la scène représentée est considérée comme plane. Et c'est pourquoi le concept même de la pyramide visuelle et de son intersection peut induire en erreur. Cet argument ne tient que si l'on raisonne en deux dimensions, à partir de l'image d'un plan. En effet, par homothétie et donc par perspective plane rigoureuse, l'image

54 Clerc, *La Technique photographique*.

55 Gombrich et Durand, *L'art et l'illusion*.p317.

d'un plan est similaire à ce plan, conservant la proportionnalité. Et cela vaut pour une photocopieuse, un banc titre, ou dans le cas où l'on filme une mire plane. Le concept de la pyramide visuelle fonctionne très bien pour passer d'une vue en deux dimensions à une vue en deux dimensions de grandeur éventuellement différente, mais ce n'est pas une perspective, car par définition, tout l'enjeu de la perspective est la représentation sur deux dimensions d'une scène à trois dimensions.

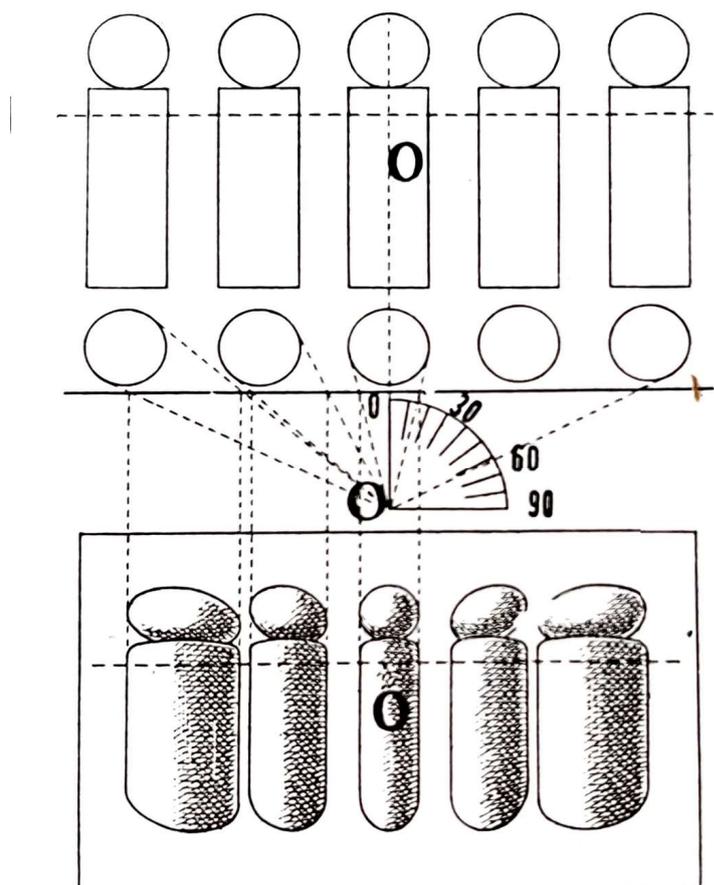


Illustration 40 : anamorphose en fonction de l'angle de champ en perspective plane. D'après Moëssard cité par L..P. Clerc⁵⁶.

Lorsque l'on considère des volumes, la théorie de la pyramide visuelle s'affaiblit donc face à celle du cône visuel dont la base est une portion de sphère. Toutefois, dans le cas d'un angle de champ réduit à moins de 15 ou 20° (selon l'exigence des auteurs), l'approximation reste satisfaisante, l'arc et sa tangente étant proches.

56 Clerc, *La Technique photographique*.

Dès lors est-il finalement possible de reproduire les conditions naturelles de la vision en perspective plane ? Pour un spectateur unique dont le point de vue se situe au centre de la projection pour une image donnée, la réponse est positive, mais négative dans tous les autres cas. Si l'on considère l'angle de champ naturel de la vision, qui est situé subjectivement entre 60 et 120°, donc largement supérieur à 15 ou 20°, les aberrations latérales sont très prononcées. « Quelle que soit l'obliquité sous laquelle nous regardons une sphère, son contour nous paraît toujours exactement circulaire ; la perspective plane d'une sphère est au contraire une ellipse, hors le cas où la sphère est centrée (...) De même quand nous nous plaçons devant une colonnade, toutes les colonnes nous paraissent avoir le même diamètre ; si une différence se manifestait, ce sont les colonnes les plus éloignées de nous qui nous paraîtraient les moins volumineuses ; or, dans la perspective d'une colonnade vue de face, les images des colonnes sont de plus en plus larges au fur et à mesure qu'elles s'éloignent davantage du point principal. »⁵⁷

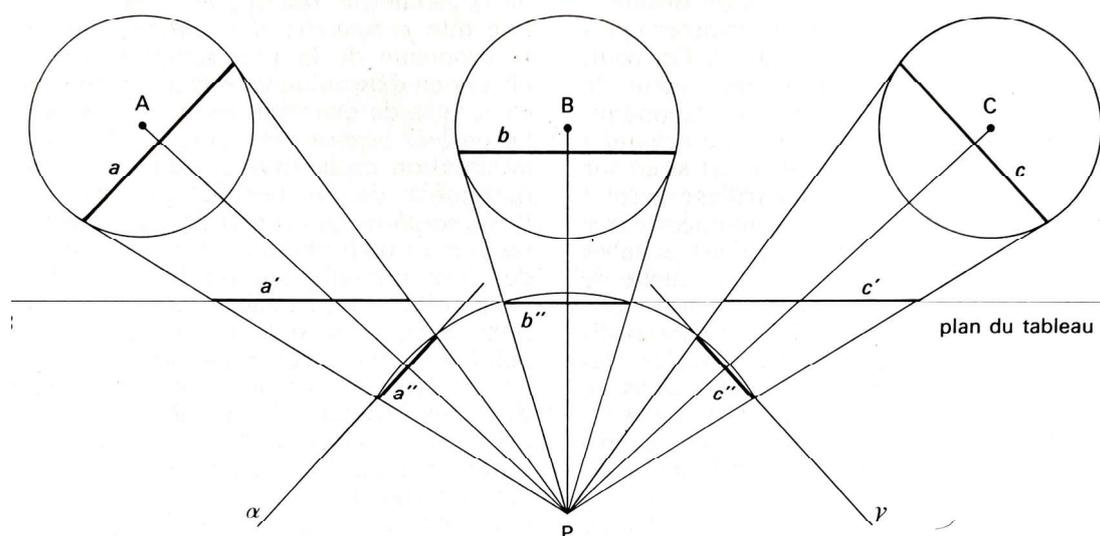


Illustration 41 : aberrations latérales et non-coïncidence des images perspectives et rétiniennes ; coïncidence des images rétiniennes relatives à l'objet et à la perspective de l'objet lorsque les points de vue coïncident. D'après Decio Gioseffi, *Perspectiva Artificialis*, Trieste, 1957.

Toutefois si, comme dans l'expérience de Brunelleschi, le point de vue de l'observateur correspond exactement au point de fuite, la perspective plane fonctionne parfaitement et les anamorphoses latérales sont désanamorphosées par la vision directe en perspective naturelle.

57 Clerc et Fabry, *La technique photographique*.

En effet, comme l'expliquent Myriam Bunim⁵⁸ et Decio Gioseffi (III. 41), la perspective artificielle et la perspective naturelle coïncident lorsque l'observateur est situé exactement sur le point de vue. Les déformations latérales de la perspective plane sont alors compensées par la perspective naturelle. En perspective artificielle, les volumes subissent un accroissement selon une règle tangentielle du centre vers les bords de l'image à mesure que l'on ouvre l'angle de champ. Et le fait qu'en vision naturelle nous voyons au contraire une diminution du centre vers les bords due à l'éloignement et à l'angle de champ compense d'autant cet accroissement. Ainsi une image en perspective artificielle retrouve son caractère de vision naturelle si et seulement si le point de vue adopté par l'observateur est le centre de projection de la perspective. Cette symétrie de l'anamorphose et de la désanamorphose suppose un point de vue unique, et dans les faits cela n'arrive quasiment jamais. Il faut non seulement être centré mais situé à la bonne distance par rapport à l'image. Il suffit donc de penser à un changement de focale pour que cet argument tombe, à moins de changer la dimension ou la distance de l'image. Lorsqu'au musée nous passons d'un tableau à l'autre ou d'une photographie à l'autre, lorsqu'au cinéma, on passe d'un plan à un autre, nous ne sommes jamais au bon endroit. En effet si les accroissements des déformations latérales induits par la perspective linéaire sont variables et que les diminutions en perspective naturelle sont constantes pour un même individu, alors il ne peut y avoir compensation, à moins d'adopter la bonne distance d'observation pour chaque distance focale utilisée. Au cinéma il faudrait donc s'asseoir au premier rang pour les courtes focales et au dernier pour les longues. Nous ne voyons donc quasiment jamais les perspectives artificielles correctement, et nous nous y sommes habitués. C'est pour éviter ce genre de problème que la plupart des grands maîtres de la peinture de la Renaissance recommandent et appliquent dans leurs compositions une limitation volontaire de l'angle de champ autour de 20°.

II.1.2. Mise en évidence par l'image

On ne filme pas des espaces mathématiques mais des volumes et des espaces réels habités de figures, de visages. Il ne faut donc pas penser seulement la perspective en tant que rendu de l'espace (boîte vide) mais aussi en tant que rendu des volumes (solides pleins), des figures. Les choix de perspective sont visibles sur les visages et les corps, et les relations entre ces corps. Comme on l'a vu précédemment, la perspective plane s'en sort très bien pour représenter des objets plans, on est alors en effet en présence d'une homothétie, la proportionnalité est respectée, le théorème de Thalès s'applique. Mais pour les volumes, il faut réduire l'angle de champ ou bien trouver des stratagèmes (cf III.2.1.)

58 Bunim, « Space in medieval painting and the forerunners of perspective ».

Si l'on poussait le raisonnement en se référant à la définition de la perspective, on pourrait dire qu'en courte focale la perspective plane n'est pas une perspective satisfaisante, en cela qu'elle ne reproduit pas les conditions de la vision directe. Existe-il une manière d'élargir le champ de façon à s'approcher des 90° d'angle de champ de la vision humaine tout en gardant un rendu naturel des volumes ? En perspective plane, comme nous l'avons vu, la réponse est non. Il faut envisager une perspective panoramique dans laquelle l'image est formée sur un cylindre de révolution vertical. On peut alors projeter cette image sur un écran cylindrique concave.

La perspective plane est en fait une projection plane d'une portion de sphère. Or on sait depuis l'Antiquité qu'une sphère ne peut se dérouler sur un plan. De même en cartographie aucun type de projection plane n'est pleinement satisfaisant, et on choisit en fonction de l'usage celui qui sera le mieux adapté (cf I.1.2).

Ces déformations inhérentes à la perspective linéaire vont s'accroissant du centre vers les bords dans un rapport tangentiel. Elles sont invisibles sur une mire plane d'où l'idée de les mettre en évidence sur des volumes. Une première version de mire en volume a été assemblée sur le modèle de la colonnade qui inspire le schéma explicatif précédent. Comme on l'a dit plus haut le schéma est une vue du dessus, un plan au sol, sur lequel la vue en perspective s'applique sur l'élévation du plan. L'idée était de réaliser une mire en forme de maquette du volume représenté afin de pouvoir le photographier avec des outils de référence en terme de caméra et d'optique, et d'observer dans la pratique les implications de la théorie et des schémas afin de les rendre compréhensibles au premier coup d'œil.



Illustration 42 et 43 : Maquette photographée avec un boîtier Nikon (capteur DX proche des dimensions S35mm) et un objectif Nikkor 16-50 à 50 puis 16mm.

Le concept de pyramide visuelle avec son plan sécant ne fonctionne que pour des objets plans perpendiculaires comme dans les anciens décors de théâtre et peut difficilement rendre compte de la troisième dimension recherchée, c'est pourquoi il est progressivement abandonné. Le concept de cône visuel coupé par une portion de sphère est plus puissant et plus naturel, mais plus complexe mathématiquement. La perspective plane, avec ses défauts, a l'avantage d'être simple à construire et à calculer, ce qui assure encore aujourd'hui sa supériorité. En se plaçant dans un repère linéaire on assure une puissante simplification de la représentation, mais on s'éloigne de la vision et de l'expérience naturelle.

L'inconvénient de cette maquette est qu'elle met en évidence la dimension horizontale mais assez mal la dimension verticale. C'est encore Léonard de Vinci qui a inspiré la deuxième version. Une mauvaise traduction évoquait le fait qu'un cercle au plafond devenait un œuf⁵⁹. En effet une sphère située au centre est représentée par un cercle mais devient ovale lorsqu'elle n'est pas centrée, on dirait alors un œuf. Il ne s'agit pas à proprement parler de raccourci perspectif (dans l'axe) mais bien des anamorphoses latérales (hors axe) dues à la projection oblique sur le plan. C'est également les recherches en cartographie puisqu'il s'agit aussi de projeter une portion de sphère sur le plan, et plus précisément l'indicatrice de déformation de Tissot, qui m'a mis sur la voie (cf I.1.3). Cette fois la maquette devait donc être composée de nombreuses sphères de dimensions rigoureusement égales disposées sur un plan que je pourrais filmer. Cette version permet de visualiser les distorsions de manière égale dans les deux dimensions de l'image.

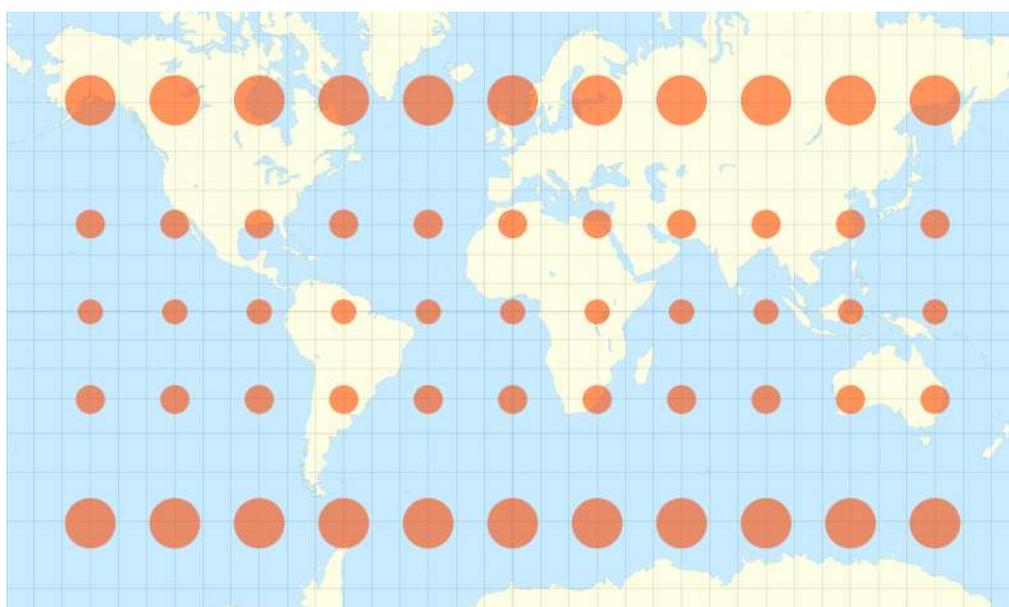


Illustration 44 : Indicatrices de déformation de Tissot pour la projection Mercator

59 École pratique des hautes études . Section des sciences historiques et philologiques et Institut national d'histoire de l'art, *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts*.



Illustration 45 : Mire volumique réalisée avec des sphères régulières de diamètre 40mm, qui sont de simples balles de ping-pong. Dimensions de l'ensemble : 30x50cm

Une autre mire a été réalisée par la suite, avec des dimensions plus grandes pour éviter les problèmes de limites de distance de mise au point, notamment avec les objectifs anamorphiques. Les proportions et la disposition des sphères ont été modifiées dans le but de mieux s'adapter aux formats 1.85:1, 2:1 et 2.4:1.

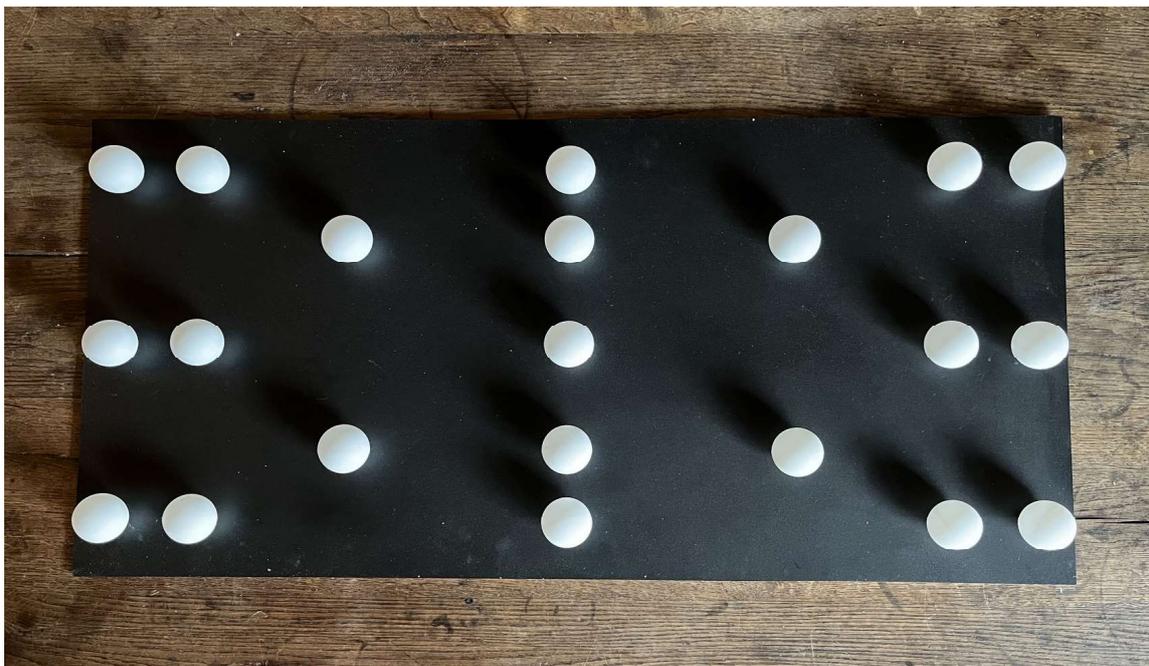


Illustration 46 : Mire V3. Dimensions 40x80cm

Sur toutes les images qui vont suivre ils s'agit donc de balles parfaitement sphériques et régulières, et toutes identiques.

Voici quelques images de la mire avec des appareils grands publics.

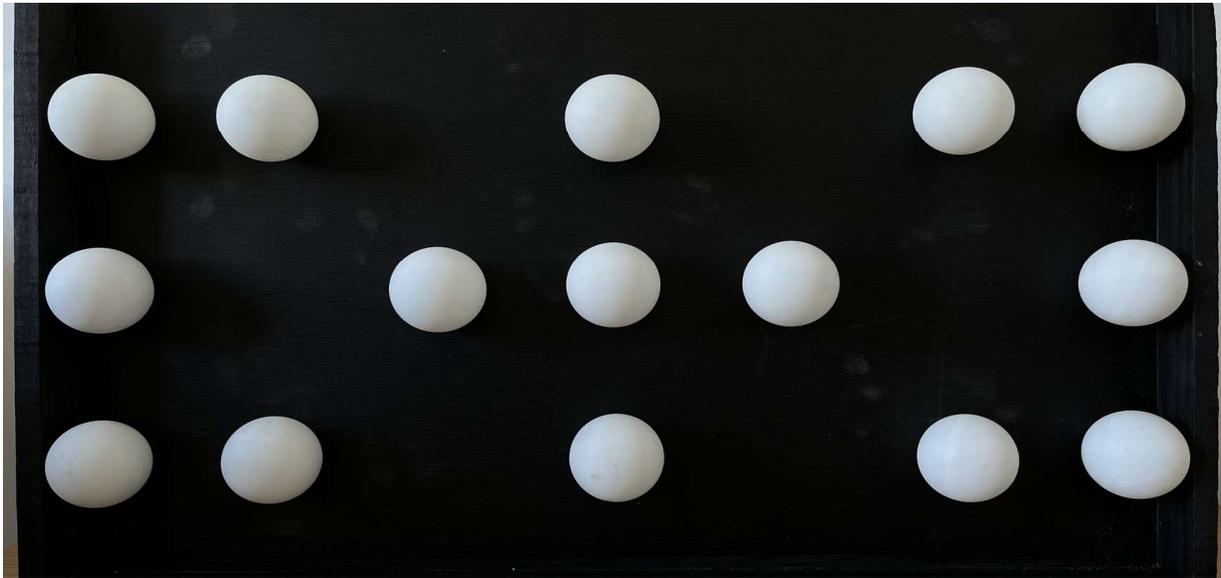


Illustration 47 : iPhone 13, objectif grand-angulaire (équivalent 20mm en S35)

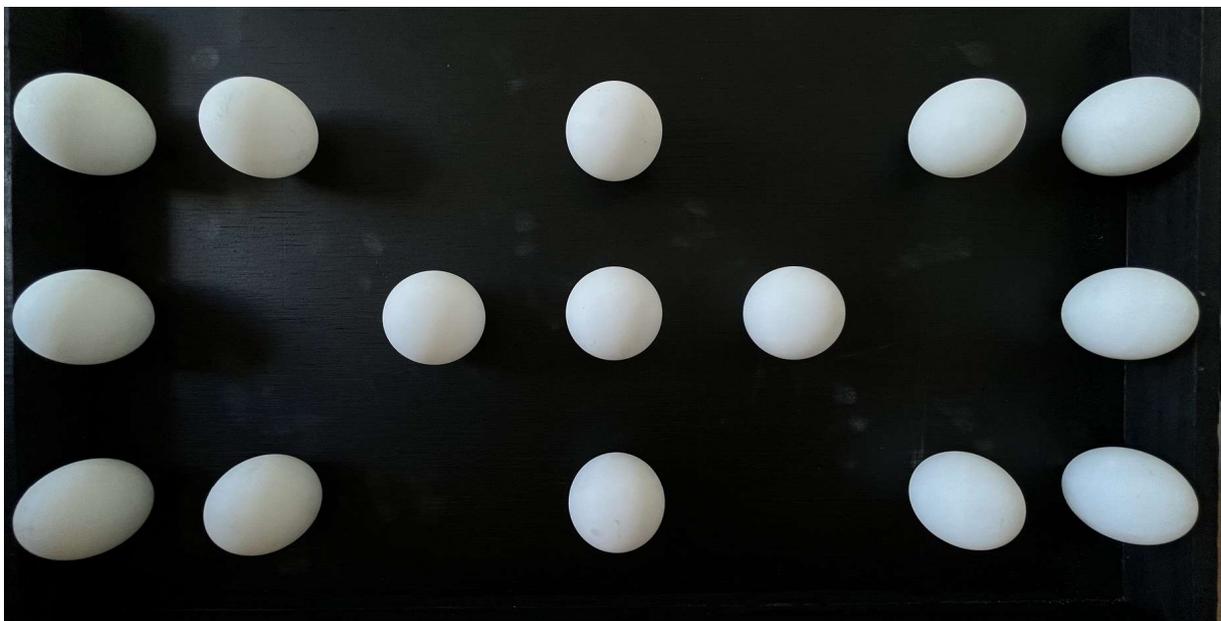


Illustration 48 : iPhone 13, objectif très grand-angulaire (équivalent 12mm en S35)

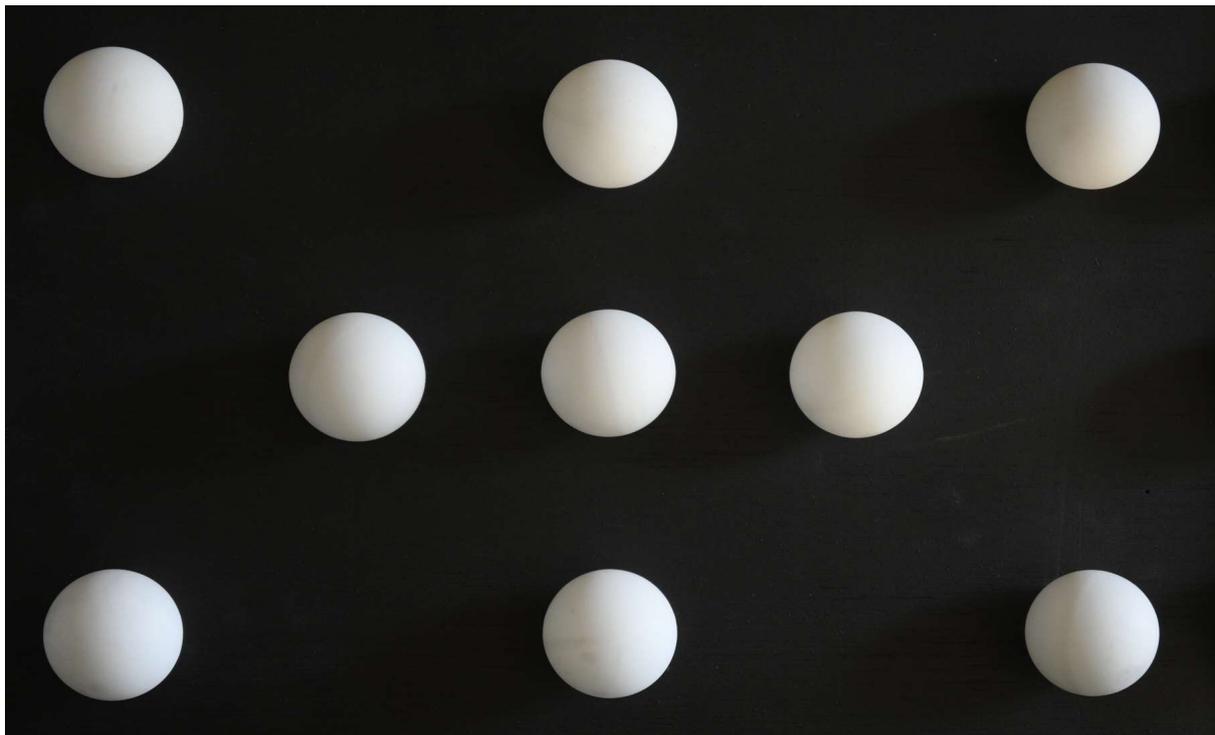


Illustration 49 : Mire photographiée avec un boîtier Nikon DX, objectif Nikkor 16-50mm à 50mm.

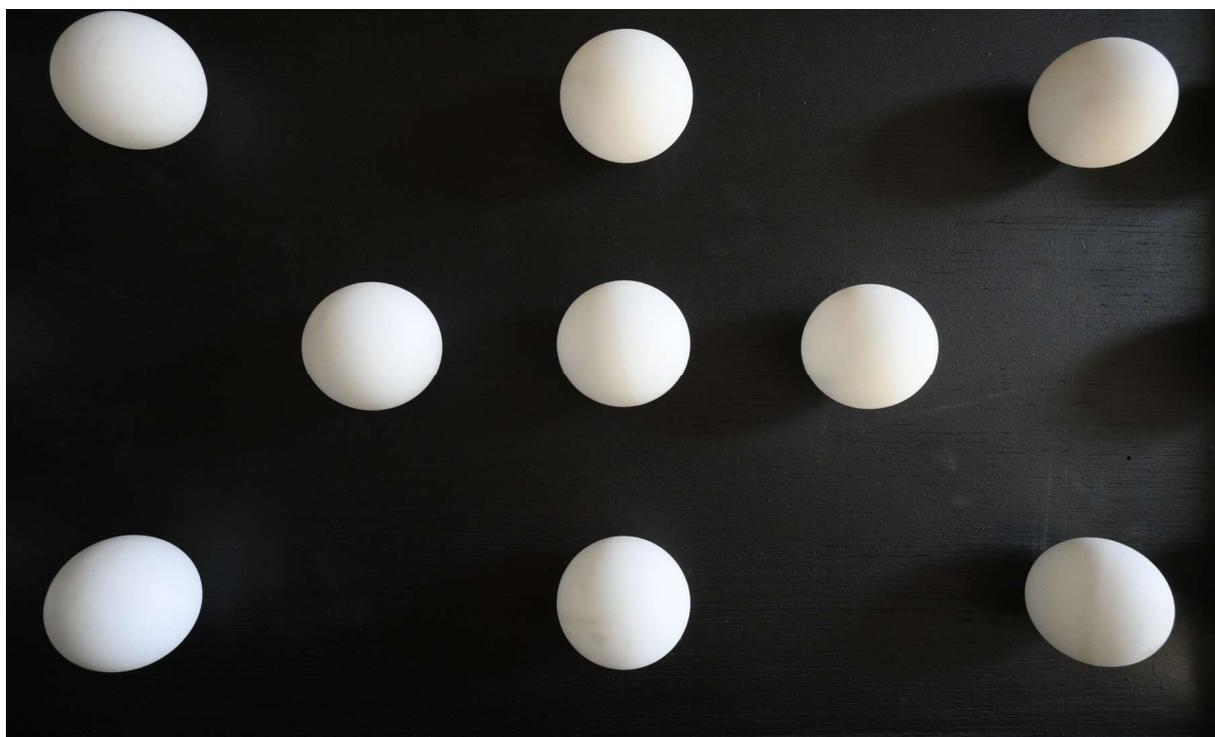
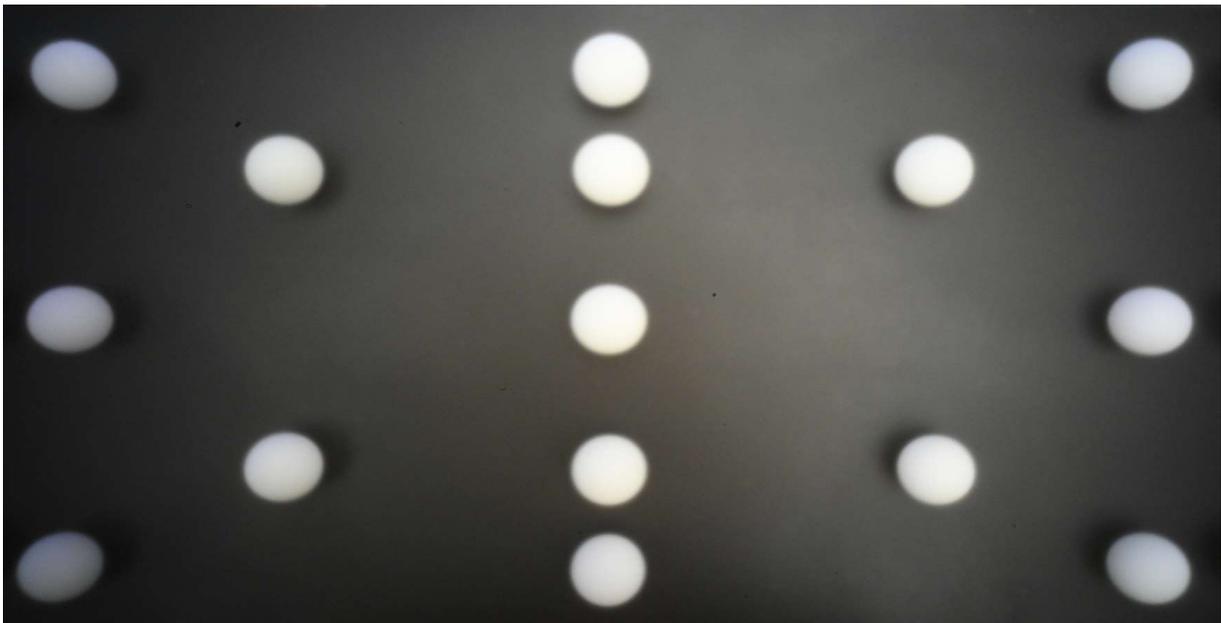


Illustration 50 : Boîtier Nikon DX , objectif Nikkor 16-50mm à 16mm

II.1.3. Sténopé

Avant d'impressionner nos sphères avec des objectifs cinématographiques sphériques et anamorphiques, je voudrais produire une image de la mire sans faire intervenir de lentille, c'est-à-dire grâce à un sténopé.

Les images sténopéïques étant totalement dénuées de distorsions, le sténopé peut nous permettre de lever toute ambiguïté sur le fait que les déformations latérales observées pourraient être en partie dûes aux distorsions géométriques des objectifs utilisés, ou du moins de faire la part des choses entre ce qui revient à la perspective et ce qui est dû aux optiques. Voici donc une image de la mire ping-pong photographiée grâce à un sténopé. Ici les aberrations marginales sont donc la résultante exclusive de la perspective plane, et non d'un objectif, puisqu'il n'y en a pas.



III. 67 : Sténopé, angle horizontal 70°, équivalent à un 24mm sur l'Alexa mini utilisée pour les essais.

Le résultat étant très proche de ce que l'on obtient avec les objectifs fixes très bien corrigés que nous avons impressionnés, nous sommes maintenant en mesure d'apprécier directement le rendu sur les volumes d'une perspective plane avec un angle de champ important.

II.2. Comparaison perspective d'optiques cinématographiques

Il s'agit de comparer les images obtenues avec des mires classiques planes et des mires en volume pour différencier les aberrations géométriques et perspectives. Ces essais ont été tournés grâce à Gérard Cadiou avec les moyens techniques mis à disposition par Transpacam. La caméra utilisée est une Arri Alexa SXT, et les optiques sont conçues par Angénieux, Cooke, Leica et Zeiss.



Illustration 51 : une partie du matériel Transpacam : Arri Alexa, Leica Summicron, Cooke S4

Voici la liste des objectifs testés dans le cadre de la partie pratique de mémoire :

Cooke S4 Mini	Leica Summicron	Angénieux 28-76mm
18mm, 5.6, 0,45m	18mm, 5.6, 0,45m	
25mm, 5.6, 0,57m	25mm, 5.6, 0,57m	30mm, 5.6, 0.65m
32mm, 5.6, 0,7m	32mm, 5.6, 0,7m	50mm, 5.6, 1.2m
75mm, 5.6, 1,5m	75mm, 5.6, 1,5m	75mm, 5.6, 1,5m

Angénieux 30-90mm	Angénieux anamorphique 30-72mm	Zeiss Master Anamorphique
30mm, 5.6, 0,65m	30mm, 5.6, 0,57m	35mm, 8, 0,57m
50mm, 5.6, 1,2m	40mm, 5.6, 0.7m	50mm, 8, 0.75m
75mm, 5.6, 1,5m	72mm, 5.6, 1.2m	100mm, 8, 1.4m

Pour mesurer les rendus relatifs des sphères et des surfaces des mires volume et plan, j'utiliserai le logiciel opensource ImageJ :

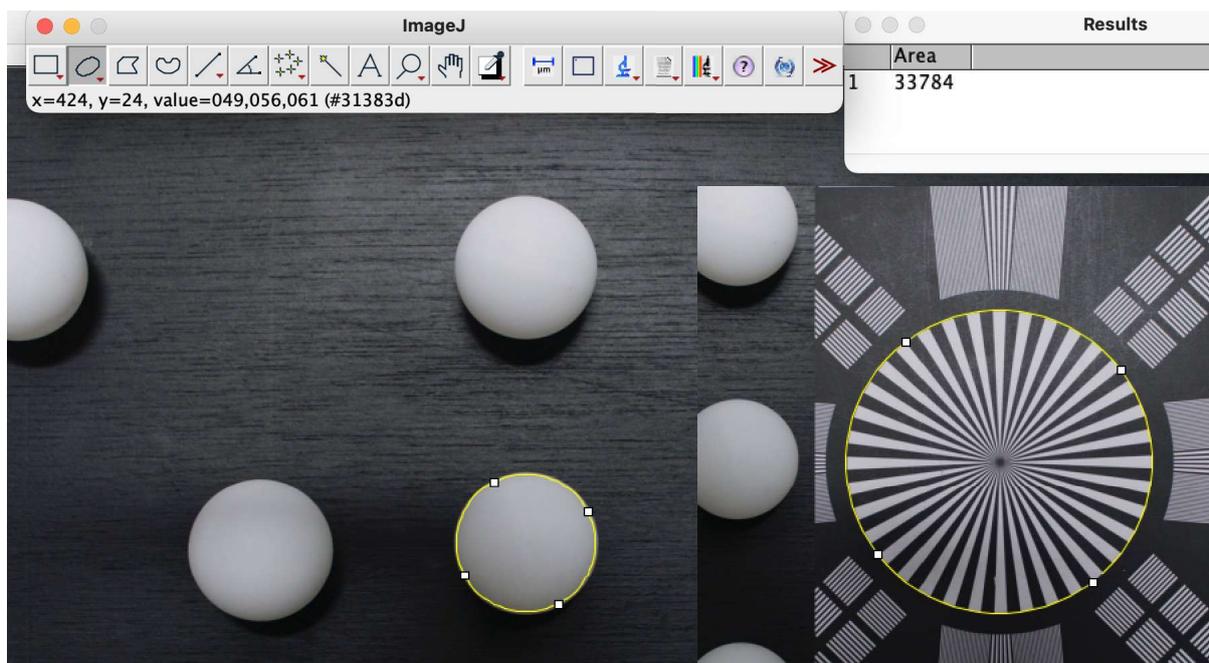
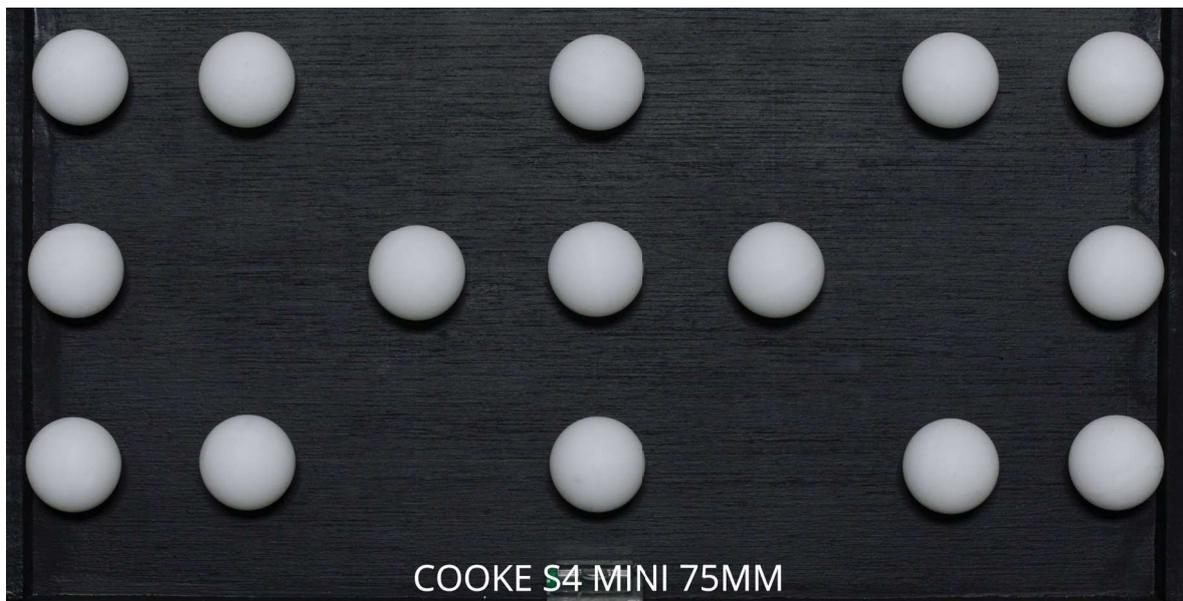


Illustration 52 : Interface du freeware ImageJ pour faire les mesures sur les fichiers d'essais.

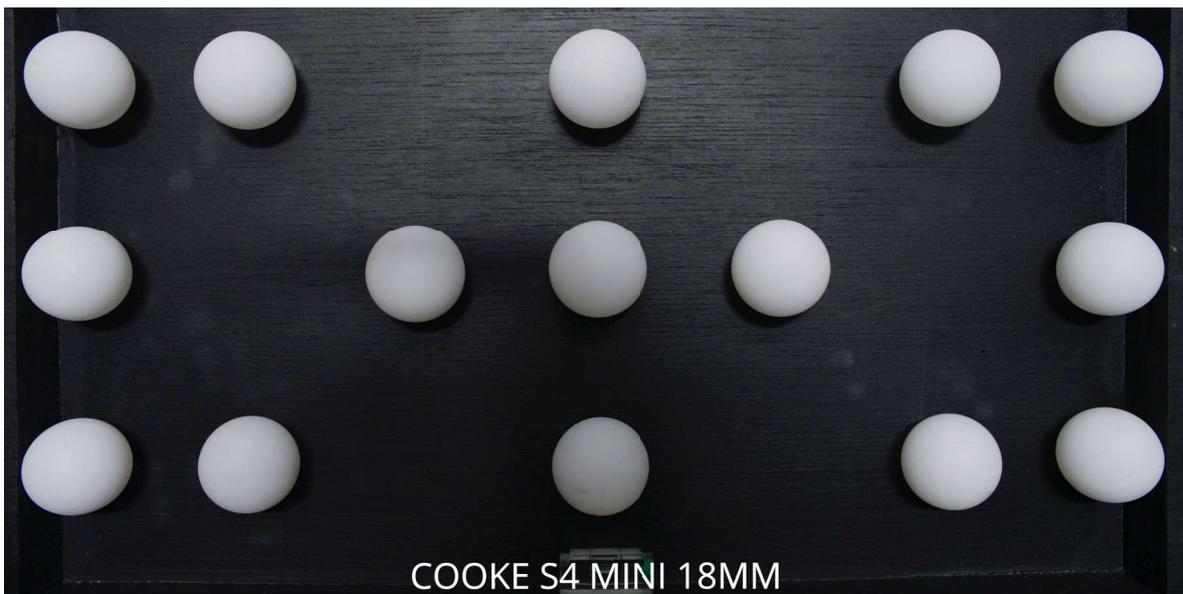
II.2.1. Focales fixes sphériques

Toutes ces optiques fixes de grande qualité sont connues pour être très bien corrigées en distorsion géométrique. Les distorsions que l'on va observer ici sont dues à la perspective plane.



III.53

Pour le Cooke S4 18mm, entre le centre et le bord-cadre, les images des cercles de la mire plane observent une réduction de 8 % de leur surface. Les images des sphères de la mire volumique s'accroissent de 15 %.



III.54



III. 55 : Cooke S4 Mini 25mm, mires plane et volume dans les mêmes conditions



III. 56 : idem pour le Cooke S4 Mini 18mm

Les aberrations marginales ou déformations latérales dues à la perspective plane sont indépendantes des optiques et donc très similaires quels que soient les objectifs utilisés. Elles ne se voient pas sur une mire plane et sont difficiles à percevoir sur une image dépourvue de volumes identiques répétés. C'est pourquoi cette mire est intéressante, grâce à la répétition d'une sphère comme volume de référence idéal, distribué sur l'étendue du champ, et permet aux images produites grâce à elle de parler d'elles-mêmes.



III. 57 : id. Leica Summicron 75mm

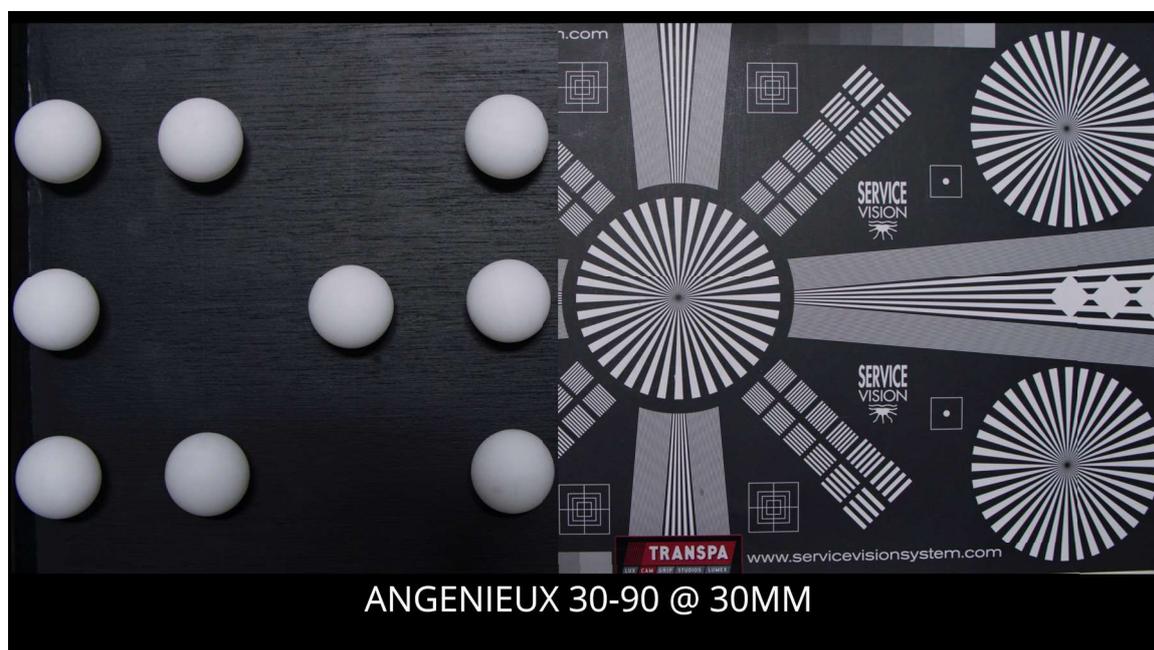


III. 58 : id. Leica Summicron 25mm

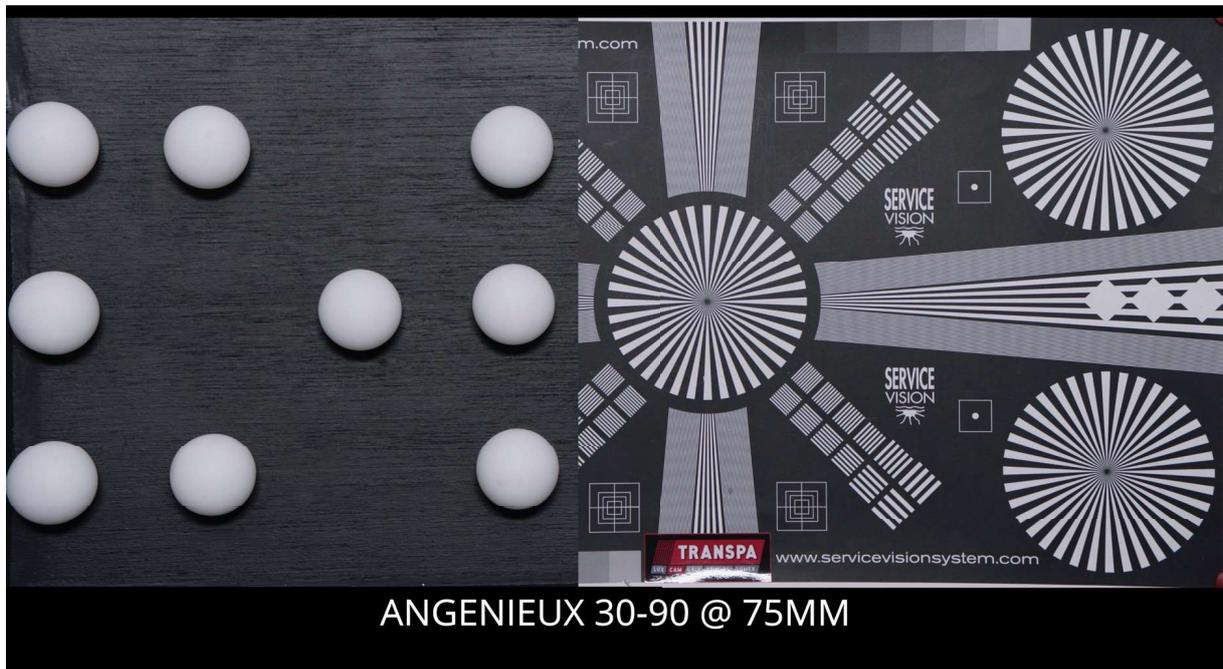


III. 59 : id. Leica Summicron 18mm

II.2.2. Focale variable sphérique

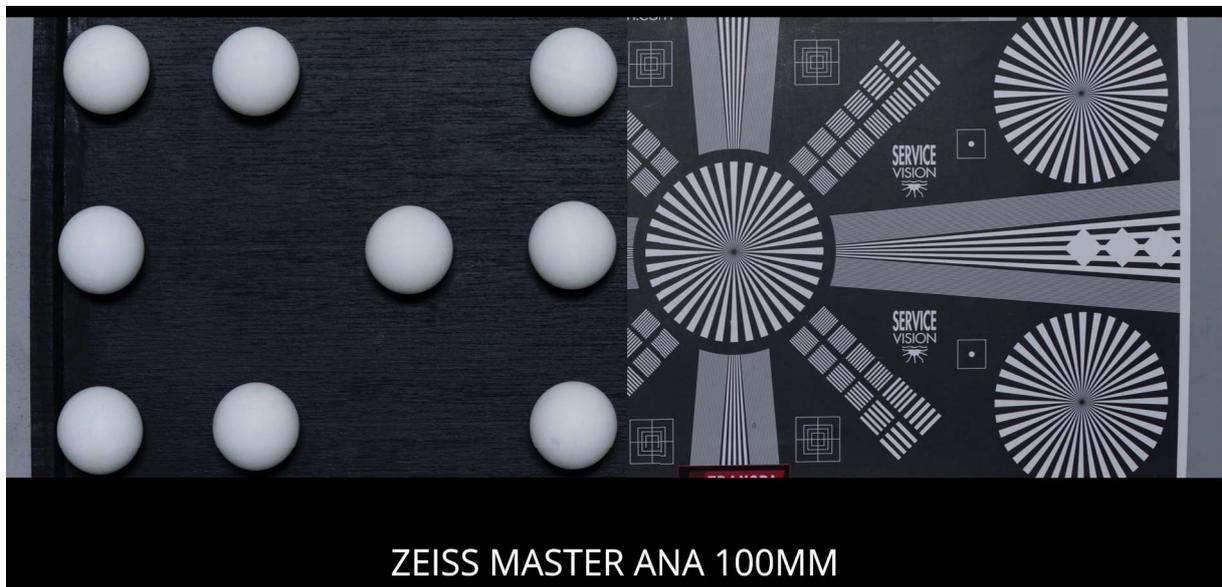


III.60 : idem Angénieux 30-90 @ 30mm



III. 61 : idem Angénieux 30-90 @ 75mm

II.2.3. Focales fixes anamorphiques



III. 62

En terme de rendu perspectif, les Zeiss Master Anamorphic sont plus naturels que les objectifs sphériques testés, avec toutefois une déformation en barillet notable sur le 100mm.



III. 63

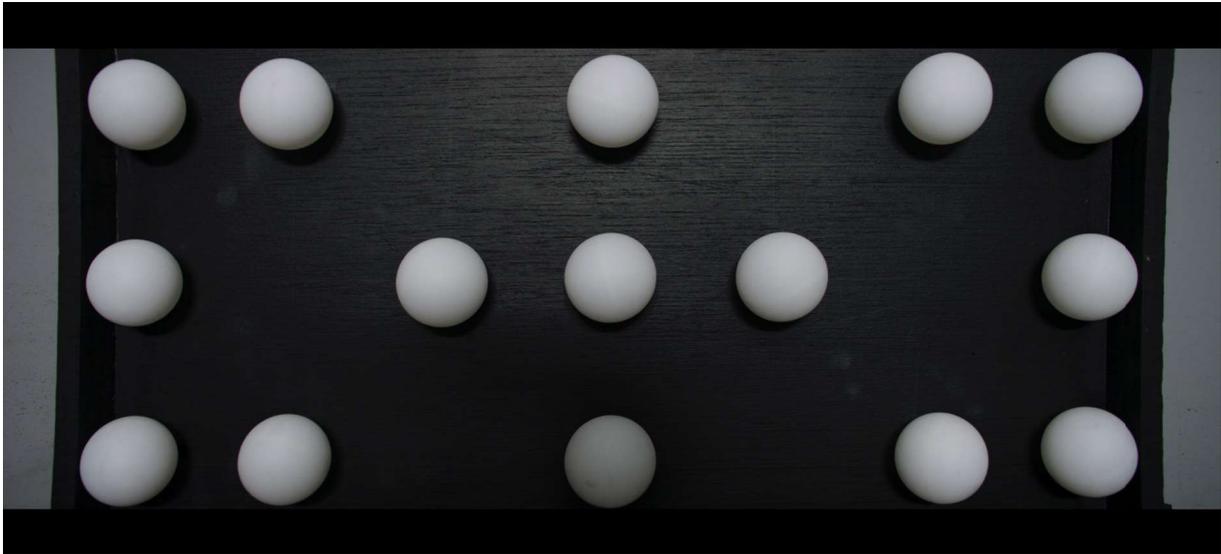


III. 64

II.2.4. Focale variable anamorphique

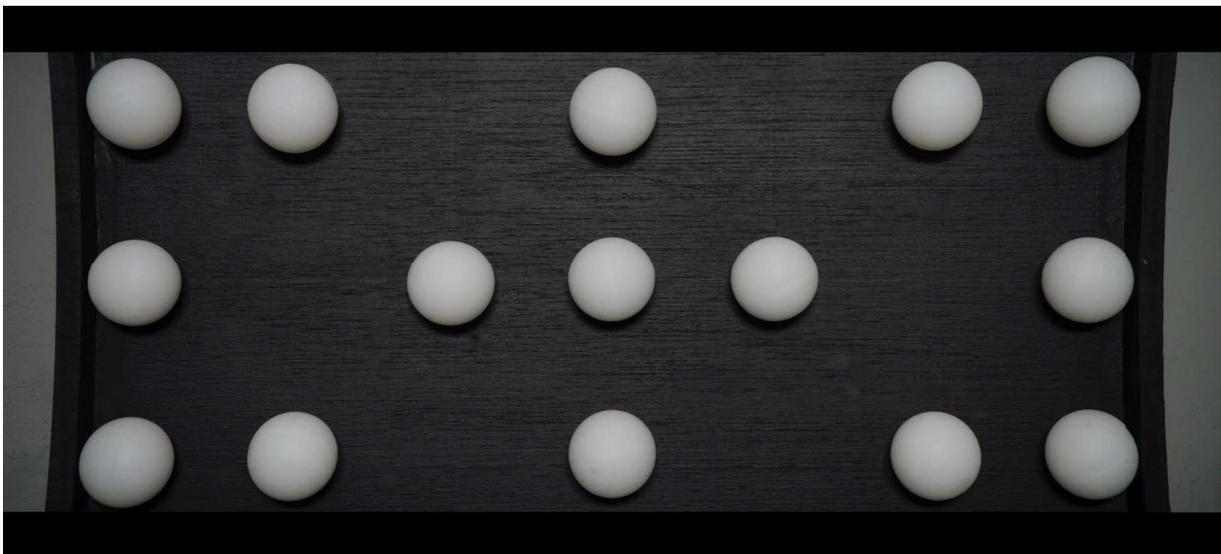
Dans le cas des focales variables, les corrections géométriques sont moins ciblées et la géométrie sur mire plane varie en fonction de la focale. Les distorsions géométriques et de perspective ont tendance à s'annuler sur le zoom anamorphique Angénieux 30-72, si bien que le rendu volumique est assez égal sur la plage de

focale, avec des déformations assez prononcées pour des focales moyennes à longue.



III. 65 : Angémieux 30-72 @30mm

Ici la distorsion géométrique en coussinet due à l'objectif est plus prononcée à 72mm qu'à 30mm, si bien que le rendu des sphères est étonnamment similaire à 30mm et 72mm. C'est le résultat finalement le plus inattendu du test. Les mire planes ne peuvent rendre compte des capacités d'un système de prise de vue.



III. 66 : Angémieux 30-72 @72mm

La perspective anamorphique s'apparente à une perspective panoramique, bien que l'image soit formée sur un plan. De plus, les systèmes anamorphiques sont

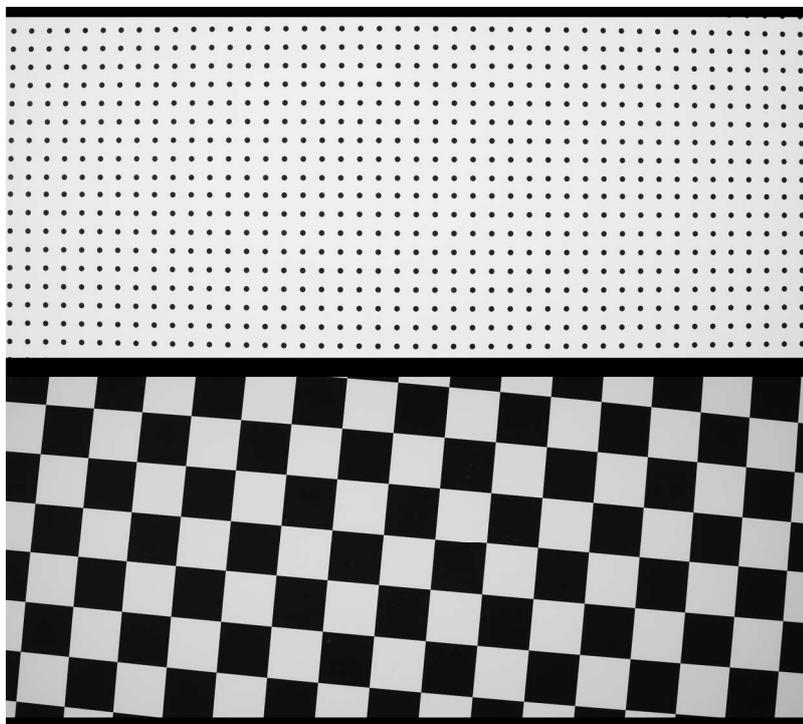
différemment soumis aux distorsions de champ plat, selon le format de la cible.

Si les objectifs courtes focales n'entraînent pas forcément de distorsions par eux-même (test en mire plane d'une optique rectilinéaire), le fait d'ouvrir l'angle de champ entraîne irrémédiablement une distorsion tangentielle. Plus l'optique est corrigée, plus cette distorsion est proche de la fonction tangente. On peut donc dire que dans le cadre de la perspective plane, changer la focale modifie la perspective. Changer l'angle de champ modifie la géométrie de l'image. Par contre changer la taille de la cible ne change évidemment en rien la perspective à focale équivalente, contrairement à ce qui a pu être prétendu par certains loueurs à titre de publicité à la sortie des grands capteurs LF et autres Monstro⁶⁰.

II.3. Quantification des aberrations marginales

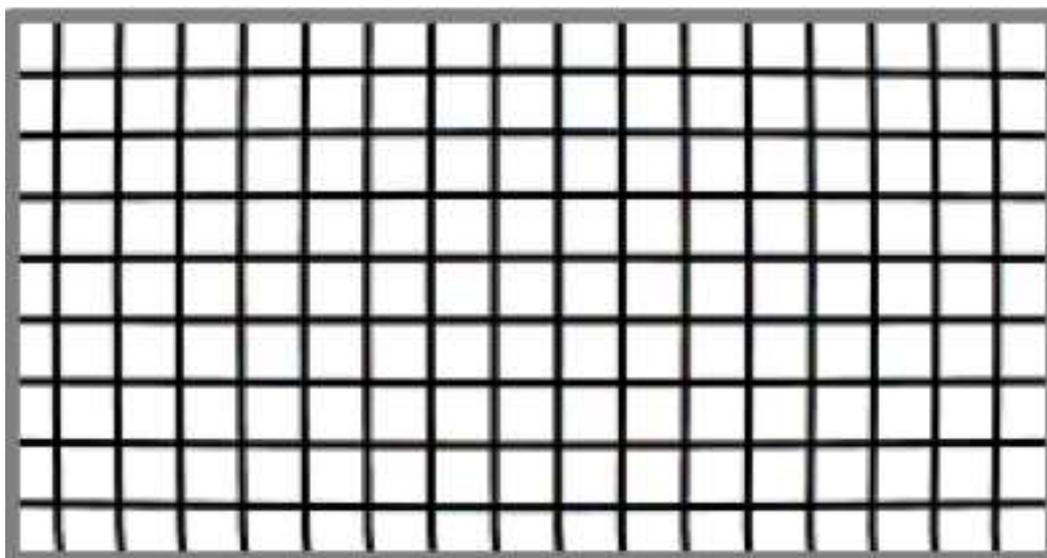
II.3.1. Distinction des distorsions géométriques

Grâce à DxO Analyser nous allons pouvoir distinguer les anamorphoses dues à la perspective et les distorsions géométriques propres aux optiques testées. Les mires normalisées DxO Lab ci-dessous sont impressionnées pour chaque optique puis analysées par le logiciel, dont nous extrayons les données concernant la distorsion géométrique.

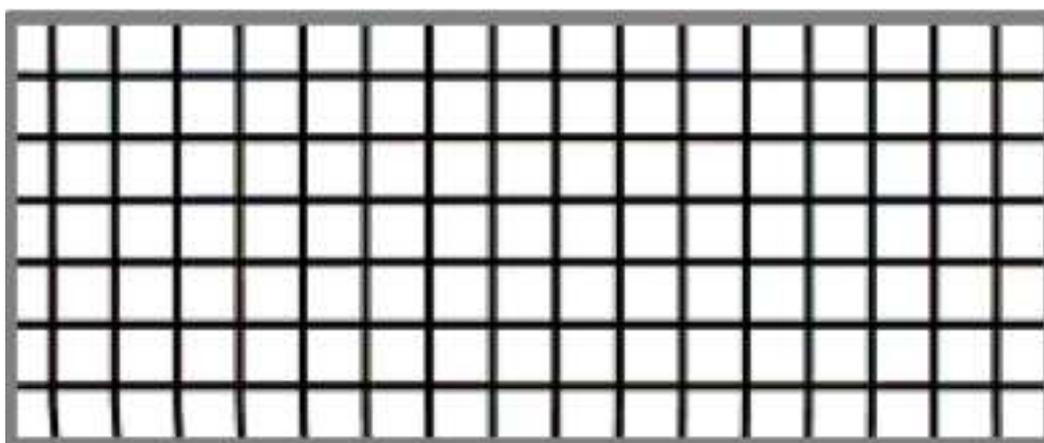


60 « Comparatif “très grands capteurs” : révolution ? », *TSF* (blog), 4 avril 2018, <https://www.tsf.fr/moyen-format-grands-capteurs/>.

Distorsion maximale mesurée pour le Leica Summicron 25mm : 0,61 %



Distorsion maximale mesurée pour le Zeiss Master Anamorphic 50mm : 0,08 %

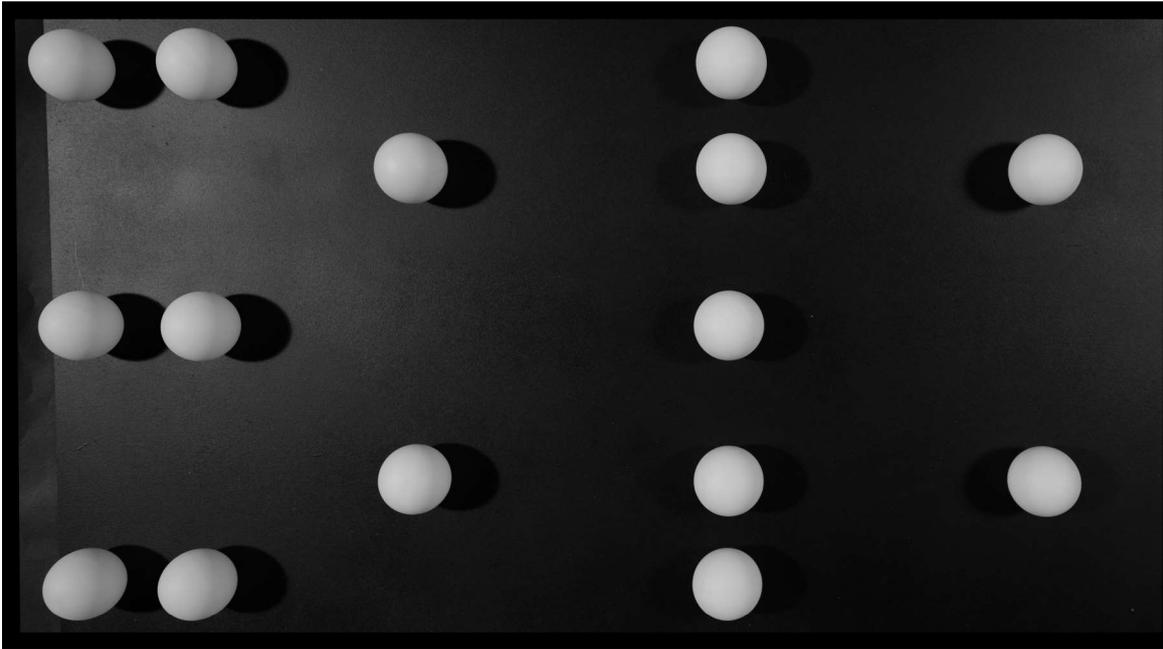
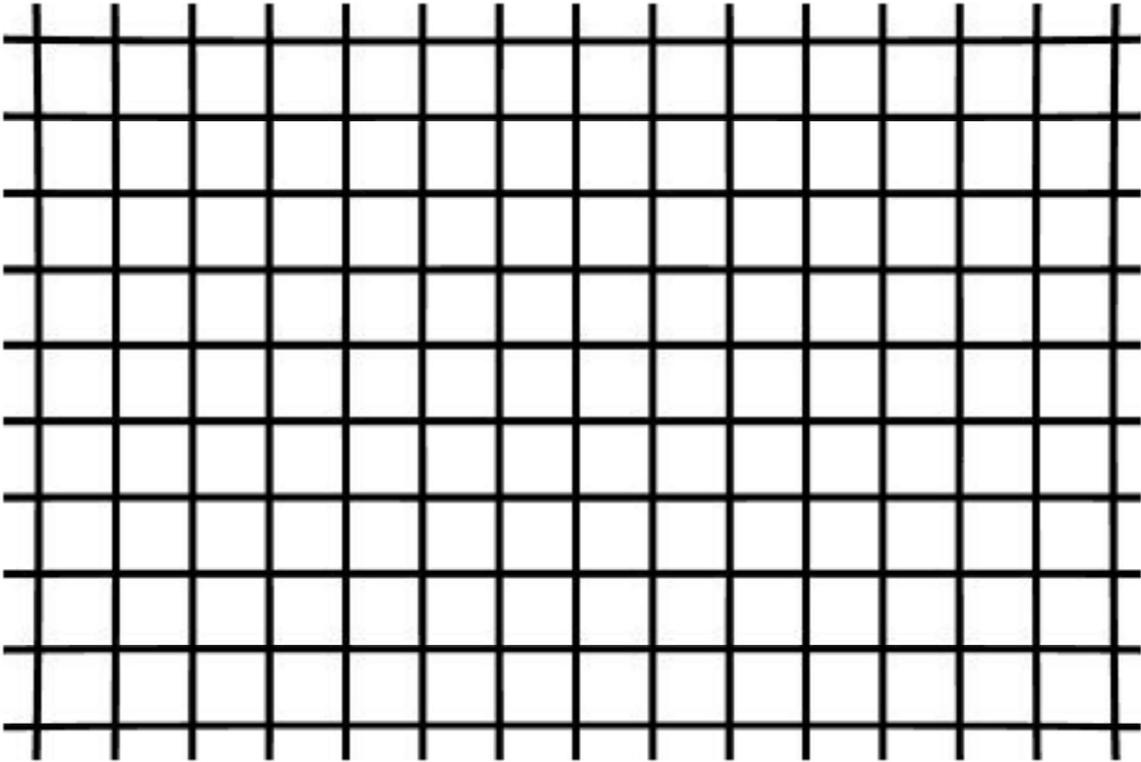


Les distorsions géométriques du Leica Summicron 25mm sont sensibles, comme on l'a vu sur la mire plane filmée précédemment, et inversées par rapport aux déformations perspectives si bien qu'elles se compensent partiellement. Celles du Zeiss Master Anamorphic 50mm sont quasiment inexistantes à 0,08 %.

Ces mesures ont été complétées par une optique variable sphérique plein format 24x36mm, Canon 16-35mm f2,8L Mk3, montée sur un boîtier Canon 5DS R.

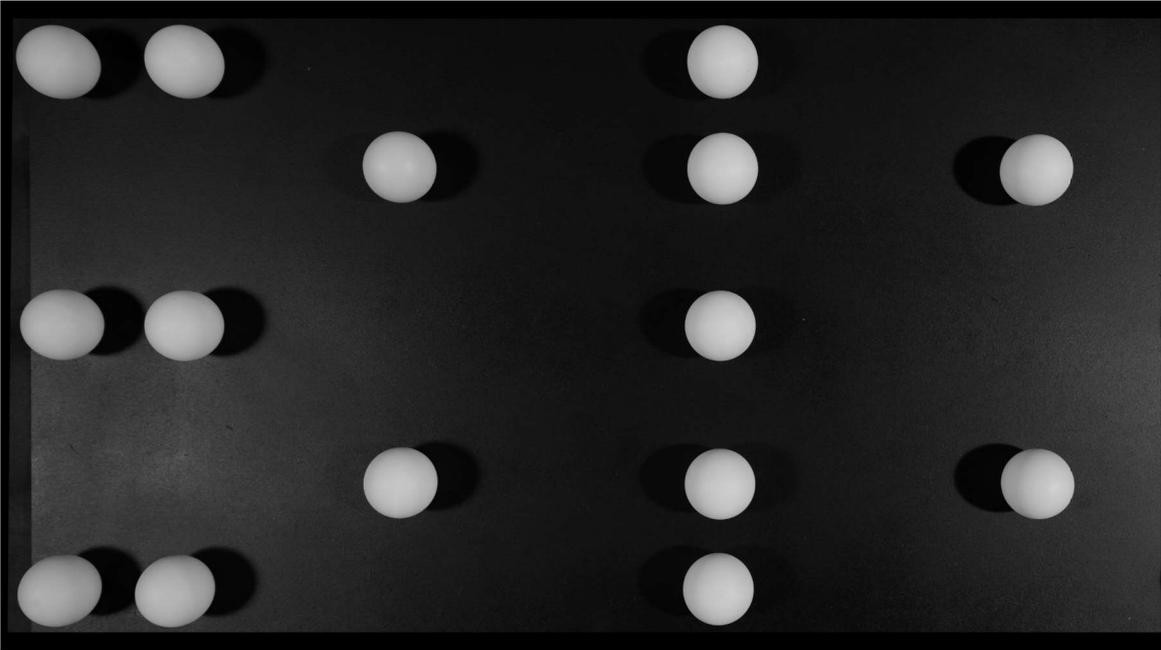
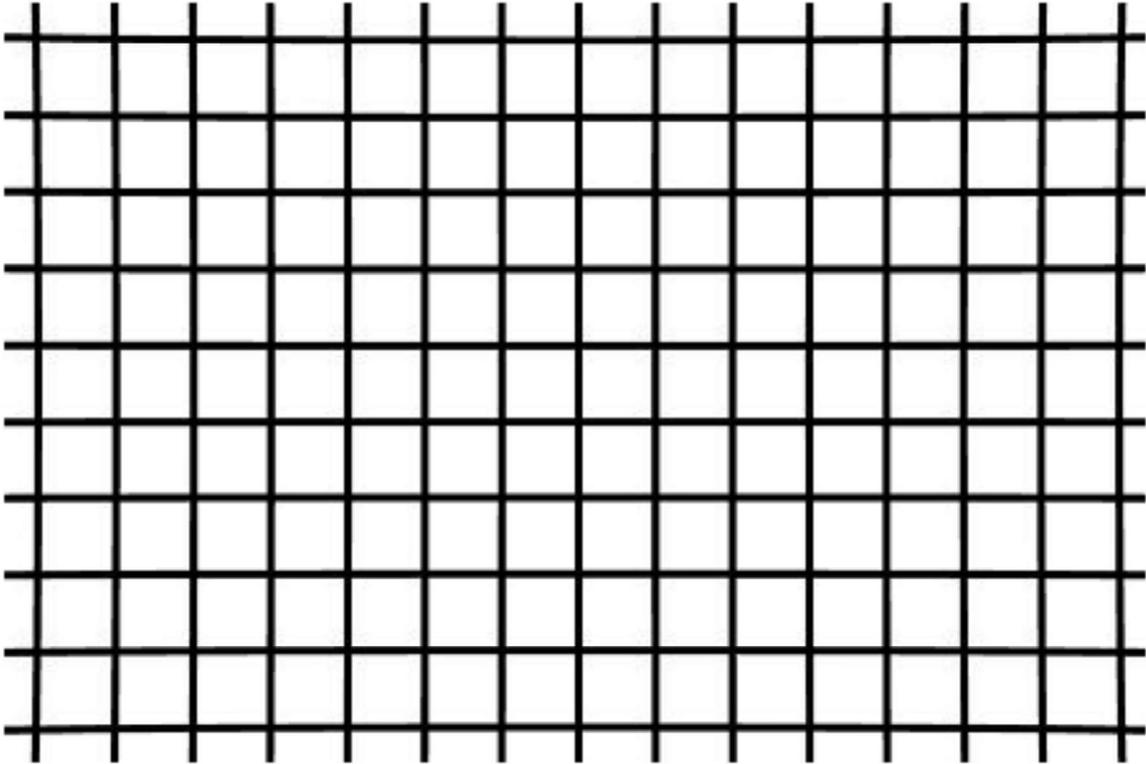
La distorsion maximale mesurée à 20mm est très contenue, peu sensible : 0,2 %

Straight grid as seen by camera
Canon Canon EF 16 35mm F28L III USM on Canon EOS 5DS R



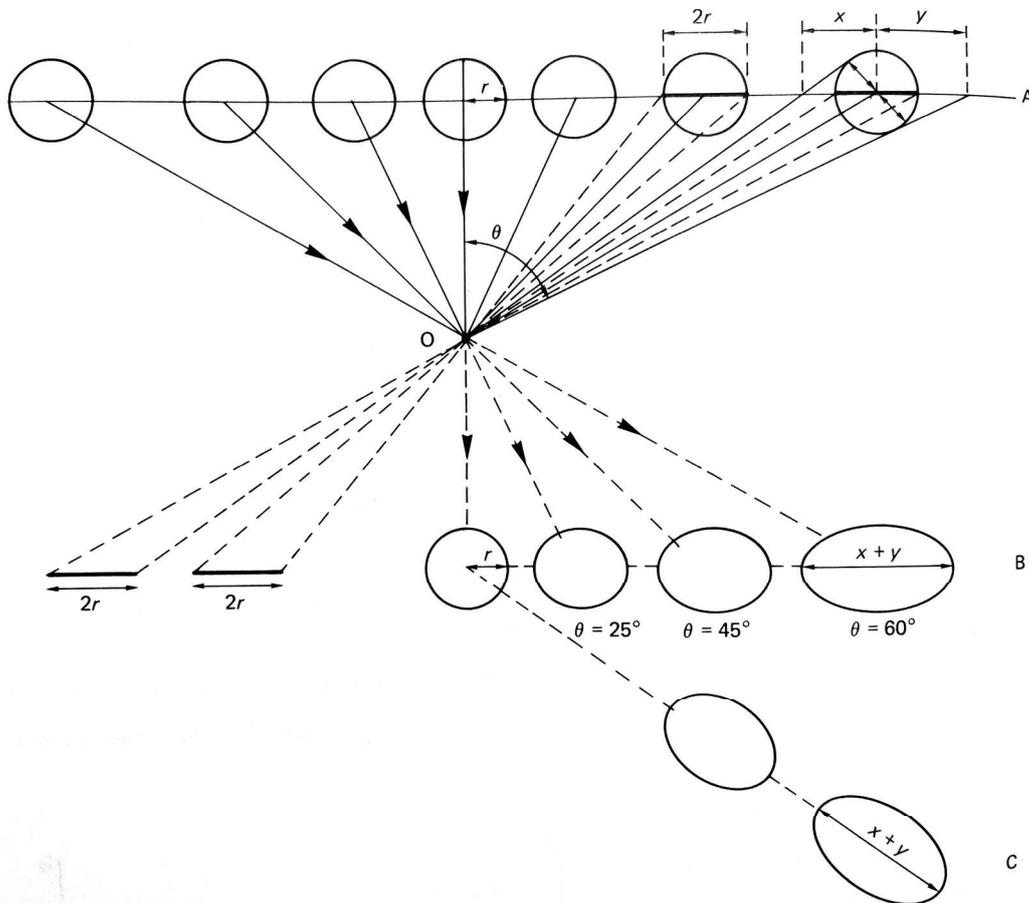
Distorsion maximale mesurée à 28mm peu sensible : -0,3 %

Straight grid as seen by camera
Canon Canon EF 16 35mm F28L III USM on Canon EOS 5DS R



C'est un résultat attendu, mais on a la confirmation que l'analyse des impressions de mires planes ne peut rendre compte des distorsions de la perspective en courtes focales. Les mires volumiques permettent donc de visualiser et éventuellement de mesurer ces distorsions qui sont invisibles sur les mires planes et donc par DxO Analyser. Lorsque l'on filme une scène réelle, elles sont sensibles sur les objets et les visages, mais difficiles à distinguer en l'absence de volume de référence lorsqu'elles sont peu prononcées.

II.3.2. Le facteur d'élongation



III. 68 : Schéma explicatif et termes de la formule donnant le facteur d'élongation linéaire

Dans *Applied photographic optics*⁶¹, on trouve un schéma très éclairant, ainsi qu'une formule quantifiant les déformations latérales en faisant appel à la fonction sécante et donnant une valeur $(x+y)$ qui est la grande longueur de l'ellipsoïde image de la sphère de rayon r .

61 Sidney F. Ray, *Applied photographic optics: imaging systems for photography, film, and video* (London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, 1988).pp197-198

$$x+y = \frac{2ur(u^2 \sec^2 \frac{\alpha}{2} - r^2)^{1/2}}{u^2 - r^2}$$

Où r est le rayon de la sphère, $(x+y)$ le grand diamètre de l'ellipse image de la sphère, et u la distance objet.

Si u est grand relativement à r , la formule peut être approximée sous la forme suivante afin de donner le rapport entre dimension de l'image centrale et marginale :

$$\frac{x+y}{2r} = \sec \frac{\alpha}{2}$$

La valeur sécante $\alpha/2$ est le facteur d'élongation linéaire en fonction de l'angle de champ α .

La fonction sécante étant l'inverse de la fonction cosinus, la formulation approximative peut s'exprimer comme suit :

$$\frac{2r}{x+y} = \cos \frac{\alpha}{2}$$

Pour une focale moyenne avec un angle de champs de 53° , le facteur d'élongation linéaire est de 1,1. Il est de 1,4 pour un angle de 90° et de 2 pour un angle de champ de 120° . Pour comparer la surface rendue en deux dimensions des objets il suffit de passer le facteur d'élongation linéaire au carré. Si l'on fait le calcul on obtient pour une focale de 18mm et un angle de champ de 84° un facteur d'élongation de surface de 1.9, c'est-à-dire que la surface représentant le même objet sera 1.9 fois plus grande au bord qu'au centre de l'image. Ce taux est ramené à 12 % avec un 50mm et à moins de 5 % avec un 85mm.

En anamorphique, à hauteur de cible égale (capteurs numériques généralement en 17/9 à l'exception des rares 4/3), le taux de déformation est divisé par le coefficient d'anamorphose. Ce n'est pas le seul atout de l'anamorphique concernant la perspective, son rendu étant plus proche de la vision naturelle grâce à la réduction d'échelle dans l'axe horizontal en plus de la profondeur. Auparavant (avant ce travail de recherche) je considérais que les anamorphiques apportaient une distorsion de la perspective, et que les sphériques étaient plus proches de la vérité, plus naturelles.

II.3.3. Courbure de champ et perspective angulaire

Si l'on considère la courbure de champ de Petzval, l'image optique réelle n'est pas plane mais une portion de sphère et l'image plane une anamorphose. Peut-être faut-il retourner le problème, cesser de considérer la courbure de Petzval comme une aberration et considérer au contraire que c'est le fait de former l'image sur un champ plat qui est une aberration. Ainsi la plupart des autres aberrations disparaissent. C'est ce que propose de faire les programmes de recherches sur les capteurs courbes tel Curve-One, Vermont Project (Microsoft), Sony, Apple, etc.

« La courbure de champ ne peut pas être totalement corrigée. »⁶² Elle peut être en partie corrigée mais cette correction s'accompagne forcément d'une déformation puisque la sphère ne peut être déroulée sur le plan. Il y a donc convergence entre la problématique de la perspective et la courbure de champ de Petzval.

Ces problématiques inhérentes à la représentation en perspective étant énoncées, comment les opérateurs de prise de vue en tirent-ils parti ?

62 Louis Gaudart et Maurice Albet, *Physique photographique* (Paris, France: le Temps apprivoisé, 1997).

Partie III : SUBSTITUER À NOS REGARDS



III.69 : *Il était une fois en Anatolie*, Nuri Bilge Ceylan, 2011. D.P. Gökhan Tiryaki

III.1. Un cadre, une perspective

III.1.1. Point de vue et distance focale

Le cadrage est bien-sûr un outil signifiant, un outil de la mise-en-scène⁶³, mais c'est en tant que perspective qu'il faut entendre le cadrage dans ses multiples paramètres. « La *perspectiva artificialis* a fourni la peinture d'un appareil formel comme peut l'être celui de l'énonciation »⁶⁴.



III. 70 : *Good morning*, Yasujiro Ozu, 1959. D.P. Yûharu Atsuta. Sphérique 1.37:1.

Jacques Aumont utilise l'expression de compensation du point de vue lorsque la position n'est pas centrale par rapport à la projection. Le spectateur est rarement situé au point exact de la construction perspective, mais il est capable de compenser dans une certaine mesure. Et de se projeter à un autre point de vue. Choisir comme hauteur caméra celle du spectateur assis, 1,2m, comme c'est souvent le cas sur la

63 Jacques Aumont, *L'image* (Paris, France: Nathan, DL 2000, 2000).

64 [Damisch, L'origine de la perspective.p458](#)

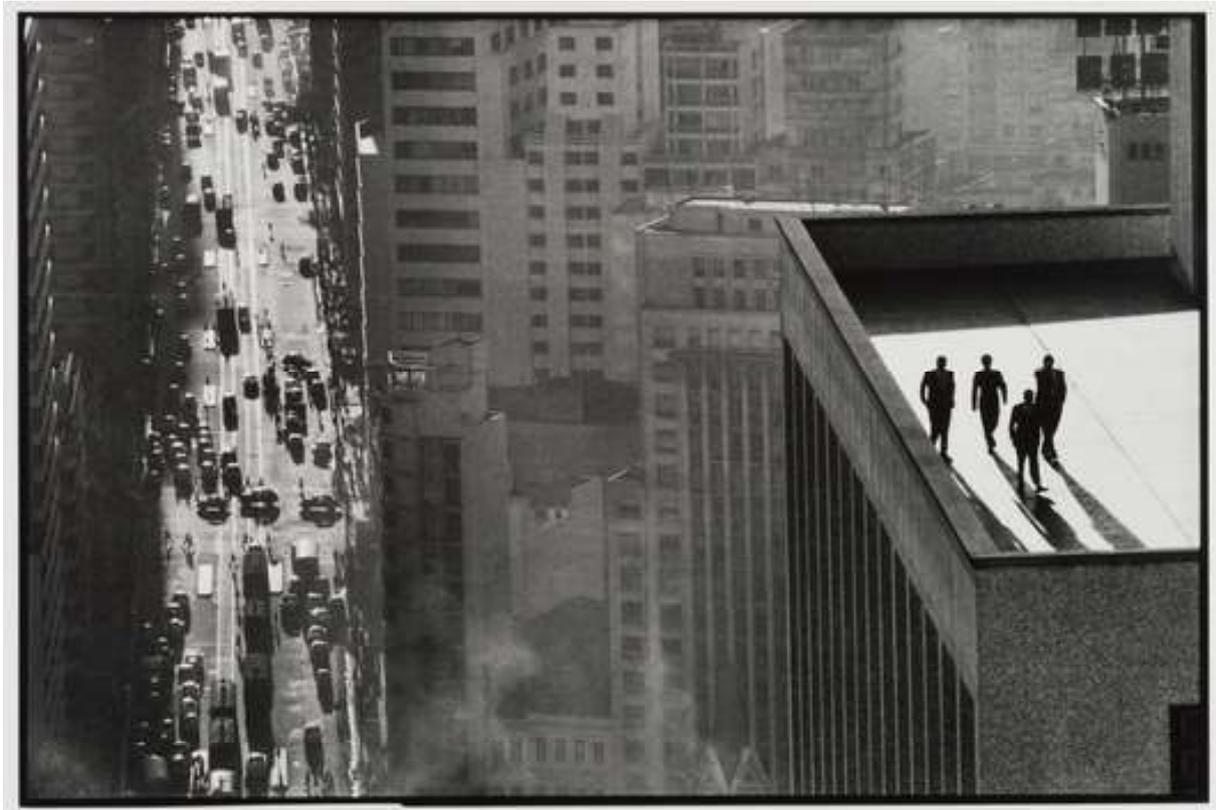
dolly dans le cinéma américain alors que le point de vue naturel d'une personne debout est finalement moins évident pour le spectateur assis. Quelle est la hauteur normale ? Une personne debout ou assise ? Sur une chaise ou un tatami ? C'est en partie physiologique et en partie culturel, et relativise la normalité ou l'universalité de la perspective.



Ill. 71 : *Good morning*, Yasujiro Ozu, 1959. D.P. Yûharu Atsuta. Sphérique 1.37:1.

En peinture on tentait d'accorder la perspective avec la position du spectateur : adaptation du point de vue perspectif à la hauteur réelle des fresques, positionnement du point de vue au seuil ou bien au centre de l'espace du bâtiment, etc. Au cinéma la position naturelle serait donc un peu bas en contre-plongée, mais le spectateur habitué peut s'identifier à la position de caméra, voir des points de vue décorrélés de sa position propre, et être ainsi projeté dans le récit. Non seulement le spectateur compense, mais il adopte le point de vue. La position et l'angle de la caméra projettent (au sens figuré) le spectateur dans une perspective fictive indépendamment de sa position propre.

L'usage de la longue focale donne une perspective à lignes de fuite parallèles, comme l'ancienne perspective militaire appelée cavalière, utilisée également en vue d'architecture et proche de la perspective traditionnelle chinoise, dont les fresques enroulées trouvent un équivalent dans un long travelling latéral.



III. 72 : *Quatre hommes sur le toit, Sao Paulo*. 1960. René Burri. Magnum Photos. Fondation René Burri. Musée de l'Élysée.

Comment éviter ou atténuer les déformations latérales disgracieuses inhérentes à la perspective plane ? Utiliser comme focale la plus large 40 ou 50mm, ou bien utiliser une unique focale par séquence, ou à l'extrême pour tout le film. Si cette focale est courte, les aberrations marginales seront présentes, mais ne variant pas d'un plan à l'autre seront constantes et donc moins gênantes pour le spectateur.

Préférer l'anamorphose pour les formats larges. Le seul moyen existant actuellement d'élargir l'angle de champ avec une augmentation contenue des déformations latérales est d'utiliser le procédé anamorphique.



III.73 : *L'Evangelio secondo Matteo*, Pier Paolo Pasolini, 1964. D.P. Tonino Delli Colli. Sphérique



Illustration 74 : *La loi du marché*, Stéphane Brizé, 2015. D.P. Éric Dumont. Sphérique 2.35:1.

Contrairement à *L'Évangile selon Saint-Mathieu*, tourné au 50mm, et *La loi du Marché*, tourné entièrement en plans-séquences fixes longue focale, il faudrait s'asseoir au premier rang (du balcon, sinon on sera trop bas mais c'est un autre sujet que celui des conditions de projection en salle) pour voir correctement *La Favorite*, qui utilise majoritairement les courtes et très courtes focales.



Illustration 75 : *La Favorite*, Yorgos Lanthimos, 2018. D.P. Robbie Ryan. Sphérique 1.85:1.



III.76 : *Maya*, Mia Hansen-Love, 2018. D.P. Hélène Louvart. Sphérique 1.85:1.

Hélène Louvart privilégie également les focales proches du 50mm, comme dans *Maya*, de Mia Hansen-Love, et *Les Apaches*, de Thierry de Peretti.

III.1.2. Regards et point de fuite

Il y aurait tant à dire sur la perspective des regards⁶⁵, quand on voit le soin que l'on apporte à « régler les regards » sur un plateau. Les lignes des regards sont au moins aussi fortes dans la construction des images que les fuyantes des objets photographiés que l'on assimile parfois de façon simpliste à la perspective. Les regards bord cadre signifient la caméra subjective dans la scène de l'ordre de mission d'*Apocalypse Now*, parmi d'autres éléments signifiants du cadre, mouvements et positions de caméra : point de vue qui glisse en plongée sur l'assiette, puis en lent panoramique.



Ill. 77 : *Apocalypse now*, Francis Ford Coppola, 1979. D.P. Vittorio Storaro, anamorphique (Technovision/Cooke et Todd-AO). 2:1 (Univisium) ou 2.2:1 (copies 70mm) ou 2.39:1 (copies 35mm).

Dès la Renaissance, la perspective anthropocentrée permet d'inclure les regards des sujets aux compositions, comme lignes de fuite et comme potentiel contact. Cette proximité entre le spectateur et la figure constitue un point de passage ou d'entrée dans la fiction. La possibilité du regard caméra introduit une équivalence du regardé et du regardant, qui sujet qui figure. Voilà la partie miroir de la carte et du miroir (cf Van Eyck, Velazquez, etc)⁶⁶, des regards dirigés droit sur le point de vue.

65 Belting, Ghermani, et Rieber, *Florence et Bagdad*.

66 [Belting, Ghermani, et Rieber, pp117-118](#)

III.1.3. Peut-on mettre des mots sur le sens et le style du cadre ?

Évidemment quand on compare le soin apporté au travail du cadre dans par exemple *Journal d'une femme de chambre* de Luis Buñuel, photographié par Roger Fellous, et certaines productions de fiction où la caméra est plutôt en mode captation ou documentaire animalier (sans déprécier les captations ou le documentaire animalier), on pourrait se dire que cette grille de lecture ne s'applique pas à l'ensemble de la production cinématographique. Et pourtant, la captation passive s'avère moderne, anti-illusoire, donc nécessaire, bien que cette option soit parfois choisie par défaut et désintéressé pour la réalisation et le vocabulaire filmiques. Tout comme la lumière moderne n'impose pas son sens sur le monde, la captation n'apporte pas de sens à la scène. On peut trouver cette modernité de la captation poussée à son paroxysme avec les modes automatique (*Direktøren*, 2006, D.P. Claus Rosenløv Jensen, S35mm sphérique) ou aléatoire (*Dancer in the dark*, 2000, D.P. Robby Müller, DVCAM anamorphique) qu'expérimenta Lars Von Trier. C'est un cinéaste qui oscille entre le baroque et la modernité depuis ses débuts, avec la captation déstructurée mais aussi de façon plus élégamment conceptuelle avec sa perspective distanciée, anti-illusoire, créée par un décor constitué essentiellement de marquages au sol et d'accessoires dans *Dogville* (2003) et *Manderlay* (2005). Une sorte d'anti-perspective et une démarche que l'on peut qualifier de brechtienne, ce qui est assez rare dans le cinéma, qui globalement cultive et revendique son caractère illusoire de pur divertissement de masse⁶⁷. Ainsi on peut sortir du consensus et refuser ou bien revendiquer l'illusion cinématographique, selon que l'on veut réveiller ou endormir le spectateur, vendre son temps de cerveau disponible ou l'acheter.



67 Martine Joly, *L'image et les signes* (Paris, France: Armand Colin, 2016).



Illustration 79: *Dogville*, Lars Von Trier, 2003. D.P. Anthony Dod Mantle, HDCAM sphérique 2.35:1

Prenons donc des exemples dans le cinéma le plus contemporain dont nous avons tous des images en tête. En s'inspirant de Fabrice Revault d'Allones⁶⁸, qui l'a fait pour la lumière, et d'Heinrich Wölfflin^{69, 70}, mais aussi de John White et Pierre Francastel, déjà cités, on pourrait envisager une taxinomie du cadrage cinématographique au sens large de perspective, incluant évidemment la durée et le mouvement des plans.

Le style moderne est une rupture nécessaire, sorte de *tabula rasa*, dans une démarche de recherche d'une vérité documentaire, de naturalisme brut, et d'ascèse formelle. Objectivité du discours en tant qu'histoire. On peut penser à des films ou des séquences de Wim Wenders, Hirokazu Kore-Eda, Abdellatif Kechiche, Nuri Bilge Ceylan, Mickael Haneke.

Le style classique est le perfectionnement de la forme, l'aboutissement de la convention. Réalisme conventionnel de l'histoire en tant que fiction (« de n'avoir pas été crue »). Citons Andrei Zviagintsev, Paul-Thomas Anderson, Kim Ki-duk.

Le style baroque est une réaction, une émanation et une excroissance du classicisme, dans lequel s'abîme le classique par convention et lassitude. Il en est son second souffle, fort d'une vivacité symbolique, et d'une exubérance stylistique sacrifiant les normes du premier. Il contient une critique du style classique dont il est issu, son élément autodestructeur (vanité, vacuité de la fiction en tant que discours).

68 Fabrice Revault d'Allones, *La lumière au cinéma* (Paris, France: Cahiers du cinéma, 1991).

69 Heinrich Wölfflin et Guy Ballangé, *Renaissance et baroque*, éd. par Bernard Teyssède (Paris, France: Le Livre de poche, 1961).

70 Heinrich Wölfflin et al., *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art* (Marseille, France: Parenthèses, 2017).

Évoquons des séquences de Yorgos Lanthimos, Paolo Sorrentino, Park Chan-wook.

Ces trois styles ne sont pas chronologiques et ne s'excluent pas. La démarche ne viserait pas à ranger les œuvres dans des tiroirs, mais à proposer des outils pour aiguïser le regard et permettre à un langage commun de s'exprimer lors de l'élaboration des films et de la conception des plans.

III.2. Ne soyons pas les outils de nos outils

III.2.1. Petits arrangements avec la perspective plane

Quoi qu'il en soit « la peinture était considérée comme la composition harmonieuse de volumes proportionnés entre eux » et les principes de la perspective artificielle, forte de sa légitimité mathématique, devaient permettre aux peintres de la Renaissance de surpasser leurs prédécesseurs et même les artistes de l'Antiquité⁷¹. Mais cette perspective artificielle s'avère contraignante, et fragilise son caractère illusoire de trompe-l'œil. Les artistes sont donc devant un dilemme chaque fois renouvelé : la représentation doit-elle être composée pour un observateur fixe comme dans la scénographie théâtrale (ce qui est permis dans une certaine mesure par l'architecture du théâtre et son dispositif, cf théâtre de Serlio⁷²) ou un observateur libre de ses mouvements. C'est tout le problème de la fresque : où placer le point de vue perspectif lorsque le spectateur n'a pas de place assignée et peut être en mouvement ? Cela concerne les périodes Renaissance et moderne mais plus encore la peinture antique, car les traces qui ont été conservées jusqu'à nous sont des fresques murales. Toute la peinture de chevalet est perdue pour des raisons évidentes de conservation des matériaux.

«John White fait remarquer que les images sont reliées à un spectateur qui les voit de l'entrée. L'axe visuel de ces scènes ne se situe pas dans le centre géométrique mais est déplacé vers l'entrée de la chapelle. Les images viennent donc à la rencontre d'un spectateur qui se tient sur un seuil, à mi-chemin »⁷³. Point de vue au seuil pour un spectateur se déplaçant et non fixe, entrant dans l'image en même temps que dans la chapelle, passant du profane au sacré, de la nature à la culture. Architecturalement, la perspective accélérée des porches polylobés, et notamment

71 Wölfflin et Ballangé, Renaissance et baroque.p61

72 Damisch, L'origine de la perspective.p400

73 Belting, Ghermani, et Rieber, Florence et Bagdad.p182

des narthex, a la même fonction, également pensée pour un observateur en mouvement. Où faut-il placer le point de vue principal de la construction perspective ? Ces questions donnèrent lieu à d'intenses débats parmi les artistes et leurs commanditaires avisés et même des modifications et repentirs de projets en cours de réalisation. Évidemment, hormis dans l'expérience de Brunelleschi, l'observateur ne se trouve que fortuitement, et transitoirement, au point de vue qui lui permettrait de contempler la perspective artificielle de manière satisfaisante (*ie* « telle qu'elle semble reproduire les conditions de la vision directe »), car malheureusement on ne peut pas attacher les spectateurs. Ou peut-être le pouvait-on à l'époque, mais en tous cas aujourd'hui, on ne peut plus.

Comme nous l'avons vu précédemment (cf II.1.1), afin d'obtenir la coïncidence des images rétinienne de l'objet et de la perspective de l'objet, il est nécessaire de suivre scrupuleusement les préceptes de la perspective artificielle, et de respecter l'unité de la perspective telle qu'énoncée par Alberti, c'est-à-dire une unité de point de vue, d'horizon et d'échelle.



Illustration 79 : *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm.

Dans *La Cène* de Léonard de Vinci, la perspective du décor prolonge l'espace réel dans lequel est peint la fresque, aussi large que la salle du réfectoire de l'église Santa Maria delle Grazie à Milan. Le point de fuite unique de cette perspective entraîne notre regard juste à côté de l'œil droit du personnage principal, qui penche très légèrement la tête sur sa gauche. Cependant une transgression est à l'œuvre : celle de l'unité de l'échelle. Le maître a discrètement appliqué diverses unités de mesure au décor et aux personnages, faisant surgir ces derniers et donnant toute sa force à la scène, contrairement à l'effet mise en boîte de certains tableaux plus respectueux de la perspective.

En effet si l'on observe le rapport entre la table et ses accessoires d'une part, et les personnages de l'autre, on se rend compte que ces derniers sont nettement plus grands que le décor. Les mains sont quasiment deux fois plus grandes que les assiettes. On voit également que les aberrations marginales sont totalement absentes et que les personnages latéraux ne subissent aucune déformation. Tout se passe comme si Léonard de Vinci avait utilisé une focale courte pour le décor, une focale longue pour les personnages, et assemblé les deux images. L'angle de champ employé pour le décor est très supérieur à celui employé pour les personnages, mais le maître a bien entendu pris soin de faire coïncider parfaitement les horizons, si bien que cette perspective pourtant « truquée » nous paraît rigoureuse et évidente sinon naturelle.

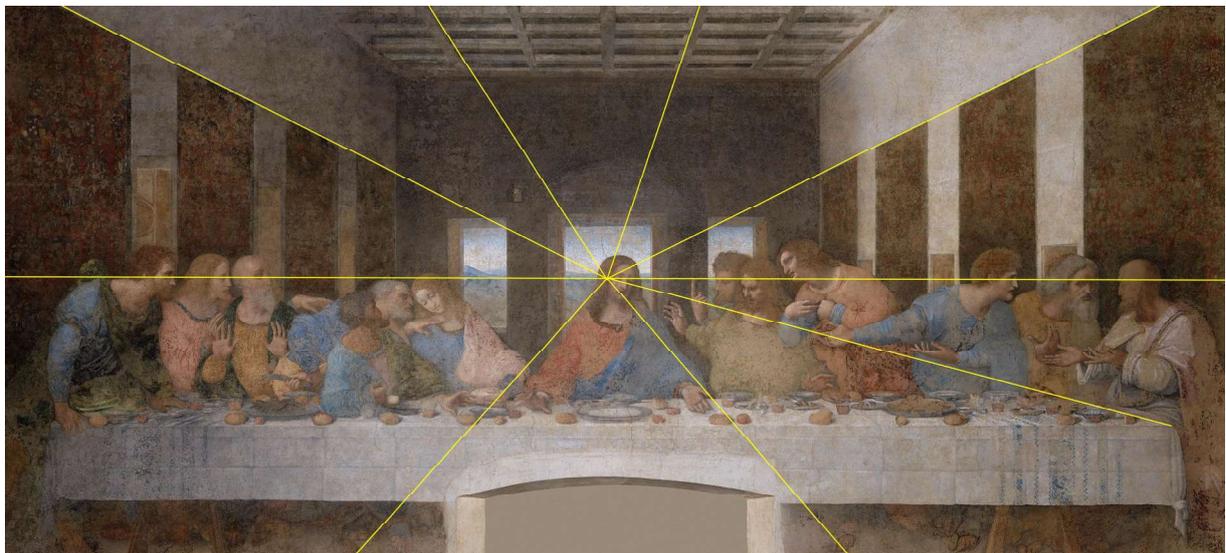


Illustration 80 : *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm. Point de fuite unique et horizon correspondant.



Illustration 81 : *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm. Détail : à l'échelle de la main, on logerait à peine une cuiller dans ces petits bols.

Les déformations latérales obligent donc à réduire drastiquement l'angle de champ, au moins sur les personnages. Pour pallier à ces défauts les grands maîtres comme Raphaël composent également avec les règles de la perspective plane afin que le résultat soit plus plaisant et plus naturel à l'œil du spectateur. Le plus souvent, en dehors de l'application de divers régimes de proportions, l'option adoptée est d'utiliser non pas un point de fuite unique, mais deux ou plusieurs points de fuite. La présence dans les compositions de plusieurs horizons est alors masquée par la disposition des personnages ou autre subterfuge. Dans *L'École d'Athènes*, trois horizons coexistent : pour l'avant-plan, l'architecture, et les personnages.

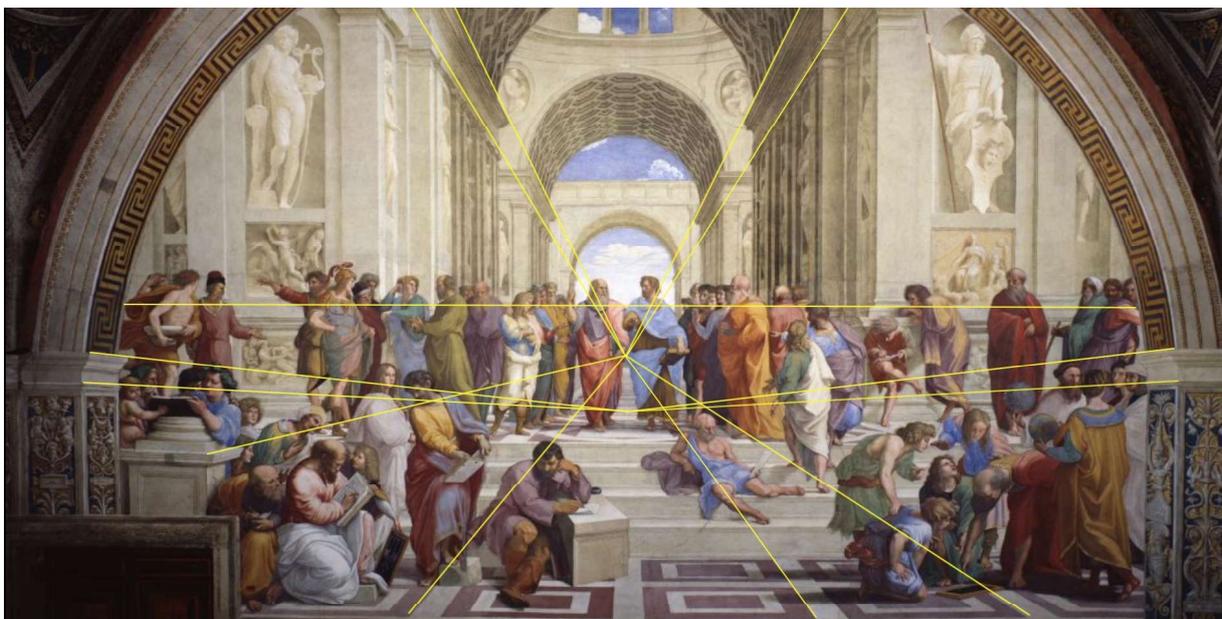


Illustration 82 : *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome.

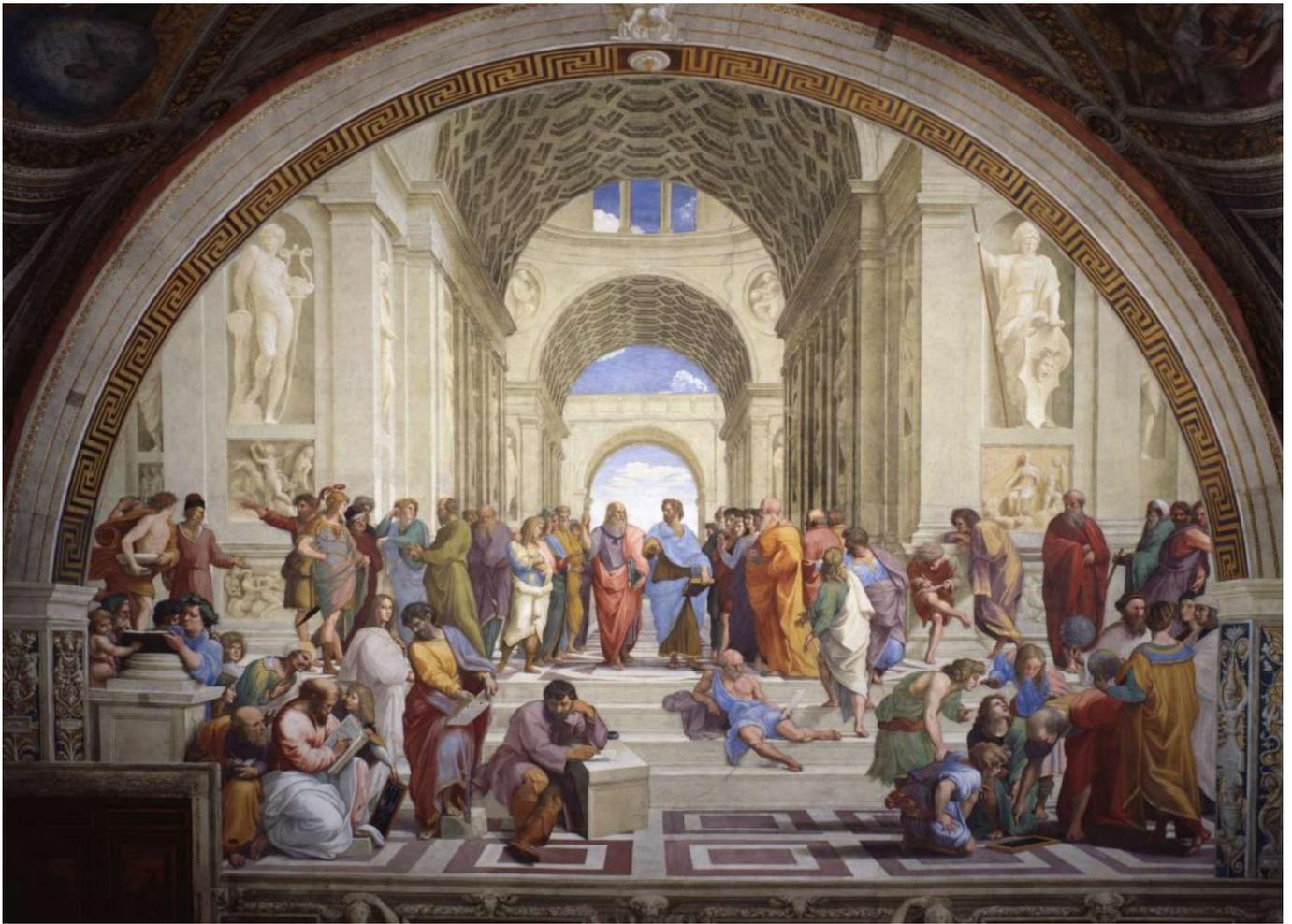


Illustration 83 : *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome. 440X770cm

Tout se passe comme si l'on avait réglé une légère contre-plongée sur le décor associée à une légère plongée sur les personnages. C'est une manière, artificielle en terme de construction mais plus naturelle à l'œil, d'ouvrir légèrement l'angle de champ en fusionnant deux perspectives, et surtout d'avoir la bonne hauteur de vue pour chacun des éléments principaux de la composition afin de mettre en valeur à la fois les personnages et le décor.

En cela on rejoint les perspectives de l'antiquité gréco-latine à point de fuite multiple. Souvent l'histoire de l'art dénie l'existence d'une véritable perspective durant l'Antiquité, n'y trouvant pas de systématisation du point de fuite unique. Force est de constater que parmi les grands chef-d'œuvres de la Renaissance, le point de fuite unique n'est pas aussi systématique que l'on pourrait le croire de prime abord.

Les exemples sont nombreux parmi les chefs-d'œuvres, ainsi c'est la capacité des artistes à construire des quasi-perspectives en les faisant passer pour des perspectives rigoureuses qui est remarquable⁷⁴. « En fait l'artiste tempère toujours la rigueur des lois de la perspective géométrique par certains trucages dont les plus grands maîtres ont donné l'exemple. D'une part il limite généralement l'angle embrassé à 15 ou 20°, en choisissant une distance principale comprise entre le double et le triple de la plus grande dimension de l'image. D'autre part, s'il respecte la perspective pour le tracé des lignes principales, il triche sur les détails, chaque objet étant représenté à peu près comme s'il devait être vu de face ; on pourrait presque dire que le peintre n'adopte la perspective plane que pour la mise en place des divers éléments, le tracé de ceux-ci résultant du report sur un plan de leurs perspectives sphériques. »⁷⁵



74 Florenskij et Kachler, *La perspective inversée*.

75 Clerc, *La Technique photographique*.

Ci-contre illustration 84 : *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome. 440X770cm. Détail sur Euclide (ou Archimède). Sphères et proportions.

On voit que l'usage harmonieux de la perspective est beaucoup moins évident qu'une simple composition photographique. Contrairement aux grands maîtres de la peinture qui corrigent à leur guise les perspectives, nous sommes démunis et contraints à l'artificielle objectivité de nos appareils de prise de vue. Nous enregistrons donc des perspectives planes à point de fuite unique, avec leurs limitations, auxquelles nous sommes certes habitués et ne prêtons plus guère attention, à moins qu'elles ne soient ostensiblement utilisées en tant qu'effets volontaires. Cependant certaines pratiques des opérateurs se rapprochent tout de même, dans une moindre mesure, de celles des peintres et de leurs arrangements subtils avec la perspective plane. On règle les distances relatives d'un plan à l'autre afin de modifier légèrement l'échelle des valeurs. On triche un regard. On surélève un élément de décor ou même des comédiens dans les avant-plans : ce faisant on crée des images à horizons multiples. On incline une table, ajoutant un point de fuite, on fait parfois la bulle sur le décor pour compenser une fuyante disgracieuse. On peut parfois légèrement composer avec la perspective artificielle afin de la rendre plus naturelle.

III.2.2. Perspective anamorphique : la forme de l'image

Si les optiques anamorphiques sont autant utilisées aujourd'hui ce n'est plus tant pour le ratio d'image que pour leurs «défauts» ou disons leur style propre, pour changer de perspective. En effet en numérique on peut très bien faire un format cinémascope en sphérique par le recadrage car contrairement au film le gain en définition n'est pas significatif. En film, le cinémascope en anamorphique sur quatre perforations permet une définition de l'ordre de deux fois celle du techniscope sur deux perforations. En numérique, c'est plutôt le contraire, le choix de l'anamorphique entraîne en général une résolution inférieure, le ratio d'image natif le plus courant étant 1.9:1, excepté certaines Alexa 1.33:1. C'est donc davantage les spécificités optiques anamorphiques qui entrent en ligne de compte dans le choix de l'une ou l'autre option. Lorsque je travaillais comme assistant opérateur, j'ai tourné un film publicitaire pour une banque en S35mm anamorphique qui était recadré en 1.77:1. J'avais trouvé cela étonnant. Le chef-opérateur cherchait les *flares* typiques de certaines optiques anamorphiques et en mettait partout grâce à des lampes torches Scorpio dédiées, lorsque les vraies sources n'étaient pas dans le champ. Beaucoup plus récemment on peut citer le beau travail d'image pour une série dans *The Little*

Drummer Girl, également tourné en anamorphique pour une diffusion en 1.77 :1. Dans ce cas, il semble que c'est la perspective particulière du procédé anamorphique qui était recherchée.



Illustration 85 : *The Little Drummer Girl*, Park Chan-Wook, 2018. D.P. Woo-Hyung Kim, anamorphique

C'est un effet secondaire inattendu de l'invention d'Henri Chrétien que de proposer une perspective alternative à la perspective plane. Comme on l'a vu dans la deuxième partie, les déformations latérales dans l'axe horizontal sont diminuées dans le même ratio que l'anamorphose. La perspective résultante se rapproche de la perspective synthétique, compromis entre la perspective artificielle et la perspective naturelle. L'image typique du cinémascope anamorphique est associée culturellement aux prises de vue cinématographiques prestigieuses, notamment hollywoodiennes. Cependant à cet aspect culturel, s'ajouterait un aspect naturel plus proche de la vision humaine qui jouerait également en sa faveur. Cette perspective panoramique, donc légèrement curviligne, déroule et ouvre l'espace, en atténuant l'effet boîte de la perspective linéaire, que les artistes de la Renaissance cherchaient déjà à éviter.



III. 86 : *Entrée de l'empereur Charles IV à Saint-Denis*, Jean Fouquet, 1455-1460. Perspective angulaire curviligne (ou panoramique).



Illustration 87 : *Le Mépris*, Jean-Luc Godard, 1963. D.P. Raoul Coutard, anamorphique (Franscope).

Évidemment *Le Mépris*, de Jean-Luc Godard, est un film confrontant et entremêlant l'ancien et le moderne sous différents aspects. Couleurs primaires sur la statuaire antique, comme étaient peints les temples que nous connaissons aujourd'hui nus et blancs (ou ocres en Sicile). Scénario tragique et vie moderne, peinture gréco-romaine et Villa Malabarese, cinéma classique et moderne, musique populaire et théâtre antique, *etc.* À tous ces éléments servant de ponts entre les époques et les styles, je réalise tardivement que s'ajoute le procédé anamorphique, rappelant les courbes de l'architecture dorique et la vision sphérique du monde développée par les philosophes de la Grèce antique. Incroyable JLG, repose en paix.



Ci-contre illustration 88 : *The Grand Budapest Hotel*, Wes Anderson, 2014. D.P. Robert Yeoman, partie anamorphique (Technovision, Cooke)



III. 89 : *Punch-drunk love*, Paul-Thomas Anderson, 2002. D.P. Robert Elswit, anamorphique (Panavision)

III.3. Une évolution de la perspective artificielle ?

On parle beaucoup de capteurs courbes depuis quelques années⁷⁶. Leur conception est guidée par une approche biomimétique mais surtout optique, afin que les détecteurs coïncident avec la courbure de champ des systèmes optiques. En effet une légère courbure des capteurs, de l'ordre de la courbure de champ pour les focales principales, permettrait de réduire drastiquement la plupart des aberrations optiques⁷⁷, ce faisant de simplifier les objectifs et d'améliorer leur ouverture. Autre avantage, l'angle d'incidence des rayons lumineux formant l'image est plus faible, ce qui augmente la performance du capteur⁷⁸.

76 Brian Guenter et al., « Highly Curved Image Sensors: A Practical Approach for Improved Optical Performance », *Optics Express* 25, n° 12 (12 juin 2017): 13010-23, <https://doi.org/10.1364/OE.25.013010>.

77 Marc Ferrari et al., « Curved Sensors for Compact High-Resolution Wide-Field Designs: Prototype Demonstration and Optical Characterization », in *Photonic Instrumentation Engineering V*, éd. par Yakov G. Soskind (Photonic Instrumentation Engineering V, San Francisco, United States: SPIE, 2018), 40, <https://doi.org/10.1117/12.2291472>.

78 Christophe Gaschet, « Détecteurs courbes et déformables : applications multidisciplinaires » (2018), <http://www.theses.fr/2018AIXM0601/document>.

En argentique on peut citer les appareils miniatures haute qualité d'image Minox 8x11mm qui équipait les services de renseignement pendant la seconde guerre mondiale. Puis le même principe de presser le film sur un guide-film courbe fut utilisé par les appareils jetables afin d'obtenir une image correcte malgré un objectif à très bas coût.

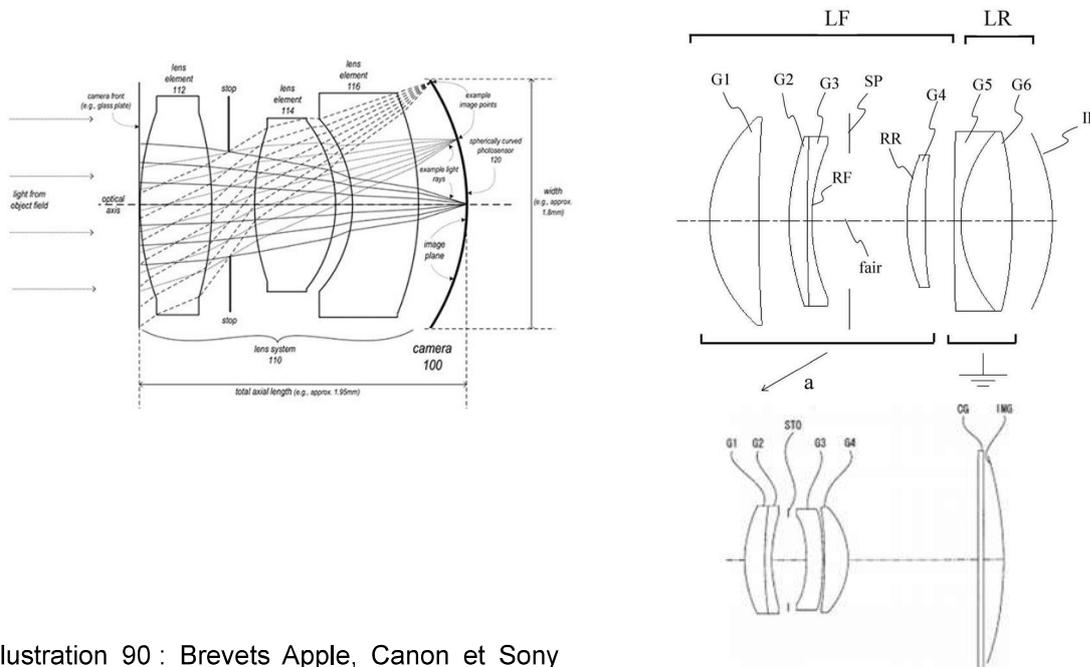


Illustration 90 : Brevets Apple, Canon et Sony pour des systèmes à capteurs courbes

patent: 35mm f/1.8 (full-size mirror-less)

Des réseaux de capteur à la courbure convexe ont été conçus pour équiper les télescopes à miroirs, notamment Kepler. Pour les capteurs numériques incurvés on peut citer les dépôts de brevets d'Apple, Canon, Nikon et Sony. Microsoft finance un projet de recherche et développement avancé sous le nom de Vermont Project⁷⁹. Sony a commercialisé un unique appareil de photographie grand public miniature (DSC-KW1). En France, l'institut CEA-Leti poursuit le programme Pixcurve. Les sociétés Curve-One⁸⁰ (soutenue par le CNRS) et Silina (soutenue par Airbus et le CNES) ont annoncé la commercialisation de capteurs incurvés à la courbure voulue. Des projets de recherche sur des capteurs à courbure variable ont également vu le jour. Les applications sont pour le moment dans la défense, l'aérospatial, et l'astronomie. Mais nous avons des exemples de passerelles fructueuses avec le cinéma comme Angénieux (groupe Thalès) ou Zeiss.

79 Guenter et al., « Highly Curved Image Sensors ».

80 « French startup is preparing its curved CMOS image sensor for mass production », DPReview, consulté le 9 avril 2021, <https://www.dpreview.com/news/7542036825/french-startup-is-preparing-its-curved-cmos-image-sensor-for-mass-production>.



Illustration 91 : Réseau convexe de capteurs plans du télescope spatial Kepler

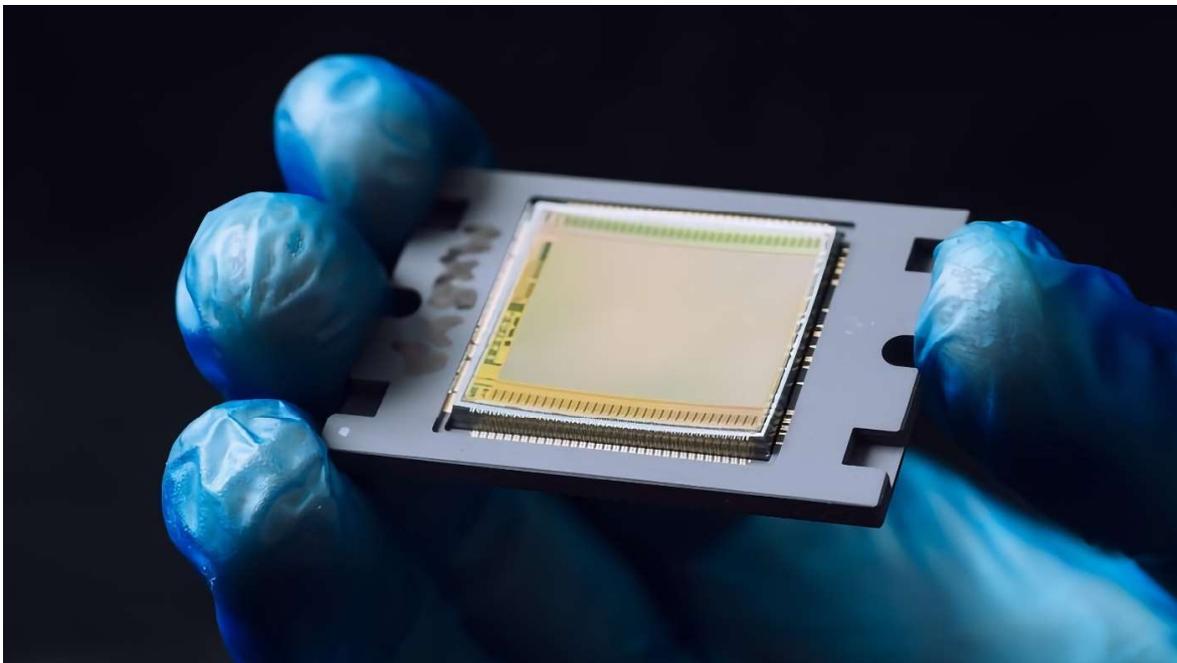


Illustration 92 :Premier capteur courbe concave commercial Curve-One



Illustration 93 : Image produite par le capteur prototype Microsoft Vermont Project

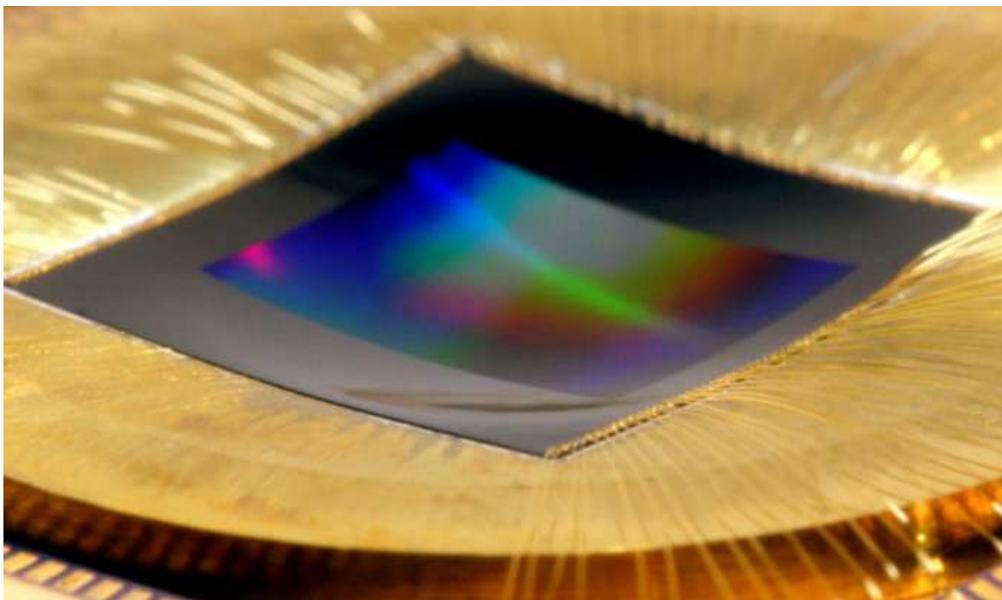


Illustration 94 : capteur prototype Microsoft Vermont Project



Illustration 95 : industrialisation des capteurs courbes par l'entreprise Silina

Nous avons déjà évoqué la simplification conceptuelle de la perspective plane sur la perspective angulaire, la simplicité de sa linéarité proportionnelle dans le plan par rapport à une règle trigonométrique. De la même façon l'adoption de capteurs courbes semi-sphériques rendrait caduques tout nos formats de fichiers et donc tous nos outils et dispositifs numériques. Les coordonnées cartésiennes deviendraient obsolètes et il faudrait tout envisager en coordonnées polaires.



Illustration 96 : Image produite par le capteur courbe développé par Sony

Peut-être est-ce l'étape suivante, après la Renaissance, une nouvelle modernité, encore une fois inspirée de l'Antiquité. Nous ne raisonnerions plus en coordonnées linéaires mais en coordonnées polaires, les bâtiments seraient conçus avec des courbes, et les repères orthonormés seraient abandonnés, considérés comme archaïques. Plus probablement, c'est un changement trop radical et complexe, qui a peu de chance d'advenir.

Mais il y a plus simple pour ce qui nous concerne, c'est à dire la fabrication des images. Emmanuel Hugot (CEO et fondateur de Curve-One, première société à commercialiser des capteurs courbes⁸¹) m'a suggéré lors de notre entretien de considérer des capteurs cylindriques. Selon lui, étant donnés les ratio d'image allongés que nous utilisons en prise de vue cinématographique, un capteur de forme cylindrique serait déjà beaucoup plus proche de l'image sphérique réelle. Il constituerait une bonne approximation tout en maintenant une totale rétro-compatibilité avec tout l'écosystème numérique existant. En effet, contrairement à la sphère, le cylindre peut se dérouler sur un plan, et les coordonnées linéaires cartésiennes pourraient être conservées. Il serait également plus simple à produire. La courbure variable en fonction de la distance focale serait plus envisageable (du moins à une échéance plus proche) qu'avec les capteurs sphériques.

Déjà à la fin du XIX^{ème} siècle, le mathématicien allemand Guido Hauck, qui a travaillé sur la géométrie projective et la photogrammétrie, préconisait de former l'image sur une portion de cylindre que l'on peut aisément développer sur le plan sans distorsion. On obtient alors une perspective cylindrique, c'est-à-dire panoramique⁸². Cette idée de capteur cylindrique est donc loin d'être neuve puisqu'elle fut également mise en application photographique par Thomas Sutton et Jon Augier, qui assemblèrent une trentaine d'appareils à surface sensible cylindrique concave entre 1859 et 1870⁸³. Ces somptueuses fabrications avaient une autre particularité étonnante en dehors du dos cylindrique. L'objectif est un grand-angulaire de conception monocentrique dont Christophe Gaschet détaille les avantages dans sa thèse⁸⁴, et qui inspira notamment le Goerz Hypergon de 1903 et les Zeiss Hologon de 1972 et 1996. Thomas Sutton a créé également le premier appareil reflex et est l'auteur de la première photographie couleur par analyse et synthèse additive en 1861.

81 « CP_AMU_CNRS_CURVE_CapteurCourbe.pdf », consulté le 9 avril 2021, https://www.provence-corse.cnrs.fr/sites/delegation_dr12/files/download-file/CP_AMU_CNRS_CURVE_CapteurCourbe.pdf.

82 Panofsky, Dalai Emiliani, et Ballangé, *La perspective comme forme symbolique*.

83 Rudolf Kingslake, *A history of the photographic lens* (San Diego, Calif., Etats-Unis d'Amérique: Academic Press, 2004, 2004).

84 Christophe Gaschet, « Détecteurs courbes et déformables : applications multidisciplinaires » (PhD Thesis, 2018), <http://www.theses.fr/2018AIXM0601/document>.

La perspective cylindrique est elle-même au moins aussi ancienne que la perspective artificielle et fut expérimentée avec beaucoup de talent par Jean Fouquet au XV^{ème} siècle (cf illustration 86 p99). Nous sommes donc loins d'être en *terra incognita* sur ce vaste sujet.



Illustration 97 : Appareil de photographie panoramique de Sutton et sa plaque concave cylindrique. Objectif globulaire. 1861 Museum Victoria, Londres.

L'utilisation de capteurs courbes dans des appareils de prise de vue entraînerait un changement majeur dans la production des images. Cette évolution technique s'accompagnerait en effet d'une évolution esthétique de la perspective plane vers une perspective légèrement curviligne, comparable à la perspective anamorphique, ou aux perspectives synthétiques d'Ambrogio Lorenzetti et Léonard de Vinci. Il faudrait alors envisager un rayon de courbure de même ordre des écrans (comme ceux qui équipent les cinéma Max Linder ou Pathé Wepler, et non comme la Géode dont le but est très différent de ce qui nous intéresse ici) pour que la

projection reste conforme⁸⁵, à moins de retrouver tous les problèmes optiques et perspectifs au stade de la diffusion. On obtiendrait les avantages de l'anamorphique sans ses inconvénients, avec des optiques compactes et légères, dotées de grandes ouvertures et dépourvues des aberrations telles que nous les connaissons.



Illustration 98 : Objectif panoramique de Thomas Sutton, design monocentrique. Espace entre lentilles rempli d'eau. Angle de champ 120°. A history of the photographic lens de Rudolf Kingslake.

Cependant cette évolution vers une perspective sphérique ou cylindrique paraît peu probable à courte échéance, car le cinéma, industrie artistique, si tant est que cette expression ait un sens, est peu propice à la recherche et à l'innovation. La recherche est orientée par les intérêts commerciaux, et les intérêts du cinéma ne font que rarement appel à la recherche. Peu probable, mais pas impossible. Rappelons que l'hypergonar, breveté, fonctionnel et industrialisable, est resté pendant trente ans sur l'étagère avant de connaître le succès⁸⁶, qui ne s'est pas démenti depuis lors.

85 Clerc et Fabry, *La technique photographique*.

86 Jean-Jacques Meusy, *Le cinémascope entre art et industrie*: (Paris, France: Association française de recherche sur l'histoire du cinéma, 2004).



Conclusion

Quelle perspective définit-elle la construction de nos images de cinéma ? On considère souvent qu'il s'agit de la perspective artificielle codifiée à la Renaissance, et qu'elle est donc unique, acquise et définitive, évacuant tout questionnement. Parce qu'on la pratique en permanence, et ce de manière automatisée, l'habitude a force de loi, et prévaut. Ce faisant la question du rendu perspectif de nos images apparaît aujourd'hui comme un pan négligé, ou bien abordé de façon simpliste, dans l'approche technique et artistique que nous avons de nos appareils de prise de vue. C'est pourtant une question bien plus fondamentale, quant à la représentation que nous produisons du monde, que le bokeh ou la résolution des optiques. Nous avons en quelque sorte oublié les difficultés soulevées par les artistes et théoriciens au cours de l'évolution de l'art pictural au sujet de la perspective plane que nous utilisons aujourd'hui. Ces problématiques sont pourtant au cœur du métier d'opérateur de prise de vue, dont nous avons vu qu'il descend en droite ligne de celui des perspectivistes du passé.

Au début de ce travail nous avons cherché dans les textes à quelles connaissances lointaines la perspective prenait sa source, au-delà de l'origine de la *perspectiva artificialis* de la Renaissance. Une fois établie l'identité de la perspective artificielle et de l'image formée par une lentille sur une surface plane, nous avons voulu comprendre pourquoi cette image pouvait être à la fois rigoureuse et infidèle. Nous avons conçu et utilisé un moyen très simple de mettre en évidence les anamorphoses contenues dans la plupart des images que nous produisons, telles que nous les regardons, et l'avons appliqué à différentes configurations de prise de vue de référence. Cela nous a permis de rendre la théorie accessible à tous par l'expérience, ainsi que de prouver indéniablement le bien-fondé des critiques anciennes de la perspective artificielle, et des thèses des historiens de l'art s'y rapportant.

Nous avons vu enfin que la perspective qui préside à la construction des images en prise de vue photographique et cinématographique n'est pas figée et unique. En dehors des choix subtils de formats et de focales, nous avons deux grandes options que sont la perspective plane avec optiques sphériques, et la perspective panoramique avec optiques anamorphiques. En attendant une

hypothétique troisième voie constituée des capteurs à courbure sphérique ou cylindrique, qui pourrait bien advenir au vu de la course dans laquelle se sont engagés nombres de laboratoires de recherches et de groupes industriels. Reste à savoir sous quel horizon nous pourrions composer et produire des images avec cette nouvelle, et à la fois très ancienne, perspective synthétique. Bien-sûr la période moderne, qui a vu le développement généralisé de la *perspectiva artificialis* peu de temps après son invention, fut une époque de guerre contre la nature, où l'on prôna la supériorité de l'angle droit et du jardin à la française, avant que l'on ne s'intéresse de nouveau aux courbures du style dorique. Le biomimétisme, cette tendance à s'inspirer du vivant, que ce soit en avionique ou en architecture, bien que pratiquée par Léonard de Vinci, n'était plus vraiment à l'ordre du jour. Qu'en est-il aujourd'hui ? Allons-nous retrouver l'esprit des renaissances techniques et culturelles et faire évoluer nos perspectives ? C'est une possibilité non négligeable, bien que peu probable.

Hommage à la caméra, cet appareil aussi ancien que moderne, tenant plus du gnomon antique que de la photocopieuse, cette dernière produisant pourtant des images, mais pas de perspective. La sophistication et l'automatisation des outils nous font oublier l'essentiel, ce sont toujours l'œil et la main qui façonnent le monde, et lui donnent un sens en le rendant lisible. La perspective est le matériau de l'opérateur de prise de vue, et les optiques ses outils. La caméra, claire ou obscure, a toujours été un instrument de connaissance. Au cours de cette étude laconique des perspectives cinématographiques, nous avons pu tisser un lien entre les images de l'Antiquité, de la Renaissance, du présent, et peut-être de l'avenir. Ce texte ne serait alors qu'une introduction à une recherche plus vaste.

Références bibliographiques

- Aumont, Jacques. *L'image*. Paris, France: Nathan, DL 2000, 2000.
- . *L'image*. Paris, France: Nathan, DL 2000, 2000.
- Barthes, Roland. *La chambre claire: note sur la photographie*. Paris, France: Editions de l'Etoile: Gallimard: Seuil, 1980.
- Belting, Hans, Naïma Ghermani, et Audrey Rieber. *Florence et Bagdad: une histoire du regard entre Orient et Occident*. Paris, France: Gallimard, 2012.
- Belting, Hans, Christian Joschke, Grandes conférences de Lyon, et Université Lumière. *La double perspective: la science arabe et l'art de la Renaissance*. Dijon, France: les Presses du réel, 2010.
- Bonnet-Bidaud, Jean-Marc, et Thomas Lepeltier. *Big bang: histoire critique d'une idée*. Paris, France: Gallimard, 2021.
- Bunim, Miriam Schild. « Space in medieval painting and the forerunners of perspective ». New York, Etats-Unis d'Amérique: Columbia University Press, 1940.
- Chabé, Julien, Adrien Bourgoïn, et Nicolas Rambaux. « Histoire de la Télémétrie laser terre-lune ». *Photoniques*, n° 103 (juillet 2020): 26-29.
<https://doi.org/10.1051/photon/202010326>.
- Clark, Kenneth, Eleanor Levieux, et Françoise Rosset. *Léonard de Vinci*. Paris, France: Librairie générale française, DL 2005, 2005.
- Clerc, Louis-Philippe. *La Technique photographique: avec 281 figures*. Paris, France: Publications Photo-cinéma, 1957.
- Clerc, Louis-Philippe, et Charles Préfacier Fabry. *La technique photographique*. 2 vol. Paris, France: Publications photographiques Paul Montel, 1926.
- TSF. « Comparatif "très grands capteurs": révolution ? », 4 avril 2018.
<https://www.tsf.fr/moyen-format-grands-capteurs/>.
- « CP_AMU_CNRS_CURVE_CapteurCourbe.pdf ». Consulté le 9 avril 2021.
https://www.provence-corse.cnrs.fr/sites/delegation_dr12/files/download-file/CP_AMU_CNRS_CURVE_CapteurCourbe.pdf.
- Damisch, Hubert. *L'origine de la perspective*. Paris, France: Flammarion, impr. 2012, 2012.
- David Hockney's Secret Knowledge*. Mississauga, Ont.: Distributed by McNabb Connolly, 2001.
- Déotte, Jean-Louis. *L'époque de l'appareil perspectif: (Brunelleschi, Machiavel, Descartes)*. Paris, France, Canada, Hongrie, 2001.
- Descargues, Pierre. *Dürer*. Paris, France: A. Somogy, 1954.
- École pratique des hautes études . Section des sciences historiques et philologiques, et Institut national d'histoire de l'art. *Lumière et vision dans les sciences et dans les arts: de l'Antiquité au XVIIe siècle*. Édité par Michel Hochmann et Danielle Jacquart. Genève, Suisse: Droz, 2010.
- Ferrari, Marc, Bertrand Chambion, Christophe Gaschet, Emmanuel Hugot, Stéphane

- Gétin, Thibault Behaghel, Wilfried Jahn, et al. « Curved Sensors for Compact High-Resolution Wide-Field Designs: Prototype Demonstration and Optical Characterization ». In *Photonic Instrumentation Engineering V*, édité par Yakov G. Soskind, 40. San Francisco, United States: SPIE, 2018. <https://doi.org/10.1117/12.2291472>.
- Flocon, Albert, et René Taton. *La perspective*. Paris, France: Presses universitaires de France, 1994, 1994.
- Florenskij, Pavel Aleksandrovič, et Olivier Kachler. *La perspective inversée: Florenski et les forces symboliques*. Paris, France: Allia, 2013.
- Francastel, Pierre. *Peinture et société: naissance et destruction d'un espace plastique*. Lyon, France: Audin éditeur, 1951.
- DPreview. « French startup is preparing its curved CMOS image sensor for mass production ». Consulté le 9 avril 2021. <https://www.dpreview.com/news/7542036825/french-startup-is-preparing-its-curved-cmos-image-sensor-for-mass-production>.
- Gardies, André, et Jean Bessalel. *200 mots-clés de la théorie du cinéma*. Paris, France: Les éditions du Cerf, 1992.
- Gaschet, Christophe. « Détecteurs courbes et déformables : applications multidisciplinaires », 2018. <http://www.theses.fr/2018AIXM0601/document>.
- . « Détecteurs courbes et déformables : applications multidisciplinaires », 2018. <http://www.theses.fr/2018AIXM0601/document>.
- Gaudart, Louis, et Maurice Albet. *Physique photographique*. Paris, France: le Temps approuvoisé, 1997.
- Genette, Gérard. *Métalepse: de la figure à la fiction*. Paris, France: Éditions du Seuil, 2009.
- Gombrich, Ernst Hans, et Guy Durand. *L'art et l'illusion: psychologie de la représentation picturale*. Paris, France: Gallimard, 1996.
- Gould, Stephen Jay, et Marcel Blanc. *La structure de la théorie de l'évolution*. Paris, France: Gallimard, 2006.
- Guenter, Brian, Neel Joshi, Richard Stoakley, Andrew Keefe, Kevin Geary, Ryan Freeman, Jake Hundley, et al. « Highly Curved Image Sensors: A Practical Approach for Improved Optical Performance ». *Optics Express* 25, n° 12 (12 juin 2017): 13010-23. <https://doi.org/10.1364/OE.25.013010>.
- Hazan, Olga. « 9. La perspective linéaire ». In *Le mythe du progrès artistique : Étude critique d'un concept fondateur du discours sur l'art depuis la Renaissance*, 337-63. Thématique Art et littérature. Montréal: Presses de l'Université de Montréal, 2018. <http://books.openedition.org/pum/15892>.
- Hockney, David. *Secret knowledge: rediscovering the lost techniques of the old masters*. London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord: Thames & Hudson, 2006.
- Joly, Martine. *L'image et les signes*. Paris, France: Armand Colin, 2016.
- Kingslake, Rudolf. *A history of the photographic lens*. San Diego, Calif., Etats-Unis d'Amérique: Academic Press, 2004, 2004.
- Beaux Arts. « La camera obscura : le secret de Vermeer ? » Consulté le 9 avril 2021.

- <https://www.beauxarts.com/grand-format/ep-1-camera-obscura-le-secret-de-vermeer/>.
- Léonard de Vinci, Manlio Brusatin, et Vittorio Mandelli. *Codice C*. Milan, Italie: Abscondita, 2006.
- Maury, Jean-Pierre. *Comment la terre devint ronde*. Paris, France: Gallimard, 1989.
- Museo Leonardiano. *L'ottica di Leonardo: tra Alhazen e Keplero*. Édité par Linda Luperini. Milano, Italie: Skira, 2008, 2008.
- Nicéron Jean François. « La Perspective curieuse ou Magie artificielle des effets merveilleux de l'optique, par la vision directe, de la catoptrique, par la réflexion des miroirs plats, cylindriques et coniques, de la dioptrique, par la réfraction des cristaux, dans laquelle, outre un abrégé & methode generale de la perspective commune, reduite en pratique sur les cinq corps reguliers, est encore enseignee la façon de faire & construire toute sortes de figures difformes [...] par le père F. Jean François Niceron [...] ». Bibliothèque de l'Institut National d'Histoire de l'Art, collections Jacques Doucet, 1 janvier 1638. <http://bibliotheque-numerique.inha.fr/idurl/1/11579>.
- Panofsky, Erwin, Marisa Dalai Emiliani, et Guy Ballangé. *La perspective comme forme symbolique: et autres essais*. Paris, France: Les Éditions de Minuit, 1975.
- Papadopoulos, Constantinos. *Oxford Handbook of Light in Archaeology*, 2018. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198788218.001.0001>.
- Ray, Sidney F. *Applied photographic optics: imaging systems for photography, film, and video*. London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, 1988.
- Revault d'Allonnes, Fabrice. *La lumière au cinéma*. Paris, France: Cahiers du cinéma, 1991.
- Sarduy, Severo, et Jacques Henric. *Barroco*. Paris: Gallimard, 1991.
- Savoie, Denis. « Usages astronomiques du gnomon au cours des siècles ». *Comptes Rendus Geoscience* 350, n° 8 (décembre 2018): 487-97. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.08.001>.
- Simon, Gérard. *Archéologie de la vision: l'optique, le corps, la peinture*. Paris, France: Éditions du Seuil, 2003.
- Szabó, Árpád, Erka Maula, et Michel Federspiel. *Les débuts de l'astronomie, de la géographie et de la trigonométrie chez les Grecs*. Paris, France: Librairie philosophique J. Vrin, 1986.
- Torralba, A., et W. T. Freeman. « Accidental Pinhole and Pinspeck Cameras: Revealing the Scene Outside the Picture ». In *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 374-81. Providence, RI: IEEE, 2012. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6247698>.
- « Un Instrument Babylonien Pour Déterminer Le Nord Sur Mars | Drupal ». Consulté le 5 août 2022. <https://www.insu.cnrs.fr/en/node/4787>.
- Universalis, Encyclopædia. « CHAMBRE NOIRE ou CHAMBRE OPTIQUE ». Encyclopædia Universalis. Consulté le 5 août 2022. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/chambre-noire-chambre-optique/>.

- White, John, et Catherine Fraixe. *Naissance et renaissance de l'espace pictural*. Paris, France: A. Biro, 1992.
- Wölfflin, Heinrich, et Guy Ballangé. *Renaissance et baroque*. Édité par Bernard Teyssède. Paris, France: Le Livre de poche, 1961.
- Wölfflin, Heinrich, Claire Raymond, Marcel Raymond, Catherine Préfacier Wermester, et Heinrich Préfacier Wölfflin. *Principes fondamentaux de l'histoire de l'art*. Marseille, France: Parenthèses, 2017.
- Young, Matt. « The pinhole camera: Imaging without lenses or mirrors ». *The Physics Teacher* 27, n° 9 (1 décembre 1989): 648-55.
<https://doi.org/10.1119/1.2342908>.

Table des illustrations

1. *Les Époux Arnolfini*, Jan Van Eyck, 1434. Huile sur panneau de chêne, National Gallery, Londres
2. La Tour de l'ombre, érigée au XIII^e siècle. Schéma fonctionnel avec son sténopé mobile permettant d'améliorer la précision des mesures. Par Aubry Gérard — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64723148>
3. La Tour de l'ombre : l'instrument monumental et sa méridienne vue du gnomon, observatoire antique de Gaofeng, Chine. Par takwing.kwong — <https://www.flickr.com/photos/takwing/5067023546/>, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12099299>
4. Tour de l'Ombre, la méridienne vue du gnomon. Observatoire de Gaofeng, Chine. Par Siyuwj, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44463507>
5. Méthode du calcul des dimensions de la Terre par Erathosthène de Cyrène au III^e siècle avant JC. ©Schoolmov
6. Implantation de la méridienne de Jean-Dominique Cassini à Bologne. BnF, Gallica, Meridiana, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53338537>
7. Gnomon lunaire de la NASA sur le programme Apollo. Par NASA — <http://www.hq.nasa.gov/alsj/a17/AS17-137-20990HR.jpg>, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18563065>
8. Sur la surface de Mars, gnomon conçu par Denis Savoie et intégré au sismomètre SEIS équipant InSight, atterrisseur martien de la NASA, permettant de recalibrer l'IMU par rapport au soleil. Nasa/JPL Caltech
9. Détermination linéaire erronée des équinoxes par rapport aux solstices.
10. Détermination angulaire correcte des équinoxes par rapport aux solstices.
11. Scaphé de type grec conservé au Musée de Clemens-Sels, Neuss. Par Hartmann Linge — Travail personnel (Texte original : eigene Aufnahme), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11872850>
12. Scaphé de type romain provenant d'Al Khanoum, [musée Guimet, Paris](#).
13. Cadran solaire plan horizontal de Pompéï. Par Kergeo — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48889785>
14. Cadran plan finalisé par projection de l'analemme
15. Schéma illustrant les échelles de distance différentes en perspective plane et en perspective angulaire
16. Projection Mercator. Projection cylindrique conforme : conserve les angles et les formes mais pas les aires ni les distances.
17. Projection Winkel-Tripel. Moyenne arithmétique de la projection cylindrique équidistante et de la projection d'Aitoff. Compromis entre les différentes déformations, elle n'est ni conforme, ni équivalente.
18. Projection de Lambert conique conforme

19. Projection Equal Earth
20. Indicatrice de Tissot pour Equal Earth.
21. Sténopé accidentel
22. explication schématique du sténopé négatif
23. Perspective plane par sténopé
24. Illustration 19 : *Les Epoux Arnolfini*, Jan Van Eyck, 1434. Huile sur panneau de chêne. National Gallery, Londres. Détail du chandelier et du miroir convexe.
25. Camera obscura portative
26. Principe optique de la camera lucida
27. *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne. National Gallery, Londres.
28. *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne, National Gallery, Londres. Détail des différents gnomons et cadrans solaires.
29. *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne., National Gallery. Londres. Détail du rendu réaliste du drapé à motif.
30. *Les ambassadeurs*, Hans Holbein le Jeune, 1533. Huile sur panneaux de chêne., National Gallery. Londres. Détail du crâne anamorphosé. Par Thomas Shahan — Hans Holbein's "The Ambassadors", Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13240490>
31. *Le corps du Christ mort dans la tombe*, Hans Holbein le Jeune, 1522. Huile et tempera sur panneaux de bois de tilleul, 30,5x200cm, Kunstmuseum Basel By Hans Holbein the Younger - John Rowlands, *Holbein: The Paintings of Hans Holbein the Younger*, Boston: David R. Godine, 1985, ISBN 0879235780., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5968294>
32. *David*, Michelangelo Buonaroti, dit Michel-Ange
33. *La città ideale*, panneau dit d'Urbino, attribué à Piero della Francesca puis Luciano Laurana puis Francesco di Giorgio Martini Par anonyme — cgfa.sunsite.dk, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=178886>
34. *La città ideale*, panneau dit de Berlin, attribution incertaine
35. *La città ideale*, panneau dit de Baltimore, attribué à Fra Carnevale
36. Construction en perspective plane à point de fuite unique, et construction en perspective angulaire à axe de fuite. D'après Panofsky, *La perspective comme forme symbolique*, Les éditions de minuit, Paris, 1975.
37. *Melencolia I*, Albrecht Dürer, 1514. Gravure sur cuivre. Metropolitan museum of art, NYC.
38. Schéma explicatif des déformations latérales (ou distortions ou aberrations marginales selon les auteurs) observées sur une colonnade en perspective plane en plan de coupe, problème bien connu des peintres.
39. Arcs et tangentes : relation entre l'angle de vision et sa projection plane : angles et arcs sont égaux, non leur projection plane. Lorsque que l'on

représente un objet plan en perspective plane, on a une relation homothétique régulière, mais ça n'est pas le cas pour les volumes. Et la perspective traite de volumes, non de plans.

40. Anamorphose en fonction de l'angle de champ en perspective plane. D'après Moëssard cité par L..P. Clerc⁸⁷.
41. Aberrations latérales et non-coïncidence des images perspectives et rétinienne ; coïncidence des images rétinienne relatives à l'objet et à la perspective de l'objet lorsque les points de vue coïncident. D'après Decio Gioseffi, *Perspectiva Artificialis*, Trieste, 1957.
42. Maquette réalisée pour mettre en pratique la perspective de la colonnade, ici photographiée avec un boîtier Nikon (capteur DX proche des dimensions S35mm) et un objectif Nikkor 50mm.
43. Idem, avec un boîtier Nikon (capteur DX proche des dimensions S35mm) et un objectif Nikkor 16mm.
44. Indicatrices de déformations de Tissot pour la projection Mercator
45. Mire volumique réalisée avec des sphères régulières de diamètre 40mm, qui sont de simples balles de ping-pong. Dimensions de l'ensemble : 30x50cm
46. Mire V3
47. iPhone 13, objectif normal
48. iPhone 13, objectif grand-angulaire.
49. Mire volumique photographiée avec un boîtier Nikon DX, objectif Nikkor 16-50 @50mm.
50. Boîtier Nikon DX , objectif Nikkor 16-50 @16mm
51. Une partie du matériel utilisé pour ces essais chez Transpacam, Arri Alexa Mini, série Leica Summicron et Cooke S4 Mini
52. Interface du freeware ImageJ pour faire les mesures sur les fichiers d'essais.
53. Cooke S4 Mini 75mm, mire volume
54. Cooke S4 Mini 18mm, mire volume
55. Cooke S4 Mini 25mm, mire volume et mire plane
56. idem pour le Cooke S4 Mini 18mm
57. id. Leica Summicron 75mm
58. id. Leica Summicron 25mm
59. id. Leica Summicron 18mm
60. idem Angénieux 30-90 @ 30mm
61. idem Angénieux 30-90 @ 75mm
62. Zeiss Master Ana 100mm
63. Zeiss Master ana 50mm
64. Zeiss Master Ana 35mm
65. Angénieux 30-72mm anamorphique @ 30mm
66. Angénieux 30-72mm anamorphique

87 [Louis-Philippe Clerc, La Technique photographique: avec 281 figures \(Paris, France: Publications. Photo-cinéma, 1957\).](#)

67. Sténopé, angle horizontal 70°, équivalent à un 24mm sur l'Alexa mini utilisée pour les essais. Mire volume
68. Schéma explicatif des déformations de l'image des volumes et termes de la formule donnant le facteur d'élongation linéaire
69. *Il était une fois en Anatolie*, Nuri Bilge Ceylan, 2011. D.P. Gökhan Tiryaki
70. *Good morning*, Yasujiro Ozu, 1959. D.P. Yûharu Atsuta. Sphérique 1.37:1.
71. *Good morning*, Yasujiro Ozu, 1959. D.P. Yûharu Atsuta. Sphérique 1.37:1.
72. *Quatre hommes sur le toit*, Sao Paulo. 1960. René Burri. Magnum Photos. Fondation René Burri. Musée de l'Élysée.
73. *L'Évangile selon Saint-Mathieu*, Pier Paolo Pasolini, 1964. D.P. Tonino Delli Colli. Sphérique 1.66:1
74. *La loi du marché*, Stéphane Brizé, 2015. D.P. Éric Dumont
75. *La Favorite*, Yorgos Lanthimos, 2018. D.P. Robbie Ryan
76. *Maya*, Mia Hansen-Love, 2018. D.P. Hélène Louvart. Sphérique
77. *Apocalypse now*, Francis Ford Coppola, 1979. D.P. Vittorio Storaro, anamorphique (Technovision/Cooke et Todd-AO). 2:1 (Univisium) ou 2.2:1 (copies 70mm) ou 2.39:1 (copies 35mm).
78. *Dogville*, Lars Von Trier, 2003. D.P. Anthony Dod Mantle, sphérique 2.35:1.
79. *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm.
80. *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm. Point de fuite unique et horizon correspondant.
81. *La Cène*, Léonard de Vinci, 1495-1498, église Santa Maria delle Grazie, Milan, 440x880cm. Détail du banquet.
82. *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome. Au moins trois horizons différents coexistent : pour l'avant-plan, l'architecture, et les personnages.
83. *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome. 440x770cm
84. *L'école d'Athènes*, Raphaël, 1508-1512, Palais du Vatican, Rome. 440x770cm. Détail sur Euclide (ou Archimède). Sphères et proportions.
85. *The Little Drummer Girl*, Park Chan-Wook, 2018. D.P. Woo-Hyung Kim, anamorphique
86. *Entrée de l'empereur Charles IV à Saint-Denis*, Jean Fouquet, 1455-1460. Perspective angulaire curviligne (ou panoramique). Grandes Chroniques de France. Paris, BnF, département des Manuscrits, Français 6465, fol. 442 (Livre de Charles V).
87. *Le Mépris*, Jean-Luc Godard, 1963. D.P. Raoul Coutard, anamorphique (Franscope).
88. *The Grand Budapest Hotel*, Wes Anderson, 2014. D.P. Robert Yeoman, partie anamorphique (Technovision, Cooke)
89. *Punch-drunk love*, Paul-Thomas Anderson, 2002. D.P. Robert Elswit, anamorphique (Panavision)
90. Brevets Apple, Canon et Sony pour des systèmes à capteurs courbes

91. Réseau convexe de capteurs plans du télescope spatial Kepler
92. Premier capteur courbe concave commercial Curve-One
93. Image produite par le capteur prototype Microsoft Vermont Project
94. capteur prototype Microsoft Vermont Project
95. Industrialisation de capteurs concaves par Silina
96. Image produite par le capteur courbe développé par Sony
97. Appareil de photographie panoramique de Sutton et sa plaque concave cylindrique. Objectif globulaire monocentrique. 1861. Museum Victoria, Londres.
98. Objectif panoramique de Thomas Sutton, design monocentrique. Espace entre lentilles rempli d'eau. Angle de champ 120° . *A history of the photographic lens*, Rudolf Kingslake, Academic Press.

[Perspective(s) du cinéma]

Perspective, optique, cadre, cadrage, cinéma, point de vue, angle de champ, profondeur de champ, objectif sphérique, objectif anamorphique, anamorphose, camera obscura, camera lucida, chambre noire, chambre claire, photographie, peinture, sculpture, architecture, Renaissance, Antiquité, prospectiva pingendi, perspectiva artificialis, perspectiva naturalis, perspective synthétique, perspective panoramique, cinemascope, curvilinéaire, rectilinéaire, capteur courbe, courbure de champ

Mots-clés

[Perspective(s) and cinematography]

Perspective, optics, frame, framing, cinema, point of view, viewing angle, depth of field, spheric lens, anamorphic lens, anamorphosis, camera obscura, camera lucida, cinematography, photography, painting, sculpture, architecture, renaissance, antiquity, prospectiva pingendi, perspectiva artificialis, persepectiva naturalis, synthetic perspective, panoramic perspective, cinemascope, rectilinear, curvilinear, curved sensor, field curvature

Keywords