

L'analyse de l'illusion lunaire
par Ibn al-Haytham

Bisan Lecture
11 January 2023

A. Mark Smith
Professor of History, Emeritus
University of Missouri
Columbia, Missouri, USA

Permettez-moi de commencer par une très brève esquisse biographique d'Ibn al-Haytham.

Abū ‘Alī al-Ḥasan bin al-Ḥasan
bin al-Haytham
أبو علي الحسن بن الحسن بن الهيثم
(965?-1040?)

Malheureusement, ce que nous savons, ou pensons que nous savons, de sa vie et de ses oeuvres, est fondé presque entièrement sur deux sources du XIII^e siècle, écrites toutes deux longtemps après sa mort et toutes deux problématiques. L’une d’elles, par exemple, fait référence à Ibn al-Haytham avec le prénom « al-Hasan », l’autre avec le prénom « Muhammed ». Et il y a d’autres incohérences, dont plusieurs sont importantes. Par conséquent, il est difficile d’établir de manière certaine les faits de sa vie. Le mieux que nous puissions faire est d’avancer avec précaution.

Pour commencer, on s’accorde de manière générale pour dire qu’Ibn al-Haytham est né à Bassora, en Iraq, autour de 965, et est mort au Caire au tout début de 1040. Mathématicien doué, avec un talent inhabituel pour une pensée claire et systématique, il a écrit sur une large variété de sujets techniques, de la géométrie pure et de l’arithmétique à l’optique, à l’astronomie et à la cosmologie. Il est crédité au total de près de 100 ouvrages sur des sujets scientifiques. Un peu plus de la moitié sont actuellement disponibles, sous une forme partielle ou complète.

Le plus long et le plus influent de ces ouvrages a été, de loin, le monumental...

Kitāb al-Manāẓir
كتاب المناظر
“Book of Optics”

...*Kitāb al-Manāẓir*, ou « Livre d’optique », qu’il a probablement composé à la fin de sa vie. Un des deux seuls de ses écrits à avoir été traduit en latin pendant le Moyen Âge, il y a été connu sous le titre...

Kitāb al-Manāẓir

كتاب المناظر

“Book of Optics”

De aspectibus

“On Visual Appearances”

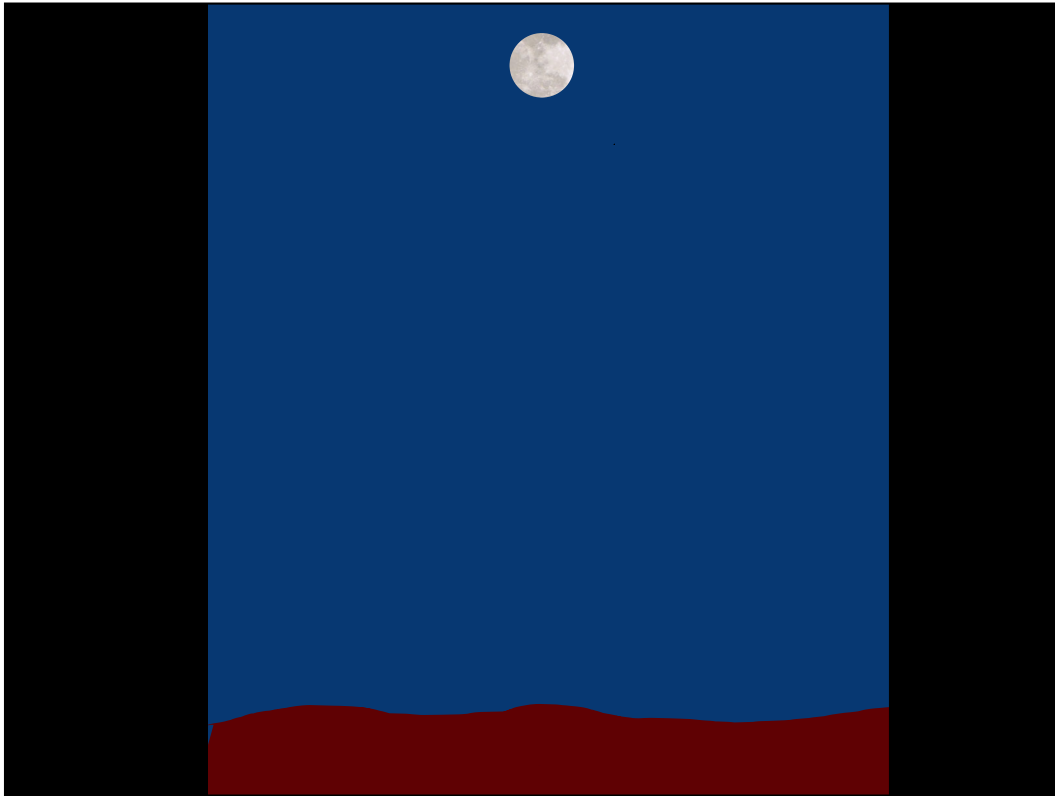
al-Ḥasan = Alhacen

...*De aspectibus*, ou « Sur les apparences visuelles », et a été attribué à « Alhacen », une transcription raisonnablement correcte du nom d'Ibn al-Haytham. C'est par cette version, et non par l'original arabe, que le *Kitāb al-Manāẓir* a été largement accepté comme une source canonique pour l'optique pendant la fin du Moyen Âge et la Renaissance. C'est aussi cette version que j'ai passé la majeure partie de ma carrière à étudier et à traduire.

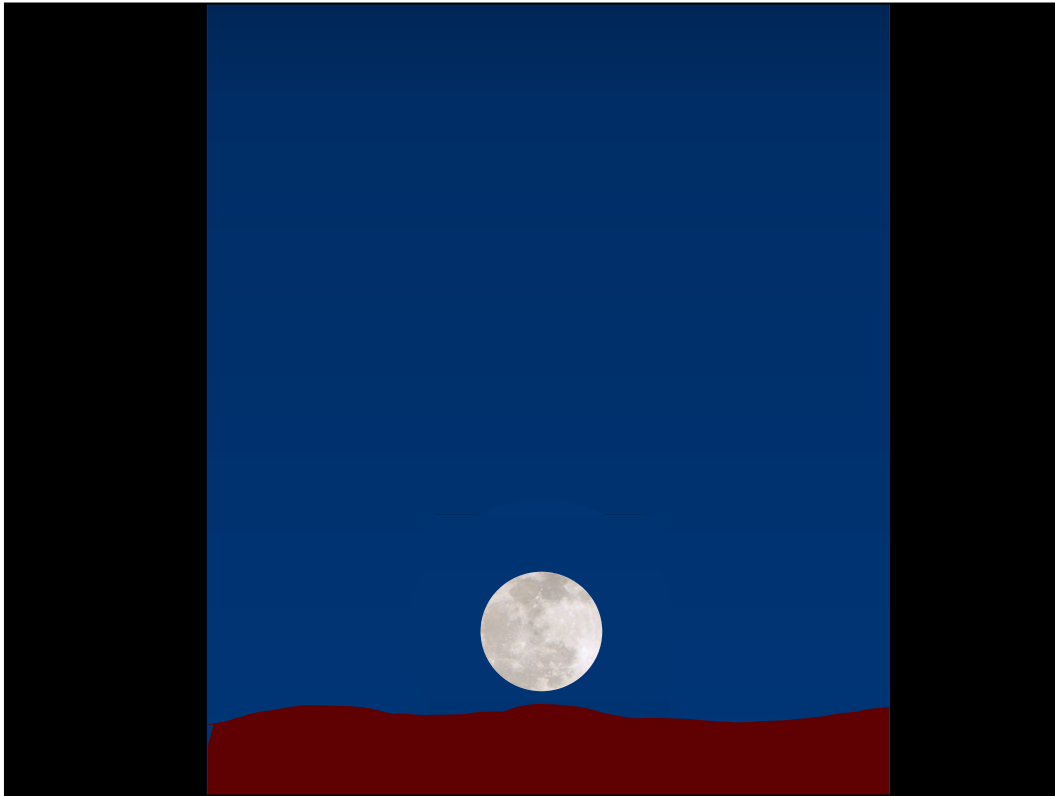
Composé de sept livres, le *Kitāb al-Manāẓir* couvre tous les aspects de la vision depuis la physique de la lumière jusqu'à la physiologie et la psychologie de la perception visuelle. La description qui en résulte, appuyée en grande partie sur des raisonnements géométriques complexes, est remarquable par l'ampleur de son envergure, le niveau de détail de son analyse et la subtilité de son approche — à tel point qu'Ibn al-Haytham a, sur cette base, gagné sa place parmi les penseurs scientifiques les plus importants, non seulement de son temps, mais de tous les temps.

C'est donc sur le *Kitāb al-Manāẓir* que je vais me focaliser dans ce bref exposé. Plus spécifiquement, je me focaliserai sur la description par Ibn al-Haytham de l'illusion lunaire à la toute fin du traité. J'ai choisi de me concentrer sur elle pour deux raisons : d'abord, parce que la comprendre et l'apprécier n'exige pas d'expertise technique et, ensuite, parce que cela exemplifie l'ingéniosité avec laquelle Ibn al-Haytham a adapté, assimilé et finalement transcendé ses sources.

En bref, l'illusion lunaire est basée sur la magnification apparente de la Lune (ou du Soleil) quand ils descendent sur l'horizon. Cela est illustré ici,...



...où la Lune semble assez petite quand on la voit haut dans le ciel du soir ou de la nuit et beaucoup plus grande...



...quand on la voit près de l'horizon. Nous avons tous eu l'expérience de ce phénomène et si on nous demande d'estimer l'agrandissement de la Lune ou du Soleil à l'horizon, beaucoup d'entre nous conjectureraient qu'ils sont au moins deux fois plus grands, et même encore plus grands dans certains cas.

En fait, il n'y a aucune magnification. La Lune et le Soleil ne sont pas plus grands à l'horizon que directement au-dessus de nos têtes au zénith, les deux sous-tendant un arc d'environ un demi-degré aux deux points. Les deux corps célestes, en bref, sous-tendent le même angle visuel où qu'ils se trouvent dans le ciel. A certains moments, en fait, ils peuvent apparaître comme aplatis, et alors *rétrécis*, par la réfraction atmosphérique à l'horizon, comme illustré ici,...



...où la forme de la Lune est altérée par un tel aplatissement.



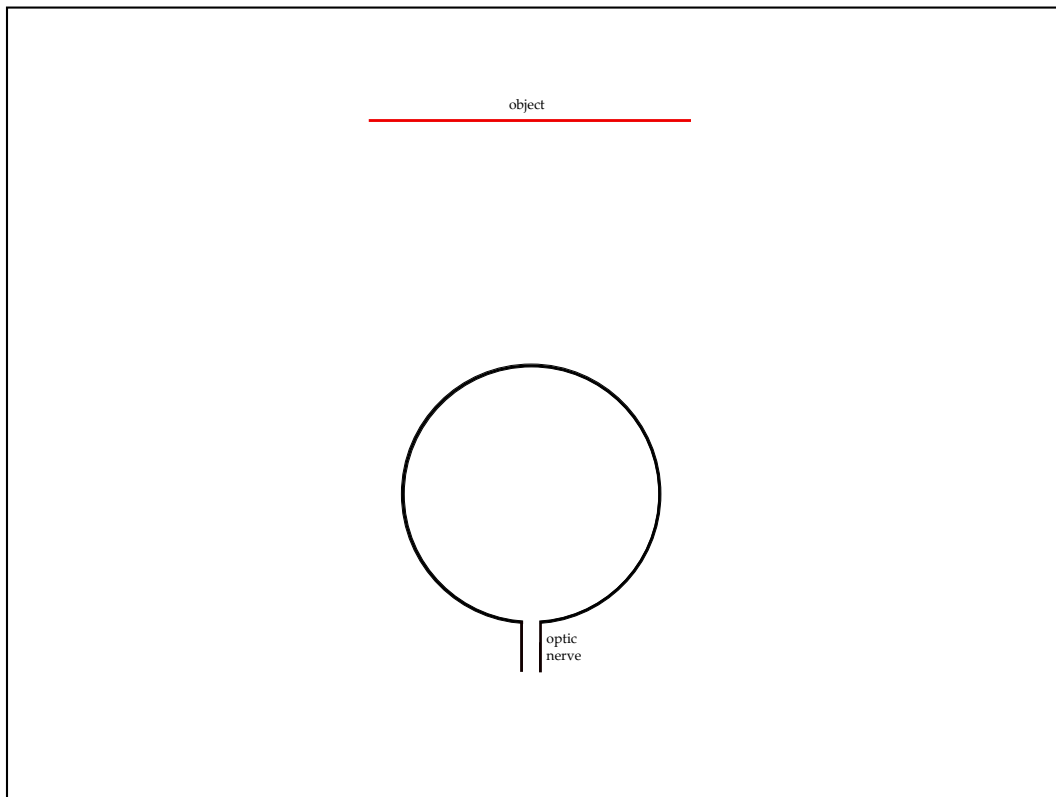
Ici, nous voyons le même effet avec le Soleil, le résultat étant que, comme pour la Lune, il apparaît un peu aplati à l'horizon.

Le problème, par conséquent, est d'expliquer pourquoi l'agrandissement *apparent* se produit à l'horizon et, comme nous le verrons, la solution d'Ibn al-Haytham dépend d'une compréhension assez subtile de la manière dont nous percevons la distance et la taille. Mais pour apprécier l'élégance de cette solution, nous avons besoin de jeter un rapide coup d'oeil à sa source clé : le penseur gréco-romain Ptolémée,...

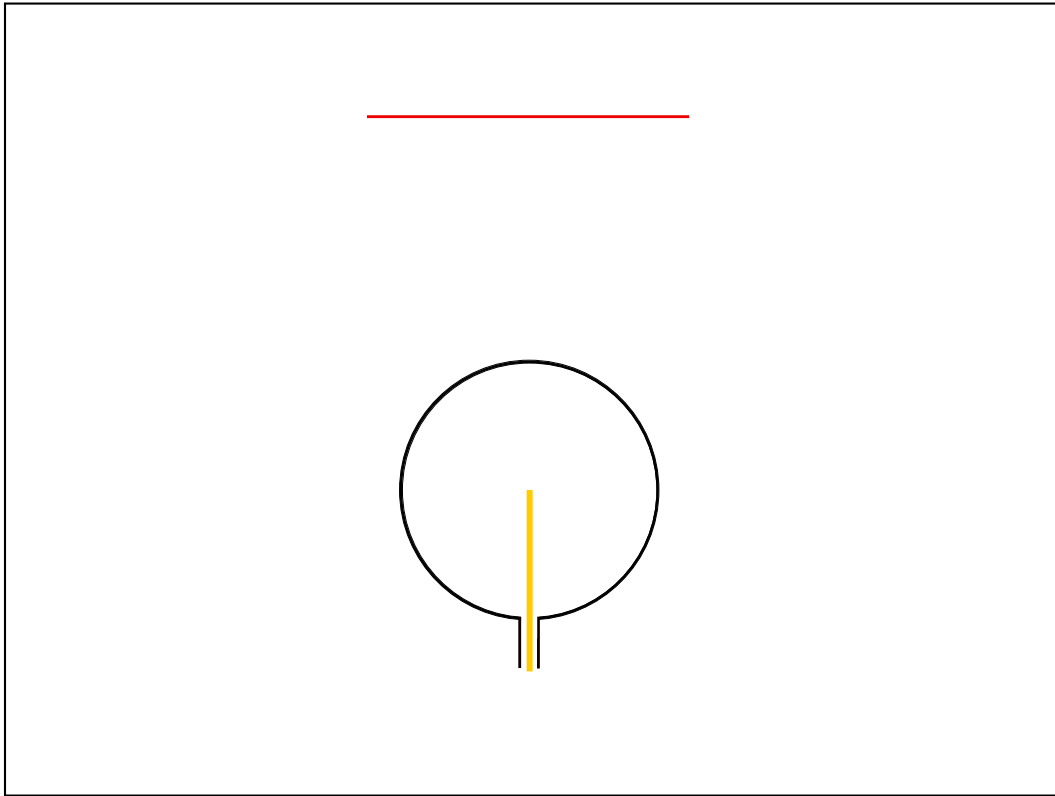
Ptolemy
Baṭlūmyūs
بطليموس
Optics (160 CE)

...dont l'*Optique* a servi de modèle pour le *Kitāb al-Manāẓir*.

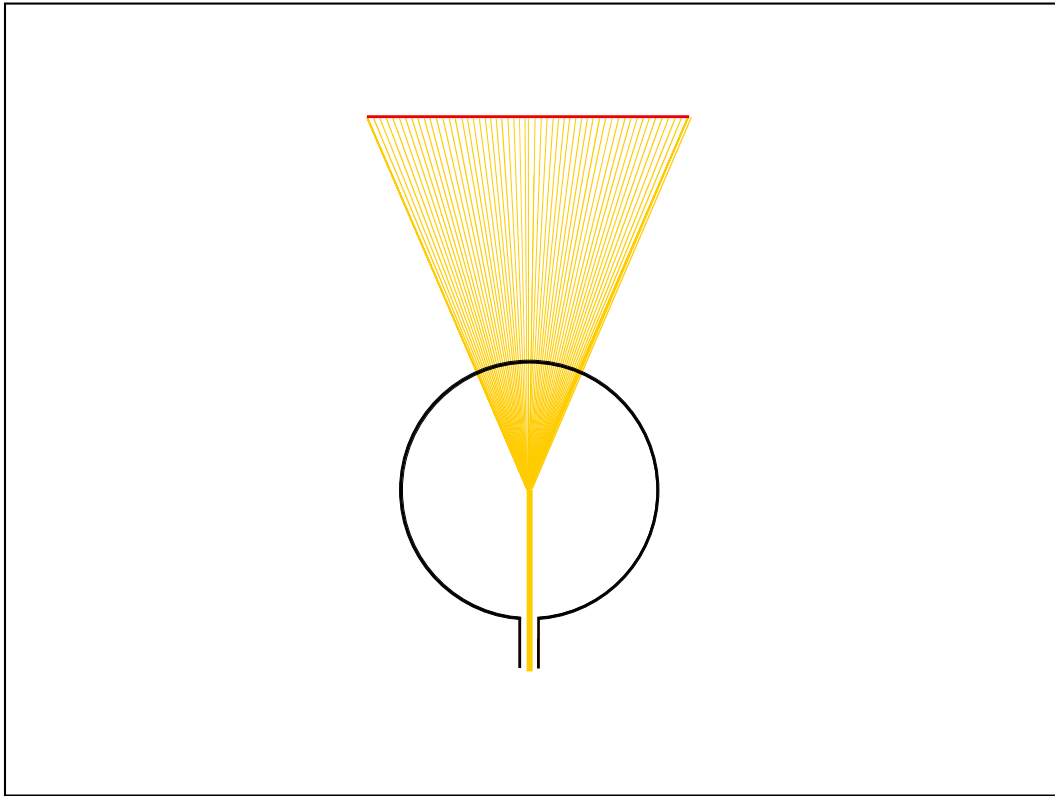
Un point clé de la présentation de la vision de Ptolémée est l'hypothèse que l'oeil, représenté dans ce schéma approximatif,...



...émet une sorte de flux lumineux qui le traverse grâce au nerf optique creux depuis le cerveau.

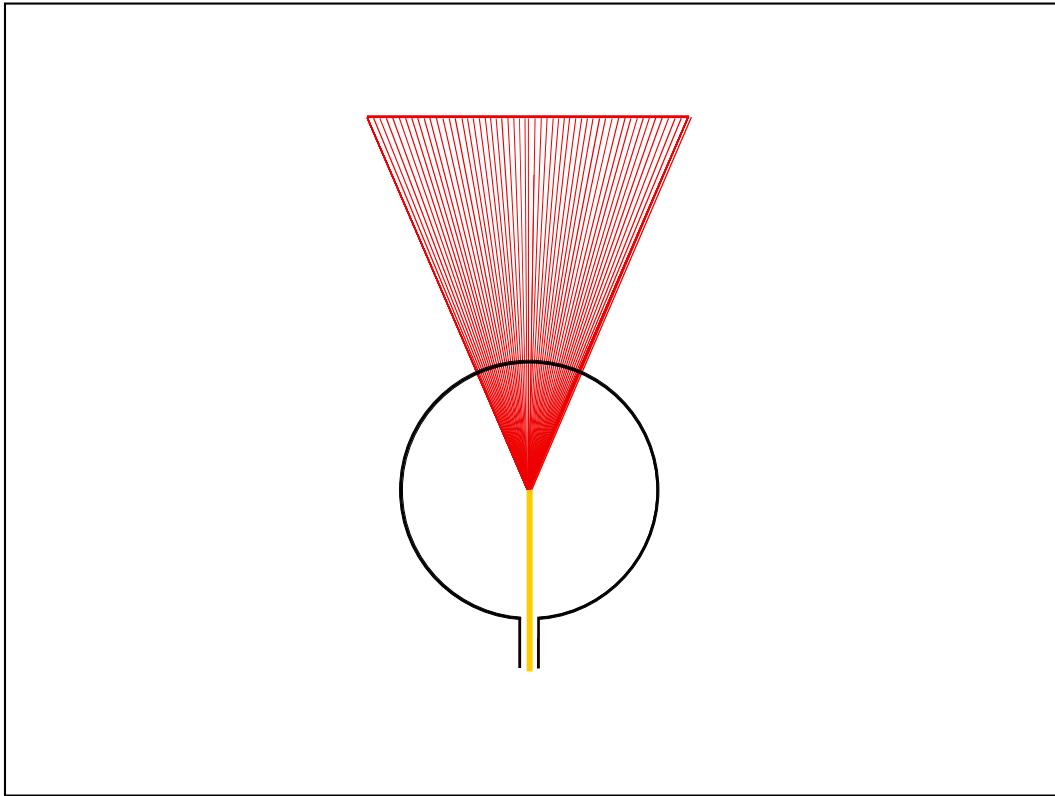


Ce flux est ensuite rayonne le long de lignes parfaitement droites vers des objets extérieurs,...

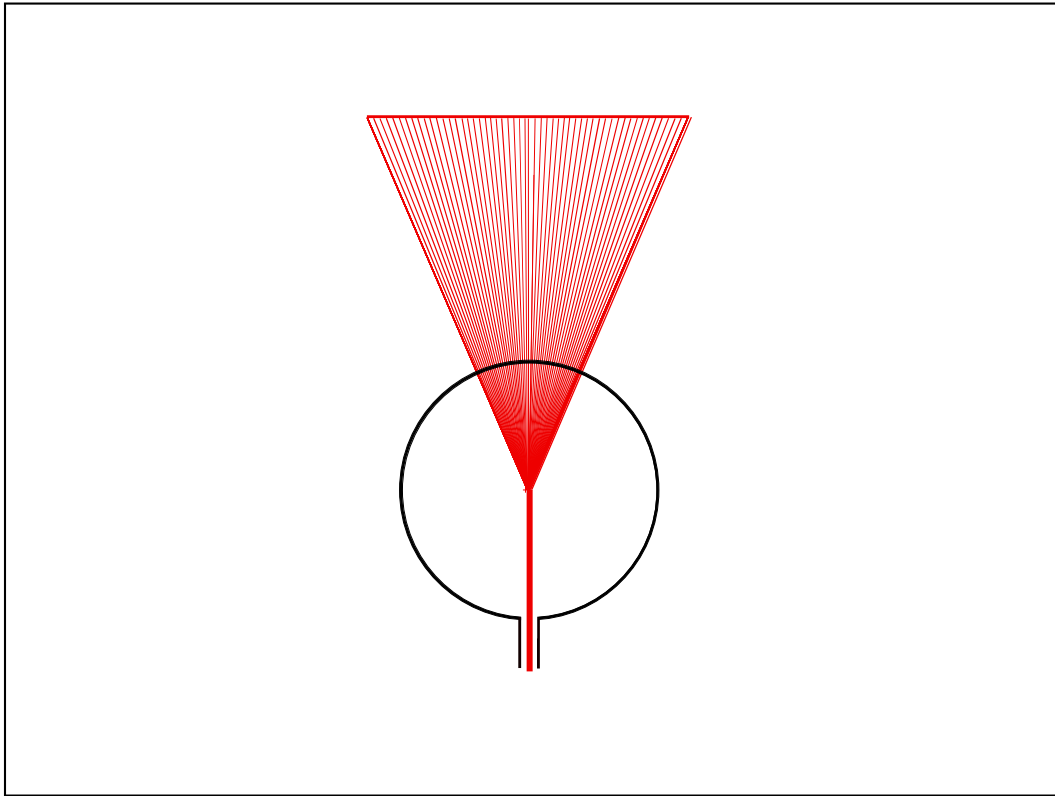


...comme celui représenté par la ligne rouge épaisse. Prises ensemble, ces lignes radiales forment un cône borné par la pupille, avec son sommet au centre de l'oeil et sa base définissant le champ de vision. Quand elles arrivent au contact des objets visibles dans ce champ, les lignes radiales de flux les « ressentent » d'une manière visuelle.

L'impression visuelle qui en résulte, qui est fondée dans la couleur de l'objet, irradie en retour par l'intermédiaire de ces lignes vers l'oeil...



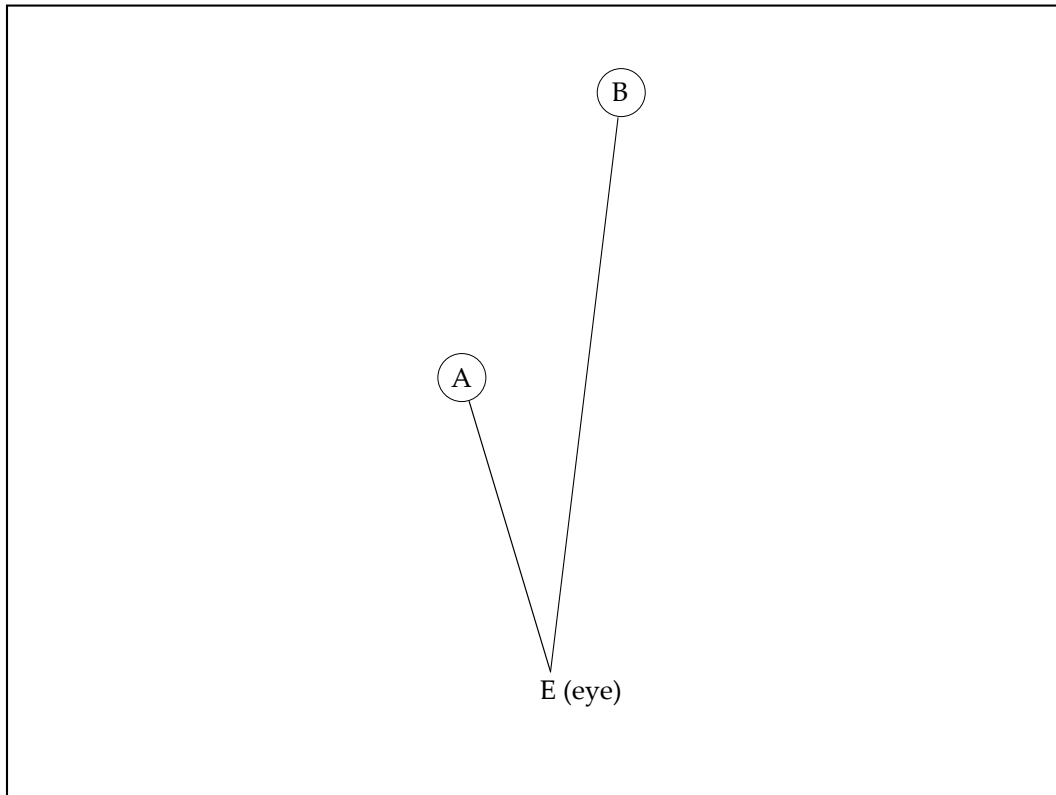
...sous la forme d'une représentation d'une chose sensible. Cette représentation est ensuite retransmise par le nerf optique au cerveau,...



...où nous en faisons sens sur les plans perceptif et intellectuel.

Si, par exemple, les lignes de flux à l'intérieur du cône visuel entrent en contact avec un cheval, l'impression provenant de ce contact est transmise à l'oeil sous la forme d'une image chargée d'information implicite qui inclut des choses comme sa couleur, sa forme, son emplacement, sa taille, etc. En la traitant sur les plans perceptif et intellectuel, nous nous rendons finalement compte que ce que nous avons vu est un cheval et non un mulet ou un boeuf.

Pour donner un sens visuel complet à ce que nous voyons, nous devons savoir à quel point il est éloigné et quelle est sa taille. Selon Ptolémée, nous déterminons la distance des choses par un sens inné de la longueur des lignes de flux lumineux entre nous et l'emplacement où sont ces choses. Par conséquent,...

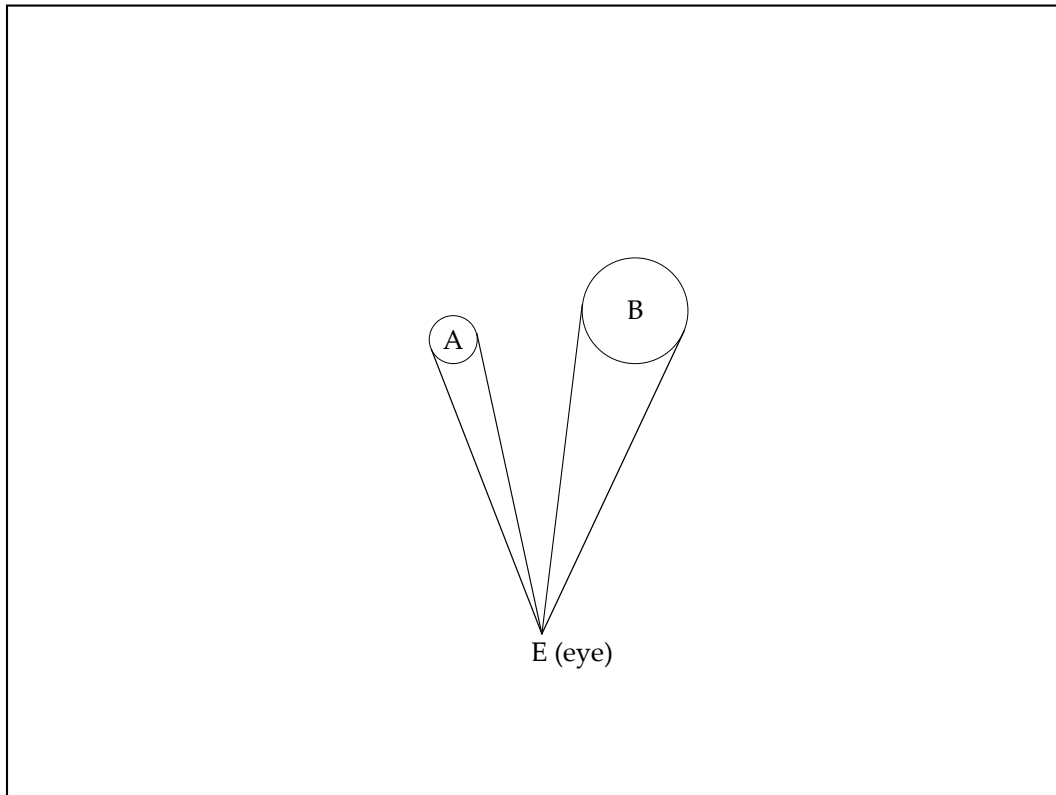


...nous percevons que l'objet B dans ce diagramme est deux fois plus loin que l'objet A parce que nous sentons que la ligne de flux EB est deux fois plus longue que la ligne de flux EA.

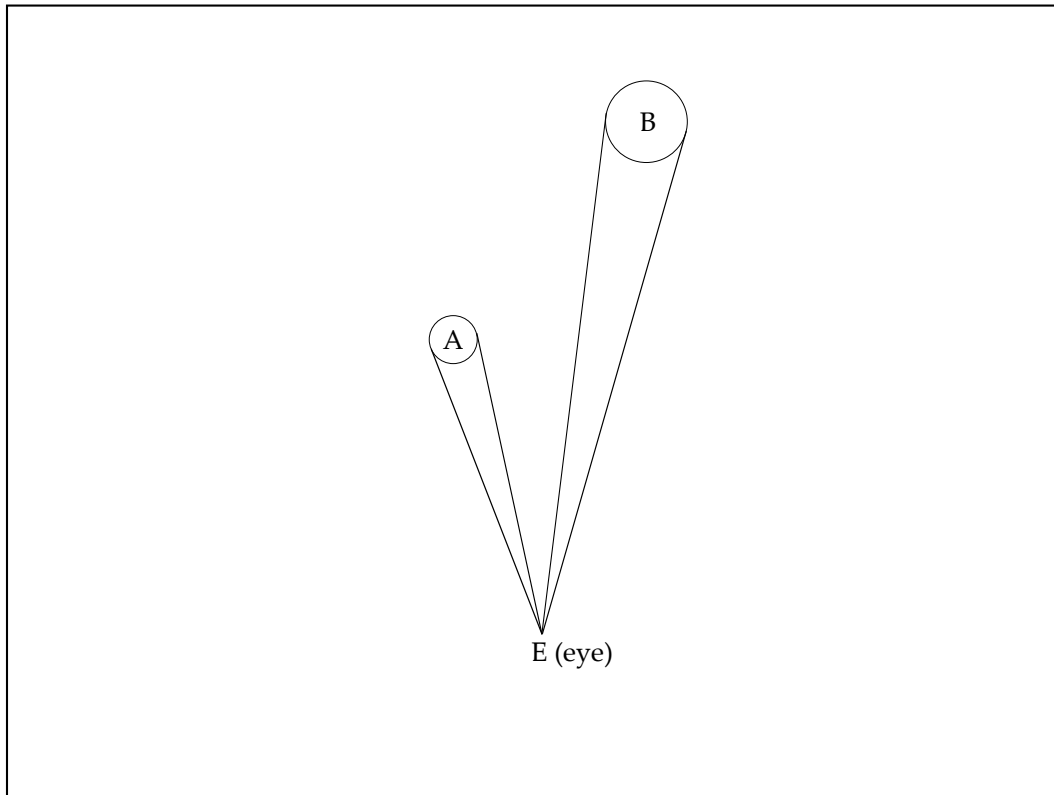
La perception visuelle de la distance est par conséquent immédiate et intuitive pour Ptolémée, qui nous invite à y penser par analogie à la manière dont nous déterminons la distance avec nos bras, nos mains et nos doigts. Exactement comme nous jugeons de l'éloignement des choses en fonction de la distance à parcourir pour les toucher, notre flux lumineux nous dit à quel point les choses sont éloignées selon la distance qu'il a à parcourir pour établir un contact visuel avec elles.

De même, exactement comme nos doigts et nos mains captent certaines caractéristiques physiques des choses qu'ils touchent — par exemple, quelle forme elles ont, si elles sont lisses ou rugueuses, si elles sont dures ou molles, etc. —, le flux lumineux nous informe des caractéristiques physiques des objets qu'il touche, des choses comme la couleur, la texture, la forme, etc.

Déterminer la distance est aussi crucial pour vérifier la taille des choses qui est en définitive basée sur l'angle visuel sous-tendu par elles. Par exemple,...

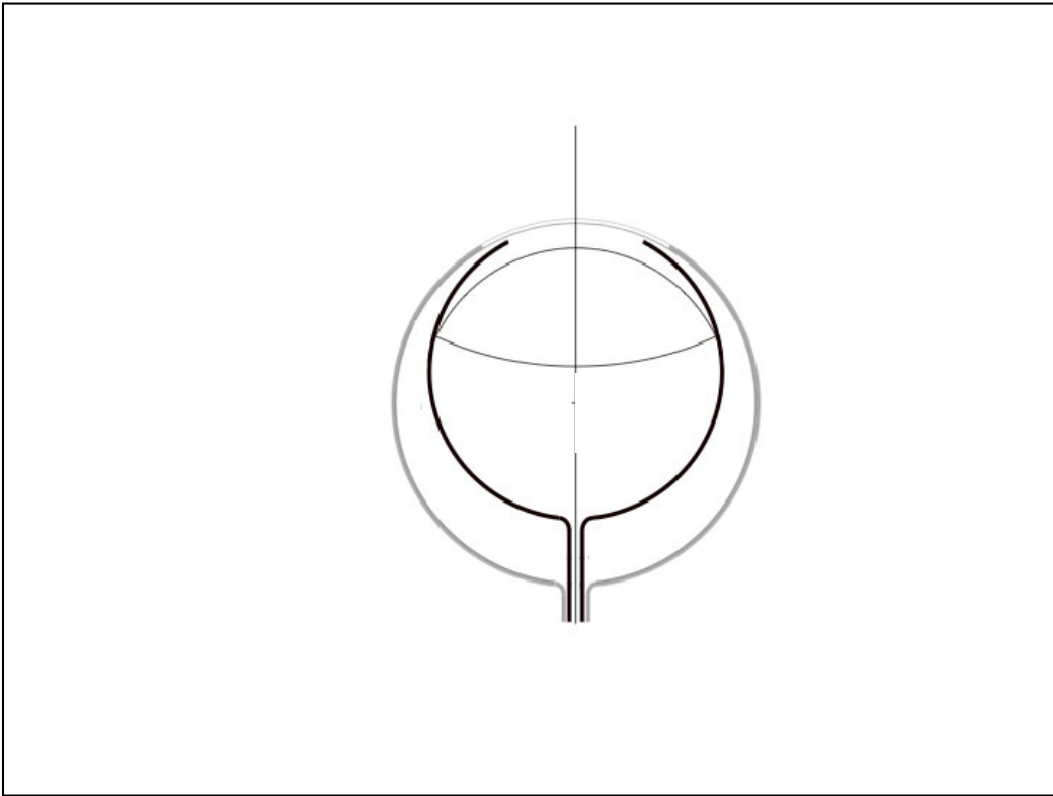


...si deux objets A et B se trouvent à la même distance de l'oeil, mais sous-tendent des angles visuels différents, celui qui sous-tend l'angle le plus grand paraîtra plus grand, ici l'objet B. Par ailleurs, si les deux objets se trouvent à des distances différentes de l'oeil, alors l'angle visuel seul sera insuffisant pour déterminer la taille. L'angle doit être corrélé à la distance.

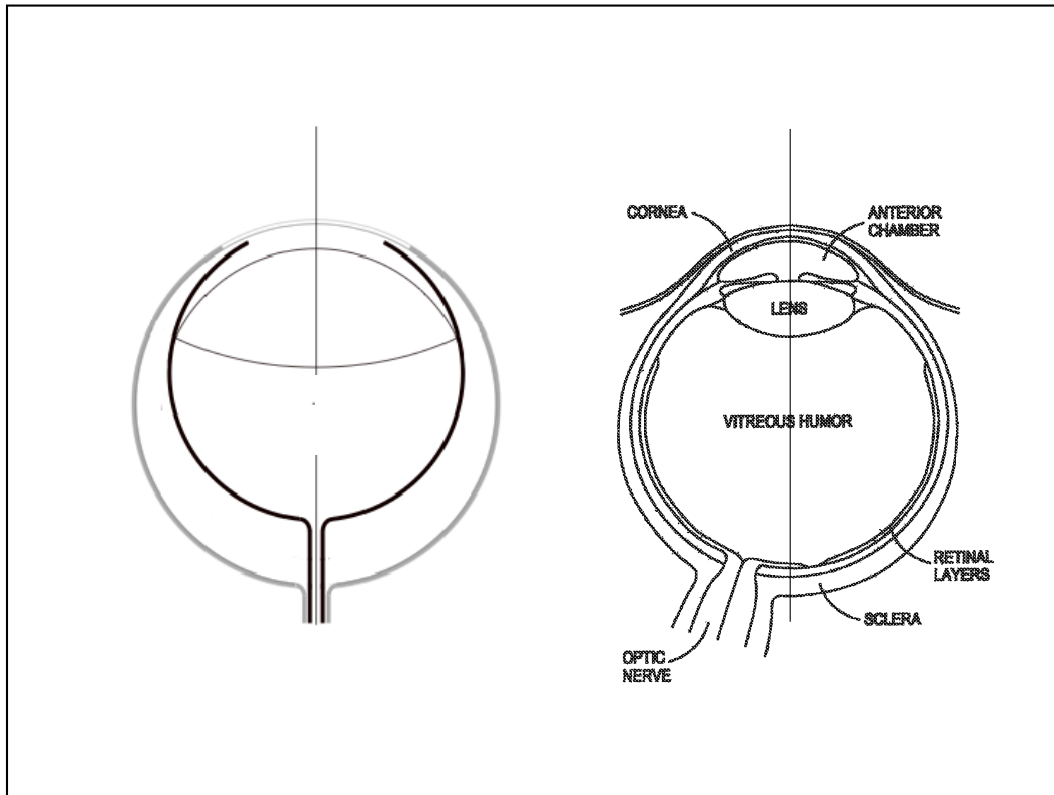


C'est clair dans le cas de deux objets A et B qui se trouvent à des distances différentes de l'oeil mais sous-tendent des angles visuels égaux. Celui qui se trouve le plus éloigné, à savoir l'objet B, nous paraîtra plus grand parce que nous sentons qu'il se trouve plus loin.

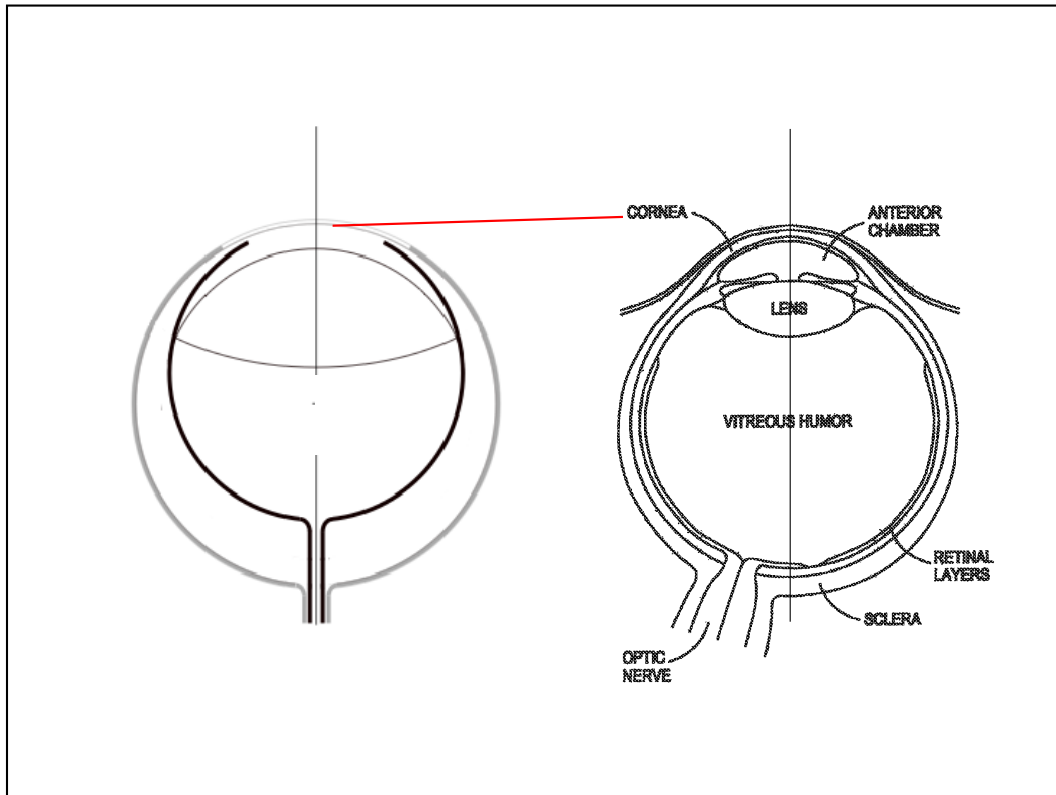
La vertu de cette description de la perception de la distance et de la taille est sa simplicité et son recours au sens commun. La plupart d'entre nous, je pense, considèrent cette perception comme intuitive et immédiate, se produisant automatiquement à l'instant où nous voyons quelque chose. Ibn al-Haytham, par ailleurs, était forcé de l'expliquer d'une manière plus complexe et subtile parce que, contrairement à Ptolémée, qui basait sa description de la vue sur le flux lumineux rayonnant *depuis* l'oeil jusqu'aux objets visibles, Ibn al-Haytham basait la sienne sur la radiation de la lumière des objets visibles *vers* l'oeil. En assimilant la théorie des rayons de Ptolémée, par conséquent, Ibn al-Haytham a dû l'adapter à sa théorie de la vision basée sur la lumière. Donc examinons brièvement cette théorie, en commençant par son modèle anatomique de l'oeil.



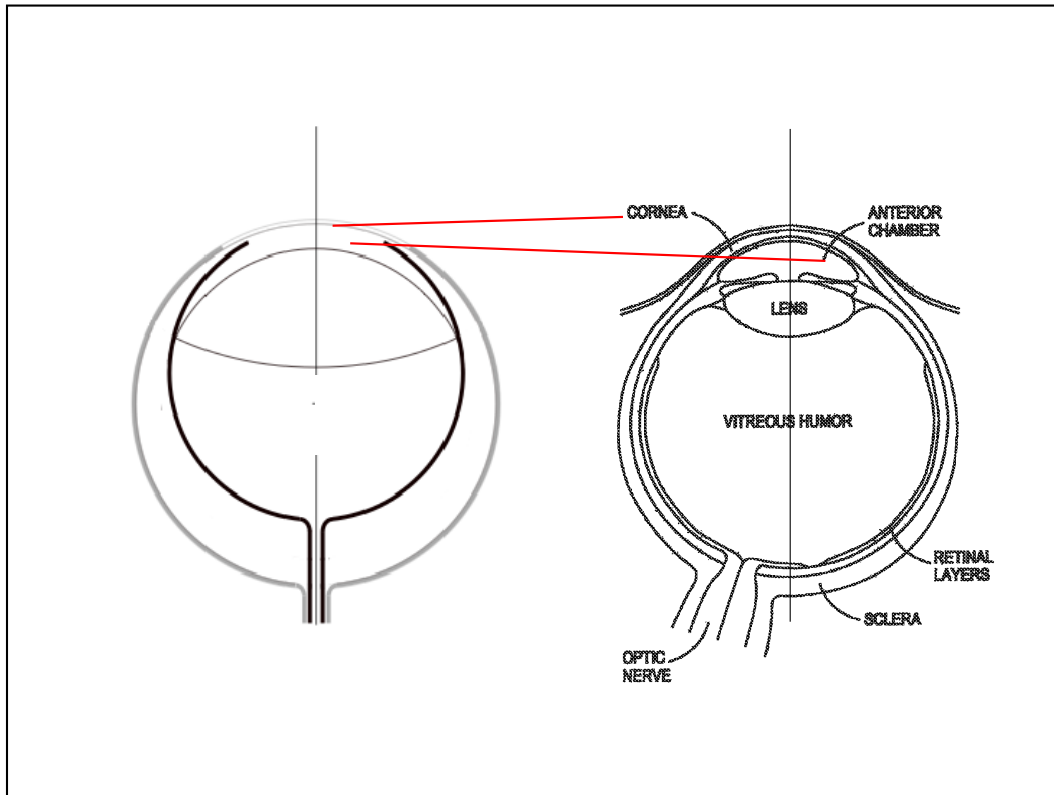
Voici un schéma approximatif de ce modèle, et ici...



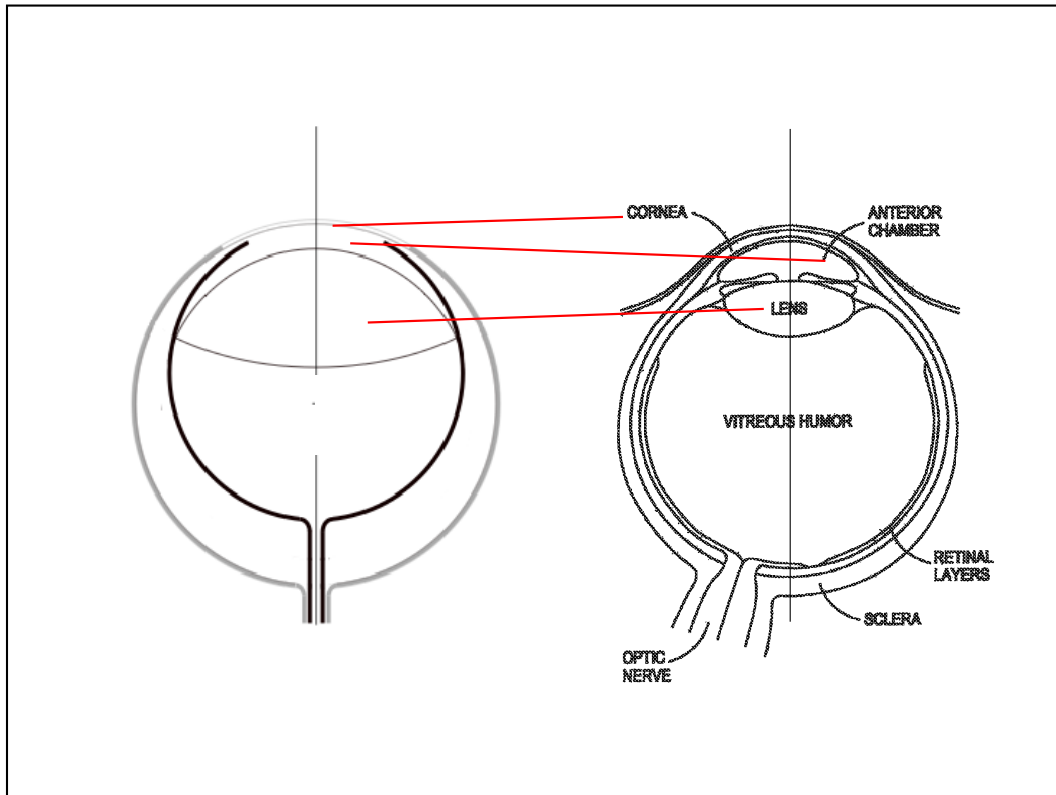
...il figure à côté d'un schéma de l'oeil selon nos actuelles connaissances anatomiques. Comme vous pouvez le voir, les deux modèles sont approximativement similaires en ce qu'ils partagent les mêmes composantes de base, à savoir la cornée transparente...



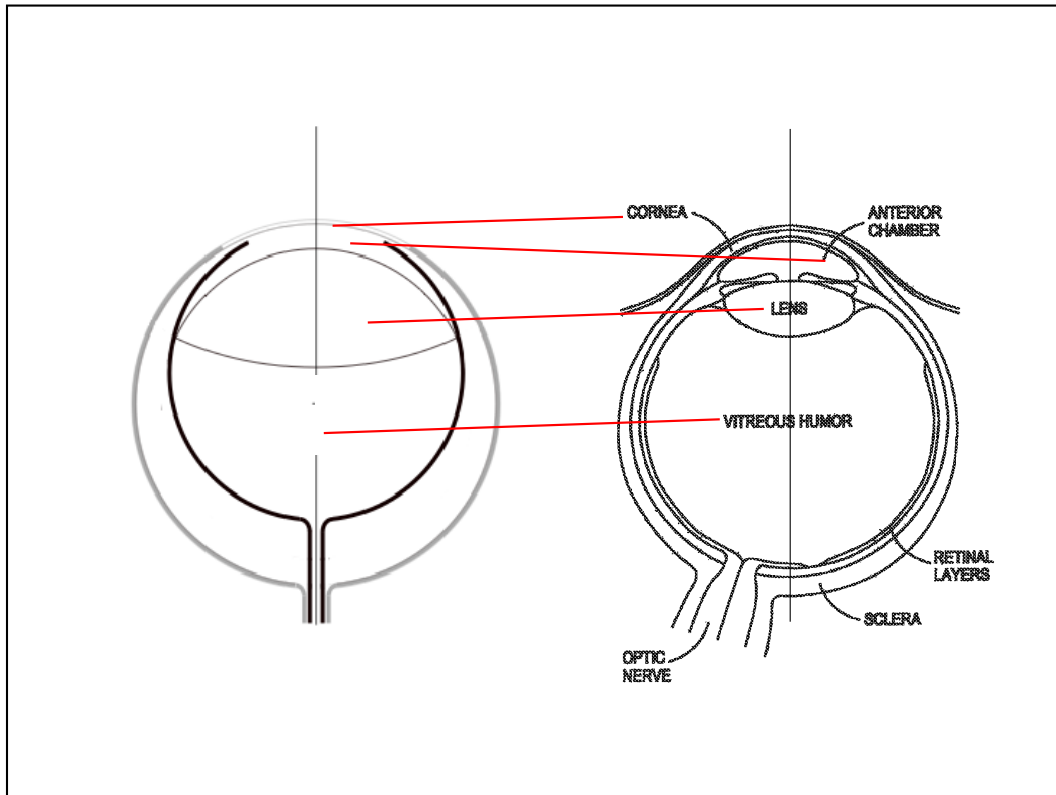
...sur le devant, la chambre antérieure...



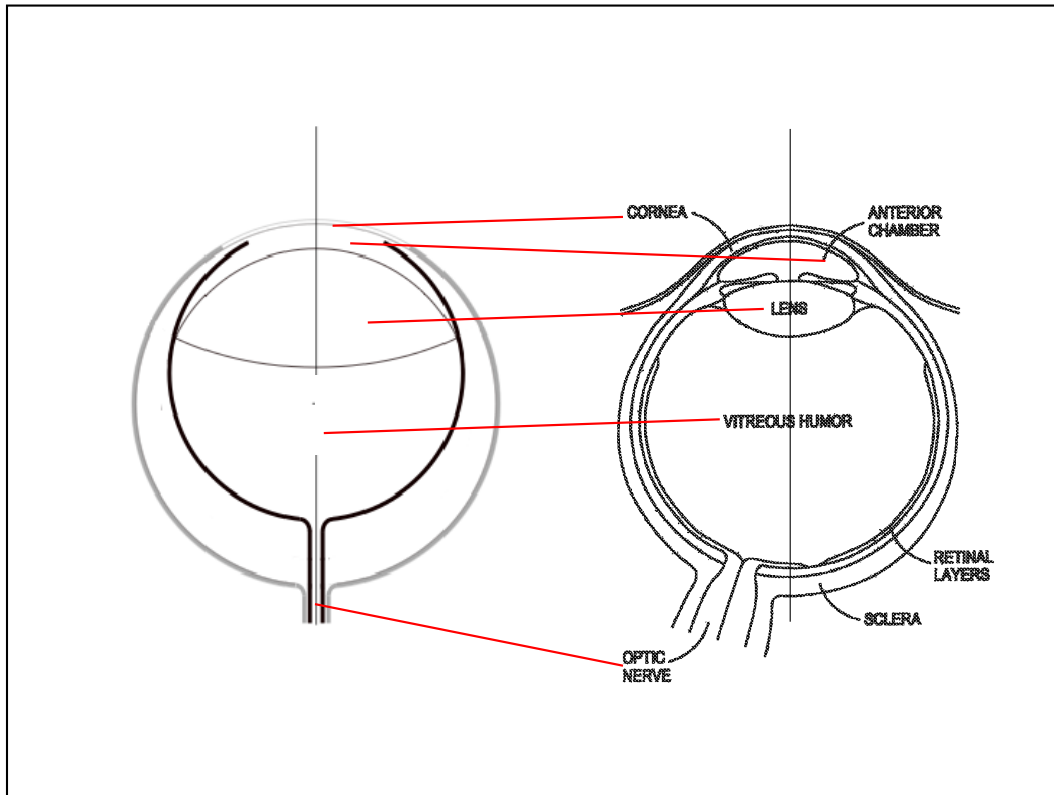
...entre la cornée et l'avant du cristallin, le cristallin lui-même,...



...l'espace rempli avec le corps vitré,...



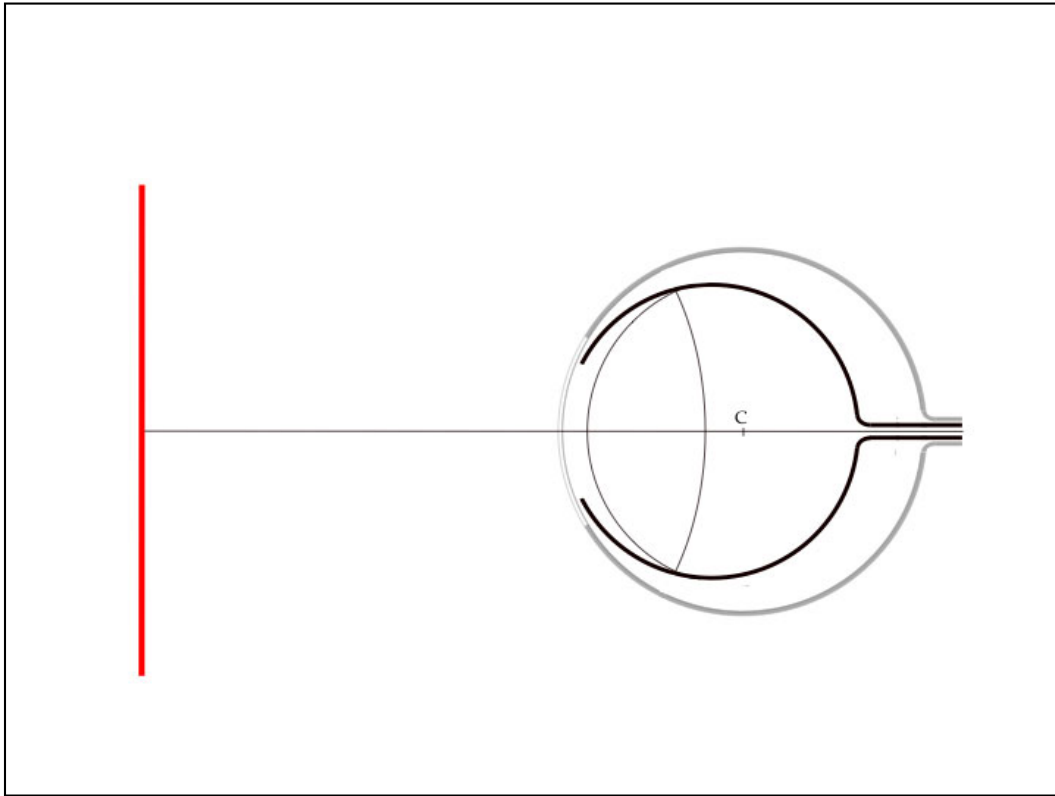
...et le nerf optique...



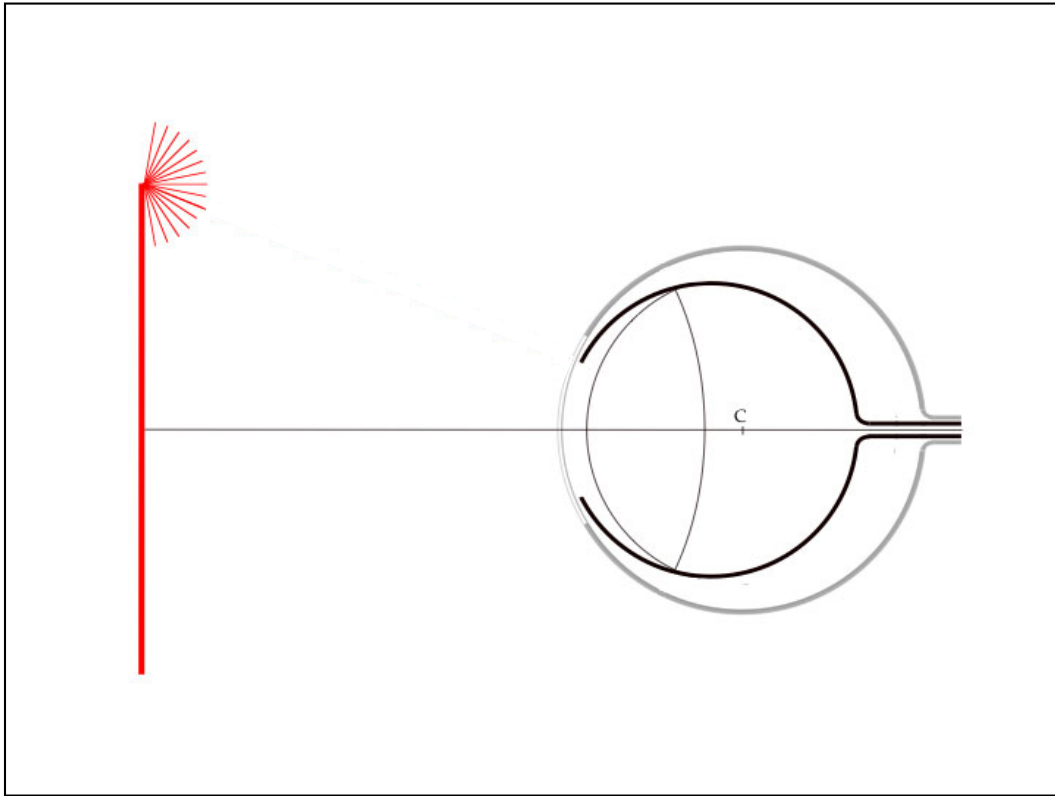
...à l'arrière de l'oeil. Contrairement à la théorie anatomique moderne, Ibn al-Haytham suivait la tradition médicale galénique en supposant que le nerf optique est creux.

Vous pouvez aussi voir que la géométrie de l'oeil d'Ibn al-Haytham est quelque peu différente de celle de sa contrepartie moderne. Dans son modèle, contrairement au modèle moderne, la surface avant du cristallin est parfaitement concentrique avec la cornée, qui à son tour est parfaitement concentrique avec l'oeil comme un tout. Dans le modèle d'Ibn al-Haytham, de plus, le nerf optique se trouve directement le long de l'axe de l'oeil, alors qu'il est décalé de cet axe dans le modèle actuel.

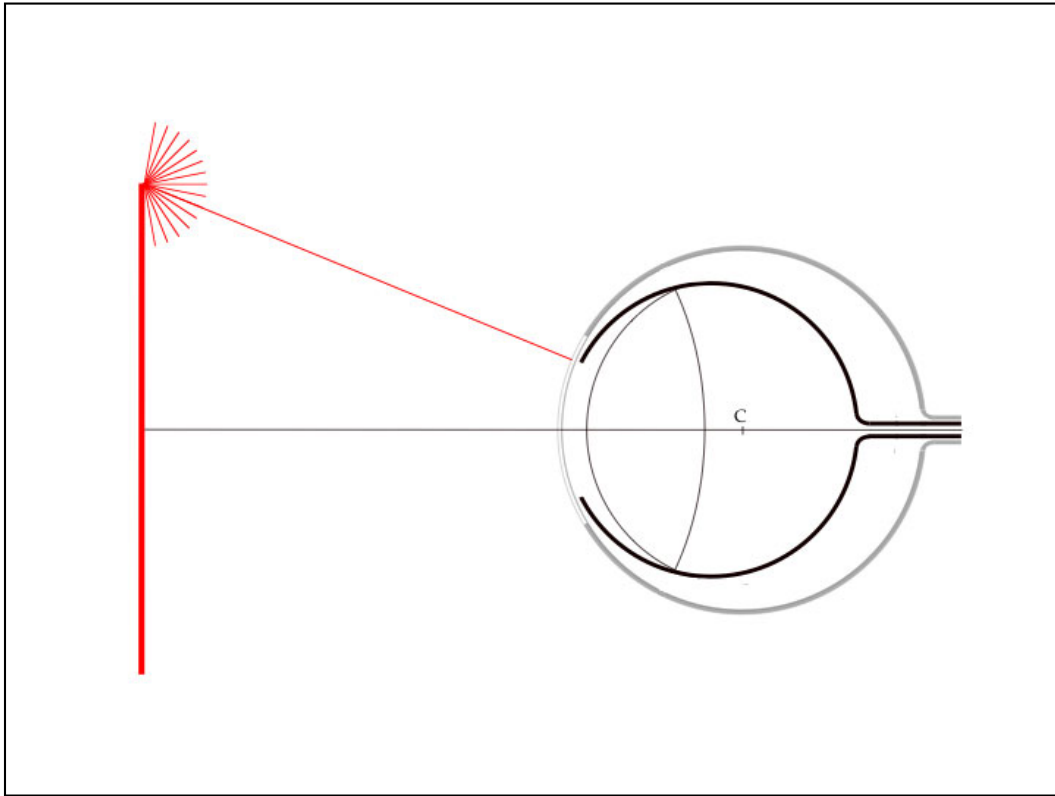
Maintenant, plaçons un objet en face de l'oeil d'Ibn al-Haytham,...



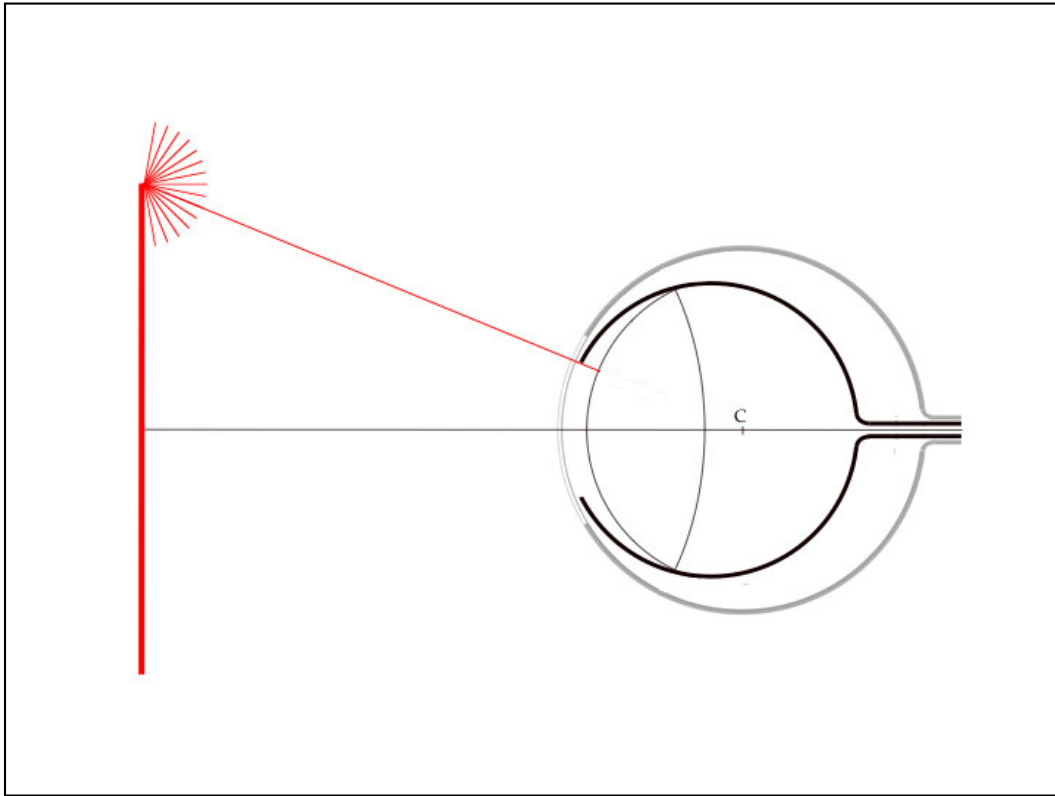
...selon ce qui est représenté ici par la ligne rouge épaisse. Selon Ibn al-Haytham, tout point de cet objet émet sa lumière—ou, plus exactement, sa couleur lumineuse—dans chaque direction possible, comme c'est représenté ici,...



...où l'extrémité supérieure de l'objet envoie ses rayons vers chaque point de l'espace environnant qui lui est ouvert. De tous ces rayons, un seul...

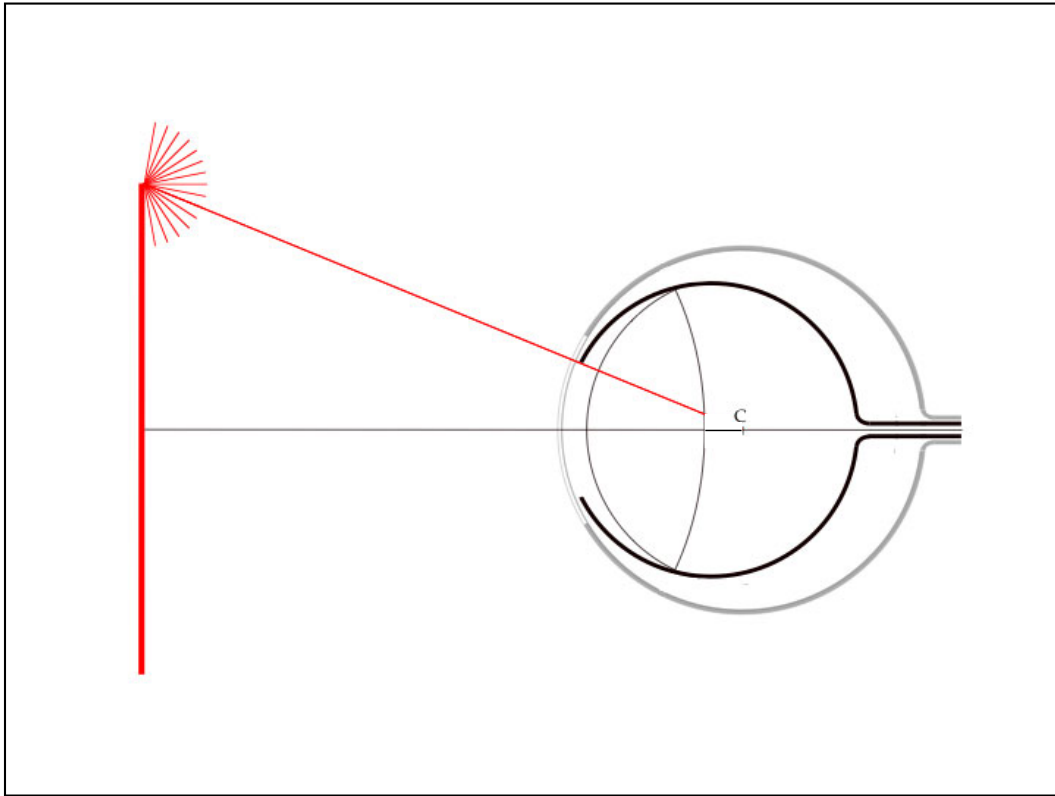


...atteint la surface antérieure de la cornée le long de la perpendiculaire, et quand il traverse directement,..

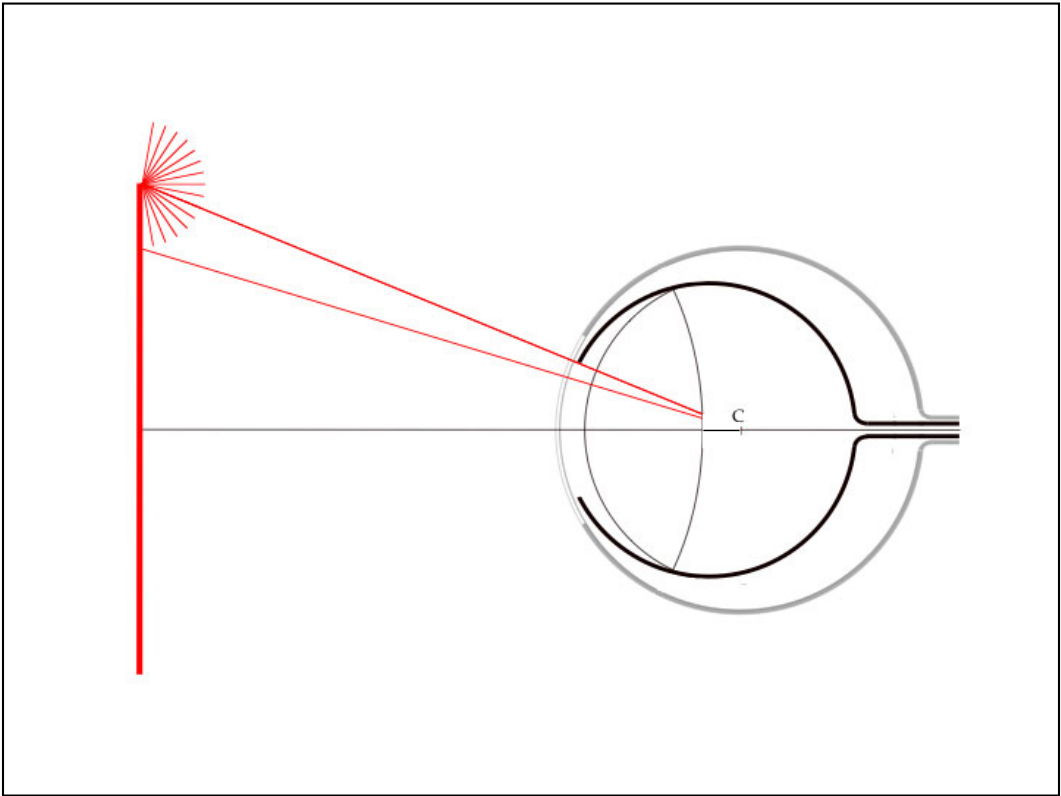


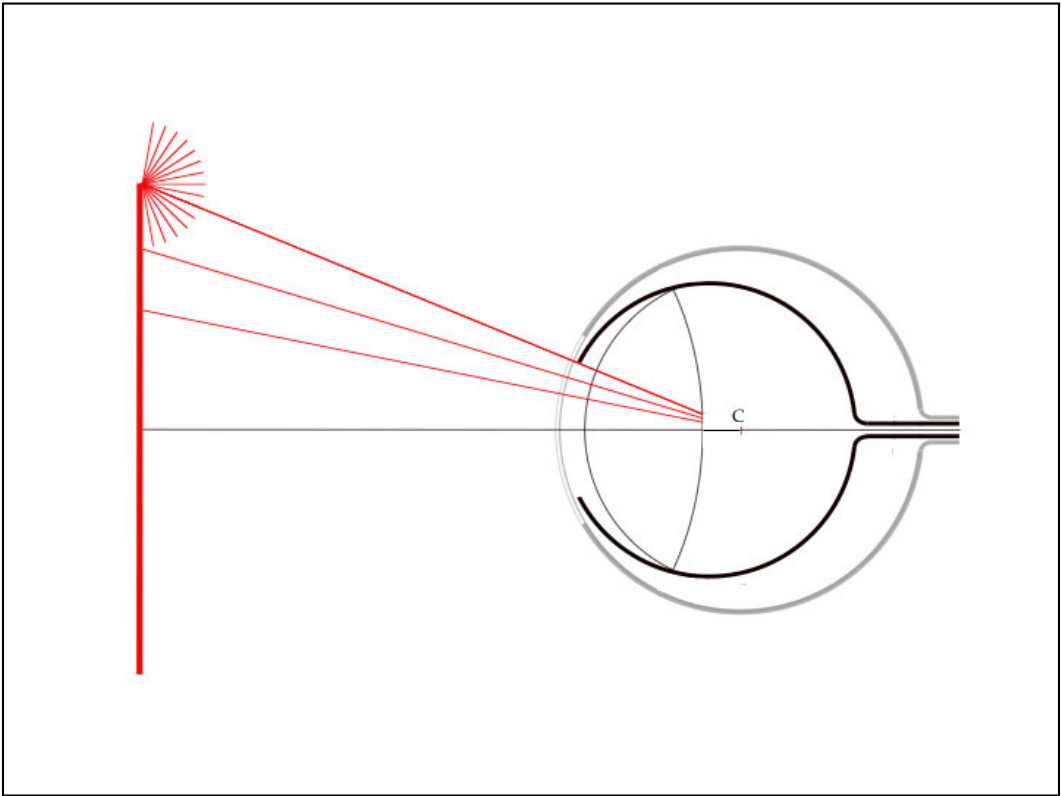
...il frappe aussi la surface avant du cristallin le long de la perpendiculaire. Ceci est imposé par la structure géométrique de l'oeil selon la description d'Ibn al-Haytham.

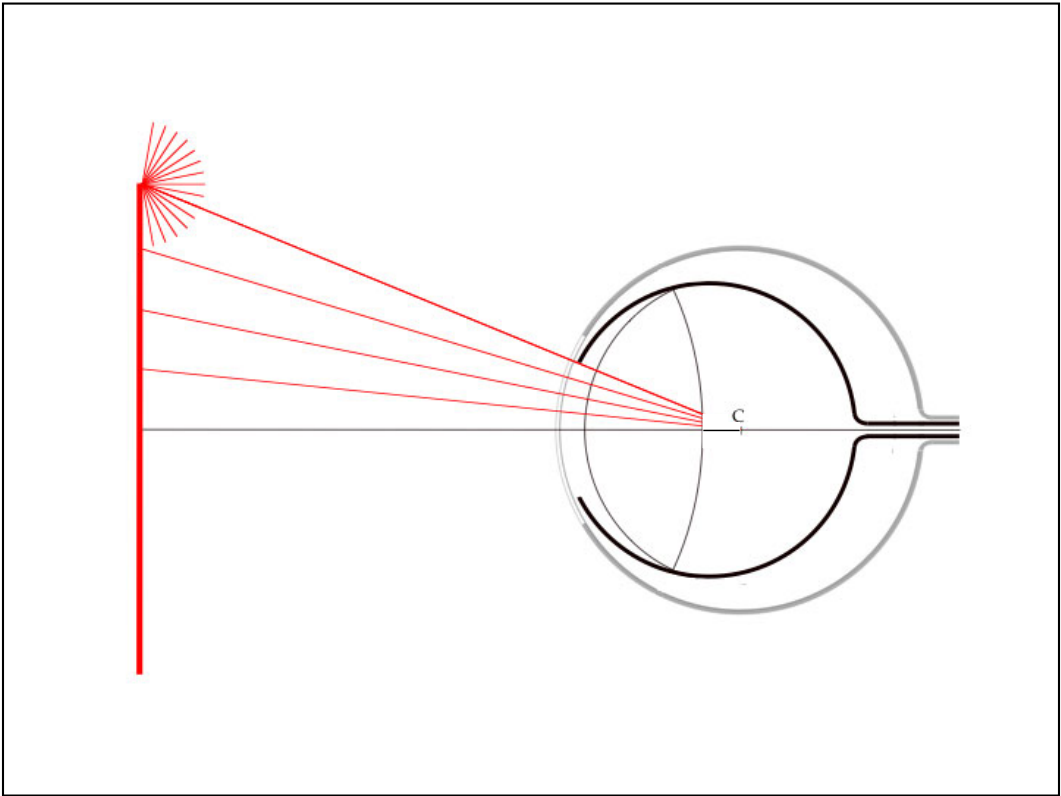
Etant visuellement sensible, la surface antérieure du cristallin ressent le rayon qui le touche d'une manière analogue à celle dont nous sentons un petit objet qui frappe notre peau. Cependant, elle sent seulement les rayons qui la frappent le long de la perpendiculaire parce qu'ils la frappent avec la plus grande force. Les autres, arrivant de manière oblique, sont trop faibles pour être ressentis. L'impression visuelle qui en résulte...

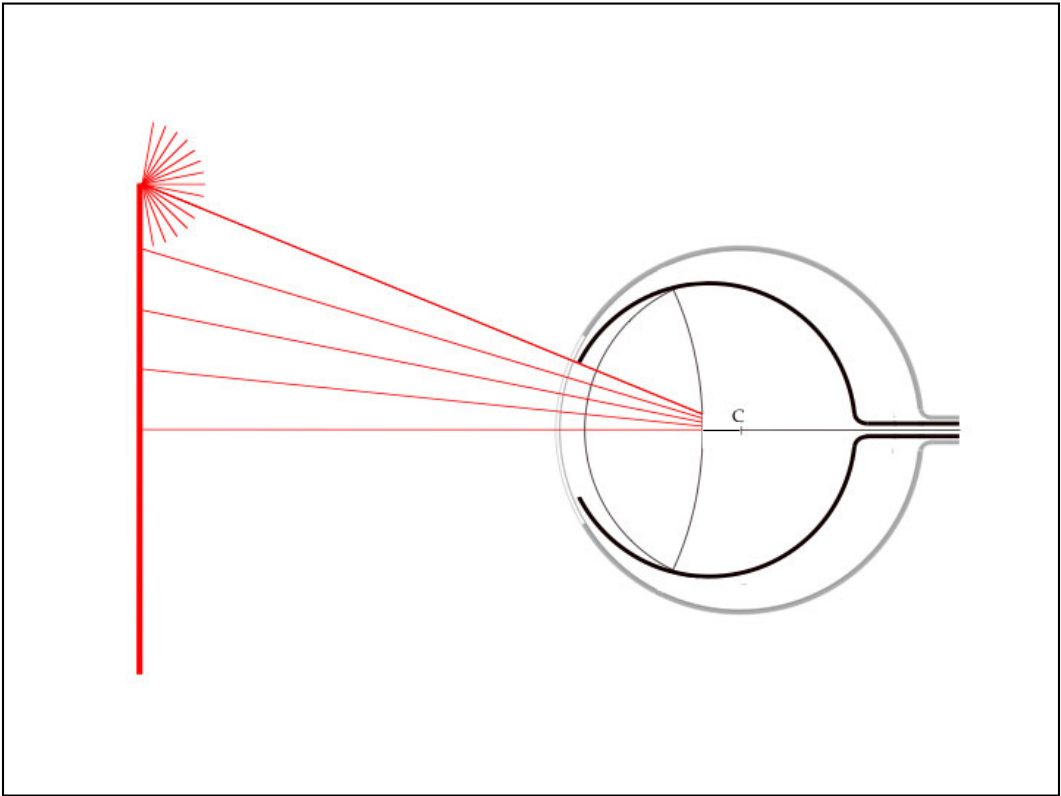


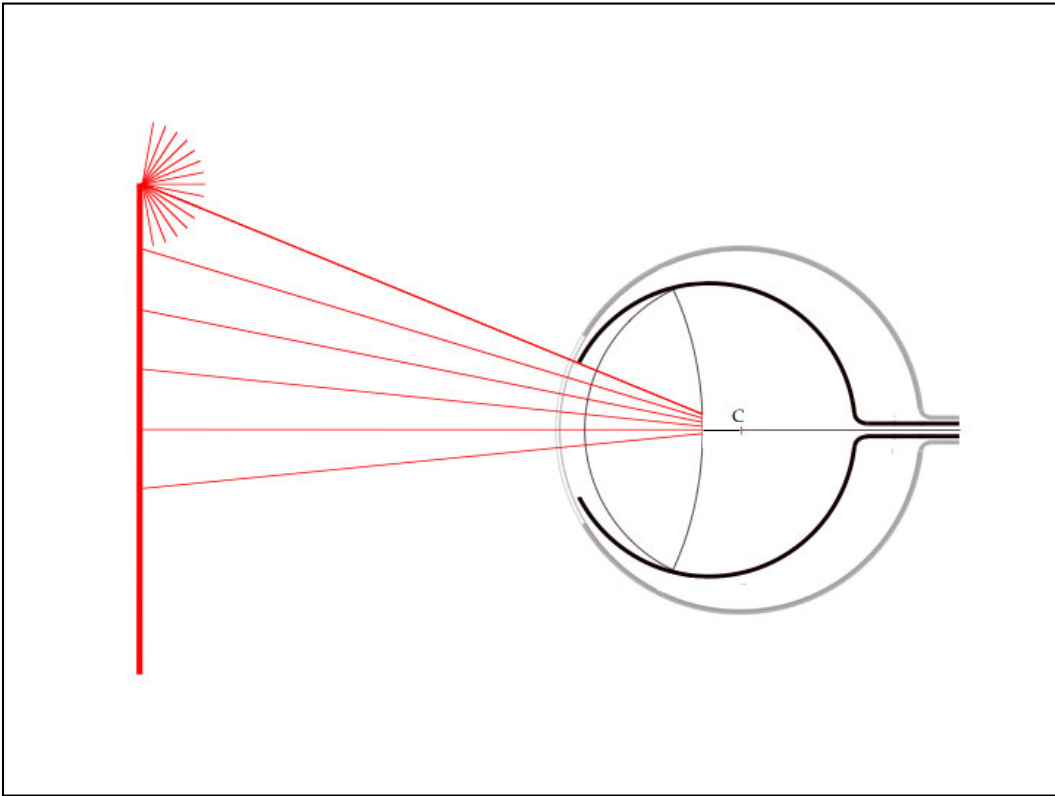
...passe ensuite directement à travers le cristallin vers le centre de l'oeil en conformité avec la structure géométrique de l'oeil. La même chose a lieu pour le rayonnement de ces points sur l'objet:

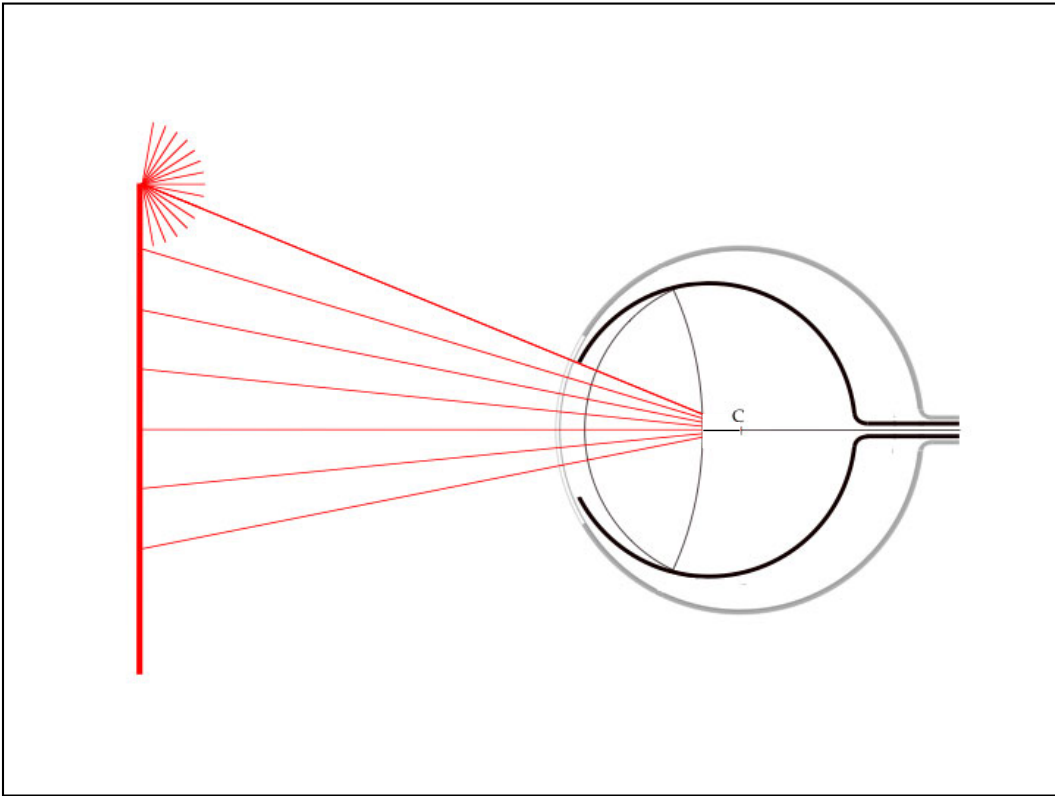


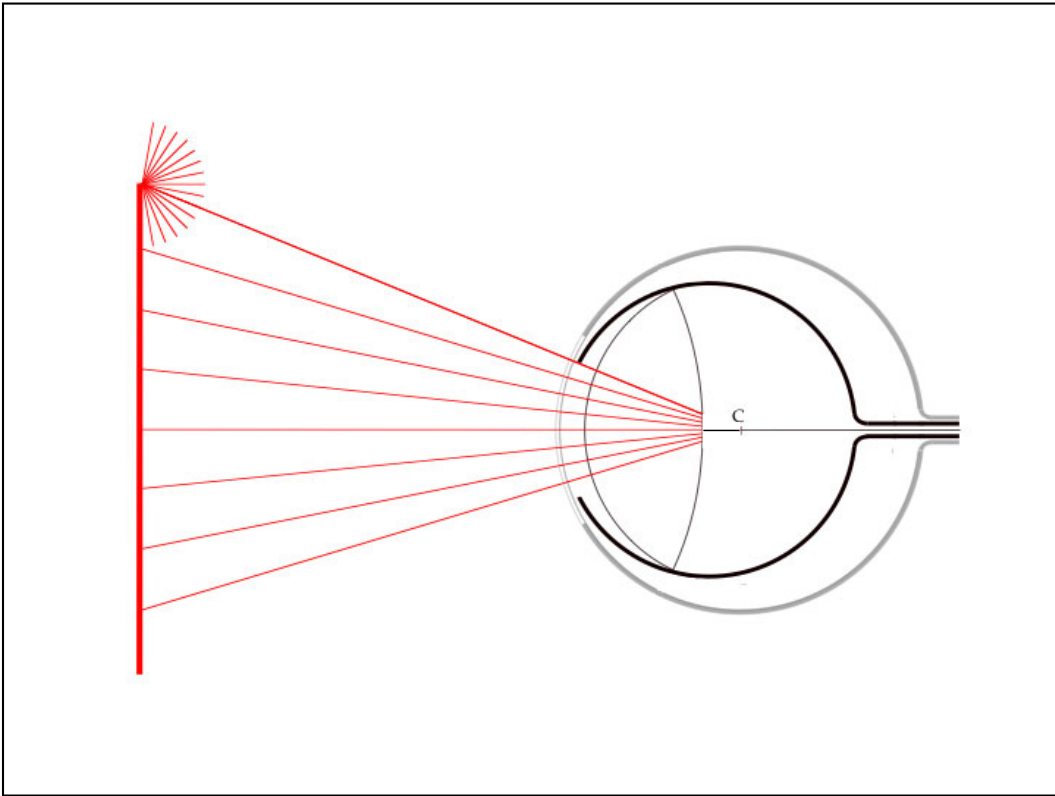


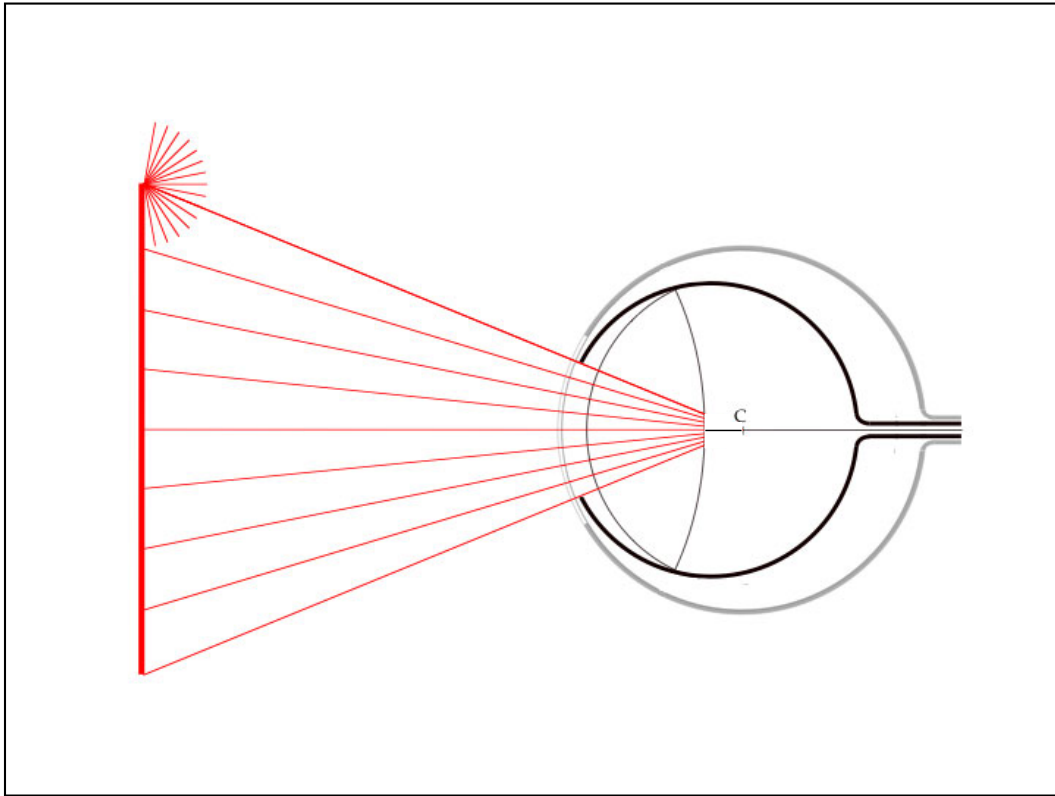




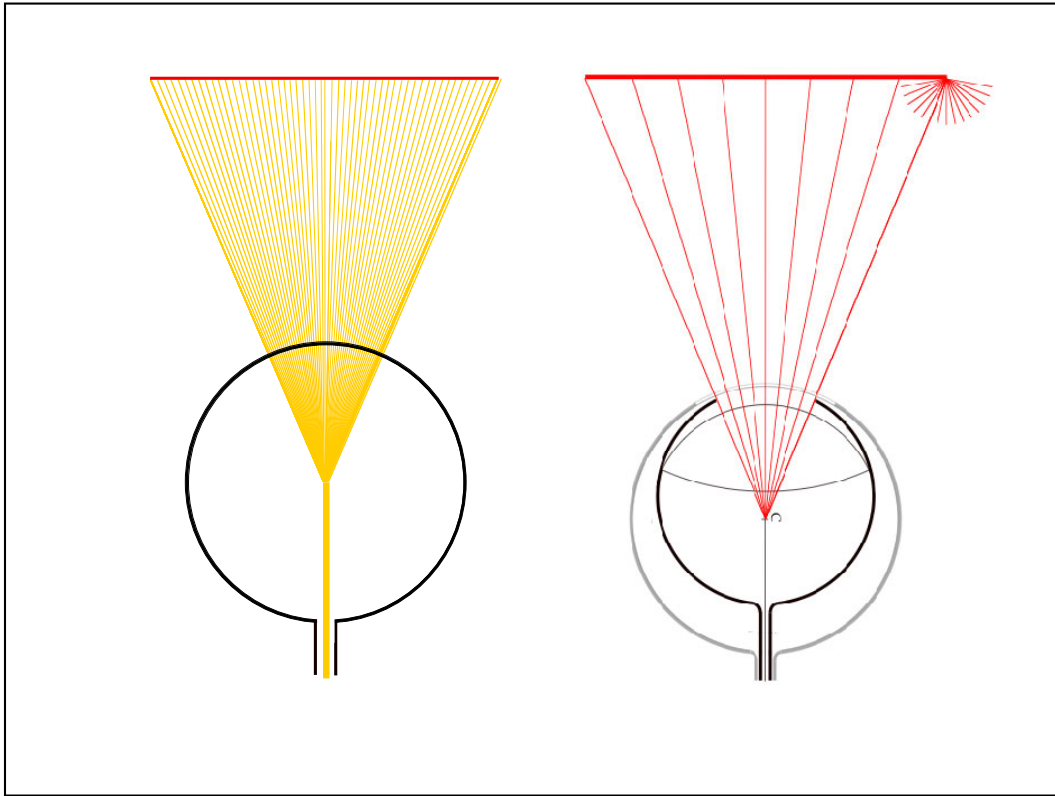






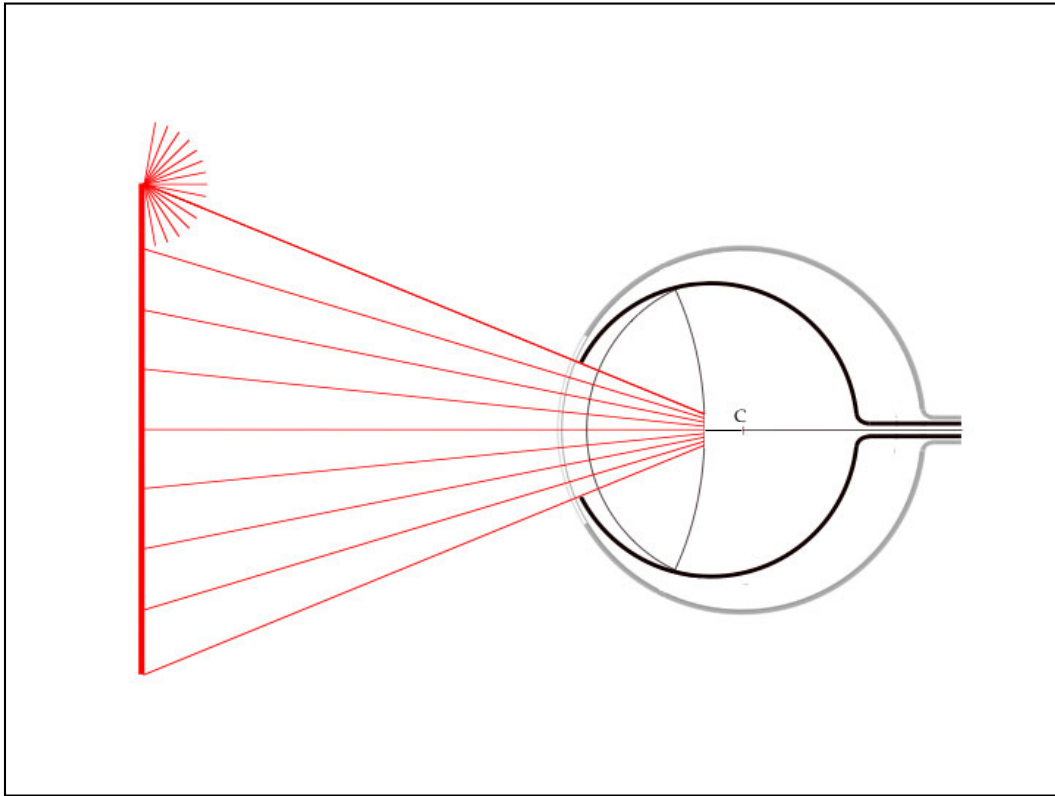


Tous ces rayons, et l'infinité de ceux qui se trouvent entre eux, forment un cône de rayonnement lumineux avec son sommet au centre de l'oeil et sa base dans le champ de vision. Comme cela est évident si on les compare côte à côte,...

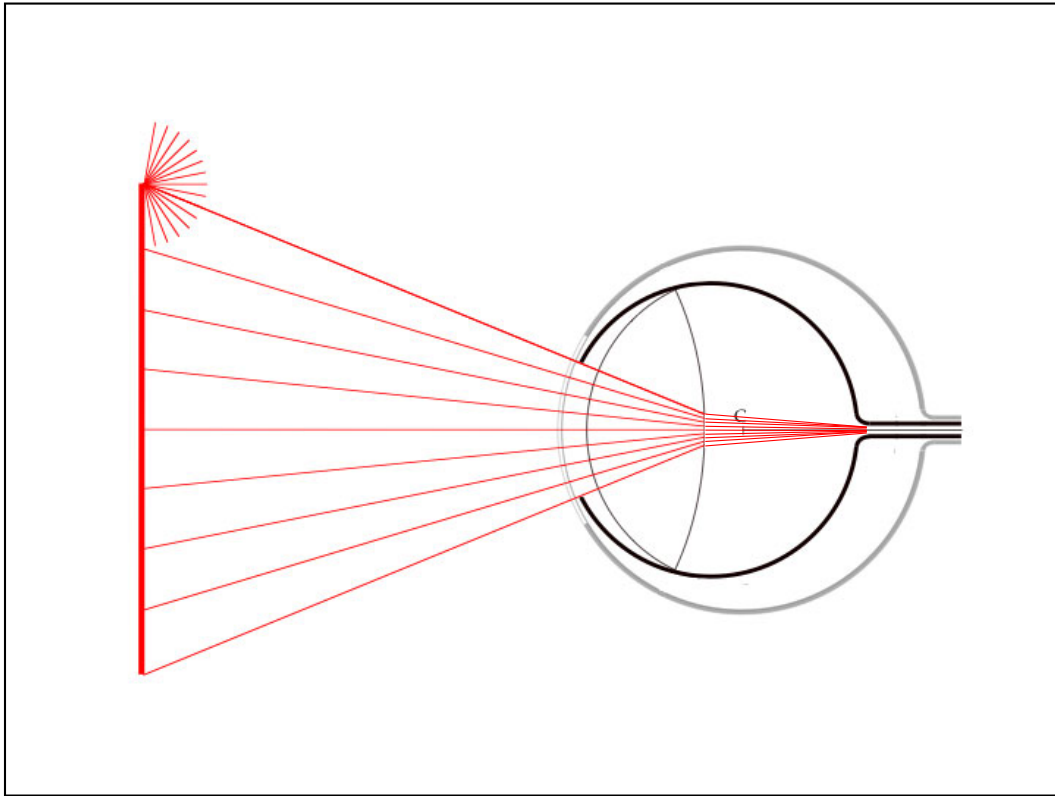


...le cône de rayonnement lumineux d'Ibn al-Haytham est géométriquement équivalent au cône de flux visuel de Ptolémée. La seule différence se trouve dans la direction de la radiation : celle d'Ibn al-Haytham est dirigée *vers* l'oeil, celle de Ptolémée se dirige *de* l'oeil vers l'extérieur. Nous avons donc ici un exemple typique d'adaptation et d'assimilation de la part d'Ibn al-Haytham. Nous avons aussi une indication claire de la dette profonde qu'il avait envers Ptolémée pour la formation de sa propre description de la vision.

Chaque rayon dans le cône de rayonnement d'Ibn al-Haytham produit une impression visuelle sur la surface antérieure de la cornée, et toutes les impressions qui en résultent passent, comme un tout et en bon ordre, à travers la cornée vers le centre de l'oeil.

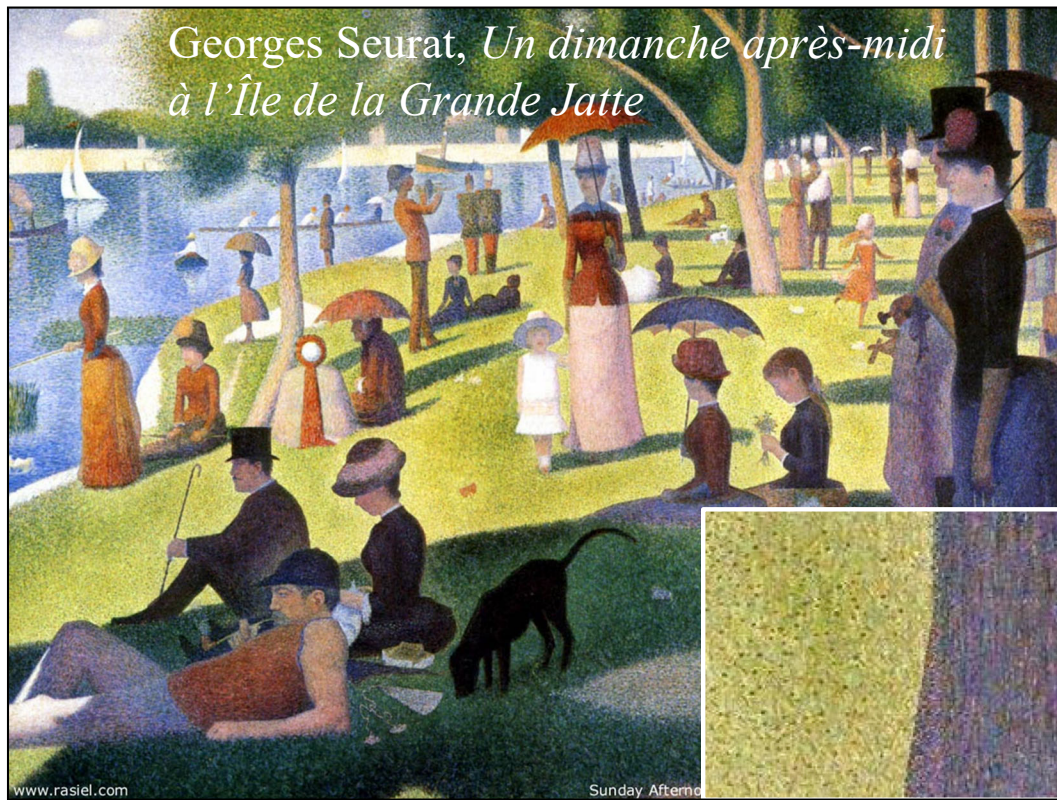


Lorsqu'elles atteignent la source arrière de la cornée, elles sont réfractées dans le corps vitré et de là continuent en bon ordre dans le nerf optique creux.



Toujours en bon ordre, elles passent à travers le nerf optique jusqu'au cerveau, où elles sont soumises à un traitement perceptuel et intellectuel.

Somme toute, les impressions visuelles faites par les rayons affectant la surface antérieure de la cornée forment une sorte de mosaïque ou de représentation pointilliste des objets dans le champ de vision. On peut se faire une idée de cette représentation par analogie à cette oeuvre célèbre...

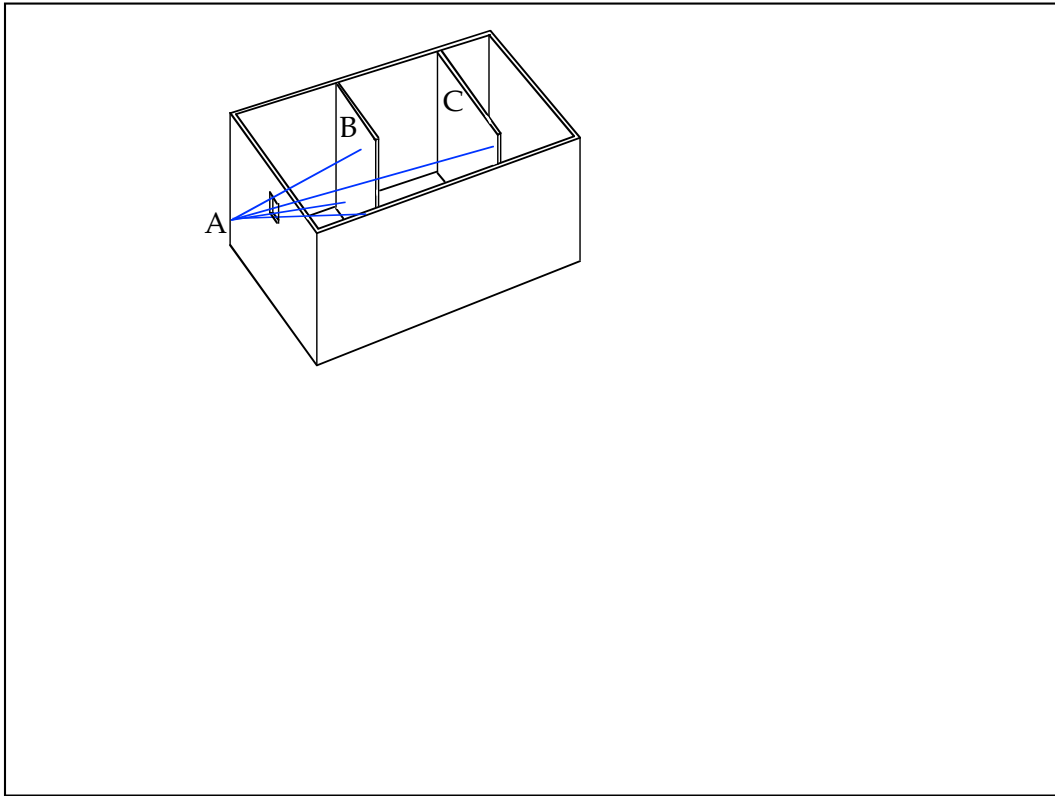


...du peintre français Georges Seurat, qui ne l'a pas peinte à coups de pinceaux, mais en faisant d'innombrables points de couleur avec l'extrémité du pinceau — c'est évident sur l'agrandissement en bas à droite de la diapositive. Comme cette peinture, la représentation visuelle formée sur la surface de la cornée consiste en des tâches infinitésimales de couleur—une couleur visible plutôt que physique—juxtaposées dans un tableau plat, à deux dimensions.

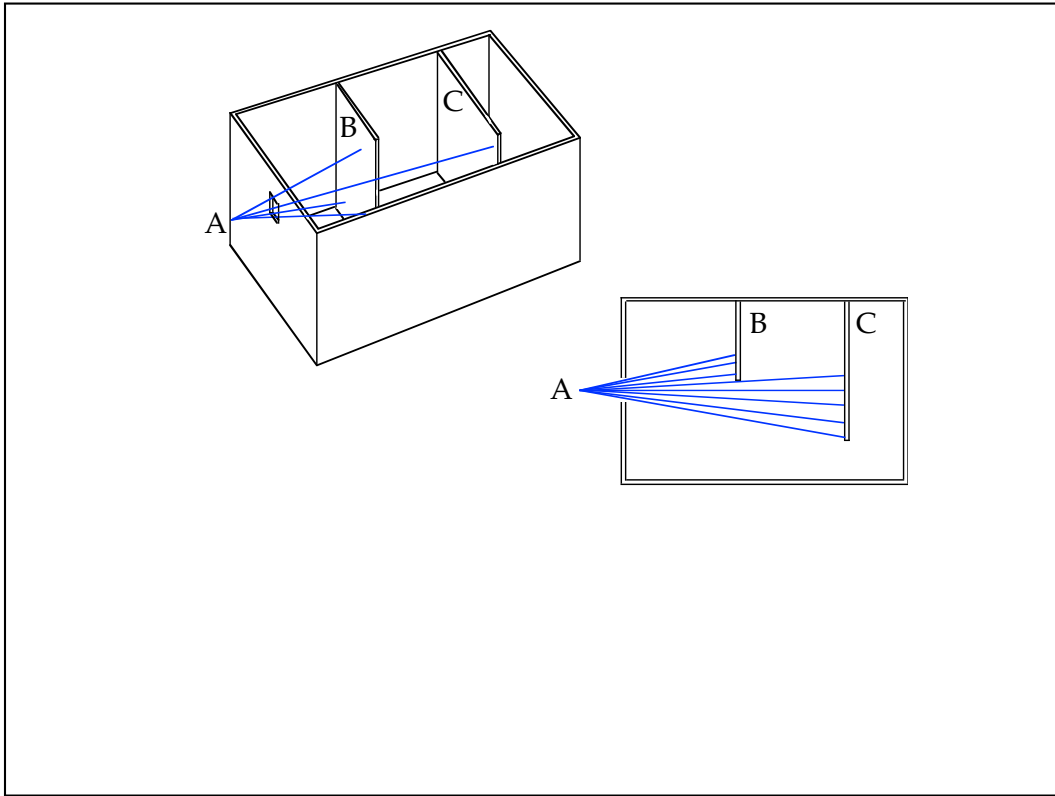
Comment déterminons-nous alors la distance selon cette description de la vue ? Clairement, nous ne pouvons le faire par un sens inné de la longueur des rayons, puisque, au lieu d'atteindre les objets à partir de nous, les rayons viennent à nous de l'extérieur. C'est comme si nous étions touchés par le doigt de quelqu'un d'autre au lieu d'utiliser le nôtre pour établir un contact. Par conséquent, exactement comme nous ne pouvons pas déterminer par un contact physique quelle distance a parcouru un projectile qui nous frappe, nous ne pouvons déterminer par une sensation visuelle quelle distance a parcouru la couleur lumineuse qui frappe notre cornée.

Cela signifie que nous ne pouvons sentir la distance intuitivement ou immédiatement, comme l'aurait voulu la théorie de Ptolémée. La perception de la distance doit impliquer un traitement interprétatif d'une sorte ou d'une autre.

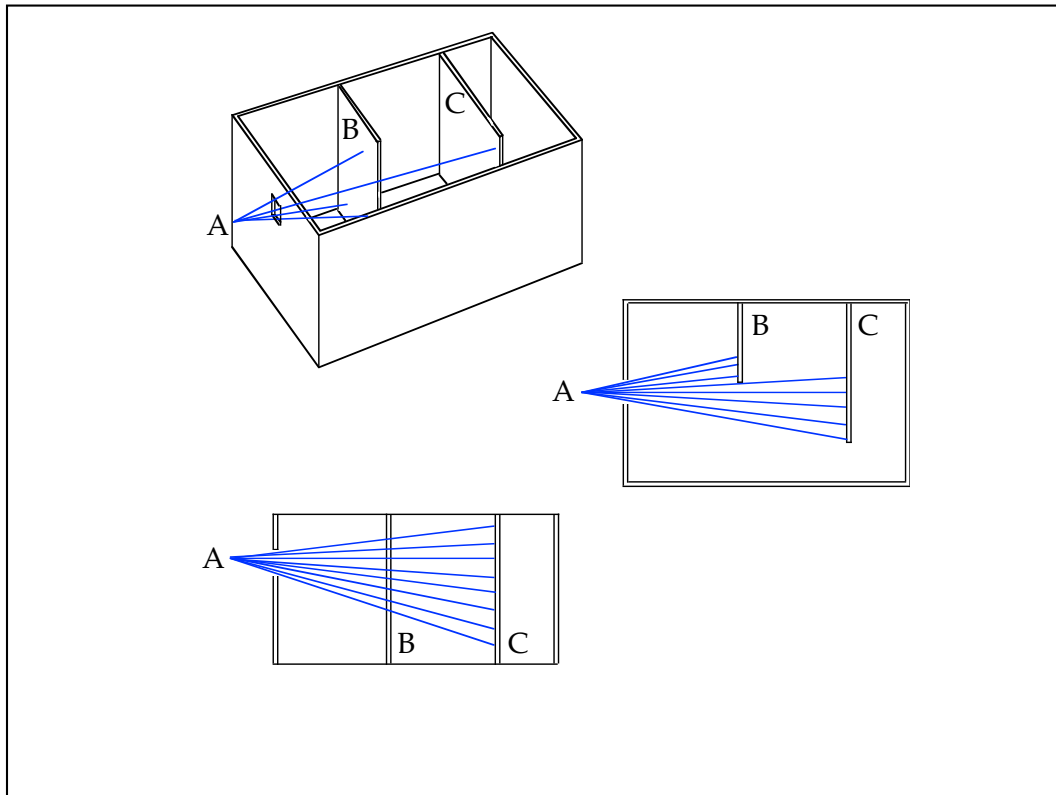
Comme preuve empirique du fait que nous ne percevons pas la distance directement ou immédiatement, Ibn al-Haytham propose l'expérience suivante.



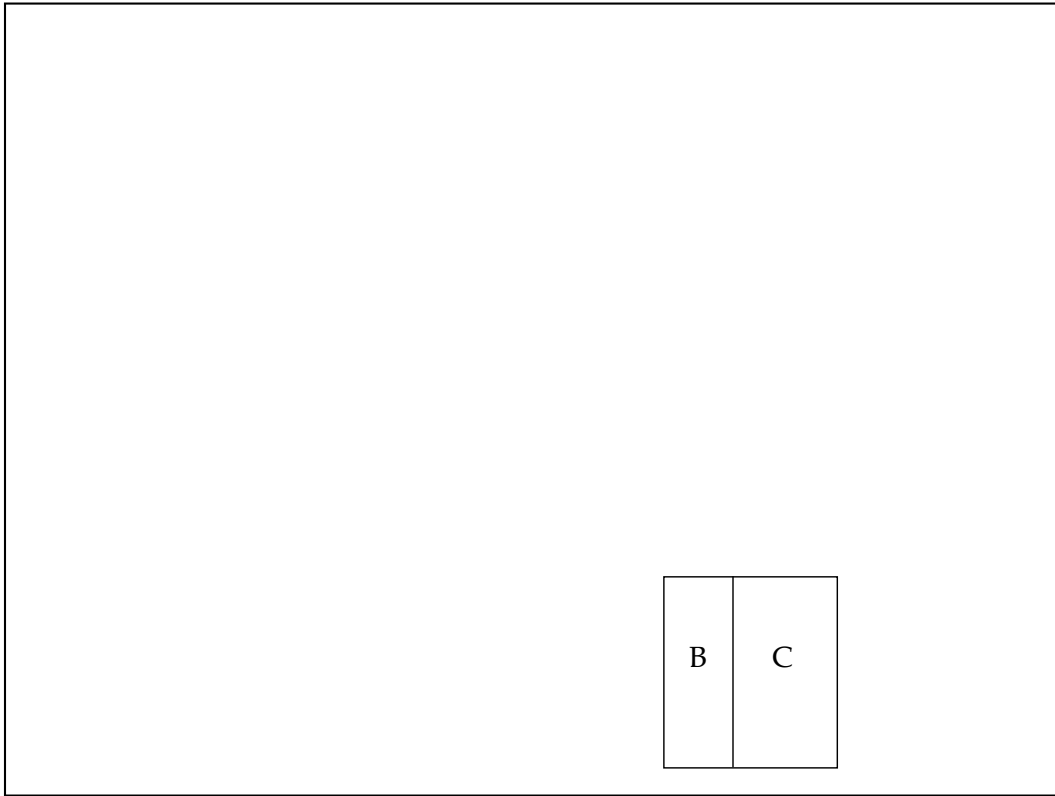
Soit une salle à l'intérieur de laquelle deux murs, B et C, sont dressés de sorte que le mur C se trouve derrière le mur B et dépasse de celui-ci à droite. Cet arrangement est représenté ici,...



...vu du dessus et ici...

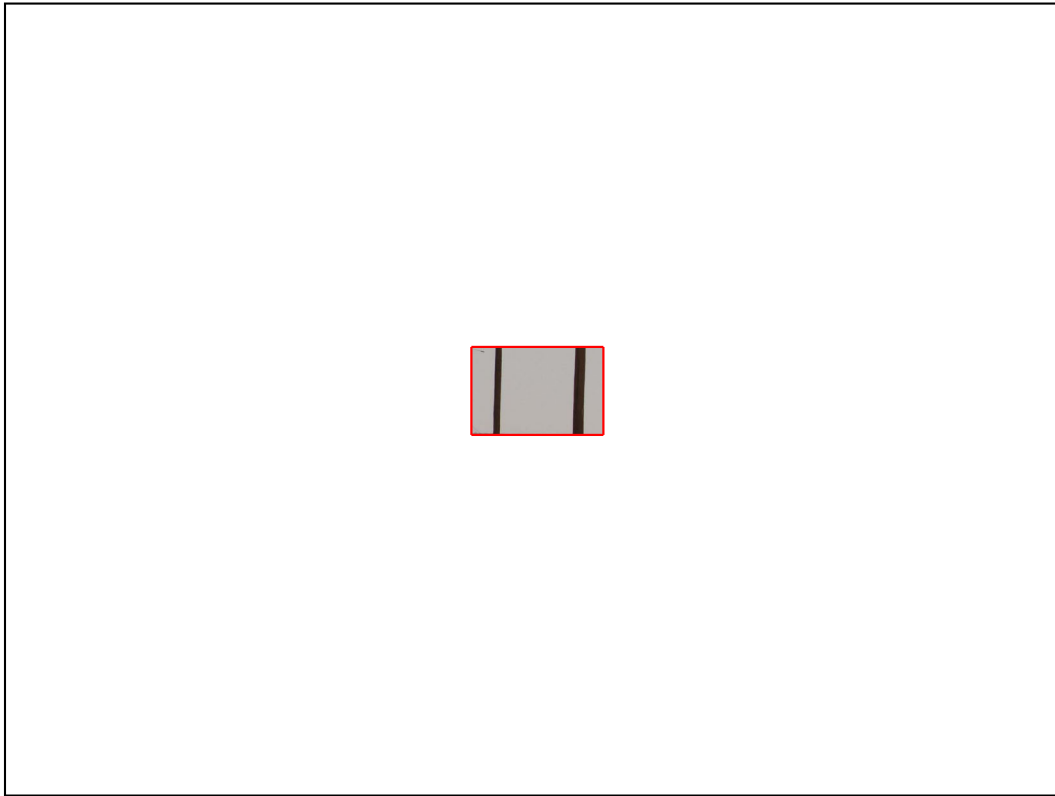


...vu de côté. Percez une petite ouverture ou fenêtre dans le mur extérieur de la salle face aux deux murs intérieurs et placez votre oeil en A de façon à pouvoir voir ces deux murs mais pas les côtés, le plancher ou le plafond de la salle. Quand vous regardez les deux murs dans ces conditions, comme représenté ici,...



...ils sembleront se trouver à la même distance et dans le même plan, mais contigus l'un à l'autre. En d'autres termes, le mur C n'apparaîtra pas comme étant derrière le mur B, mais juste à côté de lui.

Le point d'Ibn al-Haytham est que, loin d'être intuitive et immédiate, la perception de la distance dépend du contexte. Ou, pour le dire autrement, nous déduisons la distance à partir d'indices fournis par le contexte dans lequel nous voyons les choses. Voici un exemple.



Dans ce cadre restreint, il est impossible de dire comment ces deux poteaux verticaux sont situés l'un par rapport à l'autre. En fait, ils paraissent se dresser tous deux l'un à côté de l'autre dans le même plan. Mais dans un contexte approprié,...



...leur relation spatiale devient claire grâce à des indices variés dans le paysage — la manière dont les poteaux sont alignés avec d'autres, la manière dont ils décroissent en taille de droite à gauche, la manière dont les marques dans la poussière donnent la texture du paysage et la manière dont les petites collines au loin fournissent un sens de l'étendue spatiale. D'un autre côté, dans un paysage virtuellement sans relief tel que celui-ci...



...il est difficile, voire impossible, d'évaluer les distances avec une quelconque précision, particulièrement si nous regardons plus loin vers l'horizon.

Avec cela à l'esprit, retournons à notre tableau pointilliste.



Comme nous l'avons remarqué plus tôt, il est analogue à l'image visuelle à deux dimensions produite sur notre cornée. Il ne contient donc aucune profondeur. Pourtant, à partir de divers indices contextuels offerts dans cette représentation bidimensionnelle, les distances à l'intérieur sont assez faciles à déterminer. Par exemple, j'estimerai cette distance...



...à environ 5 mètres ; celle-ci...



...à environ 10 ; cette autre...



...à environ 25 ou 30 ; et celle-là...



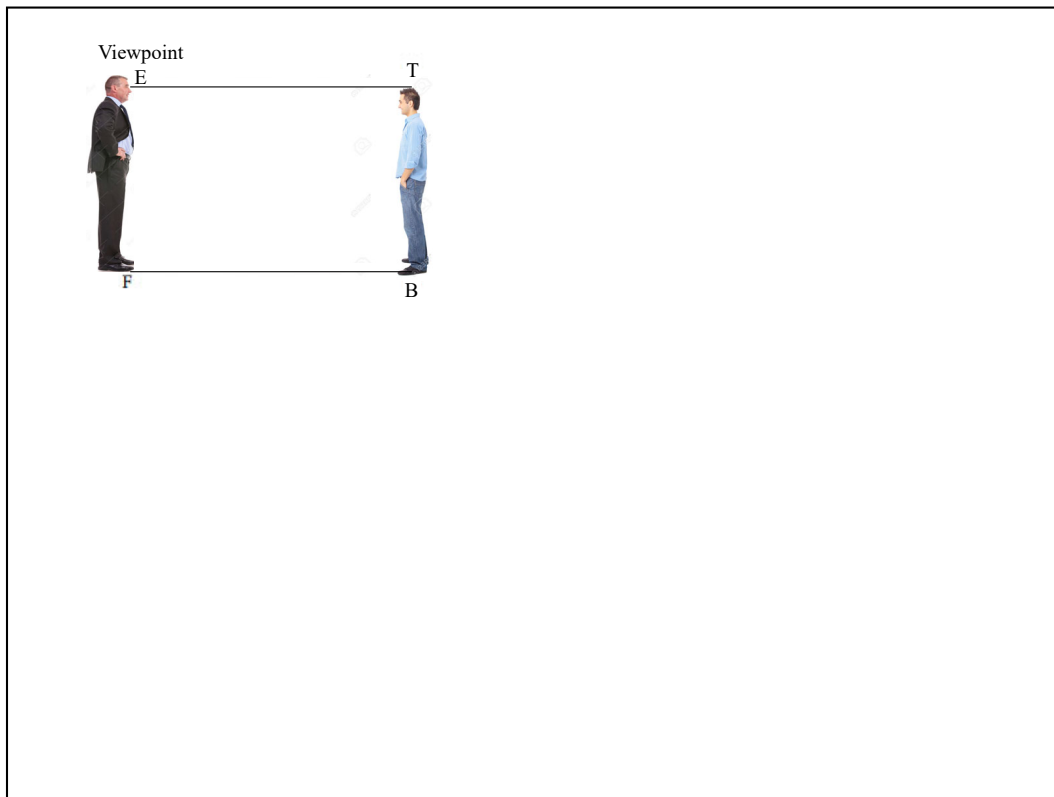
...me semble proche de 100. Vous pouvez ne pas être d'accord avec mes chiffres, mais vous serez tous d'accord qu'ils sont dans un ordre et des proportions corrects. Comment se fait-il donc que nous ne faisons pas que voir, mais que nous estimons aussi correctement les distances dans une représentation non spatiale comme celle-ci ?

La réponse d'Ibn al-Haytham est la suivante. Quand nous voyons le monde pour la première fois en tant que nouveau-né, tout ce que nous voyons est une confusion de couleurs dépareillées sans même reconnaître quelles sortes de couleurs elles sont. Petit à petit, cependant, l'expérience répétée nous enseigne à distinguer non seulement les couleurs, mais aussi les objets. De cette façon, nous développons une taxonomie selon laquelle nous distinguons le rouge du bleu ou du vert, ou les chevaux des mulets ou des boeufs. Cette taxonomie est basée sur des perceptions répétées des mêmes choses ou des mêmes sortes de choses, à partir desquelles nous en formons des représentations générales, conceptuelles. Nous les stockons en mémoire comme images mentales d'une certaine sorte. Quand nous percevons de nouvelles choses, nous les comparons à ces images mentales pour déterminer où elles pourraient s'ajuster dans notre taxonomie.

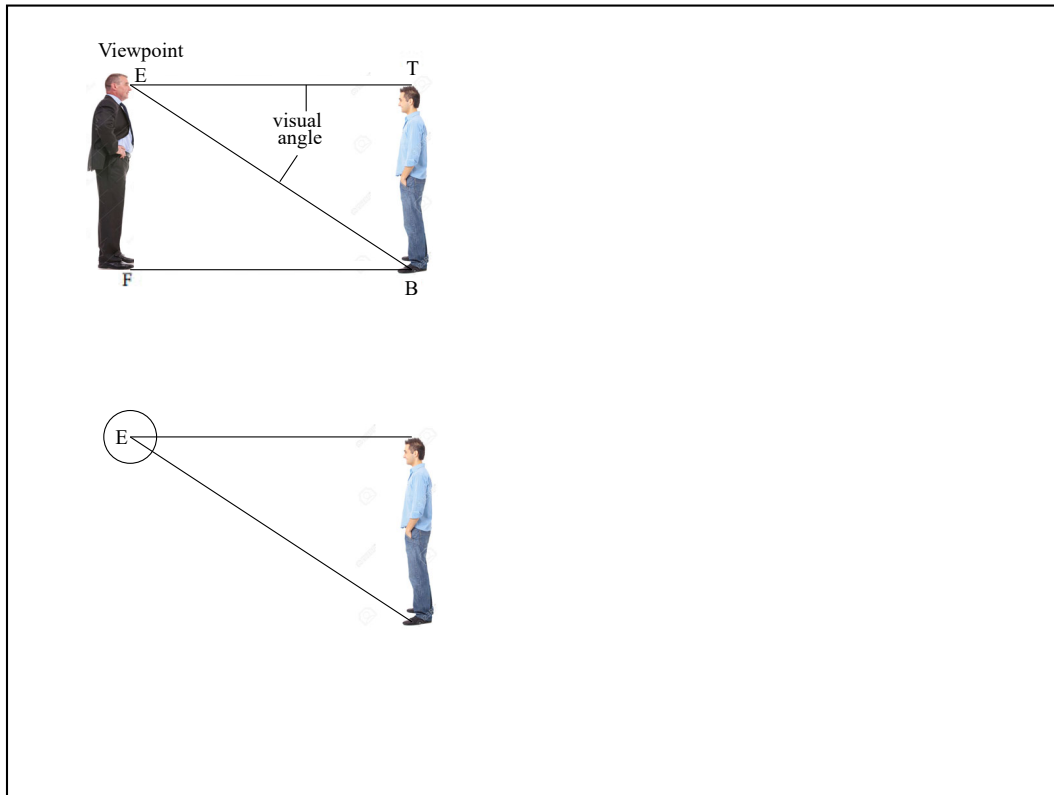
Lorsque nous acquérons la mobilité, continue Ibn-al-Haytham, nous commençons à mesurer le monde extérieur et les choses de ce monde selon des unités corporelles, telles que l'envergure de nos bras, leur longueur, ou nos pas. Lors de perceptions répétées de choses telles que les humains, nous leur appliquons ces mesures pour

déterminer leur taille, par exemple, et concluons que les humains adultes ont une taille moyenne d'environ une envergure de bras. Nous incluons alors cette détermination dans notre image mentale. Avec une mobilité accrue, nous commençons à étendre ces mesures à plusieurs longueurs de bras ou plusieurs pas jusqu'à ce que nous soyons capables d'estimer raisonnablement de longues distances avec une bonne précision sur la base de nos images mentales de ces distances plus courtes. Pour ces plus longues distances, nous combinons les mesures de distance connues mais, pour le faire de manière efficace, nous avons besoin de marqueurs en chemin. Dans la peinture sur l'écran, ces marqueurs sont constitués de personnes et d'arbres.

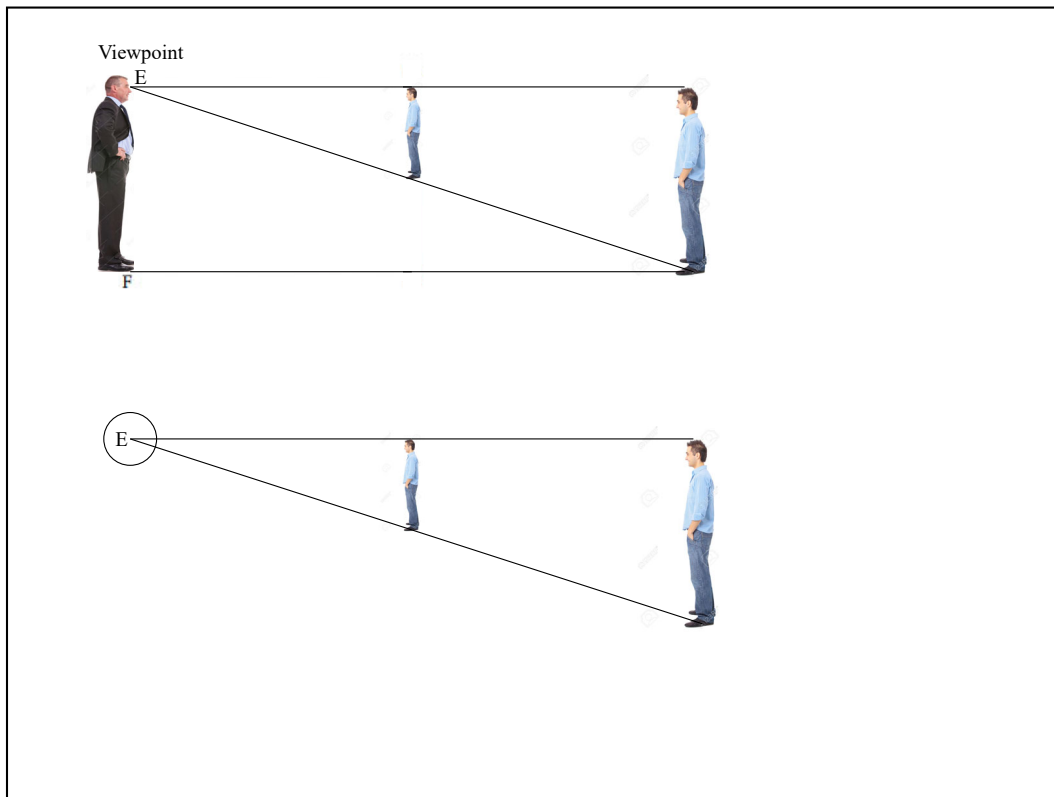
Ils *deviennent* des marqueurs en vertu de ce que des psychologues modernes appellent l'hypothèse d'invariance des distances de taille, à laquelle Ibn al-Haytham souscrit, au moins implicitement. Elle s'explique mieux géométriquement.



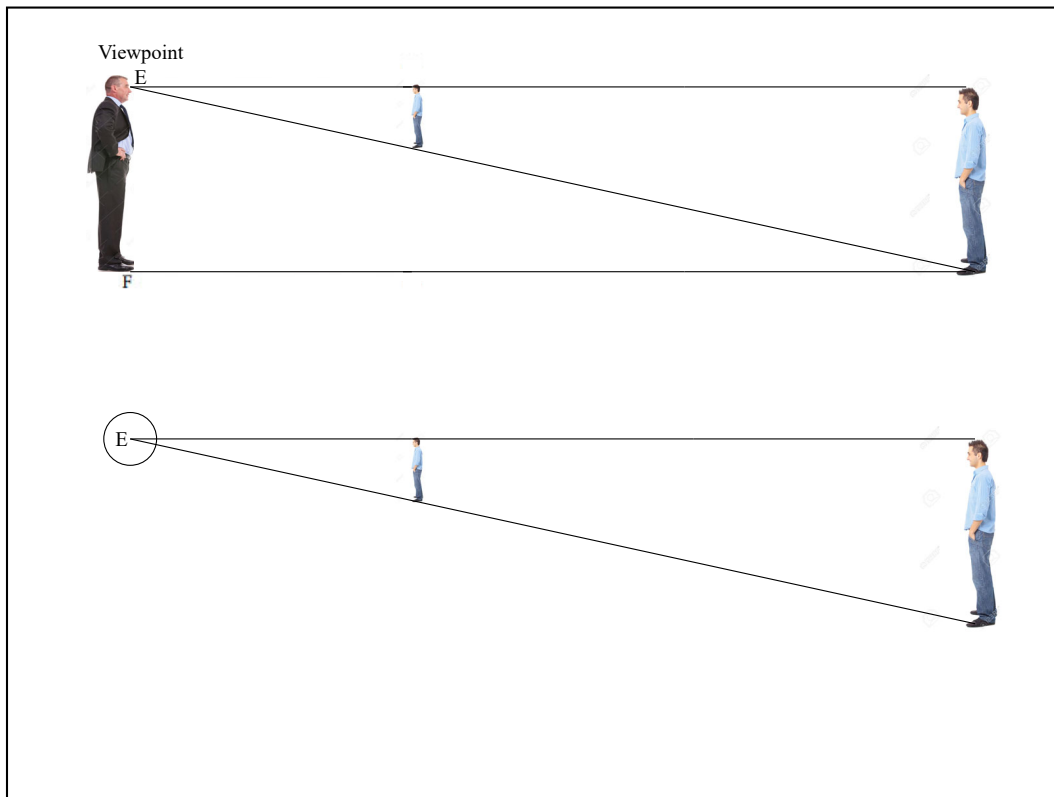
Soit E dans ce diagramme le point de vue à partir duquel, en nous tenant debout avec nos pieds placés en F à gauche, nous regardons quelqu'un en face de nous. Supposons que nous sachions à quelle distance il est, disons trois pas, mesurés par ET ou FB. Nous avons déjà déterminé qu'il mesure à peu près une envergure de bras de haut.



Donc quand le regardons, c'est selon l'angle visuel qu'il sous-tend du point E au centre de l'oeil, où convergent tous les rayons perpendiculaires venant de lui. Ibn al-Haytham se réfère à ce point comme le « centre de vision », et l'angle qui y est formé détermine quelle portion de la surface antérieure de l'oeil, et donc de la cornée, sera occupée par sa représentation visuelle. En reliant la taille relative de cette représentation visuelle et son angle visuel correspondant à la distance à laquelle la personne se trouve du centre de vision, nous savons maintenant de quelle taille il *semblera* être quand il est vu d'une distance de trois pas. Cela déterminé, nous savons maintenant de quelle taille *tout* objet d'une envergure de bras de haut semblera être à une distance de trois pas et nous retenons cette connaissance sous la forme des images mentales mentionnées plus tôt. Réciproquement, nous savons que tout objet haut d'une envergure de bras qui *semble* être de cette taille se trouve éloigné de trois pas.

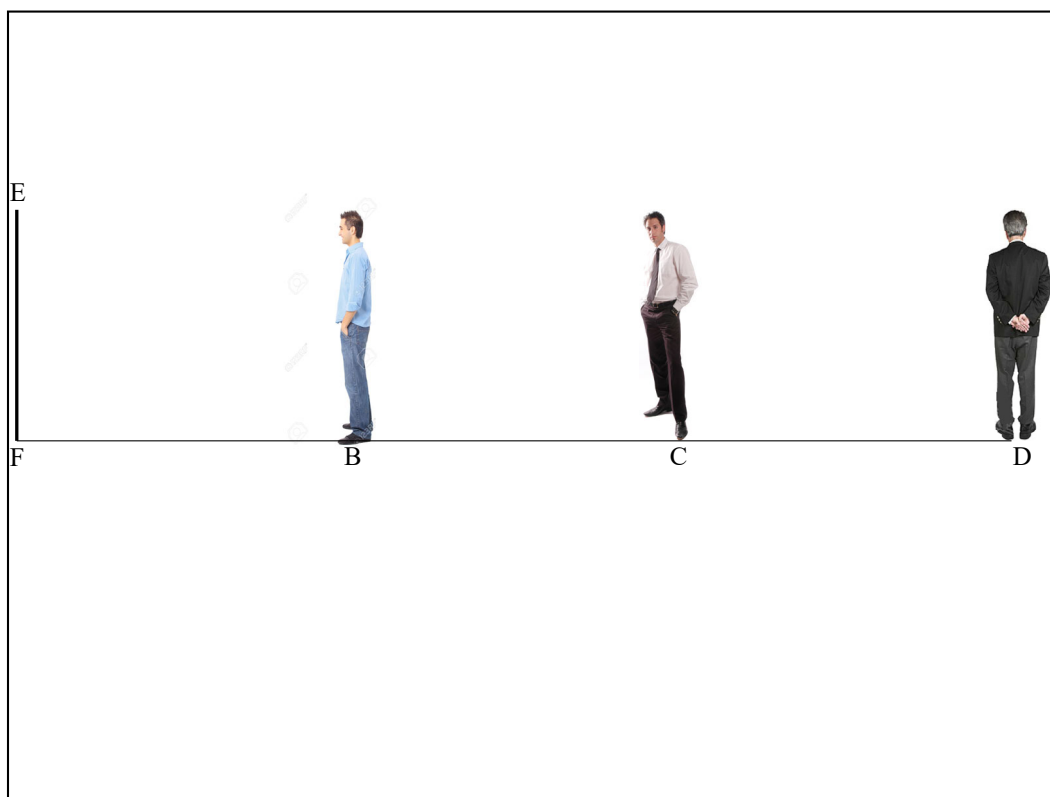


Maintenant déplacez la personne deux fois plus loin à une distance de six pas. Elle sera vue sous un angle visuel proportionnellement plus petit et semblera donc proportionnellement plus petite. En fait, elle apparaîtra à peu près la moitié de la taille qu'elle avait à une distance de trois pas.

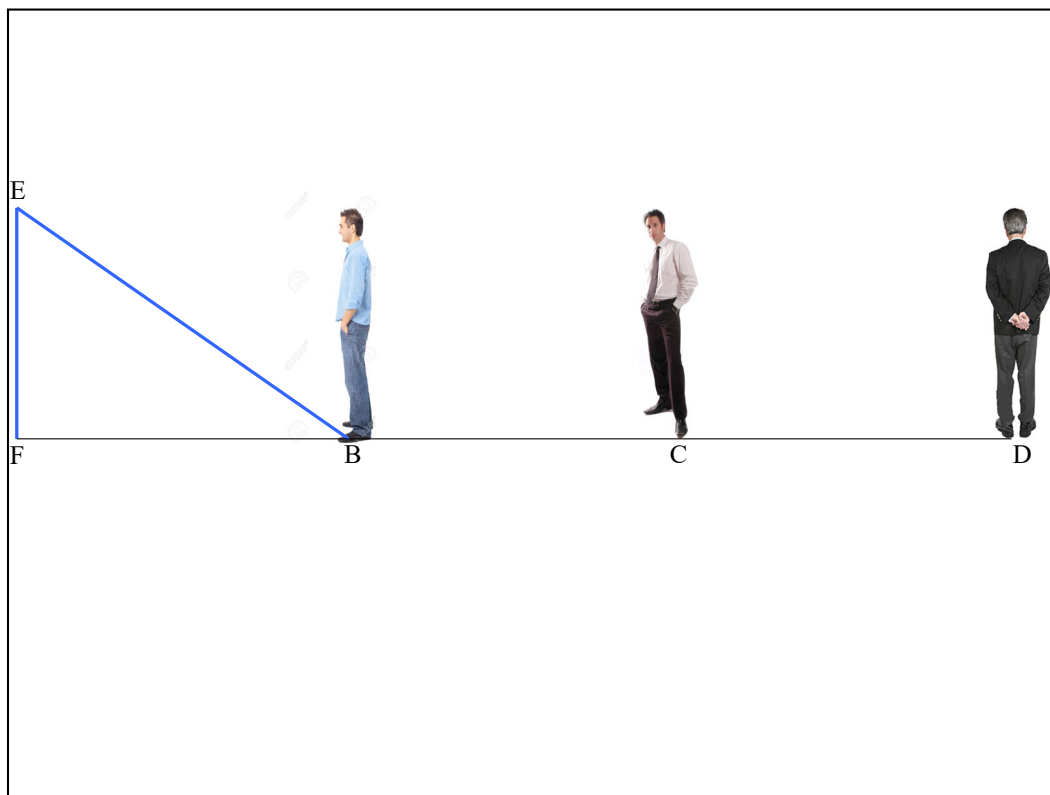


Déplacez-la encore de trois pas plus loin, et elle semblera proportionnellement plus petite et ainsi de suite pour chaque incrément de 3 pas.

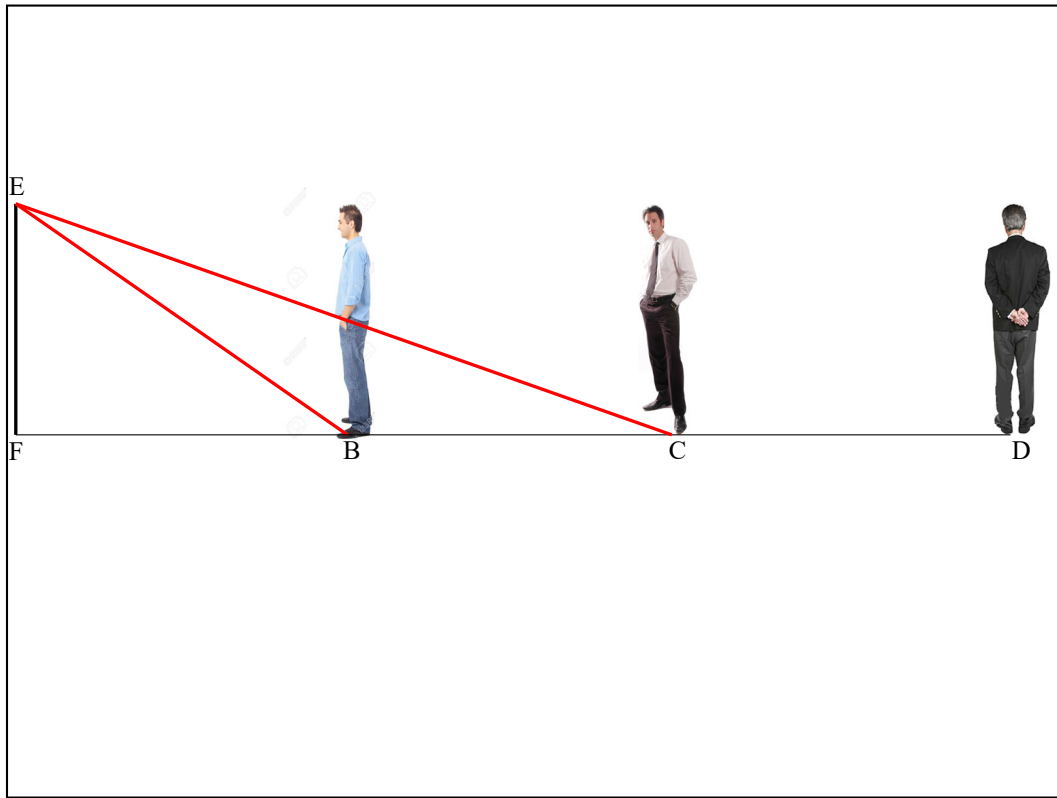
Des perceptions continuelles de cette sorte nous conduisent finalement à reconnaître de quelle grandeur beaucoup d'objets familiers de taille connue devraient apparaître à une large variété de distances, selon une large variété d'angles visuels mémorisés. De plus, ces perceptions nous permettent aussi d'estimer des étendues de sol selon les angles visuels qu'elles sous-tendent.



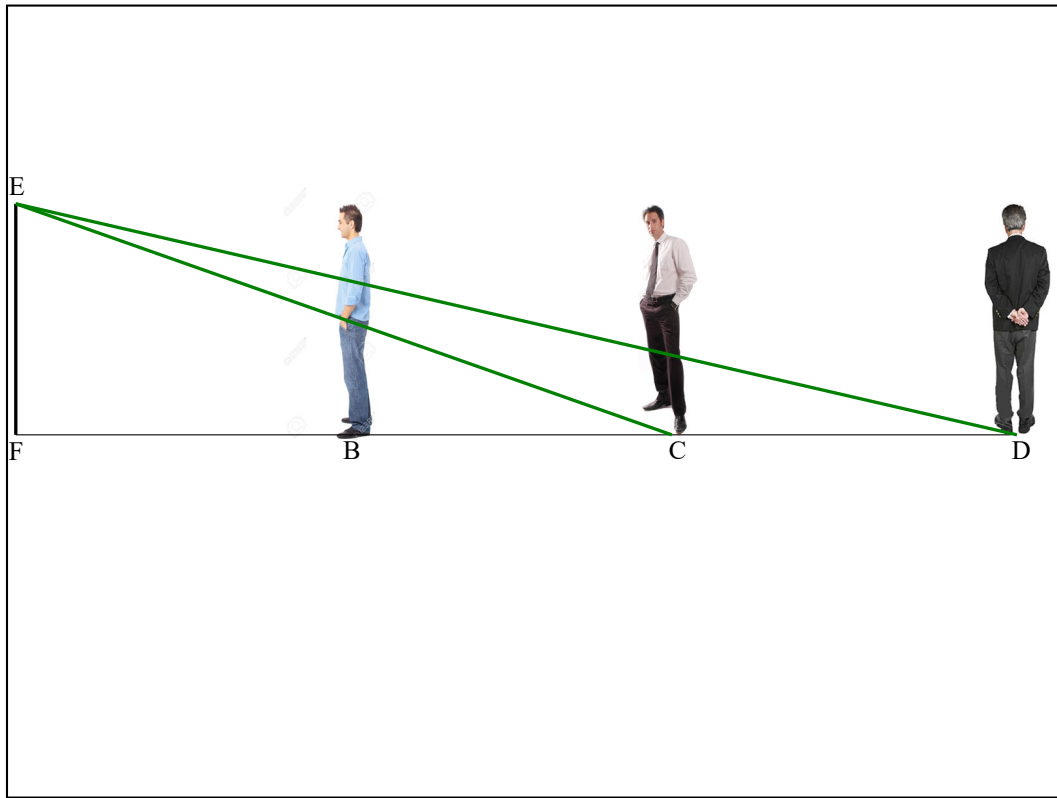
Ayant déjà déterminé que chacune des étendues FB, BC, et CD entre les personnes debout ont trois pas de long, nous savons et nous souvenons que l'étendue à nos pieds qui est de trois pas sous-tendra un angle FEB...



...formé par les lignes bleues. Par conséquent, quand nous voyons une autre étendue de sol à nos pieds qui sous-tend le même angle visuel, nous savons qu'elle fait trois pas de long. De même, nous savons par expérience qu'une étendue de sol de trois pas de long et à trois pas de distance sous-tendra l'angle visuel BEC...

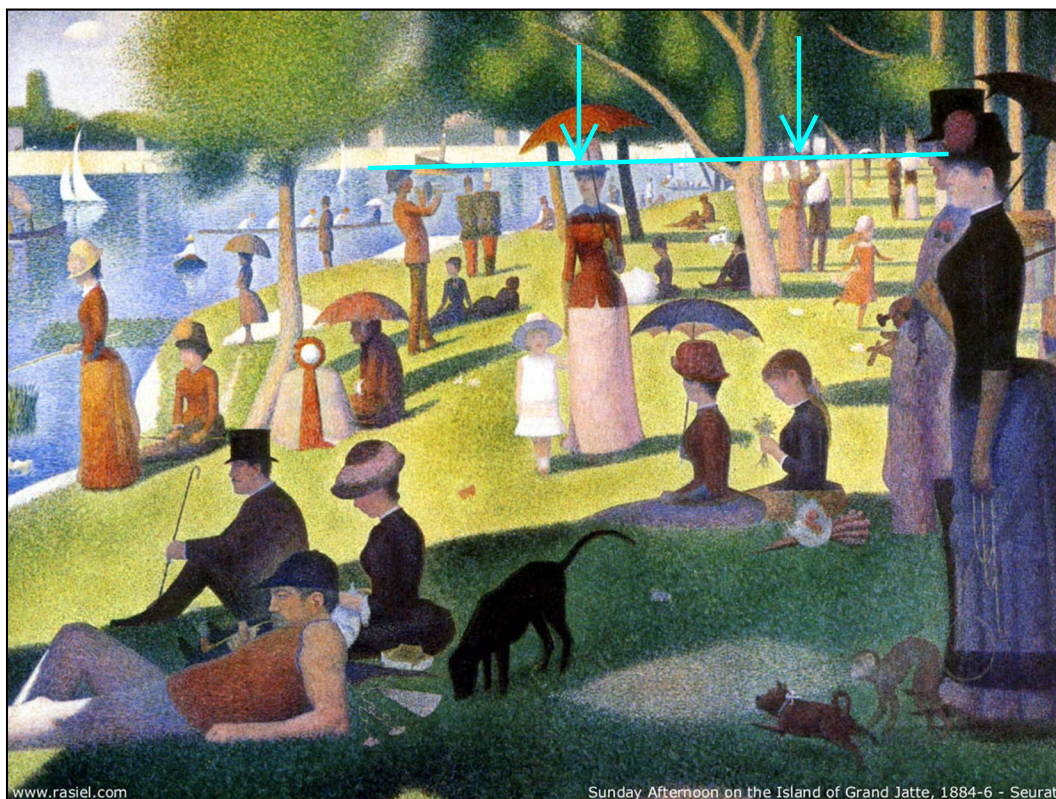


...formé par les lignes rouges, tandis que l'expérience nous enseigne qu'une étendue de sol de trois pas de long à six pas de distance sous-tendra un angle visuel CED...

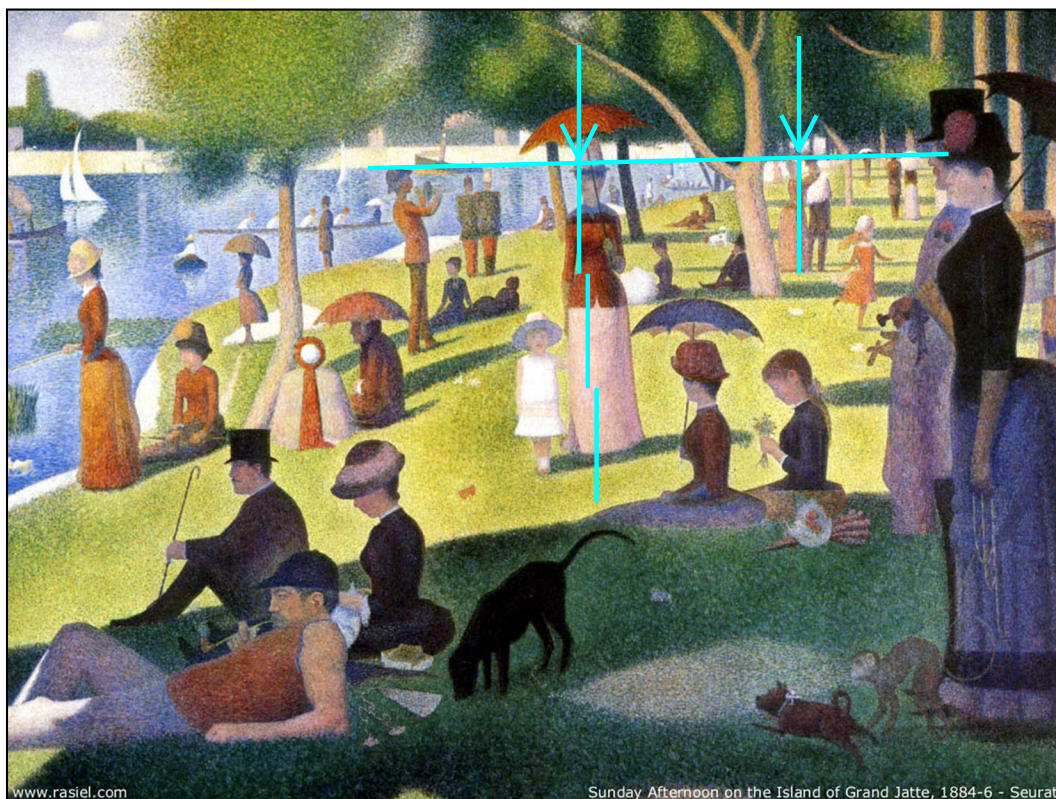


...formé par les lignes vertes.

Retournons brièvement à la peinture de Seurat.

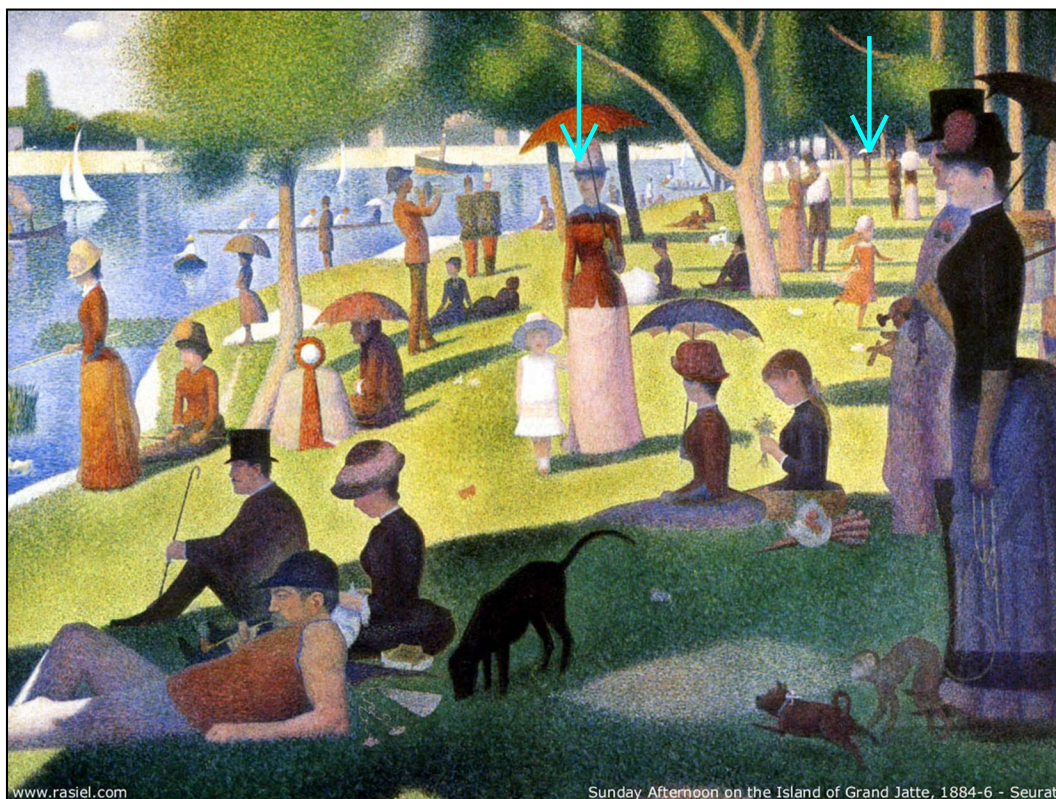


Comme vous pouvez le voir grâce à la ligne en bleu clair, plusieurs des personnages sont à la même hauteur que le point de vue implicite du tableau. Concentrons-nous sur les personnages désignés par les flèches : la femme au milieu et le couple derrière elle, à droite. J'évaluerais que, de notre point de vue implicite, la femme au milieu se trouve à environ 7 ou 8 mètres de distance. J'évaluerais aussi qu'elle paraît environ deux fois et demi plus grande que le couple à sa gauche,...



...selon la mesure donnée par la ligne verticale bleue qui les traverse. Je jugerais donc qu'ils se trouvent éloignés d'environ 35 mètres. Je suis parvenu à ce jugement sur la base d'au moins trois indices spatiaux implicites dans le tableau : les tailles relatives des deux groupes, leur séparation de la droite à la gauche, et le fait que les pieds du couple sont au-dessus des pieds de la femme.

Ici se trouve le point crucial. Bien que le couple *paraisse* environ deux fois et demi plus petit que la femme, je les *perçois* néanmoins comme étant de la même taille.



www.rasiel.com

Sunday Afternoon on the Island of Grand Jatte, 1884-6 - Seurat

Ici aussi, je perçois ce personnage minuscule à la droite de la femme comme étant de la même taille qu'elle parce que je perçois les distances qu'il a par rapport à nous et par rapport à elle comme étant grandes. Selon Ibn al-Haytham, cette perception d'une taille *effective* constante est basée sur ma corrélation entre une taille apparente et une distance estimée, et sur ma comparaison du résultat aux corrélations que j'ai mémorisées. De plus, quand je vois des objets qui ne sont pas familiers, mais de la même taille apparente à la même distance estimée que des objets familiers dont je connais la taille, je les perçois comme étant de la même taille effective que ces objets familiers. Sur cette base, je peux déterminer la taille effective d'objets que je n'ai jamais vus auparavant en comparant leur représentation visuelle immédiate à ma représentation conceptuelle d'objets familiers comparables.

Comme Ibn al-Haytham l'explique, donc, la perception de la taille et de la distance implique des jugements déductifs basés sur la corrélation entre la taille apparente et la distance estimée, puis sur la comparaison de la corrélation obtenue à des tailles et à des distances connues et mémorisées. Parce que nous sommes tellement habitués à de telles comparaisons et de tels jugements, explique Ibn al-Haytham, nous ne sommes plus conscients de la procédure déductive qui y conduit parce que nous l'effectuons rapidement et automatiquement. C'est pourquoi la plupart d'entre nous supposons que la perception spatiale est immédiate et intuitive.

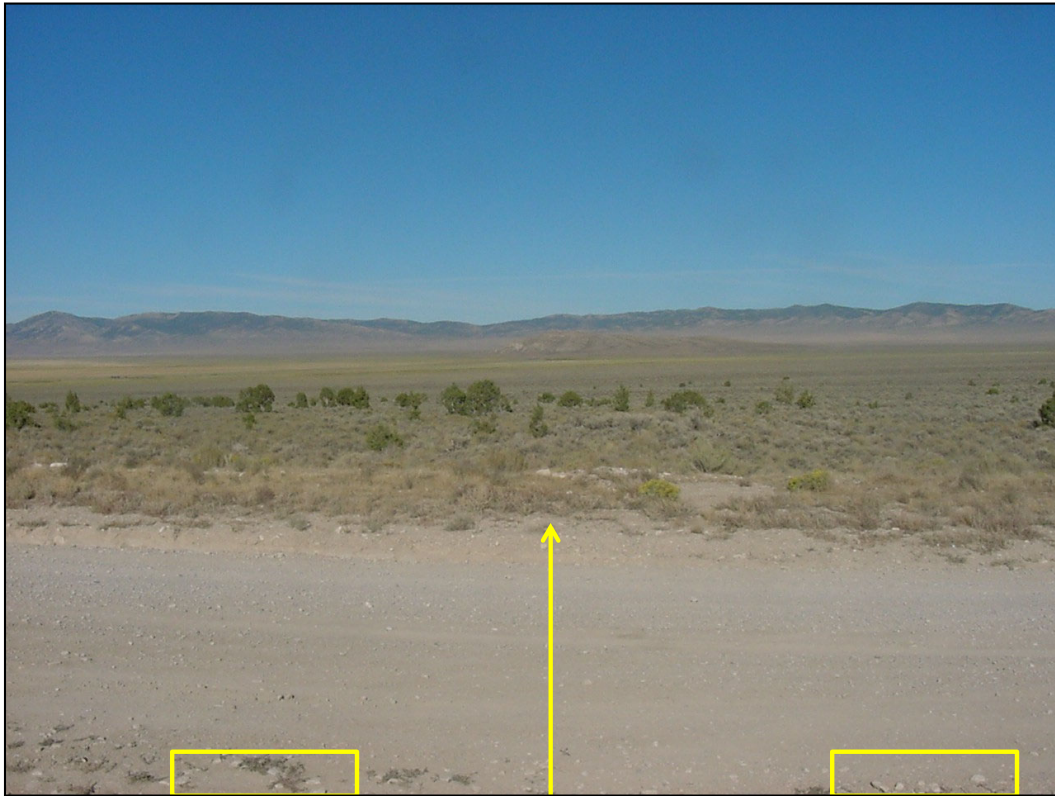
Voici un dernier exemple, qui illustre seulement comment la perception de la taille dépend du contexte et des indices environnants qu'il fournit.



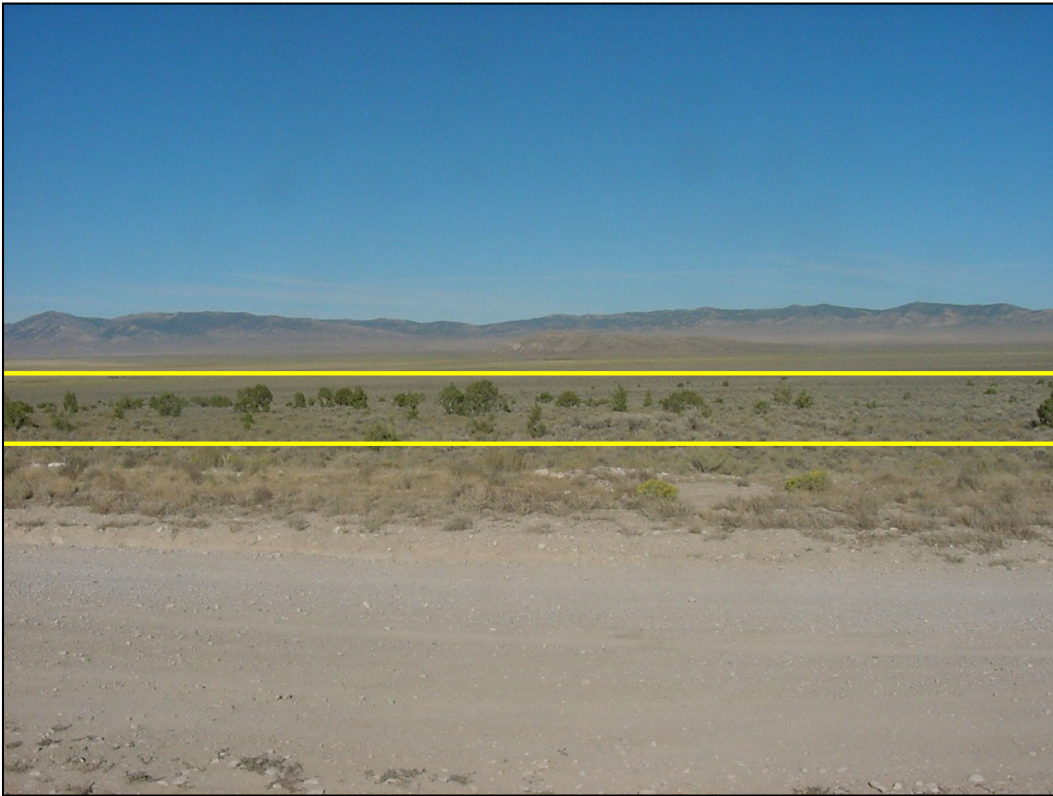
Prenez ce paysage, qui contient une vaste variété d'indices sur la distance et la taille. Par exemple,...



...en jugeant la taille de ces pierres au tout premier plan, dont j'évalue la plus grande d'entre elles à environ 10 cm de section transversale, j'estimerai cette distance,...



...depuis le premier plan jusqu'à la bordure de la route, à environ 5 mètres. Par ailleurs, sachant que ces arbres...



...sont des arbres à pignons, typiques des hauts déserts du Nouveau Mexique et du Colorado, j'estimerai cet arbre...



...à environ deux mètres de haut. Sur cette base, je devinerais que cette distance...



...est d'environ 75 ou 80 mètres. Finalement, avec ces indices à l'esprit et une connaissance du terrain représenté ici, j'estimerai que les petites montagnes au loin sont éloignées d'environ 5 kilomètres, bien que le manque de marqueurs à l'intérieur de cette étendue...

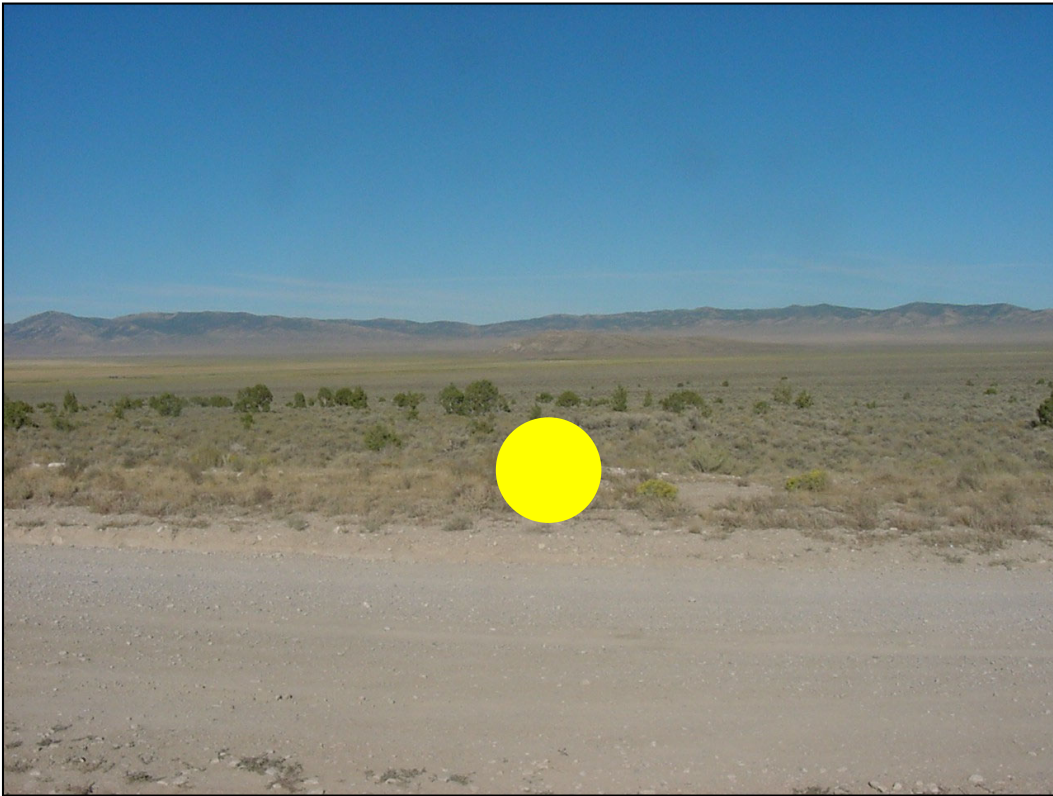


...de paysage rende cette estimation extrêmement hypothétique.

Maintenant, tous ces points étant établis, supposons que le cercle jaune...



...ici représente un objet assez petit placé près de nous, au tout premier plan de l'image. Il semble avoir peut-être 30 ou 40 centimètres de diamètre par comparaison avec la pierre la plus grande près de lui. Eloignons-le, juste au-delà du bord de la route, à une distance d'environ 5 mètres.



Alors même qu'il est précisément de la même taille et sous-tend précisément le même angle visuel qu'auparavant, il *paraît* bien plus grand à cause de la distance accrue à laquelle nous imaginons que nous le voyons. Finalement,...



...quand nous le déplaçons en un point juste au-dessus et au-delà des montagnes à plusieurs kilomètres de distance, il apparaît énorme, alors même que sa taille effective reste inchangée.

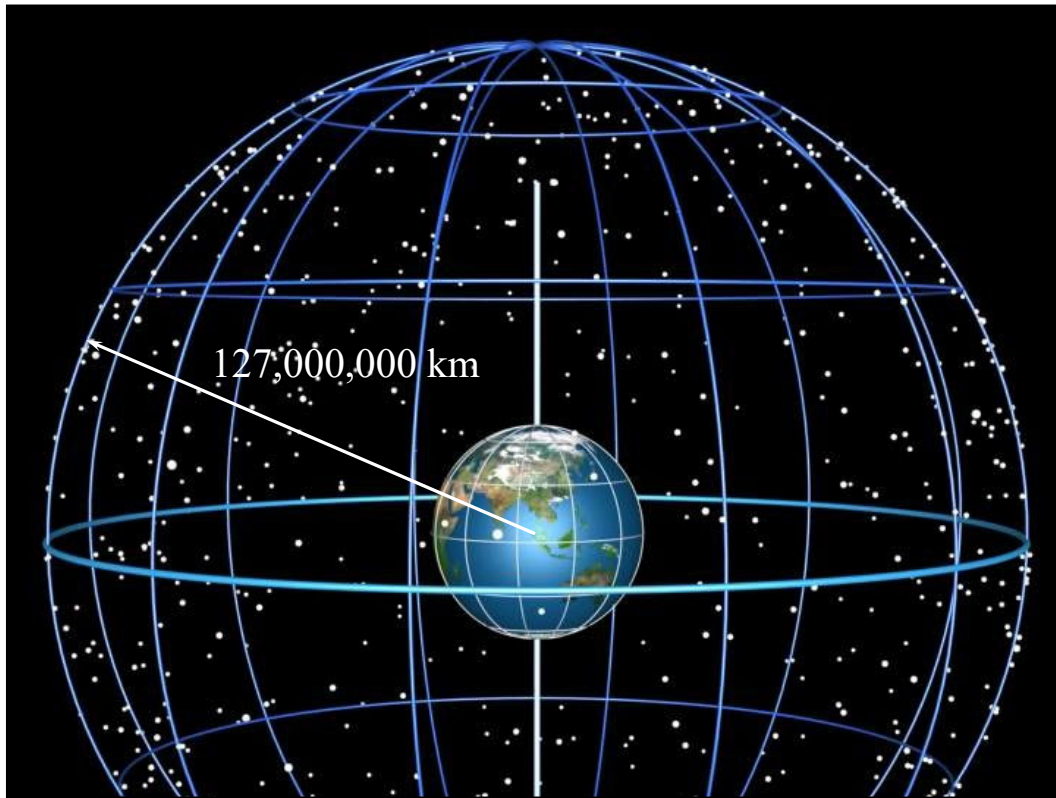
Armés maintenant avec ce que j'espère être une compréhension à peu près claire de la description de la perception de distance et taille par Ibn al-Haytham, nous sommes prêts à conclure en regardant son explication de l'illusion lunaire. En fait, Ibn al-Haytham offre deux explications complémentaires. Une, qui remonte à Ptolémée et même à une époque antérieure, attribue l'agrandissement de la Lune et du Soleil à l'horizon à la réfraction à travers des vapeurs humides épaisses s'élevant à une altitude relativement basse de la surface terrestre. Lorsqu'ils sont vus à travers ces vapeurs humides sur l'horizon, les deux corps apparaissent magnifiés d'une manière similaire à celle dont les objets vus dans l'eau...



...paraissent agrandis par réfraction. C'était la manière dont l'illusion lunaire était communément comprise pendant des siècles après Ptolémée.

Après une analyse soignée basée sur les principes de réfraction établis par Ptolémée, cependant, Ibn al-Haytham a compris que la magnification par réfraction provoquée par des vapeurs humides ne serait pas suffisante pour rendre compte du degré d'agrandissement dont la Lune et le Soleil semblent bénéficier à l'horizon. Il devait y avoir une cause additionnelle, plus fondamentale, et elle devait être fondée sur quelque chose d'autre que la physique de la réfraction. Ibn al-Haytham a été ainsi poussé à rechercher finalement cette cause dans la psychologie de la perception — ou plus exactement des fausses perceptions — et plus spécifiquement, des fausses perceptions de la distance et de la taille. Donc jetons-y un coup d'œil.

Ibn al-Haytham ouvre son explication par deux considérations astronomiques. La première, qui s'accorde avec la cosmologie de son temps, est que la voûte des cieux est sphérique, sa surface concave nous faisant face.



Mais que cette voûte sphérique est si éloignée — environ 127 000 000 de kilomètres soit 10000 fois le diamètre de la Terre selon les calculs de son temps — que nous ne pouvons percevoir correctement sa distance parce que nous manquons de marqueurs pour nous aider sur le chemin : pas d'arbres, pas d'étendues de sol, pas de montagnes à l'horizon pour nous aider à mettre sa distance en perspective. Par conséquent, nous ne pouvons percevoir sa concavité ni aucune autre caractéristique spatiale. Tout ce que nous pouvons percevoir est sa couleur bleue pendant le jour et sa noirceur parsemée d'étoiles la nuit. Pourtant, nous sommes contraints de deviner sa forme et notre meilleure conjecture, selon Ibn al-Haytham, est qu'elle forme une sorte de plafond s'étendant haut au-dessus de nos têtes et à peu près parallèle au plan du sol où nous nous tenons. Cette fausse perception est renforcée par les formations nuageuses, comme celle-ci,...



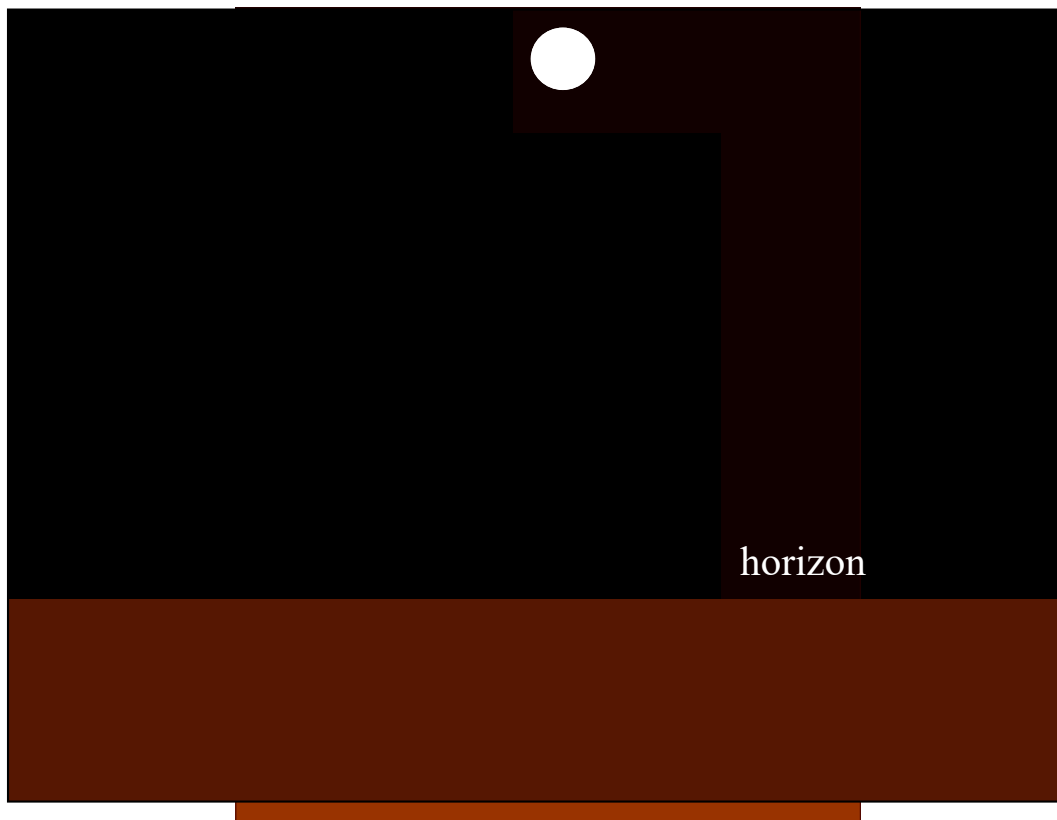
...qui semble suivre le contour plat du ciel.

La deuxième considération astronomique est que la Lune et le Soleil se déplacent sur des orbites circulaires autour de la Terre, concentriques avec elle, parcourant chaque orbite en une journée de 24 heures. Comme la voûte céleste, ces orbites se trouvent si loin que, manquant de marqueurs sur le chemin pour définir leurs distances, nous ne pouvons détecter leurs courbures. Nous les percevons donc comme des lignes droites le long du plafond céleste. Par conséquent, les deux corps célestes semblent s'éloigner de nous en lignes droites à travers le ciel et ce faisant, ils semblent reculer de plus en plus loin lorsqu'ils se déplacent du zénith, directement au-dessus de nous, vers l'horizon.

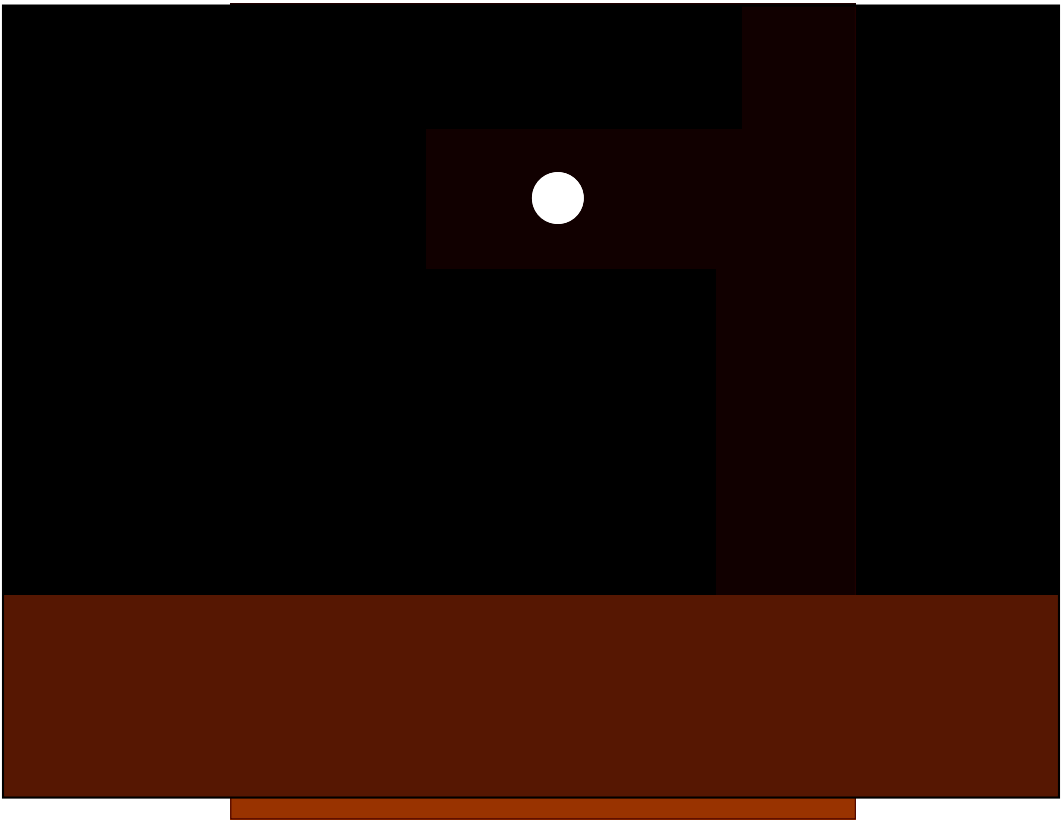
S'ils s'éloignaient vraiment de nous le long de lignes droites, cependant, ils apparaîtraient de plus en plus petits à mesure qu'ils s'éloigneraient de nous parce qu'ils sous-tendraient des angles visuels toujours plus petits. Ils sembleraient donc suivre un schéma similaire à cette série de luminaires...

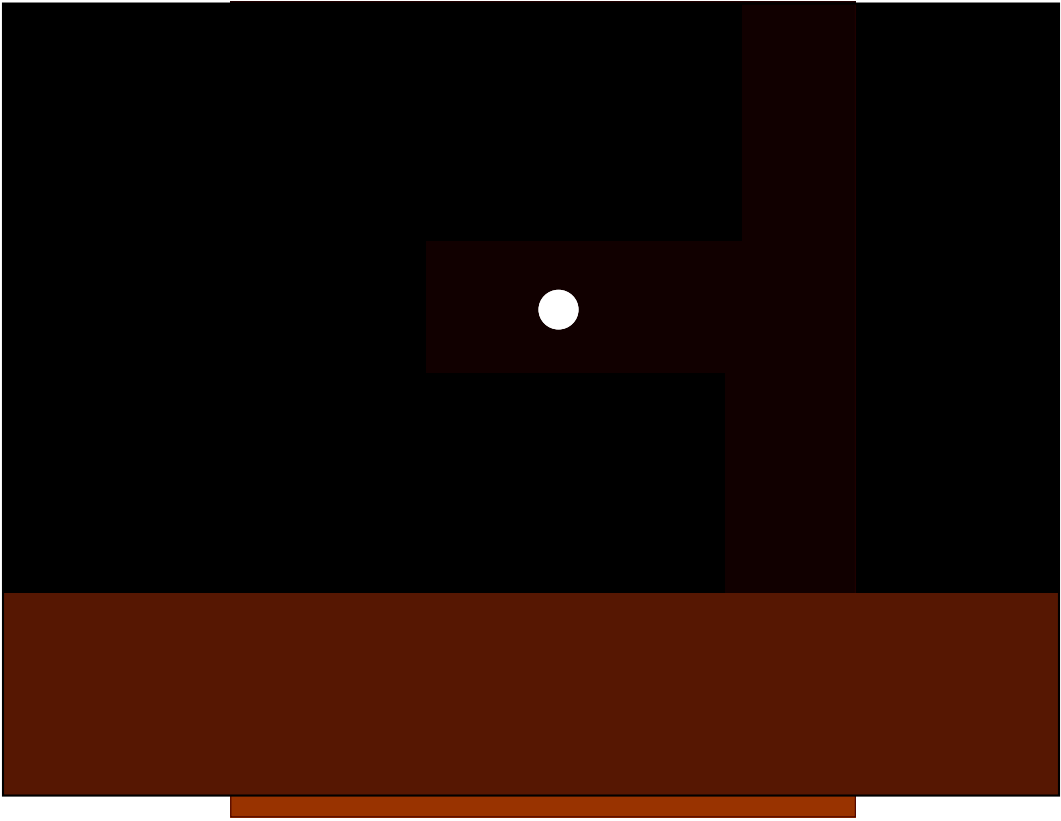


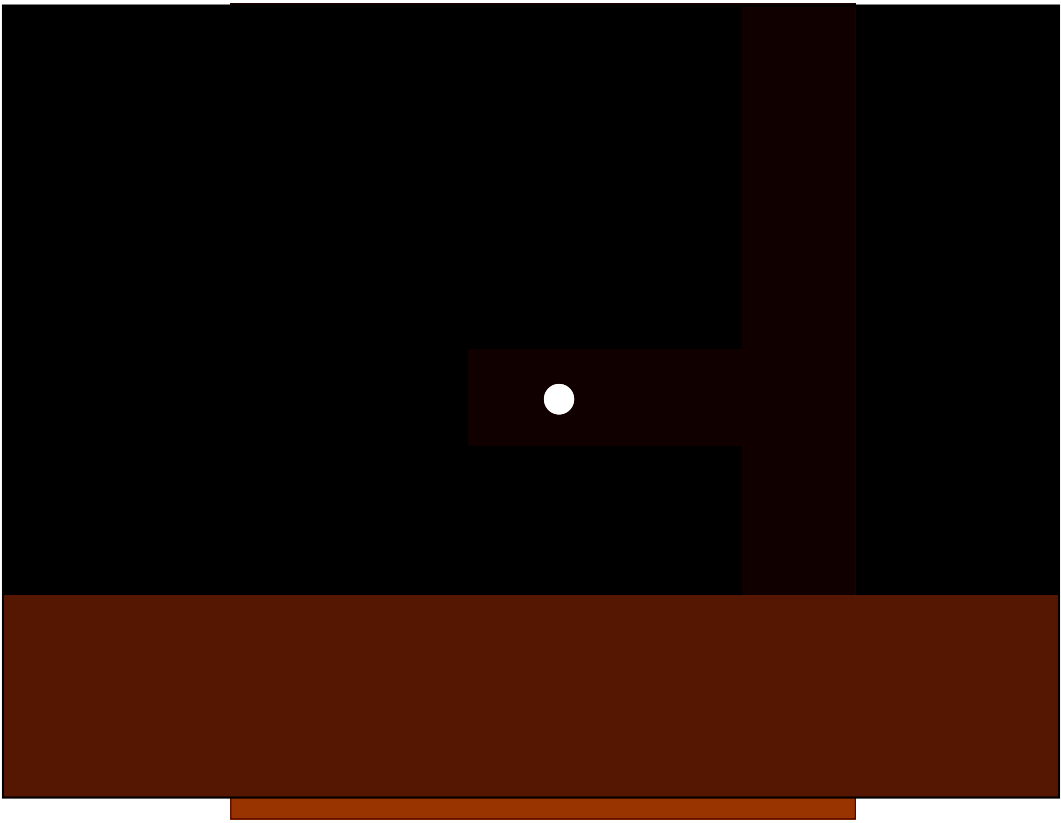
...au plafond, vus dans un long couloir, continuellement décroissants en taille apparente tout en indiquant des distances de plus en plus petites au fur et à mesure qu'ils s'approchent de l'horizon. Ce que nous devrions voir, alors, est quelque chose comme ceci,...

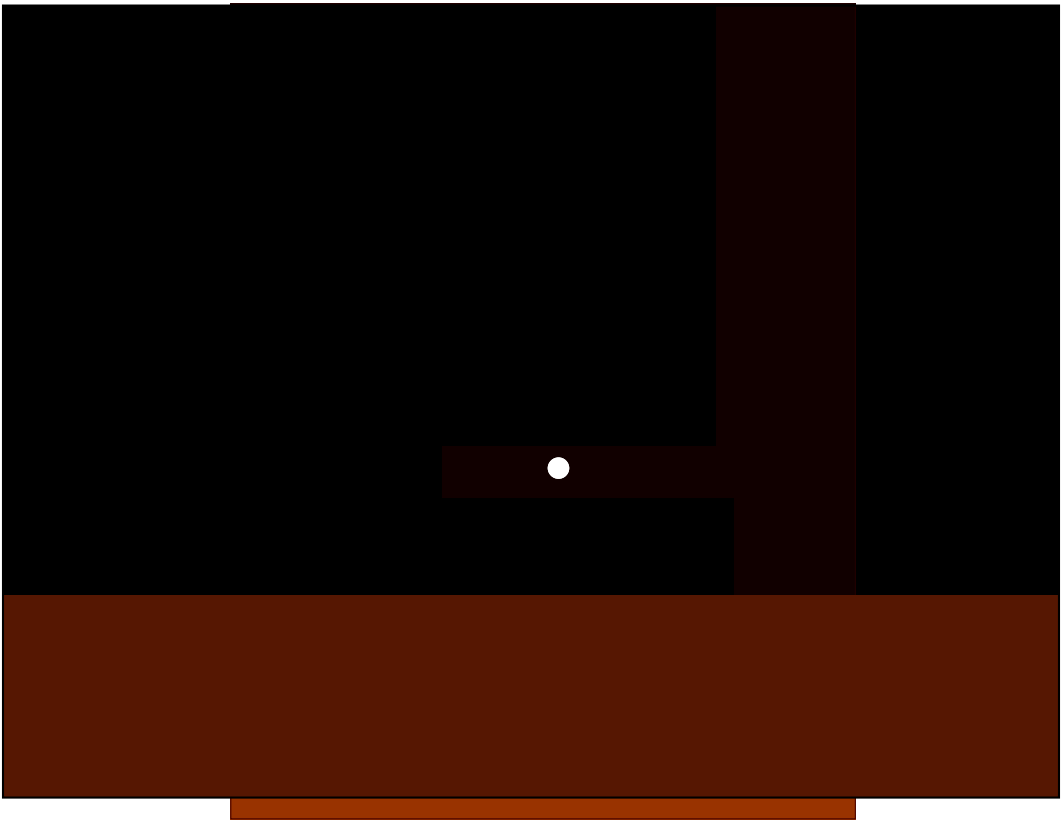


...en partant avec la Lune haut dans le ciel, puis se déplaçant vers l'horizon avec des distances décroissant continuellement pendant des intervalles de temps constants, comme suit:







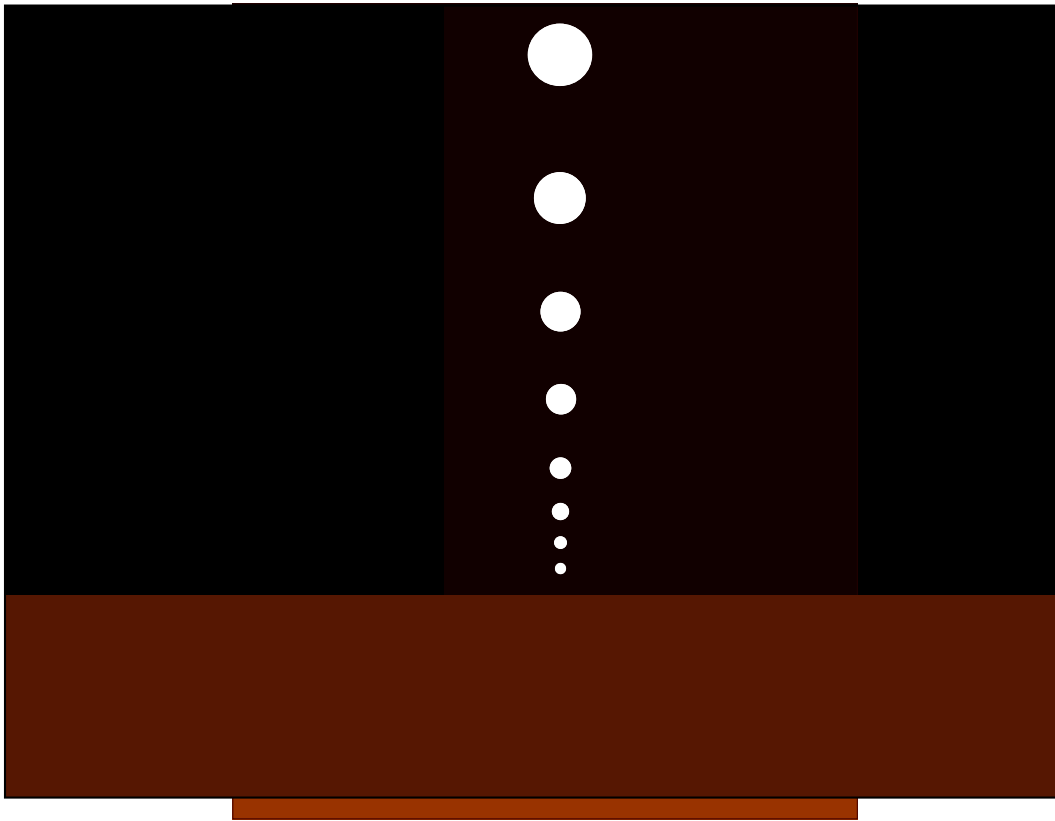








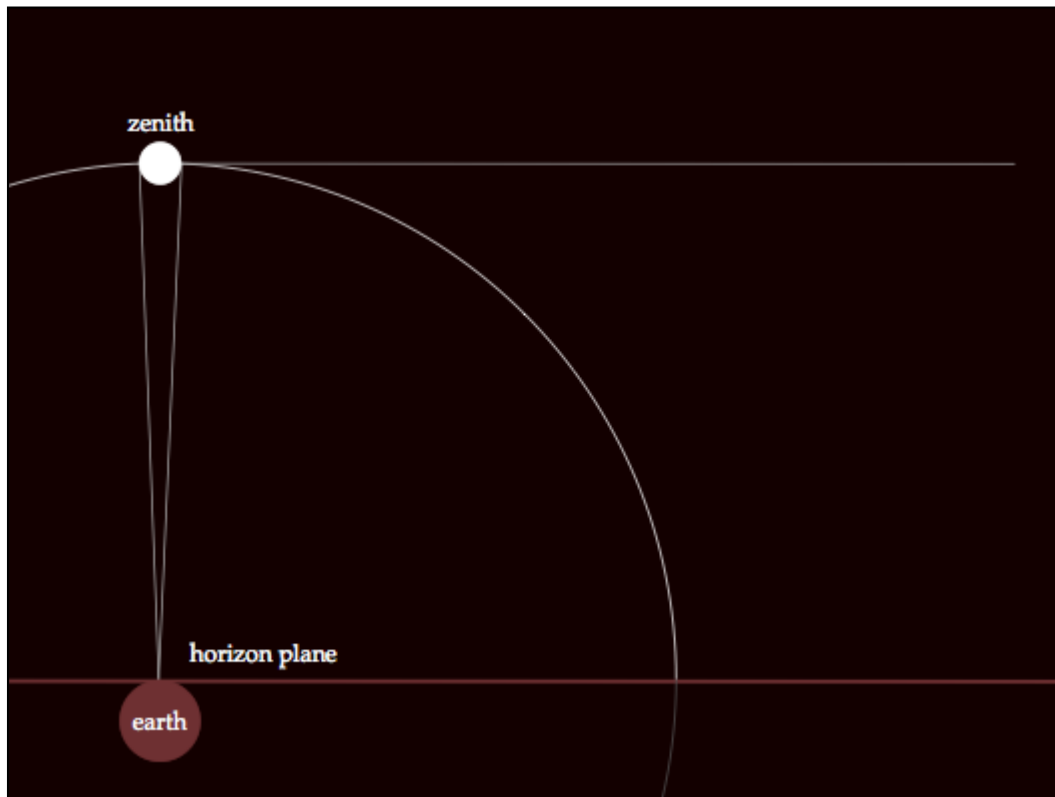
Ceci,...



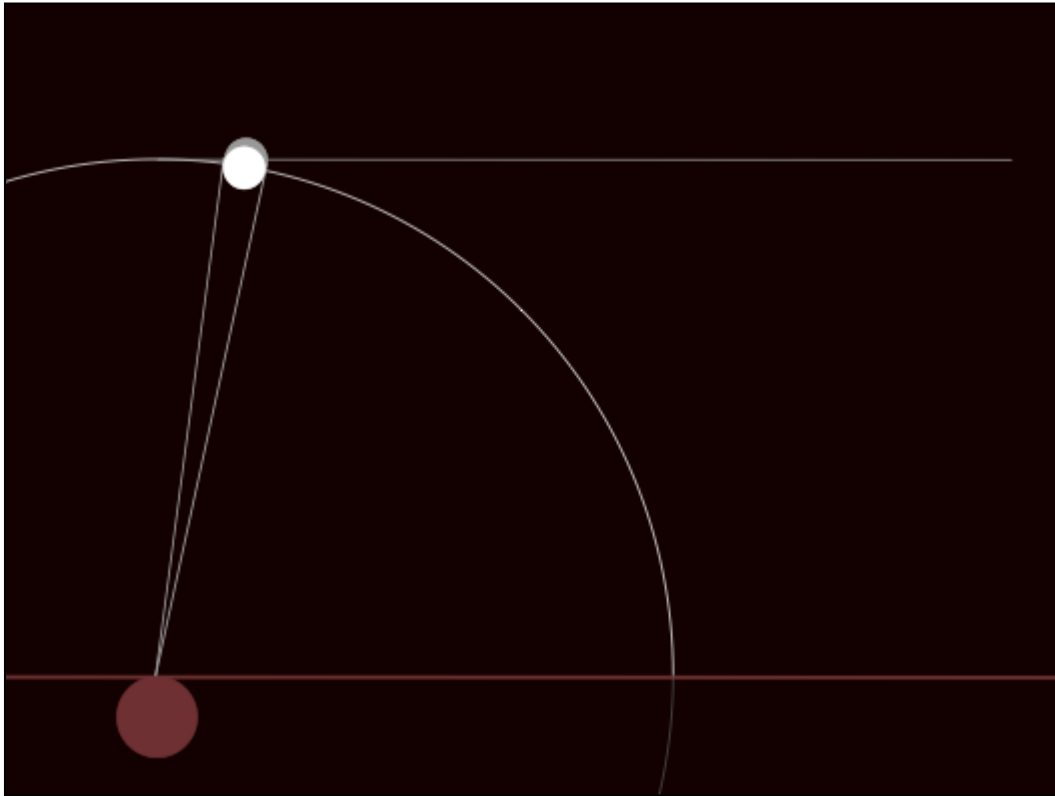
...donc, est le schéma final, le schéma d'ensemble qui est exactement comme celui que nous avons vu plus tôt pour les luminaires au plafond du long couloir.

Mais comme la Lune et le Soleil tournent de fait autour de nous en cercles concentriques et donc maintiennent la même distance à nous sur toute leur orbite, ils sous-tendent le même angle visuel sur toute leur orbite. Par conséquent, ils semblent grandir en taille quand ils approchent de l'horizon parce que leur distance apparente, qui est perçue selon un mouvement apparemment en ligne droite s'éloignant de nous le long du plafond céleste, augmente alors que leur taille effective, mesurée par l'angle visuel, reste constante.

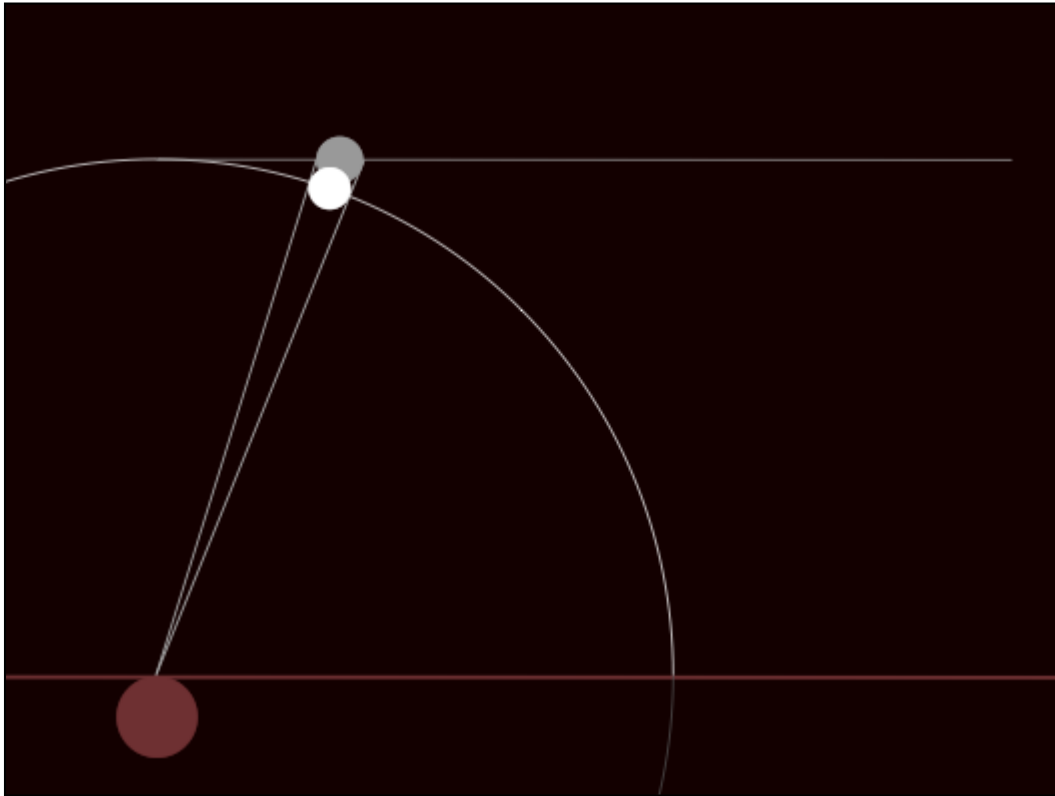
Ce à quoi Ibn al-Haytham veut en venir est facile à saisir avec l'aide d'un diagramme.



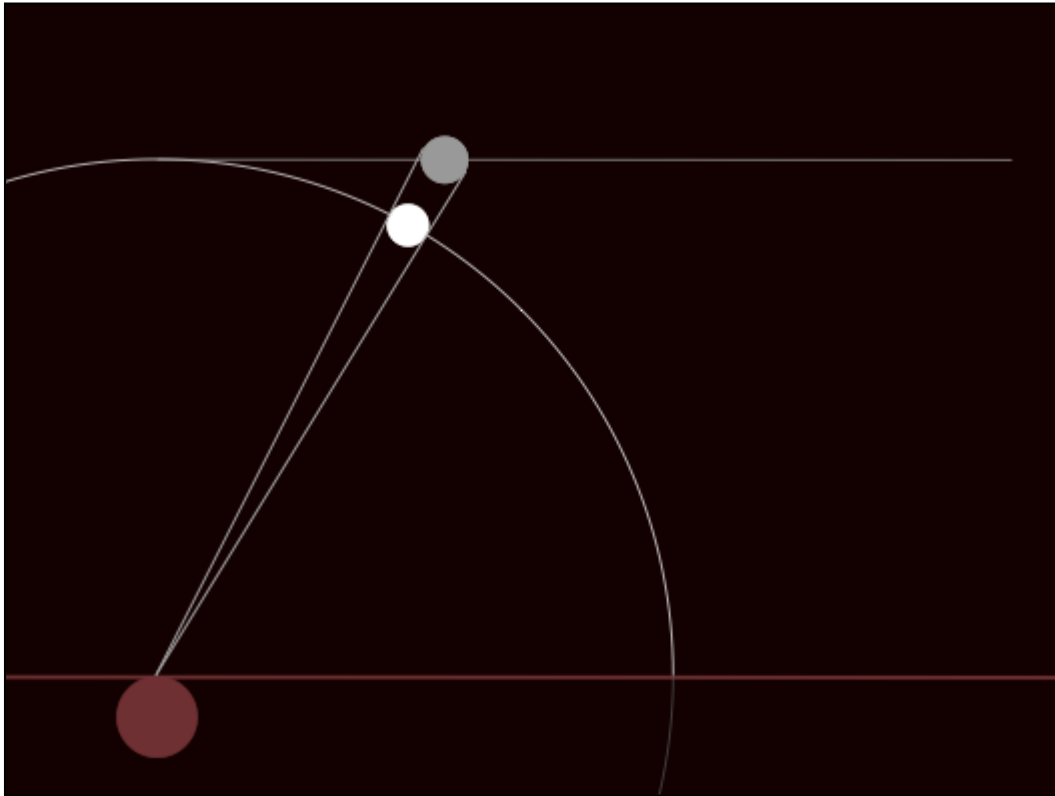
Si celui-ci représente la Lune directement au-dessus de nous au zénith, son orbite effective étant le segment circulaire en blanc et son chemin apparent le long du plafond céleste étant la ligne droite, en gris, qui lui est tangente. L'observateur se trouve là où le plan de son horizon touche la surface de la Terre et l'angle visuel sous lequel il voit la Lune est délimité par les lignes grises convergeant vers son point de vue.



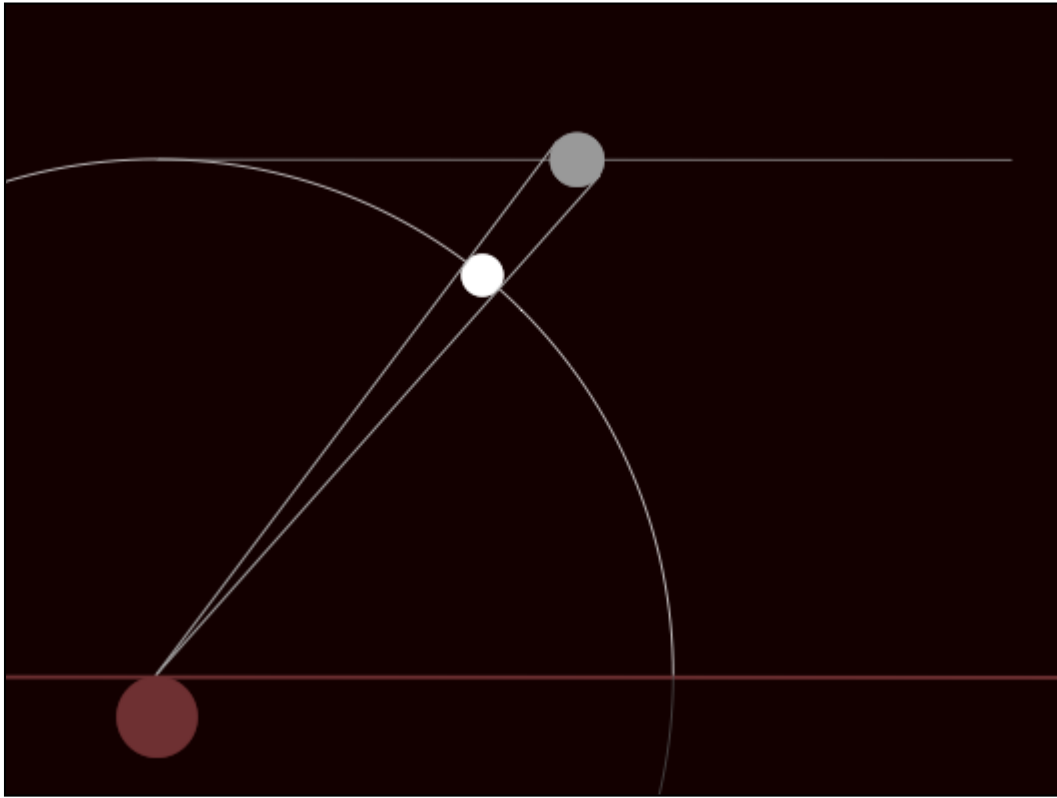
Quand la Lune passe par cette partie de son orbite, elle sous-tend le même angle visuel, mais la Lune perçue, en gris sur le chemin en ligne droite, sera légèrement au-dessus et en avant.



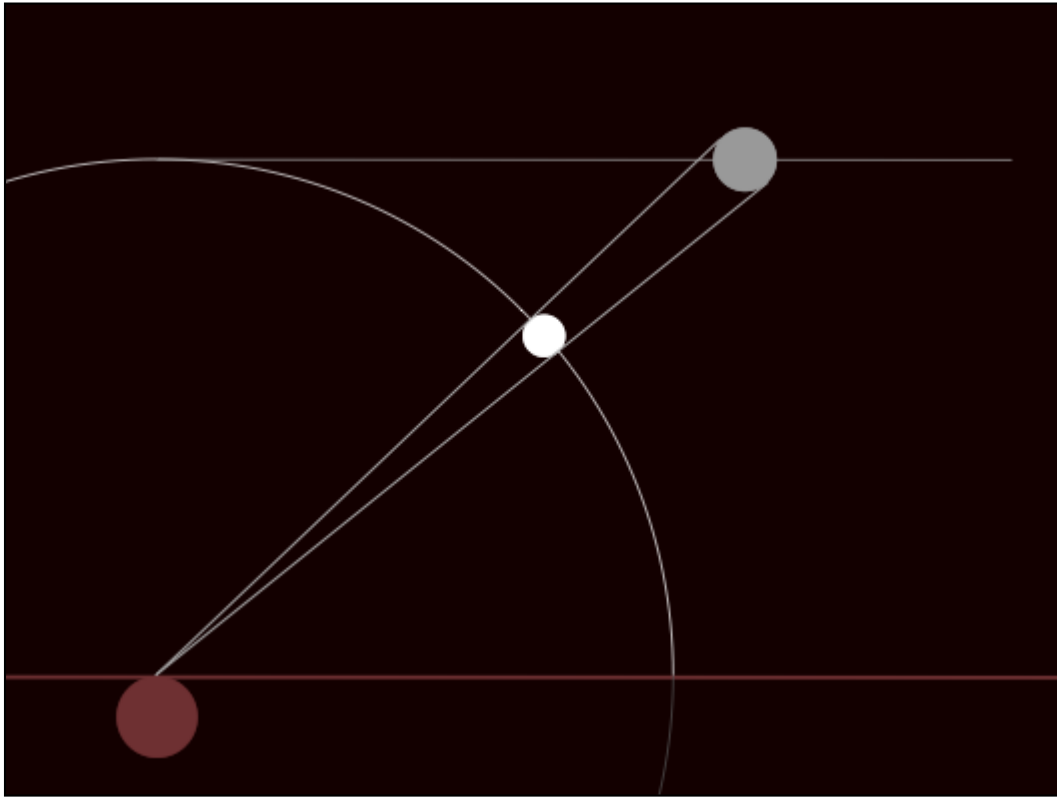
Après son passage par une deuxième partie égale de l'orbite, la Lune perçue, en gris, se trouvera plus loin au-dessus et au-delà de la Lune réelle et aura augmenté un peu en taille perçue.



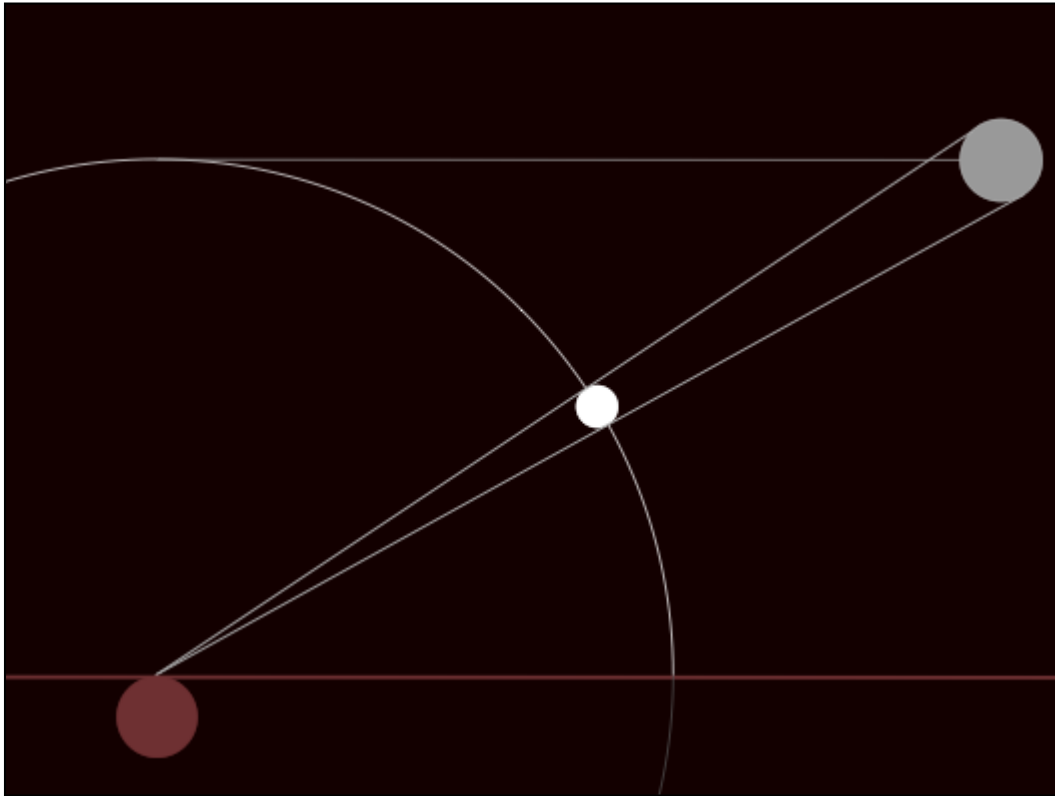
A ce moment, la disparité en taille entre la Lune perçue et réelle sera visible,...



...et elle augmentera avec chaque...



...incrément de mouvement le long de son orbite.



Par conséquent, plus elle approche de l'horizon sur son orbite effective, plus grande elle *semble* être à cause d'une perception fausse de la distance. Etant parallèles, le plan céleste apparent et le plan de l'horizon finiront par sembler converger, comme dans cette image,...



...donc quand la Lune atteint ce point sur l'horizon, elle aura atteint sa plus grande taille apparente, comme illustré ici:





Cela, dans toute sa simplicité, son élégance et sa vraisemblance empirique, est l'explication d'Ibn al-Haytham pour l'illusion lunaire. Et c'est précisément à cause de son élégance et de sa vraisemblance que cette explication, avec des ajustements variés, a été généralement acceptée comme l'explication canonique par les penseurs de l'élite scientifique jusqu'à des temps relativement récents.

Permettez-moi de résumer ma discussion dans quelques brèves remarques finales. Premièrement, la théorie de la perception de la taille et de la distance sur laquelle Ibn al-Haytham a basé sa description de l'illusion lunaire n'est ni contre-intuitive ni simpliste. Au contraire, elle fait sens d'une grande quantité de faits d'expérience et de résultats théoriques et elle est assez subtile. Plus encore, dans le contexte intellectuel de son époque, la description d'Ibn al-Haytham était originale et créative, d'une manière frappante. Il est important de se rendre compte, cependant, qu'elle était une réponse aux questions de perception des distances soulevées par son adaptation de la théorie des rayons visuels de Ptolémée.

Deuxièmement, comme Ibn al-Haytham l'analyse, une telle perception exige beaucoup d'intervention psychologique de la part de l'observateur. Souvenez-vous que, selon sa théorie, nous ne percevons pas le monde extérieur directement ou immédiatement. Nous le faisons au moyen d'une représentation visuelle intermédiaire entre ce monde et nous, en tant qu'observateur. De plus, cette représentation est bidimensionnelle, pas tridimensionnelle, donc elle n'a pas de profondeur. Par conséquent, notre perception de l'espace, qui est contingente à notre

perception de caractéristiques comme la taille ou la distance—les deux dépendant de la perception de la profondeur—est médiate et inférentielle, et non immédiate et intuitive. Comme nous l’avons vu, elle est en fait le produit de jugements déductifs basés sur une variété d’indices contenus dans la représentation visuelle plate.

Troisièmement, ces jugements déductifs ne sont pas intellectuels ; ils sont basés sur l’imagination, qui est là où nous « voyons » les images mentales de taille et de distance que nous avons créées au cours de nos vies. C’est pourquoi une si grande partie de la perception spatiale est *fausse*, parce que l’imagination est notablement peu fiable. Et c’est pourquoi une telle perception fausse exige une correction intellectuelle par la science de l’optique mathématique, qui occupe la plus grande partie du *Kitāb al-Manāẓir*. Pourtant même si nous pouvons être *intellectuellement* convaincus que l’illusion lunaire n’est que cela—une illusion—notre conscience intellectuelle de ce fait ne nous empêchera pas de *percevoir* la Lune comme étant plus large à l’horizon qu’au zénith. La perception, en bref, est essentiellement autonome. Elle est liée à ce que la représentation visuelle nous dit plutôt qu’à ce que nos intellects nous disent. Sinon, nous serions capables de raisonner de sorte que nous ne nous verrions plus dans des miroirs, parce que les images dans les miroirs ne sont rien qu’illusions, fictions de notre imagination, selon Ibn al-Haytham.

Quatrièmement, et finalement, il y a dans la description par Ibn al-Haytham de la perception de la distance et de la taille l’idée implicite que l’espace, en tant qu’il est perçu visuellement, est une sorte de construction fictionnelle, un produit de nos imaginations. Après tout, comme nous l’avons vu, Ibn al-Haytham suppose que la perception spatiale est en fin de compte basée sur la manière dont nous percevons l’espace selon nos corps : la sensation d’une « distance de la longueur d’un bras », d’une « hauteur d’une envergure de bras », ou de « l’éloignement d’un pas ». Comment, alors, les deux formes de perception spatiale, tactile et visuelle, sont-elles reliées ? Correspondent-elles d’une façon fondamentale, biunivoque, chacune étant d’une façon ou d’une autre une réflexion exacte de l’autre ? Et si c’est le cas, comment se reflètent-elles l’une l’autre précisément ? Représentent-elles en fait l’espace réel — quoi qu’il puisse être—d’une manière significative ? Est-ce que l’espace est vraiment géométrique en structure ou est-ce que notre apposition de la géométrie sur lui pour l’analyse visuelle est un pur artifice ? A ma connaissance, ces questions n’ont pas été soulevées explicitement avant le dix-septième siècle, mais il est clair qu’elles sont tapies juste sous la surface de la description d’Ibn al-Haytham. Rétrospectivement, par conséquent, nous ne pouvons nous empêcher d’être impressionnés par la perspicacité de cette description, tant au niveau psychologique qu’au niveau philosophique.



Thank you for your
kind attention!

Merci pour votre aimable attention!