

Qui a mis sur rail la méthode scientifique ? Galilée ?

Bien avant lui : Ibn al Haytam au 11^e siècle

Conférence de Jean Pestieau, professeur émérite, UCL
organisée par le Centre National d'Histoire des Sciences — CNHS
et la Bibliothèque des Riches Claires,
24 rue des Riches Claires, 1000 Bruxelles
de 18 h 30 à 20 h, 27 février 2018

<http://www.astrolabium.be/spip.php?breve27>

Introduction

Durant six siècles — entre le 8^e et le 13^e siècle — les progrès des sciences naturelles et des mathématiques étaient centrés dans le monde perso-arabe. L'arabe jouait alors en recherche scientifique le rôle que joue aujourd'hui l'anglais.

2015 a été proclamée, par les Nations Unies, « *Année internationale de la lumière et des techniques utilisant la lumière* » à l'occasion du millième anniversaire du *Traité d'optique* d'al-Hasan Ibn al-Haytham (connu en Occident comme Alhazen). Celui-ci est considéré comme le père de l'optique moderne et de la méthode scientifique. Cette dernière est basée (1) sur la dialectique entre expérience et théorie (exprimée ici en langage mathématique) et (2) sur la primauté du verdict de l'expérience.

Ibn al-Haytham (965-1039) : « *La vérité est recherchée pour elle-même. Et ceux qui sont engagés dans une quête du savoir par goût de la vérité ne sont pas intéressés par autre chose. La recherche de la vérité est difficile et la route qui y conduit est ardue.* » Pour lui comme pour Galilée, la vérité est fille du temps, pas de l'autorité.

Biographie, aperçu

Ibn al-Haytham, connu en Europe occidentale comme Alhazen, est né à Bassora (Irak) en 965 et est mort au Caire (Égypte) en 1039. À Bassora, il reçut une première éducation qu'il compléta à Bagdad. Il est considéré comme le père de l'optique moderne et de la méthode scientifique. Il pratiquait l'expérimentation contrôlée et raisonnée et s'appuyait sur les mathématiques (géométrie). Dans son « *Traité d'optique* », il partait de quelques axiomes pour dériver une multitude de résultats, à l'instar de la géométrie d'Euclide.

Il fut invité par le calife Hakim au Caire qui voulait maîtriser les inondations du Nil qui frappaient souvent l'Égypte. Après avoir mené une expédition pour remonter jusqu'à la source du Nil, il se rendit compte que ce projet était pratiquement impossible. De retour au Caire, il craignit que le calife qui était furieux de son échec ne se vengeât et décida donc de feindre la folie. Il est alors assigné à résidence. Il profita de ce loisir forcé pour écrire plusieurs ouvrages sur des sujets variés (astronomie, médecine, mathématiques, physique, psychologie, méthode scientifique, etc.).

Entre 1015 et 1021, il écrivit son œuvre majeure, « *Traité d'optique* » [en arabe « *Kitab al-Manazir* », en latin « *De Aspectibus* » ou « *Opticae Thesaurus : Alhazeni Arabis* »]. Ce livre a eu

une influence importante sur le développement de l'optique et de la physique en général car il a transformé radicalement la connaissance de la lumière et de la vision et a introduit la méthode scientifique.

2015 — Année internationale de la lumière

Année internationale de la Lumière, 2015 a été marquée par la commémoration d'une série d'importantes étapes de l'histoire de la science de la lumière datant de 1000, 300, 200, 150, 100 et 50 ans :

- Ibn al-Haytham : *Traité d'optique* écrit en 1015-1021 ;
- Isaac Newton : *Optique* parue en 1704 ;
- Augustin Fresnel : théorie ondulatoire de la Lumière (1815) ;
- James Clerk Maxwell : théorie électromagnétique de la lumière, en 1865 ;
- Albert Einstein : effet photo-électrique, en 1905 ; théorie de la Relativité générale en 1916, où la lumière interagit avec la gravitation tout comme les corps massifs ;
- Arno Penzias et Robert Woodrow Wilson découvrent en 1965 le rayonnement thermique cosmologique.

Contexte

- Une religion : l'islam
- Une langue unificatrice : l'arabe
- Un large territoire conquis au 7^e - 8^e siècles (*)
- Un large marché et de larges échanges, entourés de l'empire byzantin et de l'Inde.
- Un effort sans précédent de traduction de textes scientifiques grecs, indiens et perses en arabe
- Édification de grandes bibliothèques : échanges culturels et scientifiques sans précédent

À noter : le secret de la fabrication de papiers de qualité est resté chinois et japonais jusqu'au VIII^e siècle. Lors de la bataille de Talas en 751 (dans l'actuel Kirghizistan) entre les armées chinoise et arabe, les Arabes, victorieux, firent prisonniers de nombreux Chinois et récupérèrent ainsi le secret. Ils comprirent rapidement l'intérêt de ce nouveau support tant dans la sphère religieuse que dans celle des sciences et techniques. Samarcande (Ouzbékistan, sur la route de la soie) devint le tout premier centre de production de papier du monde musulman. Par ailleurs la fabrication fut améliorée en incorporant à sa préparation des chiffons. La révolution du papier catalysa ainsi l'« âge d'or musulman ».

(*) An 1000 : environ 250 millions d'habitants dans le monde (trente fois moins que maintenant) dont 40 millions en Europe, 70 millions dans le monde arabe.

Optique

L'optique est la branche de la physique qui traite de la lumière et de ses propriétés, du rayonnement électromagnétique, de la vision ainsi que les systèmes utilisant ou émettant de la lumière. À partir du 19^e siècle (Maxwell), son domaine recouvre aussi le domaine des ondes radio, micro-ondes, des rayons X, des rayons gamma...

Historiquement, l'optique apparaît dès l'Antiquité, puis est développée par les érudits musulmans. Elle est d'abord géométrique. Ibn al-Haytham (965-1039), scientifique perse, ayant longtemps vécu au Caire, connu par les occidentaux sous le nom d'Alhazen est considéré comme le père de

l'optique moderne, de la physique expérimentale et de la méthode scientifique. Une traduction latine d'une partie de ses travaux, le *Traité d'optique*, a exercé une grande influence sur les scientifiques en Occident, notamment Kepler.

L'optique géométrique introduite par Ibn al-Haytham s'est développée sur la base d'observations simples et repose sur quatre « axiomes » :

- la propagation rectiligne dans un milieu homogène et isotrope ;
- le principe du retour inverse qui exprime la réciprocité du trajet lumineux entre source et destination ;
- les lois empiriques de la réflexion et la réfraction de la lumière [attribuées à Snell et Descartes vivant au 17^e siècle].

L'optique géométrique permet de retrouver la quasi-totalité des résultats concernant les miroirs, les lentilles, les instruments d'optique, etc.

La découverte de la loi de la réfraction a été faite en réalité par Ibn Sahl (940-1000) en 983, comme l'a montré en 1990 le mathématicien et historien franco-égyptien Rachidi Rashed. Plus de 600 ans avant Snell et Descartes.

Une caractéristique de la physique, c'est que la formulation théorique dans différents domaines est basée sur des principes et des lois qui peuvent être formulés de manière si compacte qu'ils peuvent être imprimés sur un tee-shirt : optique (Ibn al-Haytham), mécanique (Newton), gravitation (Newton et Einstein), thermodynamique, modèles standards des interactions fondamentales ou du big-bang, etc.

La résolution des problèmes se fait à l'aide de constructions géométriques (tracés de droites représentant les rayons lumineux, calculs d'angles), d'où le nom d'optique géométrique. Elle donne de bons résultats tant que l'on ne cherche pas à modéliser des phénomènes liés à la polarisation ou aux interférences et qu'aucune dimension du système n'est comparable ou inférieure à la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Quelques contributions d'Ibn al-Haytham

Dans son *Traité d'optique* qu'il mit six ans à écrire (1015-1021) [traduit en latin en 1270], il prouve la théorie de l'intromission selon laquelle la lumière entre dans l'œil. Il prouve que tous les objets reflètent la lumière dans toutes les directions, mais c'est lorsqu'un rayon entre en collision avec l'œil qu'on verra l'objet reflétant le rayon. Ainsi l'œil peut percevoir la forme, la couleur, la transparence ainsi que le mouvement de l'objet. Il prouva également qu'effectivement chacun des deux yeux capte une image même si on n'en voit qu'une. Il a contredit Ptolémée sur le fait que l'œil émettrait de la lumière. Selon lui, si l'œil était conçu de cette façon on pourrait voir la nuit. Il a compris que la lumière du soleil était diffusée par les objets et ensuite entrainée dans l'œil.

Il a été le premier à expliquer pourquoi le soleil et la lune semblent plus gros lorsqu'ils sont proches de l'horizon. Il établit aussi que la lumière de la lune vient du soleil. Il a donné une estimation de la hauteur de l'atmosphère et a trouvé que le phénomène de l'aurore et du crépuscule (lumière au lever et au coucher du soleil sans voir le soleil) est dû à un phénomène de réfraction dans l'atmosphère.

Il a formulé une théorie à propos du jugement et de la reconnaissance des objets. Il remarque que l'on ne reconnaît que les objets que l'on connaît, et que l'image d'un objet persiste quelque temps

après qu'on a fermé les yeux. La reconnaissance est donc basée sur la mémoire et n'est pas qu'une simple sensation, car on ne reconnaît pas immédiatement les objets qui nous sont inconnus.

Ibn al-Haytham, en développant sa théorie de l'optique, fondée et sanctionnée par l'expérience, pratiquait la méthode scientifique qui nous donne une vision réaliste, matérialiste, objective du monde.

La méthode scientifique

Ibn al-Haytham décrit son approche expérimentale dans l'introduction du *Traité d'optique* comme suit :

« Nous devons distinguer les propriétés des éléments et recueillir par induction ce qui a trait à l'œil au moment de la vision et ce qui est lié à une sensation uniforme, immuable, manifeste et non sujette au doute. Ensuite nous devons progresser dans notre enquête et notre raisonnement, progressivement et méthodiquement, en critiquant les postulats initiaux et en avançant avec prudence vers les conclusions, notre objectif dans tout ce que nous faisons doit être l'objet d'une inspection et d'un examen rigoureux, en évitant de suivre les préjugés et en prenant soin dans tout ce que nous jugeons et critiquons de ne pas perdre de vue que nous cherchons la vérité et de ne pas nous laisser influencer par une opinion préconçue. »

Ibn al-Haytham est le premier à se servir de la méthode scientifique systématiquement :

- Observation plus ou moins précise + éléments théoriques existants
- Définition du problème
- Formulation d'une hypothèse
- Vérification de l'hypothèse au moyen de l'expérimentation contrôlée
- Analyse du résultat des expériences
- Interprétation des données et formulation des conclusions (en améliorant ou changeant la théorie et en utilisant les mathématiques)
- Publications des résultats (contributions scientifiques de Ibn al-Haytham entre 80 et 200)
- Publication de la description des différentes étapes des mesures et des instruments de mesure afin de permettre la vérification des résultats par autrui.

Ibn al-Haytham est moderne

Il est au diapason avec des contributions faites plusieurs siècles après lui.

1. Regarder (la nature) en face et pas des fantasmes :

« S'il vous plaît
Regardez-moi je suis vraie
Je vous prie
Ne m'inventez pas
Vous l'avez tant fait déjà »

(Anne Sylvestre, *Une sorcière comme les autres*.)

2. La nature est écrite en langage mathématique. « La philosophie naturelle (la physique) est écrite dans cet immense livre qui continuellement reste ouvert devant les yeux (ce livre qui est l'Univers), mais on ne peut le comprendre si, d'abord, on ne s'exerce pas à en connaître la langue et les caractères dans lesquels il est écrit. Il est écrit dans une langue mathématique, et les caractères en sont les triangles, les cercles, et d'autres figures géométriques, sans lesquelles il est impossible

humainement d'en saisir le moindre mot ; sans ces moyens, on risque de s'égarer dans un labyrinthe obscur. » (Galilée)

3. « Expliquer toute la nature est une tâche trop ardue pour un seul homme ou une seule époque. Il est plus sage de faire peu en étant sûr de soi et laisser le reste à ceux qui viendront après, que présumer de tout sans être sûr de rien. » (Isaac Newton, 1704)

4. « Je pense que je sais pourquoi ces lois [de Newton] ont pris la forme qu'elles ont prise. C'est, très simplement, parce que, dans une très bonne approximation le monde obéit réellement aux lois de Newton. »

« Ainsi, le monde agit sur nous comme une machine à enseigner, renforçant nos bonnes idées avec des moments de satisfaction. Après des siècles, nous apprenons quelles sortes de compréhension sont possibles, et comment les trouver. » (Steven Weinberg, prix Nobel de physique 1979)

5. « La création de la physique est le patrimoine commun de toute l'humanité. L'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud y ont également contribué. À cet égard, l'histoire de la science, comme l'histoire de toute la civilisation, a connu des cycles. » (Abdul Salam, prix Nobel de physique 1979)

6. « L'ancien contraste entre la Lumière céleste et la Matière terrestre a été transcendé dans la physique moderne. Il y a une seule chose, et ça ressemble plus à l'idée traditionnelle de la lumière qu'à l'idée traditionnelle de la matière. » (Frank Wilczek, prix Nobel de physique 2004)

Conclusion

La plus grande originalité et l'apport le plus important au monde contemporain, de la culture arabe du 8^e au 13^e siècle a été l'introduction de la méthode scientifique dont le représentant le plus illustre est Ibn al-Haytham.

« Les Grecs systématisèrent, généralisèrent et théorisaient, mais les méthodes patientes d'investigation, l'accumulation de connaissances positives, les méthodes scientifiques précises, l'observation détaillée et prolongée et la recherche expérimentale étaient tout à fait étrangères au tempérament des Grecs... Ce que nous appelons la science est née en Europe à la suite d'un nouvel esprit de recherche... des méthodes d'expérimentation, d'observation et de mesure, du développement des mathématiques sous une forme inconnue des Grecs. Cet esprit et ces méthodes ont été introduits dans le monde européen par les Arabes. » Robert Briffault, *The Making of Humanity*, 1930



Pour en savoir plus :

L'émission *Un jour dans l'histoire* (La première RTBF, 26 février 2018) sur le même thème peut être écoutée sur <https://www.rtbf.be/auvio/>

Annexe

Ibn al-Haytham (965-1039) : citations

I. « Le chercheur de la vérité n'est pas celui qui étudie les écrits des anciens et, suivant sa disposition naturelle, met sa confiance en eux, mais plutôt celui qui met en doute sa foi en eux et se pose des questions sur ce qu'il tire d'eux, celui qui se soumet à l'argumentation et à la démonstration et non pas aux dires d'êtres humains dont la nature comporte toutes sortes d'imperfections et de carence. Ainsi, le devoir de l'homme qui étudie les écrits des scientifiques — si l'apprentissage de la vérité est son but —, est de se faire un ennemi de tout ce qu'il lit, et, en appliquant son esprit au cœur et aux marges du contenu [de ce qu'il lit], l'attaque de tous les côtés. Il devrait également se mettre en question lui-même alors qu'il effectue l'examen critique de ce contenu, afin qu'il puisse éviter de tomber dans des préjugés ou dans la complaisance »

II. « La recherche de la vérité est ardue, la route qui conduit est semée d'embûches, pour trouver la vérité, il convient de laisser de côté ses opinions et de ne pas faire confiance aux écrits des anciens. Vous devez les mettre en doute et soumettre chacune de leurs affirmations à votre esprit critique. Ne vous fiez qu'à la logique et à l'expérimentation, jamais à l'affirmation des uns et des autres, car chaque être humain est sujet à toutes sortes d'imperfections ; dans notre quête de la vérité, nous devons aussi remettre en question nos propres théories, à chacune de nos recherches pour éviter de succomber aux préjugés et à la paresse intellectuelle. Agissez de la sorte et la vérité vous sera révélée. »

III. « Nous devons distinguer les propriétés des éléments et recueillir par induction ce qui a trait à l'œil au moment de la vision et ce qui est lié à une sensation uniforme, immuable, manifeste et non sujette au doute. Ensuite nous devons progresser dans notre enquête et notre raisonnement, progressivement et méthodiquement, en critiquant les postulats initiaux et en avançant avec prudence vers les conclusions, notre objectif dans tout ce que nous faisons doit être l'objet d'une inspection et d'un examen rigoureux, en évitant de suivre les préjugés et en prenant soin dans tout ce que nous jugeons et critiquons de ne pas perdre de vue que nous cherchons la vérité et de ne pas nous laisser influencer par une opinion préconçue. »

IV. « Comment la lumière voyage-t-elle à travers les corps transparents ? La lumière traverse les milieux transparents en ligne droite seulement... Nous l'avons expliqué de manière exhaustive dans notre *Traité d'optique*. Mais permettez-nous maintenant de mentionner quelque chose pour le prouver de manière convaincante : le fait que la lumière voyage en ligne droite est clairement observé lorsque la lumière entre dans une salle sombre à travers des trous... le trajet de la lumière sera clairement observable grâce à la poussière en suspension dans l'air. »

V. Dans le Livre I du *Traité d'optique*, Ibn al-Haytham commence par une introduction sur les deux doctrines de la vision qui dominaient auparavant la pensée antique sur l'optique : la théorie de l'intromission des partisans de la philosophie naturelle (Aristote et ses disciples) selon laquelle la vision est assurée par une forme en provenance de l'objet observé et dirigée vers l'œil, et la théorie des émissions des mathématiciens (comme Euclide, Ptolémée et Al-Kindi) selon laquelle la vision est assurée par un rayon émis à partir de l'œil vers l'objet visible. « Ces deux théories semblent diverger et se contredire l'une l'autre si elles sont prises au pied de la lettre. Cependant, si l'on examine chacune des deux différentes doctrines, il existe deux hypothèses, soit l'une d'entre elles

est vraie et l'autre fausse, soit elles sont toutes les deux fausses, la vérité étant à rechercher dans une théorie qui n'est aucune des deux, ou encore toutes les deux peuvent conduire à une autre doctrine qui serait la bonne... Cela étant le cas... et parce que la manière dont fonctionne la vision n'a pas été vérifiée, nous avons cru approprié de porter toute notre attention sur ce sujet et de nous appliquer sérieusement à l'examiner, et de nous enquêter avec diligence de sa nature. »

VI. « Les lignes droites [existent entre] la surface de l'œil [et] chaque point de la surface d'un objet. Une étude expérimentale de ce fait peut être facilement réalisée avec l'aide de règles et de tubes. [...] Si... on obture une partie de l'ouverture, seule sera masquée la partie de l'objet... qui se trouve sur une ligne droite entre l'œil et le corps observé, la rectitude étant vérifiée par la rectitude de la règle et du tube, [...] Il résulte de cette expérience, avec une évidence qui dissipe le doute, que l'œil ne perçoit pas comme visible tout objet situé dans la même situation, cette perception ne peut se réaliser uniquement que par la réflexion de la lumière et en suivant des lignes droites qu'on peut prolonger par l'imagination entre la surface de l'objet et la surface de l'œil. La vue ne perçoit aucun objet sauf s'il existe un peu de lumière provenant de l'objet, soit que l'objet soit lui-même lumineux soit qu'il soit éclairé par la lumière rayonnant d'un autre objet. »

VII. « Les objets éclairés émettent, dans toutes les directions, de la lumière à partir de l'impact lumineux à leur surface. Lorsque l'œil se trouve face à un objet éclairé, il est situé sur le trajet de la lumière qui part de l'objet. Et comme la propriété de la lumière est d'affecter la vue et que le propre de l'œil est d'être sensible à la lumière alors, la vue s'exerce grâce à la lumière qui partant de l'objet, atteint l'œil. »

VIII. « D'après les déclarations faites par le noble Sheikh, il est clair qu'il croit dans les paroles de Ptolémée (*) dans tout ce qu'il dit, sans avoir recours à une démonstration ou appelant à une preuve, mais par pure imitation ; ce qui est l'arme des experts dans la tradition prophétique eux qui ont foi aux prophètes. Que la bénédiction de Dieu soit sur eux. Mais ce n'est pas la façon de procéder des mathématiciens qui s'appuient sur les spécialistes dans les sciences démonstratives. Et j'ai pris bonne note que cela peine le Sheikh que j'aie contredit Ptolémée, et qu'il trouve cela de mauvais goût puisque ses déclarations suggèrent que l'erreur est étrangère à Ptolémée. Maintenant, il y a beaucoup d'erreurs chez Ptolémée, dans de nombreux passages de ses livres. S'il tient que je les signale, je le ferai volontiers. » (*) Claude Ptolémée, Égyptien (90 – 168).

IX. « J'ai constamment recherché la connaissance et la vérité, et c'est devenu ma conviction que, pour avoir accès à la félicité et à la proximité de Dieu, il n'existe pas de meilleur moyen que celui de la recherche de la vérité et de la connaissance. »