

# Une histoire de la Lumière (Epoque 1200-1300: importance des mathématiques et de l'expérience) - Bacon et/ou Grosseteste -

Extraits de «Penultimate Curiosity» de Roger Wagner & Andrew  
Briggs  
et de «Une histoire de la lumière» de Bernard Maitte  
et de «Lumières du Moyen Âge » de M. André Vauchez  
et l'Encyclopedia Universalis  
et Wikipedia

Biblio

Contexte historique

Rôle clef de la transmission du message

Outil technique et pratique

Quelle expérience sur scène

Les grands apports

« extraits de textes »

Chapitre époque 1200-1300

« Un conte de deux villes »

ou plutôt « La prise de conscience de l'Occident catholique »

ou « Roger Bacon un scientifique écouté, persécuté, écouté, persécuté»

avec les premières universités,

avec le rôle des Franciscains et Dominicains

avec les aléas de l'Inquisition

- Contexte historique

**Les savoirs, la philosophie et aussi la lumière sont exprimés dans un cadre chrétien, le *Lux* et le *Lumen***

Au début du Moyen Age, le peu de vie intellectuelle est entretenu dans les monastères. Dans la constitution des savoirs du monde latin, la foi chrétienne joue un rôle prépondérant. Par exemple, pour Saint Augustin (354-430), la philosophie est une sagesse qui doit permettre de trouver Dieu : Dieu se fait entendre par « *l'illumination* » où les vérités sont « *rendues intelligibles par une sorte de lumière pour être appréhendées par la pensée* » (cf. traduction de la Bible). Parmi les réalités de notre monde sensible, la lumière présente la particularité d'être à la fois visible et immatérielle. Selon la formule de Saint Augustin, celle-ci est « *visibilité de l'ineffable* » et, à ce titre, elle est considérée comme une émanation de Dieu. Le Soleil est source de lumière corporelle, Dieu est source de la lumière spirituelle. Aussi la lumière se manifeste de deux façons : la lumière divine (*lux*) et la lumière terrestre (*lumen*).

**L'ouverture de l'Occident catholique à la connaissance grecque et arabe**

Pendant tout le début du Moyen-Age, l'occident catholique était fermé aux écrits antérieurs (principalement Grec et Arabe). Mais à partir du X<sup>e</sup> siècle le commerce et les échanges se développent, et surtout, la chute de Tolède en 1085 va changer cette situation. La ville comptait une importante population de chrétiens arabophones qui collaboraient avec des érudits latins pour produire des traductions de textes anciens, d'abord de textes principalement mathématiques et astronomiques. Au siècle suivant, la ville a commencé à attirer des chercheurs de toute l'Europe. Le plus célèbre d'entre eux fut **Gérard de Crémone**, qui, raconta-t-on, se rendit à Tolède où « *on voyait une abondance de livres en Arabe sur tous les sujets et que l'on pleure la misère chez les Latins à propos de ces sujets* » il se mit à apprendre l'arabe et à traduire.

Gérard a continué à traduire des dizaines de textes, y compris de nombreuses œuvres d'Aristote, ainsi que celles de al-Kindi, al-Farabi et Avicenne.



Manuscrit médiéval d'une traduction en latin de la *Physique* d'Aristote

La *Physique* est une sorte d'introduction à l'ensemble des ouvrages d'Aristote de la science de la nature (*physis* en grec). Cette *philosophie naturelle*, en latin *philosophia naturalis*, est une expression qui s'appliquait à l'étude objective de la nature et de l'univers physique qui régnait avant le développement de la science moderne (avec Galilée). Elle désignait autrefois l'ensemble des sciences astronomique, physique, chimique et biologique.

## Redécouverte des savoirs sur la lumière dans un cadre chrétien

Il s'est alors développée en Occident toute une réflexion de type scientifique autour de la lumière et de la vision, qui bénéficia de ce mouvement de traduction des textes arabes, en particulier à travers les traités d'optique d'Al-Kindi (801-873) et surtout d'Alhazen ou Ibn al-Haytham appelé en occident Alhazen (965-1039). Jusqu'au XIIe siècle, on avait vécu sur l'idée, d'origine néo-platonicienne et transmise par saint Augustin, selon laquelle le rayon que l'œil envoie de manière ininterrompue provient du « feu intérieur » de l'homme. Au XIIIe siècle, la réception des œuvres d'Aristote et de ses commentateurs arabes, Avicenne et Averroès, oriente les recherches vers l'étude de l'anatomie de l'œil et vers une science optique fondée sur l'idée qu'à la différence de la lumière (*lux*) qui est substance et cause de la vision, la luminosité (*lumen*) est un « accident », c'est-à-dire une « forme corporelle » dérivée de la lumière substantielle, dont la diffusion et la réfraction sont explicables par des lois régies par la géométrie. Toutefois, contrairement à ce qui a existé dans le monde arabe, la foi chrétienne joue un rôle prépondérant dans la lecture/interprétation de ces textes anciens. Les problèmes philosophiques vont être posés non en termes profanes, comme cela était dans le monde arabe, mais en termes chrétiens.

## Signification de la Lumière dans la religion chrétienne

Selon Bernard de Clairvaux (1090-1153) « *De même que l'air inondé de lumière solaire paraît se transformer en cette clarté lumineuse à tel point qu'il ne paraît plus illuminé mais lumière, de même tout désir humain en arrive chez les saints à se liquéfier et à se fondre dans la volonté de Dieu* ». Ainsi s'établit pour la première fois en Occident un lien entre la lumière et l'amour, fondement de la vie mystique qui

commence alors à s'épanouir dans certains cloîtres, tant masculins que féminins. Dès le milieu du XIIe siècle, Hildegarde de Bingen (1098-1179) parle de Dieu comme d'une lumière qui crée et renouvelle sans cesse la vie. Dans les textes hagiographiques, à la même époque, l'irradiation de la grâce divine dans un être humain se traduisait par des phénomènes lumineux qui finirent par devenir des attributs de la sainteté : morts ou vifs, les saints sont entourés de rayons ou d'une auréole.

## Importance de la Lumière dans l'architecture chrétienne

Parallèlement à cette réflexion philosophique et non sans rapport avec elle, la lumière envahit alors les églises et en particulier les cathédrales. L'exemple de Saint-Denis avait été suivi, sur une plus grande échelle, à Chartres et à Notre-Dame de Paris dans la seconde moitié du XIIe et au début du XIIIe siècle. À la cathédrale de Reims, vers 1240-50, à la Sainte-Chapelle vers 1260, les fenêtres sont entièrement ajourées, les murs disparaissent et tout est sacrifié à la lumière pour que de toutes parts le jour pénètre un espace intérieur devenu parfaitement homogène. Au portail de la façade, les tympans disparaissent et sont remplacés par des verrières. Partout fleurissent des roses qui s'épanouissent jusqu'à rejoindre l'armature des contreforts et figurent le jaillissement créateur de la lumière divine.

## Création des universités, certes chrétiennes, ... mais ayant une certaine autonomie

Suite à leurs traductions, certains de ces textes grecs et arabes ont constitué le tronc commun des institutions d'enseignement qui avaient commencé à se développer dans des écoles des cathédrales ou des écoles monastiques. En 1158, cependant (12 ans après l'arrivée de Gérard de Crémone à Tolède), l'empereur Barbarossa a accordé à la faculté de droit de Bologne le droit de devenir une société autonome. En 1200, l'Université de Paris est formée autour des écoles monastiques de la rive gauche et de l'école de la cathédrale Notre-Dame, et le roi de France leur accorde une reconnaissance similaire. Entre 1200 et 1240, des universités furent créées à Oxford et à Cambridge et reçurent des chartes royales. Au cours du XIIIe siècle, des institutions similaires furent établies dans toute l'Europe. Ces nouvelles universités autonomes sont devenues un pôle d'attraction. Bénéficiant d'une certaine indépendance vis-à-vis de l'église et de l'État, ils ont semé (presque par inadvertance) la graine d'un nouveau concept: une idée d'éducation qui se détachait d'un objectif directement dédié et s'ouvrait à l'utilisation d'une curiosité libre.

### - Les grands apports et débats

#### « Réécriture » des savoirs et de la philosophie dans un cadre chrétien

À partir du XIIIe siècle, on voit apparaître et se développer en Occident, dans le cadre de ces universités naissantes et des couvents des ordres mendiants, une réflexion systématique sur la lumière qui allait devenir un des thèmes majeurs de la pensée scolastique. Un grand prélat et savant anglais, **Robert Grosseteste** (1175-1253), chancelier de l'université d'Oxford, développa dans ses ouvrages l'idée que la lumière est le principe constitutif de la matière et que tout le savoir humain procède d'une irradiation spirituelle de la lumière incréée : si le péché ne rendait pas le corps opaque, l'on apercevrait directement chez l'homme les feux de la lumière divine : *« Entre tous les corps, la lumière physique est ce qu'il y a de meilleur et de plus beau »* écrit-il. À la même époque, de grands théologiens, comme le **dominicain Albert le Grand** ou le **franciscain Bonaventure**, s'efforcèrent de montrer que la lumière opérait la jonction entre l'amour et la raison et de définir une théorie de la connaissance qui permette, à partir de l'observation des divers aspects du monde et sur la base d'un raisonnement logique, de retrouver le Dieu de la révélation chrétienne dans l'esprit humain et dans la nature.

## Frères Franciscains et Frères Dominicains

Au début du XIIIe siècle, deux jeunes hommes, un Italien, **Francesco Bernadone**, et un Espagnol, **Dominique de Guzman** (canonisé plus tard comme **Saint François** et **Saint Dominique**), avaient été autorisés par le Pape à fonder des ordres de frères prêcheurs. Au lieu de vivre une vie de prière isolée dans des monastères ruraux parfois très riches, ces frères devaient prêcher dans les villes et les cités, vivre de l'aumône et enseigner aux gens ordinaires comment mener une vie chrétienne. C'est l'époque où les « penseurs (intellectuels) » privilégient le raisonnement et la dialectique, la *« disputatio »* pour résoudre les contradictions entre la foi chrétienne et les nouveaux savoirs. Ceci avec toutes les nuances possibles : le Franciscain Bernard de Clairvaux qui considère les sciences profanes très inférieures aux sciences sacrées, aux dominicains Albert le Grand et Thomas d'Aquin qui veulent concilier foi et raison et mettre en conformité l'œuvre d'Aristote et les écritures bibliques.

Un groupe de Dominicains puis de Franciscains arrivent à Oxford en 1221 et 1223. **Robert Grosseteste** est devenu le premier conférencier de la petite communauté franciscaine et il est possible (mais improbable) que des conférences de Grosseteste aient été suivies par un très jeune étudiant appelé **Roger Bacon**. Probablement Bacon a plutôt étudié ses travaux en optique et en mathématiques. De fait Bacon écrit ensuite que *« personne ne connaissait vraiment les sciences sauf le Seigneur Robert ... il connaissait les mathématiques et la perspective et ... était suffisamment familiarisé avec les langues pour être capable de comprendre les saints et les philosophes et les sages de l'antiquité »*. Plus tard, Bacon lui-même rejoignit les franciscains. Après l'obtention de son diplôme, Bacon s'installa à Paris, où l'interdiction d'enseigner Aristote venait d'être supprimée.

## Une période riche de débats

**Roger Bacon** arrive à Paris vers 1240, où, connaissant bien les œuvres d'Aristote, il est susceptible d'y avoir été accueilli à bras ouverts. Paris était devenu la Mecque de ceux qui étudiaient le nouvel apprentissage. 5 ans plus tard, un jeune frère dominicain Thomas Aquin est arrivé dans la ville pour mener ses études sur Aristote. Les Dominicains l'avaient envoyé à Paris pour qu'il étudie avec **Albert le Grand** (qui était déjà connu). Albert le Grand était le plus savant de tous les enseignants dominicains de cette époque. Il avait une connaissance approfondie des écrits d'Aristote et des commentateurs arabes, et écrivait sur des sujets de conversation en philosophie naturelle, allant d'une étude des faucons à la minéralogie et à la chimie. Bien qu'il ne soit pas sans critique d'Aristote, il reconnut que ce qui avait de la valeur dans le corpus aristotélicien avait besoin d'être intégré à la révélation chrétienne.

**Thomas d'Aquin** a eu le projet d'intégrer la philosophie d'Aristote à l'enseignement chrétien, c'était un vrai défi face à deux écoles: d'un côté certains franciscains qui remettaient en cause la valeur de la philosophie, et d'un autre ceux qui préconisaient une interprétation averroïste stricte d'Aristote. C'est pour faire face à ce dernier défi qu'Aquin fut rappelé à Paris en 1268 pour servir de « maître régent » et affronter la montée de ce qu'on appelait «Averroïsme latin» au sein de l'université.

Le plus éminent partisan de cet enseignement à Paris était un professeur appelé Siger of Brabant qui plaida en faveur de ce qu'Averroès avait identifié comme des positions aristotéliennes centrales: que les lois de la nature étaient nécessaires et ne pouvaient pas être modifiées par Dieu, que le monde était déterministe et éternel. Malgré son grand respect pour Averroès, Thomas d'Aquin contesta cette interprétation.

## **Mais aussi une période riche de ... condamnations**

En 1270, Etienne Tempier, Evêque de Paris et Chancelier de l'Ecole Cathédrale de Paris, condamna treize propositions philosophiques ou théologiques d'inspiration aristotélienne ou averroïstes, parmi lesquelles la revendication que «le monde est éternel» et que «les actes humains ne sont pas gouvernés par la providence de Dieu ». En 1277, cette condamnation fut étendue à une liste de 219 propositions. La liste de Tempier incluait une vingtaine de propositions qui avaient été affirmées par Thomas d'Aquin, et par conséquent le soupçon d'hérésie pencha sur le nom d'Aquin pendant quelques années après sa mort. En 1323, cependant (après des années de campagne vigoureuse par les Dominicains), saint Thomas d'Aquin a été déclaré saint par le pape Jean XXII et la liste des condamnations fut hâtivement modifiée. Ce balancement rapide de la réputation posthume d'Aquin donne une indication des troubles sociaux et intellectuels sous-jacents qui devaient avoir un effet encore plus direct sur la carrière de son contemporain à Paris : Roger Bacon.

- **Les acteurs : Robert Grosseteste et/ou Roger Bacon**





Portrait datant du XIIIe siècle de **Robert Grosseteste**, évêque de Lincoln

#### **Robert Grosseteste ou Grossetête**

(1175\_1253), est un savant et théologien anglais, séculier proche de l'Ordre franciscain, évêque de Lincoln en 1235. Robert Grosseteste avait une culture encyclopédique qui s'étendait aux sciences de la nature (astronomie, cosmologie, physique, géométrie, arithmétique, optique), à la médecine, à la psychologie, à la politique. En 1230 il enseigne au *studium* franciscain d'Oxford d'où sortira vingt ans plus tard **Roger Bacon**. Il fut le principal initiateur de l'école empiriste anglaise. Robert Grosseteste a publié quelques 120 œuvres. Robert Grosseteste, dont le nom en français normand signifie «grosse tête», était un équivalent anglais des grands esprits universels arabes du siècle passé. Ses contributions les plus importantes à l'apprentissage découlent d'un engagement profond à partir des nouveaux textes grecs et arabes. Il fait venir à Oxford des lettrés de plusieurs pays - y compris la Grèce - en leur demandant d'apporter avec eux tout ce qui leur était possible comme traités de grammaire - ce qui contribue à asseoir la réputation de cette université. À l'âge de 60 ans, il apprit le grec et produisit sa propre traduction de *l'Éthique de Nicomaque* d'Aristote et de son *De Caelo* avec le commentaire de Simplicius.

Alors qu'il était encore à Oxford, Grosseteste a produit le premier commentaire en latin occidental du *Posterior Analytics* d'Aristote. Ce livre d'Aristote porte sur la façon dont nous arrivons à une connaissance scientifique vraie. Grosseteste commente peu la méthode d'Aristote d'arrivée à la vérité, mais il exprime que, si dans l'enfance nous commençons à corréler des expériences répétées, nous devons étudier et tester lesquelles de ces corrélations sont valides lorsque notre raison est éveillée. À la suite d'Alhazen, il défend l'idée que la science se bâtit par l'expérience, toutefois il ne semble pas avoir été lui-même un expérimentateur.

### Grosseteste redéfinit la différence entre *Lux* et *Lumen*

**Robert Grosseteste** (1175\_1253), savant proche de l'Ordre franciscain puis évêque de Lincoln, était profondément intéressé par les processus physiques, et en particulier il était fasciné par la lumière, à partir de rien Dieu a créé un point unique, une première forme corporelle : la lumière fondamentale, le *lux*, qui contient implicitement la matière. Ce *lux* se diffuse et se multiplie, cette propagation crée et étend la matière dans l'espace, puis elle se rétracte vers le centre et la Terre et donne une lumière efficiente, le *lumen*. Théologiquement, cela semblait correspondre aux premiers mots bibliques de la Création, «*que la lumière soit*», que Grosseteste exposa dans son *Hexaëmeron*, un commentaire sur les six jours de la création de la Genèse.

### Les ouvrages sur la lumière de Grosseteste

Grosseteste a écrit une série de livres sur la lumière, sur l'arc-en-ciel, sur la chaleur du soleil, sur la couleur. Dans son ouvrage *De luce*, Robert Grosseteste présente la lumière (*lux*) comme à l'origine de toute chose : la lumière visible (*lumen*), la chaleur, la matière. Il développe la théorie selon laquelle tout le monde physique peut se décrire par de la géométrie. S'appuyant sur les traités d'optique d'Ibn al-Haytham, il étudie les rayons directs, les rayons réfléchis, les rayons déviés. Il s'intéresse à la formation de l'arc-en-ciel (*De iride*) et travaille sur les lentilles et les miroirs. Il découvre ainsi que les lentilles, non seulement ont la propriété de pouvoir mettre le feu, mais aussi peuvent servir plus simplement de loupe. Il étudie la réfraction de la lumière à travers un récipient sphérique rempli d'eau (*De natura locorum*). Il est à l'origine d'une loi (imparfaite) sur la notion de réfraction : «*l'angle de réfraction est égal à la moitié de l'angle d'incidence* ». Concernant les couleurs, dans son ouvrage *De colore*, il est un des premiers à faire une distinction entre le blanc (*lux clara* ou *albedo*) et le noir (*lux obscura* ou *nigredo*), Il définit les couleurs fondamentales, dont il estime le nombre à sept.

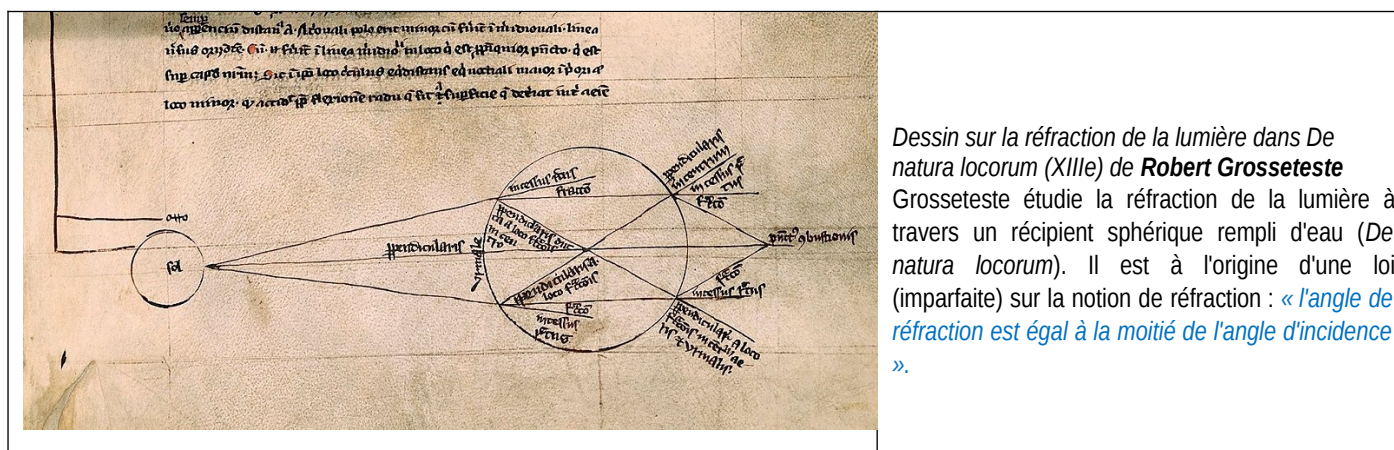


## L'importance des mathématiques et de la géométrie

Euclide et plus tard Al-Haytham avaient déjà observé que la façon dont la lumière était réfléchie et réfractée pouvait être décrite par les mathématiques et la géométrie. Pour **Grosseteste**, il s'ensuit que les mathématiques étaient un aspect central de la création de Dieu. Cela impliquait que les mathématiques et la géométrie étaient pertinentes non seulement pour la lumière mais pour tous les phénomènes physiques. Conscient que les mathématiques sont l'outil privilégié des autres sciences, il s'intéresse principalement à la géométrie (*De lineis, angulis et figuris*) et à l'astronomie (*theorica planetarum*, *De accessione et recessione maris*). Il développe une conception de l'infini et a l'intuition que certains infinis sont plus grands que d'autres.

## La réfraction et les premiers travaux sur les lentilles de Grosseteste

Aristote avait pensé qu'un arc-en-ciel est formé par la réflexion de la lumière des gouttes d'eau. Grosseteste a corrigé ce malentendu, en utilisant des concepts qu'il avait appris d'un livre d'Al-Kindi sur l'utilisation d'une lentille pour focaliser les rayons du soleil pour faire de la chaleur très forte et brûler. Il tenta de rendre ce résultat quantitatif, mais sans succès, notamment parce qu'il pensait que la réfraction était causée par un nuage entier agissant comme une seule lentille. Il était cependant capable de montrer le potentiel des lentilles et décrit comment «cela peut être possible pour nous *« lire les plus petites lettres à des distances incroyables, ou compter le sable ou la graine ou toute sorte d'objets minuscules »*. La méthode par laquelle il a suggéré que ces phénomènes physiques pouvaient être étudiés a eu un impact important. Alors que les lentilles de verre (nommées ainsi par analogie avec le légume au XIe siècle) apparaissent et améliorent la vue mais donnent à voir des aberrations et des illusions, Grosseteste est le premier chez les latins à étudier les lentilles de verres et il écrit *« si nous comprenons bien cette partie de l'optique, nous pourrions faire apparaître comme toutes proches des choses ... très lointaines. Des objets gros et proches pourront paraître très petits et nous pourrions lire incroyablement loin des lettres les plus petites, compter les graines et les grains de sable... »*



## Roger Bacon dans une période trouble Les aléas des écrits et pensées

Bacon (1214-1294) est en effet arrivé dans le débat intellectuel du moyen âge à un moment où la libre curiosité était menacée. Jusqu'où peut-on autoriser l'ouverture d'esprit? Jusqu'où les questions ultimes pourraient-elles être traitées sans contrainte? En quelques années, après avoir rejoint l'ordre, il semble avoir été transféré au couvent des Franciscains à Paris où, selon ses propres dires, *« Mes supérieurs et mes frères ... m'ont gardé sous surveillance avec l'interdiction de contact avec les autres, craignant que mes écrits ne soient divulgués à d'autres personnes que le souverain pontife et eux-mêmes. »* Les détails de ce qui s'est passé ensuite ne sont pas clairs, mais il semble que Bacon ait été pris dans une même sorte de feu croisé associé au besoin de contrôler les idées qui ont causé le changement rapide de la réputation d'Aquin. Il critique l'université de Paris et ses prise de position lui vaudront de se retrouver à deux reprises en prison. Mais Il se peut que pour plusieurs années (1257 ?-1266 ?), Roger Bacon ait été, non pas emprisonné, mais plutôt interdit d'enseignement, confiné, surveillé, tracassé au couvent des franciscains de Paris ; il dira ceci dans sa lettre au pape *« ...je n'ai pu vaquer depuis dix ans aux occupations de l'enseignement... J'ai été tenu par une injonction rigoureuse de mes supérieurs religieux à ne communiquer aucun écrit de mon cru. »*

La grande période de production de Roger Bacon s'étend de 1260 à 1292. En 1265, à l'avènement du pape Clement IV (Guy Foulques), qu'il connaissait bien depuis 1263 et qui l'avait en grande estime, sa recherche s'accéléra. Dès juillet 1266 le pape lui demanda de lui envoyer ses travaux, malgré les interdictions des constitutions de Narbonne, et en secret. Roger Bacon rêvait d'une université parisienne fondée sur la connaissance non seulement d'Aristote, d'Avicenne et d'Averroes, mais encore des sciences arabes — auxquelles il se sentait profondément redevable — et des langues arabes. Il envoya au pape une lettre dédicace qui expose son programme (*Epistula ad papam Clementem IV*), puis trois projets de somme philosophique et scientifique : *Opus minus* (1265), *Opus majus* (1268), *Opus tertium* (1270), mais aussi le *De speculis comburentibus* (*Sur les miroirs ardents*), quelques opuscules sur l'astrologie et l'alchimie.

## Roger Bacon écrit l'Opus Majus

Sa réponse initiale, à l'encouragement du pape Clement IV, fut l'*Opus Majus* (le plus grand travail), mais pendant qu'il le copiait, il semble avoir d'abord ajouté l'*Opus Minus* (le travail mineur), puis un troisième, *Opus Tertium*. Au moins les deux premiers volumes de cette trilogie ont été envoyés au pape avec deux pièces attachées: une carte du monde et une lentille.

Dans l'*Opus Majus* le point de départ de Bacon (comme celui de ses prédécesseurs) est que puisque toute la sagesse vient de Dieu, elle ne peut pas être incompatible avec elle-même. *«La vérité, quelle qu'elle soit, est censée appartenir au Christ»*. Il peut cependant y avoir des

différences d'intérêt, si bien que dans certains cas, l'Écriture peut décrire un phénomène et révéler sa cause finale «à partir de laquelle la cause efficace peut être étudiée». Un exemple de ceci était l'arc-en-ciel dont la signification est décrite dans l'Écriture, mais dont la cause physique «n'était pas clairement comprise par les philosophes» et que, comme Robert Grosseteste, il était très intéressé à essayer de comprendre.

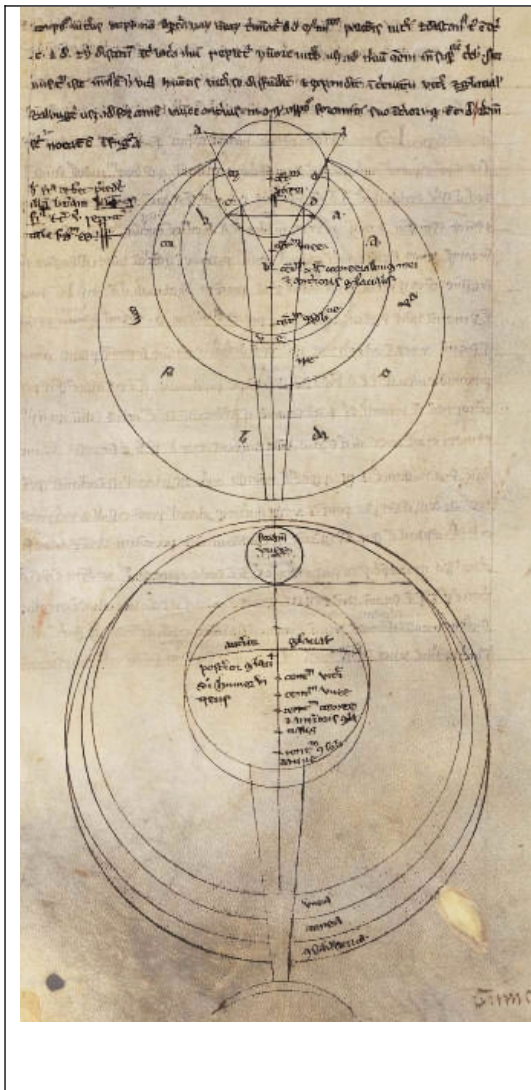
Bacon a ensuite décrit deux outils principaux qui étaient nécessaires pour poursuivre cet objectif. La première était une connaissance des langues, la seconde une connaissance des mathématiques. L'étude du langage, soutient Bacon dans la partie III, est essentielle pour nous donner des traductions précises des textes philosophiques grecs et arabes et des textes de l'Écriture. Les mathématiques, soutient-il dans la partie IV, sont «la porte et la clé» de toutes les autres sciences. «Les principes fondamentaux de la démonstration» ne peuvent être clarifiés que dans le domaine des mathématiques ... La dépendance de l'astronomie à l'égard des mathématiques était évidente, tout comme l'étude de l'optique. C'était nécessaire pour l'astrologie (alors considérée comme une science) et pour des questions pratiques dans la vie de l'Église comme la réforme du calendrier. C'était également nécessaire pour la détermination précise de la longitude et de la latitude qui était important pour l'Église afin de remplir sa mission mondiale (d'où un chapitre sur la géographie et le 1er document attaché d'une carte du monde).

La partie V se concentre exclusivement sur l'optique, la science avec laquelle Bacon était particulièrement fasciné (d'où le 2eme document attaché de la lentille). Il tient à souligner les avantages qui pourraient en découler et soutient, comme Grosseteste, qu'il pourrait «d'une distance incroyable» nous permettre de «voir les plus petites lettres» et «pourrait faire descendre le soleil et la lune en apparence». Il se concentre sur les moyens par lesquels cette science peut être avancée. Ainsi, il commence par un examen détaillé de la structure physique de l'œil, et décrit ensuite certaines de ses propres expériences de réflexion et de réfraction. Ceci le conduit alors dans la partie VI à un questionnement plus général sur la nature de la science expérimentale.

## Roger Bacon et la méthode expérimentale

Roger Bacon représente mieux que personne à cette époque, le mouvement qui pousse un grand nombre de savants vers l'étude de la nature et vers la méthode expérimentale. Il semble que l'importance de l'expérience a été apporté à Roger Bacon à Paris par un ingénieur français Pierre de Maricourt ou Petrus Peregrinus qui a écrit un traité sur le magnétisme et la boussole. Aussi remarquable que ces découvertes l'étaient la méthode par laquelle il était arrivé à eux. Ce «*maître de l'expérience*» acquiert la connaissance «des choses de la nature ... à travers l'expérience». À son retour à Oxford, Bacon semble s'être mis à suivre ce chemin.

L'expérience, suggère Bacon, vient de deux façons. Il y a l'expérience interne des choses spirituelles qui «vient de la grâce», et il y a ce qui «est acquis par nos sens externes». Nous acquérons notre expérience des choses qui sont dans les lieux «par des instruments faits pour le but», et des choses qui n'appartiennent pas à notre partie du monde «par l'intermédiaire d'autres scientifiques qui en ont fait l'expérience». C'est sur ces dernières qu'il discute principalement. La caractéristique distinctive de ce qu'il appelle «la science de l'expérience» - *De Scientia Experimentalis* - est que «elle étudie par expérience les ... conclusions» d'autres sciences. Pour illustrer cela, il revient à l'exemple de l'arc-en-ciel.



Dessin sur l'optique dans Opus Majus (XIIIe siècle) de Roger Bacon

### Roger Bacon explique le fonctionnement des lentilles

Roger Bacon s'extasie devant les « *merveilles de la vision réfractée... Ainsi à une distance incroyable .... une armée modeste nous semblera .... très près de nous.... Nous pouvons également obtenir que le Soleil la Lune et les étoiles semblent se rapprocher et descendre vers nous* ». Ce n'est pas la première fois que l'on décrit une observation du ciel au moyen d'un instrument optique, mais il étudie les propriétés des lentilles, il donne de l'œil humain une description géométrique il conseille de faire la dissection d'yeux de vache et de porc pour en améliorer leur connaissance, d'utiliser des lentilles convexes pour corriger la vue faible. Il réforme les mesures de la réfraction, détermine celle de l'arc en ciel. Tout un travail qui sera précisé par Witello (1220-1286) pour la réfraction puis par Thierry de Freiberg (124-1320) notamment sur l'arc en ciel.

### Mesurer les arcs-en-ciel

Alors que les philosophes proposent des théories ou des «jugements» sur des phénomènes tels que les arcs-en-ciel et les auréoles, «la science expérimentale les atteste». Bacon cherche d'abord des objets visibles dans lesquels les couleurs de l'arc de pluie apparaissent dans le même ordre, et trouve «*cette même particularité dans les pierres cristallines correctement formées et dans d'autres pierres transparentes*» ainsi que lorsque «*les rayons solaires pénètrent des gouttes ... dans l'eau qui tombe des roues d'un moulin et de même quand on voit sur un matin d'été les gouttes de rosée sur l'herbe dans la prairie* ». Armé de ces «*faits terrestres*», l'expérimentateur regarde «*les phénomènes qui se produisent dans les cieux*» en utilisant «*l'instrument requis*».

Bacon décrit ensuite comment, en utilisant ses propres mesures (faites vraisemblablement avec un astrolabe), «*l'expérimentateur ... prenant l'altitude du soleil et de l'arc-en-ciel au-dessus de l'horizon, trouvera l'altitude à laquelle l'arc-en-ciel peut apparaître au-dessus de l'horizon : à 42 degrés* ». Bacon a été la première personne à le découvrir. Il a poursuivi en affirmant que chaque goutte de pluie dans l'arc travaillait comme un miroir sphérique et, en raison de leur proximité, produisent une image continue. Il était conscient que son compte rendu de la production de l'arc-en-ciel était loin d'être satisfaisant «*parce que je n'ai pas encore fait toutes les expériences nécessaires*» et il était convaincu que «*des expériences à grande échelle et par divers moyens sont nécessaires*». (Ceci fut réalisé 50 ans plus tard par un frère dominicain Thierry de Freiberg, qui a démontré en utilisant des globes sphériques remplis d'eau comment les arcs-en-ciel primaires et secondaires sont produits par double réfraction dans une goutte de pluie).

### ... et re-aléas des écrits et pensées de Roger Bacon

Bacon conclut son discours sur la science expérimentale en affirmant qu'un «chancelier philosophique» pourrait organiser la science au profit du monde chrétien. Il a envoyé son grand travail au pape en 1267, avec l'espoir que Clément pourrait assumer ce rôle. Cela ne devait pas être le cas. En effet à la fin de l'année 1268, les nouvelles se répandaient à travers l'Europe que Clément était mort en novembre.

Aussi, ... après la mort de Clément IV, ses écrits furent en butte à des rétorsions. En mars 1277, l'évêque de Paris, Etienne Tempier, interdit 219 thèses philosophiques ou théologiques. Déjà, cela concernait en partie Roger Bacon. Le maître général des Franciscains, Jérôme d'Ascoli (futur pape Nicolas IV en 1288), condamna encore les travaux de Bacon vers novembre 1277 et interdit son œuvre chez les franciscains. On lui reproche, entre autres, ses opinions sur l'astrologie et certaines « nouveautés suspectes ».

Alors que les vastes plans de Bacon pour le développement de ce qu'il a appelé la science expérimentale ont échoué, deux de ses idées ont trouvé de forts échos parmi ses successeurs à Oxford et à Paris. La première d'entre elles était l'importance qu'il apportait au rôle des



mathématiques comme la clé de toutes les autres sciences. La seconde était sa conviction que les lois de la réflexion et de la réfraction faisaient partie de ce qu'il décrit comme des *lois communes de la nature* - les lois universelles de la nature.