



HAL
open science

La faveur de l'optique à Oxford: Discussion de trois thèses de sociologie de la connaissance sur l'explication de l'intérêt scientifique

Dominique Raynaud

► **To cite this version:**

Dominique Raynaud. La faveur de l'optique à Oxford: Discussion de trois thèses de sociologie de la connaissance sur l'explication de l'intérêt scientifique. LLULL: boletin de la Sociedad Espanola de Historia de las Ciencias, 2001, 24 (51), pp.727-754. halshs-00005910

HAL Id: halshs-00005910

<https://shs.hal.science/halshs-00005910>

Submitted on 20 Nov 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La faveur de l'optique à Oxford:
Discussion de trois thèses de sociologie de la connaissance
sur l'explication de l'intérêt scientifique

Dominique RAYNAUD

Résumé: La sociologie de la connaissance mertonienne admet que l'ethos puritain a favorisé, au XVII^e siècle, l'usage de la méthode expérimentale. Les travaux récents de sociologie de la connaissance scientifique postulent soit la continuité entre contenus scientifiques et croyances sociales, soit la détermination causale des premiers par les seconds. Cet article, qui analyse les raisons de l'essor de l'optique au studium d'Oxford au XIII^e siècle, s'écarte de ces explications, en se focalisant sur l'étude des rapports entre l'optique et la métaphysique de la lumière développée à Oxford. Appelons "photisme" l'ensemble de ces croyances (valorisation des phénomènes optico-lumineux, extension des catégories de l'optique à d'autres phénomènes, rapport de ces catégories avec l'expérience spirituelle). L'étude des textes de Grosseteste, Bacon et Pecham montre que le photisme oxonien ne comporte aucun élément accréditant, soit le rôle d'un ethos scientifique médiéval, soit une indistinction de l'optique et du photisme, soit une détermination causale des contenus de l'optique par le photisme. Apparenté à l'effet "boule de neige" de Schelling, l'*effet d'orientation* offre une explication concluante de l'intérêt porté à l'optique: il rend compte du fait que le jugement d'intérêt se fonde sur les ressources cognitives de l'acteur.

Mots-clefs: Optique, Oxford, XIII^e siècle, Franciscains, intérêt scientifique, productivité scientifique, sociologie (de la connaissance scientifique), effet d'orientation.

Summary: The Mertonian sociology of knowledge admitted that XVIIth century Puritan ethos favoured the use of experimental method. Recent works of sociology of scientific knowledge postulates either the continuity between scientific knowledge and social beliefs, or the causal determination of the first ones by the second ones. This paper analyses the reasons of XIIIth century flight of optics in the studium of Oxford. Focusing on the continuity between optics and metaphysics of light unfolded in Oxford, it goes away from both of those explanations. Let us name "photism" the set of these beliefs (valorization of optico-luminous phenomena, extension of optics' categories to other phenomena, connection of these categories to the spiritual experience). The study of the organization of Grosseteste, Bacon and Pecham's treatises shows that Oxonian photism do not admit, nor the role of a medieval scientific ethos, nor the indistinction between optics and photism, nor a causal determination of optical contents by photism. Related to Schelling's "snow-ball effect", the *guidance effect* offers a convincing explanation of the interest into optics: it shows the influence of actor's cognitive resources on his judgment of interest.

Keywords: Optics, Oxford, XIIIth century, Franciscans, scientific interest, scientific productivity, sociology (of scientific knowledge), guidance effect.

1. Position du problème

Les questions fondamentales débattues dans cet article sont celle de l'intérêt suscité par une science et celle, afférente, de la continuité entre les connaissances scientifiques et les croyances sociales. Les travaux de sociologie de la connaissance ont envisagé l'influence des facteurs sociaux sur le développement scientifique de manière diverse. Rappelons ici trois thèses, qui serviront de cadre de référence à cette étude.

Première thèse. Dans une étude du développement scientifique de l'Angleterre du XVII^e siècle, Merton [1938] a tenté de comprendre pourquoi, à partir des années 1670, est apparu un intérêt sans précédent pour les sciences expérimentales. À partir d'une analyse prosopographique, il montre que l'élite scientifique anglaise de cette époque était essentiellement composée de puritains. L'interprétation mertonienne — qui rentre dans le sillage de l'*Éthique* wébérienne — consiste à étudier les moyens par lesquels l'ethos puritain a favorisé l'adoption des méthodes expérimentales. Merton n'envisage pas une détermination causale univoque de la méthode scientifique par les sentiments religieux, mais une interdépendance entre les deux ensembles d'attitudes¹. Au fondement de ce rapport, on trouve que le dogme puritain (valorisant l'empirisme, l'utilitarisme et le libre arbitre) offrait un cadre adéquat pour le développement d'un ethos scientifique tourné vers l'expérimentation, parce que l'un et l'autre supposaient une rupture vis-à-vis de la tradition. C'est par ce biais que l'éthique puritaine aurait renforcé l'intérêt pour les sciences expérimentales.

Deuxième thèse. Les travaux de l'école d'Edimburgh se sont démarqués assez nettement du canevas de la sociologie mertonienne. Bloor [1983] a proposé une synthèse des principes de la nouvelle sociologie de la connaissance dans le « programme fort ». Une idée centrale du programme — celle de causalité, que Bloor a sans doute héritée de ses études de psychologie expérimentale à Cambridge, et d'une lecture de Durkheim [1895] et de Durkheim et Mauss [1901-1902] — demande d'« expliquer le contenu et la nature mêmes de la connaissance scientifique » sous le régime de la « causalité efficiente » [Bloor, 1983, p. 11]. Cette idée débouche, lorsqu'elle est conduite à son terme, sur une « détermination causale » des contenus scientifiques par des facteurs sociaux [Bloor, 1983, p. 20]. Une explication de l'intérêt scientifique peut en être déduite. Car si l'on admet, par hypothèse, que les connaissances scientifiques sont socialement déterminées, il se peut que les sources d'intérêt, que le chercheur identifie dans l'ensemble des croyances sociales connexes au sujet d'étude, soient transférées aux connaissances scientifiques, par le jeu même de cette relation.

Troisième thèse. La sociologie de la connaissance scientifique a adopté, pour partie, les positions du constructivisme. Un trait saillant des travaux qui se réclament de cette approche apparaît dans l'idée que tous les contenus mentaux résultent d'un même processus de construction sociale. À ce titre, il n'existerait pas de raison de recourir à des termes différents pour se référer à des connaissances appartenant aux sphères politique, religieuse ou scientifique.² C'est pourquoi, aussi, les représentants du constructivisme adoptent l'expression de « croyances scientifiques » (*scientific beliefs*). Le terme, à mi-chemin entre « connaissances scientifiques » et « croyances symboliques », résume à lui seul l'idée que les contenus men-

taux sont homogènes entre eux. Callon et Latour [1985] avancent ainsi l'argument selon lequel le sociologue ne possède aucun critère de démarcation entre science et non-science. Selon eux, la sociologie des sciences s'égare lorsqu'elle trace une frontière entre facteurs scientifiques et facteurs extra-scientifiques. La sociologie constructiviste postule au contraire une continuité des contenus. On peut encore déduire de cette approche une explication de l'intérêt scientifique. Car si l'on admet, par hypothèse, que l'esprit ne perçoit pas de hiatus entre les croyances sociales et scientifiques, l'intérêt scientifique ne doit pas être conçu comme étant dirigé sur des connaissances scientifiques isolées, mais sur le seul ensemble que l'esprit trouve pertinent de circonscrire. Dès lors que le chercheur perçoit une source d'intérêt, l'ensemble serait susceptible de stimuler sa curiosité.

Trois explications concurrentes sont donc envisageables pour rendre compte de l'intérêt scientifique: 1) orientation de l'intérêt sur un ensemble perceptif complexe, composé pour partie de connaissances scientifiques, pour partie de croyances sociales (continuité de Callon et Latour); 2) transfert d'intérêt, par le biais d'une détermination sociale des connaissances scientifiques (causalité efficiente de Bloor); 3) influence résultant de la congruence historique entre un type d'activité scientifique et un système de valeurs (interdépendance de Merton).

La variété des hypothèses qui vient d'être évoquée suffit à démontrer qu'il n'existe pas à ce jour de réponse sociologique synthétique sur la question du fondement de l'intérêt scientifique. Cela résulte, en grande partie, du fait que la continuité ou l'influence des croyances sociales sur les connaissances scientifiques demeure un objet d'investigation complexe et controversé. L'heure des généralisations n'étant pas venue, il semble plus utile de tester ces hypothèses concurrentes sur des études de cas. C'est la voie que suivra cet article. On parviendra à une conclusion probante, si l'on étudie une situation socio-historique dans laquelle les acteurs: a) ont adhéré fortement à certaines croyances (religieuses notamment), b) se sont distingués par une intense productivité scientifique. Ces conditions sont satisfaites dans le cas où des connaissances ont été produites par des religieux *vs.* des laïcs. La sociologie ne doit pas craindre de traiter de périodes lointaines, lorsque celles-ci contiennent des éléments en rapport direct avec le problème posé. À cet égard, la période médiévale se distingue non seulement par le fait que la science était massivement produite par des clercs, mais aussi par le fait qu'elle était produite dans un contexte où les conceptions religieuses avaient un impact sur de nombreuses sphères d'activité³. L'analyse d'une telle situation socio-historique est donc à même de contribuer à une explication de l'intérêt scientifique.

2. Choix de la situation socio-historique

Si l'on examine les travaux d'histoire de classification des sciences [Weisheipl, 1965, Jolivet, 1994], on constate que l'optique⁴ a subi de fortes fluctuations quant à son degré d'intégration et quant à son découpage propre. Mais, chose remarquable, les seules classifications qui ont réservé une part importante à l'optique sont celle d'al-Fârâbî, intitulée *Ihsâ' al-'u-lûm* (*Opusculum de scientiis*, ca. 950), et celle de l'anglais Robert Kilwardby (*De ortu scientiarum*, ca. 1250). Si l'on considère maintenant la chronologie des traités d'optique, on cons-

tate que les périodes d'intense productivité scientifique coïncident exactement avec les dates auxquelles l'optique apparaît dans la classification des sciences. La première période correspond à ce que l'on appelle l'optique arabe, quoiqu'elle soit généralement le fait de savants persans. Les oeuvres les plus connues de cette période sont celles d'al-Kindî (ca. 846) Hunayn ibn Ishâq (ca. 857) Qustâ ibn Lûqâ (ca. 860), al-Râzî (ca. 915), Ibn ʿÎsâ al-Kahhâl (ca. 990) et surtout celle, remarquable entre toutes, d'Ibn al-Haytham (ca. 1005), connu sous le nom latin d'Alhazen. La deuxième période de recherches sur l'optique est celle du XIII^e siècle occidental. Les contributions les plus significatives sont associées aux noms de Robert Grosseteste (ca. 1235), Roger Bacon (ca. 1267), Witelo (ca. 1277) et John Pecham (ca. 1279). Chose remarquable, trois d'entre eux (Grosseteste, Bacon, Pecham) ont étudié à Oxford et étaient franciscains ou directement attachés à cet ordre⁵. Ce fait suggère la présence d'une organisation sociale liée au développement de l'optique [Raynaud, 1998a, 2001]. Quant à la coïncidence entre les remaniements de la classification des sciences et la productivité scientifique, elle n'est pas pour surprendre: c'est à mesure que se constituent de nouvelles connaissances, que le besoin se fait sentir de leur accorder une place proportionnelle à leur degré de développement au sein de la classification des sciences.

2.1. L'intérêt porté à l'optique

On percevra la prédisposition des Oxoniens pour l'optique, en dressant la liste de tous les traités du XIII^e siècle, dont une part significative est consacrée à l'optique et dont les auteurs ont fréquenté le studium franciscain d'Oxford (Tableau 1).

Robert Grosseteste (7)

De luce seu inchoatione formarum
De lineis angulis et figuris...
De iride seu de iride et speculo
De motu corporalis et luce
De operationibus solis
De calore solis
De colore

Pseudo-Grosseteste (1)

Summa philosophiae XIV

Bartholomew of England (1)

De proprietatibus rerum III, V, VIII

Roger Bacon (6)

Perspectiva
Opus maius IV
De multiplicatione specierum
De speculis comburentibus
Communia naturalium I
Compendium studii philosophiae

John Pecham (2)

Tractatus de perspectiva
Perspectiva communis

Tableau 1: Traités d'optique des Franciscains issus d'Oxford

Sachant que sept autres traités d'optique⁶ ont été composés à la même époque en Occident [Lindberg, 1975], on a un rapport de 18 traités contre 7. Quoique ces données, toujours dépendantes de la découverte des manuscrits, soient entachées d'incertitude, elles indiquent que *72 % des traités d'optique du XIIIe siècle ont été composés par des perspectivistes ayant fréquenté le studium d'Oxford*. Ce rapport constitue la base empirique sur laquelle on peut se demander pourquoi l'optique y a suscité un tel intérêt. Une première explication, fondée sur les traits de la doctrine franciscaine, a été avancée [Raynaud, 1998a, pp. 280-299]. Ce facteur doctrinal retranscrit un aspect important de la faveur de l'optique mais, à lui seul, il n'explique pas l'intérêt que les Oxoniens ont porté à cette science. L'ordre franciscain était étendu sur toute l'Europe, et mieux développé en Italie qu'en quelque autre région. Si donc l'intérêt pour les phénomènes lumineux avait été déterminé par la *seule* doctrine franciscaine, le renouveau de l'optique aurait eu lieu simultanément dans tous les studia européens, et plutôt en Italie.

2.2. *Le rôle d'une métaphysique de la lumière*

Le facteur précédent ne fournissant pas une explication satisfaisante de l'intérêt pour l'optique, on doit s'engager dans une étude plus approfondie des croyances extra-scientifiques auxquelles adhéraient les perspectivistes oxoniens. Cette voie a déjà été explorée par plusieurs historiens de l'optique. Ainsi, Alistair C. Crombie pense que « l'analogie entre *lux* corporelle et *lux* spirituelle [...] doit être reconnue parmi les raisons qui assurèrent la popularité de l'optique et des sciences mathématiques à l'école d'Oxford » [Crombie, 1953, p. 131]. Ten Doesschate suit une ligne d'interprétation similaire, lorsqu'il assure que « la raison pour laquelle les auteurs mentionnés [Grosseteste, Bacon et Pecham] ont porté un si vif intérêt à l'optique est qu'ils étaient des "métaphysiciens de la lumière" » [Ten Doesschate, 1962, p. 313].

L'optique, telle qu'elle fut développée par les Oxoniens dans la deuxième moitié du XIIIe siècle, répond donc aux exigences de sélection d'une situation socio-historique permettant une analyse approfondie de la continuité entre connaissances scientifiques et croyances religieuses. On peut dès lors poser un certain nombre de questions. A-t-on des preuves de la continuité ou de l'influence des unes sur les autres ? Les doctrines religieuses ont-elles induit une valorisation des phénomènes optico-lumineux à même de déterminer l'intérêt porté à l'optique ?

Ces questions ne peuvent conduire à des réponses satisfaisantes que si l'on prend la peine de décrire tout d'abord, avec un minimum de précision, les traits saillants des doctrines relatives à la lumière. Nous nous concentrerons ici sur les seuls textes rédigés par Grosseteste, Bacon et Pecham. La raison de ce choix méthodologique est qu'il est pratiquement impossible de mesurer le degré d'adhésion des savants à des textes qu'ils ont sans doute lus, mais qu'ils n'ont pas écrits. On recueillerait alors des données trop conjecturales pour servir à une étude de l'intérêt scientifique.

3. Les traits du photisme oxonien

Je propose ici de rassembler tous les éléments qui ne sont pas, au sens strict, des énoncés d'optique, mais qui concernent les phénomènes optico-lumineux, sous le nom de « photisme ». Ce choix terminologique appelle au moins deux observations.

1) Ce terme se substitue avantageusement à l'expression de « métaphysique de la lumière » employée par Crombie [1953] et Ten Doesschate [1962]. En effet, certains éléments de valorisation ne rentrent pas dans le cadre de la métaphysique. Dans le cadre médiéval, celle-ci traitait essentiellement de l'existence et de la nature de Dieu.

2) Ce terme, réservé de coutume à la caractérisation de certains aspects doctrinaux du bouddhisme tantrique, pourrait induire un rapprochement artificiel de doctrines par ailleurs fort différentes. Mais certains traits suggèrent que l'usage du mot n'est pas dénué de pertinence pour se référer aux doctrines oxoniennes. L'historien et le sociologue qui parlent de « féodalité » (européenne/japonaise) rencontrent un problème similaire, lequel peut être surmonté par une clarification idéaltypique.

Entendons donc par *photisme* toute doctrine qui: a) valorise l'existence et le rôle des phénomènes optico-lumineux dans le monde naturel, b) transpose les catégories utilisées pour décrire et expliquer ces faits à des phénomènes naturels étrangers à l'optique, c) met en rapport les catégories de l'optique avec la sphère de l'expérience morale et spirituelle. L'intérêt de cette définition est qu'elle permet de circonscrire l'environnement immédiat des théories de l'optique (en laissant pour l'instant de côté la question des rapports effectifs entre ces deux ensembles). Essayons tout d'abord de déceler les traits du photisme dans les oeuvres de Grosseteste, de Bacon et de Pecham.

3.1. Valorisation des phénomènes optico-lumineux

Ce premier trait de définition appellera un traitement plus succinct que les suivants, car il existe un indice incontournable de cette valorisation: c'est la forte productivité en optique prise comme point de départ de cet article. On peut toutefois compléter cette présentation par quelques indices tirés des textes. Robert Grosseteste considère que « la lumière est l'essence la plus digne, la plus noble et la plus excellente de tous les corps » (*Lux uero omnibus corporalibus dignioris et nobilioris et excellentioris essentiae est*) [*De luce*, p. 52]⁷. Bacon avoue un engouement comparable pour l'optique. Il écrit: « Mais cette science est vraiment plus belle que les autres, et plus utile, et je la crois plus délectable » (*Haec autem scientia est longe pulchrior aliis et utilior et ideo delectabilior*) [*Opus maius*, V, I, I, 1, p. 2]. Cette valorisation des phénomènes lumineux et de l'optique apparaît également dans les textes de Pecham. Il apparaît en outre, en certains lieux, que ses étudiants avaient, eux aussi, contracté une passion identique. Pecham dit avoir rédigé son second traité de perspective, parce que cette science était préférée à toutes les autres: « Parmi les recherches de physique, la lumière, qui est particulièrement plaisante, impressionne les étudiants. Parmi les sommets mathématiques, la très remarquable certitude des démonstrations exalte les chercheurs. La perspective [...] est donc, avec raison, préférée des [enseignements] traditionnels »⁸. On a là une marque de

l'engouement suscité par l'optique, parmi les enseignants et parmi les étudiants.

3.2. *Extension des catégories de l'optique à d'autres phénomènes naturels*

Nous devons, avant d'envisager cette extension, rappeler que l'optique médiévale était, tout à la fois, une optique *physique* (multiplication des espèces, propagation instantanée ou temporelle de la lumière) *géométrique* (détermination des images dans les miroirs, problème de la lumière de la lune, théorie de l'arc-en-ciel) et *physiologique* (anatomie oculaire, phénomène de la rémanence des images, problème de l'intromission *vs* de l'extramission des rayons visuels, problème de la fusion des images, etc).

L'unité des doctrines d'Oxford semble avoir été scellée par le modèle de la *multiplicatio specierum*. Roger Bacon s'attarde sur les propriétés géométriques de la propagation de la lumière: « Et il faut que la multiplication se fasse selon une sphère, car l'agent se multiplie uniformément dans toutes les directions, selon tous les diamètres et toutes les différences de lieu [...] La forme est donc émanée par une infinité de lignes, lesquelles ne s'achèvent qu'en une surface sphérique »⁹. On trouve ici, comme en d'autres textes [cf. Grosseteste, *De lineis*, p. 64], Pecham, *Tractatus de perspectiva*, I, p. 33], une double caractérisation géométrique de la multiplication, décrite selon le modèle de la pyramide (approche radiale) ou de la sphère (approche tangentielle).

Grosseteste, étudiant les propriétés de la multiplication des espèces dans le *De luce*, introduit un rapport surprenant entre lumière et matière: « La lumière est la première forme corporelle. La lumière, qui est donc la première forme créée dans la matière première, se multipliant à l'infini de tous côtés par elle-même, et s'étendant également en tous lieux, ne put se séparer d'elle-même; elle s'étendait au début des temps en tirant en tous sens avec elle toute la matière du système du monde »¹⁰. En postulant que la lumière est à l'origine du déploiement de l'univers matériel, Grosseteste applique le modèle de la multiplication des espèces à la cosmologie. Selon lui, la lumière a engendré l'univers parce que, se propageant dans toutes les directions, elle est responsable de l'extension des dimensions spatiales, et, par suite, de l'occupation matérielle de ces dimensions. La lumière est première sur l'univers matériel, lequel n'est plus qu'une lumière solidifiée. Grosseteste donne des précisions sur les dimensions de ce déploiement: « La lumière, étendant la matière première sous forme sphérique et, se raréfiant davantage dans ses parties extrêmes, réalise donc les possibilités de la matière jusque dans la dernière sphère »¹¹. Cette sphère, dernière des neuf sphères célestes issues de la tradition aristotélicienne, est la sphère des fixes. Dans la suite du traité, Grosseteste se hasarde même à exposer une loi rendant compte de la raréfaction de la lumière, à mesure que l'on passe des sphères intérieures vers les sphères extérieures: « Tel est l'achèvement et la perfection de la deuxième sphère: sa lumière est issue de la première sphère, et la lumière qui, dans la première sphère est simple, est double dans la seconde [...] Et dans cet ordre, l'ensemble [des rayons] progresse de soi-même, en se déployant jusqu'à ce que les neuf sphères célestes soient remplies »¹². Il faut donc concevoir une source intense, dont la lumière se raréfie à mesure qu'elle se propage du centre jusqu'à la périphérie de l'univers. Dans la doctrine de Gros-

seteste, la lumière est une réalité subtile qui, en pénétrant dans les corps, leur confère l'extension spatiale sans laquelle ils n'existeraient pas. Mais la lumière est aussi considérée comme première cause physique de tous les mouvements et de tous les changements observés dans la nature. La lumière est la racine même de l'univers, parce que, dans la hiérarchie des entités, l'espace et la matière procèdent de la lumière.

Il est aisé de suivre cette extension du modèle de la multiplication des espèces à des phénomènes naturels de plus en plus éloignés du point de départ. Cette multiplication s'applique à la théorie des couleurs. Dans un traité consacré à cette question, Grosseteste dit: « La couleur est de la lumière incorporée au [milieu] transparent » (*Color est lux incorporata perspicuo*) [*De colore*, p. 78]. Les phénomènes colorés sont ramenés à de la lumière, ce qui le conduira à proposer une explication de l'arc-en-ciel exclusivement fondée sur un raisonnement d'optique géométrique [*De iride*, pp. 73-74]. Une nouvelle extension concerne la théorie de la chaleur. Grosseteste expose l'idée selon laquelle: « La propagation du chaud est, en toutes choses, la cause la plus immédiate de [la génération de chaleur]. Mais il est difficile de voir comment celle-ci s'accorde au mouvement et à l'arrangement des rayons »¹³. Même si Grosseteste éprouve quelque difficulté à conclure, c'est bien par la multiplication des espèces qu'il tente d'expliquer le phénomène de la chaleur. D'autres textes montrent que les catégories de l'optique sont appliquées à la climatologie: « À cause de la première règle, étant qu'une ligne droite produit d'autant plus d'effet qu'elle est courte, [...] les endroits montagneux s'échauffent plus que les vallées, parce qu'ils reçoivent des rayons et des pyramides plus courts »¹⁴. Les variations climatiques dues à l'altitude se résolvent par les pyramides de rayons, de même que les différences de climat observées entre les différentes latitudes. Ce sont les mêmes rayons qui transportent la chaleur du soleil. Cette application du schème de la *multiplicatio specierum* s'étend à des domaines plus lointains. Ainsi, selon Grosseteste, les phénomènes acoustiques n'échappent nullement aux catégories de l'optique, comme cela apparaît dans le *De generatione sonorum* et dans le *Commentarius in posteriorum analyticorum libros*. On lit ici que « La substance du son est de la lumière incorporée dans le milieu le plus subtil [...] Quand, selon les différents diamètres, le mouvement d'extension et de constriction du même objet atteint la lumière incorporée dans l'air le plus subtil du corps sonnant, le son apparaît. Car tout corps naturel a en lui-même une nature céleste et lumineuse »¹⁵. Roger Bacon suit une voie similaire en fondant une optique généralisée à tous les sensibles [*perspectiua de omnium sensuum*]. Il écrit: « Et par celle-ci [la perspective], est ouverte la voie pour connaître toutes les choses qui sont en ce monde, à partir de l'action, soit de la vision, soit de l'ouïe, soit du toucher, soit des autres sens [...] Et par cette voie, est connue cette science magnifique, qui est appelée la perspective, et qui ne peut être apprise autrement »¹⁶. Comme Grosseteste, Bacon utilise la multiplication des espèces pour rendre compte du climat [*Opus maius*, IV, IV, 3-4, pp. 133, 136], mais propose en outre une explication inédite — quoique erronée — des marées. « Il est donc considéré que, quand la lune s'élève sur la mer d'une région quelconque, ses rayons tombent en formant des angles obliques [...] Et parce qu'ils tombent dans des angles tels, il faut qu'ils soient de force faible, comme on l'a montré auparavant. Mais lorsque la lune approche du milieu du ciel, il tombe de plus en plus de rayons à angles droits, qui exercent

une action plus puissante sur le corps de la mer. Ils extraient les vapeurs dans l'air et les consomment, cause pour laquelle la marée s'affaiblit peu à peu, quand la lune approche de la ligne du méridien »¹⁷. Quant à Pecham, il semble avoir conçu une extension des catégories de l'optique beaucoup plus limitée. Le modèle de la pyramide de rayons n'est plus appliqué par lui qu'à l'étude de la chaleur et des différences climatiques [*Tractatus de perspectiva*, I, pp. 24, 25-26].

La deuxième condition pour que l'on puisse parler d'un photisme oxonien est donc remplie: l'optique, science-mère, fournit un modèle général, celui de la multiplication des espèces, à des disciplines connexes (comme la théorie des couleurs ou la thermique) ou plus lointaines (comme l'acoustique, la climatologie ou la théorie des marées). Cette extension de la classe des phénomènes naturels auxquels on a tenté d'appliquer le modèle optique, s'explique par les positions méthodologiques des Oxoniens: elle est inspirée par un « principe d'économie » — Grosseteste parle de *lex parsimoniae* — lequel devait bientôt devenir le fer de lance des nominalistes anglais du XIV^e siècle.

3.3. Rapport des catégories de l'optique à l'expérience spirituelle

Pour bien saisir la singularité des doctrines oxoniennes, il faut rappeler qu'en proposant de reconnaître la lumière comme *prima forma corporalis*, Grosseteste ouvre la voie d'une articulation de la métaphysique et de l'optique. C'est dans cet ensemble que l'on reconnaîtra le troisième trait du photisme oxonien. Le centre d'où est émanée la lumière irradiante n'est pas un simple lieu géométrique: c'est le centre de l'univers que Dieu a choisi pour procéder à la création. Aussi, en s'interrogeant sur la diffusion de la lumière, Robert Grosseteste passe insensiblement d'une question de cosmologie à une question de métaphysique: « Puisque la lumière est la perfection du premier corps, qui se multiplie naturellement d'elle-même à partir du premier corps, il est nécessaire que la lumière soit diffusée au centre du tout. Et puisque la forme toute entière n'est pas séparable de la matière dans sa diffusion à partir du premier corps, avec celle-ci s'étend la matière spirituelle du premier corps. Du premier corps apparaît de la sorte une lumière qui est le corps spirituel, disons plutôt l'esprit corporel »¹⁸. Crombie explicite cette conception: « Au début des temps, Dieu a créé, à partir de rien, la matière sans forme (*materia prima*) et la lumière (*lux*), laquelle, par auto-diffusion, a produit les dimensions de l'espace et ensuite tous les êtres subséquents » [Crombie, 1953, p. 104]. Dans le traité *De luce*, la lumière ouvre un accès direct à la transcendance. Un motif analogue se retrouve en certains textes de Bacon, où la perspective devient une science auxiliaire de la théologie: « En outre, puisque la sagesse divine est considérée parfaitement comprise et exposée, et qu'elle est appliquée à la conduite de notre monde, cette science de la perspective est maintenant deux fois nécessaire »¹⁹. L'optique permettrait d'accéder au Créateur par la connaissance du monde créé. Quant à Pecham, la place éminente qu'il accorde à l'optique résulte également du fait qu'elle engage parallèlement à l'étude de la lumière naturelle et à celle de la lumière spirituelle (*lux diuina radians*). Il est dit, dans les premières phrases du *Tractatus de perspectiva*: « Nous estimons nécessaire de scruter les traces dans le miroir des créatures, afin de

nous élever par le nombre créé au nombre incréé, et par la lumière créée à la lumière incréée de la connaissance »²⁰.

De cette connexion provient une longue série de symboles religieux. On trouve dans le *De iride* de Grosseteste une classification des rayons lumineux. Il y présente une *perspectiva*, « [...] dont les parties principales sont trois, selon les trois modes de cheminement des rayons à la chose vue » (*cuius partes principales sunt tres secundum triplicitem modum transitionis radorum ad rem uisam*) [*De iride*, p. 73]. La lumière se propage par rayons directs, réfractés ou réfléchis. Comme Grosseteste, Bacon donne à cette classification un sens immédiat, mais aussi un sens théologique que n'avait pas entrevu le premier Oxonien: « Autrement dit, la vision est triple en vérité, selon qu'elle se fait en ligne droite, par réfraction ou par réflexion. La première est plus parfaite que les autres, la seconde plus sûre, la troisième incertaine. Et ici une comparaison multiple peut être faite: car la vision rectiligne est réservée à Dieu; une déviation par réfraction, qui est plus faible, convient à la nature angélique; et la vision par réflexion, qui est plus faible encore, peut être assignée à l'homme »²¹. Bacon expose une correspondance entre les trois modes de la vision (directe, réfractée, réfléchie) et les trois formes d'être (Dieu, ange, homme). Mais cette hiérarchie des degrés de perfection peut aussi décrire la pureté des âmes. Bacon expose en plusieurs endroits cette interprétation, « afin de voir comment les lignes droites, réfractées et réfléchies, peuvent, de la sorte, être adaptées aux choses de l'esprit » (*ut uideamus quomodo lineae rectae fractae et reflexae ualeant huiusmodi spiritualibus adaptari*) [*Opus maius*, IV, V, 5, p. 216]. En voici le détail: « Chez les parfaits, l'infusion de la grâce est analogue à la lumière directe incidente et perpendiculaire, parce qu'ils ne repoussent pas la grâce hors d'eux, ni ne dévient du droit chemin [...] Mais l'infusion de la grâce chez les imparfaits, quoique bons, se compare à la lumière réfractée, car, par suite de leurs imperfections, la grâce n'a pas en eux un chemin tout à fait droit. Et les pécheurs qui sont dans le péché mortel, réfléchissent et repoussent hors d'eux la grâce de Dieu, c'est pourquoi en eux, la grâce se compare à la lumière repoussée et réfléchie »²².

Ailleurs, c'est la structure anatomique de l'oeil qui sert de fondement à l'exposé des vertus théologiques et cardinales. Bacon écrit en ce sens: « Du reste, les vertus principales sont au nombre de sept, trois théologiques: charité, foi et espérance, et quatre cardinales: justice, force, tempérance et prudence, par lesquelles notre oeil spirituel est gardé »²³. Les équivalents anatomiques des sept vertus ne sont autres que les trois humeurs (*humores albugineus, glacialis, uitreus*) et les quatre enveloppes (*tunicae consolidatiua, cornea, uuea, aranea*). Mais comme les béatitudes sont huit, Bacon ajoute à cette liste les paupières (*palpebrae*). Et parce que les fruits des Apôtres sont douze, il ajoute cette fois les deux cils (*cilia*) et les deux sourcils (*supercilia*). Ces comparaisons offrent la possibilité de raisonner en parallèle sur la lumière naturelle et sur la lumière spirituelle, sur l'oeil physique et sur l'oeil moral. Ce versant du photisme est-il une concession aux exigences de la tradition chrétienne ? laquelle « ne demandait pas à l'étude de la nature de conduire à des hypothèses ou à des généralisations de la science, mais de fournir des symboles vivants des réalités morales » [Crombie, 1953, p. 15].

Le contenu doctrinal du photisme oxonien se trouve désormais clarifié par l'examen de ces trois traits de définition. Il suppose, comme il a été dit, une valorisation des phénomènes

optico-lumineux, l'extension des catégories de l'optique à des phénomènes naturels indépendants de la vision, et un rapport des catégories de l'optique avec la sphère de l'expérience spirituelle.

4. Épreuve des thèses de la sociologie de la connaissance

La distinction initialement posée entre optique et photisme était une *distinction méthodologique*, permettant de circonscrire avec facilité tous les énoncés connexes à l'optique. En revenant maintenant à la question du fondement de l'intérêt scientifique, on doit examiner la question des *rappports effectifs* entre l'une et l'autre. Il est en effet capital de ne pas substituer nos critères de découpage disciplinaire à ceux du XIIIe siècle; de ne pas restreindre, élargir ou amputer les relations conçues à une époque, en fonction de nos habitudes intellectuelles à situer un énoncé dans telle classe d'énoncés. Dira-t-on, avec Callon et Latour [1985], que la distinction entre optique et photisme est invalide, et que les énoncés composent une même *perspectiva* ? Dira-t-on, avec Bloor [1983], que les contenus de l'optique sont déterminés par un facteur religieux ? Ou bien dira-t-on, avec Merton [1973], que la congruence historique du photisme et de l'optique permet au premier de renforcer l'intérêt pour la deuxième ? L'épreuve portera sur ces trois thèses. Présentons tout d'abord un tableau récapitulatif des sources, qui sera utile pour la démonstration qui suit (Tableau 2).

Auteur	df.	traité, pp. début-fin	division [pp.]	contenu
Grosseteste	df. 1	<i>De luce</i> , 51-59	[52]	sujet digne et noble
	df. 2	<i>De luce</i> , 51-59	[52-55]	cosmologie
		<i>De colore</i> , 78-79	[78]	théorie de la couleur
		<i>De calore solis</i> , 79-84	[80]	théorie de la chaleur
		<i>De natura locorum</i> , 65-72	[66]	climatologie
		<i>Analytica posteriora</i> , 93-408	II, 4 [386]	acoustique
df. 3	<i>De luce</i> , 51-59	[54-55]	métaphysique	
Bacon	df. 1	<i>Opus maius</i> V, 1-166	V, I, I, 1 [2]	science belle et utile
	df. 2	<i>Opus tertium</i> , 3-310	XXXVI [117]	théorie des cinq sens
		<i>Opus maius</i> IV, 97-404	IV, IV, 3 [133-136]	climatologie
		<i>Opus maius</i> IV, 97-404	IV, IV, 6 [140]	théorie des marées
	df. 3	<i>Opus maius</i> V, 1-166	V, III, III, 1 [159]	auxiliaire de la théologie
		<i>Opus maius</i> V, 1-166	V, III, III, 1 [160]	symboles anatomiques
		<i>Opus maius</i> V, 1-166	V, III, III, 2 [162]	modes de vision spirituelle
		<i>Opus maius</i> IV, 97-404	IV, V, 5 [216]	degrés de pureté des âmes
Pecham	df. 1	<i>Perspectiva communis</i>	proem. [60]	science préférée
	df. 2	<i>Tractatus de perspectiva</i> , 23-69	I [24]	théorie de la chaleur
		<i>Tractatus de perspectiva</i> , 23-69	I [25-26]	climatologie
df. 3	<i>Tractatus de perspectiva</i> , 23-69	I [23]	théologie	

Tableau 2: Sources du photisme chez Grosseteste, Bacon et Pecham

4.1. La thèse de l'indistinction des contenus

L'idée d'une continuité entre les contenus scientifiques et les contenus extra-scientifiques peut être testée en restituant les énoncés du photisme dans l'organisation générale des traités. La thèse d'une absence de démarcation sera réfutée si les énoncés de l'optique et du photisme apparaissent dans des chapitres clairement *différenciés*.

Dans le cas de Grosseteste, la valorisation des phénomènes lumineux et la conception métaphysique de la lumière sont réunies dans le *De luce*. Ce traité ne montre aucune division interne, et, si les éléments du photisme sont plutôt situés dans la première partie [pp. 52-55], on en trouve encore à la fin du traité. Ces éléments penchent en faveur de la thèse continuiste. L'adhésion à cette thèse demeure cependant problématique, du fait que le *De luce* est consacré à des questions de cosmologie et de métaphysique. C'est ici l'absence d'énoncés d'optique *stricto sensu* qui rompt la continuité entre optique et photisme. En outre, les traités de Grosseteste étant indépendants, on ne retrouve aucune trace d'inspiration religieuse dans le *De lineis* [pp. 59-65] ou dans le *De iride* [pp. 72-78]. On ne parvient donc à aucun résultat significatif parce que les traités de Grosseteste étaient assez courts pour ne pas appeler de division. Aucun indice ne permet de savoir ce qu'aurait fait l'auteur, s'il avait été contraint de réunir sa doctrine en un seul traité de perspective.

Chez Bacon, les énoncés à caractère spirituel semblent disséminés en divers endroits de l'*Opus maius*. Mais un examen plus attentif nuance ce jugement. La correspondance entre les choses sensibles et les choses spirituelles, ainsi que l'analogie entre les trois modes de vision et les degrés de la grâce sont exposées *pars IV* [p. 216]. Ces énoncés sont rattachés à la section *Mathematicae in diuinis utilitas* [pp. 175-238] qui offre l'exact pendant de la section précédente *Mathematicae in physicis utilitas* [pp. 97-174]. Cette localisation ne permet pas de confondre les énoncés symboliques avec ceux de la science naturelle, et encore moins de les intégrer à la *Perspectiva*, qui apparaît *pars V* de l'*Opus maius*. En outre, la *Perspectiva* était destinée à circuler séparément [Lindberg, 1971, p. 69], comme en atteste d'ailleurs son organisation rétive au plan d'ensemble de l'*Opus maius*²⁴. Ce point étant précisé, on voit que les énoncés présentant la perspective comme science auxiliaire de la théologie, ceux qui exposent la correspondance entre la structure anatomique de l'oeil et les vertus théologiques, les modes de vision et la hiérarchie des êtres, apparaissent tous *Perspectiva*, III, III [pp. 159-163]. Nous sommes ici en un lieu remarquable, puisque le traité de perspective ne comprend que trois parties, et que la troisième section de la troisième partie est justement la dernière (*ultima distinctio*). Les énoncés à caractère religieux sont donc ceux qui ferment la lecture du traité. Ils ne sont donc pas en position de continuité avec le corps des démonstrations.

Dans le cas de Pecham, les énoncés du photisme apparaissent majoritairement dans le *Tractatus de perspectiva*, I [pp. 23-26]. Or, le chapitre I est un chapitre d'introduction exclusivement consacré à l'étude des sources traditionnelles. Il n'est pas indifférent de noter que ce chapitre se clôt par l'exposé des trois modes de vision (*Sciendum igitur quod juxta triplicem radium praedictum tres sunt partes perspectiuae*) [*Tractatus de perspectiva*, I, p. 27], qui ouvre en général les traités d'optique. Ces énoncés à caractère religieux sont absents de son se-

cond traité d'optique, qui ne présente que quelques éléments résiduels de valorisation. En outre, ceux-ci apparaissent en un lieu clairement différencié du traité: sa préface [*Perspectiva communis*, proemium, p. 60]. Pecham signale par ailleurs spontanément les raisons pour lesquelles il a refondu son premier traité, en éliminant les propositions à caractère spirituel de la *Perspectiva communis*: « J'ai, depuis longtemps et à la requête de mes étudiants, écrit des notes mathématiques que j'ai laissées sans correction étant occupé à d'autres affaires, et qui ont été produites en public contre mon intention [...] Je condenserai maintenant en résumés concis la perspective, dont les idées essentielles étaient exposées avec des détours et des ajouts qui ne lui appartiennent pas »²⁵. L'organisation des traités d'optique et ce témoignage attestent de la discontinuité entre optique et photisme.

Au total, il existe des articulations suffisamment nettes pour démentir la thèse de l'indistinction des contenus. L'idée d'une absence de critères de démarcation des croyances religieuses et des connaissances scientifiques doit être rejetée, lorsque ces critères sont apparents dans la structure-même des traités. Ce résultat rejoint la critique du sociocentrisme [Piaget, 1965], à laquelle la sociologie de la connaissance scientifique ne semble avoir prêté aucune attention. Dans sa critique de Durkheim, Piaget montre que les connaissances scientifiques supposent une décentration et une coordination opératoire spécifiques, et que « Le propre d'une sociologie de la connaissance ignorant [...] ce processus de décentration est d'en venir tôt ou tard à rattacher la pensée scientifique aux notions mystiques et théologiques primitives » [Piaget, 1965, p. 70].

4.2. La thèse de la détermination causale

Il convient ensuite de tester l'idée d'une influence des croyances religieuses sur les connaissances scientifiques. L'idée de détermination étant assimilée par Bloor [1983] au modèle de la causalité efficiente, il suffira, pour réfuter cette thèse, de montrer que, dans cette relation, les croyances sont postérieures aux énoncés de l'optique.

Dans le cas de Grosseteste, l'idée d'une détermination de l'optique par le photisme est hautement conjecturale, en raison d'un problème de chronologie. McEvoy [1983] date le *De luce* de 1225-1228, et voit en lui un traité inaugural de l'optique, alors que Southern [1992] le renvoie aux années 1235, et considère qu'il conclut les recherches de Grosseteste sur l'optique. Il est donc impossible de dire si ce traité de métaphysique précède ou suit son optique. Rappelons que l'argument de Southern [1992, pp. 136-139] n'est pas sans fondement: le *De luce* est très supérieur aux autres traités du point de vue de l'aboutissement des réflexions sur la lumière. Le *De luce* n'aurait pas été composé à Oxford (où Grosseteste enseigna de 1225 à 1235) mais à Lincoln, où il se retira à la fin de sa vie pour se consacrer à la vie contemplative. Cette correction infirme du coup la thèse d'une antériorité du photisme sur l'optique.

Chez Bacon, l'idée d'une absence d'articulation entre optique et photisme est fautive: il est parfois possible de déceler un parallélisme entre un énoncé naturel et un énoncé spirituel. Ainsi, le membre *De scientia perspectiua, habens tres partes...* [*Opus maius*, V, huius persuasionis, p. 1] se retrouve à la base d'un énoncé spirituel: *Vero triplicatur uisio secundum quod fit recte, fracte et reflexe...* [*Opus maius*, V, III, III, 2, p. 162]. Mais ce lien atteste-t-il d'une

détermination selon le modèle de la causalité efficiente ? Bacon répond lui-même à cette question. Il dit en effet, dans la section *Mathematicae in diuinis utilitas*, rechercher « comment les lignes droites, réfractées et réfléchies peuvent, de la sorte, être adaptées aux choses spirituelles » (*quomodo lineae rectae fractae et reflexae ualeant hujusmodi spiritualibus adaptari*) [*Opus maius*, IV, V, 5]. C'est preuve que cette adaptation à la théologie est postérieure — et non pas antérieure — à la classification optique des rayons. De même, lorsque Bacon expose la correspondance entre la structure anatomique de l'oeil et les vertus théologiques, il articule l'analogie par les mots *similiter visio spiritualis*, qui suppose à nouveau l'antériorité des catégories de l'optique. Bacon emploie fréquemment, dans les mêmes passages, les passifs *adaptari*, *assimilari*, lesquels confirment qu'il a procédé à une déduction du jugement moral des catégories de l'optique, et non l'inverse.

Dans le cas de Pecham, un passage du *Tractatus* nous informe directement de ce rapport. Concluant un examen des trois modes de vision, Pecham écrit: « Ainsi, à partir de ce triple rayon connu, l'accès aux innombrables mystères des écritures sera dévoilé, de même que l'élucidation des sommets de la sagesse et l'intellection de ses louanges »²⁶. Il se propose donc d'utiliser la typologie des rayons à des fins théologiques, et non de déduire une optique des connaissances religieuses. L'ablatif *triplici radio* suffit ici à marquer l'antériorité des catégories de l'optique. Le contexte religieux n'étant pas un antécédent, on ne reconnaîtra pas le mode de la causalité efficiente. Il s'agit, comme chez Bacon, d'un débordement de l'optique sur le religieux.

Au total, l'antériorité constante des catégories de l'optique interdit d'adhérer à l'idée d'une détermination des contenus scientifiques par les croyances religieuses²⁷.

4.3. La thèse de l'interdépendance fonctionnelle

Cette thèse ne mérite pas un examen aussi approfondi que les deux précédentes, car l'« interdépendance fonctionnelle », imaginée par Merton pour rendre compte des rapports entre la science et le puritanisme aux XVIIe et XVIIIe siècles, équivaut au conditionnement mutuel de deux ensembles d'attitudes. Pour réfuter cette thèse, il suffit de prouver l'absence de l'une au moins de ces relations (religion → science; science → religion). C'est un résultat qu'établit a fortiori l'absence de détermination de l'optique par des facteurs religieux. Rappelons cependant, au-delà des textes examinés, que cette question est dépendante de la *subalternatio scientiae*. Aristote, qui se prononce clairement contre la *metabasis* (c'est à dire le mélange des genres au cours d'une démonstration) admet néanmoins, sous certaines conditions, la subalternation des sciences [*Analytiques postérieures*, I, 13]. La subalternation apparaît chaque fois qu'un fait ou qu'un phénomène dépend d'une science donnée, et qu'une autre science possède la démonstration qui le rendrait intelligible. Ainsi, selon Aristote, de l'optique (science subalterne) vis-à-vis de la géométrie (science subalternante). Comme l'a montré Steven J. Livesey [1989, 1990], seul Richard Conington, 34e lecteur à Oxford (ca. 1306), a soutenu la thèse d'une position subalterne de l'optique vis-à-vis de la théologie, à partir de l'argument suivant: « Rien ne pouvant être connu sans Dieu, toutes les sciences doivent être

inféodées à la théologie ». Mais sa position sera attaquée, y compris par d'autres maîtres franciscains d'Oxford, comme John of Reading, parce qu'elle trivialisait le concept de subalternation. Ainsi, ce n'est pas parce que les sciences utilisent la logique qu'elles constituent toutes des départements de la logique. La plupart des Oxoniens concluront au contraire à l'indépendance de l'optique vis-à-vis de la théologie, allant même jusqu'à récuser l'idée aristotélicienne d'une subalternation de l'optique par la géométrie²⁸. L'argument de la *subalternatio scientiae* ne permet donc pas d'établir l'interdépendance fonctionnelle entre les deux ensembles: l'une au moins de ses relations constitutives fait défaut. Ainsi se trouve réfutée la dernière thèse.

Conclusions

L'étude des rapports entre l'optique et le photisme oxonien suggère de ménager une certaine indépendance entre: a) une *perspectiva stricto sensu*, b) une *perspectiva lato sensu*, procédant de l'application de la multiplication des espèces à des sujets extérieurs comme l'acoustique ou la théorie des marées, c) le contexte religieux qui environne l'ensemble de ces énoncés. L'intérêt scientifique appelle donc une nouvelle explication sociologique, car, ni la thèse d'un ethos religieux préparant le développement de l'optique, ni celles d'une continuité ou d'une détermination causale des connaissances scientifiques par des croyances religieuses, ne sont ici recevables.

L'explication recherchée diffère de la thèse de Merton [1938], dans la mesure où elle ne peut recourir à la même structure explicative. Le sociologue des sciences conçoit l'ethos puritain comme un « aiguillon » favorable au développement d'une démarche expérimentale répondant aux aspirations empiristes et utilitaristes du protestantisme (*the Puritan spur to science*). En dépit des réserves de Merton, quant au choix des variables indépendantes et des variables dépendantes et quant au simplisme de certaines interprétations causales, force est de constater que la transposition de cette explication à l'optique médiévale n'aboutit pas à un résultat très probant. *Primo*, on constate que le système de valeurs puritain peut expliquer un intérêt pour les sciences expérimentales *versus* les sciences spéculatives — et, à la limite, un intérêt pour les sciences de la vie, qui sont plus proches du penchant utilitariste que les sciences physiques [Merton, 1973, p. 201] — mais l'ethos religieux n'est pas en mesure de rendre compte de l'intérêt pour une science isolée comme l'optique: un système de valeurs ne produit jamais un effet de valorisation aussi précis. *Secundo*, les doctrines du Moyen Âge ne proposaient pas un système de valeurs discontinuistes (à l'instar du puritanisme), susceptibles de stimuler l'intérêt pour une science nouvelle. *Tertio*, à supposer que les avancées scientifiques du XIIIe siècle aient été engagées sur plusieurs fronts, le fait que l'optique ait été la *scientia scientiarum* reste une énigme non résolue.

L'explication recherchée diffère pareillement des thèses de la sociologie de la connaissance scientifique actuelle, qui semblent résulter d'une application maximaliste des thèses de Merton. On trouve en effet, dans le chapitre *Foyers et déplacements de l'intérêt dans les sciences*, qu'« Une grande partie de cette étude examinera les éléments extra-scientifiques qui

ont significativement influencé, sinon totalement déterminé, le foyer de l'intérêt scientifique » [Merton, 1973, p. 203]. Mais il faut garder à l'esprit que la citation est extraite d'un chapitre d'introduction, dont l'idée devait être nuancée, sinon démentie, par la mise en évidence d'une interaction complexe des variables (cf. note 1). La transposition des thèses de la sociologie de la connaissance au cas de l'optique conduit à une réfutation de la continuité des connaissances et de la détermination des connaissances scientifiques par des causes efficientes. Ce résultat suggère de reconnaître l'existence, non pas d'une influence de la « métaphysique de la lumière » sur l'optique, dans la lignée de Crombie [1953] ou de Ten Doesschate [1962], mais bien plutôt d'une « *dérivation* métaphysique de l'optique », avec Eastwood [1970], ou d'une « *invasion* de la théologie par les mathématiques et la logique », avec Monika Asztalos [1992, p. 432].

Ces éléments préconisent une révision des explications sociologiques de l'intérêt scientifique. Si l'on ne peut pas dériver l'intérêt pour l'optique des croyances sociales, il faut placer cette explication de l'intérêt scientifique dans le sillage du modèle de la « rationalité limitée » [Simon, 1982], traitant des conduites rationnelles de l'acteur dans un contexte d'information limitée.

Supposons tout d'abord la question de l'intérêt pour l'optique résolue. Une telle analyse, si elle existait, ne dirait pas pourquoi l'optique a servi de modèle à la théologie. Attachons-nous à résoudre cette première question. Il existe au moins trois explications possibles du débordement de l'optique sur la sphère éthico-religieuse. Ce débordement a pu naître : a) soit de la préoccupation des savants d'édifier un système théologique à l'aide de catégories appliquées avec succès à d'autres problèmes²⁹; b) soit du souci de faire profiter la théologie de l'intérêt spontanément porté à l'optique; c) soit de la volonté de soustraire l'étude de la perspective à des interdictions doctrinales, qui étaient fréquentes au XIII^e siècle³⁰. Laissons cette explication subsidiaire, pour parvenir maintenant au cœur de la démonstration.

L'intérêt suscité par l'optique doit être mis en rapport avec les éléments contextuels du modèle de la rationalité subjective. À quelles informations Bacon et Pecham avaient-ils accès lorsqu'ils se sont occupés d'optique ? Sachant qu'ils suivirent les leçons d'Adam de Marsh à Oxford, il est raisonnable d'admettre que celui-ci les a orienté sur les travaux d'optique de Grosseteste, dont il avait été lui-même l'élève. Le fait est incidemment confirmé par Bacon, qui cite les travaux de Grosseteste avec déférence [*Opus maius*, pp. 67, 108, *Opus tertium*, p. 33, *Compendium studii philosophiae*, pp. 469, 472]. Cette marque d'estime et de connaissance des textes étant acquise, considérons l'orientation de la production scientifique de Grosseteste. Notons préalablement O les travaux d'optique et S l'ensemble des travaux scientifiques d'un savant X . La part que représente l'optique peut être estimée par le rapport $I_{OX} = \text{Card}(O) / \text{Card}(S)$. Dans le cas de Grosseteste³¹, ce rapport est $I_{OG} = 0,5$. On constate que cette collection de textes a pu induire, aux yeux des disciples, une *asymétrie initiale* dans la perception des sujets de recherches dignes d'intérêt. En effet, la représentation que Bacon ou Pecham ont pu se faire des oeuvres scientifiques de Grosseteste est que la moitié de ses recherches concernaient l'optique. Si l'optique représentait une telle part de ses recherches, c'est qu'elle était une science productive. Imaginons maintenant qu'un savant de quelque talent ait le choix de

s'orienter vers une science productive *versus* une science improductive. S'il procède à une estimation, il réalisera que ses chances de parvenir à des résultats intéressants sont plus élevées sur le sujet productif que sur le sujet improductif. C'est peut-être la raison pour laquelle Roger Bacon a, comme son prédécesseur, consacré une part importante de recherches à l'optique. Mais, ce faisant, les traités de Bacon, qui sont désormais venus s'ajouter à ceux de Grosseteste, ont *renforcé l'asymétrie initiale* entre l'optique et les autres sciences, en orientant du même coup la perception que Pecham pouvait avoir de l'optique. Et ainsi de suite, à chaque étape, selon un mécanisme parent³² de l'effet « boule de neige » [Schelling, 1980].

L'explication de l'intérêt des Oxoniens pour l'optique ne requiert pas davantage d'hypothèses: Grosseteste s'est occupé d'optique, pour quelque raison que ce soit, et ses successeurs, constatant l'ampleur de ses travaux, ont pensé que l'optique était un sujet productif. L'explication repose ici sur le simple fait que l'information disponible peut exercer un *effet d'orientation* de l'intérêt porté à une science. Afin que ses fondements soient parfaitement nets, l'explication proposée peut être ramenée à quelques principes élémentaires, dont la combinaison donnera une vision adéquate de l'effet proposé:

1. *Les savants sont également prédisposés à l'égard des sciences (principe de raison universelle);*
2. *Les savants choisissent les sujets de recherche sur lesquels ils pensent parvenir à des résultats intéressants (principe d'estimation des chances);*
3. *Les savants qui produisent des connaissances scientifiques s'appuient sur des textes déjà écrits (principe de production référencée);*
4. *Il existe des fluctuations dans la distribution géographique des textes scientifiques (principe de différence des contextes informationnels).*

D'où il suit que:

5. *Toute fluctuation dans la distribution des textes scientifiques oriente la perception des sujets de recherches réputés productifs, et, par suite, l'intérêt porté à une science (effet d'orientation).*

Ce modèle n'a évidemment pas d'autre objectif que de clarifier les situations socio-historiques réelles, et il conviendra, dans chaque cas, de déterminer dans quelle mesure cette explication doit être acceptée, rejetée ou combinée à d'autres facteurs. L'amplitude de la fluctuation dans la distribution des textes scientifiques dépend de la structure du contexte informationnel. On doit donc s'attendre à ce que les effets d'orientation soient d'autant plus puissants que le réseau de communication est lâche et composite. On peut présumer qu'il existe un grand nombre de situations, dans lesquelles une explication de l'intérêt scientifique par effet d'orientation pourrait se substituer avantageusement aux hypothèses lourdes de la continuité ou de la détermination des connaissances.

Dominique RAYNAUD, né en 1961, est maître de conférences de Sociologie à l'Université Pierre-Mendès-France (Grenoble) et chercheur associé au LAREA (UMR CNRS 7544, Paris). Ses études de sociologie des sciences concernent en particulier les rapports entre optique et perspective linéaire. Il s'intéresse aux conditions sociales d'émergence des sciences et techniques, aux problèmes de diffusion des connaissances et aux controverses scientifiques. Adresse: Département de Sociologie, Université Pierre-Mendès-France, BP 47, 38040 Grenoble cedex 9, e-mail: dominique.raynaud@umpf-grenoble.fr.

Bibliographie

- ASZTALOS, M. (1992) "The faculty of theology", in H. de Ridder-Symoens (ed.), *A history of the university in Europe*, vol. 1: *Universities in the Middle Ages*. Cambridge, Cambridge University Press, 409-441.
- BACON, Roger (1964) *The 'Opus maius' of Roger Bacon*. Edited with introduction and analytical table by J.H. Bridges. Frankfurt am Main, Minerva GmbH.
- BLOOR, D. (1983) *Sociologie de la logique ou les limites de l'épistémologie*. Paris, Pandore. Traduction de l'édition anglaise, 1976.
- CALLON, M., LATOUR, B. (eds.) (1985) *Les scientifiques et leurs alliés*. Paris, Pandore.
- CONDORCET, J.A. Caritat de (1974) *Mathématique et société*. Choix de textes et commentaire par Roshdi Rashed. Paris, Hermann.
- CROMBIE, A.C. (1953) *Robert Grosseteste and the origins of experimental science (1100-1700)*. Oxford, Clarendon Press.
- DOESSCHATE, G. ten (1962) "Oxford and the revival of optics in the thirteenth century". *Vision Research*, 1, 313-342.
- DURKHEIM, É. (1895) *Les règles de la méthode sociologique*. Paris, Presses universitaires de France.
- DURKHEIM, É., MAUSS, M. (1901-1902) "De quelques formes primitives de classification". *L'Année sociologique*, 6, 1-72.
- EASTWOOD, B.S. (1970) "Metaphysical derivations of a law of refraction". *Archive for the History of Exact Sciences*, 6, 224-236.
- GROSSETESTE, Robert (1912) *De luce seu de inchoatione formarum; De lineis angulis et figuris seu de fractionibus et reflexionibus radiorum; De iride seu de iride et speculo*, in L. Baur, "Die philosophischen Werke des Robert Grosseteste". *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, 9, 1-778.
- GROSSETESTE, Robert (1981) *Commentarius in posteriorum analyticorum libros*. Introduzione e testo critico di Pietro Rossi. Firenze, Leo S. Olschki editore.
- JOLIVET, J. (1994) "Classification des sciences", in R. Rashed et R. Morelon (eds.), *Histoire des sciences arabes*. Paris, Éditions du Seuil, vol. 3, 255-270.
- LINDBERG, D.C. (1971) "Lines of influence in the thirteenth century optics: Bacon, Witelo, and Peckham". *Speculum*, 46, 66-83.
- LINDBERG, D.C. (1975) *A catalogue of medieval and Renaissance optical manuscripts*. Toronto, The Pontifical Institute of Medieval Studies.
- LINDBERG, D.C. (1995) "Medieval science and its religious context". *Osiris*, 10, 61-79.
- LIVESEY, S.J. (1989) *Theology and science in the fourteenth century: Three questions on the unity and subalternation of the sciences in John of Reading's Commentary on the Sentences*. Leiden, E.J. Brill.

- LIVESEY, S.J. (1990) "Science and theology in the fourteenth century: the subaltern sciences in Oxford Commentaries on the Sentences". *Synthèse*, 83, 273-292.
- McEVOY, J. (1983) "The chronology of Robert Grosseteste's writings on nature and natural philosophy". *Speculum*, 63, 614-655.
- MERTON, R.K. (1938) *Science, technology and society in XVIIth century England*. Bruges, St Catherine Press Ltd.
- MERTON, R.K. (1973) *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. Chicago, The University of Chicago Press.
- PIAGET, J. (1965) *Études sociologiques*. Genève/Paris, Librairie Droz.
- PECHAM, John (1970) *John Pecham and the science of Optics: Perspectiva communis*. English translation and critical notes by D.C. Lindberg. Madison, Wisconsin University Press.
- PECHAM, John (1972). *Tractatus de perspectiva*. Edited with an introduction and notes by D.C. Lindberg. St. Bonaventure, New York, The Franciscan Institute.
- RAYNAUD, D. (1998a) *L'Hypothèse d'Oxford. Essai sur les origines de la perspective*. Paris, Presses universitaires de France.
- RAYNAUD, D. (1998b) "Les normes de la rationalité dans une controverse scientifique: le cas de l'optique médiévale". *L'Année sociologique*, 48 (2), 447-466.
- RAYNAUD, D. (2001) "Effets de réseau dans la science préinstitutionnelle: le cas de l'optique médiévale". *Archives européennes de Sociologie*, 42 (2), sous presse.
- SCHELLING, T. (1980) *La tyrannie des petites décisions*. Paris, Presses universitaires de France. Traduction de l'édition américaine, 1978.
- SOUTHERN, R.W. (1992) *Robert Grosseteste. The growth of an English mind in Medieval Europe*. Oxford, Clarendon Press.
- SIMON, H.A. (1982) *Models of bounded rationality*. Cambridge, MIT Press.
- WEISHEIPL, J.A. (1965) "Classification of the sciences in medieval thought". *Mediaeval Studies*, 27, 54-90.

¹ Merton écrit: « Il pourrait sembler que je prenne la religion comme variable indépendante et la science comme variable dépendante durant cette période, bien que [...] ce ne soit pas du tout dans mon intention [...] Il faut simplement admettre qu'à la fois le puritanisme et la science ont été des composants d'un système complexe de variables mutuellement dépendantes » [Merton, 1973, p. 248]. C'est pourquoi certains passages de son étude envisagent l'influence rétroactive de la science sur le puritanisme: « La conviction d'une nature mutuellement confirmatoire de la raison et de la révélation offrait une nouvelle base à l'attitude favorable envers les études expérimentales, lesquelles ont, c'est admis, renforcé les dogmes théologiques fondamentaux » [Merton, 1973, p. 243]. La relation entre le puritanisme et les sciences expérimentales du XVII^e siècle est ici conçue par Merton sur le mode de l'« interdépendance fonctionnelle ».

² Notons que l'auteur se soustrait à la troisième thèse en maintenant une distinction de principe entre croyance et connaissance: « Bien sûr, il faut distinguer la connaissance de la simple croyance. Pour cela nous réserverons le mot *connaissance* à ce qui est accepté collectivement, et nous mettrons au compte de la simple croyance ce qui est individuel ou singulier » [Bloor, 1983, p. 5]. Cette précision paraît être cependant une précaution oratoire, dans la mesure où le critère de différenciation ne coïncide pas avec celui des épistémologues: on vérifiera ainsi que l'astrologie relève, selon lui, de la « connaissance ».

³ L'historien de l'optique David C. Lindberg rappelle que: « Si nous essayons d'écrire l'histoire de la science médiévale sans tenir compte de la présence religieuse ou théologique, nous donnerons inévitablement un tableau partiel et biaisé de l'entreprise scientifique médiévale » [Lindberg, 1995, p. 70].

⁴ On peut, dans le cadre médiéval, employer indifféremment les termes d'optique et de perspective. Cette synonymie résulte du fait que le même corpus fut successivement nommé *ὀπτική* (*Optica*), *al-Manâzir* (*De aspectibus*) et *Perspectiva* par les Grecs, les Arabes et les Latins.

⁵ Matthieu de Paris affirme que Grosseteste « fut toujours un extraordinaire imitateur de l'ordre, si bien qu'il prit la résolution de rejoindre leur ordre » (*Semper ordinis aemulator singularis, adeo ut ad ordinem eorum propositum habuerit convolvendi*) [*Chronica maiora*, IV, p. 599]. Le projet n'aboutira pas en raison de l'âge avancé de Grosseteste. C'est donc sans avoir pris l'habit, qu'il exercera la charge de lecteur au studium d'Oxford à partir de 1229.

⁶ Ces sept autres traités du XIII^e siècle sont ceux de Witelo, *Perspectiva*; Albert le Grand, *Quaestio de forma resultante in speculo*; Dietrich de Freiberg, *De luce et eius origine*, *De coloribus*, *De iride*; Henry of Southwark, *De visu et speculis*; Jean de Paris, *De iride*.

⁷ De manière à faciliter la localisation des citations, nous indiquerons à la fois leur position dans l'organisation originale du traité, et les pages des éditions utilisées de Baur, Bridges et Lindberg.

⁸ « Inter physice considerationis studia lux iocundius afficit meditantes. Inter magnalia mathematicorum certitudo demonstrationis extollit preclarior inuestigantes. Perspectiva igitur humanis traditionibus recte preferatur [...] » [*Perspectiva communis*, proemium, p. 60].

⁹ « Et oportet quod multiplicatio fit sphaerice. Nam agens multiplicat se aequaliter in omnem partem et secundum omnes diametros et omnes differentias positionis [...] Ergo per infinitas lineas exit species, sed infinitae non terminantur nisi ad superficiem sphaericam » [*Opus maius*, IV, II, 3, p. 117].

¹⁰ « Lux est ergo prima forma corporalis. Lux ergo quae est prima forma in materia prima creata, seipsam per seipsam undique infinitas multiplicans et in omnem partem aequaliter porrigens, quam relinquere non potuit, secum distrahens in tantam molem quanta est mundi machina in principio temporis extendebat » [*De luce*, p. 52].

¹¹ « Lux ergo praedicto modo materiam primam in formam sphaericam extendens et extremas partes ad summum rarefaciens, in extrema sphaera compleuit possibilitatem materiae » [*De luce*, p. 54].

¹² « Et sic est complementum et perfectio sphaera secundae, lumen quidem gignitur ex prima sphaera et lux quae in prima sphaera est simplex in secunda est duplicata [...] Atque ad hunc ordinem processit ipsa congregatio disgregans donec complerentur nouem sphaerae caelestes » [*De luce*, p. 55].

¹³ « In omnibus autem illis est proxima causa calidi disgregatio. Qualiter autem illud conueniat motui et collectioni radiorum, difficile est uidere » [*De calore solis*, p. 80].

¹⁴ « Iuxta primam regulam, quae fuit quod linea recta breuior magis facit ad actionem, loca montuosa magis calefiunt quam ualles, quia radios et pyramides breuiiores recipiunt » [*De natura locorum*, p. 66].

¹⁵ « Substantia autem soni est lux incorporata in subtilissimo aere [...] Hic motus itaque extensionis et constrictionis in eodem secundum diuersos diametros cum peruenerit ad naturam lucis incorporate in subtilissimo aere quod est sonatiuo, sonatiuo est. Omne namque corpus naturale habet in se naturam celestem luminis » [*Commentarius*, II, 4, p. 386].

¹⁶ « Et per haec aperta est uia sciendi omnia, quae sunt in hoc mundo, in omni scilicet actione, siue in uisum, siue in auditum, siue in tactum, siue in alios sensus [...] Et per hanc uiam sciatur illa scientia magna, quae perspectiua uocatur, nec aliter potest sciri » [*Opus tertium*, XXXVI, p. 117]. Les positions de Roger Bacon sont plus nuancées dans l'*Opus maius*, où il met plutôt en évidence les différences de propagation du son et de la lumière [*Opus maius*, V, I, VIII, 2, p. 56; *Opus maius*, V, I, IX, 4, pp. 72-73].

¹⁷ « Propter quod considerandum est, quod quando luna ascendit super mare alicuius regionis, eius radii cadunt ad angulos obliquos [...] Et quia cadunt ad angulos tales, oportet quod sint debilis uirtutis, ut prius ostendendum est [...] Sed cum luna accedit ad medium coeli, cadunt magis et magis radii eius ad angulos rectos, et fortificantur super corpus maris, ac extrahunt uapores ad aerem et consumunt, unde debilitatur fluxus paulatim, secundum quod luna appropinquat lineae meridiei » [*Opus maius*, IV, IV, 6, p. 140].

¹⁸ « Cum enim sit lux perfectio primi corporis, quae naturaliter se ipsam multiplicat a corpore primo, de necessitate diffunditur lux in centro totius. Quae cum sit forma tota non separabilis a materia in sui diffusionem a corpore primo, secum extendit spiritualitatem materiae corporis primi. Et sic procedit a corpore primo lumen quod est corpus spirituale siue magis dicere spiritus corporalis » [*De luce*, p. 54-55].

¹⁹ « Praeterea cum diuina sapientia absolute consideratur intelligenda et exponenda et ad regimen hujus mundi ordinatur utroque modo necessaria est haec scientia perspectiuae » [*Opus maius*, V, III, III, 1, p. 159].

²⁰ « Necessesse habemus scrutari uestigia in speculis creaturarum, ut per numerum creatum ascendamus ad increatum et per lucem creatam ad lucem sapientiae increatam » [*Tractatus de perspectiua*, I, p. 23].

²¹ « Aliter uero triplicatur uisio secundum quod fit recte, fracte et reflexe. Prima est perfectior aliis et secunda certior est tertia incertissima. Et hic potest fieri multiplex comparatio nam rectitudo uisionis Deo debetur: declinatio a rectitudine per fractionem quae debilior est angelicae naturae conuenit: reflexiua uisio quae est debilior homini potest assignari » [*Opus maius*, V, III, III, 2, p. 162].

²² « Nam in bonis perfectis infusio gratiae comparatur luci directe incidenti et perpendiculari quoniam non reflectunt a se gratiam nec frangunt per declinationem ab incessu recto [...] Sed infusio gratiae in imperfectos licet bonos comparatur luci fractae: nam propter imperfectiones eorum non tenet gratia in eis incessum omnino rectum. Peccatores autem qui sunt in peccato mortali reflectunt et repellunt a se gratiam Dei et ideo gratia apud eos comparatur luci repulsae seu reflexae » [*Opus maius*, IV, V, 5, p. 216].

²³ « Caeterum uirtutes principales septem sunt ut tres theologicae: caritas, fides et spes, et quatuor cardinales: iusticia, fortitudo, temperantia et prudentia, per quas habet nostra pupilla spiritualis custodiri » [*Opus maius*, V, III, III, 1, p. 160].

²⁴ L'absorption du traité de *Perspectiua* compromet d'ailleurs la rigueur d'organisation de l'*Opus maius*, puisque, en cet endroit, succède à une division de premier ordre (*pars*) une division de deuxième ordre portant le même nom (*pars*), avant de reprendre les divisions classiques (*distinctio*, *capitulum*).

²⁵ « Scripsi dudum rogatus a sociis quedam mathematice ruditer rudimenta, que tamen aliis occupatus incorrecta reliqui, que etiam contra intentionem meam in publicum prodierunt [...] Perspectiua, cuius sententias magnis deductas ambagibus in conclusiua compendia coartabo, additis etiam non nullis que ibi non habentur » [*Perspectiua communis*, proemium, p. 60].

²⁶ « Hoc igitur triplici radio cognito, via patebit ad innumerabilia scripturae mysteria, ad elucidanda etiam sapientia magna et intelligenda eius praeconia [...] » [*Tractatus de perspectiua*, I, p. 26].

²⁷ Nous tombons ici d'accord avec Lindberg: « Des considérations théologiques peuvent avoir attiré l'attention sur l'importance de l'astronomie ou de l'optique, mais elles firent peu, ou rien, pour influencer les résultats théoriques de l'une ou l'autre de ces disciplines » [Lindberg, 1995, p. 75].

²⁸ « Contra motuum, quia omnis scientia utitur principiis mathematicis et ipsa seruit omni scientie, non tamen est omnis scientia subalternata sibi. Item, omnis scientia utitur logica et ipsa seruit omnibus et non subalternatur sibi. [...] Perspectiua ergo non tantum est subalternata scientie geometriae, sed etiam scientie naturali, quia utraque capit sua principia » [cf. Livesey, 1989, chap. II].

²⁹ Cette heuristique est déjà décrite par Condorcet, dans son *Tableau général de la science*. Il note que « Lorsque leurs progrès [des sciences] forcent les savants à s'en partager les diverses branches, on voit s'établir entre elles des lignes de communication, et l'application d'une science à une autre en devient souvent la partie la plus utile ou la plus brillante » [1974, p. 196].

³⁰ Il s'agit des condamnations universitaires de 1241, 1270 et 1277. La dernière condamnation de 1277, prononcée par l'évêque de Paris, Étienne Tempier, conduisit à interdire 219 thèses qui devaient être expurgées de l'enseignement universitaire et des écrits.

³¹ On connaît 24 traités scientifiques de Robert Grosseteste: °*De generatione sonorum*, *De sphaera*, *De impressionibus aeris*, °°*Computus I*, *De generatione stellarum*, °°*Calendarium*, *De cometis*, *De impressionibus elementorum*, °*De luce*, °°*Computus correctorius*, °*Commentarius in Libros analyticorum posteriorum*, *Commentarius in VIII libros physicorum*, °*De differentiis localibus*, °°*De motu supracaelestium*, °*De motu corporali et luce*, °*De lineis*, °*De natura locorum*, °*De iride*, °*De colore*, °*De calore solis*, °*De operationibus solis*, °°*De finitate motus et temporis*, °°*Computus minor*, °*Hexaëmeron* [McEvoy, 1983; Southern, 1992]. L'optique — mss. notés ° — représente un rapport $I_{OG} = 12/24 = 0,5$. Les problèmes de comput temporel — mss. notés °° — arrivent loin derrière, avec un rapport $I_{TG} = 6/24 = 0,25$.

³² De tels effets sont courants. Reprenons un des exemples favoris de Schelling [1980, p. 21]. Imaginons: 1) que les personnes se rendant au théâtre préfèrent s'asseoir à côté d'autres personnes plutôt que de rester seules; 2) que la représentation donnée ne fasse pas salle comble. Dans ces conditions, la première personne qui entre dans la salle provoque, par le simple choix d'une place, une occupation asymétrique de la salle. L'explication de cette asymétrie ne nécessite aucune hypothèse sur les croyances collectives des spectateurs. Elle exige en vérité fort peu de choses: le choix du premier spectateur, et un effet d'amplification (prêter une intention à autrui, comme « s'asseoir à une bonne place »). Quand au transfert de cette explication à l'optique, il ne s'agit que d'une parenté, car Thomas C. Schelling ne fait aucune hypothèse sur les *intérêts cognitifs* de l'acteur. Sa participation est exclusivement dépendante d'un facteur écologique, à savoir: l'existence d'un nombre critique de personnes au delà duquel l'individu accepte de participer à l'action collective. La règle *I'll do it if you do it* est à l'origine de modèles intéressants, mais qui simplifient peut-être à l'excès la perception subjective de la situation par l'acteur.