



# L'angle et l'atome dans la physique épicurienne

Julie Giovacchini

## ► To cite this version:

Julie Giovacchini. L'angle et l'atome dans la physique épicurienne: Réflexions sur un témoignage de Sextus Empiricus. Philosophie antique - problèmes, renaissances, usages , 2010, Philosophie et mathématiques dans l'Antiquité, 10, pp.139-166. 10.4000/philosant.2177 . hal-01267223

**HAL Id: hal-01267223**

**<https://hal.science/hal-01267223>**

Submitted on 8 Feb 2016

**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.

**L'ANGLE ET L'ATOME  
DANS LA PHYSIQUE ÉPICURIENNE**  
Réflexions sur un témoignage de Sextus Empiricus  
Julie GIOVACCHINI  
Centre Jean Pépin, CNRS (Villejuif)

**RÉSUMÉ.** À partir de l'analyse d'un passage du *Contre les géomètres* de Sextus Empiricus, cet article tente d'évaluer la signification réelle ainsi que les conséquences épistémiques de la destruction épicurienne des objets de la géométrie. L'existence du *clinamen* ainsi que le schème explicatif des explications multiples sont interprétés comme des résultats positifs du refus par Épicure de toute géométrisation de la nature.

**SUMMARY.** From the study of a short argument in Sextus Empiricus' *Against Geometers*, we try to explain the Epicurean destruction of geometry from a semantic and epistemic point of view. Both *clinamen* and the explanatory device of multiple explanations are underlined as significant results of the Epicurean refusal of any geometrical understanding of nature.



Je soutiens que dans toute théorie particulière de la nature, il n'y a de science *proprement dite* qu'autant qu'il s'y trouve de *mathématique*.

E. Kant, *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature*<sup>1</sup>.

À la lumière de cette déclaration de Kant, la physique épicurienne revêt pour nos yeux modernes un aspect particulièrement provocant. Notre regard reste, comme celui du penseur de Königsberg, imprégné du mathématico-centrisme qui domine l'épistémologie occidentale depuis l'Antiquité. Épicure appartient pour sa part au groupe clairsemé de philosophes qui tentèrent de fonder leur discours sur la nature sur des principes non mathématiques, sans perdre pour autant aucune ambition dogmatique ni objective. Son refus de l'appareil mathématique est radical, et prend souvent dans les témoignages qui nous sont parvenus la forme d'un véritable rejet. La physique épicurienne n'est pas seulement construite sans mathématique, mais contre la mathématisation de la nature.

Proclus note dans son *Commentaire* sur Euclide qu'Épicure a cherché à détruire les principes de la géométrie<sup>2</sup>. Proclus distingue en fait dans ce texte trois catégories d'adversaires : les sceptiques, « qui veulent mettre à bas la totalité du savoir » ; un premier groupe d'épicuriens, « qui se proposent seulement de discréditer les principes de la géométrie » ; enfin d'autres épicuriens, qui admettent les principes géométriques mais refusent la déduction qui les articule entre eux – déduction qui suppose que les propositions qui découlent des principes ne peuvent être démontrées

1. Préface (Trad. Gibelin 1990, p. 11).

2. Cf. Proclus, *In Euclid.* 199, 9-200, 3 Friedlein, cf. 299 Usener. Pour la traduction de Proclus on se référera à Morrow 1970.



qu'à partir de ces seuls principes ; Proclus attribue en particulier cette position à Zénon de Sidon.

La tradition à laquelle se réfère Proclus situe donc la critique épiciurienne de la géométrie sur deux niveaux différents :

– la réfutation de l'existence de principes géométriques ; cette réfutation porterait sur les postulats ontologiques régissant les conditions d'existence des objets propres de la géométrie – le point, la ligne, l'angle, etc. ;

– la réfutation du modèle déductif, et l'affirmation qu'une déduction implique pour être menée à bien l'intervention d'éléments nouveaux, non inclus dans les principes – Zénon de Sidon chercherait ainsi à faire de la déduction une procédure synthétique et non plus analytique.

Proclus établit cette doxographie rapide alors qu'il s'apprête à commenter une des applications magistrales de cette méthode déductive, à savoir le livre I de l'ensemble monumental parvenu jusqu'à nous sous le titre d'*Éléments*, et dont on peut supposer qu'il est une application partielle du programme épistémologique<sup>3</sup> formulé par Aristote dans les *Seconds analytiques*<sup>4</sup>. Est-ce à dire que les principes et les méthodes que les épicuriens auraient cherché à détruire sont ceux de la géométrie euclidienne ? On ne peut l'affirmer, et cela pour deux raisons : tout d'abord, si la formulation euclidienne connaît dans l'histoire des sciences une fortune telle qu'elle va peu à peu être considérée comme la seule formulation possible d'un exposé géométrique rigoureux, ce n'est pas du tout le cas au moment de sa rédaction. Les *Éléments* d'Euclide s'insèrent dans une tradition qui remonte au moins aux premières années de l'Académie, et appartiennent à un genre de la littérature scolaire abondamment prati-

3. Cette thèse doit être complétée par la prise en compte des rédactions d'*Éléments* antérieures à la somme euclidienne et qui ont pu, dans leur état « pré-axiomatique », influencer assez considérablement la théorie aristotélicienne de la démonstration. Cette hypothèse est suggérée par J. Barnes : « Si la théorie aristotélicienne de la démonstration a inspiré et influencé Euclide, cette théorie n'avait-elle pas été à son tour inspirée et influencée par un livre pré-euclidien d'*Éléments* ? » (*If Aristotle's theory of demonstration inspired and influenced Euclid, was not the theory in its turn inspired and influenced by a pre-Euclidean book of Elements ?* Barnes 1975, p. 69-70.)

4. Nous reprenons ici une partie des conclusions de l'article de Wolff 2000. Nous suivons en particulier la résolution qu'il propose de la question des divergences réelles dans la pratique de la méthode démonstrative entre les *Seconds analytiques* et les *Éléments*, au niveau de la nature des « postulats » – « didactique » chez Aristote, « gnoséologique » chez Euclide, du fait du « passage d'une conception dialogique à une conception monologique de la démonstration ». Nous serons peut-être simplement plus réticente face à l'emploi du terme « axiomatique » pour désigner le type de démonstration visé par Aristote comme par Euclide ; nous lui préférons systématiquement le terme « déductif », moins contraignant du point de vue des prérequis logiques que son emploi impose. Cf. aussi sur cette question un article important de Cambiano 1967.



qué. Euclide n'est donc pas le seul adversaire possible d'Épicure. Ensuite, le terme même que visent souvent les réfutations de la méthode déductive, qu'elles soient épicuriennes ou qu'elles relèvent d'autres traditions doctrinales (sceptiques ou médicales entre autres), est le terme d'hypothèse<sup>5</sup> ; or ce terme n'apparaît pas comme tel chez Euclide, et cette absence soulève un certain nombre de difficultés.

Mais si la cible exacte de la réfutation que Proclus attribue à Épicure est peu claire, il est peut-être possible de retrouver des traces du contenu de cette réfutation. Nous possédons à ce titre un matériel intéressant : il s'agit du *Contre les Géomètres* de Sextus Empiricus, qui correspond au troisième des six traités qui composent le *Contre les Professeurs*, et qui s'attaque principalement à l'enseignement de la *technē geometrike*. Comme cela a déjà été remarqué par de nombreux exégètes du *Contre les Professeurs*<sup>6</sup>, Sextus, qui dès son avant-propos établit une comparaison entre sa propre démarche et celle des épicuriens<sup>7</sup>, utilise relativement fréquemment dans ses propres textes des arguments ou des exemples qu'il emprunte à des sources épicuriennes. C'est par exemple tout à fait manifeste dans le *Contre les Grammairiens* ou dans le *Contre les Musiciens*, où des thèses épicuriennes semblent fidèlement reprises, et où le nom d'Épicure apparaît. Il semble que ce soit également le cas dans le *Contre les Géomètres*, et c'est en tout cas à une source épicurienne que la tradition critique de ce texte rattache toute une série d'arguments dirigés contre certains principes géométriques<sup>8</sup>. Mais de quelle nature est exactement l'emprunt ? S'agit-il, comme c'est sans doute le cas dans le *Contre les Grammairiens*, de la reprise d'arguments polémiques destinés à montrer l'inanité profonde de la géométrie ? Ou bien sommes-nous là devant les traces d'une réflexion épicurienne concurrente sur l'objet géométrique, dans un schéma argumentatif alors plus proche de ce qu'on peut lire dans le *Contre les Musiciens*, où certaines conceptions de la musique sont critiquées par opposition avec les propres positions d'Épicure et de ses disciples sur cette question ? La question est d'importance. Si nous avions affaire à la seconde hypothèse, nous aurions alors affaire, dans le *Contre les Géomètres*, à l'un des seuls témoignages conservés sur des propositions philosophiques formulées par les épicuriens sur les mathématiques. Or, comme

5. Cf. en particulier, Sextus Empiricus, *Contre les Géomètres*, [3] – [17].

6. Cf. Barnes 1988 et Blank 1998 (en particulier l'introduction). L'hypothèse a été reprise et développée très récemment par un article de Dye & Vitrac 2009 dont nous aurons plus loin l'occasion de reparler.

7. *Contre les Professeurs*, [1] – [7].

8. Il s'agit des arguments qui vont de la section [93] à la section [109] du texte. Sur la possibilité de reconstituer les hypothèses géométriques éventuelles de certains épicuriens, cf. Angeli & Dorandi 1987, Mau 1973 et Sedley 1976.



nous le verrons dans la deuxième partie de notre réflexion, l'éventualité d'une réflexion épicurienne positive sur la géométrie ouvrirait des perspectives tout à fait intéressantes pour mieux comprendre certains éléments de la physique d'Épicure, et en particulier la très problématique « déclinaison » atomique (*parenklisis* ou en latin *clinamen*).

Notre propos sera donc, à partir de l'analyse d'une page du *Contre les Géomètres* consacrée à la définition de l'angle, de mettre à l'épreuve une hypothèse de lecture habituelle qui consiste à voir dans ce texte l'exemple d'une utilisation, par Sextus, d'un matériel argumentatif d'origine épicurienne, dirigé contre la géométrie « philosophique » stoïcienne. Nous partirons de l'idée, aujourd'hui bien établie, que Sextus Empiricus se livre, dans l'ensemble du *Contre les professeurs*, à une déconstruction des disciplines non pas en tant que telles, mais en tant qu'elles sont l'objet d'une absorption et d'une exploitation par le discours philosophique dogmatique<sup>9</sup>. Dans le *Contre les Géomètres*, Sextus réfute des définitions philosophiques et non techniques des objets mathématiques, et les invalide principalement à cause de cette prétention ontologique qu'elles manifestent. Dans le cas de l'angle en particulier, il nous semble que les discours techniques et philosophiques ne sont pas renvoyés dos à dos, mais que Sextus au contraire oppose à la *technologia* deux ensembles conceptuels bien distincts, l'un stoïcien, l'autre d'attribution problématique. S'agit-il d'une trace, furtive mais réelle, d'une géométrie épicurienne ? Quelles seraient les conséquences, du point de vue de notre

9. Cf. Barnes 1988 mais aussi Bett 2006 et la réponse de Pellegrin 2006 dans le même volume, et enfin l'article de Dye & Vitrac 2009. Il s'agit là d'une question complexe, même si les différentes hypothèses herméneutiques en jeu sont aujourd'hui bien balisées. Brièvement, tous les exégètes remarquent une certaine ambiguïté dans le projet du *Contre les Professeurs* par rapport à la somme du *Contre les Dogmatiques* : si dans le deuxième ensemble Sextus adresse de façon claire sa critique aux doctrines philosophiques, qui déguisent des croyances en vérités, dans le premier les choses sont moins évidentes, car de fait les « arts » enseignés existent, ont une certaine réalité et une efficacité pratique qui devrait leur servir de caution. Sextus lui-même admet l'utilité de certains arts et même la nécessité de pratiques comme celle de la médecine par exemple. R. Bett et J. Barnes parlent à ce propos dans différents articles de la « double schizophrénie » de Sextus Empiricus, qui utilise apparemment sur le même plan des arguments aporétiques et d'autres clairement dogmatiques (ceux qu'il emprunte aux épicuriens par exemple) et qui d'autre part ne semble plus tenir compte d'une distinction, qu'il a lui-même commencé à mettre en place dans les *Esquisses*, entre les disciplines nécessaires à l'existence et la réflexion métaphysique sur laquelle nous devrions suspendre notre jugement. La synthèse de ces réflexions est très bien présentée par G. Dye et B. Vitrac : le scepticisme de Sextus ne s'applique sans doute pas dans le *Contre les Professeurs* de façon univoque à l'existence des « arts », mais d'une part à la possibilité de les enseigner de façon scolaire, d'autre part et surtout à la récupération de leurs éléments par les philosophes dogmatiques qui tentent de les intégrer dans leurs systèmes.



connaissance de la physique épicurienne, d'une telle attribution ? Telles sont les différentes questions que nous nous proposons d'aborder à partir de l'étude de ce bref passage.

# I. *Contre les Géomètres* [100-106] : analyse et interprétation des définitions de l'angle géométrique

## 1. La question de l'angle au sein de la stratégie générale du *Contre les Géomètres*

L'angle est un des objets géométriques les plus difficiles à appréhender<sup>10</sup>. Sa nature est fondamentalement ambiguë, car il semble pouvoir être indifféremment rattaché aux catégories de la quantité, de la qualité et de la relation. Cette ambiguïté se manifeste avec évidence si l'on fait un rapide examen des différentes définitions qui en furent proposées au cours de l'histoire de la géométrie antique<sup>11</sup>. Pour certains, comme nous le verrons, l'angle doit d'abord être rapporté à une longueur mesurable ; pour d'autres, il détermine un rapport entre deux lignes, et s'évalue selon sa nature ou sa forme, et non uniquement selon sa mesure.

Sa complexité fait de l'angle un matériel conceptuel et problématique particulièrement riche, aussi bien pour le philosophe que pour le géomètre. C'est sans doute pour cette raison que Sextus Empiricus lui consacre une page assez longue de son *Contre les Géomètres*. La stratégie de Sextus, si l'on se réfère à l'organisation du texte dans sa totalité, est en effet comme bien souvent de s'attaquer non pas aux détails du système dogmatique qu'il entreprend de réfuter, mais à ses fondements mêmes, considérant que là où les fondations sont sapées, aucun édifice ne saurait tenir<sup>12</sup>. Le sceptique, après avoir fait un sort à la méthode des géomètres (qu'il identifie à la position d'hypothèses, *hypotheses* à partir desquelles sont menées des inférences déductives) va donc aborder ce qu'il considère comme les principes de la géométrie (*archai tes technes*) : le corps, en tant qu'il a trois dimensions, puis le point, la ligne et la surface. Il s'agit bien là de principes, au sens où Sextus va envisager les objets géométriques traditionnels (le cercle, le carré, les différents volumes mais aussi l'angle) comme véritablement engendrés, c'est-à-dire construits à partir de ces principes. Le rythme de la réfutation est donc double : il s'agira non seulement de montrer que les principes sont déficients (contradictoire, ou absurdes) mais aussi que les objets auxquels ils donnent naissance sont eux-mêmes monstrueux et soumis à la « cacophonie » (*diaphonia*) des opinions. C'est ce deuxième niveau qui est introduit par Sextus, à partir

10. Cf. Vitrac 1990, p. 159.

11. Cf. Heath 1956, p. 176 sq.

12. Cf. *Contre les Géomètres*, [18], *Contre les Musiciens*, [38].



de la section [93], où il effectue une distinction entre les principes généraux ou premiers qu'il vient de réfuter, et qui sont essentiellement le corps, le point et la ligne, et les principes dits « dérivés » (*hypobebekyas archas*), qui correspondent également à des définitions de la géométrie euclidienne, que Sextus semble considérer comme secondes par rapport à celles du point et de la ligne. Ces principes dérivés sont, si l'on suit le texte de Sextus, la ligne droite, puis l'angle et le cercle.

Le dernier mouvement du texte est consacré à la réfutation des « théorèmes ». En réalité un seul est traité, par lequel les géomètres prétendent pouvoir couper des lignes pour en soustraire des parties – et l'on devine que ce que vise Sextus ici, c'est la possibilité de formuler et d'appliquer à la géométrie des notions communes telles que celle ainsi résumée par Euclide : des quantités égales ôtées de quantités égales donnent des quantités égales<sup>13</sup>.

L'angle intervient donc en tant qu'il est un principe dérivé de la géométrie, particulièrement important à réfuter, au même titre que la ligne droite et le cercle. Comme la ligne droite qui le précède, il est soumis au mode du diallèle : il s'agira pour Sextus de montrer que les géomètres « enseignent <ce qui est à chercher> au moyen de l'objet même de la recherche<sup>14</sup> » [97], ce qui est la chose la plus fallacieuse (*mochterotatos*) [99]. Si Sextus parvient à mettre en évidence le caractère intrinsèquement contradictoire de toute démarche de définition pour l'angle, comme pour la ligne droite ou le cercle, il aura invalidé aussi bien le *corpus* géométrique lui-même que la possibilité de l'enseigner – c'est-à-dire de le faire admettre par un esprit rationnel.

Mais on aurait tort de réduire la démarche de Sextus à une série de coups portés contre la géométrie en tant que telle. L'aspect très généraliste du *Contre les Géomètres*, le maintien du propos à un niveau relativement élémentaire, doivent nous renseigner sur les enjeux de ce texte. Le *Contre les Géomètres* attaque, sous le masque des *technikoi*, les véritables adversaires désignés dans l'avant-propos du *Contre les Grammairiens* ; ce sont les *mathematikoi*, les « savants », « professeurs » qui utilisent à des fins dogmatiques les énoncés techniques pour alimenter une métaphysique<sup>15</sup>. Pourtant, dans le *Contre les Géomètres*, cet enjeu n'est pas évident, et les adversaires sont rarement désignés d'une façon dépourvue de toute ambiguïté. Il faut pour l'entrevoir prêter attention au fait que chacune des réfutations menées par Sextus mélange des énoncés proprement techniques – et en particulier d'origine euclidienne – à des définitions

13. Cf. *Notions communes*, 1, 2 et 3.

14. Δι' αὐτοῦ τοῦ ζητουμένου διδάξουσιν.

15. Cf. plus haut note 9.



proposées par des philosophes, en faisant usage d'un vocabulaire souvent éloigné de celui des traités géométriques que nous connaissons. Nous verrons que ce mélange est particulièrement flagrant en ce qui concerne l'angle, mais il se manifeste de façon tout à fait spectaculaire également lorsqu'il est question du point ou de la ligne. Sextus met ainsi en concurrence directe la définition euclidienne de la ligne, « longueur dépourvue de largeur » et une autre définition, d'origine incertaine, que lui-même attribue à Ératosthène, mais qu'on retrouve chez Proclus, attribuée à Géméus de Rhodes, élève de Posidonius<sup>16</sup>. On peut également relever l'usage de deux termes très différents pour désigner le point, tantôt *stigma*, tantôt *semeion*. Or si le second terme, relativement abstrait, se trouve chez Euclide, le premier est d'un usage plus spécifique, plus rare, associé en particulier chez Diogène Laërce à la géométrie stoïcienne<sup>17</sup>.

Dans le cas de l'angle, les adversaires possibles sont très nombreux. Si, comme nous le verrons, les traces d'un arrière-plan stoïcien sont relativement évidentes, il nous semble possible d'en distinguer d'autres, épiciuriennes celles-ci, dont il n'est pas évident de déterminer si elles sont ou non utilisées au premier ou au second degré – pour réfuter ou être réfutées.

## 2. Les trois définitions de l'angle

[100] Ὅλος δὲ ἐστὶν ὁ περὶ τῆς εὐθείας λόγος, τοιοῦτος γένοιτ' ἂν καὶ ὁ περὶ τῆς γωνίας. Πάλιν γὰρ ὅταν ὑπογράφοντες λέγωσιν ὅτι **γωνία ἐστὶ δυοῖν εὐθειῶν μὴ κατάλληλα κειμένων τὸ ὑπὸ τῇ κλίσει ἐλάχιστον**, ἥτοι ἐλάχιστον λέγουσι τὸ ἀμερὲς σῶμα ἢ τὸ κατ' αὐτοὺς σημείον καὶ στιγμὴν. [101] Ἀλλὰ τὸ μὲν ἀμερὲς σῶμα οὐκ ἂν εἴποιεν, ἐπεὶ περ τοῦτο μὲν οὐδ' εἰς δύο μέρη δύναται διαιρεῖσθαι, ἡ δὲ γωνία κατ' αὐτοὺς ἐπ' ἄπειρον τέμεται. Καὶ ἄλλως τῆς γωνίας ἥν μὲν μείζονά φασιν εἶναι ἢν δὲ μικροτέραν, τοῦ δὲ ἐλαχίστου σώματος οὐδὲν ἐστὶ βραχύτερον, ἐπεὶ ἐκείνο ἀλλ' οὐ τοῦτο γενήσεται ἐλάχιστον. [102] Λείπεται

[100] Tel est le raisonnement à propos de la droite ; et ce sera le même à propos de l'angle. Car à nouveau ceux qui le décrivent, lorsqu'ils disent que « l'angle est la partie minimale sous l'inclinaison de deux droites non juxtaposées », soit définissent la partie minimale comme un corps sans partie, soit comme ce qu'ils appellent signe, c'est-à-dire le point. [101] Mais ils ne diront pas que c'est un corps sans partie, puisque justement on ne peut diviser en deux parties <un corps sans partie> alors que l'angle selon eux est divisible à l'infini. Bien plus, de l'angle ils disent qu'il est soit plus grand soit plus petit ; mais rien n'est plus menu qu'un corps minimal, puisque c'est ce plus menu-ci et non ce moins menu-là qui

16. *Contre les Géomètres*, [19].

17. D.L. VII, 135, 7.



ἄρα τὸ κατ' αὐτοὺς σημεῖον εἶναι λέγειν, ὃ καὶ αὐτὸ τῶν ἀπόρων. Εἰ γὰρ πάντῃ πανταχῶς ἀδιάστατόν ἐστι τὸ σημεῖον, οὐ διαιρεθήσεται ἡ γωνία. Καὶ μὴν οὐδὲ μείζων τις ἔσται ἢ ἐλάσσων γωνία, ἐν γὰρ τοῖς μηδεμίαν ἔχουσι διαστασιν οὐκ ἂν εἴη τις κατὰ μέγεθος διαφορά. [103] Ἄλλως τε, εἰ μεταξύ τῶν εὐθειῶν πίπτει τὸ σημεῖον, διορίζει τὰς εὐθείας, διορίζον δὲ οὐκ ἔσται ἀδιάστατον. [104] Νῆ Δία, ἀλλ' εἰώθασιν τινες ἐξ αὐτῶν γωνίαν λέγειν τὸ ὑπὸ τῇ κλίσειν πρῶτον διάστημα. Πρὸς οὓς ἀπλοῦς ὁ μῦθος τῆς ἀληθείας ἔφυ. Ἦτοι γὰρ ἀμερές ἐστι τὸ διάστημα τοῦτο ἢ μεριστόν. Ἄλλ' εἰ μὲν ἀμερές, αἱ προειρημέναι τῶν ἀποριῶν ἀκολουθήσουσιν αὐτοῖς, εἰ δὲ μεριστόν, οὐδὲν ἔσται πρῶτον, τοῦ γὰρ ὑποσταθέντος πρώτου ἕτερον εὐρεθήσεται πρότερον διὰ τὴν ἀρεσκομένην αὐτοῖς εἰς ἄπειρον τῶν ὄντων τομὴν. [105] Ἐὼ λέγειν ὅτι καὶ ἄλλη τινὲ τεχνολογία μάχεται ἢ τοιαύτῃ τῶν γωνιῶν νόησις. Διαιρούμενοι γὰρ φασι τῆς γωνίας τὴν μὲν τινα εἶναι ὀρθὴν τὴν δὲ ἀμβλείαν τὴν δὲ ὀξείαν, καὶ τῆς μὲν ἀμβλείας ἄλλην καὶ ἄλλην μᾶλλον ἀμβλυτέραν εἶναι, ὡσαύτως δὲ καὶ τῆς ὀξείας. [106] Εἰ δὲ γωνίαν φαμέν τὸ ἐλάχιστον ὑπὸ τῇ κλίσειν διάστημα, οὐ σωθήσονται αἱ τοιαῦται τῶν γωνιῶν διαφοραί, παρόσον ὑπερέχουσί τε ἀλλήλας καὶ ὑπερέχονται ὑπ' ἀλλήλων ἢ εἴπερ οὐ σώζονται, ἀναιρεῖται ἡ γωνία, μὴ ἔχουσα ἐστὶν κὸς μέτρον ὃ διαγνωσθήσεται.

sera minimal. [102] Il reste donc à dire que <l'angle> est pour eux le point ; ce qui ouvre la voie là encore à des apories. Si en effet le point est toujours et en tout point dépourvu de dimension, l'angle ne sera pas divisible. Et en ce cas il n'y aura plus d'angle plus grand ou plus petit. [103] Et de plus, si le point tombe au milieu des droites, il détermine les droites ; ce faisant, il ne sera pas dépourvu de dimension. [104] Mais par Zeus, certains d'entre eux parlent habituellement de l'angle comme du « premier intervalle sous la déclinaison » ; contre eux, « *ce que dit la vérité est simple par nature* ». Soit en effet cet intervalle est sans partie, soit il est divisible en parties. Mais s'il est sans partie, on peut en déduire certaines des apories déjà énoncées ; tandis que s'il est divisible en parties, rien ne sera le premier intervalle ; en effet on en trouvera toujours un autre que celui qu'on a d'abord considéré comme premier, puisqu'ils postulent la division à l'infini des êtres. [105] Je ne m'étendrai pas sur l'incompatibilité de cette conception de l'angle avec un autre discours technique. Divisant l'angle, ils disent en effet qu'il y a l'angle droit, l'angle obtus, l'angle aigu, et qu'on aura toujours un angle plus obtus qu'un autre angle obtus, et pareil pour l'angle aigu. [106] Si nous appelons angle « l'intervalle minimal sous la déclinaison », de telles différences entre les angles ne pourront être sauvegardées, dans la mesure où ils se dépassent et sont dépassés les uns par les autres ; ou alors, si elles peuvent être sauvegardées, l'angle lui-même sera détruit, puisqu'il n'aura aucune mesure fixe permettant de le délimiter<sup>18</sup>.

18. *Adv. Math.* III, 100-106, Mau 1973, p. 129-130 ; traduction personnelle.



Ce texte propose trois énoncés successifs qui peuvent, dans un premier temps, être identifiés à des définitions possibles de l'angle géométrique, en terme de « partie minimale sous la déclinaison » (τὸ ὑπὸ τὴν κλίσιν ἐλάχιστον), « premier intervalle sous la déclinaison » (τὸ ὑπὸ τὴν κλίσιν πρῶτον διάστημα) et « intervalle minimal sous la déclinaison » (τὸ ἐλάχιστον ὑπὸ τὴν κλίσιν διάστημα). La troisième définition, à laquelle Sextus ne consacre que très peu de lignes, est sans doute une définition forgée de toutes pièces en amalgamant les deux premières.

Aucun de ces trois énoncés n'est strictement euclidien. Ce n'est pas en soi extrêmement surprenant : comme cela a été encore montré récemment<sup>19</sup>, Sextus, s'il connaît vraisemblablement le texte d'Euclide, ne le cite pas systématiquement. La première de ces définitions est même remarquablement hétérodoxe, si on la compare à ce que l'on peut lire au livre I des *Éléments*.

Pour Euclide, selon la définition 8, « un angle plan est l'inclinaison l'une sur l'autre dans un plan de deux lignes qui se touchent l'une l'autre et ne sont pas placées en ligne droite<sup>20</sup> ». Ainsi, l'angle n'est pas défini comme une quantité ou une figure strictement délimitée, mais comme le rapport des positions respectives de deux lignes. Et pourtant Euclide admet l'existence d'angles plus petits ou plus grands ; il y a donc bien une mesure de l'angle, qui permet de le classer dans la catégorie des quantités.

La première définition de Sextus ne remplit aucunement ce cahier des charges euclidien. L'angle est tout d'abord situé spatialement dans la figure par une expression assez remarquable : ὑπὸ τὴν κλίσιν, que nous traduisons délibérément par « sous la déclinaison » pour rendre compte de l'ambiguïté de l'expression grecque<sup>21</sup>. Chez Euclide l'angle est la déclinaison elle-même, puisqu'il est un rapport entre deux lignes ; l'énoncé repris par Sextus au contraire assimile l'angle à une partie d'une figure, délimitée par la portion d'espace qui se concentre, après le point d'intersection de deux droites, entre l'écartement de ces mêmes droites. C'est seulement ainsi que l'angle peut être déterminé comme un ἐλάχιστον, c'est à dire une « partie minimale », ce qui le distingue du point géométrique, mais par là l'assimile de façon beaucoup plus directe que dans l'énoncé euclidien à une quantité.

19. Cf. Dye & Vitrac 2009.

20. Ἐπίπεδος δὲ γωνία ἐστὶν ἡ ἐν ἐπιπέδῳ δύο γραμμῶν ἀπτομένων ἀλλήλων καὶ μὴ ἐπ' εὐθείας κειμένων πρὸς ἀλλήλας τῶν γραμμῶν κλίσις. Déf. 8, traduction Vitrac 1990).

21. La présence d'un accusatif rend difficile la traduction par « au moyen de ». Nous considérons ici que la préposition indique un mouvement ou bien une localisation (en l'occurrence en bas de la figure), comme c'est le cas à propos de la base d'un triangle.



La définition suivante fait intervenir la notion d'intervalle « premier » (πρῶτον διάστημα). On en trouve un équivalent très intéressant chez le géomètre Plutarque d'Athènes cité par Proclus<sup>22</sup>, pour qui l'angle est « le premier intervalle sous le point »<sup>23</sup>. Selon Proclus<sup>24</sup>, il s'agit en réalité ici d'une formulation très voisine de ce que propose Apollonius de Perga, qui voit dans l'angle « la contraction d'une surface, ou d'un solide, en un point sous une ligne brisée ou une surface <brisée> »<sup>25</sup>. Selon Proclus, pour ces deux géomètres l'angle représente une première distance sous la brisure de lignes ou de surfaces, même si, selon le principe de la divisibilité à l'infini de l'espace, il est en réalité impossible de mesurer cette première distance.

Si la troisième définition proposée par Sextus est un « collage » des deux précédentes, elle intervient en réalité pour des raisons sans doute largement rhétoriques. En effet, après avoir démontré l'invalidité des deux premiers énoncés, Sextus tente d'en construire un troisième, artificiel, qui aménage les paradoxes des deux précédents. Le premier énoncé a le mérite de distinguer l'angle du point géométrique grâce à la notion de minimum ; le second sauvegarde le principe de la divisibilité à l'infini. On pourrait donc supposer que la définition de l'angle comme « intervalle minimal » obéit à tous les critères de la rigueur et de la rationalité. Or Sextus montre, très rapidement, que ce n'est pas le cas, et qu'au contraire cette dernière définition est encore plus intenable que les deux précédentes. La troisième définition n'est donc qu'une chimère logique, destinée à renforcer la réfutation sceptique des deux premières en montrant que, même débarrassées de leurs pires scories, elles restent insatisfaisantes<sup>26</sup>. On notera pourtant que cette dernière définition, alors même qu'elle est forgée, est sans doute celle qui se rapproche le plus de la conception mathématique moderne de l'angle ; la notion d'intervalle permet d'échapper à une appréhension de l'angle comme « surface », et le

22. *In Euclid.* 125. 16.

23. Τὸ πρῶτον διάστημα ὑπὸ τὸ σημείον.

24. *In Euclid.* 123. 13 *sgg.*

25. Συναγωγή ἐπιφανείας ἢ στερεοῦ πρὸς ἐνὶ σημείῳ ὑπὸ κεκλασμένη γραμμῇ ἢ ἐπιφανείᾳ.

26. Proclus signale des définitions qui tentent de faire état de ces différentes apories. La plus complexe est sans doute celle de Carpus d'Antioche, qui identifie dans la même phrase l'angle à une quantité (*poson*), ou à un intervalle (*diastema*) qui ne soit pas du même genre qu'une ligne droite. Il y a donc bien eu des tentatives historiques pour résoudre cette contradiction, mais la troisième définition de Sextus ne semble pouvoir être rattachée explicitement ni à celle de Carpus d'Antioche ni à aucune autre définition connue.



considère comme un degré d'écartement, ce qui est de loin la façon la plus satisfaisante géométriquement de concevoir un angle<sup>27</sup>.

Nous avons donc affaire à trois énoncés, deux qui peuvent sans doute être attribués à des adversaires historiques, et en particulier pour le deuxième à certains techniciens reconnus de la géométrie, et un troisième, forgé, pour lequel la question de l'attribution tombe alors d'elle-même. Ces trois énoncés sont soumis à une réfutation solidement argumentée. La première réfutation obéit à la structure suivante :

– si l'angle est une partie minimale, il est soit un corps dépourvu de parties, soit un point idéal ;

– mais ce ne peut être ni l'un ni l'autre (un corps n'est pas divisible à l'infini ; un point n'a pas de dimension) ;

– donc l'angle géométrique n'existe pas, puisque sa notion est contradictoire.

La première définition de l'angle que réfute Sextus est donc nettement articulée autour du concept de « corps » qui apparaît plusieurs fois, et qui a déjà occupé un moment important de la première partie du *Contre les Géomètres*, puisqu'il s'agit là d'un des principes auxquels il convient pour le sceptique de s'attaquer s'il veut saper les fondements de la géométrie<sup>28</sup> ; et pourtant, la notion de corps n'est pas en elle-même une notion géométrique, elle est bien plutôt du ressort de la physique. Pour cette raison, on parlera ici de l'opposition de deux positions « physicalistes ». Sextus renvoie de fait ici dos à dos deux interprétations possibles de la notion de « partie minimale » : l'angle est soit un corps réel, soit un corps idéal (ce que signifie l'expression de « signe-point ») non étendu.

La seconde réfutation, qui s'attaque à l'angle compris comme « premier intervalle », repose sur la possibilité de la division à l'infini ; elle oppose des géomètres continuistes à des géomètres discontinuistes. On a ici totalement changé de registre lexical. La structure de la réfutation s'en ressent : l'argument repose alors sur l'impossibilité d'assigner un premier terme dans une suite infinie de parties. Si l'angle doit être premier intervalle, comment déterminer la limite de cet intervalle au sein d'un espace indéfiniment divisible ? La tonalité est bien différente, nous ne sommes

27. Suggestion d'interprétation de Wolff 2000. B. Vitrac remarque dans son commentaire de la Définition 8 qu'Euclide lui-même propose implicitement de résoudre la difficulté en rattachant l'angle à deux catégories différentes (quantité, qualité) puisque « la définition 9 fait référence à l'angle plutôt comme à une qualité, et les définitions 10 à 12 l'envisagent comme une grandeur » (Vitrac 1990, p. 159).

28. En réalité l'examen de la notion de corps intervient en différents lieux de la réfutation : en [18-21], [60-64] à partir de la notion de « limite », et en [83-90] où la conclusion finale est que « le corps n'est rien » (οὐδέν ἐστι σῶμα).



plus dans l'opposition de deux ontologies, de deux conceptions du corps, mais dans l'exploration des contradictions propres à l'espace géométrique tel qu'il est traditionnellement conceptualisé.

C'est alors qu'intervient le troisième énoncé, synthèse des deux précédents. Admettons qu'il soit effectivement impossible de déterminer quel sera le premier intervalle, mais qu'on puisse néanmoins parler de l'angle comme d'un « intervalle minimal ». En ce cas, il reste impossible de tenir compte, comme le prétend cependant le « discours technique » (*technologia*) – c'est-à-dire sans doute la géométrie scolaire traditionnelle, œuvre de géomètres confirmés – des différences de mesures entre les angles. Si l'angle est un intervalle minimal dans un espace soumis à la divisibilité à l'infini, il y aura toujours un angle aigu plus aigu qu'un autre, un angle obtus plus obtus qu'un autre, et l'intervalle « minimal », c'est-à-dire la mesure de référence, sera finalement la même pour tout angle – à savoir un angle plan, c'est-à-dire un angle-limite dont on ne peut rien faire et qui ne se mesure pas.

3. *L'attribution de la première définition :  
un angle peut-il être une « partie minimale » ?*

La seconde définition, comme nous l'avons vu plus haut, peut être rapprochée de celles de Plutarque d'Athènes et d'Apollonius de Perga. Elle est visiblement considérée comme une définition seconde, d'audience moindre que la première<sup>29</sup>. Elle est, parmi les trois énoncés que nous avons isolés, le plus précis, le plus mathématiquement compréhensible, le plus proche d'une *technologia* compatible avec ce que nous pouvons connaître de la géométrie antique.

La première définition quant à elle est extrêmement difficile à attribuer. Elle fait intervenir une notion, celle de « partie minimale » ou de « minimum » qui n'a pas réellement de place dans un *corpus* géométrique. Le terme même d'*elachiston* est utilisé communément pour désigner un minimum temporel (l'instant, la plus petite durée possible) ou encore, dans le contexte des méthodes de mesure dites par « exhaustion », associé à *arithmos* (c'est en particulier le cas chez Apollonius de Perga dans ses *Coniques*). Il n'est pas non plus étonnant de le voir corrélé à la notion

29. C'est pourquoi Sextus l'attribue à « certains parmi eux » ; il s'agit d'une position visiblement minoritaire. Sextus construit très souvent ses argumentations de cette façon, en s'attaquant d'abord à ce qui lui semble le plus général ou le plus massif, et en ramifiant ensuite sa réfutation de façon à atteindre même les positions les plus rares et les plus subtiles, que leur précision terminologique ne met pas à l'abri. Ainsi dans le *Contre les Grammairiens*, en [57] *sq.*, Sextus s'attaque d'abord à la définition très classique de la grammaire de Denys le Thrace, puis à l'objection et à la définition concurrente (qu'il détruit également) de Ptolémée le péripatéticien, beaucoup moins connue.



d'intervalle (l'expression ἐλάχιστον διάστημα se trouve d'ailleurs chez Galien [*De usu partium* 430, 13], et désigne l'écart des articulations du corps). Mais il est très rare de trouver ainsi τὸ ἐλάχιστον pour désigner une surface – en l'occurrence celle de l'angle, déterminée par le degré d'inclinaison des deux droites qui le délimitent, si notre compréhension de ce passage du texte est correcte. Ce premier élément nous incline à rapprocher ce passage de ce que nous connaissons du *corpus* épicurien, dans lequel la notion de « partie minimale » joue un rôle tout à fait considérable. Le terme est ainsi utilisé fréquemment par l'épicurien Polyène, élève d'Épicure qui renonça aux mathématiques pour la philosophie ; les fragments de ses *Apories* sont connus grâce à certains papyrus de la Bibliothèque d'Herculaneum<sup>30</sup>.

On remarque que la réfutation de cette première définition met en opposition la notion de « point-signe », et celle de « partie minimale » au sens où les épicuriens interprètent l'*elachiston*. Effectivement, les parties minimales sont dans la doctrine épicurienne invoquées pour contrecarrer l'hypothèse d'une divisibilité à l'infini des atomes (comment donner à l'atome une réalité sans passer par l'idée de partie, tout en maintenant que l'atome est quand même un corps<sup>31</sup>).

Cependant, si les « parties minimales » ici invoquées sont bien celles définies dans la *Lettre à Hérodoté*, nous ne pensons pas qu'on puisse en déduire que c'est la réfutation de Sextus qui est d'origine épicurienne. Il nous semble au contraire qu'il faudrait en déduire l'inverse : Épicure ne peut pas se réfuter lui-même.

Pour comprendre ce point, revenons tout d'abord brièvement sur la doctrine épicurienne des parties minimales<sup>32</sup>, qui correspondrait donc dans notre schéma à une interprétation « physicaliste » de la nature de l'angle. En *Her.* 56, Épicure commence par supposer qu'il y a des différences de grandeur dans les atomes. Ces différences sont limitées ; mais elles doivent exister sinon on ne pourrait pas expliquer la nature dans toute sa variété. On admet donc que l'atome a une grandeur. Un corps

30. D. Sedley indique que Polyène utilise visiblement dans ces fragments le vocabulaire euclidien le plus classique : la fréquence des occurrences d'*elachiston* est dans ce contexte tout à fait remarquable, et Sedley considère qu'il devait s'agir d'un élément important de la réflexion de Polyène sur la géométrie. Cf. Sedley 1976. On possède deux témoignages sur Polyène et son activité polémique chez Cicéron (*Acad. Prior.* II, 106 et *De Fin.* I 20). Voir aussi Angeli & Dorandi 1987.

31. A. Laks a montré comment il était délicat de ne voir dans la thèse des parties minimales de l'atome qu'une réponse à des critiques aristotéliennes adressées aux premiers atomistes, mais comment il fallait la considérer comme soutenue à l'aide d'arguments spécifiquement épicuriens, faisant appel à la *semeiosis* et à l'analogie ; cf. Laks 1991.

32. Sur cette question, le texte de référence reste Furlley 1967, p. 7-160.



qui a une grandeur est toujours considéré comme ayant des « parties » ; donc dans un certain sens l'atome a des parties. Mais l'atome est insécable ; ce qui veut dire qu'il se définit justement par son absence de parties. L'atome est déjà une grandeur « minimale », au sens où il est un objet élémentaire qu'on ne peut pas diviser en plus petit que lui. Cependant Épicure pose qu'on peut tout de même dire qu'en un certain sens l'atome possède des parties.

Suivent donc en *Her.* 56-59 :

- la réaffirmation de l'impossibilité de la division à l'infini ;
- la thèse annexe selon laquelle il y a un « minimum sensible », qui se situe exactement à la limite de la perception de la grandeur d'un corps.

Le minimum dans l'atome va alors se situer nécessairement dans l'échelle des grandeurs en deçà du minimum sensible – puisque l'atome est insensible ; on va dire que ce n'est pas à proprement parler une grandeur, mais la limite d'une grandeur. On reconnaît ici un raisonnement par analogie : de même qu'il y a dans les corps visibles un minimum sensible, de même dans l'atome, qui est un corps invisible ayant néanmoins une étendue réelle, il doit y avoir des minima. Ces parties minimales, qui sont la plus petite grandeur réelle, peuvent donc être pensées par analogie avec les minima sensibles<sup>33</sup>. Les minima sensibles sont tels qu'ils peuvent être saisis comme étendus, sans que pour autant il soit possible de discerner en eux des parties ; lorsque l'on va d'un côté à l'autre d'un minimum sensible, on parcourt la distance de façon quasi instantanée, sans qu'il soit possible de la balayer. Ce qui fait du minimum sensible la plus exacte des unités de mesure.

Si Sextus citait vraiment ici une réfutation épicurienne d'une définition géométrique, il faudrait en conclure que les épicuriens réfuteraient alors par contrecoup la notion même de partie minimale telle qu'ils la comprennent, qui leur est pourtant indispensable et qu'ils défendent contre tous leurs adversaires. Il nous semble que cette solution n'est pas tenable. Ce qui est certain en revanche, c'est que la définition réfutée admet visiblement deux versions, selon l'interprétation qui est proposée pour *to elachiston* : une version A, selon laquelle le « minimum » est un corps, qui semble correspondre aux réquisits de la partie minimale admise par les épicuriens dans l'atome, et une version B, qui rapproche ce minimum du « signe-point ».

L'argumentaire, que l'on attribue donc faussement à Épicure, consisterait à montrer que les géomètres visés sont obligés de concilier deux approches contradictoires des objets qu'ils décrivent : une approche qui

33. Cf. *Her.* 56-59 ; Lucrèce I, 599-634.



les oblige à les définir comme des quantités, et une approche qui les oblige à évaluer le degré 0 de telles quantités – donc à les éliminer, à moins d'aborder ce degré 0 comme une non-quantité, une qualité qui soit limite et origine de la quantité. Ainsi, si l'angle est un point, il n'a pas de parties – il est défini non comme une quantité, mais comme une relation d'inclinaison entre deux droites ; mais s'il n'a pas de parties, comment pourra-t-on distinguer entre différents angles, dont on doit bien admettre qu'ils diffèrent entre eux par le degré, c'est-à-dire par la quantité ? La structure générale de ces arguments repose sur des allusions aux arguments de Zénon d'Elée sur la division à l'infini – arguments dont on a pu dire qu'ils étaient à l'origine même du projet euclidien, les *Éléments* tentant de fonder une conception de l'espace qui admette la divisibilité à l'infini sans l'associer à l'irrationalité de l'espace zénonien. De fait, les objets géométriques euclidiens admettent tous la division à l'infini, puisqu'une ligne est une suite infinie de points, un plan une juxtaposition infinie de lignes, et un volume un empilement infini de plans. Les euclidiens ne s'opposent donc pas à Zénon par le biais des parties minimales, mais selon un esprit davantage aristotélicien, en postulant que le fait que l'espace soit divisible à l'infini n'implique absolument pas que l'espace soit constitué d'un nombre infini de parties<sup>34</sup>. Cette polémique sur la nature des objets mathématiques remonte aux premiers atomistes, puisque c'est sur des problèmes semblables que reposent les paradoxes démocritéens sur le cône<sup>35</sup>. Les atomistes semblent bien avoir conçu un système mathématique qui identifie les points géométriques à des atomes – ce qui par exemple aboutit à l'idée que le cône démocritéen n'est pas lisse, mais gradué<sup>36</sup>.

On comprend bien à présent pourquoi les géomètres euclidiens n'utilisent absolument pas le terme *elachiston* pour désigner l'angle. Quant à la deuxième branche de l'alternative, elle ne peut pas non plus leur être attribuée, car nous n'avons pas davantage à notre disposition de passage du *corpus* géométrique euclidien qui identifie l'angle à un *semeion*, c'est-à-

34. C'est bien le sens de la réfutation aristotélicienne des arguments de Zénon d'Elée contre le mouvement. Cf. définition 3 : « les limites d'une ligne sont des points ». Vitrac met en relation cette définition avec la volonté d'Euclide de tenir compte de la critique aristotélicienne des définitions de la droite qui l'associent à un ensemble infini de points. Vitrac propose donc d'interpréter cette définition 3 comme : « lorsqu'une ligne a des limites, ce sont des points ». Cf. Vitrac 1990, p. 153.

35. Cf. Morel 2001 ; Vitrac 2001.

36. De fait, l'existence de polémiques anti-géométriques remonte assez loin ; on en trouve des traces chez les sophistes, en particulier Protagoras qui formule le problème de l'impossibilité de la tangente. Ce point est attesté par Aristote, *Metaph.* B, 2, 998a2-4 (= DK 80 B 7).



dire à un point. Comme nous l'avons déjà vu plus haut, les euclidiens (et les géomètres techniciens en général) sont beaucoup plus proches de définitions de l'angle en termes d'intervalle (*diastema*), comme c'est le cas pour la deuxième ou la troisième définition.

L'apparition dans un tel contexte de la notion d'*elachiston* et le sens qui lui est attribué par Sextus interdisent donc, d'une part de décréter que la réfutation de la première définition s'inspire de façon claire d'une réfutation épicurienne, d'autre part de considérer que cette première définition est une définition géométrique euclidienne, que ce soit dans sa version A ou dans sa version B. Mais alors, de quoi peut-il bien s'agir ?

En ce qui concerne la deuxième partie de cette définition, un début de réponse peut être trouvé dans la confrontation de cet énoncé avec ce que Diogène Laërce attribue au stoïcien Apollodore :

Apollodore dit *dans sa physique* que le corps est en trois dimensions : longueur, largeur et hauteur. C'est ce que nous appelons aussi le volume du corps. La surface est la limite d'un corps, ou bien ce qui a seulement une longueur et une largeur, mais n'a pas de profondeur. Posidonios au cinquième livre de son traité sur les météores lui concède une existence et conceptuelle et réelle. La ligne est la limite d'une surface ou une longueur sans largeur ou encore ce qui a seulement une longueur. *Le point est la limite de la ligne, ce qui est un signe minimum* (στικμὴ δ' ἐστὶ γραμμῆς πέρας ἧτις ἐστὶ σημεῖον ἐλάχιστον)<sup>37</sup>.

La version B de la définition, qui identifie l'angle à un signe-point minimum, assimilé à un corps sans partie, est très proche dans le vocabulaire et dans l'intention de cet énoncé tiré de la physique (et non de la géométrie !) d'Apollodore. On peut donc confirmer ici sans trop de difficulté l'origine vraisemblablement stoïcienne de cette proposition, et sa nature philosophique.

Quant à la version A, notre hypothèse de lecture peut se présenter de deux façons différentes, entre lesquelles il sera bien difficile de trancher : dans sa version faible, elle signale que nous avons affaire là à un discours sur l'angle auquel des matérialistes épicuriens auraient parfaitement pu adhérer – et qui en tout cas n'entre pas en contradiction avec leur ontologie. Dans sa version forte, elle propose de lire ce passage comme la citation et la critique par Sextus d'une authentique définition épicurienne de l'angle géométrique. En ce cas, l'alternative offerte par la confrontation entre une conception matérielle et une conception plus abstraite de l'angle comme « signe-point », telle qu'elle s'offre à nous en [100], pour-

37. D.L. VII 135 [= SVF III, p. 259, 6 (29)].



rait être lue comme le témoignage d'une controverse entre deux versions, l'une épicurienne, l'autre stoïcienne, d'une interprétation physicaliste de l'angle ; les stoïciens cherchant à conserver la dimension matérielle du point, tout en maintenant le principe de la divisibilité à l'infini au nom de leur continuisme physique.

Reste à voir ce que cette version forte pourrait apporter à notre compréhension de l'atomisme épicurien.

## II. L'angle et le clinamen

### 1. Jusqu'à quel point peut-on parler d'anti-géométrie épicurienne ?

L'hypothèse de lecture habituelle du texte de Sextus, que nous venons de réfuter en grande partie, s'appuie principalement sur l'idée que les sectateurs du Jardin auraient développé une haine tenace pour l'exercice des mathématiques. Il semble donc invraisemblable de supposer qu'ils aient pu eux-même proposer des contenus mathématiques, quels qu'ils soient. On rabat ainsi la position des épicuriens vis-à-vis de la géométrie sur celle qu'ils sont supposés avoir eue par rapport à la totalité des arts constituant la *paideia*, et l'on pense qu'ils englobaient dans un mépris équivalent toutes les disciplines dites « savantes ». Dans une perspective générale, il s'agirait d'interdire à la géométrie comme aux autres *technai* d'être une discipline autonome, et de la rattacher à une économie éthique du savoir, où tout est subordonné à une explication physique de la nature qui à son tour nourrit la thérapie éthique proposée par Épicure. À ce titre la géométrie n'est pas davantage attaquée que n'importe quel art et ou pratique culturelle qui prétendrait à une autonomie épistémologique.

La méthode scientifique épicurienne s'est construite en réaction contre la méthode dite déductive, qui s'applique dans les *Éléments* et qui peut être dans une large mesure assimilée à la pratique du syllogisme démonstratif. L'*episteme* se construit de façon rigoureuse en se différenciant grâce à sa nécessité des savoirs accidentels ou contingents. C'est là en grande partie l'objet d'étude des *Seconds Analytiques* d'Aristote. Quand puis-je dire que je sais ? Lorsque je sais pourquoi la chose est telle, et ne peut pas être autrement – c'est-à-dire lorsque je possède une connaissance certaine de l'*aitia*, de la cause de la chose. La science est un savoir vrai, c'est-à-dire un savoir nécessaire ; or seul est nécessaire le savoir qui nous indique pourquoi l'objet est comme il est et pas autrement. Ainsi, ce qui finalement me permet de distinguer le savoir scientifique des autres, c'est sa certitude. On évaluera donc également un savoir en fonction de sa valeur de conviction ; à celui qui me demande ce qu'est telle ou telle chose, il faut donner une réponse telle qu'il ne puisse absolument pas la mettre en doute, et qu'elle le satisfasse entièrement. C'est pourquoi



après avoir indiqué le contenu du savoir scientifique, Aristote lui assigne immédiatement la forme spécifique du syllogisme démonstratif, procédure discursive capable de provoquer par sa structure même une certitude absolue chez celui qui le lit correctement et qui en connaît les règles de fonctionnement. Le discours scientifique doit ainsi pour Aristote se présenter sous une forme déductive très codifiée, qui garantit la valeur de ce qui est dit. En effet, la science qui veut donner l'explication des choses doit passer par un formalisme capable de souligner la nécessité de la liaison causale. Aristote, qui a beaucoup étudié les procédures dialectiques, a fait émerger dans ce domaine la supériorité absolue de la forme démonstrative (*apodeixis*). Alors que les syllogismes dialectiques n'entraînent qu'une persuasion de moindre effet, le syllogisme démonstratif par son mécanisme même permet de considérer sa conclusion comme nécessaire. Ainsi l'*apodeixis*, qui imite discursivement la causalité physique, sera la seule forme d'exposition possible de la science, car la seule capable d'entraîner une adhésion absolue chez celui qui en a saisi les règles de fonctionnement.

Épicure s'oppose avec violence à cette conception du savoir scientifique et de sa méthode. Ce qui l'entraîne à rejeter à la fois la distinction du savoir en domaines spécifiques, et la domination de la méthode déductive : pour Épicure, il n'y a pas lieu de distinguer des lieux du savoir dans lesquels, par extraordinaire, la méthode géométrique vaudrait quelque chose ; mais il y a bien une méthode qui vaut pour la totalité des objets, à savoir la méthode de la *physiologia* ou science de la nature. Cette méthode physique, dont nous ne ferons ici que rappeler les traits principaux<sup>38</sup>, s'illustre par la constitution de procédures spécifiques, destinées à remplacer les deux formes « normales » du discours scientifique pour Aristote : ainsi, l'inférence empirique (ou *epilogismos*) remplace l'*apodeixis*, et la description analogique se substitue à la définition<sup>39</sup>. La première de ces procédures, qui nous intéresse particulièrement ici, est connue en grande partie grâce au témoignage de l'épicurien Philodème de Gadara, qui dans le *De Signis* restitue la polémique qui opposa épicuriens et stoïciens autour de la notion d'analogie – les stoïciens préconisant l'emploi d'une méthode inférentielle formelle dite méthode par « élimination », et les épicuriens lui préférant l'analogie empirique ou méthode par « similarité »<sup>40</sup>. Dans ce texte difficile, Philodème semble toujours considérer l'inférence stoïcienne formelle par élimination comme une

38. Elle a été très brillamment décrite déjà par E. Asmis dans un ouvrage devenu une référence incontournable sur cette question (Asmis 1984).

39. Cf. Giovacchini 2003.

40. Cf. Sedley 1982.



méthode erronée : au pire, elle conclut faussement, au mieux, ses conclusions auraient tout aussi bien pu être formulées grâce à la méthode empirique par similarité<sup>41</sup>. C'est en ce sens que Philodème met au premier plan parmi les modes de raisonnement qui ont la faveur des épicuriens le raisonnement par *epilogismos*, terme intraduisible qui désigne un type de raisonnement par inférence empirique. L'*epilogismos* procède en établissant des liens entre des faits ou encore des signes rassemblés par l'expérience, et les différentes analogies fondées sur la similarité. Il intervient lorsque le lien entre le signe et le raisonnement analogique n'est pas évident – par exemple, dans le cas du mouvement et du vide, il n'est pas évident que nous devons inférer l'existence du vide de l'expérience du mouvement ; c'est là un lien construit par *epilogismos*<sup>42</sup>.

Le refus de la démonstration chez les épicuriens peut être envisagé comme une conséquence directe du refus par Épicure lui-même de la méthode analytique des géomètres ; si l'évidence des principes ne peut pas être exhibée de façon formelle, mais toujours de façon empirique, *a fortiori* l'évidence des éléments engendrés par ces principes devra être constatée selon les mêmes règles synthétiques. Le témoignage le plus important sur cette question reste la *Lettre à Pythoclès*, et particulièrement la série de passages consacrés à l'examen de la méthode des explications multiples, méthode originale qui constitue l'étape majeure du refus épicurien de la déduction formelle<sup>43</sup>. Épicure y rejette en astronomie un mode d'explication « unique ». L'hypothèse la plus satisfaisante est que les adversaires d'Épicure sont ici les théoriciens classiques du savoir qui placent justement leur confiance dans le modèle scientifique démonstratif. Les principes vides et les décrets de loi (*axiomata kena kai nomothésias*) renvoient ainsi tout autant aux principes religieux qui entravent l'examen physique des astres qu'aux hypothèses mathématiques, définitions ou postulats qui prétendent statuer sur la réalité des choses en dehors de toute perception possible. Épicure condamnerait ainsi un certain usage de ces principes comme hypothèses en dehors d'un champ d'exploration strictement géométrique.

Dans le cas des phénomènes célestes, non seulement le « savoir précis » que réclame *Her.* 36 n'est pas celui décrit par Aristote dans les *Seconds Analytiques*, mais il s'y oppose même dans la mesure où les critères de précision et d'unicité de l'explication y sont absolument séparés. La

41. Cf. *De sign.* VIII et IX.

42. Cf. Sedley 1973, p. 27-33, Schofield 1996, Tsouna 2007, ch. 3. Sur les rapports entre la méthode scientifique épicurienne et l'expérience on pourra également lire Morel 2007.

43. Cf. Bénatouil 2003.



valeur de l'explication astronomique ne réside donc pas dans sa force de conviction, c'est-à-dire dans sa capacité d'exhiber sa nécessité logique. L'acribie que souhaite Épicure n'est pas la conséquence d'un tri effectué par le raisonnement entre opinions fausses et vrai savoir, mais le fruit d'une attention portée au fait même à expliquer, qui se présente toujours sous des formes diverses et variables à cause des conditions de sa perception. Les événements ne peuvent que très rarement être expliqués d'une seule façon. Ce qui ne veut pas dire qu'ils sont provoqués par des agents divers : un événement n'a bien qu'une seule cause réelle. Mais l'unicité de cette cause réelle n'abolit pas la pluralité des causes possibles. Ainsi, une explication qui réduirait de façon abusive cette multiplicité de causes possibles, sans pour autant exhiber de cause réelle, manquerait bel et bien son objectif. Si donc l'inférence sémiotique idéale peut bien en droit nous faire remonter des phénomènes vers leurs causes, les inférences habituelles n'ont pas ce degré de précision ; elles doivent alors, pour demeurer valides, emprunter une forme qui permette de sauvegarder la multiplicité potentielle des explications.

## 2. *L'espace atomiste et la question de la déviation*

Ainsi, sur le plan méthodologique, Épicure se situe-t-il effectivement à l'extrême opposé des tenants d'une méthode « géométrique » – et à ce stade de notre réflexion, nous ne voyons pas comment les épicuriens auraient pu éprouver le besoin de s'emparer, autrement que négativement, des contenus de la géométrie. Et pourtant, il nous reste à montrer qu'il est impossible qu'ils ne l'aient pas fait, dans la mesure où ce n'est pas, contrairement aux apparences, la méthode géométrique qui s'avère la plus dangereuse pour leur doctrine, mais bien la conception de l'espace imposée par un certain type de géométrie. Pour reprendre donc l'ordre réfutatif suggéré par le commentaire de Proclus aux *Éléments*, avant même que Zénon de Sidon ait pu proposer une méthode concurrente à la méthode déductive mise en avant par la géométrie, il a bien fallu que les épicuriens aient fait un sort aux principes mêmes de la géométrie (c'est-à-dire aux éléments constitutifs de l'espace géométrique) et qu'ils aient établi des substituts acceptables.

Nous avons déjà dit à quel point la notion de « partie minimale » s'avère indispensable pour la physique atomiste d'Épicure. Or, cette notion, nous l'avons également signalé plus haut, est strictement incompatible avec le principe fondamental qui définit l'espace géométrique euclidien – à savoir le principe de la divisibilité à l'infini. Comme le fait re-



marquer David Sedley dans un article de référence sur cette question<sup>44</sup>, il y a fort à parier que l'essentiel des efforts déployés par les épicuriens contre la géométrie visait à détruire une conception de l'espace et de la mesure qui ôtait toute consistance logique à l'*elachiston* matériel dont ils avaient besoin. Mais dans une telle perspective, une simple destruction était insuffisante ; pour aller au bout de leur démarche, les épicuriens ont nécessairement été amenés à proposer une autre conception de l'espace et de ses figures essentielles – c'est-à-dire, osons le mot, une autre géométrie.

Pour faire valoir notre hypothèse, nous aimerions pour terminer montrer comment on peut bien établir une relation entre cette probable géométrie atomiste, et un objet particulièrement étrange de la physique épicurienne, qui fait intervenir de façon tout à fait fondamentale la notion de « minimum » : la déviation ou déclinaison de l'atome, *parenklisis* ou *clinamen*.

Sur cette question, Lucrèce est la seule source vraiment complète<sup>45</sup>. La déclinaison n'est pas citée dans les lettres transmises par Diogène Laërce ; quant aux fragments restitués de certains passages du *Peri Physeos*, ils restent d'interprétation très délicate du fait de l'extrême mutilation des textes<sup>46</sup>. Cicéron y fait allusion dans un texte assez long, mais hélas très polémique, ce qui le rend d'usage difficile<sup>47</sup> ; enfin on trouve quelques traces chez Diogène d'Énoanda<sup>48</sup>.

Dans le chant II du *De rerum natura*, les atomes sont d'abord dits dévier « un peu » (*paulum*), puis « pas plus que le minimum » (*nec plus quam minimum*)<sup>49</sup>.

La structure du vers principal est très intéressante :

*Quare etiam atque etiam paulum inclinare necessest  
Corpora ; nec plus quam minimum, ne fingere motus*

44. Sedley 1976 défend en particulier l'hypothèse selon laquelle les arguments de Zénon de Sidon contre la géométrie avaient pour principal objet la défense de la *parenklisis*.

45. On trouve une analyse de ce passage difficile dans Kleve 1980.

46. Sur cette question, cf. Sedley 1998, p. 147, et p. 126-127. Pope 1986 a suggéré que toute interprétation sur les possibles fonctions du *clinamen* devait n'être considérée que comme pure hypothèse, du fait de l'absence quasi-totale de textes sur la question, et qu'ainsi la signification du *clinamen* ne pouvait être que d'ordre métaphysique (« La déclinaison d'Épicure est une sorte de clone (*identical twin*) du premier moteur aristotélicien », p. 89). Cette thèse séduisante est malheureusement insuffisamment argumentée à notre avis.

47. *De fin.* I, 6, 18.

48. Fr. 54 III, l. 6-7

49. Lucrèce, *De nat. rer.* II, 216-250.



*Obliquos videamur et id res vera refutet.*

Où, encore une fois, il faut que les atomes  
dévient un peu, d'un minimum, pas davantage,  
ainsi nous n'inventerons pas des mouvements  
obliques démentis par la réalité<sup>50</sup>.

La conception du *clinamen* obéit à une double finalité ; d'une part, la réfutation du déterminisme entraîne la nécessité de concevoir une déclinaison – l'accent porte sur le verbe *inclinare* ; d'autre part, l'interdiction de penser le *clinamen* comme un « mouvement oblique » fait intervenir le concept de « minimum »<sup>51</sup>. Ce qui veut dire que pour Lucrèce le *clinamen*, ou déclinaison de l'atome, sera une déviation minimale, la plus petite possible, de l'atome par rapport à sa trajectoire initiale, et que cette déviation ne doit pas être pensée comme un écart de nature angulaire vis-à-vis de cette trajectoire (ce que serait justement un « mouvement oblique »). La déclinaison de l'atome doit être comprise de façon discontinue, comme un déplacement d'un point à l'autre d'un espace lui-même discontinu, granulaire – et non comme une simple translation au sein d'un repère orthonormé, par exemple<sup>52</sup>.

Donc le *clinamen* est bien une déviation de la verticale ; mais le fait de penser cette déviation comme « minimale » au sens épicurien exclut de la comparer à un angle.

Le *clinamen* n'est pas et ne peut pas être un angle géométrique, il est un déplacement réel d'un point à un autre de l'espace. Mais la déviation du *clinamen* est semblable à celle d'un angle envisagé, comme au début du texte de Sextus, en termes de « partie minimale » : une inclinaison physique réelle mais infinitésimale et impossible à mesurer ; et comme pour l'angle, si l'inclinaison comme telle n'est pas mesurable – puisqu'elle est une mesure, et non une quantité mesurée –, en revanche les conséquences de l'inclinaison, elles, le sont.

En fait, on a avec le *clinamen* et ses relations à l'angle épicurien l'exemple d'un renversement dans l'ordre des modèles ; le *clinamen* n'est pas un angle dans la nature ; au contraire, c'est l'angle qui est un *clinamen*.

50. *Ibid.* II, 243-245.

51. Il est possible que le *clinamen* ait ainsi été introduit pour répondre à une double objection d'Aristote adressée aux premiers atomistes : comment les atomes tombant en ligne droite peuvent-ils se rencontrer ? (*De caelo* 3, 300b8 *sqq.*) ; comment l'homme peut-il faire preuve de *voluntas*, et par là être considéré comme *arête* ? (*Eth. Nic.* III, 1, 3, 1110a1 *sqq.*) Sur ce dernier point, Fowler en particulier fait remarquer qu'Aristote ne donne jamais d'explication proprement physique à la *voluntas* (Fowler 1983).

52. Cf. Furley 1967, mais aussi Sedley 1976. La démonstration de ce point est citée aussi par Fowler 1983.



dans la géométrie. Il ne serait en ce sens pas impossible de supposer qu'Épicure a pu concevoir une géométrie empruntant ses principes à la physique – l'angle obéissant aux mêmes lois que les corps primordiaux – et qu'il a donc cherché à penser l'angle en termes de parties minimales, de façon à distinguer l'angle lui-même comme point d'inclinaison, et le degré de l'angle comme conséquence de l'inclinaison en termes de quantité. Ce faisant, on assisterait alors ici de façon implicite à une tentative de la part d'Épicure de résoudre un problème très important de la géométrie antique.

On sait en effet que le *clinamen* est une innovation d'Épicure par rapport à Démocrite. Tous deux se sont d'autre part intéressés à l'angle au point d'écrire des traités à son sujet<sup>53</sup>. C'est donc bien qu'il y a une spécificité de la question de l'angle qui implique de le conserver comme objet d'étude, alors même que la géométrie n'a plus aucune place privilégiée dans la pratique de la science et que ses principes sont en contradiction avec ceux de l'atomisme. Une hypothèse serait alors que l'angle, en tant qu'objet géométrique « mixte », qui est à la fois quantité, qualité et relation, peut être un bon lieu pour effectuer le renversement axiologique que cherchent à faire les atomistes entre géométrie et physique.

À l'issue de cette analyse, nous pouvons supposer deux choses. Tout d'abord, qu'il existe effectivement des traces de la « destruction » épicurienne des fondements de la géométrie. Cette destruction est justifiée par l'incompatibilité absolue des conceptions épicurienne et euclidienne de l'espace. Mais le texte de Sextus suggère également l'existence, à côté de la géométrie dite euclidienne, de discours géométriques internes à certains *corpus* philosophiques, en particulier stoïciens et épicuriens – discours qui développent des perspectives ontologiques qui dépassent largement les enjeux strictement techniques de la géométrie. La position épicurienne irait donc bien au-delà d'une simple réfutation. Ce n'est pas le savoir géométrique comme tel qui serait refusé par les épicuriens, mais la métaphysique qu'il soutient. Épicure, en détruisant les principes de la géométrie, réfute l'idée d'une science qui puisse s'appuyer sur des principes ontologiquement absurdes ; du fait de cette carence ontologique initiale, c'est la capacité des principes géométriques d'être des principes qui est alors contestée par Épicure. En ce sens, nous voyons bien qu'est déjà implicitement en cause ici la relation formelle que ces principes « vides » sont supposés entretenir avec leurs conséquences dans le système déductif. La seconde réfutation épicurienne évoquée par Proclus, celle des méthodes de la géométrie, est contenue en germe dans la première. Si la relation spécifique qui unit les principes géométriques aux

53. D. L., X, 28 ; IX, 47.



démonstrations qui en découlent est bien conditionnée par la nature même de ces principes et par l'ontologie dont ils relèvent, alors il est tout à fait logique que les mêmes savants qui ont refusé à certains objets leur nature de principes s'attaquent également au système formel dans lequel ces objets jouent un rôle. En ce sens, la réfutation épicurienne de la géométrie est bien une réfutation dogmatique, et non sceptique : elle substitue à une hypothèse une autre hypothèse, qu'elle considère comme préférable car plus compatible avec les témoignages des sens et l'ensemble du système qu'elle défend. Il serait donc parfaitement logique que, dans ce cas précis, elle ne figure pas dans le texte de Sextus Empiricus au titre d'argument, mais bien comme une des positions dogmatiques que le sceptique s'attache à réfuter.



## BIBLIOGRAPHIE

- ANGELI, A. & T. DORANDI 1987 : « Il pensiero matematico di Demetrio Lacone », *Cronache Ercolanesi*, 17 (1987), p. 87-103.
- ASMIS, E. 1984 : *Epicurus' scientific method*, Ithaca, NY, 1984.
- BARNES, J. 1975 : « Aristotle theory of demonstration » dans J. Barnes, M. Schofield & R. Sorabji (éd.), *Articles on Aristotle. 1, Science*, Londres, 1975, p. 65-87.
- 1988 : « Scepticism and the Arts », dans R.J. Hankinson (éd.), *Method, Medicine and Metaphysics : Studies in the Philosophy of Ancient Science* (= *Apeiron*, 21.2 (1988), p. 53-77).
- BÉNATOUIL, TH. 2006 : « La méthode épicurienne des explications multiples », dans Th. Bénatouil, V. Laurand et A. Macé 2003, p. 15-47.
- BÉNATOUIL, TH., V. LAURAND & A. MACÉ 2003 : *L'Épicurisme antique*, études réunies par — (= *Cahiers philosophiques de Strasbourg*, 15 [2003]).
- BETT, R. 2006 : « La "double schizophrénie" de M. I-VI et ses origines historiques », dans J. Delattre 2006, p. 17-34.
- BLANK, D. 1998 : Sextus Empiricus, *Against the Grammarians (Adversus mathematicos I)*, translated with an introduction and commentary by —, Oxford, 1998 (Clarendon later ancient philosophers).
- CAMBIANO, G. : « Il metodo ipotetico e le origini della sistemazione euclidea della geometria », *Rivista di filosofia*, 58 (1967), p. 115-149.
- DELATTRE, J. 2006 : *Sur le Contre les professeurs de Sextus Empiricus*, Villeneuve d'Ascq, 2006 (UL3 : travaux et recherches).
- DYE, G. & B. VITRAC 2009 : « Le Contre les géomètres de Sextus Empiricus : sources, cible, structure », *Phronesis*, 54 (2009), p. 155-203.
- FOWLER, D. 1983 : « Lucretius on the *dinamen* and *free will* (II, 251-93) », dans SYZETESIS : *Studi sull'epicureismo greco e romano offerti a Marcello Gigante*, 2 vol. 1 : *Contributi*, Naples, 1983 (Biblioteca della Parola del passato, 16), p. 329-352.
- FRIEDLEIN, G. 1873 : *Procli Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum commentarii*, ex recognitione —, Leipzig, 1873 (Bibliotheca scriptorum graecorum et romanorum teubneriana).
- FURLEY, D. 1967 : « Indivisible magnitudes », dans *Two Studies in the Greek Atomists*, Princeton, NJ, 1967, p. 7-158.
- GIBELIN, J. 1990 : Emmanuel Kant, *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature*, traduit de l'allemand par —, 1990 (Bibliothèques des textes philosophiques) [1952].
- GIOVACCHINI, J. 2003 : « Le refus épicurien de la définition », dans Th. Bénatouil, V. Laurand et A. Macé 2003, p. 71-89.
- HEATH, TH.L. 1956 : *The thirteen books of Euclid's Elements*, translated from the text of Heiberg, with introduction and commentary by —, vol. 1, New York, 1956.
- KLEVE, K. 1980 : « Id facit exiguum clinamen », *Symbolae Osloenses*, 55 (1980), p. 27-31.
- LAKS, A. 1991 : « Épicure et la doctrine aristotélicienne du continu », dans F. De Gandt & P. Souffrin (éd.), *La Physique d'Aristote et les conditions d'une science de la nature : actes du colloque organisé par le Séminaire d'épistémologie et d'histoire des sciences de Nice*, Paris, 1991 (Bibliothèque d'histoire de la philosophie), p. 181-194.
- MAU, J. 1954 : Sextus Empiricus, *Opera*, 3 : *Adversus mathematicos* ed. —, Leipzig, 1954. (Bibliotheca scriptorum graecorum et romanorum teubneriana).
- 1973 : « Was there a special Epicurean mathematics ? », dans E.N. Lee, A.P.D. Mourelatos & R.M. Rorty (éd.), *Essegesis and Argument : Studies in Greek Philosophy Presented to G. Vlastos*, Assen, 1973 (Phronesis suppl. 1), p. 412-430.



- MOREL, P.-M. 2001 : « Démocrite et les sections du cône (68 B 155) : problèmes généraux d'interprétation », dans P.-M. Morel et J.-F. Pradeau 2001, p. 73-87.
- 2007 : « Method and Evidence : on Epicurean Preconception », *Proceedings of the Boston area colloquium in ancient philosophy*, 23 (2007), p. 25-48.
- MOREL, P.-M. & J.-F. PRADEAU 2001 : *Les anciens savants : études sur les philosophies pré-platoniciennes*, réunies par — (= *Cahiers philosophiques de Strasbourg*, 12 [2001]).
- MORROW, G.R. 1970 : Proclus, *A Commentary on the First Book of Euclid's Elements*, translated with introduction and notes by —, Princeton, NJ, 1970.
- PELLEGRIN, P. 2006 : « De l'unité du scepticisme sextien » dans J. Delattre 2006, p. 35-45.
- POPE, M. 1986 : « Epicureanism and the Atomic Swerve », *Symbolae osloenses*, 61 (1986), p. 77-97.
- SCHOFIELD, M. 1996 : « Epilogismos : an Appraisal », dans M. Frede et G. Striker (éd.), *Rationality in Greek Thought*, Oxford-New York, 1996, p. 221-237.
- SEDLEY, D. 1973 : « Epicurus, On nature Book XXVIII », *Cronache Ercolanesi*, 3 (1973), p. 5-83.
- 1976 : « Epicurus and the Mathematicians of Cyzicus », *Cronache Ercolanesi*, 6 (1976), p. 23-54.
- 1982 : « On signs », dans J. Barnes, J. Brunschwig, M. Burnyeat & M. Schofield, *Science and Speculation : Studies in Hellenistic Theory and Practice*, Cambridge-Paris, 1982, p. 239-272.
- 1998 : *Lucretius and the transformation of Greek wisdom*, Cambridge-New-York, 1998.
- TSOUNA, V. 2007 : *The Ethics of Philodemus*, Oxford-New York, 2007.
- VITRAC, B. 1990 : Euclide d'Alexandrie, *Les Eléments*. 1, Livres I-IV : *Géométrie plane*, traduction du texte de Heiberg, traduction et commentaire par —, Introduction générale par M. Caveing, Paris, 1990 (Bibliothèque d'histoire des sciences).
- 1991 : « L'interprétation mathématique du dilemme du cône (68 B 155) : Démocrite était-il un mathématicien ? », dans P.-M. Morel et J.-F. Pradeau 2001, p. 89-129.
- WOLFF, Fr. 2000 : « Les principes de la science chez Aristote et Euclide », *Revue de métaphysique et de morale*, 105 (2000), p. 329-362.