

AVANT LA *PRACTICA GEOMETRIAE* ATTRIBUÉE À HUGUES DE SAINT VICTOR: LE LEXIQUE DE LA GÉOMÉTRIE PRATIQUE AU XI^E SIÈCLE

CATHERINE JACQUEMARD
Université de Caen

La géométrie pratique apparaît dans la tradition latine vers le milieu du XII^e s. C'est à cette époque que, pour la première fois, on voit mentionner la division de la géométrie en deux branches distinctes: *geometria theorica* ou *speculatiua* et *geometria practica* ou *actiua*; c'est à cette époque que, pour la première fois, on rencontre la définition du champ d'application de la géométrie pratique et la délimitation de ses subdivisions, la «triade géométrique» *altimetria*, *planimetria*, *cosmimetria*¹. Il existe une ligne de démarcation nette entre les textes publiés dans le premier quart du XII^e s. et les œuvres postérieures.

Ainsi, le prologue du premier traité de géométrie pratique, la *Practica Geometriae* attribuée à Hugues de Saint Victor et donc antérieure à 1141, définit la géométrie pratique et ses parties:

considerandum est quod omnis geometrica disciplina aut theorica est, id est speculatiua, aut practica, id est actiua. Theorica siquidem est que spacia et interualla dimensionum rationabilium sola rationis speculatione uestigat, practica uero est que quibusdam instrumentis agitur et ex aliis alia proportionaliter coniciendo diiudicat. Huic practice tria uidentur genera attributa, hoc est altimetria, planimetria, cosmimetria, in quibus tamen omnibus maxime linearum dimensionem uestigat. Et ad altimetriam quidem pertinet ea porrectio que sursum et deorsum fit; ad planimetriam autem illa que fit ante et retro, dextrorsum siue sinistrorsum; ad uero cosmimetriam uero ea que in circumferentia constat².

¹ R. BARON, *Note sur les variations au XII^e siècle de la triade géométrique: altimetria, planimetria, cosmimetria*, dans *Isis*, 48, pp. 30-32.

² R. BARON, *Hugonis de Sancto Victore, Opera propaedeutica, Practica geometriae...*, University of Notre Dame Press, 1966.

Vers 1150, Dominique Gundisalvi, dans le *De diuisione philosophiae*, propose une classification des sciences qui considère la distinction *theorica / practica* propre à tout art et qui intègre la géométrie pratique:

Cum autem omnis ars diuidatur in theoricam et practicam, quoniam uel habetur in sola cognitione mentis et est theorica, uel in exercicio operis et est practica [...] De geometria...artifex uero practice est qui eam operando exercet. Duo autem sunt qui eam operando exercent, scilicet mensores et fabri. Mensores sunt qui terre altitudinem uel profunditatem uel planiciem mensurant...³.

Toujours au XII^es., le traité de géométrie pratique anonyme *Geometrie due sunt partes principales* propose la même distinction entre géométrie théorique et géométrie pratique, mais fait intervenir un niveau supplémentaire de subdivision de la géométrie pratique qui se sépare en deux branches: *artificialis mensuratio* et *inartificialis mensuratio*, la triade *altimetria*, *planimetria*, *cosmimetria* correspondant aux trois *species* de l'*artificialis mensuratio*⁴.

Au XII^e s. ou au XIII^e s., un traité sur le quadrant largement diffusé, le *Tractatus Quadrantis* donne des définitions très proches:

Geometria due sunt partes theorica et practica [...] Practica est quando alicuius rei quantitatem ignotam experimento sensibili mensuramus. Mensurationis autem, artificialis, que practica dicitur, tres sunt species, scilicet altimetria, planimetria et steriometria⁵.

En revanche, dans le premier quart du XII^e s. les clercs latins traitent bien des problèmes qui relèveront ultérieurement du domaine de la géométrie pratique, mais sans opérer de distinction entre géométrie théorique et géométrie pratique.

Adélarde de Bath, dans le *De eodem et diuerso*⁶ respecte la classification des sciences héritée de Martianus Capella et distingue dans les arts libéraux les trois arts qui sont *circa uoces* (*grammatica, rhetorica, dialectica*) et les quatre arts qui sont *circa res* (*arithmetica, musica, geometria, astronomia*). Il considère comme une des principales attributions de la géométrie la mesure des corps éloignés:

³ L. BAUR, *Dominicus Gundissalinus, De diuisione philosophiae, Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, IV, 2-3, Münster, 1903, p. 109.

⁴ N. L. BRITT, *A Critical Edition of Tractatus Quadrantis*, Emory University, Ph. D. 1972, pp. 208-210.

⁵ *Ibid.*, pp. 100-103.

⁶ H. WILLNER, *Adelard of Bath, De eodem et diuerso, Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, IV, 1, Münster, 1903, pp. 29-32.

postremo tantae speculationi diligentius incumbens remotorum etiam corporum usu geometrico quantitatem apprehendit. Itaque factum est ut ceteras proponeret regulas, quibus altitudo corporum et longitudo uel latitudo planitierum profunditasque puteorum sine artificis accessione comprehendi possent.

Il s'attarde alors à développer la matière de problèmes qui auront leurs correspondants exacts dans les traités postérieurs comme la *Practica geometriae*, le traité *Geometrie due sunt partes* ou le *Tractatus quadrantis*.

Hugues de Saint Victor dans le *Didascalicon* subdivise la philosophie théorique en *theologia*, *mathematica* et *physica*, la *mathematica* se subdivisant en *arithmetica*, *musica*, *geometria* et *astronomia*, la *geometria* comprenant elle-même trois subdivisions *altimeτρια*, *planimeτρια* et *cosmimetrica*. Du *Didascalicon* à la *Practica geometriae*, Hugues de Saint Victor a donc évolué dans son appréciation des champs d'applications de la géométrie: il a introduit une distinction entre géométrie pratique et géométrie théorique alors qu'il considérait la géométrie dans sa globalité comme une partie de la philosophie théorique et il a défini l'altimétrie, la planimétrie et la cosmimétrie comme des subdivisions de la seule géométrie pratique.

Comment expliquer cette profonde modification de la tradition scolaire médiévale⁷? Dans le premier quart du XII^e s., les clercs latins redécouvrent les *Eléments* d'Euclide par la médiation arabe avec une série de traductions attribuées à Adélarde de Bath et largement diffusées. Ils ont alors pu prendre conscience que la géométrie débordait du cadre dans lequel l'avait cantonné l'enseignement antérieur. D'autre part, ils s'initient aux classifications des sciences imaginées par les philosophes arabes qui bouleversent leur conception du savoir. Dès la fin du XIX^e s., L. Baur a pu mettre en évidence que la distinction entre géométrie théorique et géométrie pratique remontait à l'*Enumeration des Sciences* d'al-Farabi, vulgarisée dans le monde latin par les ouvrages de Dominique Gundisalvi, le *De diuisione philosophiae* et surtout le *De scientiis* qui est une traduction remaniée de l'œuvre d'al-Farabi⁸.

L'appellation *geometria practica* entre donc dans la terminologie scientifique latine au milieu du XII^e s. et elle trouve son origine dans les classifications des sciences empruntées à la philosophie arabe. Cependant, la nais-

⁷ Sur ce point, on se reportera aux travaux de V. MORTET, «Note historique sur l'emploi de procédés matériels et d'instruments usités dans la géométrie pratique au Moyen Age (Xe-XIIIe siècles)», dans *Rapports et comptes rendus. Congrès international de philosophie, 2^{nde} session*, Genève, 1904, pp. 925-942; P. TANNERY, *Mémoires scientifiques*, tome V, *Sciences exactes au Moyen Age*, 1887-1905, rééd. J. GABAY, 1996; et surtout à l'ouvrage de S. K. VICTOR, *Practical Geometry in the High Middle Ages*, dans *Memoirs of the American Philosophical Society*, 134, Philadelphia, 1979.

⁸ L. BAUR, *Dominicus Gundissalinus, De diuisione philosophiae...*

sance de la géométrie pratique en tant que telle a été précédée d'une période de gestation que reflète la tradition manuscrite du XI^e s. En effet, les matériaux utilisés dans la *Practica geometriae* sont déjà présents dans les collections géométriques du XI^e s, et son auteur a bien conscience de la dette qu'il a contractée envers ses prédécesseurs:

*practicam geometriae nostris tradere conatus sum, non quasi nouum cudens, sed uetera colligens dissipata*⁹.

Mais si les matériaux existent bien, ils ne sont pas encore dégrossis ou nettement organisés. Ils apparaissent dans un ensemble foisonnant de textes de nature, d'ampleur et de qualité variées qui témoignent d'un véritable engouement des clercs contemporains pour une discipline visiblement nouvelle pour eux et dont ils s'approprient et maîtrisent les données progressivement.

Si, au XII^es., les clercs latins empruntent à la tradition arabe la définition de la géométrie pratique, au XI^e s., ils lui ont emprunté la matière de la géométrie pratique. De toute évidence, c'est sous l'impulsion de sources arabes qu'ils expérimentent les problèmes conventionnels de la géométrie pratique (mesure de la hauteur d'une montagne, de la profondeur d'un puits ou de la largeur d'un fleuve...). Car il est trop difficile ici d'invoquer l'héritage des *agrimensores* romains qui, dans ce domaine précis, est réduit à sa plus simple expression: on ne peut citer que la *Variatio fluminis* de Junius Nipsus qui n'aura aucune postérité directe dans la géométrie pratique médiévale et un petit fragment attribué à *Vitruvius Rufus architecton*. Ces préliminaires à la naissance de la géométrie pratique feront l'objet de ma communication.

1. LA «GÉOMÉTRIE PRATIQUE» AU XI^E S.: ÉTABLISSEMENT DU CORPUS

Les textes de géométrie pratique attestés au XI^e s. relèvent d'une typologie diverse même s'ils présentent tous un air de parenté dû au caractère conventionnel des problèmes qu'ils traitent.

Pour bien appréhender ce qu'a été la géométrie pratique au XI^e s., il faut d'abord se débarrasser d'un mythe, celui de la *Geometria Incerti Auctoris* (*GIA*). Bubnov¹⁰, qui a réalisé à la fin du siècle dernier sur les collections géométriques du XI^e s. un travail d'une érudition et d'une précision admirables, en a paradoxalement donné une image dénaturée par les partis pris qui ont présidé à son édition d'un texte essentiel, le livre III de la *GIA*. On désig-

⁹ R. BARON, *Hugonis de Sancto Victore...* p. 15.

¹⁰ N. BUBNOV, *Gerberty opera mathematica*, Berlin, 1899, rééd. Hildesheim, Olms, 1963, pp. 310-365.

ne traditionnellement sous ce titre, depuis l'édition de Bubnov, une compilation de plusieurs collections hétérogènes de problèmes de géométrie pratique. En effet, Bubnov a cru pouvoir reconnaître dans une série de chapitres éclectiques fournie par une partie de la tradition manuscrite, un traité de géométrie mutilé, mais unique et relevant d'un unique auteur. Or trop de faits s'opposent à cette reconstitution hypothétique et il faut reconsidérer la *GIA* comme plusieurs *Geometriae incertorum auctorum*, c'est-à-dire plusieurs petites collections composées au plus d'une quinzaine de chapitres, de factures différentes et qui n'ont vraisemblablement pas été réunies en une seule compilation avant la deuxième moitié du XI^e s. Les incohérences de composition et de rédaction de la *GIA* sont, en réalité, significatives des coups d'essai successifs qui permettent l'éclosion d'une nouvelle branche de la géométrie.

Parmi les textes qui traitent de géométrie pratique, on distingue:

— des collections spécifiques de problèmes de géométrie.

Il faut ranger dans cette catégorie les différentes variantes de la collection éditée par Bubnov comme «livre III» de la *GIA*: la collection ancienne¹¹, la collection caractéristique de la classe E¹², et la collection caractéristique de la classe D¹³.

— des chapitres géométriques inclus dans des traités d'usages d'un instrument.

On attendrait dans les traités latins d'usages de l'astrolabe¹⁴, largement tributaires de sources arabes, l'équivalent des chapitres d'usages géométriques traditionnellement inclus dans leurs modèles. Or, la tradition manuscrite livre un matériel contradictoire. Ni le traité d'usages le plus ancien, J¹⁵, ni le plus récent, J¹⁶, ne contiennent des chapitres relatifs aux usages géométriques de l'astrolabe, mais on les trouve en revanche dans les collections

¹¹ *GIA* III, 20, 21, 22, 23, 24, 25, fragments «*construe quadratum de ligno*» et «*quando queris scire profunditatem pelagi*».

¹² *GIA* III, 8-1-16-17-*GIA*, «Addition» 3- *GIA* III, 10-14-12-13-4-11-19-5-15-3 (*GIA* III, 18, 2, 26?).

¹³ *GIA* III + *GIA* IV + *GIA*, «Additions» 1-6.

¹⁴ Les traités anciens sur l'astrolabe ont été édités par J. M. MILLÀS VILLACROSA, *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*, Barcelona, 1931 (MILLÀS).

¹⁵ J' est le signe donné au traité *Astrolabii sententiae, Incipiunt capitula horologii regis Ptolomei*, II C MILLÀS (111-387).

¹⁶ Les sigles J, h ont été donnés par BUBNOV, *Gerberti opera mathematica...*, à deux traités sur l'astrolabe très répandus aux XI^e s. et XII^e s. Par référence, Millàs Vallicrosa a donné les sigles J', h', h'', h''' à des traités étroitement apparentés aux précédents. Le sigle J désigne un traité très largement diffusé *Liber de astrolabio* (ou *De utilitatibus astrolabii*), *Quicumque astronomicae discere peritiam* (BUBNOV, pp. 114-147 ou PL 143 cc. 389-404). Au chapitre II, 14, l'auteur annonce un développement sur les usages géométriques de l'astrolabe qui n'a pas été conservé par la tradition manuscrite ou qui n'a jamais été écrit: *Et jam, ut lucidius quivi, ejus perigraphias compendiose explicui, excepto uno tetragono, de quo in loco suo uberius dicam.*

de la *GIA*, classe E et classe D. D'autre part, les traités de construction de l'astrolabe contemporains mentionnent bien, sauf une exception (h''), le carré des ombres qui est inscrit sur le dos de l'astrolabe et qui en permet les usages géométriques¹⁷.

Le traité attribué à Hermann de Reichenau et consacré au cadran solaire cylindrique, traditionnellement appelé «horloge des bergers»¹⁸, contient un chapitre final consacré à la mesure de la hauteur par comparaison de l'ombre qu'il projette avec celle du gnomon de l'horloge.

— des fragments archivés dans des compilations thématiques.

Une partie de la tradition manuscrite transmet un 'dossier' sur les usages du quadrant «très ancien», désigné sous le vocable *astrolabii quadra pars*, qui comporte la mention de son usage géométrique avec une visée à 45°¹⁹. On peut repérer des 'dossiers' consacrés à la mesure de la circonférence de la terre qui contiennent des précisions sur les procédures pratiques à mettre en œuvre²⁰.

¹⁷ On peut citer:

— h', *De mensura astrolabii, De mensura uoluelli, Philosophi quorum sagaci studio*, V MILLÀS (1-171): *Componitur etiam infra dierum circulum, inter arietem et cancrum, quadrati forma bino latere XII, uel tante superficie planum, quota est circulorum amplitudo. Tantum in superiori parte tenens planum, quantum sinit amplitudo circuli.* (100-104).

— h'', *Cum hominum habitaciones equales sibi fore*, VIII, MILLÀS (1-280): *De astrolabii quadrato. quadratum geometricis inuencionibus seu in inueniendis oris aptum sic mensurando accipe...*(172-192).

— a, *Compositio Ascelini*, Ch. BURNETT, «King Ptolemy and Alchandreus the Philosopher: The earliest Texts on the Astrolab and Arabic Astrology at Fleury, Micy and Chartres», dans *Annals of Science* 55, 1998, pp. 345-350: [6] *quadratum geometricis aptum inuencionibus sic mensurandum accipe.* (pp. 349-350).

— h, *De mensura astrolabii* (Hermann de Reichenau), *PL* 143 cc. 381-390; DRECKER, pp. 203-212: ch. IX *De quadrato. ...et habes quadratum orthogonum aequilaterum ...hujus duo latera ...in duodecim aequales partes diuide...alhidada id est quadam regula cum duabus pinnis erectis ad rectam lineam perforatis quota lateris quadrati pars designetur possit apparere.*

— *Incipit compositio astrolapsus secundum Ptolomeum*, XII, MILLÀS (1-81): *Componitur in astrolabiu quadratus anuis aliis plurimis maxime his quatuor delectationibus aptus, altitudini, latitudini, putei profunditati terrarum equalitati. Videsne quamsit illustris et nobilis, dum prope nil aliud in figuris geometricis...* (70).

— *De astronomia quare sit ultima artium*, Avranches, Bibliothèque Municipale 235, f. 28: *Praeterea est in eadem quidam quadratus bene recteque quadratus qui duo matera per XII diuisa duo per XII indiuisa manent tamen ita aliquando ad reliqua duo conferuntur quasi per XII diuisa, cum per ipsum quadratum et mediclinium sit longum latum ac profundum inuenire sit propositum. quod in geometricae regulis satis dictum esse uidetur.*

¹⁸ *k ou hv, De horologio uiatorum, Componitur quoddam simplex et paruulum uiatoribus horologium*, *PL* 143, cc. 405-412.

¹⁹ [*Regulae de mensuris quadrante cum cursore agendis*], VII, MILLÀS: *ad altum cum quadra astrolabii inueniendum VII C MILLÀS* (90-95).

²⁰ [*Regulae de mensuris astrolabio agendis*], XIII, MILLÀS (1-88): *Sumpto horocopo sub stellatae noctis claritudine...* (47-57).

— des fragments hétéroclites.

On peut citer le cas exemplaire d'un petit fragment consacré à la mesure de la hauteur d'un arbre par une simple visée à 45°. On repère tout au long de la tradition manuscrite ses différents avatars et on les voit migrer au fil des siècles d'une collection à l'autre. Au début du VI^e s., dans l'Archerianus, il est intégré à la compilation attribuée aux *agrimensores* Epaphroditus et Vitruvius Rufus *architecton*, mais dans une série de chapitres dont il brise la cohérence²¹. On le retrouve au X^e s. accolé à l'abrégé d'architecture de Cetius Faventinus; au XII^e s., dans plusieurs manuscrits, il est interpolé à l'intérieur même du texte de Cetius Faventinus, tandis qu'à la même époque, le compilateur du manuscrit *Avranches, Bibliothèque Municipale 235* l'a inséré dans une série de chapitres de la *GIA*. Il a d'autre part inspiré l'étonnante lettre d'Irénée à Dédale sur l'invention de l'équerre isocèle²², lettre qui est elle-même connue par l'auteur d'une des collections sur les usages de l'astrolabe du manuscrit *Ripoll 225*²³.

Les clercs médiévaux ont usé avec une grande liberté des textes dont ils disposaient. Un même chapitre au fil de la tradition manuscrite apparaît tantôt dans un certain contexte, tantôt dans un autre; par exemple, le même chapitre consacré à la mesure d'une hauteur inaccessible par l'astrolabe apparaît dans la compilation spécifiquement géométrique que constitue la *GIA* (*GIA* III, 3), mais aussi dans le traité d'usages de l'astrolabe très répandu au XIII^e s., le *De Operatione et utilitatibus astrolabii* (ch. 46).

Le caractère hétéroclite de certains regroupements laisse deviner l'intervention de compilateurs qui ont détaché de leur texte d'origine des extraits hétérogènes qu'ils ont ensuite réorganisés selon leur logique personnelle. On peut ainsi relever dans la *GIA* à plusieurs reprises des chapitres qui font doublets, de factures différentes, mais qui ont été réunis parce qu'ils traitaient de la même procédure²⁴. Inversement, on repérera des parentés rédac-

²¹ BUBNOV, *Gerberti Opera mathematica...* p. 550: *Arborem siue turrem uel quodcumque fuerit excelsum ut sine umbra solis [uel] lunae mensures et dicas, quot perdes habeat altitudinis, facis sic. Decumbe in dentes et da te retrorsum donec cacumen uideas et ex eo loco unde cacumen p[er]l[e]ctum cum caelum uideris surge et mensura per terram usque ad arborem uel turrem aut quod feurit et quot pedes inueneris tot pedes sunt latitudinis eius.* (ch. 42).

²² London, British Library, Add. 47679, f. 151^v: *dedalo hyreneus salutem. Propositio quae nuper inter fialas et falernum proposueras ad mechanica nos instrumenta plurimum reddidit proptiores [...] de quantitate igitur arboris uel altitudine cuiuslibet turre et fabricae quarum proceritas uel formae tales extant ut nemo ad has metiendas possit conscendere iacentis in terra hominis qui earum altitudinem suo possit inuestigare intuitu quandam nobis ut ita dicam figuram monstrasti*

²³ *De diuisione igitur climatum que fit per almucantarath*, XI, MILLÀS (1-71): *Altitudini autem meciende per astrolabium hec regula satisfaciatur... (50-60); cuiuslibet igitur altitudinis mensuram si cognoscere uoluerit artificio instrumentorum dedali satis facile patet cognicio-ni...* (60-71).

²⁴ *GIA* III, 8, et *GIA* III, 23 sur la mesure d'une hauteur avec un miroir; *GIA* III, 9 et *GIA*, add. 3 sur la mesure d'une hauteur par comparaison de son ombre avec celle d'un gnomon; *GIA*

tionnelles évidentes entre des textes que la tradition manuscrite, dans son ensemble ou pour une partie, a disloqués²⁵. La situation est d'autant plus complexe que les variantes de la tradition manuscrite nous prouvent qu'un texte a pu faire l'objet d'un travail de réécriture qui le mette en harmonie avec le nouveau contexte où il a été inséré.

Or, c'est justement dans toutes ces variations parfois minimales de la tradition manuscrite que nous pouvons réellement appréhender les progrès des géomètres du XI^e s. dans la maîtrise d'une discipline nouvelle. Ainsi, les variations lexicales constatées à l'intérieur du corpus, associées à d'autres critères, nous permettent de mieux repérer les étapes successives qui ont jalonné la pratique des clercs latins. Elles vont de pair avec l'enrichissement d'un corpus de textes qui se constitue par strates successives; avec l'appropriation progressive des instruments de mesures utilisés et des procédures de calculs effectuées; et enfin avec l'utilisation et la combinaison de sources différentes.

Ce sont ces points que j'étudierai maintenant à partir de quelques exemples significatifs en examinant le lexique qui définit l'objet de la géométrie pratique, celui des instruments ou les parties des instruments de mesure, et celui des pratiques opératoires.

2. L'INTRODUCTION DES PROBLÈMES DE GÉOMÉTRIE PRATIQUE DANS LA TRADITION LATINE

La collection ancienne de la *GIA* est le plus ancien témoignage dans la tradition latine médiévale d'un corpus cohérent de problèmes qui traitent tous de géométrie pratique. Il apparaît dans les manuscrits et il est diffusé en même temps que les plus anciens traités latins sur l'astrolabe.

La collection ancienne de la *GIA* est construite sur le modèle des recueils de recettes techniques. Le caractère mathématique des problèmes est gommé

III, 11 et *GIA* III, 24 sur la mesure de longueur avec des perches (*arundo / hasta*); *GIA* III, 12-13 et *GIA* III, 21-22 sur la mesure d'une hauteur avec une perche (*arundo / hasta*); *GIA* III, 15 et *GIA* III, 20 sur la mesure de la profondeur d'un puits avec des perches (*arundo / hasta*); *GIA* III, 17 et *GIA* IV, 48 sur la mesure d'une hauteur avec une équerre de Pythagore.

²⁵ On peut rapprocher:

- les fragments sur la construction du carré géométrique, *Construe quadratum de ligno* (cf. *GIA*, add. 5a) et sur la mesure de la profondeur de la mer, *Quando queris altitudinem et profunditatem pelagi* (VI, MILLAS, 15-34) et les chapitres *GIA* III, 20-21-22-23-24-25.
- *GIA* III, 9 et *GIA*, IV, 48.
- *GIA* III, 6 et le traité attribué à Hermann de Reichenau sur l'*horologium uiatorum*.
- le fragment [*Regulae de mensuris astrolabio agendis*], XIII, MILLAS (1-88): *Sumpto horocopo sub stellatae noctis claritudine...* (47-57) et les chapitres de la *GIA* caractéristiques de la classe E.

par l'intitulé concret de leur objet²⁶. Aucun titre, aucune préface ne vient définir et justifier la présence de cette compilation géométrique. Un lexique restreint et répétitif définit les tâches à effectuer: construire l'instrument, *construe*, le choisir, *accipe*, le mettre en place sur le terrain, *pone*. Les visées préalables ne sont pas exprimées par un vocabulaire spécialisé, seule la formule *recto oculorum uisu* vient préciser les verbes courants *intueri* et *contemplari*. Le verbe *uideo* désigne l'étape de la procédure où la visée exacte est réalisée, «*usque uideas*». La démarche finale est exprimée par une formule rédigée toujours sur le modèle «*uide quantum sit...tantum est*». L'égalité des rapports de proportionnalité entre des grandeurs est rendue par une formulation dépourvue de termes spécifiques: l'égalité est exprimée par la comparative «*quantum... tantum*» et la proportionnalité par la périphrase «*tantum est... ad...*» Or, il y a une discordance frappante entre la pauvreté lexicale et rédactionnelle de cette série de savoir-faire et la démarche théorique qui les sous-tend.

En effet, la rédaction des problèmes implique obligatoirement une figure géométrique sur laquelle toutes les données ont été reportées et toutes les grandeurs sont communément désignées par leur nom mathématique: par exemple, la hauteur de la montagne à mesurer est indiquée comme la hauteur AB. Et surtout, les chapitres *GIA* III, 20 à 25 sont l'illustration fidèle des propositions XVIII à XXI de l'*Optique* d'Euclide²⁷. Enfin, la mesure d'une hauteur inaccessible par double station exposée dans ces chapitres et inconnue du monde gréco-romain provient des recherches des mathématiciens indiens comme Brahmagupta²⁸.

Au début du XI^e s. les clercs latins ne disposaient pas de l'*Optique* d'Euclide, en revanche bien connue des savants arabes depuis le IX^e s., et ils ne pouvaient guère être initiés à une procédure mathématique indienne que par l'intermédiaire de textes arabes. Cela implique que ces chapitres, trompeurs par la banalité de leur lexique et de leur syntaxe, soient issus d'une source arabe. Pour apprécier le travail exact des clercs latins, il faudrait donc pouvoir identifier la source arabe qu'ils ont traduite et qui est sans doute à rechercher dans les travaux de l'école de Maslama de Madrid d'où provien-

²⁶ FRGT A *Quando queris altitudinem uel profunditatem alicuius pelagi ... scire.*

GIA III, 20 *Putei aut cuiuslibet fossae profunditatem sic probabis.*

GIA III, 21 *Cum queris scire altitudinem alicuius montis.*

GIA III, 22 *Si queris sine mutatione hastae.*

GIA III, 23 *Si per speculum aut per concam plenam aquae queris scire altitudinem montium, turrium.*

GIA III, 24 *Si queris scire latitudinem fluuui uel alicuius campi uel turris.*

GIA III, 25 *Si queris aliter scire.*

²⁷ Voir sur ce point H. WEISSENBORN, *Gerbert, Beiträge zur Kenntnis der Mathematik des Mittelalters*, Berlin, 1888.

²⁸ K. VOGEL, «Ein Vermessungsproblem reist von China nach Paris», dans *Historia Mathematica* 10, 1983, pp. 360-367.

²⁹ *ahyldada hoc quo iacet supra dorsum astrolapsus cum quo accipient altitudinem et*

nent les plus anciens traités sur l'astrolabe auxquels est associée la collection ancienne de la *GIA*. Il faudrait connaître le statut de leurs modèles arabes (traités d'optique? de géométrie? d'arpentage? recueils destinés à l'usage scolaire? à la pratique des gens de métier?) pour repérer la part personnelle des clercs latins dans l'élaboration progressive d'une branche spécifique de la géométrie. Comment, d'autre part, interpréter le recours à un lexique banal et limité (sans pour autant être imprécis) dans la collection ancienne de la *GIA*? Faiblesse de la traduction? Faut-il invoquer, dans ce cas, un manque de maîtrise dans la langue de départ ou dans la langue d'arrivée? Pauvreté inhérente à la nature des textes, une collection de procédures concrètes? Par quels transpositions lexicales, dans ce cas, les problèmes théoriques d'Euclide ont-ils glissé dans le domaine de l'application concrète?

En ce premier stade, les clercs latins ont donc bien importé une collection géométrique cohérente et étrangère à la tradition romaine ou carolingienne. On en trouve confirmation dans le fait qu'aucun des instruments cités (perche de visée, *hasta, fustis, lignum*; carré géométrique; sondeur des grandes profondeurs; miroir, *speculum, concha plena aqua*; clepsydre de type bol plongeur; astrolabe, *astrolapsus*) ne correspond à un instrument légué par les *agrimensores* romains. Mais ils transmettent ce premier corpus comme une séquence de recettes pratiques qu'ils n'intègrent pas dans une classification des sciences, qu'ils ne rapportent pas à la géométrie et dont ils n'expriment pas les fondements scientifiques.

Le témoignage des plus anciens traités sur l'astrolabe va dans le même sens: il n'y est fait aucune allusion, du moins dans l'état actuel de la tradition manuscrite, au renouvellement des pratiques géométriques que pourrait permettre l'astrolabe. Le plus ancien traité sur les usages de l'astrolabe, J', ne contient aucun chapitre sur les usages géométriques de l'astrolabe. Le carré du dos de l'astrolabe qui en permet l'utilisation géométrique est bien cité, mais par une brève mention qui semble plutôt faire référence à son utilisation en gnomonique; de même l'alidade de l'astrolabe, qui permet de viser éventuellement l'extrémité de la grandeur à mesurer, est nommée, mais seulement à propos de son emploi pour les usages astronomiques²⁹. Le témoignage du plus ancien traité de construction, h''³⁰, est tout aussi décevant puisqu'il n'est fait aucune allusion à la construction de carré des ombres sur le dos de l'astrolabe³¹.

habet duo capita erecta perforata per que foramina deprehendunt gradus solis et probant stellis et cognoscunt et in dorso tabulae que est diuisa per V per ipsum numerum sciunt altitudines quasque. Et est ibi quadratus umbre per que sciunt altitudine umbre (II B MILLÁS 93-98).

³⁰ h'', *De mensura astrolapsus, Philosophi qui sua sapientia motus siderum*, III MILLÁS (1-69).

³¹ Ce constat est surprenant, car les usages géométriques du carré des ombres sont déjà fixés depuis le IX^e siècle dans le monde arabe: la tradition latine est-elle lacunaire? dérive-t-elle d'une source arabe lacunaire?

3. UNE MAÎTRISE PROGRESSIVE DES INSTRUMENTS DE MESURE ET DES PRATIQUES OPÉRATOIRES

On peut reconnaître dans les collections diffusées au cours du XI^e s. une deuxième génération de textes qui, s'il est difficile d'en établir la chronologie exacte, témoignent d'un progrès dans la maîtrise des savoirs importés de la science arabe.

On peut en trouver une première preuve dans le jeu plus étendu des instruments utilisés pour résoudre les problèmes de géométrie pratique envisagés. On relève:

- la simple visée à 45° sans instrument de soutien³²,
- l'équerre isocèle sous les vocables *mechanica instrumenta*³³, *Dedali instrumenta*³⁴, *orthogonium*³⁵,
- l'équerre de Pythagore, *orthogonium*, *orthogonium pythagoricum*³⁶,
- les perches de visée employées seules ou combinées en équerre *arundo*, *uirga*, *scorpio*³⁷,
- le miroir, *speculum*, *scutella plena aquae*³⁸,
- le gnomon, *uirga*³⁹,
- l'astrolabe, *astrolabium*, *astrolapsus*, *horoscopus*,
- le quadrant «très ancien», *astrolabii quadra pars*, *horologium*⁴⁰,
- le cadran solaire cylindrique, *horologium uiatorum*⁴¹,
- le carré géométrique, *quadratus*⁴².

Ce relevé appelle en lui-même plusieurs remarques.

Les instruments de mesure importés du monde arabe qui ont suscité un regain d'intérêt pour la géométrie chez les clercs latins n'avaient pas à l'origine pour vocation de mesurer l'espace comme le suggèrent les termes qui les désignent. On rencontre différentes dénominations de l'astrolabe qui témoignent de la multiplicité des ses emplois, mais aucune ne renvoie à ses

³² Fragment attribué à Epaphroditus et Vitruvius Rufus, (BUBNOV, ch. 43); Lettre d'Irénée à Dédale, London, British Library, Add. 47679, f. 151^v.

³³ Lettre d'Irénée à Dédale: *dedalo hyreneus salutem. Propositio quae nuper inter fialas et falernum proposueras ad mechanica nos instrumenta plurimum reddidit proptiores...*, London, British Library, Add. 47679.

³⁴ *cuiuslibet igitur altitudinis mensuram si cognoscere uoluerit artificio instrumentorum dedali satis facile patet cognicioni...* (XI, MILLAS 60-71).

³⁵ *GIA* III, 16.

³⁶ *GIA* III, 17; *GIA* III, 48.

³⁷ *GIA* III, 10 à 15.

³⁸ *GIA* III, 8.

³⁹ *GIA* III, 9; Add. 3.

⁴⁰ VII MILLAS.

⁴¹ Traité k ou hv.

⁴² *GIA* III, 19.

usages géométriques même dans les textes qui y font référence: le calque de l'arabe *wazzalcora* commenté par son équivalent latin *id est plana spera*, rappelle qu'il est d'abord la représentation de la sphère céleste sur une surface plane; le vocable *astrolapsus*, «glissement des astres» peut s'expliquer par le fait que la rotation de l'araignée figure la rotation de la sphère des fixes; le calque du grec *astrolabium* indique que l'astrolabe est un instrument d'observation qui permet de prendre la hauteur d'un astre à l'horizon; enfin, le terme *horoscopus* employé dans la *GIA* précise que l'astrolabe sert d'abord à mesurer le temps. De même, le cadran solaire cylindrique et le quadrant très ancien sont désignés sous le terme générique d'*horologium* qui les caractérise comme instruments de mesure du temps. Le miroir vient directement de l'*Optique* d'Euclide et la *uirga* utilisée pour déterminer le rapport d'un objet et de son ombre appartient à la gnomonique. Ainsi, dès cette époque, le lexique des instruments de la géométrie pratique souligne le caractère superficiel de ses affinités avec l'arpentage et indique qu'elle constitue une ramification complexe et secondaire de plusieurs disciplines telle que la gnomonique et l'optique.

Nous pouvons donc constater de nouveau que la géométrie pratique se développe au XI^e s. indépendamment de la tradition des *agrimensores*: il n'est fait aucune référence aux instruments cités dans les textes gromatiques latins (*groma, pertica, dioptra, stella...*). Paradoxalement, le seul instrument récupéré de la tradition latine est l'absence d'instrument, ou plus exactement, la seule visée de l'opérateur à 45°, décrite dans le fragment attribué à Vitruvius Rufus. C'est uniquement cet héritage ténu, peut-être tardif, enrichi sans doute à l'époque carolingienne par «l'invention» de l'équerre isocèle comme instrument de visée par l'énigmatique Irénée⁴³, qui est réintégré aux corpus de géométrie pratique du XI^e s. Et à juste titre, car, contrairement aux autres textes gromatiques, le petit fragment attribué à Vitruvius Rufus et ses avatars ultérieurs relèvent exactement des pratiques opératoires qui caractériseront la géométrie pratique pour Hugues de Saint Victor, c'est-à-dire calculer des grandeurs inconnues à partir de grandeurs connues à l'aide de rapports de proportionnalité: *ex aliis alia proportionaliter coniciendo diiudicat*⁴⁴.

D'où vient cette aptitude nouvelle des clercs latins à reconnaître dans l'usage d'instruments aussi divers un même principe de calcul? Certes, ils ont su percevoir ce qui, dans leur propre tradition, relevait du même champ d'application que les collections de problèmes issus de la science arabe, mais ont-ils d'eux-mêmes réuni en un ensemble aussi cohérent que la *GIA*, classe E, des problèmes résolus avec l'astrolabe, le miroir, le gnomon, les perches de visée? Ou en ont-ils trouvé le modèle dans une source arabe? La

⁴³ Faut-il reconnaître Pacificus de Vérone dans l'auteur de la lettre *Ireneus*?

⁴⁴ R. BARON, *Hugonis de Sancto Victore...* p. 15.

maîtrise dont fait preuve le principal rédacteur de la *GIA*, classe E est-elle un progrès interne au monde latin ou a-t-elle été provoquée par l'apport d'un matériel nouveau⁴⁵?

On peut, d'autre part, suivre les progrès des clercs latins dans l'appropriation de sources arabes en observant les progrès de la latinisation du vocabulaire qu'ils utilisent. Si on s'arrête sur le vocabulaire de l'astrolabe et de ses parties, qui a fait l'objet de nombreuses études⁴⁶, on peut constater qu'à l'époque la plus ancienne, les termes utilisés sont de simples transcriptions de l'arabe. L'identification des réalités désignées par de tels calques se déduit de la description qui en est faite, de l'indication de leur emplacement ou de leur fonction. Par exemple, dans le traité J', on utilise pour désigner la règle de visée uniquement le terme arabe d'alidade:

*ahyldada hoc quo iacet supra dorsum astrolapsus cum quo accipient altitudinem et habet duo capita erecta perforata per que foramina deprehendunt gradus solis et probant stellas*⁴⁷.

Dans une deuxième étape, les auteurs latins restent très tributaires de leurs sources en continuant d'utiliser les calques de l'arabe, mais ils s'obligent à proposer un ou plusieurs équivalents latins. Par exemple, dans le traité h''', le calque *allaida* est accompagné d'une traduction latine *mediclinium* et il en est de même pour les lamelles de l'alidade avec leurs trous de visée: *De scamnellis. Igitur allaida id est mediclinio effecto, tecuba quod interpretatum dicitur palella, uero uulgo uocatur scamnellum*⁴⁸, [...] *De foraminibus tecube. scataba id est foramina unde solis radius excipiatur*⁴⁹. Dans le traité J en II, 12 le terme *alhidada* est glosé par *uerticulum* et *radium*: *habetur etiam ibi Alhidada, id est uerticulum, quod nos radium dicere possumus*. Ces deux derniers exemples nous montrent que la latinisation du lexique ne s'est pas faite selon un canal unique, mais qu'il a existé des lexiques concurrentiels avec leur propre cohérence. Dans une étape finale, le lexique de l'astrolabe s'est largement affranchi de ses sources arabes, quelques calques

⁴⁵ Un petit indice me semble favorable à cette seconde hypothèse: en *GIA* III, 18 (mesure de profondeur par double station), les données sont désignées par des lettres non pas selon l'ordre de l'alphabet latin, mais selon l'ordre de l'alphabet grec.

⁴⁶ On se reportera en particulier aux études de P. Kunitzsch, *Glossar der arabischen Fachausdrücke in der mittelalterlichen europäischen Astrolabliteratur*, Göttingen, 1982 et E. Poulle, «Astrolabium, astrolapsus, horologium: enquête sur un vocabulaire», dans *Science antique, science médiévale, Actes du colloque international, Mont Saint Michel, 4-7 septembre 1998*, L. Collebat-O. Desbordes (Ed.), Hildesheim-Zürich-New York, 2000, p. 437-448.

⁴⁷ II B MILLÀS (93).

⁴⁸ VIII, MILLÀS (41).

⁴⁹ VIII, MILLÀS (49).

se sont imposés et ont pu recevoir une flexion latine, d'autres ont complètement disparu au profit de leurs équivalents latins. C'est le cas des lexiques utilisés dans le traité attribué à Hermann de Reichenau (h) et la composition d'Ascelin (a), dans les règles éditées en Millàs, XIII ou encore dans les traités *De astronomia quare sit ultima artium*⁵⁰ et *Incipit compositio astrolapsus secundum Ptolomeum*⁵¹.

Cette latinisation progressive du lexique suggère quelques remarques. Une rupture dans la cohérence lexicale d'un texte doit faire suspecter une interpolation. Inversement, des textes qui puisent à un même lexique peuvent être issus d'une même école: ainsi les textes qui désignent la règle de visée par le latinisme *mediclinium* (h''), a, *GIA* collection E, les règles sur l'astrolabe éditées en Millàs, XIII, le traité *De astronomia quare sit ultima artium*) présentent d'autres parentés qu'il serait nécessaire d'examiner plus attentivement. Les collections E et D de la *GIA* offrent un lexique entièrement latinisé et ont donc été constituées quand les clercs latins s'étaient déjà bien approprié l'astrolabe. Il en est de même pour les textes qui concernent le quadrant «très ancien» et le cadran solaire cylindrique qui sont d'emblée dotés d'un lexique latinisé mais différent. Le lexique utilisé dans les fragments sur le quadrant très ancien est très proche de celui de la *GIA*, classe E; le chapitre *GIA* III, 6 présente des affinités si évidentes avec le traité sur le cadran solaire cylindrique (k) qu'elles font suspecter que la collection *GIA*, classe D n'a pas pu être constituée avant la rédaction de k. Deux hypothèses peuvent expliquer ce fait. Ou bien la tradition manuscrite est lacunaire et n'a pas transmis les étapes préalables à la latinisation du lexique de ces deux instruments. Ou bien les deux instruments ont été introduits dans le monde latin à des dates peut-être différentes, mais certainement postérieures à l'introduction de l'astrolabe, lorsque les clercs latins étaient en mesure de s'approprier rapidement deux outils dont la conception présentaient des analogies avec l'astrolabe auquel ils s'étaient déjà familiarisés.

Enfin l'aisance grandissante des géomètres médiévaux se devine dans leur formulation plus recherchée des pratiques opératoires. Dans la *GIA*, classe E, la rédaction des problèmes distingue nettement les phases de la procédure. Les tâches matérielles préalables, construction (*constituatur*), mise en place de l'instrument de visée (*componatur*) et réalisation empirique de la visée (*tamdiu trahatur... donec aspiciatur*) sont clôturées par un ablatif absolu qui les distinguent clairement des opérations spécifiques de géométrie pratique: d'une part, la mesure directe des grandeurs connues, *mensuretur, notetur*, d'autre part, l'établissement des rapports de proportionnalité qui permettent de déduire les grandeurs inconnues, *conferatur, comparetur*. La solution du problème est exprimée par une formule comparative

⁵⁰ Avranches, Bibliothèque Municipale 235, f. 28.

⁵¹ XII, MILLÀS.

de type «*qualis comparatio ... eadem comparatio*». La procédure mathématique commune à tous les problèmes (l'établissement d'un rapport de proportionnalité) est désormais bien repérée et elle a reçu une dénomination spécifique: *comparatio*.

Une autre étape semble avoir été franchie dans la rédaction des chapitres *GIA* III, 12-13-14-18. Si l'auteur est bien parti d'une donnée concrète, il passe insensiblement à une modélisation géométrique en manipulant des véritables objets mathématiques construits et identifiés comme tels:

linea orthogonaliter ducta, et locus ipsius... in quo linea terminabitur, parum enim haec distat superiori figura...

On mesure ainsi le chemin parcouru depuis la collection ancienne où l'intérêt était focalisé sur la manipulation directe sur le terrain et ces chapitres où l'attention s'est déplacée vers la construction d'un modèle géométrique.

Une dernière étape peut être perçue dans le chapitre *GIA* III, 6 et le dernier chapitre du traité sur le cadran solaire cylindrique consacré à son usage géométrique, chapitres qui offrent entre eux bien des similitudes. La situation concrète (mesurer la hauteur d'un objet) est traduite par son modèle géométrique et cette traduction s'accompagne d'un embryon de justification théorique de la solution avancée:

et omnino cuiuscumque proportionis triangulum halhidada in quadrato ipso effecerit, eiusdem proportionis triangulum umbra cuiuslibet erecti corporis in planitie stantis formabit.

Le rapport de proportionnalité à la base de la procédure est désigné par un terme spécifique, mais différent des autres chapitres de la *GIA*, *proportio*. L'auteur a pris plaisir à accompagner la solution du problème d'une énumération pléthorique de rapports de proportionnalité dont la dénomination est directement issue de Boèce: *dupla, sescupla, duplex superbipartiens, superquinque partiens septimas*, témoignant ainsi de sa faculté à opérer une synthèse entre la tradition mathématique carolingienne et la tradition arabe.

4. VERS UNE CONCEPTION RENOUVELÉE DE LA GÉOMÉTRIE

Les textes de la deuxième génération font tous preuve d'un intérêt renouvelé pour la géométrie.

Les préfaces de traités sur l'astrolabe font référence à ses usages géométriques qu'ils haussent au niveau de ses emplois astronomiques. Les termes employés ne font plus référence à des tâches manuelles, mais soulignent le caractère mathématique des procédures qu'ils rattachent explicitement à la

géométrie: *geometricaliumque mensurarum scientia*⁵², *geomatricalis scientia*⁵³, *geometricis studiis*⁵⁴. C'est même la géométrie entière qui se trouve assimilée à la sciences des mesures effectuées avec l'astrolabe:

*Componitur in astrolabiu quadratus anuis aliis plurimis maxime his quatuor delectationibus aptus, altitudini, latitudini, putei profunditati terrarum equalitati. Videsne quamsit illustris et nobilis, dum prope nil aliud in figuris geometricis...*⁵⁵.

Les descriptions d'astrolabe mentionnent le carré des ombres et en précisent sans ambiguïté les usages géométriques au détriment de ses usages gnomoniques:

*De astrolabii quadrato. quadratum geometricis inuencionibus seu in inueniendis oris aptum sic mensurando accipe...*⁵⁶,

*quadratum geometricis aptum inventionibus sic mensurandum accipe*⁵⁷,

*cum per ipsum quadratum et mediclinium sit longum latum ac profundum inuenire sit propositum. quod in geometricae regulis satis dictum esse uidetur*⁵⁸.

La même démarche transparait dans les collections géométriques. Les problèmes sont désormais inscrits dans un cadre théorique qui en précise la nature scientifique; ainsi, les collections de la classe E et de la classe D de la *GIA* sont dotés d'un prologue qui indique le sujet traité, *geometricales tractanti diuersitates praemonstrandum est, quas ipsius artis tractatus spondeat utilitates*, et définit les problèmes comme des procédures mathématiques, *theorema*, auxquelles sont jointes des figures à vocation pédagogique, *figura*. Les grandeurs recherchées passent insensiblement du statut de réalités concrètes à celui d'entités mathématiques: *altitudo quaedam* et non plus *altitudo montis, turris...*

Les auteurs des textes de cette génération trouvent la justification pédagogique de leur enseignement dans son intérêt concret, *utilitates*, mais ils le conçoivent comme relevant de la géométrie, et le désignent par les termes

⁵² Traité J, ch. I, 1 et II, 12.

⁵³ [*Fragmentum libelli de astrolabio a quodam (an Lupito Barchinonensi) ex Arabico uersi*], *Ad intimas philosophiae disciplinas*, BUBNOV, p. 374.

⁵⁴ Traité J, ch. I, 1.

⁵⁵ *Incipit compositio astrolapsus secundum Ptolomeum*, XII, MILLÀS (1-81).

⁵⁶ h", *Cum hominum habitaciones equales sibi fore*, VIII, MILLÀS (172-192).

⁵⁷ a, *Compositio Ascelini*, Ch. BURNETT, «King Ptolemy and Alchandreus the Philosopher: The earliest Texts on the Astrolab and Arabic Astrology at Fleury, Micy and Chartres», dans *Annals of Science* 55, 1998, pp. 349-350.

⁵⁸ *De astronomia quare sit ultima artium*, Avranches, *Bibliothèque Municipale* 235, f. 28.

ars, disciplina, scientia, regulae qui lui confèrent une place légitime dans la classification des sciences héritée de Martianus Capella. L'introduction des collections de géométrie pratique au XI^e s. a amené les clercs latins à redécouvrir la géométrie et à reconsidérer son domaine d'application et ses outils, elle est la science des mesures, directes ou indirectes, calculées rationnellement et modélisées par des figures: *geometricalium mensurarum scientia, geometricae regulae, geometricae inuenciones, geometricae figurae, geometricales diuersitates...*

Dans les traités sur l'astrolabe comme dans les collections géométriques, une réflexion théorique s'amorce à propos des catégories dans lesquelles il faut ranger les procédures exposées. Par exemple, le petit traité sur l'astrolabe, *De astronomia quare sit ultima artium*, souligne la triple vocation géométrique du carré de l'astrolabe, mesurer hauteur, largeur et profondeur, *altum, latum, profundum*. Ce classement qui préfigure celui d'Hugues de Saint Victor remonte aux usages conventionnels de l'astrolabe dans les traités arabes⁵⁹. Les catégories *altum, latum, profundum* sont encore tributaires de la manipulation de l'instrument de mesure et de l'opération de visée. En revanche, Hugues de Saint Victor, lorsqu'il a rangé la mesure de profondeur dans la catégorie dénommée *altrimetria*, n'a considéré que l'objet mathématique recherché, un segment vertical, et les calculs effectués pour l'atteindre.

Mais, c'est au principal rédacteur de la collection de la *GIA*, classe E, que revient l'initiative la plus novatrice. Il introduit un classement implicite des procédures en désignant l'opérateur par des dénominations spécifiques: le terme générique *geometra* engendre des spécialisations qui sont autant de néologismes: *planimetra, altimetra, inaccessimetra*⁶⁰ auquel il faut ajouter l'appellation *cosmimetra* du fragment sur la circonférence de la terre. Voilà précisément la plus ancienne attestation dans les textes latins des catégories de la «triade géométrique» attestée dans le *Didascalicon* et la *Practica geometriae*, puis, avec des acceptions différentes des termes *planimetria* et *cosmimetria*, dans le *De diuisione philosophiae* de Gundisalvi, le traité *Geometrie due sunt partes*⁶¹ et le *Tractatus quadrantis*. Quelle est l'origine de cette

⁵⁹ Le traité *Incipit compositio astrolapsus secundum Ptolomeum*, XII, MILLAS (1-81) est le seul à citer exactement les quatre usages géométriques traditionnels de l'astrolabe: *altitudini, latitudini, putei profunditati terrarum equalitati*. Or, si les traités arabes du début du XI^e s de Ibn al-Saffar et d'Ibn al-Samh traitent bien de la question des différences de niveau, dont on trouve l'écho dans les traductions latines du traité d'Ibn al-Saffar du XII^e s par Platon de Tivoli et Iohannes Hispanus, en revanche aucun autre texte latin du XI^e s. ne l'évoque. De quelle source a donc disposé l'auteur de ce traité?

⁶⁰ La leçon '*inaccessimetra*' en *GIA* III, 3 caractéristique de la classe E doit être préférée au texte normalisé de la classe D édité par Bubnov.

⁶¹ Je pense qu'il faudrait explorer l'hypothèse suivante: la collection ancienne de la *GIA*, la collection de la *GIA* classe E et le traité *Geometrie due sunt partes* ne seraient-ils pas des adaptations latines d'époques différentes de sources arabes relevant d'une même typologie, à savoir des traités de géométrie pratique?

anticipation vraiment féconde du rédacteur de la *GIA*, classe E, sur les traités du XII^e s.? Les innovations lexicales *planimetra*, *altrimetra*, *cosmimetra* sont-elles nées d'une recherche interne à la géométrie latine médiévale? Ou sont-elles des réminiscences de catégories déjà présentes dans la terminologie arabe?. Encore une fois, nous voici donc conduits à soupçonner qu'une avancée des clercs latins dans la maîtrise de la géométrie pratique a pour origine un nouvel apport de sources arabes.

En conclusion, on reconnaît les prémices de la géométrie pratique en Occident latin vers la fin du X^e s. ou au début du XI^e s. Elle apparaît bien comme une discipline nouvelle qui se développe indépendamment de la tradition latine des *agrimensores*. La collection ancienne de la *GIA*, introduite et diffusée en même temps que les plus anciens traités latins sur l'astrolabe dans l'Occident latin est la première attestation d'un corpus cohérent de procédures mathématiques constituant la matière de la géométrie pratique. La pauvreté du lexique employé dans cette première collection est en discordance avec la démarche théorique qui lui est implicite. Au cours du XI^e s., les clercs latins témoignent d'une aisance de plus en plus grande dans la maîtrise des outils matériels ou conceptuels de la géométrie pratique: ils disposent d'un jeu d'instruments étendu et savent reconnaître que leur fonctionnement obéît à un même principe, ils délimitent avec netteté les différentes phases des procédures qu'ils emploient, ils intègrent dans leur lexique des dénominations spécifiques et amorcent un embryon de justification théorique aux calculs qu'ils effectuent. Cette assimilation s'accompagne d'un regain d'intérêt pour la géométrie dont les champs d'application et les instruments sont renouvelés. On peut percevoir que l'importation de sources nouvelles n'est sans doute pas étrangère aux progrès réalisés par les géomètres au cours du XI^es. et qu'il faut supposer des rencontres répétées avec la science arabe pour expliquer la diversité des matériaux transmis par la tradition manuscrite latine, mais il reste encore à en approfondir la chronologie relative.

ANNEXE

NOUS AVANS UTILISÉ LES NOTICES DE MANUSCRITS ÉTABLIES PAR:

- W. BERGMANN, *Innovationen im Quadrivium des 10 und 11 Jahrhunderts, Studien zur Einführung von Astrolab und Abakus im lateinischen Mittelalter*, Beiheft 26 *Sudhoffs Archiv*, Stuttgart, 1985.
N. BUBNOV, *Gerberti opera mathematica*, Berlin, 1899, rééd. Hildesheim, Olms, 1963.
J. M. MILLÀS VILLACROSA, *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*, Barcelona, 1931, rééd. 1983.
L. TONEATTO, *Codices artis mensoriae, I manoscritti degli antichi opuscoli latini d'agrimensura, (V-XIX sec.)*, Spoleto, 1994.

LISTE DES MANUSCRITS CONSULTÉS

- AVRANCHES, Bibliothèque Municipale, 235 (XII)
BARCELONA, Archivo de la Corona de Aragón, Rip.225 (XI¹-med.)
CHARTRES, Bibliothèque Municipale, 214 † (détruit en 1944) (XII)
CHELTENHAM (Thirlestaine House), Library of Sir Thomas Phillipps, 4437 (XI-XII)
KØVENHAVN, Kongelige Bibliotek, Gl. kgl. S.277 fol. (aa. 1232-1240)
LEIDEN, Bibliotheek der Rijksuniversiteit, Scalig. 38 (XI)
LONDON, British Library, Add. 47679 (XII)
LONDON, British Library, Royal 15 B.IX (XIII¹)
OXFORD, Bodleian Library, Digby 191 [I°] (XIII ex. XIV in.)
OXFORD, Corpus Christi College, 283 (XI-XII)
OXFORD, Jesus College, 4 [I°] (XII¹)
PARIS, Bibliothèque nationale, lat. 7412 [I°] (XI med.)
PARIS, Bibliothèque nationale, lat. 11246 (Suppl. lat.774) (XV)
PARIS, Bibliothèque nationale, lat. 11248 (XI)
ROSTOCK, Universitätsbibliothek, philol. 18 (XII¹)
SALZBURG, Stiftsbibliothek Sankt Peter, a.V.7 (XII¹- med.)
VATICANO, Biblioteca Apostolica Vaticana, Reg. lat. 598 (XI)
VATICANO, Biblioteca Apostolica Vaticana, Reg. lat. 1661 (XI)
VATICANO, Biblioteca Apostolica Vaticana, Vaticano, lat. 4539 (XV ex. -XVI in.)
WROCLAW, Biblioteka Uniwersytecka, Rehd. 55 (XI ex-XII, 1°q./med)

DEBATE

PH. FLEURY

Je vais commencer pour une question qui peut ouvrir le débat. Vous avez employé l'expression "géométrie pratique" en opposition à la «géométrie théorique» bien-sûr. Mais en fait cette géométrie pratique est une géométrie qui ne sert à rien, qui pour une bonne partie n'a pas d'utilisation pratique, semble-t-il. La mesure de la montagne par exemple ne sert pas à grande chose puisqu'il n'y a pas une cartographie qui établisse les courbes de niveau. La mesure d'un puits ne sert pas à grand chose puisqu'il est aussi simple de le mesurer avec un cordeau. Il est vrai que ces techniques de mesure sont peut-être utilisées pour la mesure de la hauteur des remparts pour lancer les échelles, pour le cadastre, etc. Est-ce que vous avez une idée sur l'intérêt de ces exercices? Est-ce uniquement des études théoriques ou est-ce qu'on peut déboucher sur une utilité pratique?

C. JACQUEMARD

Leur utilité me semble plus scolaire et pédagogique que professionnelle. Mais il faudrait dépouiller plus attentivement les textes. Dans le Carnet de Villard de Honnecourt, qui est un homme de métier, on trouve des recettes de géométrie pratique, illustrées de vignettes, qui ont leurs correspondants exacts dans les textes que nous avons étudiés. Villard de Honnecourt rapporte-t-il des procédures réellement employées par les professionnels ou fait-il référence à des traités théoriques comme peut le suggérer l'explication qu'il a fait figurer sous les vignettes: «totes ces figures sont estraites de geometrie.»? Pour l'instant, je n'ai pas de réponse à cette question. Le fait que l'*Optique* d'Euclide soit la source de tous ces textes indique plutôt qu'il faut voir en eux des applications scolaires. Aucune de ces mesures ne peut être réalisée sur le terrain directement, car il faut supposer des conditions idéales qui ne sont jamais réunies dans la pratique. Si on entend pratique au sens d'utilitaire, la géométrie pratique n'est pas pratique ! Mais ce n'est pas la définition qu'Hugues de Saint Victor donne de l'expression «*geometria practica*»...