

LA SPHÈRE CÉLESTE DE GERBERT D'AURILLAC : SA PLACE DANS L'HISTOIRE DE LA CARTOGRAPHIE DU CIEL

par Elly Dekker

Chercheuse indépendante en cartographie du ciel et instrumentation astronomique.
vanbueren-dekker@planet.nl

Traduction par Laurent Benosa

Cet article examine comment la sphère céleste conçue par Gerbert d'Aurillac à la fin du X^e siècle s'inscrit dans la longue histoire de la cartographie céleste. Après une rapide présentation des deux principales méthodes de cartographie du ciel, la structure d'une demi-sphère avec des tubes de visée, telle qu'elle est décrite dans un courrier de Gerbert à Constantin de Fleury, sera examinée. Cette demi-sphère fait penser à la grille des parallèles en usage dans l'antiquité. Les deux cercles « arctique » et « antarctique » correspondant à la latitude grecque de 36° constituent un aspect crucial de cette grille. Cette grille est également mentionnée dans deux textes relatifs à la construction des globes, insérés dans un manuscrit datant de la première moitié du XII^e siècle, à la suite d'une copie de la lettre de Gerbert adressée à Constantin. Dans ses dernières lignes, le premier de ces textes fait allusion à Gerbert et Hyginus, tandis que le second ne cite qu'Hyginus. La raison pour laquelle la grille antique est mentionnée dans ces textes vient du fait que dans le cadre de la tradition descriptive, cette grille fournit le canevas nécessaire au positionnement des constellations sur le globe. En conclusion, nous analyserons la thèse de Marco Zuccato qui suggérerait que Gerbert s'était inspiré pour concevoir sa sphère céleste d'un ouvrage désormais disparu du philosophe, médecin et astronome Dunash ibn Tamim al-Qarawi. Il est prouvé que les concepts sous-jacents à la conception des sphères de Gerbert ne sont pas en accord avec les façons de produire des sphères célestes dans le monde arabo-musulman, et que par conséquent les conclusions de cette thèse ne sont plus valides.

Mots clé : cartographie du ciel, Sphère céleste, Gerbert d'Aurillac

Gerbert d'Aurillac

Les détails de la biographie de Gerbert d'Aurillac sont assez bien connus (Riché, 1987). Il est né aux environs de l'an 950 dans le sud de la France. Il a reçu une éducation primaire au monastère bénédictin de Saint-Gérald d'Aurillac et étudia ensuite pendant trois années à l'école épiscopale de Vich, près de Barcelone. Très jeune, Gerbert s'est distingué en tant que professeur, et fut appelé comme tuteur des futurs empereurs Otto II (973-983) et Otto III (980-1002). Ce dernier appuya son élection pour qu'il devienne le Pape Sylvestre II en 999. De 972 à 995, Gerbert continua sa carrière d'enseignant. Sous sa responsabilité, l'école épiscopale de Reims devint un centre d'enseignement de premier ordre. La conception de modèles astronomiques pour l'enseignement des arts libéraux suscita en particulier son attention. Richer de Saint-Remy, un des élèves de Gerbert, a décrit avec précision quatre sphères (Latouche, 1937, vol. 2, n° 50-53, p. 58-63) :

- N° 50 : une sphère céleste (*Sphaera solidae compositio*)
- N° 51 : une demi-sphère avec tubes de visée (*Intellectilium circularum comprehensio*)

- N° 52 : une sphère pour l'explication des propriétés (orbitales) des planètes (*Sphaera compositio planetis cognoscendis aptissima*)

- N° 53 : une sphère pour enseigner les constellations (*Aliae sphaera compositio signis cognoscendis*)

Gerbert vécut à une époque où les perspectives scientifiques étaient en évolution, et par conséquent la question des connaissances astronomiques qui étaient réellement utilisées pour la conception de ces sphères se pose. Avant de répondre à cette question, passons en revue l'histoire de la cartographie du ciel.

Traditions cartographiques

Les connaissances médiévales en matière de sphères célestes se sont d'abord appuyées sur la tradition héritée du travail de l'astronome et mathématicien grec Eudoxus qui vécut au IV^e siècle avant Jésus-Christ. Son travail nous parvint grâce au poème didactique *Phaenomena* rédigé par le poète grec Aratus pendant son séjour à la cour du roi macédonien Antigonos II Gonatas. Il y décrit 51 constellations.

Plus tard, ces constellations ont été reliées à des mythes qui facilitaient la mémorisation des différentes configurations stellaires. Le traité le plus récent sur les mythes astronomiques a été attribué à Eratosthène, un autre mathématicien grec, ayant vécu au III^e siècle avant Jésus-Christ. Des descriptions des positions des étoiles dans les constellations ont également été ajoutées afin de faciliter les observations à l'œil nu. La popularité du poème d'Aratus dans l'éducation romaine est attestée par les traductions latines de Cicéron, Germanicus et Avienus. Le recueil *De Astronomia* attribué à l'auteur romain Hyginus, est également étroitement connecté aux textes d'Aratus et d'Eratosthène. Les *scholia*¹ grecques fondées sur les textes d'Eratosthène ont été traduites en latin avant la fin du III^e siècle. Une traduction latine indépendante du texte d'Aratus avec *scholia* a été établie au VIII^e siècle dans le nord de la France ; connue sous le nom d'*Aratus Latinus*, elle a donné lieu à plusieurs versions (Dekker, 2013, p. 1-4).

Les connaissances astronomiques présentes dans ces publications sont parfois qualifiées d'aratéennes, ou classiques, mais sous l'angle de la cartographie céleste, elles se distinguent par la façon dont les étoiles sont positionnées, et pour cette raison, j'ai nommé tradition descriptive l'ensemble de ces connaissances. La méthode de positionnement cartographique utilisée n'est pas très précise car les positions des étoiles dépendent de la façon dont la constellation est réellement dessinée. La représentation de la constellation Orion dans un manuscrit illustré, probablement rédigé à Santa Maria de Ripoll en 1056 (Vatican, bibliothèque apostolique vaticane, Reg. Lat. 123, fol.199v.), en offre un exemple (Blume, Haffner, Metzger, 2012, Band I.1, p. 488-495, et Band I.2, p. 328). Il est écrit dans le texte d'accompagnement qu'il y a trois étoiles dans l'épée. L'illustrateur a été induit en erreur par le fait qu'Orion comporte deux épées. Les trois étoiles sont placées sur la mauvaise épée, ce qu'un utilisateur /lecteur a essayé de corriger plus tard en les repositionnant. Le plus souvent aucune étoile n'est indiquée sur les constellations qui illustrent les manuscrits astronomiques de la tradition descriptive. Sur le plus ancien globe existant relevant de la tradition descriptive (fig. 1) et mesurant environ 6,5 cm de diamètre, 48 constellations sont gravées mais là aussi aucune étoile n'y figure (Dekker, 2013, p. 57-69). Cela ne dissuadait pas les utilisateurs car dans la tradition descriptive, la fonction principale des sphères était de permettre la compréhension du cosmos à travers l'enseignement des constellations avec leurs levers et couchers dans le ciel.

La tradition mathématique de la cartographie céleste – ainsi nommée car les positions des étoiles y sont exprimées en coordonnées mathématiques – démarra également dans l'antiquité, et plus précisément avec le travail de l'astronome grec Hipparchus. Son successeur, l'astronome Ptolémée d'Alexandrie, nous raconte que Hipparchus possédait une sphère céleste (Toomer, 1984, p. 327). Malheureusement, ce globe et son catalogue d'étoiles ont disparu, ce qui explique pourquoi toutes les cartes et globes de cette tradition sont fondés sur le catalogue d'étoiles présent dans le traité *Syntaxis Mathematica* de Ptolémée, connu dans l'occident chrétien comme l'*Almageste* (Dekker, 2013, p. 10-14). A partir de la fin du VIII^e siècle, plusieurs traductions arabes de ce traité de Ptolémée ont été établies. Certaines sont arrivées dans la péninsule ibérique lors de l'expansion arabe du IX^e siècle. Autour de 1175, Gérard de Crémone a utilisé ces versions arabes pour sa traduction latine (Kunitzsch, 1974).

Comme le décrit Ptolémée dans l'*Almageste*, la tradition mathématique fixe d'abord les étoiles sur la sphère, grâce aux coordonnées mathématiques fournies par le catalogue d'étoiles, puis ajoute les contours des constellations. D'un point de vue cartographique, c'est beaucoup plus satisfaisant. La précision des positions des étoiles permet d'utiliser le globe comme un calculateur analogique pour résoudre des problèmes de trigonométrie sphérique.

En parallèle des travaux arabes, des instruments astronomiques ont été également transmis à l'Occident. L'astrolabe est le plus connu d'entre eux, qui apparaît d'abord dans l'Espagne musulmane puis dans l'occident chrétien. Les sphères suivirent un autre chemin. Les sphères arabes étaient en circulation dans la péninsule espagnole au XI^e siècle. La sphère céleste arabe présente dans les collections de la Bibliothèque nationale de France et représentée en figure 2 en atteste (Dekker et Kunitzsch, 2008/9). Cette sphère exceptionnelle a été fabriquée en Espagne en 1080 environ et son iconographie relève d'une tradition orientale ; elle met en évidence la transmission de savoir depuis le Moyen Orient jusqu'en Espagne. L'influence de la production arabe de globes se fit sentir beaucoup plus tard en Occident, et principalement à travers les traités de fabrication des sphères dans la tradition mathématique. Aux environs de 1250-1270, le traité sur les globes de Qusta ibn Luqa a été traduit en catalan à la cour du roi Alphonse X. Une traduction en latin en a été faite autour de 1300. Un autre traité en latin, le *Tractatus de sphaera solida*, sans doute d'origine arabe également,

1 Note philosophique due à un commentateur ancien (NdT)



*Figure 1 : Globe antique, I^{er} siècle avant J.-C.
Source : Paris, Galerie J. Kugel.*



*Figure 2 : Globe céleste arabe, vers 1080.
Source : Paris, Bibliothèque nationale de France, département des Cartes et plans, Ge A 325.*

a été rédigé à la même époque (Dekker, 2013, p. 337-343).

C'est dans ce contexte que se pose la question de la source d'inspiration de Gerbert dans la conception d'un globe céleste, soit qu'elle relève de la tradition astronomique gréco-romaine, telle que celle-ci est exposée dans de nombreux manuscrits illustrés alors en circulation, soit qu'elle provienne du savoir-faire mathématique gréco-arabe arrivant par l'Espagne. Son style graphique met-il réellement en évidence l'influence d'un modèle arabe, comme cela a été suggéré (Zuccato, 2005a, 2005b) ?

La demi-sphère à tubes de visée de Gerbert

Pour répondre à cette question, il est instructif d'observer attentivement la structure de la demi-sphère à tubes de visée, telle qu'elle est décrite en détails dans la lettre de Gerbert adressée à Constantin de Fleury, futur abbé de Saint-Mesmin-de-Micy, car elle met clairement en évidence la pensée sous-jacente au raisonnement astronomique de Gerbert (Riché P. et Callu J.P., 1993, Vol. II, pp. 680-687 et Lattin H.P., 1961, p. 36-9). Mostert relève dix copies de cette lettre, la plus ancienne d'entre elles écrite à Corbie à la fin du X^e siècle (Mostert, 1997). Une autre copie, non relevée par Mostert, se trouve dans un manuscrit à Darmstadt (Bibliothèque universitaire, ms 1020, fol. 59r-60v), où la lettre est adjointe à d'autres textes instructifs pour une meilleure compréhension de la sphère céleste de Gerbert. Le manuscrit date de la première moitié du XII^e siècle, et une note ajoutée au début du XV^e siècle suggère qu'il a été rédigé à l'abbaye de Saint-Jacob à Liège : *Liber Monasterii Sti Jacobi Leodiensis, cuius titulus est helpericus abbas de compoto*. Avant d'interroger ces autres textes, examinons la lettre de Gerbert à Constantin.

Les instructions de Gerbert commencent par la réalisation d'une sphère solide en bois et le tracé de cinq cercles célestes parallèles de telle sorte qu'ils soient placés à 6, 11 et 15 unités ou multiples de 6° à partir des deux pôles opposés de la sphère (fig. 3, en haut à gauche). Cette sphère doit ensuite être coupée en deux et l'une des deux moitiés est suspendue. Ensuite, sept trous sont percés au milieu des cinq cercles parallèles et à travers les pôles Nord et Sud. Chaque trou permet de fixer un tube de visée (fig. 3, en bas à gauche). Pour utiliser la demi-sphère, sa face convexe est positionnée vers le haut (fig. 3, à droite), et les deux tubes sur le diamètre sont alignés avec l'axe des pôles grâce à l'étoile polaire. Si une incertitude

demeure en ce qui concerne l'étoile polaire, Gerbert conseille de prendre un tube de visée, orienté vers l'étoile estimée être l'étoile polaire, et de bloquer le tube dans cette position. Si l'étoile visée est bien l'étoile polaire, elle restera dans l'axe de visée du tube toute la nuit. Si c'est une autre étoile, elle se déplacera et sortira de l'axe de visée du tube.

A l'époque de Gerbert, l'étoile polaire (alpha UMi) se trouvait à 7° du pôle nord. On a suggéré que Gerbert se référait à une autre étoile, de luminosité plus faible, 32H Camelopardalis. Cette suggestion est étayée par un croquis de la sphère de Gerbert (fig. 4) dans un manuscrit du XI^e siècle (Paris, BnF, ms lat. 7412, fol. 15r). Un croquis similaire de la demi-sphère de Gerbert se trouve au British Museum à Londres (ms Old royal 15.B.IX, fol.77r Wiesenbach, 1991, p. 140). Le croquis présent dans l'illustration figure 4 porte le titre de *HEMISPERIUM* et le texte entre les tubes, *SEPTEM FISTULAE SEMI PEDALES*, prouve qu'en effet il s'agit bien ici de la demi-sphère à tubes de visée de Gerbert. Wiesenbach a démontré que le dessin dans le coin inférieur droit (voir détail en figure 5) est destiné à montrer comment trouver l'heure la nuit avec l'aide de l'horloge stellaire inventée par Pacificus de Vérone (Wiesenbach, 1993). Son argument selon lequel l'horloge stellaire construite par Gerbert pour l'empereur Otto III en 997 pendant son séjour à Magdeburg est une copie de celle de Pacificus est convaincant. Bien que l'horloge stellaire et la demi-sphère de Gerbert ne soient pas directement en relation, elles ont en commun de nécessiter d'être orientées vers le pôle nord pour pouvoir être utilisées. Cela met en relation le croquis en bas à droite avec le dessin principal de la figure 4. Sur le croquis, le tube de visée n'est pas orienté directement vers l'étoile polaire (Alpha UMi), mais vers une étoile dénommée *computrix*, que Wiesenbach a identifiée comme étant 32H Camelopardalis. Une personne dotée d'une vue perçante serait capable de la distinguer, surtout en se servant d'un tube de visée, mais pour l'étudiant moyen et inexpérimenté elle reste difficile à observer.

Les cercles « arctique » et « antarctique »

Le dessin de la demi-sphère rappelle le schéma des cercles parallèles comme décrit dans l'antiquité par l'astronome Geminus et l'auteur romain Hyginus par exemple, tous deux vivant au I^{er} siècle avant Jésus-Christ. Le détail le plus caractéristique de ce modèle est la paire de cercles « arctique » et « antarctique » qui distingue respectivement la partie du ciel où les étoiles sont toujours visibles de celle où les étoiles ne sont jamais visibles, par rapport à celles qui se lèvent

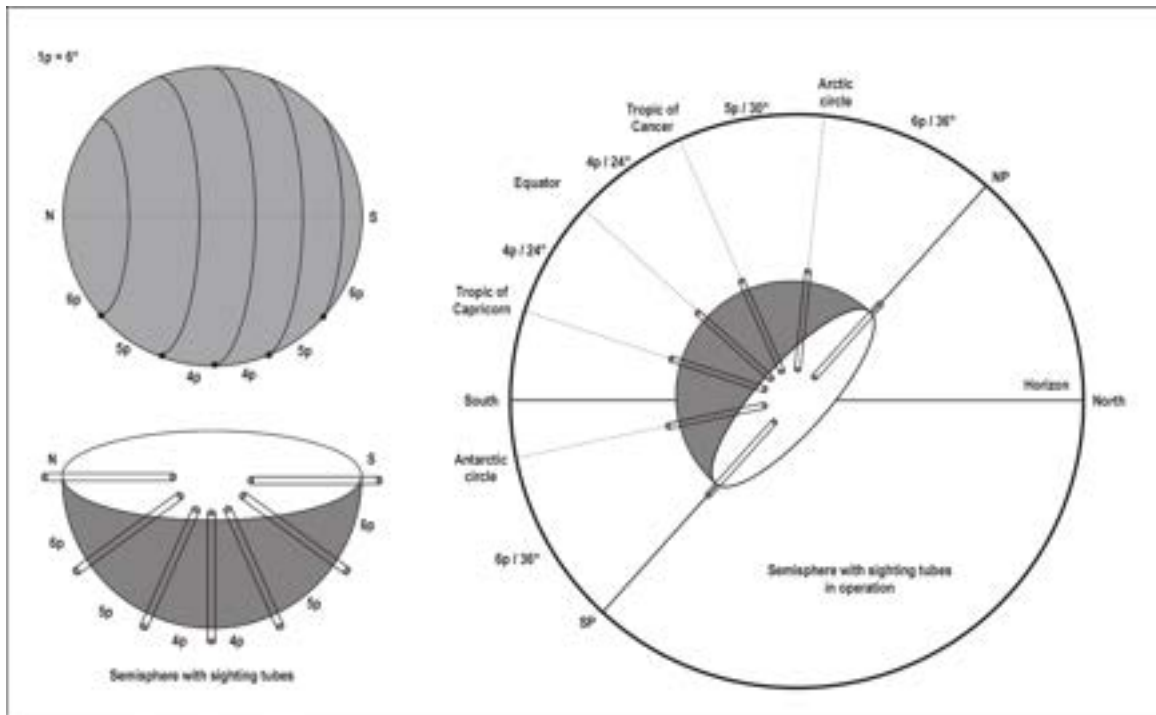


Figure 3 : La demi-sphère à tubes de visée de Gerbert. Schéma de l'auteur.

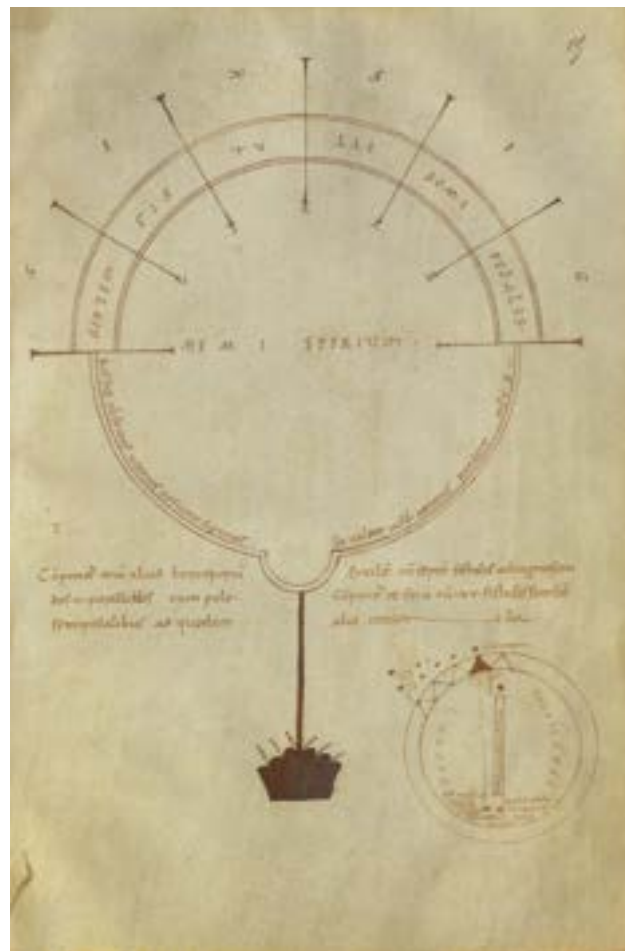


Figure 4 : Dessin d'une demi-sphère à tubes de visée.

Source : Paris, Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, latin 7412, fol. 15r.

et se couchent. Pour cette raison ces cercles dépendent de la latitude géographique. Dans le traité *De nuptiis Philologiae et Mercurii*, son auteur latin Martianus Capella (fl. C. 410-420) introduit les cercles « arctique » et « antarctique » comme des cercles qui décrivent le niveau des horizons nord et sud (Dick, 1925, VIII.18). Ce traité se trouvait dans la bibliothèque de Gerbert (Riché, 1987, Annexe). Dans la figure 6, ces cercles sont tracés pour la latitude grecque de 36°.

Pouille semble penser que les cercles « arctique » et « antarctique » situés à 36° de leur pôle respectif doivent être compris comme des cercles polaires modernes, qui sont situés à 24° des pôles (Pouille, 1985, p. 604). Il interprète les cercles de Gerbert à 36° comme des erreurs graves. Mais pourquoi donc les cercles de Gerbert devraient-ils être considérés comme devant être réellement placés à 24° ? Sans aucun doute, Gerbert pouvait connaître la signification précise de parallèles placés à 36° des pôles. En regardant dans un tube de visée dirigé vers le cercle « antarctique » on n'aurait pas vu le ciel, prouvant ainsi que les cercles à 36° de leur pôle respectif ne coïncident pas avec les cercles « arctique » et « antarctique » de sa propre latitude. Ainsi, le cercle « antarctique » dessiné sur la demi-sphère n'a d'autre objectif que la symétrie obtenue. Comme nous le verrons plus loin, le cercle « antarctique » n'est pas superflu pour construire une sphère. Cela étant dit, la question qui se pose est de savoir pourquoi Gerbert n'a pas utilisé les cercles « arctique » et « antarctique » de sa propre latitude, ce qui a plus de sens sur le plan astronomique.

A ce propos, il est judicieux de noter que la configuration des cercles parallèles de Gerbert réapparaît dans la sphère de William de Hirsau (c. 1030-1091), un moine bénédictin de Saint-Emmeran, qui devint plus tard abbé de Hirsau (Weisenbach, 1991). Au sommet du piédestal de la statue se trouve un disque de 60 cm de diamètre, avec une sculpture du poète Aratus, comme le texte sur la périphérie en atteste : *SYDEROS MOTUS RADIO PERCURRIT ARATUS* (Aratus a suivi le mouvement des étoiles avec un bâton de géomètre). Le fait que ce soit Aratus, et non Ptolémée, qui soit cité, montre que la pensée astronomique gréco-romaine dominait encore l'occident chrétien au XI^e siècle. L'instrument concret se trouve sur l'autre face du disque. Il s'agit d'une grille gravée dans la pierre avec des emplacements pour maintenir des tubes de visée. Une reconstitution de la grille se trouve en figure 7. Le texte à la périphérie du disque, *CLYMA CYCLI CARDI CELI LOCUS EXTIMA SIGNI MULTUA AD HEC USUS PATET HINC SUB ACUME VISUS* (Le climat, les cercles parallèles, les pôles célestes, la position et les limites des signes, et une diversité d'usage est offerte

par cette face du disque) en explique la structure et l'utilisation. Par rapport à la construction de Gerbert, la sphère de William est une amélioration dans le sens où elle est fixée pour une latitude de 48°. William savait ce que Gerbert ignorait, c'est-à-dire que la hauteur du pôle nord au-dessus de l'horizon est égale à la valeur de la latitude géographique du lieu d'observation. Cette propriété commença à être largement connue dans l'occident chrétien avec l'usage de l'astrolabe au X^e siècle, à une époque trop tardive pour que Gerbert en soit au courant. Le fait que William ait aussi gravé des cercles à une distance de 36° des pôles est spécialement intéressant, et confirme que la position de ces cercles dans le schéma de Gerbert n'est pas due à une erreur. La question demeure de savoir pourquoi Gerbert, et William après lui, n'ont pas utilisé les cercles « arctique » et « antarctique » de leurs propres latitudes, solution plus juste sur le plan astronomique.

Dessiner des constellations

Le dessin des constellations sur des cercles célestes est une activité ancienne qui resta d'actualité tant que les coordonnées mathématiques n'étaient pas en usage. Geminus explique qu'on ne peut percevoir les cercles parallèles virtuels que par les positions des étoiles, « grâce à des observations faites à l'aide d'un *dioptré* » (Evans et Lennart Berggren, 2006, p. 151 et Aujac, 1975, p. 23). Lorsque la demi-sphère de Gerbert est alignée avec l'axe des pôles, les cinq tubes de visée placés aux intersections du méridien local et des cinq cercles parallèles virtuels vont pointer vers l'équateur à mi-chemin des pôles, vers les tropiques à une distance de 24° de l'équateur, et vers les cercles « arctique » et « antarctique » à 36° de leur pôle respectif. Les constellations positionnées sur la grille des cercles parallèles vont défiler les unes après les autres tout au long de l'année. Avec l'usage d'une liste de constellations telle que celle de Hyginus qui les positionne sur la grille des cercles parallèles, la demi-sphère permettra d'apprendre à reconnaître les constellations dans le ciel nocturne (Dekker, 2013, p. 83, Table 2.3). Pour l'identification des constellations situées sur le cercle « arctique » grec, comme elles sont décrites dans ces listes, le tube de visée doit être dirigé vers un point situé à 36° du pôle nord. Cela n'aurait aucun sens de diriger le tube de visée vers 24° ou 48°. Il est donc probable que les cercles situés à 36° des pôles dans le modèle de Gerbert, et celui de William de Hirsau, représentent bien ce qu'ils sont censés être : la version grecque des cercles « arctique » et « antarctique », conformes à la conception de Gerbert et non pas une erreur. On peut désormais comprendre pourquoi les cercles parallèles sont mis

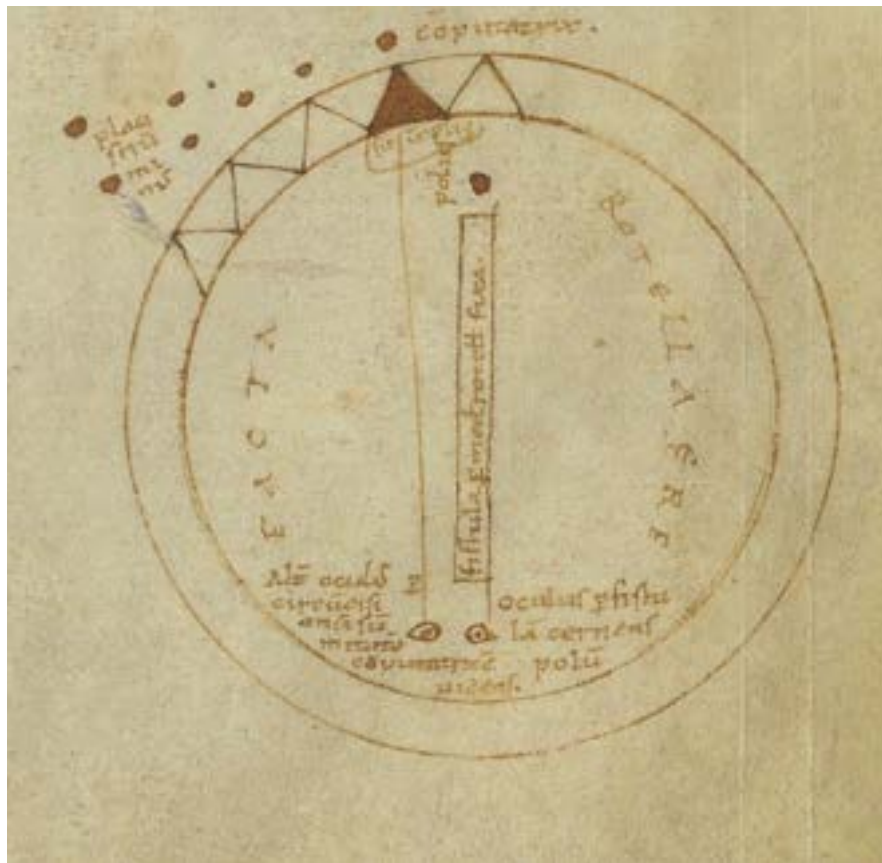


Figure 5 : Horloge stellaire inventée par Pacificus de Vérone.

Source : Paris, Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, latin 7412, fol. 15r.

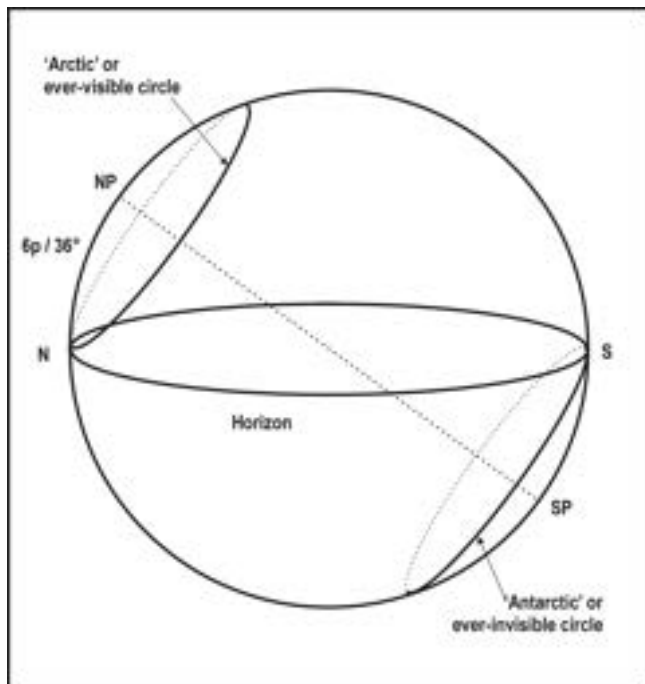


Figure 6 : Les cercles "arctique" et "antarctique" pour la latitude géographique à 36°. Schéma de l'auteur.

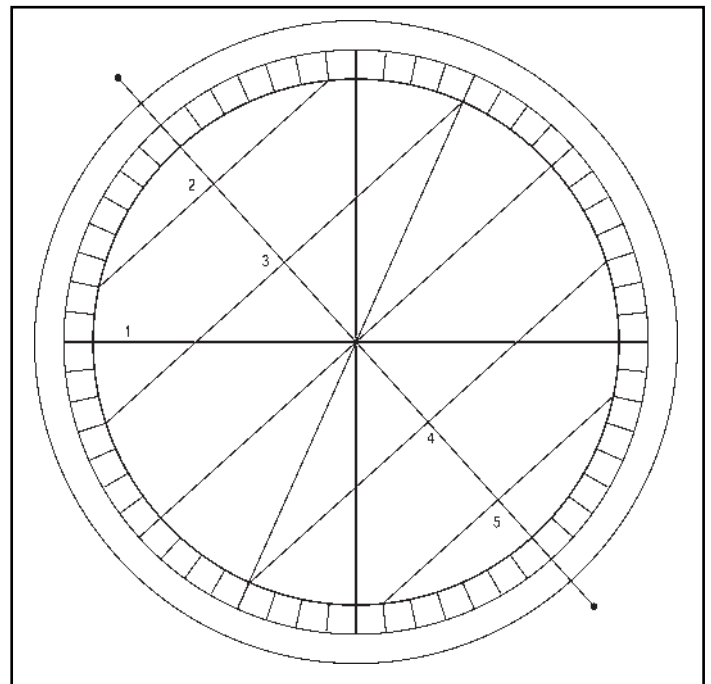


Figure 7 : Reconstitution de la grille de la sphère de William of Hirsau. Schéma de l'auteur.

en évidence dans le modèle de Gerbert. Mais quel est le lien avec sa sphère céleste ?

La sphère céleste de Gerbert

La description que fait Richer de deux modèles de Gerbert (n° 51 et 52) mentionne explicitement la grille de cercles parallèles, et la description du n° 53 fait référence à celle du n° 52. Nous pouvons affirmer que la grille de cercles parallèles était également gravée sur la sphère céleste (n° 50). Malheureusement, Richer de Saint-Rémy ne fournit pas de détails sur la structure, si ce n'est que la sphère est en bois et qu'elle est inclinée sur l'horizon (Latouche, 1937, vol. 2, p. 58). Quelques informations cartographiques sont fournies dans une lettre, que Gerbert adressa à la fin de l'année 988 ou début 989 à Rémy, un moine de Trèves, dans laquelle il propose un choix :

Sed si nimia cura fatigaris habendi, simplici fuco interstinctam, circa marcias kl. eam expecta. Ne si forte cum orizonte, ac diversorum colorum pulchritudine insignitam praestoleris, annum perhorrescas laborem (Riché and Callu, 1993, Vol. II, p. 363).

Manifestement, Gerbert envisage ici deux sphères : (I) une sphère simple quadrillée de traits rouges et (II) une sphère plus élaborée avec un horizon et des traits de différentes couleurs. Il n'est pas évident de savoir si *simplici fuco interstinctam* de la sphère (I) fait référence au tracé des cercles célestes à la surface de la sphère ou à celui des constellations qui dans ce cas auraient été figurées simplement par un trait. Par contre, la phrase *diversorum colorum pulchritudine* de la sphère (II) fait vraisemblablement référence aux dessins des constellations. Il est donc raisonnable de penser que Gerbert a fabriqué des globes avec les constellations dessinées à la surface de la sphère.

Dans ce contexte, les deux textes de Darmstadt (manuscrit 1020) suivant la lettre adressée à Constantin ne sont pas dénués d'intérêt. Les sept premières lignes du premier texte fol. 60v-61v (*incipit: Summa meae cartae brevis est divisio sperae*) décrivent la partition de la sphère en cinq zones construites sur la même grille que celle que Gerbert utilise pour l'instrument avec tubes de visée (Dekker, 2013, p. 169). Le texte continue avec la description des constellations. A la dernière ligne (*explicit: Hec ita Gerbertus cui testis et auctor Higimus*) l'auteur du texte de Darmstadt relie la description de la sphère céleste à deux auteurs : Gerbert et Hyginus.

Le deuxième texte intéressant dans le manuscrit 1020

(fol. 61v) décrit la construction d'une sphère céleste (*incipit: Speram celi facturum ducas circulum per medium globum*). Cette construction s'appuie également sur la grille antique. Le texte mentionne également la présence de colures, c'est-à-dire, des demi-cercles passant par les pôles célestes et respectivement par les points solsticiaux et équinoxiaux, ainsi que d'une bande zodiacale allant de 12° nord à 12° sud par rapport à l'écliptique, c'est-à-dire le double de la valeur citée dans l'antiquité. Pour plus de détails le lecteur s'est également référé à Hyginus (*explicit: Cetera necessaria sperae docet higinus*).

Vers le milieu du premier texte (fol. 61r) se trouve une paire d'hémisphères célestes (fig. 8), avec un texte le long de la carte : *Inde p(ro) funda patent hinc sensib(us) abdita lucent* (Ici les secrets sont révélés, ici resplendissent des choses cachées aux sens) et *Q(uod) mente(m) refugit solet ars reserare figuris* (ce qui échappe à la raison, l'art le révèle à l'aide de dessins). Les constellations mentionnées ici sont soigneusement dessinées mais les étoiles ne sont pas indiquées.

La cartographie de ces cartes de Darmstadt est conforme avec la description des constellations faite par Hyginus. Par exemple, Hyginus décrit la position du Cygne comme *Aestivus autem circulus rostrum eius a reliquo corpore dividit, cauda iungitur extrema cum capite Cephei* (Viré, 1992, p. 99). Sur la carte (fig. 9) le tracé du tropique d'été² sépare clairement le bec du reste du corps tandis que le bout de la queue frôle la tête de Cepheus. En réalité la queue du Cygne et la tête de Cepheus sont séparées d'environ 20°. Puisque ce détail erroné ne se trouve que dans le traité d'Hyginus, le fait qu'il apparaisse sur la carte prouve l'usage du texte d'Hyginus.

Les cartes qui relèvent de la tradition descriptive puisent leur inspiration dans l'antiquité et appartiennent à deux catégories : d'une part les hémisphères centrés sur les colures estivales et hivernales et bordés par les colures équinoxiales, et d'autre part les planisphères centrés sur le pôle nord céleste et étendu vers le cercle « antarctique » (Dekker, 2013, chapitres 3.1 et 3.2). Les hémisphères de Darmstadt ont en commun avec ces cartes traditionnelles le fait que les cinq cercles parallèles sont dessinés en même temps que les colures et la bande zodiacale. Cependant, les représentations cartographiques de Darmstadt sont centrées respectivement sur le pôle nord et le pôle sud et bordées par l'équateur, ce qui inaugure un nouveau format. Cette création médiévale, que l'auteur met en relation avec Gerbert, a pu être introduite par la

2 Tropique du Cancer (NdT)



Figure 8 : La paire d'hémisphères de Darmstadt.
 Source : Universitäts-und Landesbibliothek, Darmstadt, ms 1020, fol. 61r.



Figure 9 : La position du Cygne dans l'hémisphère nord.
 Source : Universitäts-und Landesbibliothek, Darmstadt, ms 1020, fol. 61r

sphère céleste de Gerbert. En effet, si une copie de la sphère céleste de Gerbert nous était parvenue, elle aurait ressemblé aux hémisphères de Darmstadt.

La réalisation des sphères dans la tradition descriptive

Pour réaliser une sphère céleste conformément à la tradition descriptive, les constellations doivent être disposées selon les cinq cercles célestes parallèles et les colures. Eudoxus a fait l'inventaire des constellations situées sur les cinq cercles parallèles célestes et les colures (Dekker, 2009, p. 144-146). Eudoxus put déterminer les constellations situées sur les colures en les observant après avoir déterminé les positions des équinoxes et solstices au centre des constellations zodiacales correspondantes. Tout ce qu'il avait à faire était d'observer quelle constellation non-zodiacale se trouvait au niveau du méridien local au moment où le centre de la constellation correspondante s'y trouvait (Dekker, 2008, p. 220-221). Les données sur les cercles parallèles pouvaient également être obtenues par une observation simple sans instrument de mesure car les positions de lever et de coucher du Soleil sur l'horizon offrent un outil de détermination qui permet de savoir comment une étoile se situe par rapport aux cercles parallèles. Ainsi :

- les étoiles qui effleurent l'horizon vers le Nord sont situées sur le cercle « arctique » ou « cercle du toujours visible »
- les étoiles qui se lèvent au niveau des levers estivaux du Soleil sont situées sur le Tropique du Cancer
- les étoiles qui se lèvent à l'Est sont situées sur l'équateur
- les étoiles qui se lèvent au niveau des levers hivernaux du Soleil sont situées sur le Tropique du Capricorne
- les étoiles qui effleurent l'horizon vers le Sud sont situées sur le cercle « antarctique » ou « cercle du jamais visible ».

Les étoiles qui se lèvent et se couchent sur l'horizon entre ces différentes situations sont positionnées entre les cercles correspondants. Par conséquent, en observant les levers et couchers des constellations, on peut déterminer lesquelles sont situées sur quel cercle, et les positionner conformément à la grille de la sphère céleste. La présence de la grille antique dans le modèle de Gerbert suggère fortement que c'est bien de cette manière que Gerbert conçut sa sphère céleste.

La thèse de Zuccato

En 2005, Marco Zuccato avança l'idée que Gerbert s'inspira d'éléments de la tradition arabe pour concevoir sa sphère céleste (Zuccato, 2005b, p. 763). Sa thèse s'appuie sur trois arguments. D'abord, il s'avance grandement en tentant de démontrer qu'un traité aujourd'hui disparu qui présentait la fabrication de sphères célestes par Dunash ibn Tamim al-Qarawi, un astronome et médecin juif du X^e siècle écrivant en arabe, et travaillant en Tunisie, aurait circulé en Catalogne à l'époque où Gerbert y résidait en 967-970. Ensuite, il relie ce traité à Gerbert en insistant sur le fait que Richer de Saint-Rémy fait référence à un anneau d'horizon, ou *armilla*, en décrivant la sphère céleste de Gerbert. Enfin, Zuccato clame qu'« il n'y a aucune preuve qu'un anneau d'horizon ait été utilisé dans une sphère céleste de démonstration dans le monde chrétien, ni qu'il soit fait mention d'un anneau d'horizon dans les descriptions d'instruments sphériques du monde chrétien avant Gerbert » (Zuccato, 2005b, p. 760).

La première interrogation qui vient à l'esprit est de savoir si le texte de Richer de Saint-Rémy fait vraiment référence à un anneau d'horizon ou *armilla*. Les lignes de la description de la sphère céleste de Gerbert qui pourraient y faire allusion sont :

Quam cum duobus polis in orizonte obliquaret, signa septemtrionalia polo erectiori dedit, australia vero dejectiori adhibuit; cujus positionem eo circulo rexit, qui a Graecis orizon, a Latinis limitans sive determinans appellatur, eo quod in eo signa quae videntur ab his quae non videntur distinguat ac limitet. Qua in orizonte sic collocata, ut et ortum et occasum signorum utiliter ac probabiliter demonstraret, rerum naturas dispositis insinuavit, instituitque in signorum comprehensione. Nam tempore nocturno ardentibus stellis operam dabat, agebatque ut eas, in mundi regionibus diversis obliquatas, tam in ortu quam in occasu notarant. (Latouche, 1937, vol. 2, p. 58-61).

Ces lignes semblent expliquer brièvement la fonction du cercle d'horizon, qui n'est pas significativement différente de ce qu'on peut trouver, par exemple, dans le traité *De Astronomia* de Hyginus. Il est indiqué que les pôles de la sphère doivent être positionnés obliquement par rapport à l'horizon afin de déterminer quelles constellations sont visibles et lesquelles ne le sont pas. Cela ne fait en aucun cas référence à une matérialisation de l'horizon. Certes, il est clair qu'un horizon physique est impliqué dans la lettre de Gerbert à Remi mentionnée plus haut, mais cela signifie-t-il nécessairement qu'il existait

un anneau d'horizon ou *armilla* ? Comme Geminus l'explique : « la position de l'horizon est, bien sûr, perçue grâce au support de la sphère » (Evans et Lennart Berggren, 2006, p. 159). La nature du support indiqué ici reste incertaine, mais à en juger d'après différentes illustrations de l'antiquité, il pourrait s'agir d'un support sans pièces annexes telles qu'un anneau de méridien (Dekker, 2013, p. 4, 12, et 192). Un anneau méridien n'avait aucune utilité puisque dans l'antiquité les sphères étaient conçues pour une latitude de 36°. L'orientation de la sphère pouvait être obtenue à l'aide des cercles « arctique » et « antarctique » comme on peut le voir sur la figure 6. Dans le Livre IV.2.2, Hyginus explique que si on positionne le globe de telle sorte que le cercle « arctique » soit toujours visible et le cercle « antarctique » jamais visible, alors on obtient que les 5/8 de la zone tropicale sont au-dessus de l'horizon et les 3/8 en-dessous, résultat qui correspond à une latitude de 36° (Viré, 1992, p. 127). Bien sûr, Gerbert n'avait pas besoin d'utiliser cette méthode. A la place, il s'est servi de l'étoile polaire et des tubes de visée pour orienter la demi-sphère comme on l'a vu plus haut. La sphère pour enseigner les constellations (n°. 53: *Aliae sperae compositio signis cognoscendis*) est équipée d'un tube pour indiquer le pôle céleste (Latouche, 1937, vol. 2, p. 62-63). La sphère céleste décrite par Notker Labeo (950-1022), un moine bénédictin et chef de l'école du couvent, doit également être orientée vers l'étoile polaire (Wiesenbach, 1991, p. 141). Aucune indication ne permet de savoir si Gerbert savait comment ajuster l'orientation de la sphère à des latitudes géographiques à l'aide d'anneaux d'horizon et de méridien. En effet, Gerbert ne fait jamais allusion à un anneau méridien, qui est une partie indispensable du montage des sphères du monde arabe puisqu'il permet d'ajuster l'orientation de la sphère en fonction d'une latitude donnée. Vraiment, je ne suis donc pas convaincue par l'interprétation que fait Zuccato du texte de Richer.

On peut aussi remettre en question l'affirmation de Zuccato concernant l'absence d'anneau d'horizon dans les descriptions d'instruments sphériques de démonstration dans le monde chrétien avant Gerbert. Des illustrations de sphères circulaient déjà au neuvième siècle dans l'occident chrétien. Le dessin de la figure 10 montre une sphère céleste d'après un traité d'Arateus, rédigé dans le nord de la France, sans doute à Corbie, au début du neuvième siècle (Paris, BnF, ms lat. 12957, fol. 63v.). La sphère est montée sur un anneau méridien supporté par une colonne centrale, et le pôle nord est matérialisé par une vis fixée à l'anneau méridien. Six autres colonnes supportent une sorte d'anneau d'horizon. Étant donné que deux colonnes sont dessinées

devant la sphère et deux derrière, le dessin pourrait représenter une sphère concrète. Cela ne signifie pas obligatoirement que de telles sphères existaient dans l'occident chrétien, mais cela démontre que ce type d'assemblage avec anneaux méridien et d'horizon, ce que Zuccato limite exclusivement au monde arabe, était connu dans l'occident chrétien avant que Gerbert se mette à concevoir des sphères.

Une autre objection encore plus importante contre la thèse de Zuccato est que le concept sous-jacent à la sphère de Gerbert n'est pas conforme avec les principes arabes sur la fonction de l'anneau d'horizon. Comme Zuccato le met en évidence, l'introduction d'un anneau d'horizon « rend le cercle « arctique » aratéen redondant et inutile » (Zuccato, 2005b, p. 759) puisque la sphère peut être adaptée à différentes latitudes terrestres et que, lorsque c'est fait correctement, la détermination des constellations toujours visibles devient très simple. En examinant les sphères arabes fabriquées avant 1500 on remarque qu'il n'y a que des grands cercles qui y sont gravés : l'équateur, l'écliptique, et les méridiens qui passent par les pôles de l'écliptique (Dekker, 2013, p. 323-336). Les tropiques ainsi que les cercles « arctique » et « antarctique » ne figurent manifestement pas. Il n'y a aucune référence à quoi que ce soit qui ressemblerait à une grille antique. Ni que cette grille soit mentionnée dans les traités arabes sur l'usage des sphères célestes. En effet, la grille utilisée et transmise par Gerbert n'appartient pas à la tradition mathématique, laquelle caractérise la fabrication des sphères dans le monde arabe depuis le IX^e siècle, il est donc improbable que Gerbert ait été en contact avec une sphère arabe ou une description de celle-ci ou qu'il connaissait les travaux de Dunash sur les sphères célestes.

Conclusion

Toutes les caractéristiques identifiables des modèles astronomiques de Gerbert sont conformes à la tradition descriptive gréco-romaine comme la littérature astronomique du monde chrétien disponible aujourd'hui le met en évidence. Il n'y a aucun indice d'une inspiration arabe dans les textes de Gerbert. Bien qu'il soit tentant de présenter la sphère céleste de Gerbert comme le maillon qui permit le passage de la science arabe entre l'Espagne et l'occident chrétien, une telle thèse doit être réfutée.

L'importance de la grille antique dans ses modèles suggère fortement que, pour construire sa sphère céleste, Gerbert a utilisé la méthode de fabrication de la tradition descriptive. Les sphères de Gerbert sont dans la chrétienté les premiers instruments pour



Figure 10 : Dessin d'un globe.

Source : Paris, Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, latin 12957, fol. 63v.

enseigner la structure de l'univers qui s'appuient sur la littérature aratéenne.

Les modèles astronomiques de Gerbert ont retenu l'attention de ses contemporains. La sphère de William de Hirsau, la description d'un globe dans le manuscrit 1020 de Darmstadt accompagné de cartes célestes, et

la sphère céleste décrite par Notker Labeo prouvent l'influence exercée par l'entreprise de Gerbert dans la conception de modèles astronomiques. Après 1300, ces efforts médiévaux dans la réalisation de sphères ouvrirent la voie à la production de sphères célestes dans la tradition mathématique.

Bibliographie

Aujac G., 1975, *Géminos. Introduction aux phénomènes*, Paris, Les Belles Lettres.

Blume D., Haffner M., Metzger W., 2012, *Sternbilder des Mittelalters. Der gemalte Himmel zwischen Wissenschaft und Phantasie* Band I: 800–1200, Berlin, Akademie Verlag.

Dekker E., 2008, « A 'Watermark' of Eudoxan Astronomy », *Journal for the History of Astronomy*, vol. 39, p. 223-238.

Dekker E., 2009, « Featuring the First Greek Celestial Globe », *Globe Studies* (English version of *Der Globusfreund*), vol. 55/56 (for 2007/2008), p. 133-152

Dekker E. and Kunitzsch K., 2008/9, « An Early Islamic tradition in globe making », *Zeitschrift für Geschichte arabisch-islamischen Wissenschaften*, vol. 18, p. 155-212.

Dekker E., 2013, *Illustrating the Phaenomena: Celestial cartography in Antiquity and the Middle Ages*, Oxford, University Press.

Dick A., 1925, *Martianus Capella. De nuptiis Philologiae et Mercurii, Liber VIII*, Leipzig, Teubner.

Evans J. and Lennart Berggren J., 2006, *Geminus's Introduction to the Phenomena: A Translation and Study of a Hellenistic Survey of Astronomy*, Princeton and Oxford.

Kunitzsch P., 1974, *Der Almagest. Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in arabisch-lateinischer Überlieferung*, Wiesbaden, Otto Harrassowitz.

Lattin H. P., 1961, *The Letters of Gerbert with his Papal Privileges as Sylvester II*, New York, Columbia University Press.

Latouche R., 1937, Richer. *Histoire de France (888–995)*, Paris, Les Belles Lettres.

Mostert M., 1997, « Les traditions manuscrites des oeuvres de Gerbert », in Charbonnel N. and Iung J-E., *Gerbert L'Européen, Actes du colloque d'Aurillac 4–7 juin 1996*, Société des lettres, sciences et arts 'La Haute-Auvergne', Mémoires 3, p. 307–24.

Pouille E., 1985, « L'Astronomie de Gerbert », in Barabino G., *Gerberto: scienza, storia e mito: atti del Gerberti symposium, Bobbio 25–27 Luglio 1983, Bobbio*, Archivum Bobiense. Studia II, p. 597-617.

Riché P., 1987, reprinted in 2006, *Gerbert d'Aurillac: Le pape de l'an mil*, Paris, Arthème Fayard.

Riché P. et Callu J.P., 1993, *Gerbert d'Aurillac, Correspondance*, 2 vols, Paris, Les Belles Lettres.

Toomer G. J., 1984, *Ptolemy's Almagest*, London, Duckworth.

Viré G., 1992, *Hygini De Astronomia*, Stuttgart and Leipzig, Teubner.

Wiesenbach J., 1991, « Wilhelm von Hirsau: Astrolab und Astronomie im 11. Jahrhundert », *Forschungen und Berichte der Archäologie des Mittelalters in Baden-Württemberg*, vol. 10/2, Stuttgart, p. 109–56.

Wiesenbach J., 1993, « Pacificus von Verona als Erfinder einer Sternenuhr », in Butzer P.L. and Lohrmann D., *Science in Western and Eastern Civilizations in Carolingian Times*, Basel, Birkhäuser Verlag, p. 229–50.

Zuccato M., 2005a, « Gerbert's Islamicate Celestial Globe », in Nuvolone F., *Gerberto d'Aurillac-Silvestro II Linee per una sintesi. Atti del Convegno Internazionale. Bobbio*, Auditorium di S. Chiara, 11 Settembre 2004, Bobbio, p. 167–186.

Zuccato M., 2005b, « Gerbert of Aurillac and a Tenth-Century Jewish Channel for the Transmission of Arabic Science to the West », *Speculum*, vol. 80, p. 742–63.