

SAMUEL GESSNER*

Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia (CIUHCT-FCUL/FCTUNL)
Lisbonne, Portugal
samuel.gessner@gmail.com

ANA MARIA MESQUITA E CARMO

Laboratório de Conservação e Restauro
José de Figueiredo (IMC)
Lisbonne, Portugal
amesquitaecarmo@yahoo.com

*Auteur à qui doit être envoyée la correspondance



**LE GLOBE CÉLESTE
DE SCHISSLER : ENJEUX
D'HISTOIRE DES SCIENCES
ET DE PRÉSERVATION
DU PATRIMOINE**

Mots clés : globe métallique, XVI^e siècle, Christoph Schissler, Augsbourg, XRF, CT scan, vis, cuivre doré

RÉSUMÉ

Le musée du Palácio Nacional de Sintra conserve un globe céleste daté de 1575. Avec sa surface métallique, richement gravée, il provient de l'atelier d'un célèbre fabricant de l'époque : Christoph Schissler le Vieux. Ce travail présente les résultats d'analyse de la structure et de la composition du globe en utilisant la radiographie, la tomographie axiale et la spectrométrie de fluorescence X. L'étude vise à établir, du point de vue historique, les caractéristiques des ouvrages de Schissler ainsi que les conditions pour la conservation préventive. Il est montré que le globe est de composition entièrement métallique. La structure interne, de type armillaire, révèle un système de construction techniquement sophistiqué peu commun pour les globes de l'époque. Sa structure s'avère résistante et en bon état. Ainsi, seules des mesures normales pour ce type de matériaux seront nécessaires pour sa conservation.

ABSTRACT

The Museum of the National Palace of Sintra holds a celestial globe, with a richly engraved metallic surface, that dates from 1575, and is from the workshop of Christoph Schissler the Elder, a famous instrument maker of the time. This work presents the results of an analysis of the globe's structure and composition obtained by radiography, axial tomography, and X-ray fluorescence. The study seeks to establish both the characteristics of Schissler's works from a historical perspective and the conditions for preventive conservation. The globe is shown to be composed entirely of metal. The internal armillary structure results from a technically sophisticated assemblage system uncommon used for globes at the time. Its structure is resistant and in good

CONTEXTES HISTORIQUES ET OBJECTIFS

Christoph Schissler le Vieux (env.1531–1608) était un fabricant renommé d'instruments mathématiques et astronomiques, de mécanismes et d'automates.¹ Son atelier livrait des ouvrages notamment aux princes intéressés par les mathématiques appliquées et l'astronomie comme l'empereur Rudolphe II (Vienne et Prague) ou le prince électeur Auguste de Saxe (Dresde). Encore après la mort du maître fabricant, Mattias Medici acquérait, lors de son voyage en Allemagne, de nombreux instruments signés Schissler pour sa collection en Toscane.² L'atelier de Schissler se trouvait à Augsbourg, à cette époque un important centre d'artisans spécialisés dans le travail du métal, notamment des armuriers, qui jouissaient d'une réputation au-delà des pays germaniques.³ Dès le milieu du XVI^e siècle, les globes célestes et terrestres, souvent produits en paires, faisaient partie de l'équipement courant des cabinets érudits de nobles et de la bourgeoisie cultivée. Au-delà de leur usage cosmographique ils contribuaient au prestige du propriétaire, par leur élaboration précieuse et en mettant en valeur ses connaissances. Néanmoins, le globe céleste de Schissler, de 42 cm de diamètre, est un des rares globes métalliques de grande dimension du XVI^e siècle (Figure 1).⁴ Il faisait autrefois partie des collections royales du Portugal et se trouve actuellement au musée du Palácio Nacional de Sintra (PNS) près de Lisbonne (Numéro d'inventaire 3457).⁵

Un document contemporain du globe nous fournit des renseignements détaillés au sujet de la fabrication d'un globe à surface métallique à Augsbourg. À savoir, Tycho Brahe (1546–1601) décrit dans son livre *Astronomiae instauratae mechanica* (Wandsbek 1598) un globe céleste d'environ 150 cm de diamètre qu'il y a fait fabriquer aux alentours de 1570. Le résultat ne satisfaisait pas l'astronome, car on lui aurait fourni une structure dont la sphéricité n'était pas suffisamment exacte. Un premier défi était donc de confronter la structure du grand globe de Schissler à celle de ce globe construit à Augsbourg pendant les mêmes années, connue grâce à sa description par Tycho Brahe (1598, 54–55). Ce dernier indique que son globe avait une structure interne en bois, source des problèmes de sphéricité. Si le globe de Schissler était de la même constitution, il devrait subir des mesures de conservation appropriées. Le deuxième défi était d'identifier la composition des alliages métalliques employés et les

condition. Therefore, only standard measures for this type of material are required for its conservation.

RESUMEN

El Museo del Palacio Nacional de Sintra alberga un globo celeste con una superficie metálica ricamente decorada con grabados, que data de 1575 y proviene del taller de Christoph Schissler el Viejo, un famoso constructor de la época. Este trabajo presenta los resultados de un análisis de la estructura y composición del globo obtenidas a partir de radiografía, tomografía axial y fluorescencia de rayos X. El estudio pretende establecer al mismo tiempo las características de las obras de Schissler desde una perspectiva histórica, y las condiciones para su conservación preventiva. Se muestra que el globo está compuesto totalmente de metal. La estructura interna, de tipo armilar, resulta de un sistema de construcción técnicamente muy sofisticado poco común para fabricar globos en aquella época. Su estructura es resistente y está en buen estado. Por lo tanto, para su conservación solo es necesario emplear las medidas estándares para este tipo de material.



Figure 1

Globe céleste fait à Augsbourg, 1575, par Christoph Schissler le Vieux (env. 1531–1608), un des plus importants fabricants d'instruments mathématiques en métal. Diamètre 42 cm, Palácio Nacional de Sintra, Portugal, Inv. 3457. (Photo IMC/Cláudio Marques)

détails de sa construction afin de pouvoir mieux connaître les techniques de fabrication maîtrisées à l'atelier de Schissler.

SPECTROMÉTRIE DE FLUORESCENCE X : MÉTHODE ET RÉSULTATS

Le globe n'étant pourvu d'aucune ouverture, sa structure interne demeurait mystérieuse. Extérieurement, le globe se présente comme une sphère relativement intacte, composée de douze segments égaux de métal jaune, en forme de quartier, cloués chacun par 14 rivets en métal oxydé noir sur un support interne. Un seul de ces segments, celui correspondant au signe zodiacal *Pisces*, semble être fixé au moyen de vis à tête creuse au lieu de clous. Seules deux courtes épines métalliques en métal foncé dépassent de la sphère, constituant un axe de rotation. Un anneau méridien numéroté par poinçons et pourvu d'une échelle graduée, leur est attaché par des bracelets vissés sur une des faces. La surface sphérique est gravée au burin avec les cercles célestes, les symboles des signes du zodiaque tout le long de l'écliptique et des centaines d'étoiles distribuées sur 50 figures de constellations exécutées très artistiquement. On y trouve également gravées deux cartouches avec des inscriptions et deux blasons.⁶ Une troisième cartouche contient une échelle de magnitude des étoiles, de la première à la sixième, selon la convention d'Hipparque, avec le symbole correspondant à chaque magnitude, numérotée de 1 à 6. Les symboles des magnitudes 3e, 4e et 5e, ne se différencient que par la taille et la proportion des rayons, ce qui rend leur distinction impossible sur la partie restante du globe. Y avait-il, à l'origine, une coloration (argent, émail, peinture) pour les différencier ? Voici encore une question que l'analyse visait à résoudre et, comme nous verrons ci-dessous, qui a reçu une réponse négative.

La spectrométrie de fluorescence X (XRF) est largement employée dans l'étude scientifique d'œuvres d'art, car l'absence de prélèvements lui confère un caractère totalement non destructif, essentiel quand l'intégrité de l'objet à étudier est une priorité. Cette technique permettra la détermination de la composition des alliages des différents éléments du globe. L'appareil utilisé est un instrument portable (EIS Sarl – modèle XRS38) contenant un tube à rayons X à anode de tungstène et un détecteur semi-conducteur (SDD, Silicium Drift Detector) avec refroidissement par effet Peltier, montés sur un même support selon un angle d'environ 45°, étudié de façon à maximiser le rendement du détecteur. D'un côté et de l'autre de la fenêtre de sortie de la radiation du tube à rayons X, deux lasers ont été placés, perpendiculairement l'un à l'autre, pour indiquer avec précision le point d'excitation. Le logiciel d'acquisition installé dans l'ordinateur MCA 8000A fonctionne sous Windows.

Après un examen à la loupe binoculaire, nous avons effectué une soixantaine d'analyses sur des points situés dans des zones dorées de la surface des douze segments et sur des zones du globe très usées où la dorure a disparu, par exemple sur l'anneau méridien à 41° et 43° sud ou près des signes zodiacaux *Capricornus* et *Aquarius*, à côté de l'équateur. Les analyses réalisées ont

également ciblé la zone où se trouvent des étoiles de différentes magnitudes. Les pointes de l'axe nord, les pans de structure interne apparaissant aux pôles écliptiques ou encore les vis et les rivets de quelques quartiers, ont aussi fait l'objet de mesures (Figure 2). Pour servir de référence en vue d'une analyse quantitative, on a aussi analysé, le même jour et sous des conditions identiques, deux étalons de laiton avec une faible teneur en zinc qui ont, respectivement, des teneurs en cuivre et en zinc de (Cu 93.38% ; Zn 6.30%) et de (Cu 84.53% ; Zn 3.22%) [numéros de série C1112 du US Department of Commerce et BCS n° 183/3 du Bureau of Analysed Samples, Ltd, appartenant les deux à l'Instituto Tecnológico e Nuclear de Lisboa (ITN)].

Les spectres ont été obtenus en utilisant un voltage de 30 kV et une intensité de courant de 0,3 mA pendant 300 s. Une comparaison exhaustive des spectres acquis avec le spectromètre de fluorescence X nous a permis de conclure que l'essentiel du globe n'était pas constitué d'un alliage de cuivre et de zinc (laiton) mais de cuivre doré. Outre l'identification du cuivre (Cu), la forte teneur en or (Au) et la présence de mercure (Hg) nous indique que le globe a été doré selon la méthode traditionnelle avec un amalgame (Figure 3).



Figure 2

Photographie du globe avec indication de points clés analysés par spectrométrie de fluorescence X (XRF)

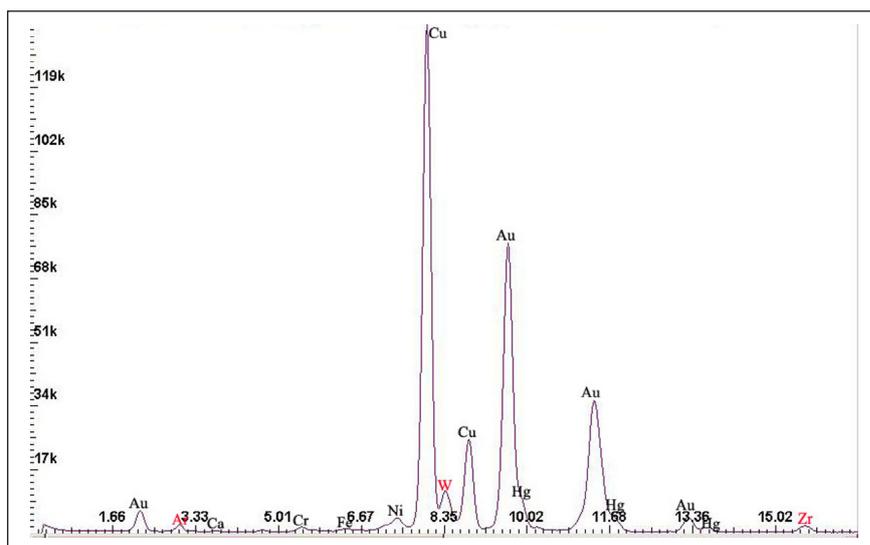


Figure 3

Spectre XRF de la surface d'un segment *Aquarius* identifié comme du cuivre doré avec présence de mercure (Cu, Au, Hg). Ordonnées : comptage. Abscisses : énergie (keV)

Les analyses des zones choisies pour leur usure et l'absence de dorure ont confirmé la composition du globe comme étant de cuivre (Figure 4). Pour l'analyse quantitative, un traitement informatique de ces résultats et leur comparaison avec les alliages-étalons en utilisant le programme PyMCA de l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) a été réalisé à l'Université de Évora. La surface sphérique du globe et l'anneau méridien ont une teneur en cuivre d'environ 97% et une très faible teneur en zinc et plomb.

Les analyses réalisées sur plusieurs points de l'axe nord, sur les pans de structure interne apparaissant aux pôles écliptiques, des vis et des rivets ont permis d'identifier leur alliage comme étant du laiton (Figure 5). Le

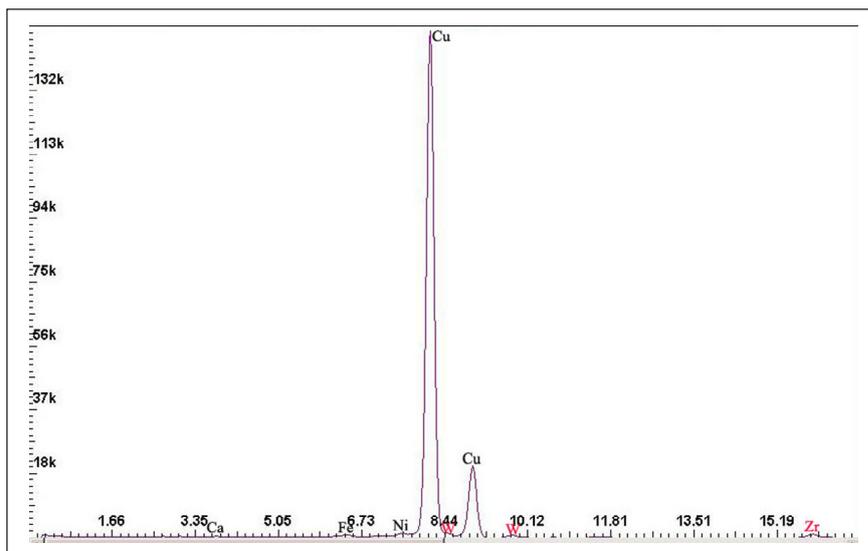


Figure 4

Spectre XRF d'une zone au dorage très usé *Capricornus* $\lambda = 291^\circ$, identifiée comme du cuivre (Cu environ 97%). Ordonnées : comptage. Abscisses : énergie (keV)

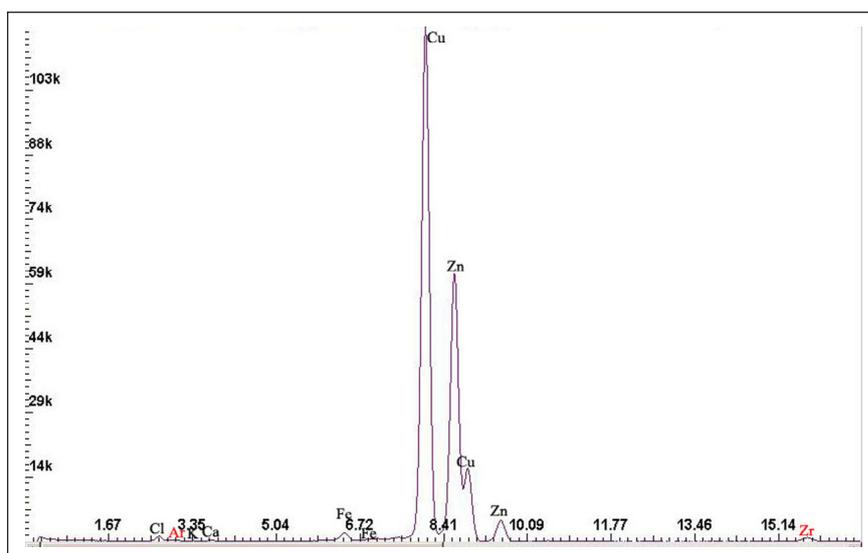


Figure 5

Spectre XRF de l'axe au pôle nord identifié comme un alliage de cuivre et de zinc (laiton) (Cu, Zn). Ordonnées : comptage. Abscisses : énergie (keV)

même traitement informatique a fourni des teneurs en cuivre entre 72 et 75% et en zinc entre 28 et 25%.

Les résultats concernant les points de l'intérieur du globe n'ont pas été concluants, sans doute à cause de la difficulté de les cibler.

L'analyse des étoiles de différentes magnitudes ne nous a pas fourni de différences de composition. Elle n'atteste donc pas la présence d'alliages différents ou de polychromies qui auraient servi à différencier les étoiles de différentes magnitudes (voir *supra*).

RADIOGRAPHIE PLANE: MÉTHODE ET RÉSULTATS

Étant donné l'âge et l'absence d'information concernant la construction du globe et pour éviter de forcer le matériau, on a exclu la possibilité

d'un démontage. Les clous visibles aux bords de chaque quartier sont manifestement fixés sur un support, mais lequel ? L'épaisseur du recouvrement métallique peut être estimée à environ 1 mm, il fallait donc s'assurer de disposer de rayons X d'énergie suffisante pour pénétrer l'objet. Nous avons donc eu recours à un système radiographique (DigitalDiagnost conçu par Philips à usage médical) qui dispose d'un détecteur numérique d'une aire de 43×43 cm.⁷ Cette aire n'était pas suffisante pour reproduire l'ensemble de la pièce, mais l'image, au format DICOM, était suffisamment large pour révéler les éléments structurels constitutifs du globe et leur articulation. Pour s'assurer de la possibilité d'une interprétation tridimensionnelle, lors de la prise des clichés, l'axe de rotation nord-sud du globe a été aligné selon trois axes x , y et z , perpendiculaires les uns aux autres. Les images ont été obtenues en utilisant des rayons X d'un voltage de 125 kV et une dose de 100 mAs.

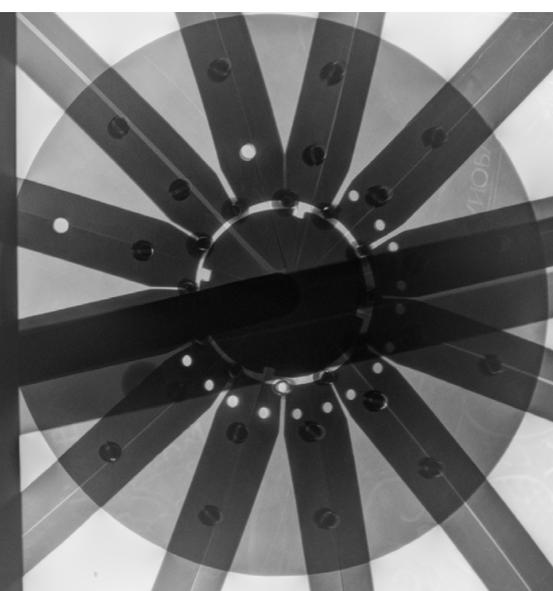


Figure 6

Radiographie plane (125 kV, ca. 100 mAs): image du globe selon l'axe x , mettant en évidence les nervures de la structure interne joignant la calotte du pôle écliptique nord – partiellement visible en marge supérieure

Figure 7

Détail de l'image selon l'axe z du globe produite par radiographie plane (125 kV, ca. 100 mAs) où l'on distingue le système de fixation des nervures sur une des deux calottes aux pôles écliptiques

La radiographie révèle que les segments extérieurs sont rivés sur un faisceau de 12 nervures qui relient deux calottes présentes à chacun des pôles de l'écliptique (Figure 6). Les nervures sont formées de rubans métalliques à section rectangulaire d'environ 20 mm de large et peut-être 2 mm d'épaisseur. Les deux calottes sont tenues à distance par une tige centrale, à section circulaire, passant diamétralement par le centre du globe. La fente blanche visible au milieu de chaque nervure s'interprète facilement comme l'espace minimal aux joints des segments extérieurs. Des paires de taches noires apparaissent à l'endroit où les clous fixent les segments sur la structure interne. Les clous semblent avoir des têtes et des pieds aplatis et donc fonctionner comme rivets. Un anneau complet passe perpendiculairement aux 12 nervures, lié à eux par des vis, faisant le tour exactement au niveau de l'écliptique du globe.

Au fond de la cavité on peut distinguer une vis à tête fendue, isolée et détachée de sa place originale (Figure 6). Elle est à l'origine du bruit qui s'entend lorsque le globe change de position. Son emplacement original est visible sur la radiographie: dans la calotte polaire sud où chacune des douze nervures est vissée au moyen de deux vis de même type (Figure 7). Ce système de fixation se répète au pôle nord de l'écliptique.

TOMOGRAPHIE AXIALE: MÉTHODE ET RÉSULTATS

Finalement, une tomographie axiale (CT scan) devait permettre de confirmer la structure tridimensionnelle déduite des radiographies. L'appareil de tomographie multi-tranche utilisé est du type SOMATOM Sensation 16, produit par Siemens et installé à l'Instituto Português de Oncologia de Lisboa (IPO). Le globe a été scanné en alignant l'axe structurel perpendiculairement aux tranches de radiographie et ensuite en position asymétrique. L'appareillage a permis de créer une visualisation 3D du globe à partir de la deuxième configuration (Figure 8). La visualisation produit quelques distorsions qui ne correspondent pas à la réalité : ainsi, l'anneau du méridien parfaitement circulaire est représenté comme un ovale et la tige qui relie les deux calottes n'apparaît pas rectiligne. Néanmoins, l'image permet de confirmer tout

ce qui a été déduit des images bidimensionnelles. La tige centrale est de section circulaire et a environ 10 mm de diamètre. On peut établir que l'axe de rotation du globe qui suspend son corps dans l'anneau du méridien, ne traverse pas le volume mais n'est formé que par deux épines assises dans la nervure passant entre *Pisces* et *Aries*, et entre *Virgo* et *Libra*.

CONCLUSION

Au moyen de ces analyses nous avons établi que le grand globe de Schissler est de composition entièrement métallique, peu commune pour les globes de l'époque et se distingue donc du globe décrit par Tycho Brahe. Sa structure s'avère résistante et en bon état. Ainsi, seules des mesures normales pour ce type de matériaux seront nécessaires pour sa conservation. Le récit de Tycho Brahe (1598) sur l'acquisition d'un globe à Augsbourg rend compte du souci de l'astronome par rapport à la parfaite sphéricité d'un instrument destiné à servir aux calculs graphiques en cosmographie ou en astronomie. La construction de Schissler sort des chemins battus afin de garantir une structure plus durable et moins sujette à des variations géométriques sous l'influence des conditions ambiantes.⁸

Le globe de Schissler se distingue nettement des autres globes de métal connus du XVI^e siècle (voir note 4). Alors que ceux-là se composent de deux demi-sphères creuses renforcées par une armature simple à l'intérieur, Schissler a élaboré un montage complexe et de grande précision qui incorpore des éléments assemblés par des vis. Stabilisée par les nervures internes, la surface sphérique se compose de douze segments, à l'image des segments qui recouvrent traditionnellement les globes imprimés, en particulier celui de Vopel qui servait de modèle à Schissler (voir note 6). Dans le contexte de l'artisanat des armuriers à Augsbourg, le recours aux vis pour assembler des pièces métalliques avait acquis une certaine tradition (Treue 1962). Schissler lui-même utilisait parfois de grandes vis, généralement pour fixations temporaires (comme pour l'alidade du *Quadratum Geometricum*), pour fixer des pinnules ou le support d'un instrument. Dans le cas du globe, les vis deviennent, avec les rivets, le système principal d'assemblage pour construire l'instrument. Il semble impossible de juger si cette utilisation de vis devait rendre possible le démontage temporaire.

Ainsi, cette étude a permis de répondre aux questions posées du point de vue de la technique des matériaux et de l'histoire des instruments scientifiques, ainsi que de la conservation du patrimoine. La précision d'exécution et la beauté des détails faisaient la réputation des instruments mathématiques de Schissler. Le grand globe céleste du Palácio Nacional de Sintra ne fait que confirmer l'admirable maîtrise de son atelier.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont soutenus et qui ont collaboré lors de la réalisation de ce travail, notamment les Dr. Inês Ferro (PNS), Dr. Marta Lourenço et Prof. Cândido Marciano da Silva

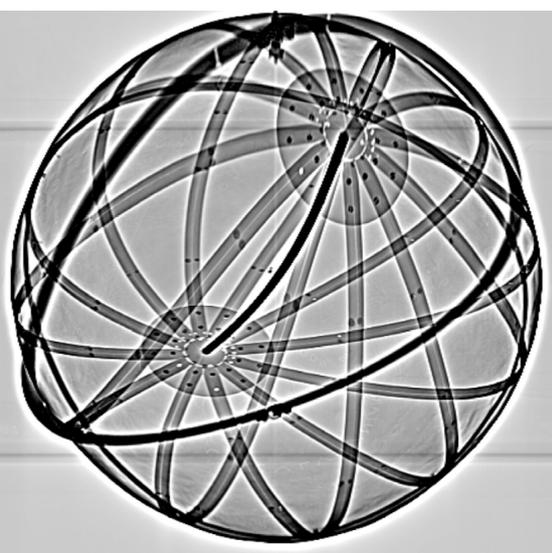


Figure 8

CT scan: Visualisation 3D produisant une image légèrement déformée de la structure du globe

(CIUHCT), Dr. José Carlos Marques et Dr. José Manuel Afonso, Paulo Dias, Ana Isabel Ferreira (IPO), Prof. José Mirão (Université d'Évora), Prof. Fátima Araújo (ITN) et Dr. François Guély.

NOTES

- ¹ Sur Schissler voir surtout Bobinger (1954), Wunderlich (1977). Ne pas confondre avec son fils, maître horloger, Hans Christoph Schissler (av. 1561–ap. 1625).
- ² Sur Mattias Medici (1613–1667) voir Brunelli (2009).
- ³ Sur le développement de l'artisanat à Augsbourg voir Seelig (1995) et plus particulièrement sur les fabricants de *compendia* astronomiques et instruments mathématiques voir Bobinger (1966). Sur les armuriers et leur usage de vis et d'écrous, voir Treue (1962).
- ⁴ À notre connaissance il n'en existe actuellement que trois autres de dimension comparable, le plus grand étant à Cassel, probablement commencé par Jost Bürgi ou Eberhard Baldewein en 1585 ou 1592 et achevé en 1693; 72 cm, cuivre, argent, Astronomisch-Physikalisches Kabinett, Museumslandschaft Hessen Kassel (Inv. A 1) (von Mackensen 1988, 135). Un deuxième, d'un fabricant inconnu, daté de 1502, se trouve au Musée National de la Renaissance, Château d'Ecouen (Inv. Cl. 3218), diamètre 70 cm, cuivre rouge doré (Chapiro 1989, 118–121). Le plus ancien d'entre eux est attribué à Hans Dorn, daté de 1480, conservé au Collegium Maius, Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Cracovie (Inv. 4039, 37/V), diamètre 40 cm, cuivre doré. Il existe encore des globes célestes plus petits signés Schissler, ce sont des globes de table : l'un par le père, 20 cm, (son pendant terrestre se trouve au National Maritime Museum, Inv. GLB0021) et l'autre par son fils. Aujourd'hui les deux se trouvent dans des collections privées (Dekker 2000, 206).
- ⁵ On ne sait pas depuis quand il faisait partie de ces collections. Au moment de l'abolition de la monarchie (1910), il se trouvait exposé sur un comptoir dans la bibliothèque particulière de l'avant-dernier roi, Dom Carlos duc de Bragança (1863–1908), au Palácio das Necessidades. Voir les déclarations de Alberto Girard, en 1913, conservées à l'Archive du Palácio Nacional da Ajuda (APNA).
- ⁶ Le globe a été pour la première fois décrit par Estácio dos Reis (1990). La source utilisée par Schissler pour les constellations, leurs noms et les noms des étoiles a été déterminée par Gessner (2010) comme étant le globe céleste imprimé de Caspar Vopel, daté de 1536 (le seul exemplaire connu de ce globe de 29 cm est au Kölnisches Stadtmuseum, Cologne, Inv. 1984–448).
- ⁷ L'équipement ainsi que le personnel d'opération a été gracieusement mis à disposition durant toute la journée du dimanche 22 mars 2009 par l'Institut Português de Oncologia de Lisboa (IPO).
- ⁸ Voir également, au sujet de la sphéricité et de la durabilité, la lettre de Johannes Mayr (Maior), professeur au Lycée municipal d'Augsbourg, adressée à Tycho Brahe et datée 2 août 1576 (Dreyer 1924, 36).

RÉFÉRENCES

- BOBINGER, M.** 1954. *Christoph Schissler der Ältere und der Jüngere*, Schwäbische Geschichtsquellen und Forschungen, vol. 5. Augsburg, Bâle: Verlag die Brigg.
- BOBINGER, M.** 1966. *Alt-Augsburger Kompaßmacher. Sonnen-, Mond- und Sternuhrmacher*, Bd. 16 Abhandlungen zur Geschichte der Stadt Augsburg, Schriftenreihe des Stadtarchivs, Augsburg, Hans Rösler Verlag.
- BRAHE, T.** 1598. *Astronomiae instauratae mechanica*. Wandsbek (Hambourg): Propria authoris typographia opera Philipp von Ohr.
- BRUNELLI, G.** 2009. Medici, Mattias de'. In *Dizionario biografico degli Italiani*, 73, 142A–144A. Rome: Istituto della Enciclopedia Italiana.
- CHAPIRO, A., CH. MESLIN-PERRIER, A.J. TURNER et H. OURSEL.** 1989. *Catalogue de l'horlogerie et des instruments de précision du début du XVIe au milieu du XVIIe siècle. Musée National de la Renaissance Château d'Ecouen*. Paris: Édition RMN.

DEKKER, E. 2000. Globes in Renaissance Europe. In *The History of Cartography, Volume 3. Cartography in the European Renaissance*, ed. David Woodward, 135–173. Chicago: University of Chicago Press.

DREYER, J.L.E., éd. 1924. *Tychonis Brahe Dani opera omnia*. 7, Copenhague: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag.

ESTÁCIO DOS REIS, A. 1990. The oldest existing globe in Portugal. *Der Globusfreund. Wissenschaftliche Zeitschrift für Globen- und Instrumentenkunde*, 38, 57–65.

GESSNER, S. 2010. The Vopelius – Schissler connection: transmission of knowledge for the design of celestial globes in the 16th century. In *[SIS] Bulletin of the Scientific Instrument Society* 104: 32–42.

SEELIG, L. 1995. *Silver and gold: courtly splendour from Augsburg*, tr. E. Clegg, photogr. Wolf-Christian von der Mulbe. Munique: Prestel-Verlag.

TREUE, W. 1962. *Die Kulturgeschichte der Schraube*. 2^e éd. amplifiée par R. Kellermann. Munique: Bruckmann.

VON MACKENSEN, L., H. VON BERTELE et J.H. LEOPOLD. 1988. *Die erste Sternwarte Europas mit ihren Instrumenten und Uhren. 400 Jahre Jost Bürgi in Kassel*. 3^e éd. Munique: Collwey Verlag.

WUNDERLICH, H. 1977. *Kursächsische Feldmesskunst, artilleristische Richtverfahren und Ballistik im 16. und 17. Jahrhundert*. Beiträge zur Geschichte der praktischen Mathematik, der Physik und des Artilleriewesens in der Renaissance unter Zugrundelegung von Instrumenten, Karten, Hand- und Druckschriften des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons in Dresden. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.

DOCUMENTS D'ARCHIVES

APNA – Archive du Palácio Nacional da Ajuda, DGFP – Direcção Geral da Fazenda Pública (fond). *Entregas efectuadas à Família Real Portuguesa e respectivos processos*, Vol I., Relação n.º 5, f. 246 et suivants.