HORLOGES ET GLOBES : PROLÉGOMÈNES À UNE ANALYSE HISTORIQUE

par Anthony Turner

Historien indépendant
24, rue du Buisson Richard, 78600, Le Mesnil-le-Roi, France
anthonyjturner@orange.fr

Après un survol des différents types de globes mécaniques connus à ce jour, cet article offre une classification préliminaire et quelques remarques sur l'historiographie actuelle du sujet.

« Les globes mécaniques sont les parents pauvres de l'histoire de l'horlogerie ; ils méritent une étude plus approfondie » (Betts 1999, 59).

Les globes peuvent être ajourés ou pleins, *sphaerae armillae ou sphaerae solidae*. Cela constitue une première sous-division de leur classification. Les deux catégories remontent à l'Antiquité, et toutes deux pouvaient être mécanisées. Les horloges peuvent prendre la forme d'un globe ou incorporer un globe. C'est un second niveau de classification. Mais les sphères peuvent également avoir une surface unie ; elles peuvent être décorées ; elles peuvent être cartographiques, célestes ou terrestres. Toutes peuvent être soit ajourées soit pleines, et les globes cartographiques existent aussi sous une double forme, comme paire de globes célestes et terrestres, ou dans une structure unique.

Le terme globe-horloge sera utilisé ici pour désigner les globes dont le mécanisme horloger se situe à l'intérieur de la sphère ; le terme horloge-avec-globe désignera les mécanismes pour lesquels le globe n'est qu'un élément parmi d'autres dans la structure globale. Les deux peuvent exister, et ont existé, dans de nombreuses variantes. Les globes cartographiques constituent un sous-groupe particulier, mais d'une importance majeure, d'une grande variété.

La classification des horloges et globes associés peut être effectuée selon leurs formes extérieures, ou selon le mécanisme d'entraînement du globe. Le tableau 1 permet de visualiser une classification qui combine les deux méthodes.

Ce schéma peut être ensuite complexifié – les horloges-avec-globes et les globes-horloges peuvent sonner les heures ou pas, ils peuvent également montrer éventuellement le mouvement des planètes. Le cas échéant, ils peuvent déployer des axes ou *armillae* pour les mettre en scène. D'autres différences, sans doute moins significatives, peuvent être relevées comme les matériaux utilisés pour la fabrication du

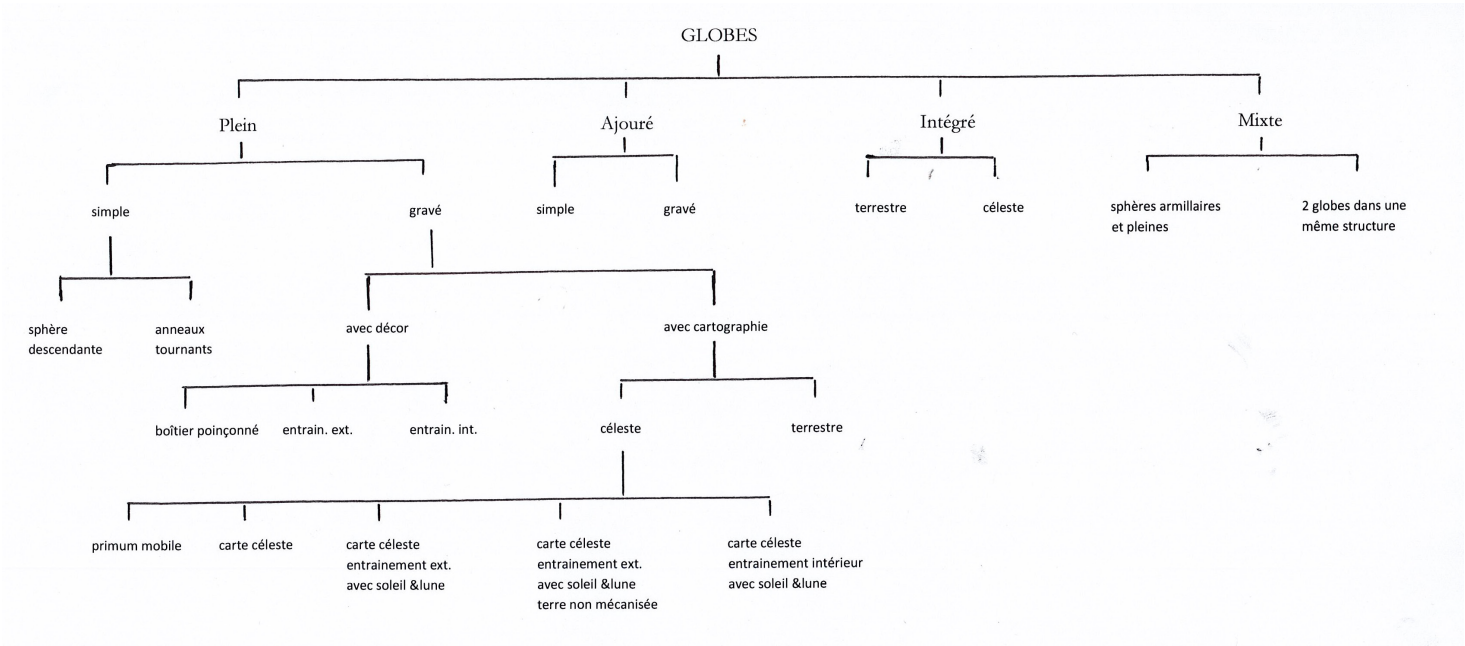

Tableau 1 : Classification des globes-horloges. Source : Anthony Turner.

globe. Ils peuvent être en métal précieux gravé, or ou argent, en cuivre, plaqué d'or ou d'argent ; il peut s'agir d'une sphère métallique recouverte de papier imprimé, ou plus simplement d'une boule de papier mâché et de plâtre, voire réalisés en porcelaine ou émail. Les mécanismes de ces instruments permettent également de les classer ou de les analyser. Le type d'échappement mis en œuvre n'est pas significatif car il s'inscrit dans la continuité chronologique des techniques développées, mais au sein du groupe des globes-horloges les solutions utilisées pour la transmission du mouvement entre la source d'énergie et les éléments géographiques ou astronomiques permettent de les catégoriser et de suivre les influences de chaque manufacturier. Pour les modèles mixtes combinant une sphère armillaire et un globe plein, la distinction entre les modèles de Ptolémée et de Copernic n'est pas inutile, bien qu'elle ne soit sans doute pas analytique.

Quelle que soit la classification utilisée, elle n'a d'utilité que si elle est comparée à la succession historique des globes-horloges et horloges-avec-globes connus. Une première tentative a été effectuée avec quelque deux-cent-vingt globes-horloges ou horloges-avec-globes recensés. Dans cette liste, les paires de globes et les globes-horloges mixtes n'ont été comptabilisés qu'une seule fois ; des globes faisant partie d'horloges astronomiques ou de planétaires, mécanisés ou non, en ont été exclus comme les globes lunaires mécanisés, par exemple le *Selenographia* de John Russell (Ryan, *passim*). La première opération à mener, la plus évidente, consiste à classer les modèles chronologiquement.

					Total
Avant 1500					3
1501-10	1511-1520	1521-30	1531-40	1541-50	
1	0	1	1	5	11
1551-60	1561-70	1571-80	1581-90	1591-1600	
7	7	7	19	6	46
1601-10	1611-20	1621-30	1631-40	1641-50	
3	1	7	0	4	15
1651-60	1661-70	1671-80	1681-90	1691-1700	
12	13	4	12	2	43
1701-10	1711-20	1721-30	1731-40	1741-50	
6	2	3	2	3	16
1751-60	1761-70	1771-80	1781-90	1791-1800	
6	4	37	3	6	60
1801-10	1811-20	1821-30	1831-40	1841-50	
5	0	5	6	1	17
1851-60	1861-70	1871-80	1881-90	1891-1900	
2	4	2	0	0	8
1901-10	1911-20	1921-30			
1	4	1			6
				Total	220

Tableau 2 : Production de globes-horloges et d'horloges-avec-globes par décennies

Le production de globes mécaniques se situe entre 0 et 10 pour la plupart des décennies, et dépasse largement ces valeurs entre 1581 et 1590 dans la décennie où Georg Roll (1546-1592), Jost Burgi (1552-1632), et Johann Reinhold (1586-1639) en produisaient ; on note la présence d'horloges-crucifix avec globes mobiles dans les décennies 1651-60 et 1661-70 bien que de nombreuses autres aient été produites certainement dans les décennies précédentes ou suivantes ; 1771-80 comptabilise la production extraordinairement prolifique de Philip Mathaus Hahn (1739-1790) alors que certaines de ses horloges auraient sans doute pu être placées dans la décennie suivante.

Un exercice plus complexe consiste à essayer une distribution de l'échantillon selon la classification présentée plus haut. Les détails exhaustifs ne sont pas disponibles pour tous les modèles recensés et leur classement est parfois arbitraire. Dans un objectif de simplicité, seules les dix principales catégories et sous-catégories ont été utilisées.

Le premier groupe, assez petit, est bien distinct des autres car c'est le seul fonctionnant à poids. Tous les

Catégorie	Nombre
Globes pleins, entraînement à gravité	8
Globes pleins, entraînement externe ou interne	33
Globes pleins, décorés	10
Globes pleins, à cartographie terrestre	27
Globes pleins, à cartographie céleste	36
Globes ajourés, squelettes ou armillaires, simples	3
Globes ajourés, célestes (sphères mouvantes)	31
Globes incorporés dans une structure horlogère plus importante	36
Modèle double : sphère armillaire autour d'un globe plein fixe	12
Modèle double : deux globes incorporés dans une structure horlogère plus importante (paires de globes).	24

Tableau 3 : Nombre de globes-horloges et d'horloges-avec-globes par catégorie

autres systèmes, globes-horloges ou horloges-avec-globes, considérés ici sont entraînés par des ressorts, avec quelques rares exceptions comme les globes incorporés à de grandes horloges à poids telle que la deuxième horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg[1]. Dans ce groupe, une sphère qui contient le mouvement d'horlogerie est suspendue à une chaîne (fig. 1) ou à une crémaillère, et se trouve entraînée par son propre poids, c'est à dire celui de la sphère et du mécanisme combiné. Les sphères des huit exemples connus sont toutes dénuées d'inscriptions sauf celles du cadran des heures avec son index mobile. Les plus anciennes datent du milieu du XVe siècle, une ou peut-être deux ayant été décrites par Henri Arnaut, médecin et mécanicien à la cour de Bourgogne[2]. Mais on ne sait rien de plus sur ce type d'horloges avant le troisième quart du XVIIe siècle où six exemples, tous allemands, ont survécu. La variante qui fait descendre le corps sphérique de l'horloge le long d'une crémaillère plutôt que le long d'une chaîne est une variante mineure des horloges à crémaillère en général, mais est également d'ordinaire d'origine allemande ou autrichienne.

Dans les horloges suspendues, un indicateur mobile fournit l'heure sur un cadran horaire fixe. Dans le deuxième groupe des sphères pleines sans inscription, entraînées soit par des mouvements à ressort placés à l'intérieur, soit par un système extérieur, l'indicateur est généralement fixe, et c'est la sphère qui tourne (fig. 2), avec parfois des exceptions (fig. 3). Ce deuxième groupe, dont des recherches ultérieures augmenteraient probablement l'effectif, est caractéristique de la fin du XVIe et du XVIIe siècle. Les horloges de nuit avec source de lumière interne, dans lesquelles une sphère en verre portant un cadran horaire tourne autour d'un indicateur fixe, très populaires à la fin du XIXe siècle (fig. 4), sont cependant reliées à cette catégorie même si elles sont très différentes par leur style et les matériaux utilisés. A noter cependant que l'usage d'un matériau transparent avait été inauguré au début du XVIIe siècle par au moins deux globes en cristal.

Les sphères pleines gravées, constituant le troisième groupe, peuvent comporter soit des décorations soit un ensemble de lignes horaires/méridiens. Comme dans le groupe précédent, elles peuvent avoir des anneaux horaires ou un cadran complet. Les exemples connus prennent place du XVIe au XVIIIe siècle mais les exemples parvenus jusqu'à nous semblent appartenir à trois groupes et à des traditions manufacturières différentes. Le premier ne compte qu'un exemple : une sphère avec un cadran externe et un mouvement signé « Jacques de La Garde, Bloys 1551 » (Migeon 1917, 13-14) (fig. 5). Le deuxième est composé de trois mouvements munis d'échappements à verge horizontale et balancier (tels que ceux de Huygens) avec cadran, lestés et montés sur des cardans à l'intérieur d'une sphère englobante qui nécessite d'être ouverte pour lire l'heure. Les trois exemples datent d'après 1680 ; l'un, signé Madelainy à Paris (fig. 6) est probablement français, les deux autres sont allemands, l'un est signé Halleycher Augsburg (Guye et Michel 1970, 85), l'autre n'est pas signé. Ils résultent clairement d'investigations

1 Le globe de Strasbourg illustre bien la difficulté des définitions et des classifications. Bien que l'horloge ait été achevée seulement en 1571, le globe a été construit en 1546 par Hans Ernsten, qui l'a démonté en 1549 pour y insérer un arbre d'entraînement. A ce stade, c'était un globe géographique, terrestre, mais il a ensuite été transformé à l'initiative de Dasypondius en un globe céleste qui nous est parvenu aujourd'hui (Bach, Rieb et Wilhelm, 1992, 97-105).
2 Paris, Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, Latin 7295.

Figure 1 : Horloge à sphère descendante par J. Schlemmer, Schleswig, vers 1670. Source : anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York 19 juin 2002, lot 103.

Figure 2 : Globe simple tournant avec index fixe dans une horloge automatique, début du XVIIe siècle. Source : anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York 13 octobre 2004, lot 515.

Figure 3 : Globe simple tournant avec index mobile par Georg Schmidt, Augsburg, début du XVIIe siècle. Source : anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York 19 juin 2002, lot 98.

menées pour appliquer le balancier d'Huygens aux mécanismes de petite taille et portables. Il faut remarquer que tous les trois ont à peu près la même grandeur que l'instrument de La Garde, c'est-à-dire d'un diamètre de 50 mm. Une étude comparative du modèle français par rapport aux exemplaires allemands devrait permettre d'établir si une même manufacture en est à l'origine. Le troisième groupe se compose de petites horloges de bureau similaires aux horloges-crucifix et autres horloges à colonnes dans leur principe, mais pour lesquelles l'indicateur fixe est supporté par une figure allongée. Elles datent également du début du XVIe siècle.

L'intrus du groupe trois, l'horloge de Jacques de La Garde, est néanmoins le chaînon entre le troisième et le quatrième groupe, celui des globes à cartographie terrestre. Deux globes-horloges de forme très semblable, quoique un peu plus grands, signés par La Garde (en 1552 et 1554) sont connus et un troisième peut lui être attribué avec certitude (fig. 7). Les globes-horloges de forme similaire peuvent être indifféremment gravés de décorations ou d'une carte du monde. Ces derniers ne forment peut-être pas une catégorie à part. Un autre globe-horloge à cartographie terrestre est daté du XVIe siècle, mais c'est un modèle beaucoup plus complexe supporté par un Atlas ailé qui prend place sur un socle hexagonal à la gravure élaborée, avec un globe qui lui-même tourne autour d'un index fixe tenu par une figure de Chronos surplombant le globe. Aucun modèle à cartographie terrestre n'est référencé pendant tout le XVIIe siècle, mais ce style réapparaît au XVIIIe siècle, augmentant en effectif jusqu'aux années 1830. Il y a ensuite une accalmie jusqu'à ce que de nouveaux exemples se manifestent au milieu des années 1860, formant une suite de production continue (malgré une interruption entre 1880 et 1910) jusqu'aux années 1930, quand la compagnie ATO produisit un globe-horloge mondial, transparent et éclairé à partir d'une source électrique, la Maplux (fig. 8).

Les globes-horloges à cartographie terrestre se développèrent au XVIe siècle en parallèle avec le groupe le plus important – en nombre, en esthétique et en technologie – des globes-horloges à cartographie céleste. Il faut cependant noter que le plus ancien connu de ces derniers, le modèle de 1560 aujourd'hui perdu attribué à Christian Heiden, est postérieur à la date d'apparition des globes pleins à cartographie terrestre, si l'on écarte le globe plein à cartographie céleste entraîné par sable décrit par al-Khazinî au début du XIIe siècle (Lorch 1980). Les globes de ce type, grâce au travail d'Eberhard Baldewein (1525-1593), de Georg Roll, de Johann Reinhold et surtout de Jost Burgi (fig. 9) (Leopold 1997), ont atteint un exceptionnel degré de sophistication technique qui n'eut d'égal que la conception et l'exécution de leur décoration ; ils se regroupent dans les décennies de 1560 à 1640. Puis il n'y eut aucun ou très peu d'exemples avant la renaissance de ce modèle sous l'impulsion de Reginald Outhier et Jean Baptiste Cattin dans les années 1720 (fig. 10). Ensuite ce groupe s'est éteint, exception faite des six globes chinois mécaniques à entraînement interne fabriqués vers 1830 (Combridge 1987) (fig. 11).

On ne peut pas, cependant, dire que des modèles à cartographie céleste n'ont pas été produits durant ces derniers siècles. En examinant les deux catégories suivantes de globes-horloges, celle des modèles à squelette ou à armilles, décorés ou pas, et celle du même genre mais avec indications célestes, on s'aperçoit que la situation est à l'opposé de ce qui se passe pour les modèles terrestres. Les trois modèles de globes-horloges à squelette datent de la fin du XIXe siècle (fig.12). Sur les trente-et-un modèles célestes à armilles, seuls huit peuvent être datés des XVIe et XVIIe siècles. Tous les autres datent d'avant 1820, sauf celui décrit par Pierret (1885, 9-12). La plupart des modèles du XVIIIe siècle sont français, car c'est la période de développement des *sphères mobiles* ou *sphères mouvantes*, qui culmina avec les constructions complexes d'Antide Janvier (fig. 13). La plupart sont à entraînement externe, et puisque qu'ils prennent place au-dessus de la caisse qui contient le mouvement et porte le cadran d'une horloge de cheminée, ils peuvent être rattachés à la catégorie suivante, celle des globes ou sphères intégrés à des grandes structures horlogères. Mais puisque, dans de nombreux cas, la taille de la sphère est équivalente à celle de l'horloge qui sert de support et qu'elle englobe un planétaire, il nous a semblé préférable de les mettre à part.

Les globes, ajourés ou pleins, intégrés dans une grande structure horlogère constituent cependant le groupe le plus fourni avec trente-six exemples. Ils sont régulièrement répartis dans le temps sur la période allant de 1530 à 1830 et dans l'espace européen. Sur les onze globes mixtes qui constituent le groupe suivant – celui des horloges où un globe terrestre fixe est entouré d'une sphère armillaire céleste – il ne s'agit que de modèles français à une ou

3 L'éventuelle exception supplémentaire est le globe de Jagellon qui est supposé être de manufacture nord italienne. Le seul exemple non français, dont seulement la moitié nous est parvenue, a été réalisé par Reinhold en 1577-80. Cf. Edward H. Dahl et Jean-François Gauvin, *Sphæra Mundi : early globes in the Stewart Museum, Quebec 2000.*

Figure 4 : Globe simple tournant, XIXe siècle. Source : anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York 14 octobre 2004, lot 882.

Figure 5 : Sphère pleine avec décoration par Jacques de la Garde, 1551.

Figure 6 : Montre en forme de globe à cardan signée par Madelainy à Paris, vers 1680. Source : anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York 19 juin 2002, lot 12.

Figure 7 : Globe-horloge à cartographie terrestre attribué à Jacques de la Garde, milieu du XVIe siècle. Source : A. Kugel, Sphères, l'art des mécaniques célestes, *Paris, Kugel, 2002, T1, p. 46-49.*

Figure 8 : Publicité pour le globe-horloge électrique 'Maplux' par ATO, années 1930. Source : collection privée, Paris.

Figure 9 : Globe-horloge à cartographie céleste par Jost Bürgi, 1594. Source : J. H. Leopold & K. Pechstein, Der kleine Himmelsglobus 1594 von Jost Bürgi, *Lucerne, 1977, frontispice.*

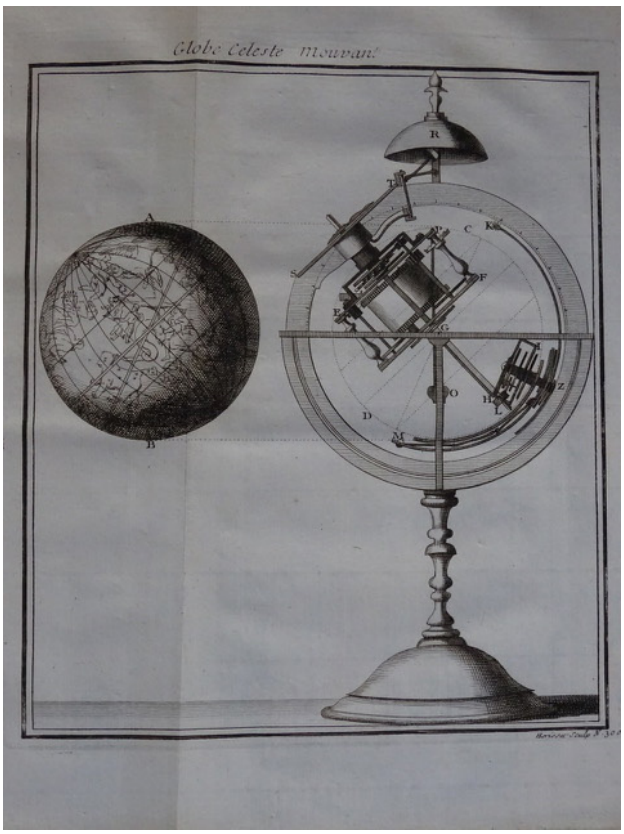

Figure 10 : Globe-horloge à cartographie céleste par Réginald Outhier et Jean Baptiste Cattin, 1727, dans J. G. Gallon, Machines et inventions approuvées par l'Académie des Sciences, *1727, vol. V, planche avant la page 19. Source : BnF, Paris.*

Figure 11 : Globe-horloge chinois à entraînement interne et à cartographie céleste, vers 1830. Source : Chayette – Cheval, 24 novembre 1980, lot 154.

Figure 12 : Globe-horloge squelette, fin du XIXe siècle.
Source : ancienne collection Albert Odmark, Seattle ; vendu par Christie's London 11 March 2005, lot 371.

Figure 13 : Paire de garde-temps armillaires par Antide Janvier, 1796. Source : Collection privée, New York ; anciennement au Time Museum, Rockford Illinois ; vendu par Sotheby's New York, 2 décembre 1999, lot 65

éventuellement deux exceptions près (fig. 14)[3]. Tous sauf un ont été exécutés au XVIe siècle. Le *primum mobile* tournant autour d'une sphère centrale, ils ne sont pas différents des *sphères mouvantes* plus tardives et peuvent être considérés comme leurs précurseurs, même si les modèles du XVIe siècle sont tous de type ptolémaïque et que la plupart des modèles plus récents sont coperniciens ; la sphère ptolémaïque de Jérôme Martinot fait le lien entre les deux catégories (fig. 15).

Tandis que les fabricants français d'horloges et sphères s'en tiennent fidèlement au modèle armillaire, la dernière catégorie, celle des paires de globes mécaniques soit présentés séparément soit incorporés dans une seule machine, est plus largement répartie sur le territoire européen avec des exemples connus en Allemagne, France et Angleterre, mais une fois encore, plutôt concentrée sur le XVIIIe siècle, et bien que plusieurs pièces de Reinhold et Roll aient été comptabilisées comme sphères célestes pleines, puisque c'est leur caractéristique principale, elles auraient pu figurer ici quand un petit globe terrestre y est incorporé. Une question intéressante se pose maintenant. Les machines de Reinhold regroupent deux sphères pleines, une céleste et une terrestre ; celle fabriquée par Christof Tresler en 1679 est semblable. Construites individuellement, les paires de globes-horloges ne semblent pas antérieures au début du XVIIIe siècle (Van der Krogt), soit plus d'un siècle et demi après l'introduction des paires de globes par Schoener, Gemma Frisius et Mercator ; et un siècle après l'affirmation de ce concept de production par paire, avec les globes imprimés publiés par de Mongenet, Van Langren, Molyneux, Blaeu et Hondius. Cet écart a peut-être une explication économique. Les paires de globes-horloges auraient été plus chères non seulement à cause de la duplication des piètements (toujours coûteux parce que fait de bronze doré et décoré, par comparaison aux supports en bois des globes imprimés sur papier), mais également parce que deux mécanismes d'entraînement auraient été requis. Lorsque les paires de globes sont devenues la norme de la production des globes imprimés sur papier, et seulement à ce moment-là, la mode s'est répandue chez les fabricants des globes mécaniques, lorsque les horlogers commencèrent à collaborer avec les spécialistes de la fabrication de globes au milieu du XVIIIe siècle (fig. 16).

Cette collaboration a peut-être provoqué ensuite un autre changement. Jusqu'au beau milieu du XVIIIe siècle, les globes-horloges étaient généralement en métal. Le plus ancien globe-horloge recouvert de fuseaux de papier semble être l'un des cinq exemplaires connus des globes mécanisés d'Outhier-Cattin. C'est seulement dans la seconde moitié du XVIIIe siècle que ce type de modèle se généralise. De telles questions nécessitent de plus amples investigations, mais qu'elles puissent être formulées résulte de cette classification préliminaire en catégories et de la chronologie des exemples connus.

Quelques révisions peuvent déjà être proposées à l'historiographie courante grâce aux données présentées ici. Il a été affirmé que les globes mécaniques, définis stricto sensu par le fait qu'ils tournent sur eux-mêmes, du XVIe et du début XVIIe siècle, étaient tous célestes. En élargissant l'analyse aux globes qui contiennent un mécanisme d'horlogerie, indépendamment du fait que ce mécanisme entraîne la rotation du globe ou pas, il est évident que même au XVIe siècle des globes-horloges à cartographie terrestre existaient, et que dans l'œuvre de La Garde l'équivalence entre les globes-horloges sans décor ni inscription et les globes-horloges à cartographie terrestre devient apparente. De plus, l'affirmation que les globes-horloges du XVIe siècle seraient par définition uniquement célestes est infirmée par l'existence d'un globe mobile à cartographie terrestre supporté par un Atlas (Kugel 2002, 50-56) (fig. 17). Ce fait soulève d'autres questions. La mécanisation d'un globe terrestre est de loin moins utile que celle d'un globe céleste. Si le globe est adapté pour tourner en temps moyen solaire une fois par vingt-quatre heures, alors, s'il y a un affichage des heures le long de l'équateur, une telle horloge peut servir à indiquer l'heure locale n'importe où dans le monde. Si un Soleil est placé en position méridienne, alors le mécanisme indiquera le midi local à chaque passage de méridien. On ne peut rien obtenir de plus d'un tel mécanisme si ce n'est de montrer le mouvement diurne de la terre. Si cette démonstration s'avérait utile au XVIe siècle, c'est nettement moins utile au XVIIIe siècle lorsque les globes-horloges terrestres deviennent plus fréquents. A quel usage pouvaient-ils servir ? Indiquer l'heure locale ? Mais dans ce cas, uniquement pour un objectif pédagogique, car peu de personnes avaient besoin de connaître l'heure locale à une époque encore épargnée par l'aéroplane et la téléphonie internationale. L'établissement des prolégomènes de ce sujet ouvre de nombreuses pistes de recherche.

Bibliographie

Bach, H. Rieb, J-P. et Wilhelm, R. 1992. *Les trois horloges astronomiques de la Cathédrale de Strasbourg*, Strasbourg, Editions Ronald Hirlé.

Betts J. 1999. 'Clockwork globes', in Elly Deker, *Globes at Greenwich. A Catalogue of the Globes and Armillary Spheres in the National Maritime Museum, Greenwich, Oxford & Greenwich*, Oxford University Press et National Maritime Museum.

Combridge, John H. 1987. 'The Clock-driven celestial globes of Qi Mei-lu and others', *Antiquarian Horology*, XVI , 165-174.

Guye, S. & Michel, H. 1970. *Mesures du temps et de l'espace : horloges, montres et instruments anciens*, Paris, Bibliothèque des Arts.

Hahn 1989. Hahn, Philipp, *et al.*, *Philipp Matthaüs Hahn, 1739-1790*, 2 vols Stuttgart, Würtembergischen Landesmuseums Stuttgart (Quellen und Schriften zu Philipp Mathaüs Hahn, Bd 6-7).

Kugel, A. 2002. *Sphères, l'art des mécaniques célestes*, Paris, Kugel.

Leopold, J. 1997. *Der Kleine Himmelsglobus 1594 von Jost Bürgi*, Lucerne, Edition Joseph Fremerdorf.

Lorch, R 1980 'Al-Khâzinî's sphere that rotates by itself', *Journal for the History of Arabic Science*, IV, 287-329.

Migeon, G. 1917. *Musée National du Louvre. Catalogue de la Collection Paul Garnier…*, Paris, Librairie Hachette & Cie.

Ryan, W. F. 1966. 'John Russell R. A. and early lunar mapping', *Smithsonian Journal of History* I, 27-48.

.

Figure 14 : Globus Jagellonicus, vers 1510 (ou avant). Source : Muzeum Uniwersytetu Jagiellonskiego, Cracovie.

Figure 15 : Sphère mouvante par Jérôme Martinot, début du XVIIIe siècle. Source : Bibliothèque nationale de France, département des Cartes et plans, Ge A-355 (Rés)

Figure 16 : Paire de globes-horloges à motif cartographique par Ferdinand Berthoud (horloger) et Didier Robert de Vaugondy (cartographe), Paris, vers 1785. Source : Musée du Temps, Besançon, inv. 2003.1.2.

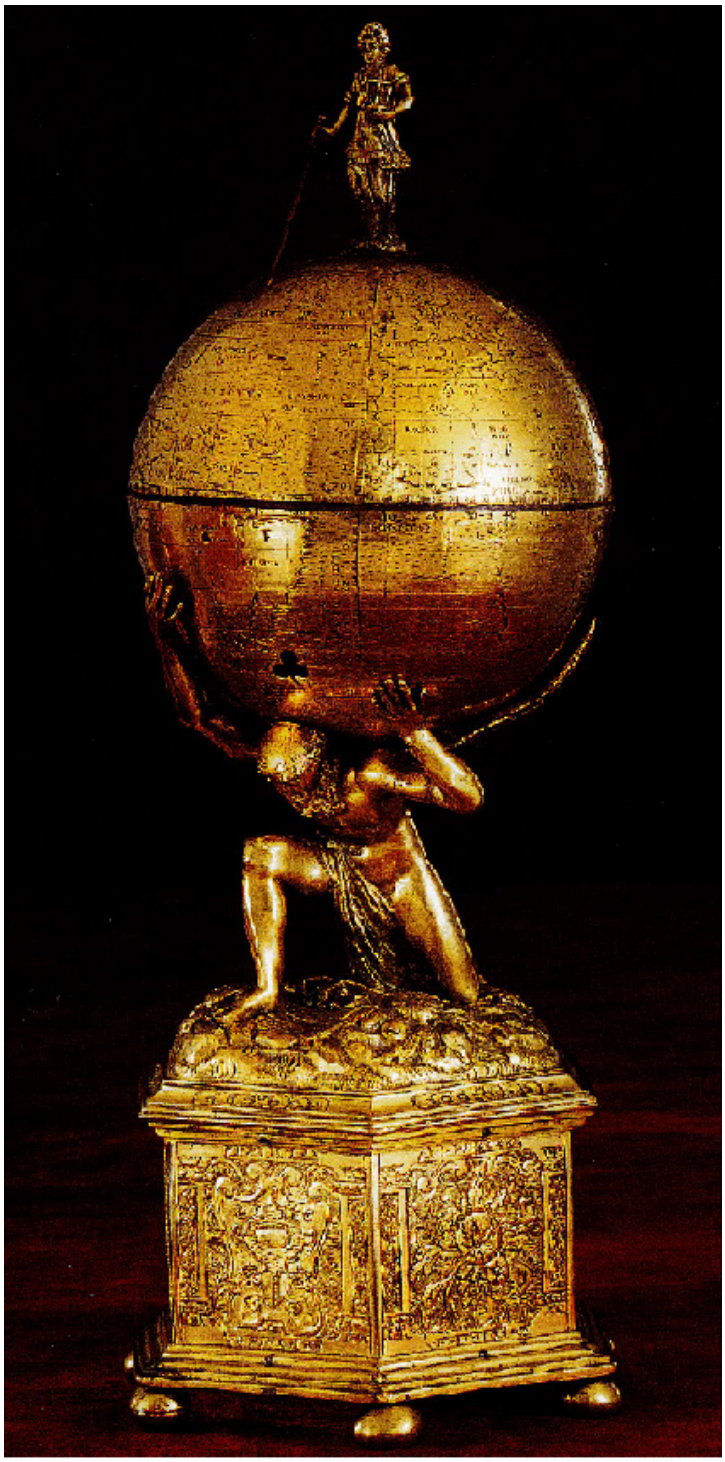

Figure 17 : Globe-horloge mobile à cartographie terrestre soutenu par un Atlas, France, vers 1570.
Source : A. Kugel, Sphères, l'art des mécaniques célestes, *Paris, Kugel, 2002, t. 2, p. 50-55.*