

N° d'ordre : xxx

N° attribué par la bibliothèque : 04UNIL0 yyy

Université Lumière Lyon 2

Faculté d'Histoire, Géographie, Histoire de l'Art, Tourisme

THÈSE

de

Doctorat d'histoire de l'Université de Lyon

au titre de l'école doctorale de la Faculté d'Histoire de Lyon

présentée et soutenue publiquement le 15 décembre 2004 par

M. Charles-Henri EYRAUD

Horloges astronomiques au tournant du XVIII^e siècle :

de l'à-peu-près à la précision



Devant la Commission d'examen formée de :

Mme Marie-Christine ARTRU Rapporteur

M. Serge CHASSAGNE Membre du jury

M. Girolamo RAMUNNI Directeur de thèse

M. Jacques TOUSSAINT Rapporteur

Remerciements

Je remercie Monsieur le Professeur Girolamo Ramunni qui a accepté mon projet de thèse et m'a prodigué conseils et encouragements.

Je remercie Madame le Professeur Marie-Christine Artru et Monsieur le Professeur Jacques Toussaint d'avoir bien voulu être les rapporteurs de mon travail ainsi que Monsieur le Professeur Serge Chassagne d'avoir accepté d'être membre du jury.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Paul Gagnaire pour les nombreux et chaleureux entretiens qu'il m'a accordés, pour ses relectures et pour ses commentaires.

Je remercie Monsieur Guy Bussery pour avoir mis à ma disposition toutes les photographies qu'il a prises au cours de la restauration de l'horloge de la cathédrale Saint-Jean. Je le remercie aussi pour toutes les explications qu'il m'a données depuis le jour où j'ai cheminé avec lui sous les voûtes de la cathédrale et admiré pour la première fois l'horloge astronomique.

Monsieur Eric Desmarquest, horloger de la cathédrale Saint-Jean, m'a montré tous les rouages et expliqué le fonctionnement des différentes parties de l'horloge. Je lui exprime ici toute ma reconnaissance et souhaite aussi rendre hommage à son père, Xavier Desmarquest, qui m'a reçu de nombreuses fois, bien avant que je ne rédige cette synthèse, juste après la restauration à laquelle il avait participé.

Je remercie Monsieur Emmanuel Poulle, membre de l'Institut, pour ses conseils et remarques, Monsieur Bernard Sénéca, membre de l'Académie des Arts et Lettres de Douai, pour toutes les précisions qu'il m'a données sur l'horlogerie de la Renaissance en général, sur Hugues Levet en particulier, Monsieur Paul Réal, maître horloger, expert auprès du Musée du Temps de Besançon pour ses précisions sur l'échappement à foliot, Monsieur Marcel Gay, rédacteur en chef de la revue de l'Association Nationale des Collectionneurs et Amateurs d'Horlogerie Ancienne pour son aide dans ma recherche bibliographique, Monsieur Thierry Bianquis, professeur d'histoire et de civilisation islamique à l'Université de Lyon, pour ses conseils lors de mes recherches sur les sciences et techniques de l'islam, Monsieur Tariq Madani pour ses précisions et photographies sur les horloges astronomiques de Fès.

Je remercie Monsieur Gérard Vidal de m'avoir accueilli avec autant de chaleur dans son service de l'École Normale Supérieure de Sciences de Lyon, où j'ai pu à la fois mener mon activité professionnelle et ma recherche au sein de l'équipe ERTé ACCES¹.

Je remercie mes collègues de l'ENS, Monsieur Sébastien Chaumat à qui je dois beaucoup pour la présentation informatisée de ce document, Mademoiselle Gabrielle Bonnet et Monsieur Sébastien Pilloz pour leurs conseils et leur aide au cours de ma recherche.

Je remercie tous les collègues qui ont participé à mes stages de formation continue ou initiale à l'IUFM de Lyon, particulièrement ceux qui sont venus visiter avec leurs élèves l'horloge de la Cathédrale Saint-Jean, ainsi que Mesdemoiselles Séverine Enault et Delphine Sembely, élèves en mathématiques à l'École Normale Supérieure de Lyon, pour m'avoir communiqué leur Travail d'Initiative Personnel Encadré (T.I.P.E.) réalisé en 2002/2003 en Mathématiques Spéciales.

¹Équipe de Recherche Technologique en éducation liant l'ENS-Lyon et l'INRP
Actualisation Continue des Connaissances des Enseignants de Sciences

Résumé

Présentation

Ce travail a pour sujet l'histoire d'une horloge astronomique du XVIII^e siècle.

Nous nous proposons d'étudier l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon et de montrer que sa construction et son évolution du XIV^e au XVII^e siècle résultent d'une longue tradition d'observation des phénomènes naturels et d'innovation dans la construction de mécanismes permettant de se repérer dans le temps, tradition née avec les Égyptiens, transmise par les Grecs puis les Arabes à l'occident latin. Nous détaillerons tout d'abord les clepsydras égyptiennes, premiers témoignages des efforts de l'humanité pour trouver un dispositif synchrone au mouvement du Soleil. Les horloges à eau grecques et romaines prolongeront cette étude. Une étape sera franchie lorsque les Grecs et les Romains élaboreront des dispositifs visuels et sonores marquant certains instants de la journée et imagineront des sphères mécanisées reproduisant les mouvements du ciel. Les Arabes reprendront avec une habileté extrême cette tradition des mécaniciens grecs en particulier dans les pays du Moyen-Orient, au Maghreb et en Espagne.

Nous nous proposons aussi de mieux connaître les débuts de l'horlogerie en Europe et l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon sera l'objet de toute notre attention. Nous présenterons le contexte géographique et politique dans lequel elle fut construite et nous développerons son étude artistique et technique. Nous ferons également l'inventaire de tous les témoignages des Archives la concernant. Nous dessinerons les étapes de son évolution de 1379, premier témoignage de l'existence d'une horloge à la cathédrale Saint-Jean jusqu'à la fin du XVII^e siècle qui la laissa telle que nous la voyons aujourd'hui. Nous étudierons aussi les dispositifs techniques qui ont accompagné son évolution : les systèmes de régulation à foliot et le pendule.

L'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon s'inscrit dans un patrimoine européen dont nous tenterons de dresser l'inventaire entre le XIV^e et le XVII^e siècle. Nous approfondirons l'étude de certaines horloges astronomiques particulièrement représentatives : Stralsund (Allemagne), Mantoue (Italie), Prague (Tchéquie). Ces horloges représentant les mouvements de la sphère des fixes, du Soleil et de la Lune, en général pourvues de mécanismes d'automates ne jouaient pas le rôle d'instruments de mesure de précision. Reflétant les connaissances des scientifiques et l'habileté des artisans, elles faisaient néanmoins la fierté des cathédrales et des hôtels de ville où elles se trouvaient.

Méthode de travail

Avant d'aborder l'horloge de la cathédrale Saint-Jean nous avons voulu faire une retrospective détaillée de toutes les étapes scientifiques et techniques dans la mesure du temps qui ont

permis l'éclosion des horloges monumentales en Europe au XIV^e siècle. Le cadran solaire, dont le principe de mesure n'a pas évolué au cours des âges et qui ne permet pas de transmission de mouvement a été exclu de cette étude. Nos sources ont été les auteurs grecs et latins ainsi que les études précédentes en langue française, anglaise ou allemande.

Pour l'analyse des horloges astronomiques médiévales, nous sommes partis des travaux antérieurs d'horlogers ou historiens Alfred Ungerer, Donald Hill, Emmanuel Poulle principalement [176, 100, 146]. Nous avons actualisé et complété leurs informations à partir de nos voyages et des différents documents cités en référence.

En ce qui concerne l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon, notre travail de recherche historique et technique a eu pour origine les travaux des historiens lyonnais Rondot, Vial et Côte, [156, 183] et des horlogers qui l'ont restauré, Château, Branciart, Xavier Desmarquest et Morat [42, 30]. Nous avons approfondi leurs recherches dans les archives et sur l'horloge elle-même grâce à Monsieur Eric Desmarquest, chargé actuellement de son entretien.

Apports de la thèse et limites

Ce travail permet de situer exactement l'horloge de la cathédrale Saint-Jean dans le temps et dans l'espace occidental. L'étude de la première période de son histoire (1380-1598) a été réalisée avec le plus de précision possible mais les documents d'archives sont rares contrairement à l'horloge de Bourges par exemple [141]. On ne connaît ainsi rien sur les cadrans de cette époque et ce sont seulement des textes sur d'autres horloges de la même époque qui permettent d'imaginer sa première apparence extérieure. Par contre, nous avons pu approfondir son évolution technique de 1598 à 1700 ainsi qu'améliorer la connaissance que nous avons des horlogers qui ont contribué à sa construction ou à sa restauration. Les relations de ces derniers avec leurs confrères maîtres-horlogers, la diffusion des connaissances scientifiques et techniques restent néanmoins des points qui mériteraient un éclairage supplémentaire.

Les sources

Nous avons repris tous les documents des Archives de Lyon concernant la période 1300-1700 d'après les sources Lyonnaises [183, 156, 30]. Ces archives se trouvent principalement aux Archives départementales du Rhône, mais aussi aux Archives de la Ville de Lyon, aux Archives Diocésaines et au fonds ancien de la Bibliothèque Municipale de la Part-Dieu.

Les monographies des différentes horloges astronomiques d'Europe recueillies au cours de nos voyages ont aussi été exploitées tout au long de cette étude.

Les photographies de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean proviennent principalement de la collection de Monsieur Guy Bussery, mandaté par la commission des Monuments Historiques en 1992 pour la restauration de l'horloge ; les autres photographies sont personnelles ou extraites d'ouvrages cités.

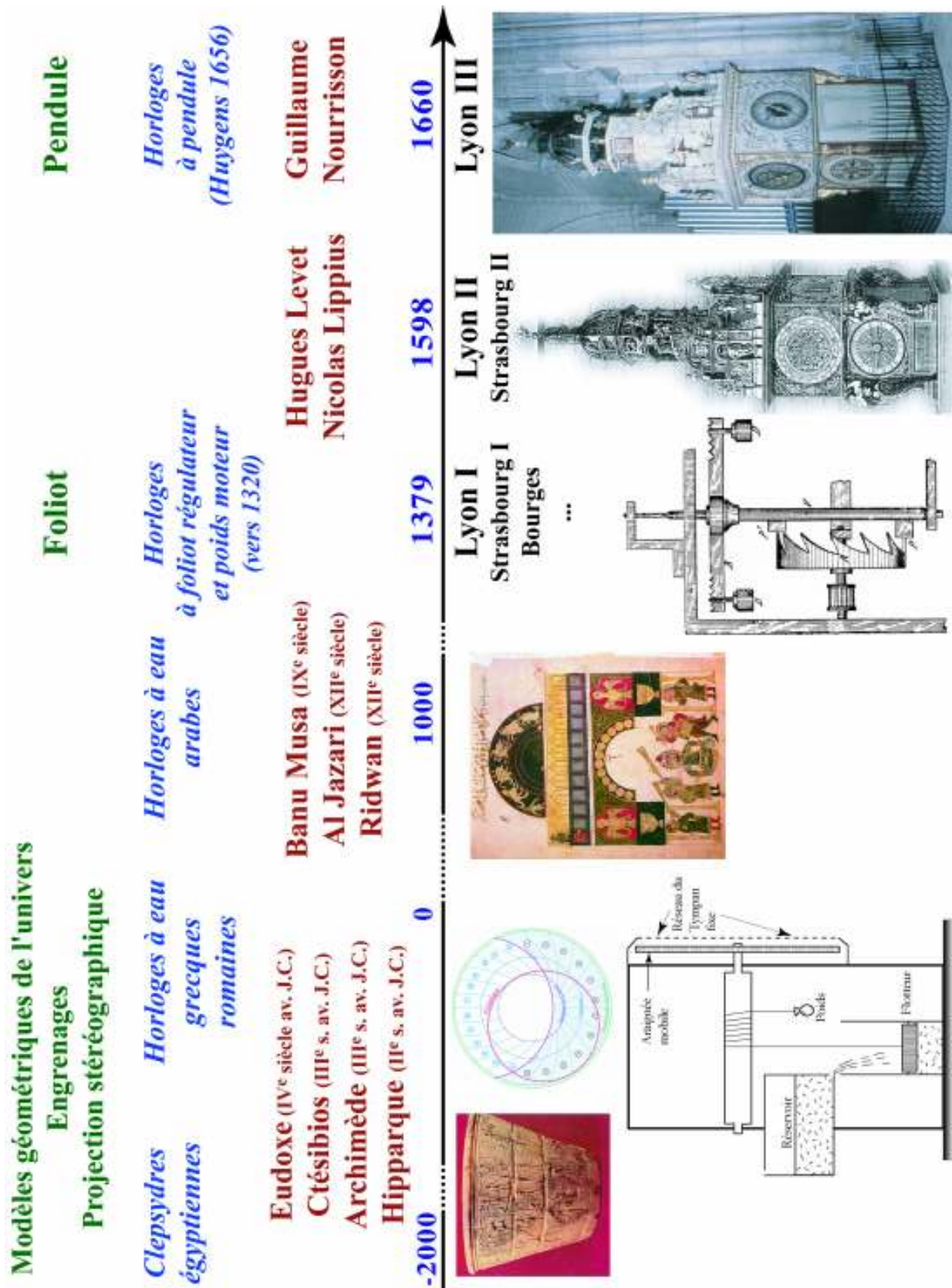


FIG. 1 – Historique des horloges astronomiques.

à mon père, à ma mère par delà le temps

Table des matières

I	Horloges astronomiques depuis l'Antiquité	17
1	Premiers instruments de mesure du temps	19
1.1	Les clepsydres égyptiennes	19
1.1.1	Chronologie antique	19
1.1.2	Les crues du Nil et le lever héliaque de Sirius	20
1.1.3	Le calendrier égyptien	22
1.1.4	La division du jour en 24 parties	23
1.1.5	La clepsydre du temple d'Amon à Karnak	24
1.1.6	L'inscription de la tombe d'Amenemhe't	28
1.1.6.1	Forme des clepsydres	31
1.2	Les clepsydres grecques	31
1.3	Les clepsydres romaines	36
1.3.1	La clepsydre de Scipion Nasica	36
1.3.2	Les clepsydres et César	37
2	Les mécanismes grecs et romains	39
2.1	L'horloge hydraulique de Ctésibios	39
2.2	Les mécanismes hydrauliques de Philon de Byzance	40
2.3	Les mécanismes hydrauliques de Héron d'Alexandrie	41
2.4	L'horloge anaphorique décrite par Vitruve	42
2.5	Le mécanisme d'Anticythère	44
2.5.1	Historique	44
2.5.2	La reconstitution de Price	45
2.5.2.1	Les fragments retrouvés	45
2.5.2.2	Le train épicycloïdal	45
2.5.2.3	Les inscriptions et la datation du mécanisme	47
2.5.3	La reconstitution de Bromley	48
2.6	Les horloges byzantines	50
2.6.1	L'horloge de Gaza	50
2.6.2	L'horloge de Charlemagne	52

3	Les horloges arabes	53
3.1	Le traité d' « Archimède »	53
3.1.1	Archimède	53
3.1.2	Origine du traité d' « Archimède »	54
3.1.3	L'horloge d' « Archimède »	54
3.2	Les frères Banu Musa	54
3.3	Al-Jazari	57
3.3.1	Sa vie, son traité	57
3.3.2	L'horloge astronomique	57
3.4	L'horloge astronomique de Ridwan à Damas	60
3.4.1	Description par un voyageur en 1184	60
3.4.2	Fonctionnement de l'ensemble	62
3.4.3	Le mécanisme des « heures du jour »	62
3.4.4	Les « heures de la nuit », les « heures du Soleil »	64
3.5	Les horloges astronomiques de Fès au Maroc	65
3.5.1	L'horloge publique	65
3.5.2	L'horloge astronomique	66
3.6	Les horloges de Palerme et de Malte	67
3.7	La tradition andalouse	70
3.7.1	Al-Zarqali	70
3.7.2	Al-Mourâdi	70
3.7.3	L'horloge à mercure du « Livre du savoir astronomique »	71
3.8	Equatoires et astrolabes mécanisés	72
4	Horloges astronomiques chinoises	75
II	Les premières horloges mécaniques	77
1	Les premières horloges astronomiques mécaniques	81
1.1	L'horloge de Richard de Wallingford	81
1.2	L'horloge de Giovanni Dondi	81
1.3	L'horloge astronomique de Mantoue	83
1.3.1	La division du jour	83
1.3.1.1	Différents systèmes de division du jour [69, 70]	83
1.3.2	Les planètes et les jours de la semaine	86
1.3.2.1	Les 7 vagabonds	86
1.3.2.2	L'ordre des jours de la semaine	86
1.3.3	Un cadran de « pseudo heures planétaires »	87
1.3.3.1	Les Régents de l'heure	87
1.3.3.2	Le cadran de l'Église Sainte-Catherine d'Oppenheim, Allemagne (Figure 1.9)	88
1.3.4	Les véritables heures planétaires	90

1.3.4.1	Heures temporaires-Heures planétaires	90
1.3.4.2	Retour aux sources	90
1.3.4.3	Les heures planétaires	90
1.3.4.4	Méthode de calcul	91
1.3.5	Tympan d'astrolabe, cadran horizontal et heures planétaires	91
1.3.5.1	Un tympan d'astrolabe détaillé	91
1.3.5.2	Interprétation physique	93
1.3.5.3	Un cadran solaire horizontal tracé avec Zonwjak de Fer de Vries	94
1.3.6	L'horloge de Mantoue	95
1.3.6.1	L'histoire	95
1.3.6.2	La création de l'horloge	95
1.3.6.3	L'horloge et l'astrologie	96
1.3.6.4	Description du cadran	96
1.4	L'horloge de Stralsund (Allemagne du Nord)	98
1.4.1	La Hanse	98
1.4.2	Le bahut de l'horloge	100
1.4.3	Le cadran astrolabique	100
1.4.4	Les textes des phylactères	103
1.4.4.1	Les 4 astrologues	103
1.4.4.2	Les deux personnages de part et d'autre de la grille	105
1.4.4.3	Le clin d'œil des artisans	105
1.5	L'horloge astronomique de l'Hôtel de Ville de Prague	106
1.5.1	Le cadran astrolabique	107
1.5.2	Le cadran inférieur	108
1.5.3	Les automates	110
1.6	Horloges astronomiques médiévales en Europe	110
1.6.1	Horloges astrolabiques	110
1.6.2	Horloge à zodiaque concentrique mobile	111
1.6.3	Horloge à zodiaque concentrique fixe	111
1.6.4	Horloge avec seulement la Lune et le Soleil	111
1.6.5	Horloges indiquant uniquement les phases de la Lune	111
1.6.5.1	Phases de la Lune indiquées grâce à un double demi-cercle.	111
1.6.5.2	Phases de la Lune indiquées par une fenêtre circulaire	111
1.6.5.3	Phases de la Lune indiquées par une boule tournante isolée	111
2	Échappements et oscillateurs	121
2.1	Les horloges à foliot, verge et roue de rencontre	121
2.1.1	Les trois composantes d'une horloge	121
2.1.2	Principe de fonctionnement	122
2.1.2.1	Les différentes pièces	122
2.1.2.2	Les étapes du mouvement	123
2.1.2.3	Définitions	125
2.1.3	La chronométrie de précision avant Huygens	125

TABLE DES MATIÈRES

2.1.3.1	Jost Bürgi (1552-1632)	126
2.2	Le pendule régulateur	130
2.2.1	Les premières mesure du temps avec un pendule	130
2.2.1.1	Ibn Yunus (950-1009)	130
2.2.1.2	Léonard de Vinci (1452-1519)	130
2.2.1.3	Santorio Santorii (1561-1636)	130
2.2.2	Galilée (1568-1642)	130
2.2.2.1	La découverte de l'isochronisme	130
2.2.2.2	Les dialogues sur les deux systèmes du monde	132
2.2.2.3	Les discours concernant deux sciences nouvelles	132
2.2.2.4	« L'horloge » de Galilée	132
2.2.3	Huygens (1629-1695)	137
2.2.3.1	Le Père Marin Mersenne (1588-1648)	137
2.2.3.2	L'horloge de 1657	137
2.2.3.3	Horologium (La Haye 1658)	138
2.2.3.4	« Horologium oscillatorium », L'horloge oscillante (1673) . . .	138
2.2.4	L'échappement à ancre	142
III L'horloge astronomique de Lyon		145
1 Introduction		147
2 Le lieu où se trouve l'horloge		151
2.1	La cathédrale Saint-Jean de Lyon	151
2.2	Le plan de la cathédrale	153
2.3	L'autel Saint-Thomas	155
2.4	La chapelle Saint-Jean l'Évangéliste	157
3 Description de l'horloge		159
3.1	Dimensions, décor	159
3.2	Inscriptions	159
3.3	Les statuettes fixes	161
3.4	Les automates	161
3.4.1	Description des mouvements	161
3.4.2	Les cinq poids entraînant les mécanismes	162
3.4.3	Les anges du carillon	163
3.4.4	Les anges musiciens	165
3.4.5	Le coq	167
3.4.6	L'Annonciation	170
3.4.7	« Dieu le Père »	171
3.4.8	Le Suisse	172
3.4.9	La cloche des heures	174

3.4.10	Autres spectacles d'automates	174
3.5	Le carrousel des jours	176
3.6	Le cadran des minutes	176
3.6.1	Description	176
3.6.2	Le tableau caché	179
3.6.3	Nicolas Grollier de Servières, créateur du cadran ovale	179
3.6.3.1	Nicolas Grollier de Servières	179
3.6.3.2	L'horloge au cadran ovale	180
3.7	L'almanach et le calendrier	180
3.7.1	L'almanach ecclésiastique	180
3.7.2	Le calendrier perpétuel	182
3.8	L'astrolabe	184
3.8.1	La mère	184
3.8.2	Le tympan et ses 7 familles de lignes	184
3.8.3	L'alidade	189
3.8.4	L'araignée	189
3.8.5	Claude de Saint-Georges et l'astrolabe	193
3.9	La partie cachée : Les rouages	195
3.9.1	Le mouvement à pendule	195
3.9.2	Les rouages de l'astrolabe	195
3.9.2.1	L'alidade et l'araignée	198
3.9.2.2	La Lune	198
3.9.3	Le calendrier	198
3.9.4	Le carrousel des jours	198
3.9.5	Précision dans les détails	198
4	Les principaux événements liés à l'horloge de Lyon	205
4.1	Les premiers témoignages	206
4.1.1	1365 : Les cloches et l'horloge dans la cathédrale	206
4.1.2	23 novembre 1379 : le premier document	207
4.1.3	1393 : Pierre de La Palud et son tombeau	209
4.1.4	1394 : Henri de Valenciennes	210
4.1.4.1	Le 14 novembre 1394	210
4.1.4.2	Le 11 décembre 1394	211
4.1.5	1399 : Le lieu d'inhumation de Guillaume Emoyn	212
4.1.6	1436 : Johannes de Vergerio, gouverneur de l'horloge	212
4.1.6.1	14 janvier 1436	212
4.1.6.2	18 janvier 1445	212
4.1.7	1443 : La sépulture d'Henri de Saconay	213
4.1.8	1461 : Entretien de l'horloge par Jean Couturier	214
4.1.9	1464 : Guillemin, valet de Jean Couturier, assure la relève	215
4.1.10	1488 : Jean Prévost peint l'horloge	215
4.1.11	1494 : Jean Manguilliton entretient l'horloge	217

TABLE DES MATIÈRES

4.1.12	1511 : Antoine Chorliet s'occupe mal de l'horloge	217
4.1.13	1552 : Claude, horrelogier, rabille les deux horloges	218
4.1.14	1562 : Le saccage du Baron des Adrets,	218
4.1.15	1563 : Les gages de Maître Nicolas le Coustançois	219
4.1.16	1570 : Damyan Péjoct reçoit l'office d'orlogier	220
4.1.17	1572 : Denis Paporin missionné pour faire refaire l'horloge	221
4.2	Hugues Levet	221
4.2.1	Biographie	221
4.2.2	Archives sur Hugues Levet	222
4.2.3	La seule montre connue fabriquée par Hugues Levet	227
4.2.4	Nicolas Lippe	227
4.2.4.1	Biographie de Nicolas Lippius	227
4.2.4.2	Les traces de Nicolas Lippius aux Archives Départementales du Rhône	229
4.2.4.3	Les traces de Nicolas Lippius aux Archives de Bâle	229
4.2.4.4	1630 : Le témoignage d'un voyageur	231
4.3	Guillaume Nourrisson	232
4.3.1	Guillaume Nourrisson et l'horloge de la Cathédrale Saint-Jean	232
4.3.2	Biographie de Guillaume Nourrisson	232
5	Restaurations du XVIII^e au XX^e siècle.	249
5.0.3	Pierre Charmy : 1779-1782	249
5.0.3.1	Charmy est chargé de réparer la grande horloge	249
5.0.3.2	Requête de Charmy pour réparer la petite horloge	249
5.0.3.3	Charmy est chargé de réparer la petite horloge	249
5.0.3.4	Requête de Charmy	249
5.0.4	Joseph Mourier : 1856	254
5.0.5	Château : 1894-1900	254
5.0.6	Charvet-Ungerer : 1954	254
5.0.7	La restauration de 1992	254
IV	Conclusion et perspectives	257
V	Annexes	261
1	La sphère d'Archimède	263
2	Le texte de Vitruve	269
2.1	Ctésibios et les débuts de l'hydraulique.	269
2.2	L'horloge de Ctésibios.	269
2.3	L'horloge anaphorique	270

2.4	Un moyen de régler le débit de l'eau	271
3	L'histoire ou la légende de la première horloge en Gaule	273
4	Charles VI et les horloges de Lyon	277
5	Bâle et le Lällenkönig	279
6	Les règlements des corporations	281
6.1	Règlements des Horlogers Lyonnais	281
6.2	Règlements des Horlogers de Toulouse	284
6.3	Règlements des Horlogers de Blois	288
6.3.1	« Extrait » des registres du Parlement	291
6.4	Règlements des Horlogers de Paris	292
6.4.1	Election des gardes-visiteurs, statuts en 1544	293
6.4.2	Visites des gardes-visiteurs chez les maîtres	294
6.5	Règlements des Horlogers de Genève	294
6.6	Règlements des Horlogers d'Augsbourg	295
6.6.1	Création de la corporation	295
6.6.2	Le chef-d'oeuvre	295
6.6.2.1	Chef-d'oeuvre de 1558	295
6.6.2.2	Chef-d'oeuvre de 1577	296
7	L'horloge à foliot, d'après F. Berthoud	297
8	Guillaume Nourrisson et Daniel Gom	301
8.1	Guillaume Nourrisson	301
8.1.1	Oeuvres connues de Guillaume Nourrisson	301
8.1.2	Divers documents sur Guillaume Nourrisson	305
8.1.3	L'horloge de la cathédrale de Lyon en 1677	313
8.2	Daniel Gom (1629-1670)	316
8.2.1	Biographie de Daniel Gom	316
8.2.2	Daniel Gom et l'horloge de l'Hôtel de Ville	316
8.2.3	Archives sur Daniel Gom	319
8.2.3.1	La vie de Daniel Gom	319
8.2.3.2	Daniel Gom et l'horloge de l'Hôtel de Ville.	322
9	Extraits de textes de Galilée sur le pendule	329
9.1	Dialogue sur les deux grands systèmes du monde	329
9.1.1	Deuxième Journée	329
9.1.2	Quatrième journée	330
9.2	Discours concernant deux sciences nouvelles	333
9.2.1	Première Journée, Chute des corps	333
9.3	Correspondance de Galilée et de Viviani	335

TABLE DES MATIÈRES

9.3.0.1	Lettre du 15 août 1536 aux États de Hollande	335
9.3.0.2	Lettre datée, Arcetri, 6 juin 1637 à Lorenzo Reael à Amsterdam, Amiral de la Compagnie Hollandaise des Indes Orientales	335
9.3.0.3	Rapport de Viviani de 1659 au Prince Léopold de Médicis . . .	335
10	Huygens et l'horloge à poids	337
10.1	Lettre du 20 août 1659	337
10.2	Préface de « Horologium oscillatorium »	337
11	Les horloges astronomiques, témoignages vivants du passé dans l'enseignement des sciences en Europe	339
11.1	Les fractions continues et le planétarium de Christiaan Huygens	339
11.2	L'horloge de Rostock	340
11.3	L'horloge de Ploërmel	340
11.3.0.4	Le plan du site internet	342
11.4	Un travail interdisciplinaire sur « L'astrolabe »	342
11.5	Un questionnaire sur l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon	342
11.5.1	Les façades	343
11.5.1.1	Façade Sud	343
11.5.1.2	Façade Ouest	343
11.5.1.3	Façade Nord	343
11.5.2	L'astrolabe	344
11.5.3	Le cadran des minutes	344
11.5.4	La scène de l'Annonciation	344
11.5.5	Le calendrier perpétuel et l'almanach ecclésiastique	345
11.6	L'astrolabe, le calendrier, la mesure du temps au Collège	345
12	L'astrolabe	347
12.1	Introduction	347
12.1.1	La sphère armillaire et l'astrolabe	347
12.1.2	Histoire de l'astrolabe	349
12.1.2.1	L'École grecque et alexandrine	349
12.1.2.2	L'École syriaque	349
12.1.2.3	L'École arabe	349
12.1.2.4	L'École hispano-mauresque	350
12.1.2.5	L'École chrétienne d'Occident	350
12.1.2.6	Les docteurs juifs du Moyen-Age	350
12.1.3	L'astrolabe transmis des Grecs aux Arabes et à l'Occident latin	350
12.1.4	Les traités anciens sur l'astrolabe	351
12.2	L'astrolabe planisphérique	351
12.2.1	La représentation plane d'une sphère	351
12.2.1.1	Le problème de la représentation	351
12.2.1.2	Mercator et l'intérêt d'une carte de la Terre respectant les angles	352

12.2.2	La projection stéréographique plane équatoriale de pôle Sud	354
12.2.2.1	Intérêt d'une carte du ciel respectant les angles	354
12.2.2.2	Les problèmes résolus par cet instrument analogique	354
12.2.3	Projections des cercles dans la projection stéréographique	355
12.2.3.1	Projection des cercles passant par N et S	355
12.2.3.2	Projection des cercles parallèles au plan de projection (P)	355
12.2.3.3	Projection (γ) d'un cercle quelconque (Γ)	355
12.2.4	Construction du tympan pour la latitude λ	356
12.2.4.1	Projection des cercles verticaux passant par Zénith et Nadir	356
12.2.4.2	Projection des demi-cercles horaires (demi-cercles passant par N et S)	357
12.2.4.3	Projections de pôle sud des cercles de hauteur	358
12.2.4.4	Projections de pôle nord des cercles de hauteur	358
12.2.4.5	Tracé des lignes d'heures temporaires	361
12.2.4.6	Tracé des maisons astrologiques	361
12.2.5	Construction de l'araignée	361
12.2.5.1	Tracé des cercles d'égale déclinaison (sur l'hémisphère nord)	361
12.2.5.2	Projections des étoiles principales	362
12.2.5.3	Graduation du pourtour de l'araignée	362
12.2.5.4	Tracé des cercles d'égale déclinaison (en projection de Pôle Nord)	363
12.2.6	Utilisation de l'astrolabe	363
12.2.7	De la projection stéréographique de l'astrolabe à la carte du ciel	364
12.2.7.1	Comment tracer la ligne d'horizon sur la carte du ciel ainsi modifiée ?	364
12.2.7.2	Comment graduer la ligne d'horizon en azimut ?	364
12.2.7.3	Comment tracer la ligne Est - Zénith - Ouest ?	364
12.2.8	Tracé des heures des prières de l'après-midi	364
12.2.8.1	Prière de midi (az-zuhr)	367
12.2.8.2	Prière de la fin de l'après-midi (al-'asr)	367
12.3	L'astrolabe universel	368
12.3.1	Historique et principe de l'astrolabe universel	368
12.3.1.1	Les créateurs de l'astrolabe universel	368
12.3.1.2	Principe de l'astrolabe universel	368
12.3.2	Exercices	368
12.3.2.1	Coordonnées équatoriales \Rightarrow Coordonnées écliptiques	368
12.3.2.2	Problème inverse : Coordonnées écliptiques \Rightarrow Coordonnées équatoriales	369
12.3.2.3	Quelles sont les étoiles circumpolaires ?	369
12.3.2.4	Quelle est la hauteur de culmination d'Arcturus ?	369
12.3.2.5	Quelle est la déclinaison δ d'une étoile qui culmine à Lyon ?	369
12.3.2.6	Quelle est la durée de la trajectoire de Véga au-dessus de l'ho- rizon ?	369

TABLE DES MATIÈRES

12.3.2.7	A quelle heure et dans quel azimut se couche le Soleil un jour donné ?	369
12.3.2.8	Trouver l'heure et la date, connaissant la hauteur et l'azimut du Soleil.	369
12.3.2.9	Trouver la hauteur et l'azimut du Soleil, connaissant le jour et l'heure.	370
12.4	Rappels de Trigonométrie sphérique	370
12.4.1	Historique	370
12.4.2	Relations dans un triangle sphérique	370
	Bibliographie	375

Première partie

Horloges astronomiques depuis l'Antiquité

Chapitre 1

Premiers instruments de mesure du temps

Nous présenterons dans cette partie divers instruments hydrauliques qui, par rapport au cadran solaire, présentaient l'avantage de fonctionner par temps couvert ainsi que la nuit. La force de l'eau capable d'entraîner des mécanismes, fut rapidement utilisée pour mouvoir des automates. Des horloges à eau munies d'automates furent ainsi construites dès l'Antiquité grecque. Le premier instrument de cette lignée d'instruments à eau de mesure du temps fut la toute simple clepsydre dont nous décrivons quelques unes des plus célèbres.

1.1 Les clepsydes égyptiennes

Avec les Chinois les Égyptiens furent les premiers à utiliser les clepsydes pour la mesure du temps. Depuis les travaux de Neugebauer, l'étude de la division du jour nous oblige à l'étude du calendrier, des crues du Nil et de la chronologie égyptienne. . .

1.1.1 Chronologie antique

Période thinite (dynasties I et II)	3110-2665
Ancien Empire (dynasties III à VI)	2664-2155
Première période intermédiaire (dynasties VII à X)	2154-2052
Moyen Empire (dynasties XI et XII)	2052-1786
Deuxième période intermédiaire (dynasties XIII à XVIII)	1785-1570
Nouvel Empire (dynasties XVIII à XX)	1570-1075
Basse Époque (dynasties XXI à XXV)	1075-664
Période saïte (dynastie XXVI)	664-525
Première période perse (dynastie XXVII)	525-404
Dernière période égyptienne (dynasties XXVIII à XXX)	404-341
Deuxième période perse (dynastie XXXI)	341-332
Période grecque (dynasties XXXII et XXXIII)	332-30
Période romaine	30 av. J.C. à 324 ap. J.C.
Période byzantine	324 ap. J.C. à 640 ap. J.C.

1.1.2 Les crues du Nil et le lever héliaque de Sirius

De nos jours, le Nil ne déborde plus en raison des barrages qui en régularisent le débit et permettent l'irrigation des champs et la production d'électricité. Ces crues qui duraient environ 4 mois étaient essentielles pour la vallée du Nil car elles apportaient eau et fertilisants aux terres cultivées¹.

Ces crues se produisaient en moyenne une dizaine de jours après le solstice d'été. Mais elles n'avaient pas une régularité suffisante pour servir de base à un calendrier, car elles étaient dues aux pluies de mousson sur les hauts plateaux d'Abyssinie dont le début pouvait varier de plusieurs semaines. Les Égyptiens devaient trouver un phénomène facilement observable coïncidant en moyenne avec les crues pour pouvoir prévoir celles-ci.

Ce phénomène fut le lever héliaque de Sirius qui, lui aussi, se produisait une dizaine de jours après le solstice d'été vers 2000 avant J.C.². La figure 1.1 montre une observation de lever héliaque : le 1^{er} juillet julien -2000, le Soleil se lève avant Sirius ; le 19 juillet, Sirius est aperçu avant le Soleil dans les lueurs de l'aube³.

On pourrait penser a priori que deux levers héliaques de Sirius sont espacés (en moyenne sur une courte durée) de 365 jours 6 heures 9 minutes... correspondant à l'année sidérale. En fait ceci ne serait vrai que sur de très longues périodes de l'ordre du cycle de la précession (26 000 ans) et en négligeant le déplacement propre de Sirius (environ 1 seconde d'arc par an). En réalité, la moyenne entre -4000 et + 2000 de l'année sothiaque⁴, a été voisine de 365 jours 6 heures, c'est à dire que le lever héliaque de Sirius a eu lieu à date fixe dans le calendrier julien (vers le 20 juillet julien), ou qu'il ne s'est décalé que de 1 jour tous les 4 ans dans un calendrier de 365 jours⁵.

L'importance du lever héliaque de Sirius.

Des inscriptions montrent l'importance du lever héliaque de Sirius dans la vie égyptienne.

1. Le papyrus de Kahun mentionne que le lever héliaque de Sothis eut lieu le « 1^{er} jour du huitième mois de la septième année du règne de Sesostri III » (entre 1876 et 1864 avant J.C.)
2. Le papyrus Ebers mentionne que le lever héliaque de Sothis et les fêtes qui le célébraient, eurent lieu le « neuvième jour du onzième mois de l'an 9 du pharaon Amenophis 1^{er} » (vers

¹ « si le Nil ne vient pas la famine s'installe » d'après [4] page 108 citant Ptolémée.

² Ptolémée, *De l'apparence des étoiles* : « Sirius peut être aperçu si le Soleil s'est abaissé de 10° à 11°1/3 sous l'horizon ».

Ptolémée, *Syntaxe mathématique II, 10* : « Le tropique d'été, où le jour atteint sa plus grande longueur, annonce aux Égyptiens la crue du Nil et le lever héliaque de Sirius ».

³ La figure a été calculée avec le Soleil à 10° sous l'horizon, à la latitude d'Alexandrie $\lambda = 30^\circ$. Avec des élèves, on peut utiliser le logiciel Solarium téléchargeable à l'adresse <http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans>.

Le site du Bureau des Longitudes permet de connaître les instants des solstices et équinoxes avec précision : <http://www.bdl.fr/minitel/saisons/> donne pour solstice d'été : 10 juillet julien à 11h30 T.U. de l'année -2000.

⁴ Sirius est aussi appelée Sothis

⁵ Le phénomène est lié à la position de Sirius sur la voûte céleste. Pour plus de précisions, on consultera les ouvrages de J.P. Parisot et F. Suager [139] page 89 à 96 ou J. Meeus [125, 124] page 126 à 130.

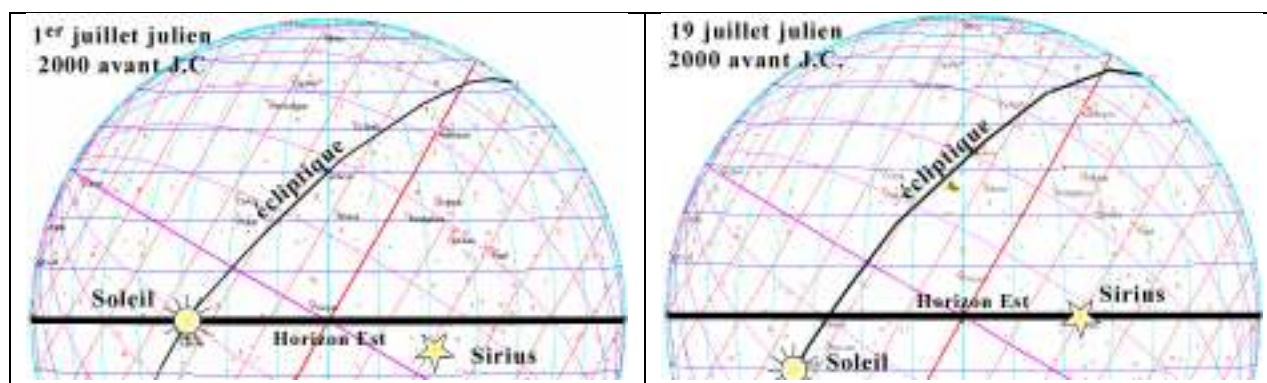


FIG. 1.1 – Lever héliaque de Sirius à Alexandrie en 2000 avant J.C..

Le 1^{er} juillet le Soleil se lève avant Sirius. Le 19 juillet, Sirius apparaît dans les lueurs de l'aube avant le Soleil.



FIG. 1.2 – Le calendrier d'Éléphantine (Musée du Louvre).

L'indication, 28 Shemou 3^e mois, a été ajoutée au-dessous des hiéroglyphes correspondants.

1540 avant J.C.).

3. Enfin le « calendrier d'Éléphantine » découvert par le français Auguste Mariette et conservé au Musée du Louvre, daté d'environ 1450, mentionne un lever héliaque le « 28^e jour Api-phi (3^e mois de la saison des moissons) » (vers 1469 avant J.C.)

1.1.3 Le calendrier égyptien

C'est Hérodote qui nous apprend que l'année civile égyptienne comprenait 365 jours regroupés en 12 mois de 30 jours, plus 5 jours épagomènes⁶.

L'année était divisée en trois saisons nommées :

1. Akhet, « inondation »
2. Peret, « émergence des terres hors de l'eau », saison des semailles et de la croissance de la végétation
3. Shemu, « manque d'eau » ou « basses eaux », saison des moissons et des récoltes

A partir du Nouvel Empire les numéros des mois furent remplacés par des noms, inspirés des fêtes célébrées en particulier à Thèbes à la fin du mois précédent. Ces noms tardifs, repris par les Grecs, sont les suivants :

Saison « Akhet » : 1. Thoth, 2. Phaophi, 3. Athyr, 4. Choiak

Saison « Peret » : 5. Tybi, 6. Mechyr, 7. Phamenoth, 8. Pharmuthi

Saison « Shemu » : 9. Pachon, 10. Payni, 11. Apiphi, 12. Mesore

La naissance du calendrier égyptien.

Lorsque le 1^{er} Thot coïncidait avec le lever héliaque de Sirius, on célébrait de grandes fêtes, dites fêtes sothiaques. Les archéologues pensent que le calendrier égyptien est né à une époque de coïncidence.

Or le 21 juillet 139 après J.C, le lever héliaque de Sirius eut lieu un 1^{er} Thot ; ce fait, commémoré comme le « retour du Phœnix à Héliopolis », est gravé sur une monnaie frappée sous l'empereur Antonin le Pieux et est rapporté par l'historien latin Censorinus (« de die natali XXI ») qui vécut environ un siècle plus tard.

« Les ères des Égyptiens commencent toujours au premier du mois qu'ils appellent Thot, jour qui cette année commençait au 7 des calendes de juillet, tandis qu'il y a cent ans, sous le second consulat de l'empereur Antonin le Pieux et sous celui de Bruttius Praesens, ce même jour répondait au 12 des calendes d'août, époque ordinaire du lever de la canicule en Égypte . . . et l'on peut connaître que nous sommes dans la centième année courante de cette grande année » [4]

⁶« Dans le domaine des choses humaines, ils me dirent unanimement que les Égyptiens avaient, les premiers de tous les hommes, inventé l'année, et divisé en douze parties, pour la former, le cycle des saisons ; ils avaient fait cette invention, disaient les prêtres, en observant les astres. Leur calendrier, à mon avis, est mieux combiné que celui des Grecs, puisque ceux-ci introduisent dans l'année tous les deux ans un mois intercalaire, en considération des saisons, tandis que les Égyptiens, qui font leurs douze mois de trente jours, ajoutent à chaque année cinq jours surnuméraires, moyennant quoi l'accomplissement du cycle des saisons se présente toujours pour eux à la même date. » Hérodote, Histoires II-4 [104].

Si le lever héliaque de Sirius a lieu le 1^{er} Thot de l'an 0, il aura lieu le 2^e Thot de l'an 4, ..., le 1^{er} Phaophi de l'an 120 et à nouveau le 1^{er} Thot de l'an 1461. La durée du cycle des levers héliaques de Sirius un 1^{er} Thot est donc de $365 \times 4 = 1460$ années. Le lever héliaque de Sirius eut aussi lieu le 1^{er} Thot 1317, 2775, 4235 avant J.C.. Le calendrier n'ayant certainement pas été adopté une année précise, la naissance du calendrier égyptien date soit des années 2700-2800 (chronologie courte), soit des années 4100-4300 avant J.C. (chronologie longue).

L'archéologue Meyer [128] pensait qu'il fallait opter pour la chronologie longue parce que les années -2700 étaient trop tardives et que de plus vers les années -4200 le lever héliaque de Sirius correspondait au solstice d'été et conférait ainsi au calendrier une origine astronomique.

D'autres archéologues ont fait remarquer que la société égyptienne n'était pas encore évoluée, que l'état égyptien n'était pas encore unifié au début du quatrième millénaire. De plus, le peuple égyptien était un peuple agricole, dont la vie était régie par les crues du Nil liées aux saisons et son calendrier aurait une origine agricole (et lié aux crues du Nil et aux saisons) et non astronomique avec un lever héliaque de Sirius ou de l'étoile Phax de la constellation de La Colombe. Ainsi Neugebauer et Clagett [44, 134, 135] pensent que ce calendrier vague de 365 jours est né dans les années -3000 avec la première dynastie, qu'il a été maintenu environ 225 années jusque vers -2775 et qu'alors on décida de fixer le 1^{er} Thot au lever héliaque de Sirius qui représentait encore le début de l'inondation.

1.1.4 La division du jour en 24 parties

L'origine de la division du jour en 2 fois 12 heures reste un peu énigmatique mais diverses interprétations ont été données [73]. L'origine pourrait être d'ordre purement mathématique⁷ car 12 est le plus petit entier ayant 6 diviseurs (1,2,3,4,6,12) de même que 60 est le plus petit entier ayant 12 diviseurs⁸ (1,2,3,4,5,6,10,12,15,20,30,60).

Cette division pourrait aussi avoir été créée en analogie avec l'année solaire divisée en 12 mois car elle contient environ 12 lunaisons.

Une autre interprétation, liée à l'observation du ciel chez les Égyptiens, a été donnée par le mathématicien et historien des sciences anciennes, Otto Neugebauer. Nous la reprenons dans les quelques lignes qui suivent.

Les Égyptiens, les Chaldéens et plus tard les Grecs utilisaient des levers et couchers d'étoiles pour se repérer dans l'année solaire. En Égypte on groupait les jours en 36 périodes de 10 jours (plus 5 jours dits « épagomènes ») ; la voûte céleste était donc divisée en 36 décans de 10°, étoiles brillantes ou constellations, chacun présidant la décade de l'année où son lever héliaque avait lieu. Le choix des décans devait être judicieux afin que leurs levers héliaques vers l'orient soient régulièrement espacés, et permettent de diviser la nuit en intervalles de temps égaux. Par suite

⁷On sait que les Sumériens avaient un système de numération de position à base 60 avec base auxiliaire 10 (ce qui réduit le nombre de symboles) et que certaines unités de mesures étaient divisées en 12 ou 24.

D'après [106] aux articles : astronomie, mesure du temps, nombres, poids et mesures.

⁸Théon d'Alexandrie, commentateur de Ptolémée qui vivait au IV^e siècle après J.C. pensait ainsi que 60 avait été choisi « parce qu'il est le plus commode à utiliser de tous les nombres, par le fait que entre tous ceux qui ont le plus de diviseurs, étant le plus bas, il est le plus facile à manier ». *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée*, d'après Georges Ifrah, page 61 [105].

du « glissement » du Soleil sur l'écliptique au fil des saisons, l'étoile (ou constellation) choisie comme repère pour la dernière division de la première décade devient le repère de l'avant dernière division de la deuxième décade et ainsi de suite... Les Égyptiens dressèrent ainsi ce que l'on a appelé les « calendriers diagonaux » ou plus exactement « horloges stellaires » constitués de 36 colonnes et N lignes donnant pour chacune des 36 décades les décans repères des N divisions de la nuit.

Le point essentiel de l'argumentation de Neugebauer réside dans son calcul du nombre de levers de décans dans le ciel égyptien. Si la nuit était noire du coucher au lever du Soleil et si les durées du jour et de la nuit étaient égales toute l'année, 18 décans sur 36 se lèveraient pendant la nuit et la division de l'année en décades aurait conduit à diviser la nuit en 18. Mais l'aube et le crépuscule, ainsi que la variation de durée du jour ne permettent en moyenne d'observer que le lever de 12 décans et les calendriers diagonaux ont ainsi 12 lignes et 36 colonnes (plus 1 colonne pour les jours épagomènes).

Par ailleurs les cadrans solaires retrouvés dans les tombes et les inscriptions révèlent que la journée était divisée en 10. En ajoutant l'aube et le crépuscule nous obtenons la division du jour en 24 parties.

D'autre part Hérodote (484-420 avant J.C.) semble plutôt donner une origine babylonienne à cette division. Il raconte ainsi comment les percepteurs égyptiens mesurent le terrain perdu par les paysans en raison des crues du Nil et diminuent la redevance au prorata⁹ :

« C'est ce qui donna lieu, à mon avis à l'invention de la géométrie que des Grecs rapportèrent dans leur pays. Car, pour l'usage du polos, du gnomon et pour la division du jour en douze parties c'est des Babyloniens que les Grecs les apprirent »
Histoires Livre II, 109 [104].

Les Babyloniens auraient-ils emprunté les 24 heures aux Égyptiens ?

1.1.5 La clepsydre du temple d'Amon à Karnak

La plus ancienne clepsydre connue a été trouvée en 1904 par G. Legrain, cassée, près du temple d'Amon à Karnak et elle a été restaurée pour le Musée du Caire. C'est un vase en albâtre de forme tronconique (36 cm de haut), richement décoré à l'extérieur et gravé à l'intérieur. Elle date du règne d'Aménophis III (environ 1415-1380 avant J.C.). Cette clepsydre, étudiée en détail et en relation avec d'autres clepsydres égyptiennes par Borchardt [27], servait à diviser la nuit en 12 parties, tout au long de l'année astronomique égyptienne.

L'extérieur Le bord supérieur est légèrement profilé et comporte une surface plate annulaire sur laquelle sont indiqués les noms des 12 mois désignés à partir du premier mois de l'inondation dans la forme conventionnelle suivante : Mois 1 de la saison d'Akhet, Mois 2 de la saison d'Akhet, Mois 3 de la saison d'Akhet, Mois 4 de la saison d'Akhet, Mois 1 de la saison Shemu,

⁹ « Δοκεει δε μοι ενθευτεν γεωμετριη ευρεθεισα ες την Ελλαδα επανελθειν.

Πολον μεν γαρ και γνωμονα και τα δωδεκα μερεα της ημερης παρα Βαβυλωνιων εμαθον οι Ελληνες. »

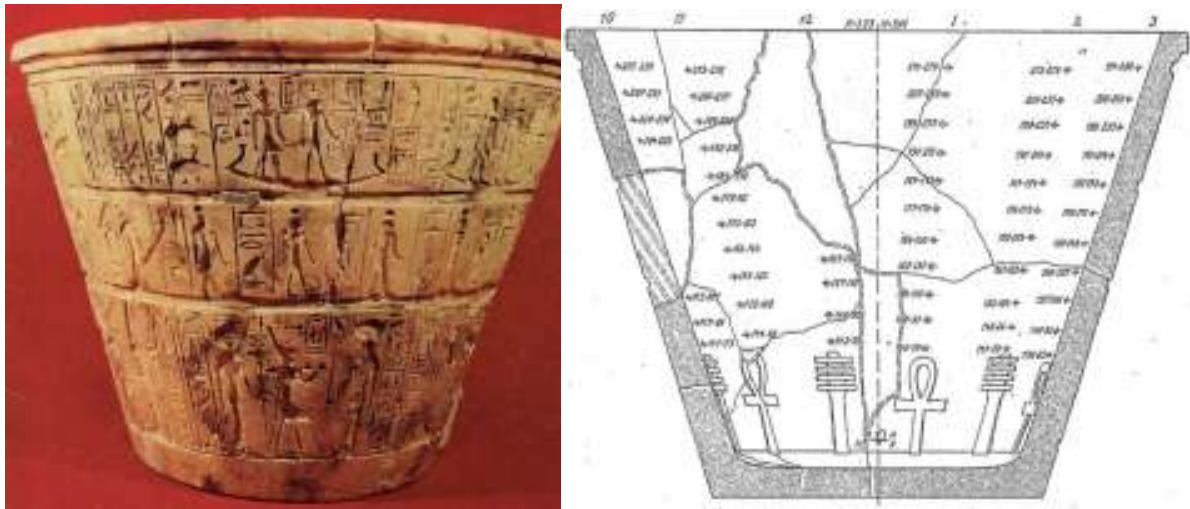


FIG. 1.3 – Clepsydre de l'époque d'Aménophis III, XV^e- XIV^e siècle av. J.C.

La photo montre la face avant, et le schéma l'intérieur de cette même face avant. Les marques sur le schéma sont repérées par deux chiffres : le rayon et la hauteur au-dessus de l'orifice

... Mois 4 de la saison Peret (il n'y a pas de colonnes pour les 5 jours épagomènes pour lesquels on utilisait l'échelle du mois 1 ou celle du mois 12).

La plus courte échelle de 12 doigts est liée au mois 2 de Shemu, c'est-à-dire le 10^e mois de l'année civile .

Les surfaces extérieures étaient décorées de pierres colorées et d'émaux.

Des bandes bleues avec des étoiles insérées partageaient la surface en 3 ceintures.

La ceinture inférieure représente en 6 tableaux le roi entouré des 12 dieux des mois à raison de 2 dieux par tableau. Entre le premier et le sixième tableau se trouve l'orifice, avec certainement comme l'attestent d'autres exemples, la figure cynocéphale d'un babouin à tête de chien, un des animaux sacrés emblème de Thot, déesse de la sagesse et de la Lune.

La ceinture du milieu contient les images des constellations circumpolaires les plus importantes, limitées à gauche et à droite par 7 génies protecteurs ou jours lunaires.

Les deux premières ceintures sont interrompues par une vignette représentant le Roi, protégé par derrière par la déesse de la Lune Thot, qui fait un sacrifice à Harmachis, dieu du Soleil.

La ceinture supérieure montre les représentations des planètes et des étoiles fixes correspondant aux étoiles décanales d'après lesquelles était donnée la position du Soleil au cours de l'année. Peu après le milieu se trouvent Isis et Sothis (Sirius) en barque.

Ce décor se retrouve aussi sur les plafonds du Ramesseum et du temple de Medinet Habou tous deux situés aussi à l'ouest de Thèbes.



FIG. 1.4 – La clepsydre de Karnak, 4 vues.

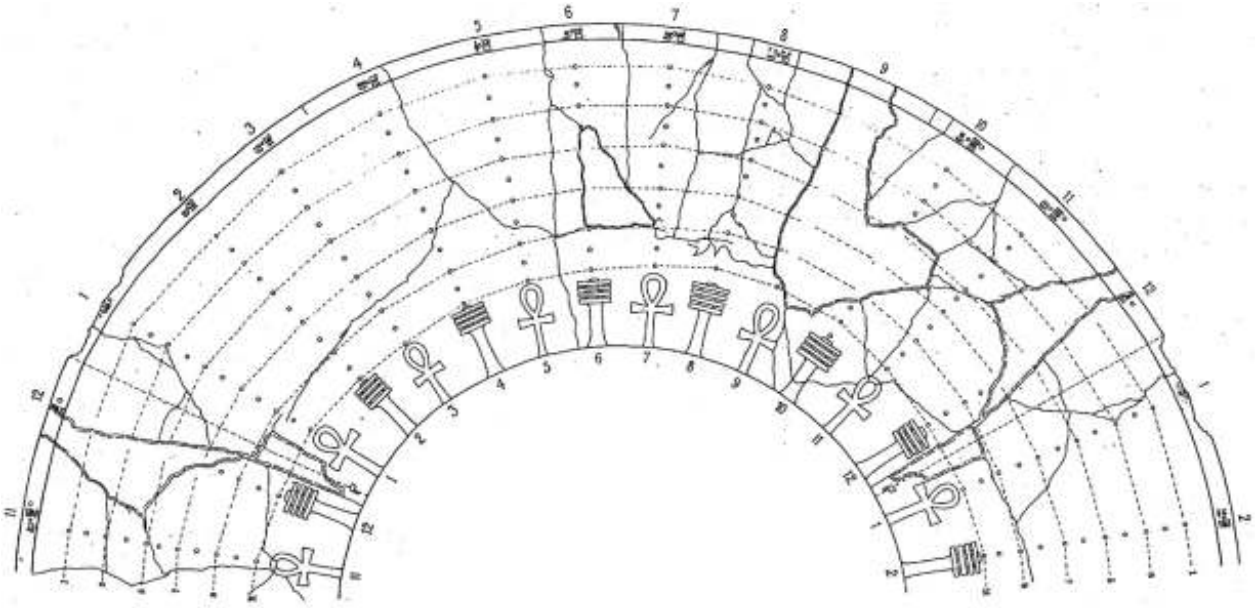


FIG. 1.5 – Intérieur développé de la clepsydre d'Aménophis.

Les lignes horaires pointillées 1, 3, 5, ... sont ajoutées pour faciliter la comparaison des échelles. La ligne séparant les mois 1 et 12 sont les extrémités du développement.

L'intérieur Une petite ouverture à la base laisse l'eau s'écouler. L'ouverture est élargie vers l'intérieur et laisse penser qu'un fin tube métallique la traversait.

12 colonnes verticales correspondant aux 12 mois de l'année étaient gravées à l'intérieur de la clepsydre. Chaque rangée verticale comportait 12 subdivisions limitées par 11 repères équidistants à partir d'une ligne supérieure aujourd'hui invisible qui devait être peinte. Les subdivisions égales entre elles sur une même colonne étaient plus importantes pour le mois du solstice d'hiver (mois 4) et diminuaient jusqu'au mois du solstice d'été (mois 10). La longueur des 12 graduations du mois 4 (solstice d'hiver) est d'environ 14 largeurs de doigt, celle du mois 10 (solstice d'été) d'environ 12 largeurs de doigt (en prenant un doigt de 18,75 mm).

La clepsydre était remplie d'eau au coucher du Soleil jusqu'à la ligne peinte supérieure et se vidait par l'orifice du bas. Le repère 12 est seulement visible pour le mois numéroté 10 et se trouve pour les autres mois inclus dans les motifs alternatifs du fond représentant la Vie et l'Éternité. Lorsque l'eau atteignait ce repère 12, c'était le lever du Soleil.

La forme tronconique avec un angle de 110° (au lieu d'un meilleur angle de 103° comme nous le verrons au chapitre 1.1.6.1) compense en partie l'irrégularité du débit mais ne permet néanmoins pas de graduer régulièrement l'intérieur de la clepsydre. L'erreur commise était au maximum seulement d'un quart d'heure dans la nuit.

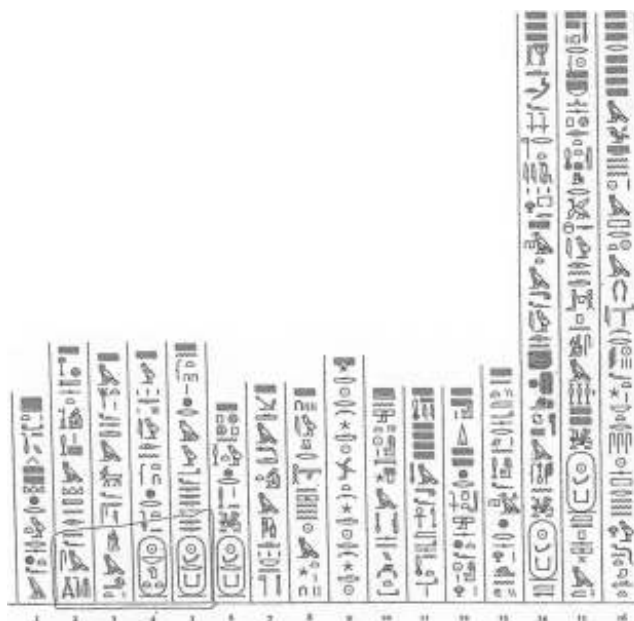


FIG. 1.6 – Description de la clepsydre d’Amenemhe’t, Musée de Berlin

1.1.6 L’inscription de la tombe d’Amenemhe’t

En février 1885 des paysans égyptiens découvrirent, à l’ouest de Thèbes, la tombe en ruine d’Amenemhe’t, un dignitaire royal, avec une inscription malheureusement lacunaire prouvant l’utilisation de clepsydres au début de la XVIII^e dynastie, vers 1550 avant J.C.. Ernesto Schiaparelli [163] et son ami Golenischeff copièrent scrupuleusement l’inscription qui fut envoyée plus tard à Sethe dont la traduction fut reprise par Borchardt [27]. Ce texte en 16 colonnes, représenté Figure 1.6, est écrit en hiéroglyphes et se traduit colonne par colonne¹⁰ :

1. _____un pays nommé Mitanni ; les ennemis
2. _____Thèbes ; la proclamation (?) de sa Majesté dans ce pays, il la fit en représailles de l’injustice
3. _____[grand] dans son service, élevé dans sa dignité, un prince devant
4. [le peuple]_____ [Amenemhe’t. Il dit : Écoutez , Vous] sur la Terre ! J’ai vécu 10 ans sous le Roi Amosis I.
5. _____[J’ai vécu] 21 ans sous l’Horus, qui vainquit les nations, le Seigneur Aménophis I.
6. _____La première fois que j’ai été distingué ce fut sous le règne du Roi de la Haute et Basse Égypte Aménophis I.

¹⁰Traduction de l’allemand et de l’anglais d’après [27, 44], les lacunes du texte sont représentées par des traits continus _____, les explications sont entre parenthèses (), les compléments entre crochets [], les mots pour l’instant non traduits remplacés par des points...

7. _____ . . . en lisant tous les livres des paroles des dieux (c'est-à-dire toute la littérature égyptienne)
8. _____ [j'ai trouvé que la nuit de la saison des inondations (c'est-à-dire l'hiver)] [est de] 14 [heures] alors que la nuit de la saison des récoltes (c'est-à-dire l'été) est de 12 heures.
9. _____ [j'ai trouvé un accroissement de la durée de la nuit] de mois en mois (et) une diminution de mois en mois.
10. _____ je [les ai représenté à l'intérieur de la clepsydre] ainsi que les mouvements de Rê (le dieu du Soleil) (et de la Lune) avec les paroles des deux ; (ensuite) une offrande (?)
11. _____ [une] comme [l'autre] avec les paroles de lui. Le signe de la vie et du bonheur est dans sa main, comme c'est la règle,
12. _____ [il y a] Rê (dieu du Soleil) donne à Nechet (déesse de la Lune) qui s'approche de Rê pendant qu'elle
13. _____ [elle tient le signe de la vie] qu'elle a dans la main devant le nez de sa Majesté qui descend devant elle ; pendant qu'elle. . .
14. _____ [lui, le Roi, est] heureux, de voir ces déesses, comment elles vont et viennent (c'est-à-dire à sa rencontre et en l'accompagnant). J'ai fabriqué un Mrhyt (c'est-à-dire un appareil à l'aide duquel on reconnaît le temps) calculé sur l'année. Il était pour le divin Roi de la Haute et de la Basse Égypte Aménophis I plus beau
15. [que toutes les autres. Il était juste (?)] à chaque saison. Jamais un semblable à [lui] ne fut fabriqué auparavant. J'ai terminé ce grandiose instrument de mesure en faveur du divin Roi de la Haute et de la Basse Égypte Aménophis I, partagé en demi [et tiers.
16. Il était juste] pour l'entrée dans la saison des récoltes, dans celle de l'hiver, pour les rencontres (conjonctions) de la lune en chaque temps. Chaque heure (vient) à son temps. L'eau coule (seulement) à travers un orifice.

Commentaire du texte : En ligne 1 et 2 manque une grande partie du texte ; les événements mentionnés évoquent certainement des conquêtes asiatiques.

En ligne 3, Amenemhe't donne ses titres et dignités, malheureusement sans donner ses fonctions réelles.

Aux lignes 4, 5 et 6 il s'adresse au visiteur de sa tombe pour lui apprendre l'histoire de sa vie.

A la ligne 7, il en vient à ses études scientifiques : il a étudié toute la littérature (les « livres des paroles des dieux » qui seront appelés par les Grecs « les livres hermétiques », c'est-à-dire, comme le nom l'indique, ceux se rapportant à la divinité Thot-Hermès)

A la ligne 8, il donne le résultat le plus important de ses recherches qu'il décrira dans le reste de l'inscription : il a constaté la variation de longueur du jour et de la nuit (sans que l'on sache s'il a trouvé cela par lui-même ou dans la littérature). Les compléments ajoutés donnent la seule interprétation possible de ce texte lacunaire. Amenemhe't, à qui il manque la notion d'heures

équinoxiales, veut dire en ligne 8 : la nuit d'hiver dure 14 « heures de nuit d'été » ou bien les durées des nuits d'hiver et d'été sont dans le rapport 14/12. On trouve ce même rapport de 14/12 dans les rapports des hauteurs des deux échelles des mois 4 et 10 de la clepsydre d'Aménophis III. Comme cette clepsydre repose sur la théorie erronée que le niveau d'eau décroît de hauteurs égales en temps égaux, elle conduit aussi à penser que les rapports de la nuit d'hiver sur la nuit d'été est de 14/12 (alors que 14/10 serait plus exact à la latitude de Karnak).

En ligne 9, il note la diminution de la durée de la nuit de mois en mois.

A partir de la ligne 10 il décrit un instrument qui ressemble jusque dans les détails à la clepsydre d'Aménophis III. L'extérieur est décrit de la ligne 10 à 14 : les images représentent les divinités avec leurs paroles à côté d'elles, comme il est l'habitude dans les représentations égyptiennes. Il est question des mouvements du Soleil et de la Lune peut-être en relation avec la ceinture supérieure de la clepsydre et sa rangée d'étoiles décanales parcourue par le Soleil au cours de l'année.

A la ligne 12 et peut-être même 13, il pourrait s'agir de l'image principale, à part qu'ici il est question seulement du dieu du Soleil Rê et de la déesse de la Lune Nechet alors que sur la clepsydre de Karnak ce sont le dieu du Soleil Harmachis et la déesse de la Lune Thot qui sont représentés.

Les déesses de la ligne 14 pourraient être les heures ou des déesses associées, qui sont comparables à ce que l'on voit sur la clepsydre avec les divinités des mois apparaissant dans les 6 tableaux de la ceinture inférieure, 2 divinités par tableau, une derrière le Roi, l'autre allant à sa rencontre.

Aux lignes 14, 15, 16 Amenemhe't donne le nom de son instrument, un mrhyt, « appareil à l'aide duquel on reconnaît le temps ». Ici le Mrhyt n'est pas l'instrument de visée qui permet de donner l'heure à partir de mesures de hauteurs d'étoiles mais la clepsydre élaborée par Amenemhe't. Ensuite, il dit que l'instrument a été calculé pour un an ; on n'en a, comme il l'affirme, jamais construit auparavant de semblable, car les autres instruments de mesure du temps ne prenaient pas en considération les variations de durée de la nuit au cours de l'année (comme cela a été le cas pendant longtemps pour les cadrans solaires qui ne prenaient pas en compte la date). Il donne ensuite à son instrument un autre nom : « dbt » c'est-à-dire « bol, récipient de mesure » un mot écrit avec le symbole □, symbole désignant les clepsydes et qui en reprend la forme.

Ensuite il mentionne en lignes 15 et 16 la division de l'échelle en « demis et tiers », le mot tiers est certes ajouté, mais il faut bien convenir que le partage en moitiés c'est-à-dire 1/2, 1/4, 1/8 ne permet pas la division de la nuit en 12 heures. Une autre interprétation est donnée par Clagett [44] : le mot de tiers peut faire référence au fait que, de mois en mois, l'échelle intérieure décroît puis croît d'un 1/3 de doigt.

Enfin en ligne 16 il fait l'éloge de son horloge qui va juste en chaque saison et qui donne chaque heure en son temps. Il mentionne finalement que son horloge n'a qu'un orifice. On peut ici supposer qu'avant Amenemhe't des essais ont été faits pour donner différentes longueurs de l'heure avec des clepsydes à plusieurs orifices. On aurait donc d'abord essayé des procédés techniquement difficiles à mettre en œuvre avant qu'Amenemhe't n'applique le plus simple.

Le passage lié à la Lune reste obscur puisque l'instrument n'a rien à voir avec les mouvements de la Lune. Peut-être est-ce une manière poétique de dire que les mesures sont bonnes quelle que soit la phase de la Lune.

1.1.6.1 Forme des clepsydes

La vitesse v d'un liquide [100] sortant d'un récipient de hauteur h est $v = \sqrt{2gh}$.

Le débit à travers un orifice de section a est donné par la valeur $Q = C_d a \sqrt{2gh}$

g est l'accélération de la pesanteur et C_d est le coefficient de décharge dépendant de la forme de l'orifice, du coefficient de frottement du fluide, de la constriction du jet sortant.

Pour un récipient de section constante, le temps mis par le liquide pour baisser de la hauteur h à h_0 est donné par

$$t = \frac{2A}{C_d a \sqrt{2g}} (\sqrt{h} - \sqrt{h_0})$$

Ainsi par exemple le temps mis par un liquide pour baisser de h à $\frac{h}{2}$ est différent de celui mis pour passer de $\frac{h}{2}$ à 0. Il faudrait une section variable obéissant à la loi $r = K \sqrt[4]{h}$ où r est le rayon de la section supposée de révolution, h la hauteur et K une constante pour que la hauteur diminue linéairement en fonction du temps.

D'autres paramètres liés à l'écoulement doivent être pris en compte :

Le coefficient de décharge varie en fonction du type et de la température du liquide, de la dimension et de la forme de l'orifice.

Le type d'écoulement laminaire ou turbulent : si l'écoulement est turbulent, le coefficient de décharge reste constant dans une large gamme de températures mais il varie considérablement avec la température en écoulement laminaire. Si, de plus, l'écoulement passe de turbulent à laminaire lorsque le niveau du fluide baisse, la variation sera encore plus importante.

La seule façon d'avoir un débit constant est donc

1. d'assurer un niveau de liquide constant
2. d'avoir un orifice suffisamment large pour obtenir un écoulement turbulent
3. de garder le liquide à température constante.

Les Égyptiens ne possédaient pas les connaissances d'hydrodynamique et de mathématiques suffisantes pour quantifier ces influences ; ils avaient néanmoins une bonne compréhension des causes des variations du débit et furent capable d'en minimiser les effets avec la forme tronconique de leurs clepsydes.

1.2 Les clepsydes grecques

Le mot clepsydre [169] vient du grec κλεψυδρα. Il est composé des mots κλεφτις voleur et υδωρ eau. On le rencontre pour la première fois chez Aristophane (450-386 environ). Dans une de ses comédies¹¹, « Les Acharniens », le chœur prend la défense d'un vieux citoyen ayant combattu les Perses à Marathon :

« Est-il convenable que l'on puisse ainsi faire périr près de la clepsydre un vieillard aux cheveux blancs qui prit sa part de tant de fatigues, qui sur son front chaud et vaillant a essuyé tant de sueur, qui à Marathon s'est si bravement illustré pour sauver la cité ! »

¹¹Aristophane, Acharniens 692-696, Les Belles Lettres, Traduction Van Daele.

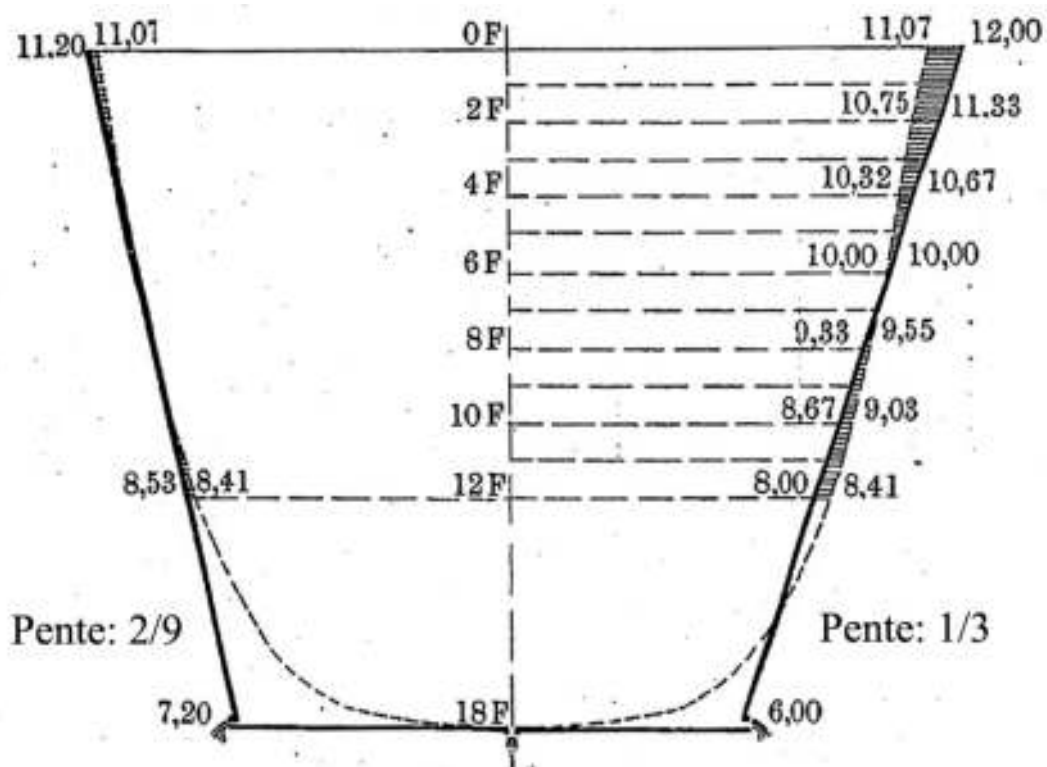


FIG. 1.7 – Formes de clepsydre

A droite, le profil de pente de 1/3 de la clepsydre d'Aménophis III (Le nombre F représente le « doigt égyptien » soit 18,75mm).

En pointillés, le profil parabolique du quatrième ordre $r = K\sqrt[4]{h}$ pour lequel le niveau de l'eau décroît de hauteurs égales en des temps égaux.

A gauche, le profil de pente de 2/9 approchant le même débit.

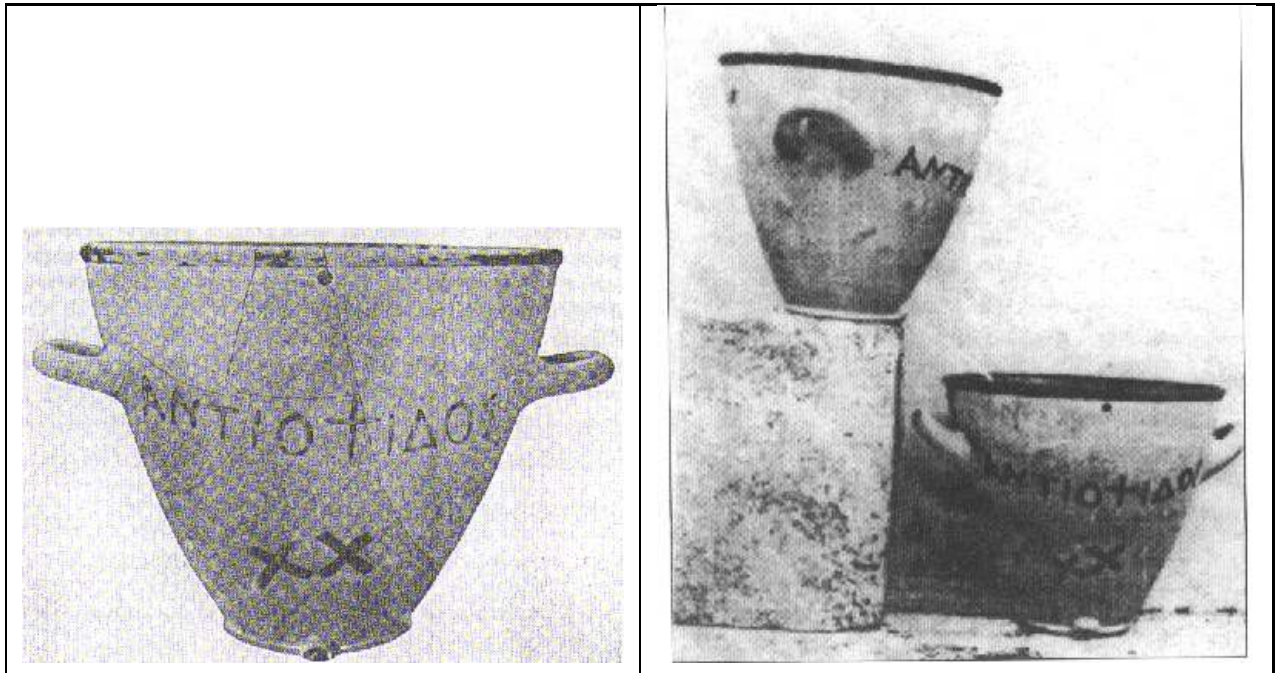


FIG. 1.8 – Clepsydre trouvée à l’Agora d’Athènes et montage explicatif du musée. La clepsydre ci-dessus se trouve au Musée de l’ancienne agora romaine. L’inscription est « ANTIOXIAIOS » (la tribu athénienne Antiochis) et « XX » indique la contenance de 2 XOES soit 6,48 litres. Au début du discours, l’orifice était ouvert. Le discours devait s’achever lorsque le vase supérieur était vide, soit une durée d’environ 6 minutes. Dimensions : Hauteur : 0,23m Diamètre supérieur : 0,28m Diamètre inférieur : 0,232m Tube d’écoulement : $\phi_{int} = 4mm$, $\phi_{ext} = 6mm$

Lors des fouilles de l’Agora d’Athènes on mit au jour le récipient de la figure 1.8 qui permettait de réguler les temps de parole lors des procès.

L’orateur Eschine (389-314 avant J.C.) mentionne des clepsydes en forme d’amphore pour mesurer la durée des plaidoiries :

« Si l’accusateur veut le permettre, j’interromps mon discours... Le temps qui me reste permet de le faire, car, dans la journée qui nous est mesurée, j’ai onze amphores pour plaider¹² ».

« Supposons deux parties contractantes, dont l’une, celui qui paie, tient consciencieusement ses engagements, tandis que l’autre, celui qui est payé, n’y est pas fidèle, ou inversement un jeune complaisant correct exécuteur des stipulations du contrat et un entrepreneur sans loi. On mesure l’eau, la parole est accordée au plus âgé des deux...¹³ »

Eschine détaille comment sont mesurés les différents temps du procès :

¹²Eschine, Discours, Sur l’ambassade infidèle (&126) Trad. V. Martin et G. de Budé, Les Belles Lettres 1927.

¹³Eschine, Discours, Contre Timarque (&162) Trad. V. Martin et G. de Budé, Les Belles Lettres 1927.

« La journée est divisée en trois parties quand un procès en illégalité est introduit devant un tribunal. La première mesure d'eau est attribuée à l'accusateur, aux lois et à la démocratie, la deuxième à l'accusé et à ceux qui parlent sur l'affaire elle-même ; lorsque le premier vote n'écarte pas l'accusation d'illégalité, la troisième mesure d'eau est consacrée à l'appréciation de la peine et à la grandeur de votre ressentiment¹⁴. »

Aristote (384-322 avant J.C.) précise dans deux textes la façon de mesurer du temps au tribunal¹⁵

« ...Il y a (au tribunal) des clepsydes munies de tuyaux d'écoulement. On y verse l'eau dont la mesure indique la durée des plaidoiries. Sont accordées dix $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ ¹⁶ pour les affaires au-dessus de cinq mille drachmes et trois $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour la défense ; sept $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour les affaires de moins de cinq mille drachmes, et deux $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour la défense ; cinq $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour les affaires de moins de mille drachmes et deux $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour la défense ; six $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour les litiges entre compétiteurs, procès qui ne donne pas lieu à réponse. L'homme qui est préposé à l'eau ferme le tuyau chaque fois que le greffier va donner lecture d'une loi ou d'un témoignage de quelque pièce de ce genre. S'il s'agit d'un procès qui dure toute une journée divisée en plusieurs parties, il ne ferme pas le tuyau mais la même quantité d'eau est accordée à l'accusation et à la défense... »¹⁷

Il faut remarquer que la fontaine qui se trouve au pied nord-ouest de l'Acropole s'appelle aussi « Clepsydra ». Cette fontaine alimentait l'horloge hydraulique de la Tour des Vents construite en 50 avant J.C. par Andronicos Kyrrestes. De nombreux auteurs rapportent que le nom ancien de la source était « Empedo » du verbe « empedo » signifiant « lier » (possibilité de canaliser l'eau) ou de l'adverbe « empedon » signifiant « continuellement ». Plus tard, la fontaine fut appelée « Clepsydra » car parfois elle débordait, parfois elle se tarissait en fonction des eaux souterraines de la rivière Phaléron qui l'alimentait.

Deux grandes horloges à eau ont été trouvées en Grèce : l'une au sud-ouest de l'Agora d'Athènes et l'autre dans le temple élevé en l'honneur du devin grec Amphiaräus, à Oropos en Béotie. Les deux ouvrages en pierre dateraient de la même période entre 338 et 322 avant J.C., lorsque le sanctuaire d'Oropos dépendait d'Athènes. Leur similitude laisse penser que le bâtisseur était une seule et même personne. La figure 1.9 permet d'en comprendre le fonctionnement : on remplissait le réservoir carré à heure fixe jusqu'à un niveau donné ; l'eau s'écoulant par l'orifice du bas, l'ensemble flotteur en bois s'abaissait et marquait l'écoulement du temps par des repères sur les côtés, bien au-dessus du sol. A tout moment et avec précision on pouvait savoir quelle heure il était [7].

¹⁴Eschine, Discours, Contre Ctésiphon (&197), Trad. V. Martin et G. de Budé, Les Belles Lettres 1928.

¹⁵Aristote, Constitution d'Athènes, LXVII, 2-3 et Aristote Resp Ath LXVII.

¹⁶1 $\chi\omicron\upsilon\varsigma$ valait environ 3,24 litres dans le système de Solon et 3,275 litres dans le système nouveau.

¹⁷Si la clepsydre utilisée pour les procès d'Aristote est la même que précédemment, 2 $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ se vident en 6 minutes. L'orateur dispose de 10 $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ pour les affaires au-dessus de 5000 drachmes soit 30 minutes et 2 $\chi\omicron\epsilon\varsigma$ soit 6 minutes pour les affaires de moins de 1000 drachmes : la justice est tout de même un peu expéditive !

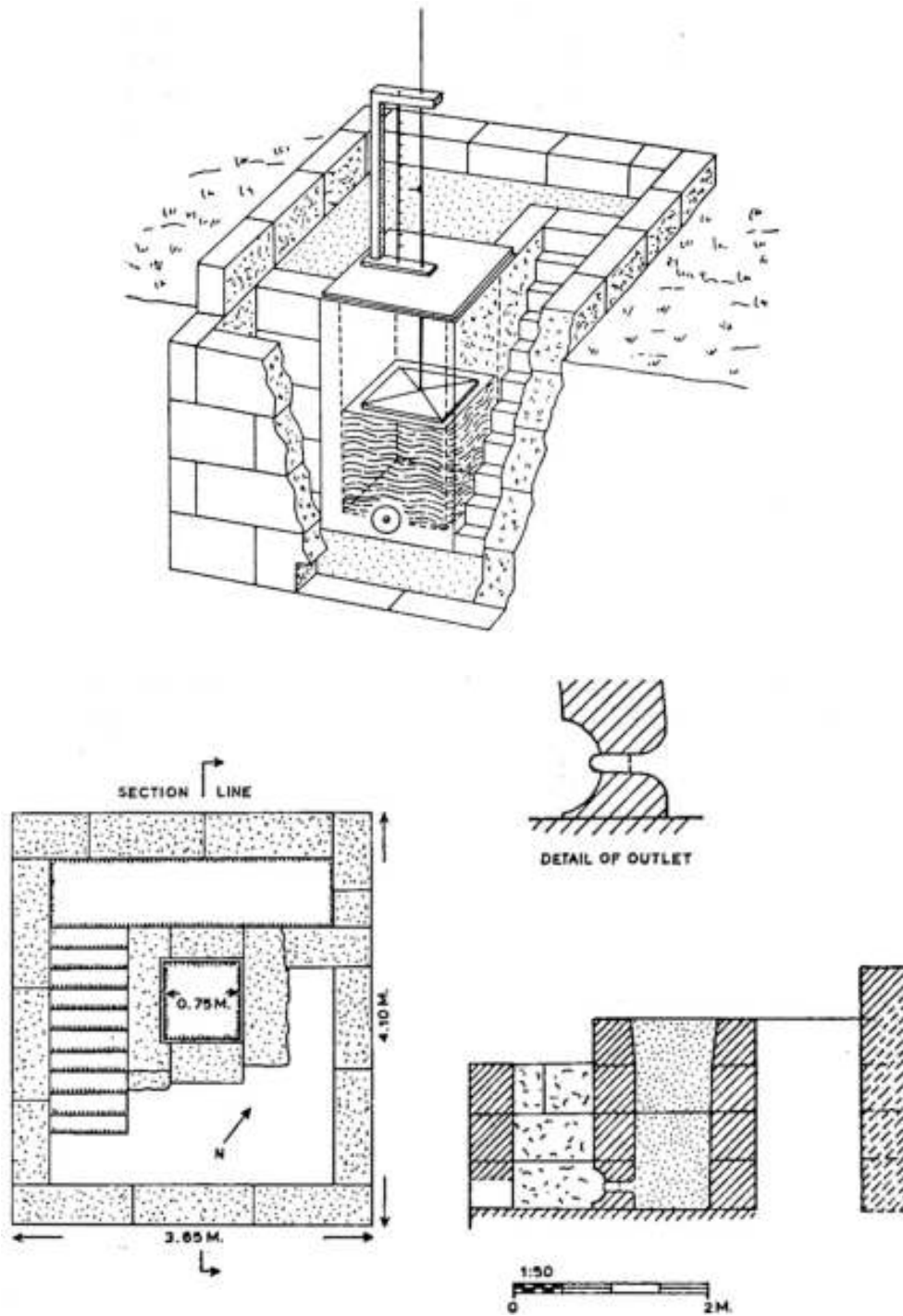


FIG. 1.9 – Horloge à eau de l’Amphiarion d’Oropos ; plan et coupe.

Reconstitution d’après J.E. Armstrong et J.McK Camp Jr [8].

1.3 Les clepsydras romaines

1.3.1 La clepsydre de Scipion Nasica

Les Romains héritèrent des Grecs clepsydras et horloges à eau. Varron et Pline l'Ancien mentionnent que Scipion Nasica érigea en 158 avant J.C. une clepsydre publique dans la basilique émilienne à Rome.

Varron, De la langue latine

« On appelle solarium le cadran sur lequel on voyait les heures au Soleil ou bien l'horloge que Scipion Nasica (censeur en 159 av. J.C.) mit à l'ombre dans la basilique Aemilia et Fulvia¹⁸. »

Pline l'Ancien, Histoire naturelle

« Selon M. Varron, le premier cadran solaire qui ait été installé sur une place publique, l'a été auprès des Rostres, sur une colonne, par les soins du consul Manius Valerius Messala, lors de la première guerre punique, après la prise de Catane en Sicile (En 263 av. J.C.) ; il avait donc été transporté de là, trente ans après la date communément assignée à l'horloge de Papirius (En 293 av. J.C., au temple de Quirinus, cf Pline, NH 7, 213), soit en l'an de Rome 491. Or, ses divisions linéaires ne concordaient pas avec les heures¹⁹ ; elles furent tout de même adoptées pendant 99 ans, jusqu'au moment où Q. Marcius Philippus (...) fit poser à proximité un cadran réglé de façon plus précise ; parmi tous les actes de sa censure, cette libéralité lui valut le plus de faveur (En 164 av. J.C.).

Pourtant, même alors, les heures étaient incertaines par temps couvert, jusqu'au lustre suivant. A cette date (159 av. J.C.), Scipion Nasica (...) fut le premier à utiliser l'eau pour noter les heures, aussi bien de nuit que de jour ; il dédia sa clepsydre, installée à couvert (dans la basilique émilienne), en l'an de Rome 595²⁰. »

¹⁸« Solarium dictum id in quo horae in sole inspiciebantur, quod P. Cornelius Scipio Nasica in basilica Aemilia et Fulvia inumbravit »

Varron, de la langue latine 6, 4, trad. P. Flobert, Paris, Les Belles Lettres, 1985.

¹⁹Catane est à la latitude 37° et Rome à la latitude 41°.

L'histoire du cadran solaire de Catane transporté à Rome en 264 est souvent rapportée d'une façon excessive. Pierre Bacchus a calculé que l'erreur, en heures antiques, ne dépassait pas 6 minutes dans notre système sexagésimal (Cadrans Info n°3, mai 2001)

²⁰« M. Varro primum statutum (horologium) in publico secundum Rostra in columna tradit bello Punico primo a M. Valerio Messala consule Catana capta in Sicilia, deportatum inde post XXX annos quam de Papiriano horologio traditur, anno urbis CCCCLXXXI. Nec congruebant ad horas eius lineae, paruerunt tamen ei annis undecimum, donec Q. Marcius Philippus, qui cum L. Paulo fuit censor, diligentius ordinatum iuxta posuit idque munus inter censoria opera gratissima acceptum est.

Etiam tum tamen nubilo incertae fuere horae usque ad proximum lustrum. Tunc Scipio Nasica (...) primus aqua diuisit horas aequae noctium ac dierum idque horologium sub tecto dicauit anno urbis DXCV. »

Pline l'Ancien, Histoire naturelle, 7, 214-215, trad. R. Schilling, Paris, Belles Lettres, 1977

1.3.2 Les clepsydes et César

Jules César mentionne aussi la clepsyde dans la guerre des Gaules lorsqu'il compare la durée des jours et des nuits entre le continent et la Grande Bretagne, qu'il vient d'envahir²¹.

« ...il y a aussi, dit-on, plusieurs autres îles plus petites, voisines de la Bretagne (Îles Hébrides, Orcades ou îles le long de l'Écosse) à propos desquelles certains auteurs affirment que la nuit y règne pendant trente jours de suite, au moment du solstice d'hiver. Pour nous, nos enquêtes ne nous ont rien révélé de semblable ; nous constatons toutefois, par nos clepsydes, que les nuits étaient plus courtes que sur le continent ²²... »

²¹Le texte de César appelle plusieurs commentaires.

De quel continent parle César ? S'agit-il de Calais qui est à la même latitude que la côte sud de l'Angleterre, ou de la côte des actuels Pays Bas ?

« Plus petite » se réfère à l'île de Man qui vient d'être citée. Il est donc peu probable que l'île nommée soit l'Irlande ou l'Islande. Peut-être s'agit-il des Îles Hébrides, des Îles Orcades ou d'autres îles le long de l'Écosse.

De toute façon, pour ces îles la longueur de la nuit n'est pas de 30 nyctémères (le nyctémère représente une durée de 24 heures). Le calcul qui suit montre en effet qu'il faut être à la latitude $67^{\circ}26'$ pour cela. La hauteur h du Soleil, à midi vrai, en un lieu de latitude λ , un jour où la déclinaison du Soleil vaut δ est en effet donnée par :

$$h = (90^{\circ} - \lambda) + \delta \quad (1.1)$$

Un jour donné, sous quelle latitude, le Soleil pointe-t-il à l'horizon à midi ? La formule 1.1 donne pour le solstice d'hiver ($\delta = -23^{\circ}27'$), $\lambda = 90^{\circ} - 23^{\circ}27' = 66^{\circ}33'$, c'est à dire que c'est à partir du cercle polaire que va commencer à apparaître le phénomène du nyctémère totalement dans la nuit. Si l'on veut savoir, où en latitude, a lieu une nuit autour du solstice qui dure 30 nyctémères, on prend les deux dates qui sont distantes, chacune, de 15 jours de ce jour du solstice et on reporte la déclinaison du Soleil, ces deux jours-là dans la formule 1.1 ci-dessus.

Exemple, en 2005-2006 (le solstice d'hiver a lieu le 21 décembre 2005 à 18h35) :

15 jours avant le solstice : 6 décembre 2005 $\delta = -22^{\circ}34'$

15 jours après le solstice : 5 janvier 2006 $\delta = -22^{\circ}34'$

La latitude pour laquelle la nuit dure 30 jours est donc $\lambda = 90^{\circ} - 22^{\circ}34' = 67^{\circ}26'$

²²...de quibus insulis non nulli scripserunt dies continuos XXX sub bruma esse noctem. Nos nihil de eo percontationibus reperiebamus, nisi certis ex aqua mensuris breuiore esse quam in continenti noctes uidebamus...

Jules César, La Guerre des Gaules Livre V, XIII-4

Chapitre 2

Les mécanismes grecs et romains

Dès l'Antiquité et jusqu'au Moyen Age, l'écoulement de l'eau fut employé pour animer des horloges plus complexes que les clepsydres, avec des indications astronomiques, mettant même en mouvement des automates. Ces horloges à eau préfigurent l'ensemble des horloges mécaniques qui furent construites dans toute l'Europe à partir des années 1300.

2.1 L'horloge hydraulique de Ctésibios

Ctésibios n'est connu que par les références que fait l'ingénieur-architecte romain Vitruve [185] : il est nommé 7 fois dans « de architectura » [6] qui fut publié vers 25 av. J.C. sous le règne d'Octave. Ctésibios vécut vraisemblablement de 300 à 230 avant J.C.

Ctésibios est d'abord nommé, au même titre qu'Archimède, dans le programme de la formation pluri-disciplinaire au Livre I.

C'est au Livre IX, chap 8 v 2-7 que Vitruve lui consacre même une notice bibliographique où il raconte qu'il était fils de barbier et que sa vive intelligence s'exerça à trouver d'ingénieux dispositifs.

Au livre X, une des machines décrites est même appelée « machina ctesibia » (Livre X-7 v1)

La figure 1 montre le principe de fonctionnement de cette horloge. Le texte de Vitruve qui en décrit précisément le fonctionnement est donné en annexe page 269.

1. Un réservoir alimente de façon constante (par un système de clapet et flotteur) la cuve abcd.
2. Le flotteur f s'élève et la crémaillère entraîne les roues g, h, i : le personnage de droite s'élève et indique l'heure sur le tambour.
3. Le tambour peut être porteur de lignes horaires et sa rotation permet à cette horloge de donner les heures antiques variables des Anciens.
4. Lorsque la roue h rencontre la roue i sur sa partie lisse, le pignus (sorte de sifflet) redescend rapidement en sifflant et le son sort par K semblant provenir du personnage sonnante de la trompette.

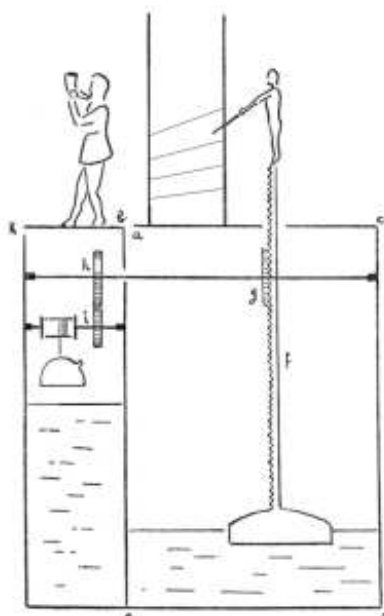


FIG. 2.1 – L'horloge de Ctésibios (d'après Vitruve [185]).

2.2 Les mécanismes hydrauliques de Philon de Byzance

La vie de Philon de Byzance est très mal connue mais quelques parties de son ouvrage en neuf livres sur les Techniques sont parvenues jusqu'à nous : Le quatrième livre *Belopoiika*, des fragments du septième *Paraskeuastika* et du huitième *Poliorkética* en grec et le cinquième livre *Pneumatica* dans une version arabe.

Philon cite Ctésibios et semble avoir vu ses machines ; on pense qu'il vécut à la fin du III^e siècle comme Ctésibios mais qu'il était plus jeune d'une trentaine d'année et que « Les Pneumatiques » ont été écrites vers 230 av J.C..

Les œuvres conservées sont : *Traité des leviers*, *Les Pneumatiques*, *Le Traité des clepsydes*, *Le Traité des machines de guerre*, *Traité de fortification (Poliorketika)*, *Le Traité des roues qui se meuvent d'elles-mêmes*.

Celles dont on ne connaît que le titre : *Traité des automates*, *Traité des instruments merveilleux (orgues et tuyaux)*, *Traité de la traction des poids lourds (baroukos)*, *Traité de la construction des ports*, *Traité des messages secrets*.

Le traité sur les clepsydes est connu par une version arabe tronquée et mal rédigée. Dans une des clepsydes, le réglage du débit était réalisé par un tuyau coudé dont l'orifice se déplaçait sur un demi-cercle divisé avec les signes du zodiaque. On pouvait ainsi approcher les heures temporaires ; c'est ce procédé qu'Al-Jazari reprendra dans sa clepsyde.

2.3 Les mécanismes hydrauliques de Héron d'Alexandrie

L'époque où vécut Héron d'Alexandrie fut longtemps l'objet de controverses auxquelles mit fin l'historien Otto Neugebauer. Dans « La Dioptré », un des ouvrages de Héron, une méthode est décrite pour mesurer la distance entre Rome et Alexandrie à l'aide d'une éclipse de Lune. Dans cette description, l'éclipse eut lieu le dixième jour avant l'équinoxe de printemps, et débuta à Alexandrie à la cinquième heure de veille de la nuit. Ces précisions permirent à Otto Neugebauer d'authentifier cette éclipse comme celle de la nuit du 13/14 mars 62 (calendrier julien) dont l'entrée dans l'ombre eut lieu à 20h34 T.U. (soit 20h40 solaire à Alexandrie, c'est-à-dire dans la cinquième heure de la nuit, coucher du Soleil à 16h01). D'autres passages de la Dioptré ainsi que de nombreux passages des « Automates », des « Mécaniques » et des « Pneumatiques », confirment la conclusion que Héron vivait à l'époque de l'empereur Néron [7]. En effet, à cette époque, on assiste au développement des automates, des plafonds de théâtre mobiles, des horloges hydrauliques qui sont bien décrits dans ces livres.

Treize des ouvrages de Héron d'Alexandrie sont connus par des traductions arabes ou latines. On peut les regrouper en trois groupes :

1. Les machines et appareils : « La Chirobaliste (machine de jet) », « Les Belopoiica (machines de jet pour la guerre) », « Le Barulkos (treuil) », « Les Automates », « Les Mécaniques ».
2. Les applications scientifiques : « La Catoptrique », « Les Pneumatiques », « La Dioptré ».
3. Les mathématiques : « Les Métriques », « Scholies d'Euclide », « La Géométrie », « Les Mesures », « La Stéréométrie », « Les Définitions ».

Le Traité des Pneumatiques, dont nous possédons le texte en grec, est l'ouvrage le plus connu et comprend 80 chapitres. Les 7 premiers chapitres sont empreints des Pneumatiques de Philon, cité plus haut et décrivent des expériences prouvant la matérialité de l'air. Puis Héron décrit des appareils mettant en mouvement des objets à forme humaine ou animale.

Le chapitre 31 de « La Dioptré » nous intéresse puisqu'il y décrit la mesure du débit d'une source permettant d'alimenter une fontaine :

« Étant donné une source, examiner son débit, c'est-à-dire la quantité d'eau qu'elle fournit.

Il faut savoir que l'écoulement ne reste pas toujours le même. Par temps de pluie en effet il augmente parce que l'eau est abondante sur les montagnes et jaillit avec plus de force. En période de sécheresse au contraire l'écoulement se réduit parce que l'eau n'arrive pas en abondance. Les sources de bonne qualité cependant ont un écoulement qui ne varie pas beaucoup. Il faut donc prendre la totalité de l'eau de la source pour qu'elle ne puisse fuir d'aucun côté et faire une canalisation en plomb de forme quadrangulaire, en veillant à ce qu'elle soit beaucoup plus importante que le débit ; on l'ajustera à la source en un seul endroit, de façon que l'eau s'écoule par la canalisation. Il faut placer cette dernière au-dessous de la source, de façon à recevoir le flot débité. Nous déterminerons l'endroit situé au-dessous de la source grâce à la dioptré. On retiendra donc à l'embouchure de la canalisation l'eau qui s'y écoule et on la retiendra par exemple sur une hauteur de deux doigts. Admettons que la largeur de l'embouchure soit de six doigts, six fois deux font douze. Nous

montrons donc que le débit de la source est de douze doigts. Mais il faut savoir qu'il n'est pas suffisant, pour connaître la quantité d'eau fournie par la source, de trouver la section de l'écoulement, que nous disons être de douze doigts, mais il faut connaître la vitesse de cet écoulement ; plus l'écoulement est rapide et plus l'eau est abondante ; plus il est lent, et moins il y a d'eau. C'est pourquoi il faut creuser un réservoir au-dessus de l'écoulement de la source et observer avec un cadran solaire la quantité d'eau qui entre dans le réservoir en une heure et ainsi calculer la quantité d'eau fournie en un jour ; il n'est même pas nécessaire de mesurer la section de l'écoulement : le temps rend évident l'abondance de la source. »

Son ouvrage « Les Automates », est connu par la traduction arabe de Qusta b. Luqa à Bagdad au IX^e siècle. Le livre est divisé en deux sections : « Les automates à siège mobile » et « Les automates à siège fixe ». Dans les automates à siège mobile, le mécanisme moteur enfermé dans un caisson permet, en plus du fonctionnement des automates, le déplacement même du caisson. Dans les automates à siège fixe, le caisson est immobile et sert de support à un théâtre miniature où peuvent avoir lieu des changements de décors, des mouvements de figurines. . . Dans les deux cas c'est la descente d'un poids qui entraîne les mouvements

Héron invente aussi « l'éolipile » dans lequel, des danseurs sur le pourtour d'une plateforme, tournent sous l'effet de la vapeur d'eau sous pression.

Le théorème XXXVII formule sous forme d'un problème la description d'un temple dont les portes s'ouvrent lorsqu'on allume le feu et se ferment lorsqu'il s'éteint :

« Construire un temple tel qu'en allumant du feu sur un autel lui faisant face les portes du temple s'ouvrent puis se referment lorsque le feu s'éteint. Ici la force mécanique est empruntée au poids de l'eau contenue dans un récipient. (Figure 2.2) »

2.4 L' horloge anaphorique décrite par Vitruve

Anaphorique¹ vient du grec *αναφορά* qui signifie pour les astronomes grecs « lever d'un astre » s'opposant à *ανατολή* « lever cosmique », et à *επιτολή* « lever héliaque ». L'horloge anaphorique est donc une horloge qui montre le lever et le coucher des astres. La description de Vitruve permet d'en reconstituer les différents éléments

1. Un réseau avec les heures temporaires (Figure 2.3)
2. Un cylindre rotatif portant un cercle excentré (représentant l'écliptique) percé de 365 trous pour placer le Soleil.

Nous n'aurions jamais su qu'une telle horloge à astrolabe ait été réalisée si on n'avait pas retrouvé en 1897 près de Salzburg en Autriche un fragment² d'un disque qui était vraisemblablement le tympan d'une horloge anaphorique du II^e siècle après J.C . Deux fragments³ de bronze

¹D'après [185] page 290

²Ce fragment se trouve au Museum Carolino Augusteum de Salzburg [108, 17].

³Ces fragments se trouvent au Musée des Antiquités Nationales de Saint-Germain en Laye [123].

2.4. L' HORLOGE ANAPHORIQUE DÉCRITE PAR VITRUE

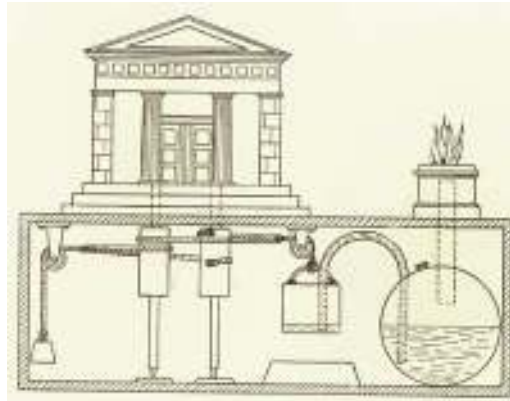


FIG. 2.2 – Le temple du théorème XXXVII de Héron d'Alexandrie.

Le feu entraîne la dilatation de l'air du ballon. De l'eau est repoussée dans le seau qui descend en entraînant l'ouverture des portes grâce au système de cables. Lorsque le feu s'éteint, l'air du ballon se rétracte et l'eau du seau est siphoné vers le ballon. Le seau, allégé, remonte et les portes se referment.

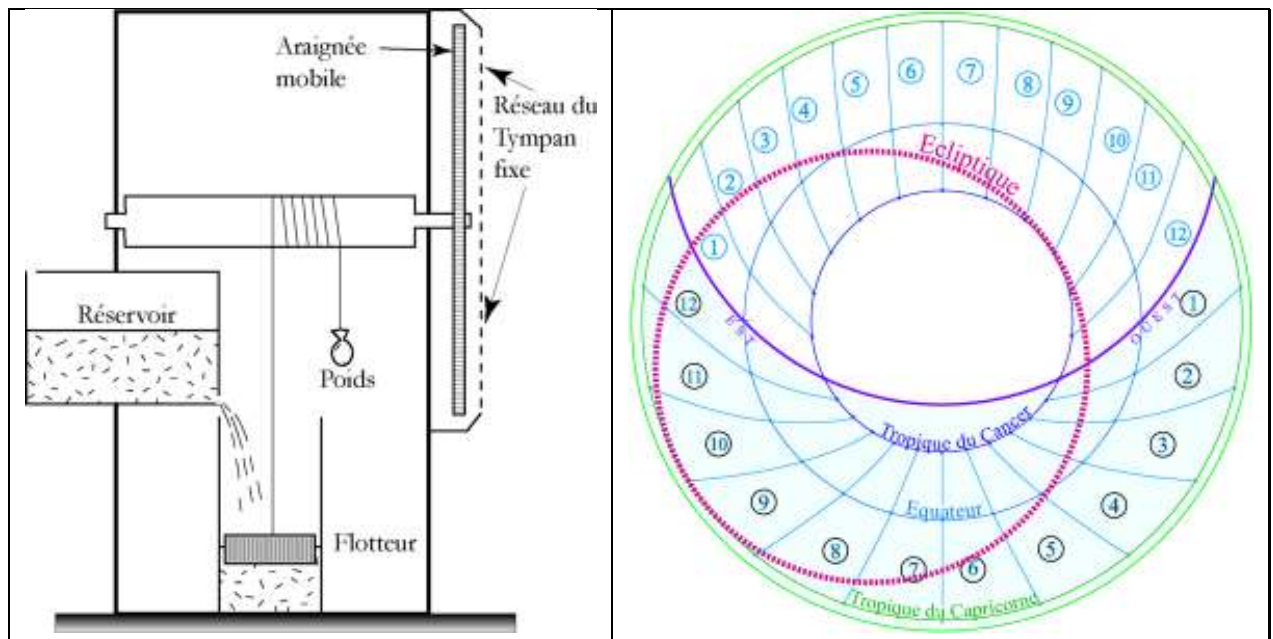


FIG. 2.3 – L'horloge hydraulique décrite par Vitruve.

Sur le tympan, à droite, est tracé le réseau fixe comportant les tropiques, l'équateur, les lignes d'heures temporaires, et l'horizon, confondu avec la première heure temporaire de jour et la première heure temporaire de nuit. Le cercle écliptique tournant est tracé en pointillés.

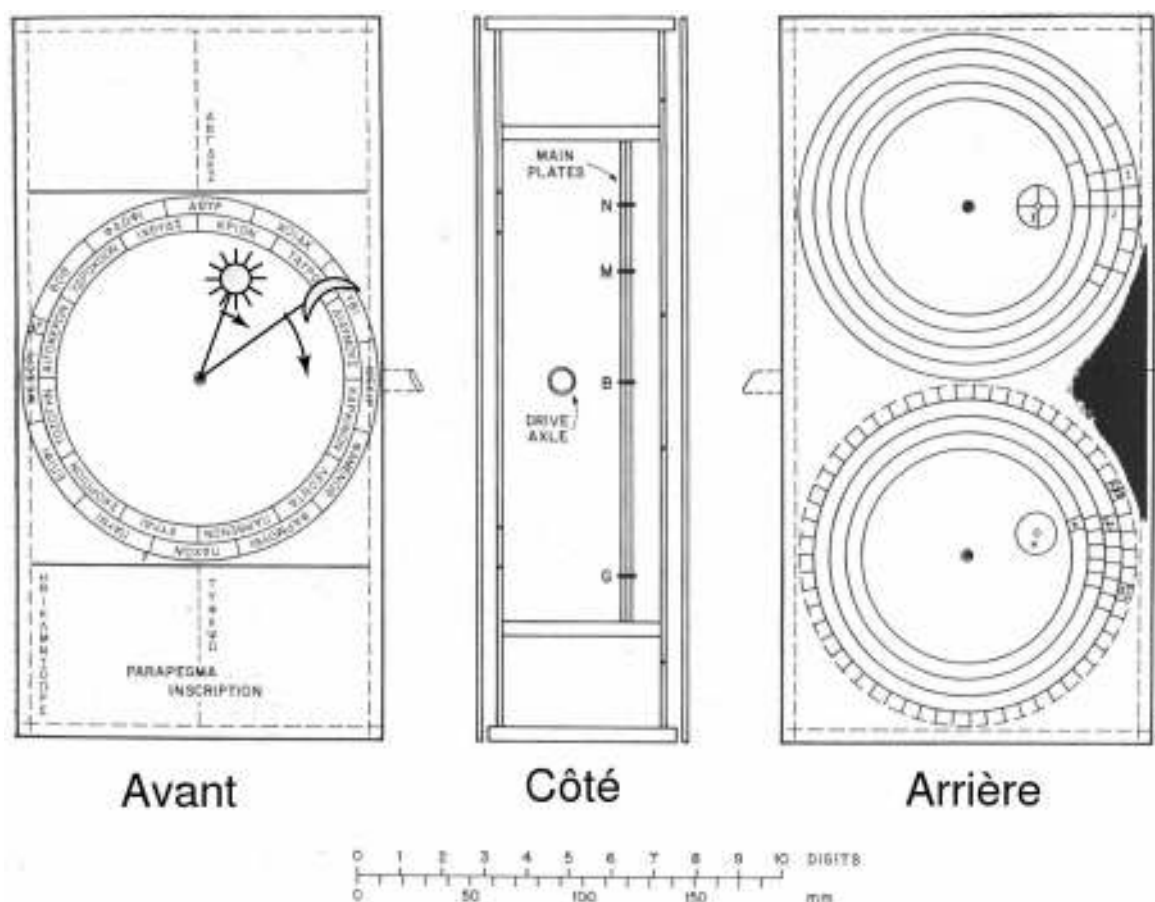


FIG. 2.4 – Mécanisme d’Anticythère : Plan de la boîte contenant le mécanisme. A gauche, face avant : cadran du zodiaque et du calendrier avec l’aiguille de la Lune et l’aiguille du Soleil. A droite, face arrière : en haut cadran des éclipses, en bas cadran des phases de la Lune.

ont été également découverts dans un ancien site romain à Grand dans les Vosges. Ces fragments appartenait à un disque : sur le pourtour des trous sont régulièrement disposés et le disque complet en comprenait 366. Sur ce même pourtour on observe la séquence des jours : VIII K SEPT, KAL, NON, IDUS, VIII K OCT, KAL, NON, IDUS, VIII KAL NOV (huitième jour avant les Calendes de septembre, Calendes, Nones, Ides ...).

2.5 Le mécanisme d’Anticythère

2.5.1 Historique

En 1901 furent découverts au large du Péloponnèse près de la petite île d’Anticythère des fragments d’un mécanisme remarquable qui a longtemps posé une énigme résolue par l’historien des Sciences britannique Derek de Solla Price et publiée en 1974 [150] sous l’intitulé *Gears from*

the Greeks. Les radiographies aux rayons X lui permirent de reconstituer la plupart des rouages du mécanisme et il déduisit de la disposition du calendrier que le mécanisme devait avoir été construit vers 87 avant J.C. .

En 1976, une expédition de la Calypso conduite par J. Cousteau fut consacrée à une exploration scientifique du lieu du naufrage. De nouveaux trésors archéologiques furent retrouvés et rassemblés au Musée d'Athènes avec ceux trouvés au début du siècle. Les nouvelles trouvailles, surtout les monnaies incluses dans des gangues calcaires, semblaient montrer que le bateau était romain et qu'il transportait à Rome le butin pris à la ville de Pergame (l'actuelle Bergama en Turquie). La ville s'était rebellée et l'armée romaine venait de la détruire et la piller en 86 avant J.C.. Sur la route vers Rome, le navire se serait échoué sur la côte sûrement au cours d'une tempête fréquente en mer Égée.

2.5.2 La reconstitution de Price

2.5.2.1 Les fragments retrouvés

Les fragments retrouvés ont permis de décomposer le mécanisme en un ensemble de roues dentées qui sont indiquées par une lettre de A à O suivi d'un indice de 1 à 4. Une même lettre est associée à des roues du même axe tournant à la même vitesse.

Le mécanisme devait être entraîné à la main par une manivelle liée à la roue de champ A entraînant la roue B1.

Le plus grand fragment retrouvé comprend la roue motrice à quatre rayons B1 d'environ 225 dents, une roue en couronne et au moins quatre trains séparés de petites roues. La forme des dents des engrenages est en triangle équilatéral et les roues ont des axes carrés, deux particularités que l'on trouve plus tard dans les astrolabes mécanisés. Toutes les parties semblent avoir été coupées dans une feuille de bronze d'environ 2 à 2,3 mm d'épaisseur.

La figure 2.5 montre la reconstitution de Price, laissant une zone d'ombre sur les cadrans, en bas à gauche, qui sera éclairée par Allan Bromley de l'Université de Sydney en 1986.

Les relations dans un train d'engrenage montrent que si nous appelons ω_S la vitesse angulaire de rotation de la roue B1, la vitesse angulaire de la roue B4 sera :

$$\frac{64}{38} * \frac{48}{24} * \frac{127}{32} \omega_S = \frac{254}{19} \omega_S = 13,368421 \omega_S$$

Si donc la roue B1 effectue 19 tours, la roue B4 effectuera 254 tours. Ce rapport est très proche des rapports entre les vitesses angulaires sidérales de la Lune et du Soleil. Appelons ω_L , la vitesse angulaire de la roue B4.

2.5.2.2 Le train épicycloïdal

Soit λ la vitesse du plateau différentiel E3, vitesse que nous cherchons à calculer (Figure 2.6).

Si $\lambda = 0$ alors $\omega_L = \omega_K = \omega_S$

Si $\lambda \neq 0$ alors $\omega_L = \omega_K + \lambda$ et $\omega_S = \omega_K - \lambda$ D'où $\lambda = (\omega_L - \omega_S) / 2$

Les engrenages F et G multiplient cette vitesse par 2, et l'axe G a pour vitesse angulaire :

$$\omega_G = (\omega_L - \omega_S) = \left(\frac{254}{19} - 1\right) \omega_S = \frac{235}{19} \omega_S$$

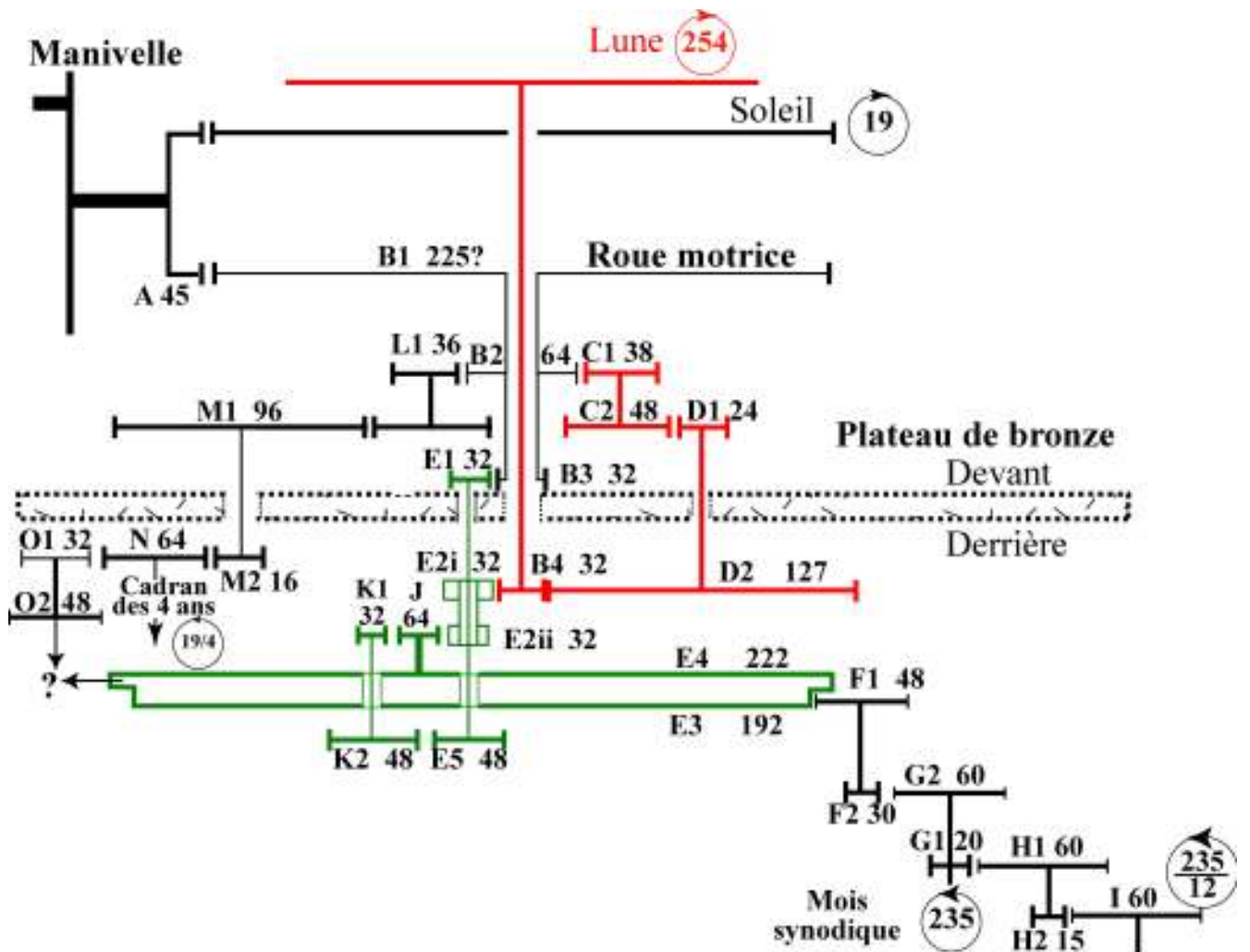


FIG. 2.5 – Mécanisme d'Anticythère d'après Price (1974).

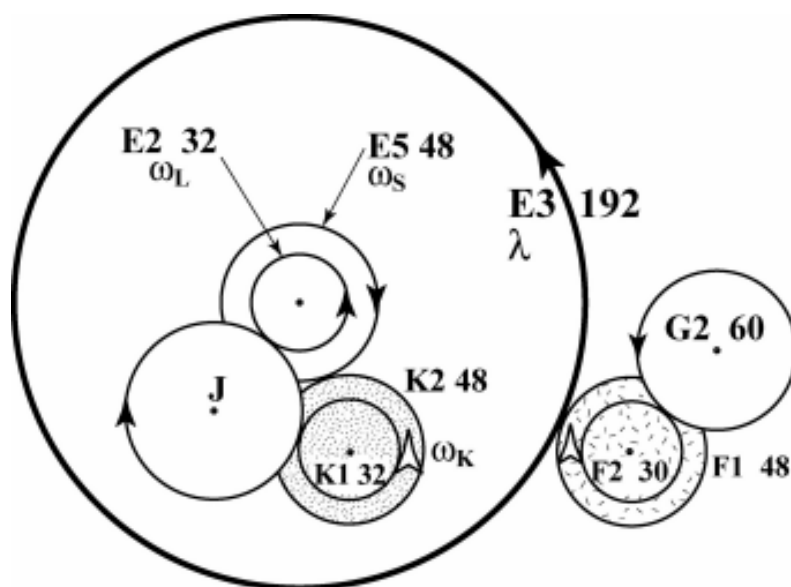


FIG. 2.6 – Mécanisme d'Anticythère : le train épicycloïdal [193].

Cette vitesse correspond au cycle de Méton⁴ connu par les Grecs et permet de reproduire la période des phases de la Lune.

2.5.2.3 Les inscriptions et la datation du mécanisme

C'est le calendrier de la Figure 2.7 qui permet à Price de dater le mécanisme d'Anticythère. Il reconnut en effet ce fragment comme étant la mise en coïncidence des 12 signes du zodiaque avec les 12 mois du calendrier gréco-égyptien que nous avons vu au paragraphe 1.1.3.

La face avant était ainsi constituée d'une plaque ayant deux anneaux concentriques, l'anneau intérieur pouvant tourner autour de son axe. La radiographie montra que l'espace entre les deux anneaux était parcouru de petits trous, un trou par degré. Les deux anneaux étaient gradués.

Sur le fragment conservé on peut voir au milieu d'un segment de 30° de l'anneau intérieur les lettres XYΛAI (Chelai, les pinces du Scorpion c'est-à-dire le signe du zodiaque de la Balance). Le précédent segment de ce même anneau intérieur laisse apparaître deux lettres NO et deviner le mot [ΠΑΡΘΕ]NO[Y] c'est-à-dire le signe du zodiaque de la Vierge.

On peut aussi voir sur l'anneau extérieur, les lettres ΠΑΧΩΝ (le mois de Pachon). Le segment suivant de ce même anneau extérieur laisse apparaître deux lettres ΠΑ et deviner le mot ΠΑ[ΥΝΙ] c'est-à-dire le mois de Payni.

La position des deux anneaux mettait en vis-à-vis la marque 0° du signe du zodiaque de la Balance avec la graduation 13½ du mois de Pachon et la marque 17° de la Vierge avec la graduation 0 Pachon. Ainsi 13½ divisions de l'échelle des mois correspondaient à 13 divisions de

⁴Astronome grec qui observa vers 432 avant J.C. que 235 lunaisons ont une durée équivalente à 19 années solaires. Ce cycle portant son nom est à l'origine du nombre d'or utilisé dans les calendriers (Paragraphe 3.7.1).

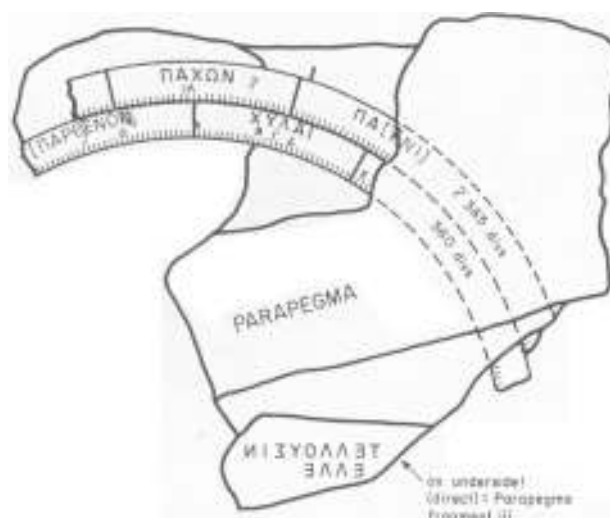


FIG. 2.7 – Mécanisme d'Anticythère : le calendrier et le zodiaque.

l'échelle du zodiaque (la différence d'échelle entre 365 jours et 360° aurait dû conduire à $13\frac{1}{6}$).

En outre Price remarqua, correspondant à l'anneau extérieur, juste une demi-division après la ligne séparant les mois de Pachon et Payni une marque qu'il interpréta comme donnant la position de la ligne de l'équinoxe d'automne lors de la construction de l'instrument. Ce déplacement d'une demi-graduation faisait alors correspondre, la marque 0° de la Balance avec le 13 du mois.

Or, d'après l'Almageste de Ptolémée, lors des observations d'Hipparque de 147 avant J.C., l'équinoxe d'automne avait lieu le 3^e jour épagomène. 285 années plus tard, lors des propres observations de Ptolémée, il s'était déplacé au 9 Athyr. En 87 avant J.C., l'équinoxe avait lieu le 13 Thot et deux ans plus tard, en 85, le $13\frac{1}{2}$ Thot. Mais l'équinoxe ne tombait un $13\frac{1}{2}$ Pachon que les années 876 avant J.C. ou 586 après J.C., années bien loin du champ d'investigation. L'hypothèse de Price fut alors qu'on s'était trompé de précisément 120° sur le positionnement du cercle intérieur (erreur d'un tiers d'année, soit 4 mois) et que l'équinoxe d'automne s'était produit le $13\frac{1}{2}$ Thot au moment du naufrage, c'est à dire en 85 avant J.C.. Cette hypothèse fut confirmée par la datation d'autres objets du navire naufragé [187].

2.5.3 La reconstitution de Bromley

Les études du scientifique australien Allan Bromley (1947-2002) [32, 31] complétèrent en 1986 et 1990 le remarquable travail de Price. En particulier le dernier cadran était expliqué comme donnant le cycle des éclipses et une reproduction partielle à l'échelle du mécanisme était réalisée par un horloger de Sydney Frank Percival. Les nouvelles radiographies réalisées par Bromley furent étudiées de près par un de ses étudiants, Bernard Gardner, dans sa thèse de 1993.

Un schéma du mécanisme d'après Bromley est donnée figure 2.8. Le mécanisme est entraîné par une manivelle que l'on tourne de 1 tour par jour.

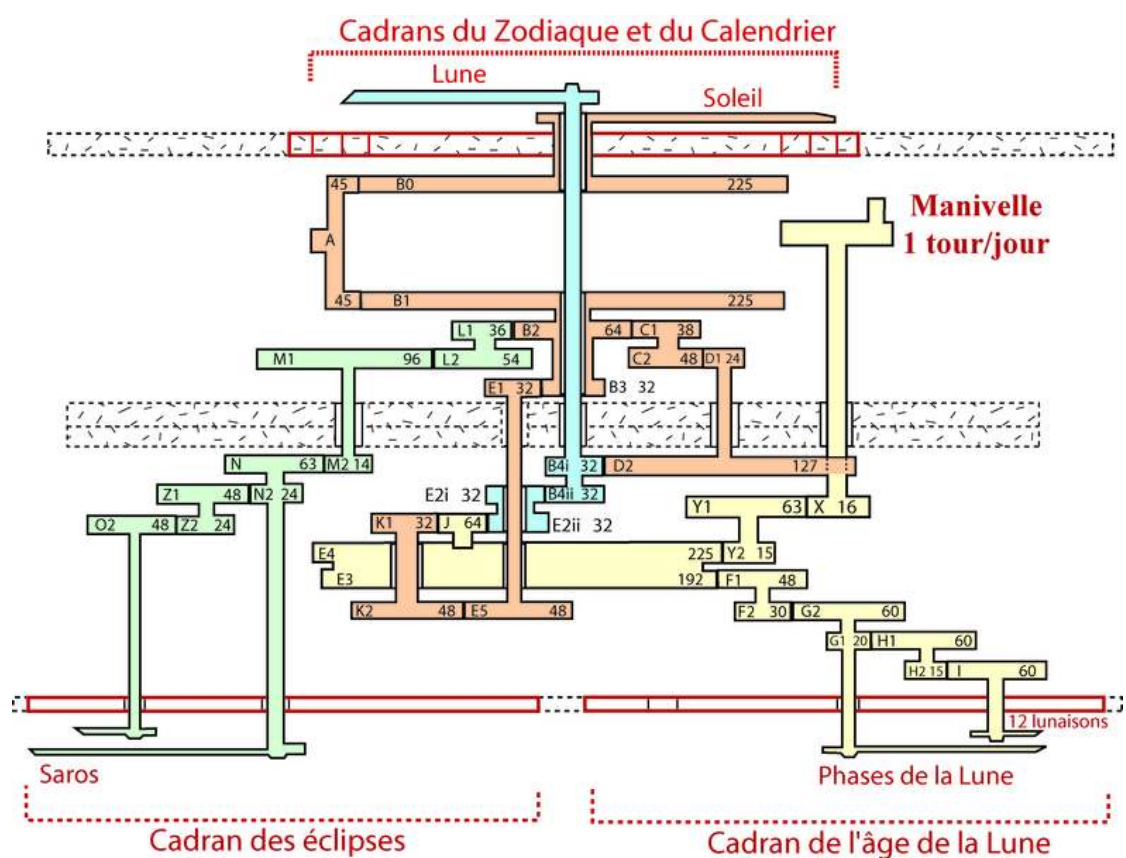


FIG. 2.8 – Reconstitution d'Allan Bromley (1986).

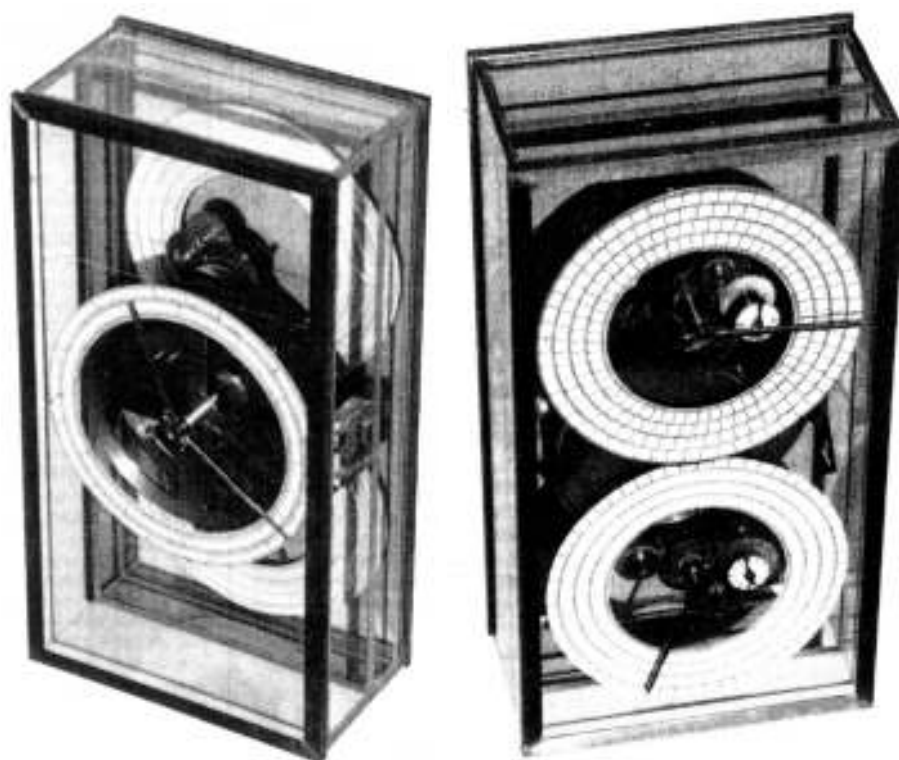


FIG. 2.9 – Maquette du mécanisme d’Anticythère d’après Bromley et Percival (1990).

Si ω_S est la vitesse de la roue B2, on a immédiatement d’après la figure pour les roue O :

$$\frac{64}{36} * \frac{54}{96} * \frac{14}{63} * \frac{24}{48} * \frac{24}{48} = 1/18$$

Cette vitesse permet de reproduire le Saros, cycle des éclipses de 18 années solaires .

Une reproduction récente, que l’on peut voir sur la figure 2.9, a été réalisée en 2002 par Michael Wright, conservateur du département de mécanique au British Museum, en collaboration avec Bernard Gardner [191].

2.6 Les horloges byzantines

2.6.1 L’horloge de Gaza

Des horloges monumentales furent construites dans l’empire byzantin mais toutes ont disparu. L’une d’entre elles est bien connue par la description qu’en fait Procope⁵. Son texte ne donne pas de détails sur le fonctionnement du mécanisme mais décrit seulement l’apparence extérieure de cette horloge monumentale qui se trouvait à Gaza en Palestine et fut construite par un

⁵Procope : historien byzantin né à Césarée à la fin du IV^e siècle mort vers 562 à Constantinople. C’est le grand historien du règne de Justinien. Son « Traité des édifices » écrit en 560 à la demande de l’empereur, renferme une masse de renseignements géographiques et économiques (d’après Larousse en 7 volumes)

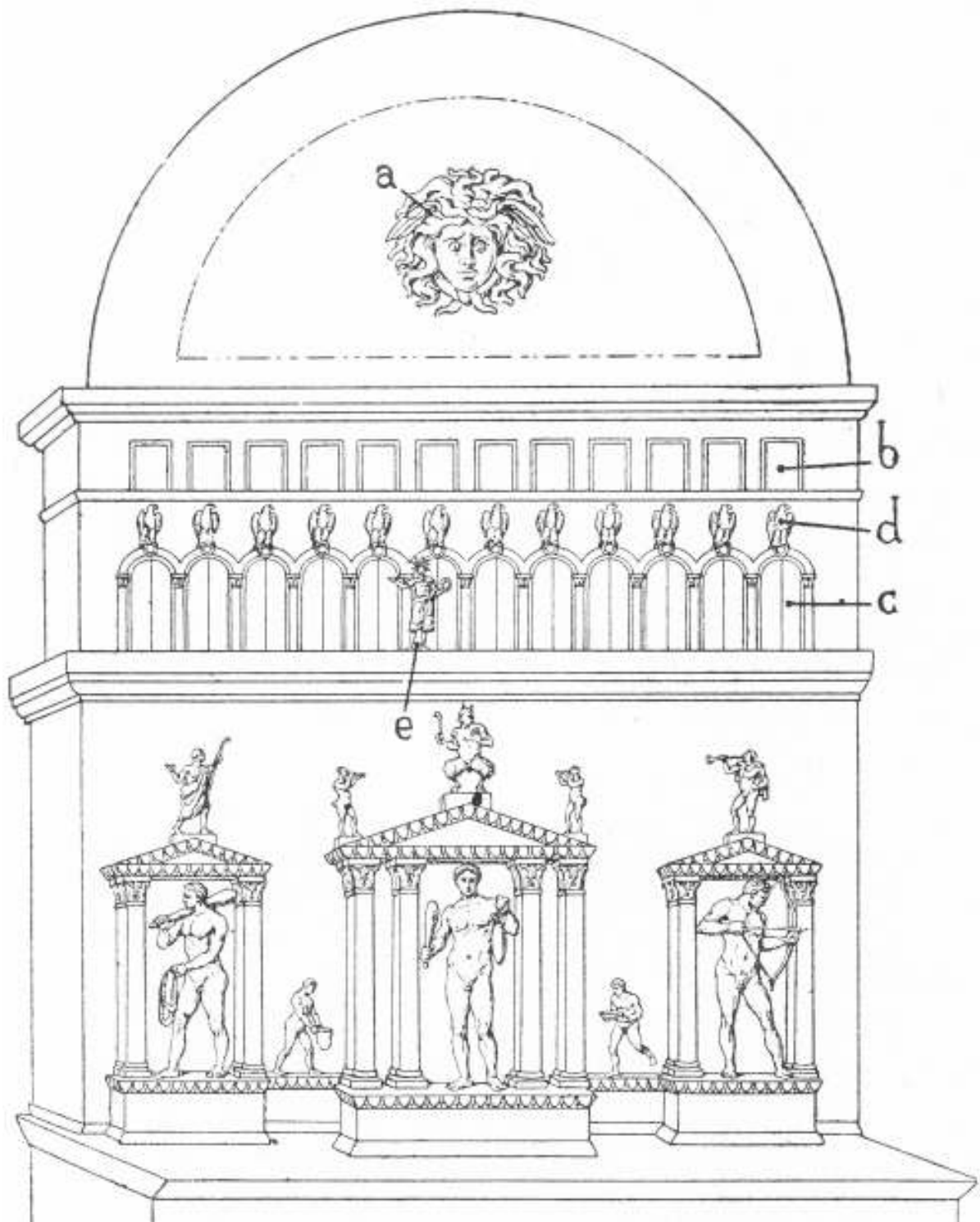


FIG. 2.10 – L'horloge de Gaza d'après Hermann Diels [176].

artisan inconnu vers 500 [60].

En haut de la construction (Figure 2.10) se trouvait une tête de Gorgone **a** qui roulait les yeux à droite et à gauche à la fin de chaque heure.

Dessous se trouvaient deux rangées de douze portes chacune. La rangée supérieure **b**, aux ouvertures carrées, était illuminée la nuit par une lumière qui se déplaçait devant les portes.

La rangée inférieure **c** était composée de portes à deux battants et indiquait les heures du jour. Une statue d'Hélios **e**, se déplaçait devant les portes le long de la corniche, tenant une mappe-monde dans les mains. A la fin de la première heure du jour, lorsque Hélios passait devant la première ouverture, les battants s'ouvraient, une statuette d'Hercule apparaissait portant l'emblème de sa première victoire, la peau du Lion de Némée. L'aigle placé au-dessus de l'ouverture déployait ses ailes et déposait une couronne de lauriers. Puis la statuette se retirait, les portes se fermaient, l'aigle repliait ses ailes. A la fin des heures suivantes une statuette d'Hercule portant le trophée d'une de ses douze victoires successives apparaissait et le scénario se reproduisait jusqu'au coucher du Soleil.

Dans la partie inférieure de la construction se trouvaient trois dais à colonnes abritant chacun une statue d'Hercule.

Celle du milieu sonnait un gong à chaque heure. Le nombre de coups était de 1 à 6 de la première heure à midi, puis à nouveau de 1 à 6 de la septième heure au coucher du Soleil. Procope justifie ce décompte par la difficulté de reconnaître un carillon allant jusqu'à 12 coups. Au-dessus, une statuette de Pan dressait l'oreille à chaque sonnerie du gong et, le groupe de satyres qui l'entourait, se moquait de lui en grimaçant.

Sous les deux autres dais, les statues représentaient Hercule à l'œuvre, à droite, se préparant à lancer une flèche, et à gauche, en marche avec sa massue et une corde. Au-dessus de la statue de droite, Diomède annonçait la fin de la journée à la fin de la douzième heure et au-dessus de la statue de gauche se tenait un pâtre immobile.

Entre les dais, deux esclaves couraient au service d'Hercule, l'un lui apportant la nourriture à la première heure, l'autre lui portant l'eau du bain dans une cruche à la dernière heure.

2.6.2 L'horloge de Charlemagne

La tradition des horloges à eau fut certainement interrompue par la conquête arabe mais elle resta vivante pendant tout le Moyen Age. L'horloge qui figure parmi les cadeaux offerts à Charlemagne en 807 par les ambassadeurs d'Haroun-Al-Raschid (766-809) devait ressembler à celle de Gaza.

Le chroniqueur de Charlemagne, Eginhard la décrit dans ses *Annales regni Francorum*⁶ :

« Une machine qui, actionnée par la force motrice de l'eau, marque les heures par un nombre approprié de petites boules de bronze qui retombent sur un timbre d'airain ; à la fin de chaque heure, un cavalier sort par une des douze fenêtres, ouverte initialement et qui se referme ensuite derrière lui »

⁶Kleinclausz [110], page 345 : *Annales regni Francorum*, 807 et Eginhard, *Vita Karoli* 16 ; Wiedemann [189], page 36 ; Klaus Maurice [121], page 49 : *Monument. Germ. Hist. Script. I*, S. 194

Chapitre 3

Les horloges arabes

L'historien des sciences et techniques arabes Donald Hill écrit :

« Nous savons que les clepsydes étaient utilisées dans les monastères et que leur utilisation était connue à la cour d'Alphonse X de Castille et cela sous l'influence certaine de sources arabes. Nous pouvons donc être sûrs que les horloges hydrauliques arabes eurent une influence directe sur le développement de l'horlogerie mécanique de l'occident médiéval et par là sur la croissance des technologies mécaniques en général... »

Les Arabes traduisirent avec soin (pendant la grande période des califes abbassides de Bagdad) la plupart des traités grecs, en particulier « Les Pneumatiques » de Philon de Byzance, « Les Mécaniques » de Héron d'Alexandrie et le traité sur les horloges hydrauliques attribué à Archimède. Les arts mécaniques des Arabes furent ainsi florissants entre le IX^e et le XIII^e siècle. Nous évoquerons Banu-Musa et Al-Jazari qui sont cités comme référence par de nombreux auteurs arabes.

Tous les dispositifs mécaniques que nous trouverons dans les horloges mécaniques en Europe médiévale, à l'exception de l'échappement contrôlant la descente du poids, se retrouvent dans les horloges arabes : automates, engrenages complexes, roues segmentées, mouvements à poids, signaux sonores. C'est pourquoi la connaissance des écrits des physiciens et techniciens arabes est indispensable pour comprendre le développement de l'horlogerie monumentale au XIV^e siècle.

3.1 Le traité d' « Archimède »

3.1.1 Archimède

Archimède (287-212) est né à Syracuse en Sicile et mort dans cette même ville lors de l'assaut donné par le général romain Marcellus qui avait pourtant donné l'ordre qu'on l'épargnât. On pense qu'il séjourna pendant sa jeunesse à Alexandrie et qu'il y rencontra géomètres et astronomes. Il eut à la fois la réputation d'un savant et d'un technicien de génie [90].

3.1.2 Origine du traité d' « Archimède »

C'est un traité existant seulement en arabe, auquel se réfèrent Ibn Al-Nadim, Ridwan et Al-Jazari. Bien qu'attribué à Archimède, il semble être un condensé des idées grecques, iraniennes, byzantines et islamiques avec seulement les deux premières sections décrivant une machine à eau et le lancement de boules, qui pourraient être l'œuvre d'Archimède. Voici ce qu'en écrit Donald Hill [5] après avoir examiné toutes les conjectures :

« Nous devons prendre en compte que l'ensemble des écrivains arabes attribue à Archimède les deux premières sections, c'est-à-dire la machinerie hydraulique et l'échappement des boules, que les dispositifs ressemblent à ceux de Philon et que le traité est dédié à Maristun/Ariston, que Ridwan note la transmission des idées persanes dans le monde hellénistique. Je crois donc que le traité peut avoir été construit de la façon suivante : l'invention du mécanisme de base et un seul des dispositifs d'enregistrement du temps sont dus à Archimède puis intégrés à un traité étendu par Philon qui ajouta les sections trois et quatre... Les sections cinq, six, sept ont dû être ajoutées par un artisan byzantin familier des idées persanes ou par un Iranien. Les sections huit et neuf ont pu être ajoutées à n'importe quel moment par un artisan vraisemblablement arabe et familier des idées de Philon... »

3.1.3 L'horloge d' « Archimède »

La figure 3.1 représente une reconstitution par Donald Hill de l'horloge du traité attribué à Archimède.

La vue **1A** montre l'horloge de face : sur la partie haute, le visage roule les yeux et le faucon lâche ses billes

La vue **1B** représente, vue de côté, l'horloge en coupe : on voit le flotteur **e** qui entraîne un tambour **t**, permettant la rotation du distributeur de billes **g** et la rotation de la roue **j** pour les yeux du visage supérieur. L'écoulement du réservoir se fait par un orifice **A** dont on peut régler la hauteur (on peut donc faire varier la vitesse de descente du flotteur). La lettre **l** représente une cuillère basculante qui déverse l'eau par un entonnoir **m**. Un sifflement se produit lorsque le siphon **q** vidange le réservoir et que de l'air est expulsé en **r**.

La vue **1B** représente l'horloge, vue de derrière (la partie haute est en coupe) : on voit le système de régulation **A** qui sera étudié à propos des horloges d'Al-Jazari (Figure 3.4).

3.2 Les frères Banu Musa

Musa b. Shakir était l'astronome et l'ami du calife al-Ma'mun (813-833). A sa mort, l'éducation de ses trois fils, Muhamed, Ahmad et Hassan fut prise en charge par le calife ; ceux-ci devinrent des ingénieurs, scientifiques et hommes de lettres de renom. Une vingtaine d'ouvrages leur sont attribués, mais un seul traite de mécanismes. Il a été écrit à Bagdad vers 850 et s'intitule « Le livre des mécaniques ingénieuses ». Par rapport aux connaissances grecques, l'ouvrage

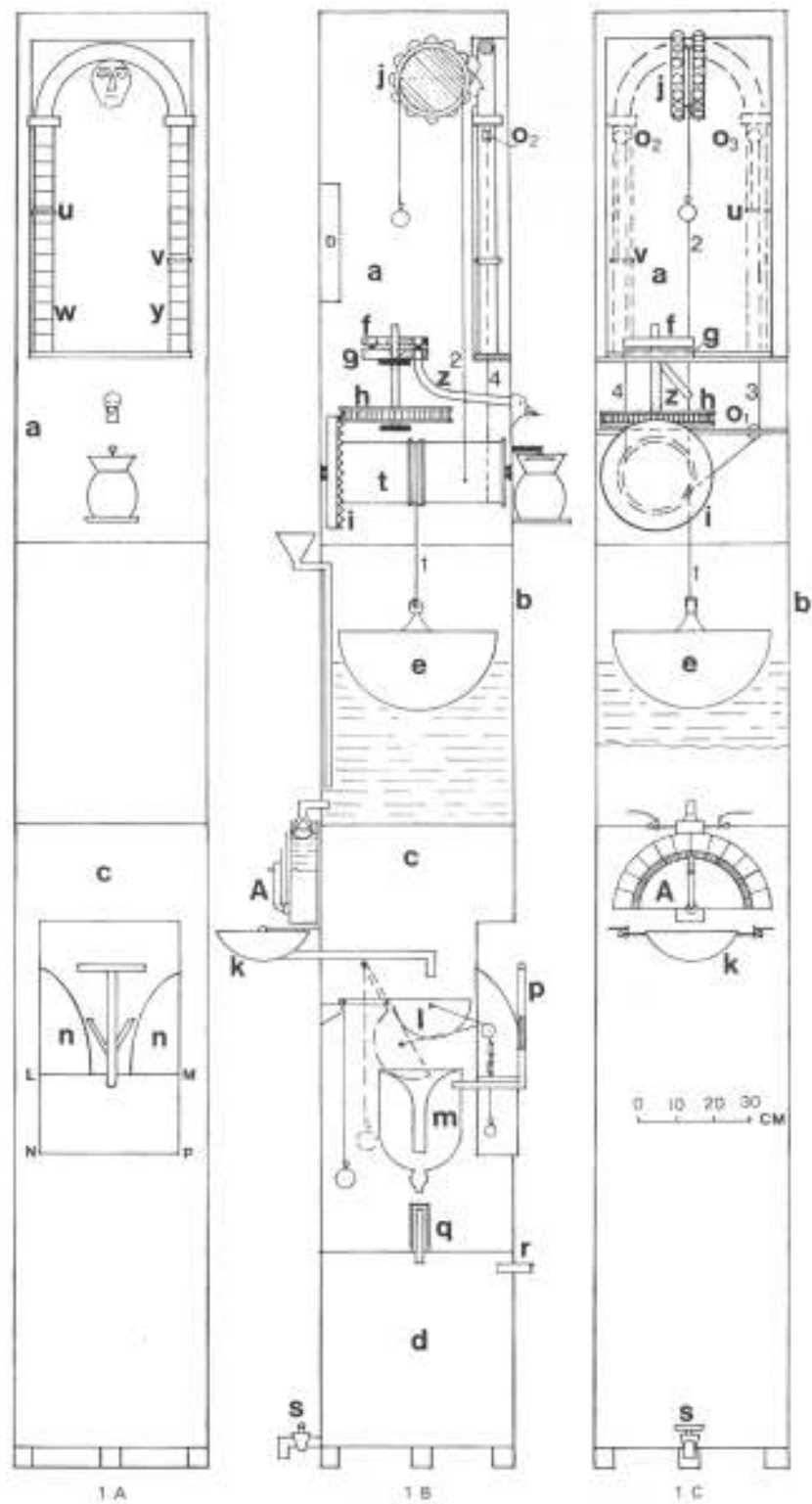


FIG. 3.1 – L'horloge d' « Archimède » (d'après [5]) Voir la régulation sur la figure 3.4.

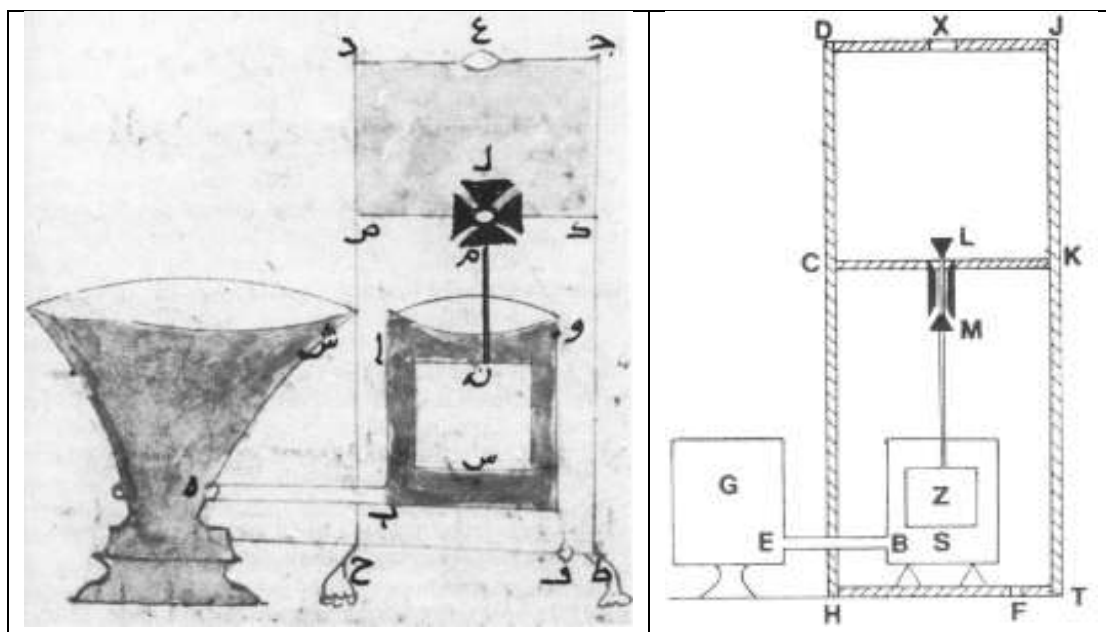


FIG. 3.2 – Récipient à remplissage automatique.

Manuscrit du IX^e siècle du Musée Topkapi d'Istanbul et schéma de D. Hill [100, 101, 99]

innove avec la régulation du débit par valve conique et par le système du double siphon, par l'utilisation de balances, poulies, flotteurs...

Les travaux des Banu-Musa témoignent d'une période très active de la culture arabe dans la traduction, l'assimilation des textes grecs, puis les créations originales.

La double valve conique est l'une de leurs inventions que l'on ne retrouve pas auparavant. Ils apportaient un grand soin à sa réalisation : le tampon et le siège étaient en général coulés en bronze, dans un moule unique, et étaient ensuite polis pour que l'ajustage assure une étanchéité parfaite.

Le dispositif 3.2 donne un aperçu de l'ingéniosité d'un mécanisme avec une double valve conique. Le niveau d'eau est le même dans les deux réservoirs inférieurs G et S. L'alimentation se fait ensuite par l'orifice X permettant de remplir le réservoir supérieur. Lorsqu'une quantité modérée d'eau est retirée, le flotteur Z descend et la valve M assure le remplissage des réservoirs inférieurs. Si la quantité retirée est importante, la valve L ferme l'alimentation et le remplissage n'est plus assuré. Ce dispositif, utilisé pour mystifier les spectateurs, est à l'origine de nombreux systèmes de contrôle.

3.3 Al-Jazari

3.3.1 Sa vie, son traité

Al-Jazari fut un savant, un ingénieur des plus remarquables de son temps (mort en 1206). Il vécut 25 ans au service du Sultan Nasir al-Din Mahmoud, gouverneur de Diyar Bakr en Mésopotamie et gagna gloire et renommée avec la publication de son traité sur les automates « Recueil utile sur la théorie et la pratique de l'art des procédés ingénieux ».

Le manuscrit arabe existe en plusieurs exemplaires dans des bibliothèques :

- Istanbul : Topkapi Saray 3472, 3450, 3461 [166].
- Oxford : Bodleian Library MS. Graves 27 et MS Frazer 186.

Les traductions existent en langue allemande datant de 1915 [189], en langue anglaise [98] datant de 1974, partiellement seulement en langue française datant de 1992 [1].

C'est à partir de ces trois ouvrages que nous avons élaboré l'étude ci-dessous.

Al-Jazari recense dans son traité 55 types de machines construites au cours des siècles précédents. Il range ces machines en 6 catégories :

1. Les horloges hydrauliques et à bougies : 10 modèles
2. Les bateaux qui coulent : 10 modèles
3. Les dispensateurs d'eau et dispositifs pour mesurer les saignées : 10 modèles
4. Les fontaines et automates à musique : 10 modèles
5. Les machines élévatrices d'eau : 5 modèles
6. Mécanismes variés : 5 modèles

3.3.2 L'horloge astronomique

Parmi toutes ces machines, se trouve une horloge astronomique, décrite dans le premier chapitre de la catégorie 1 ci-dessus.

Cette horloge est représentée sur la figure 3.3 extraite d'une miniature du « Recueil utile sur la théorie et la pratique de l'art des procédés ingénieux ». La face avant, de bronze ou de bois, était large d'environ 1,35 m et haute d'environ 2,25 m auquel il fallait ajouter le demi-cercle du zodiaque de 0,75 m.

Sous le grand arc du haut se trouvait une rangée de 12 portes à doubles battants puis, dessous, une autre rangée de 12 portes à battant simple.

Devant cette rangée se trouvait un petit croissant de Lune.

Au-dessous se trouvaient 12 petites ouvertures en œil-de-bœuf placées sur un demi-cercle et de chaque côté un faucon placé au-dessus d'un vase contenant une cymbale.

En bas de l'horloge se trouvaient 5 musiciens : 2 trompettistes, 2 joueurs de tambours et 1 joueur de cymbales.

Tout au long de la journée et de la nuit le demi-cercle du zodiaque tournait à vitesse constante en montrant les signes ascendants et descendants.

La Lune se déplaçait à vitesse régulière devant la rangée de fenêtres inférieures.



FIG. 3.3 – Horloge astronomique d'Al-Jazari (Museum of Fine Arts Boston)

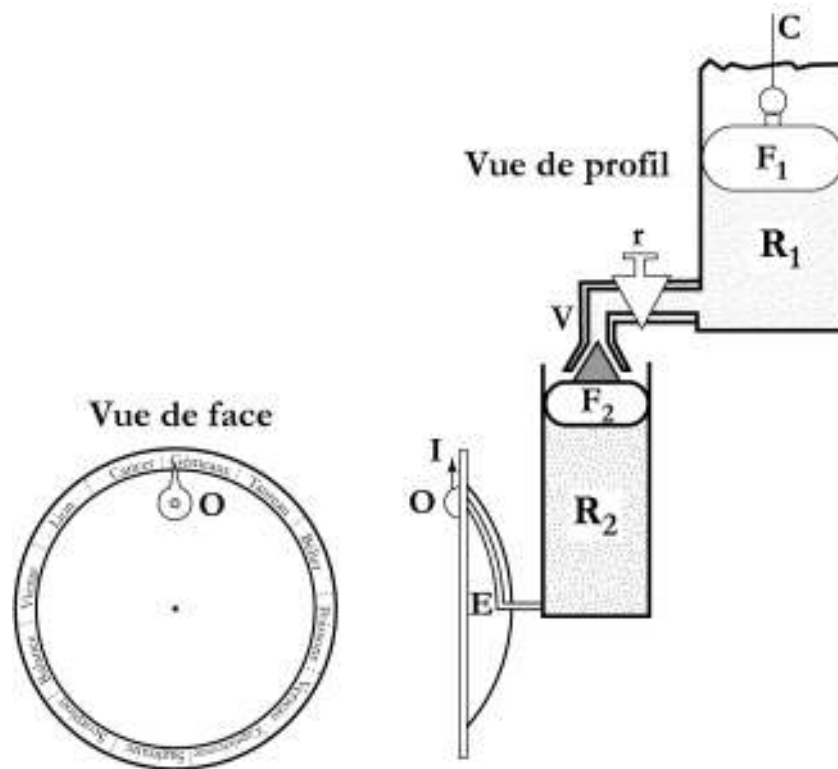


FIG. 3.4 – Régulation du débit dans l'horloge d'Al-Jazari.

A chaque heure, une des portes de la rangée supérieure s'ouvrait pour montrer une figurine, la porte correspondante de la rangée inférieure s'ouvrait pour montrer une couleur et les faucons se penchaient, ouvraient leurs ailes, et laissaient tomber une balle sur les cymbales. Un œil-de-bœuf s'illuminait.

A la fin du jour, toutes les portes supérieures étaient ouvertes, toutes les portes inférieures avaient changé de couleur et tous les œils-de-bœuf étaient illuminés.

Aux sixième, neuvième, douzième heures les 5 automates musiciens se mettaient à jouer.

Le mécanisme de base était hydraulique avec des cordes et des systèmes de poulies.

Obtention des heures temporaires : La figure 3.4 montre le dispositif de régulation intégré aux horloges d'Al-Jazari. Un tube de bronze coulé, avec un robinet **F** sortait du réservoir R_1 avec son extrémité coudée sur une valve conique **V**. L'ouverture de la valve était soudée au petit flotteur F_2 de la chambre R_2 .

Lorsque le robinet était ouvert, l'eau entra par la valve conique dans la chambre R_2 dont le niveau montait et fermait la valve. L'eau coulait en bas, le niveau baissait et ainsi de suite.

Le but de la régulation du flux était de produire les heures inégales, ce que l'on obtenait en faisant varier la position de l'extrémité de l'orifice **O** (au-dessous du niveau de la chambre R_2). Un index en onyx pouvait être déplacé à l'intérieur d'un anneau gradué en 12 signes divisés

chacun en 30 degrés. Le pointeur I, sur le même rayon que l'orifice était fait pour corriger la graduation de chaque jour. Al-Jazari avait soigneusement gradué l'anneau par itérations et corrections d'erreurs, après avoir constaté qu'un anneau divisé en 360 degrés donnait des indications inexactes.

3.4 L'horloge astronomique de Ridwan à Damas

Ridwan B. al-Sa'ati, fils d'un horloger, dans un traité écrit en 1203, décrit en détail les réparations qu'il fit à l'horloge hydraulique construite par son père entre 1154 et 1174 à Damas, sur une des portes de la grande mosquée, celle tournée vers l'Est, qui s'appelait « Bab Gairûn » ou « Bâb al Sa'at » c'est-à-dire la « porte des heures » ou la « porte de l'horloge ».

Il n'est pas question ici de donner une traduction complète du livre de Ridwan « Traité sur la construction des horloges et leur utilisation », comme l'ont fait Wiedemann en langue allemande en 1915 [189] et David Hill en langue anglaise en 1981 [100], mais simplement de donner un aperçu du fonctionnement de l'horloge de Damas et de l'ingéniosité de son concepteur. Les textes qui suivent sont traduits de l'allemand ou de l'anglais et les dessins extraits des deux ouvrages précédents.

3.4.1 Description par un voyageur en 1184

La plus ancienne et néanmoins très précise description qui suit est due au voyageur andalou Ibn Jubayr, qui était à Damas vers 580 de l'Hégire (1184-1185), et qui vit donc l'horloge du père de Ridwan.

« Sur le côté droit, lorsqu'on sort par la porte Jairoun, se trouve à droite sur le mur du Palais, une galerie qui a la forme d'un grand arc de cercle. Dans celui-ci se trouvent de petits arcs de cercle de cuivre à l'intérieur desquels s'ouvrent des portes dont le nombre correspond au nombre des heures de la journée. Au moyen d'un dispositif mécanique, elles sont construites de façon telle, qu'à la fin de chaque heure, deux poids tombent du bec de deux faucons. Les faucons sont en cuivre et se tiennent devant deux cuvettes de cuivre qui se trouvent l'une au-dessus de l'autre. Le premier faucon se trouve au-dessous de la première porte et le deuxième au-dessous de la dernière. Les deux cuvettes sont percées. Quand les deux boules tombent, elles rentrent à l'intérieur du mur par un canal. On voit, par un merveilleux dispositif, les deux faucons étendre leur cou avec les boules au-dessus des cuvettes et les jeter au devant d'eux. A la chute de celles-ci on entend un bruit. Et la porte qui correspond à l'heure, est aussitôt fermée par un vantail de cuivre. Ceci se reproduit à la fin de chaque heure, jusqu'à ce que toutes les portes soient fermées et les heures écoulées. Ensuite l'ouvrage est remis dans son état d'origine (c'est-à-dire comme au début de la journée).

Pour la nuit il y a un autre dispositif : dans l'arc au-dessus des petits arcs mentionnés, se trouvent 12 cercles ciselés en cuivre. Devant chaque cercle une vitre se

3.4. L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE RIDWAN À DAMAS

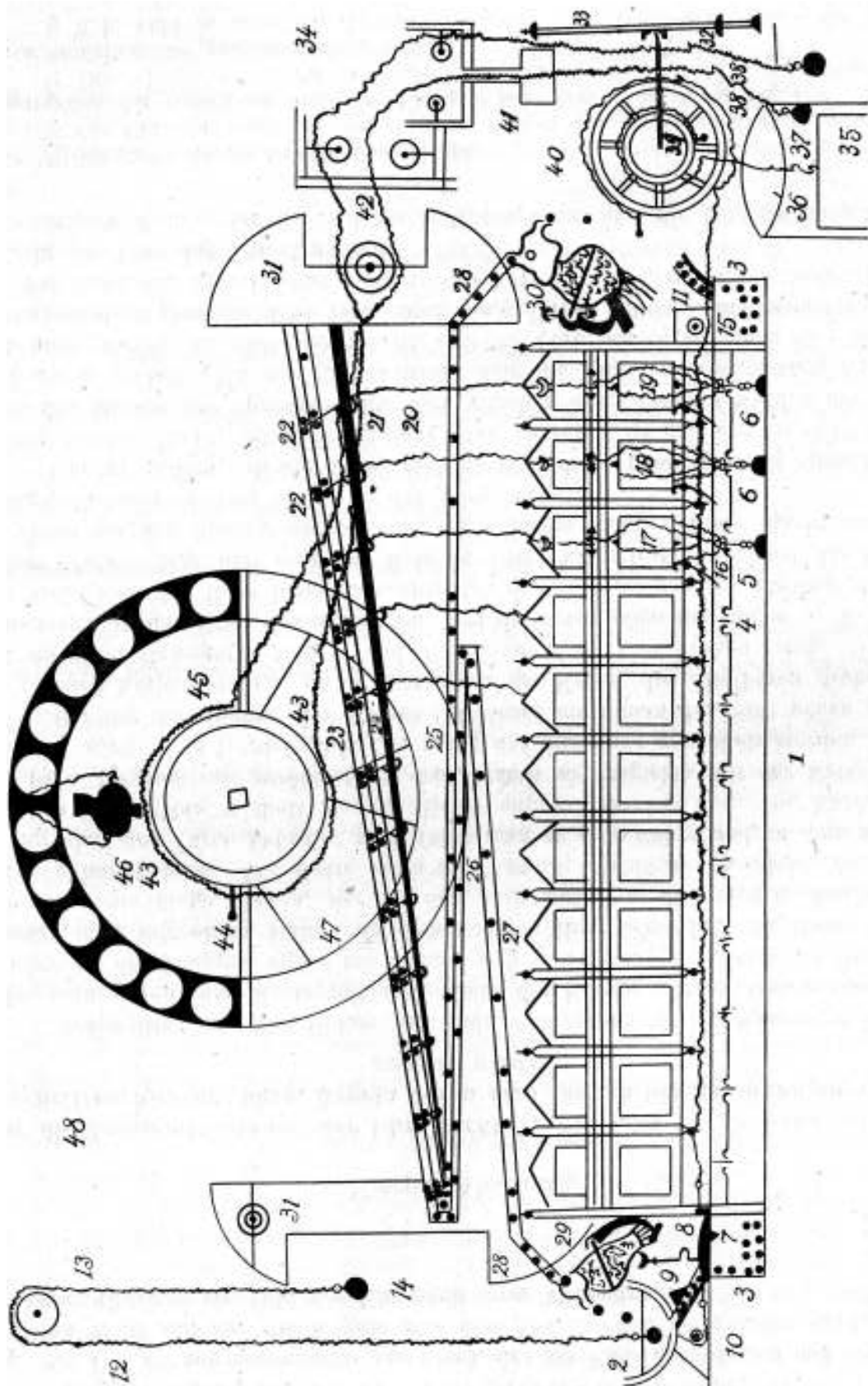


FIG. 3.5 – L'horloge de Ridwan (d'après [189]).

trouve à l'intérieur du mur de la galerie. Derrière la vitre se trouve une lampe¹ qui est apportée par l'écoulement de l'eau, en correspondance avec l'heure. Quand l'heure est écoulée, la lumière de la lampe luit à travers la vitre et ses rayons émanent du cercle placé devant. Ensuite la lampe se déplace à l'emplacement d'une autre fenêtre vitrée, jusqu'à ce que toutes les heures de la nuit soient écoulées et que tous les cercles aient été illuminés en rouge.

Il y a un homme affecté à l'entretien de l'horloge qui doit vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble, et qui sait enclencher le dispositif en ouvrant les portes et en plaçant les poids à leur place. Les hommes d'ici appellent cette horloge Mangâna² »

3.4.2 Fonctionnement de l'ensemble

Dans son traité, Ridwan commence par décrire brièvement « l'horloge d'Archimède » qu'il dit être bien connue. Il commente aussi les modifications qu'il fit par rapport à l'horloge de son père comme le régulateur de débit.

Les chiffres renvoient à la figure 3.5 extraite de l'ouvrage de Wiedemann.

Les mécanismes de l'horloge sont mis en mouvement par la clepsydre dont on voit le réservoir **36** et le flotteur **35**.

Lorsque la clepsydre se vide, le flotteur descend et entraîne au moyen de câbles, la poulie **39** et la grande roue supérieure.

Sur la poulie 39 vient s'enrouler un câble qui entraîne un coulisseau **8** dont l'ergot **7** déclenchera l'ouverture des portes et la chutes des billes dans les têtes des deux faucons latéraux (Voir la figure 3.6).

3.4.3 Le mécanisme des « heures du jour »

La partie basse de l'horloge (Figure 3.6 en haut, vue en perspective, en bas, vue de face et de côté) est destinée à connaître « les heures du jour ». Le coulisseau **8** se déplace lentement, de gauche à droite, entraîné par une corde reliée au flotteur de la clepsydre. Ce coulisseau passe devant les douze portes dont une seule est représentée **11**. Le coulisseau **8** est aussi solidaire d'une tige **12** surmontée d'un croissant de Lune qui indique les fractions de l'heure sur un linteau **13** portant des clous dorés.

La porte **11**, mobile autour d'un axe vertical, est surmontée d'un volet numéroté **23**, mobile autour d'un axe horizontal. Le passage du coulisseau **8** provoque le pivotement du levier **10** à l'aide d'un ergot placé à son extrémité, ce qui débloque la porte **11** et entraîne aussi la chute du poids **31** suspendu par la courte tige **40**. Ce poids de plomb était au départ en haut de sa chambre **16** et entraîne en tombant les trois tiges, **30**, **32**, **33**, attachées par trois anneaux à la tige **40**. Les trois mouvements se produisent en même temps :

¹Dans l'horloge de Ridwan, fils, la lampe reste immobile et les morceaux de vitres sont cachés par une planche en forme de demi-cercle, qui passe devant les vitres.

²Mangâna : terme dérivé du byzantin, qui donna le mot « machine » en français et « mangano » en italien.

3.4. L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE RIDWAN À DAMAS

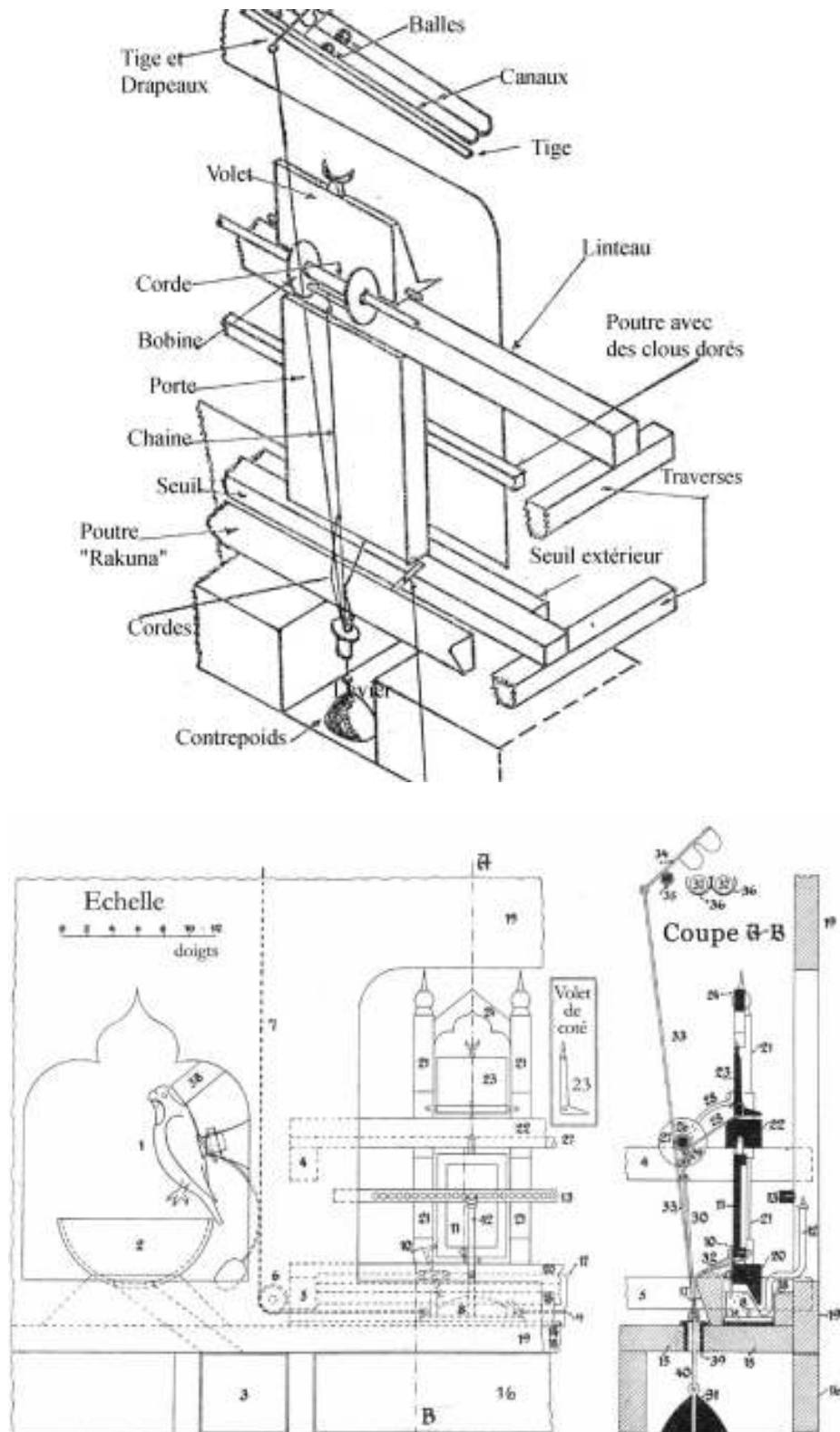


FIG. 3.6 – Horloge de Ridwan : Mécanisme d'ouverture d'une porte et de son volet [100, 189].

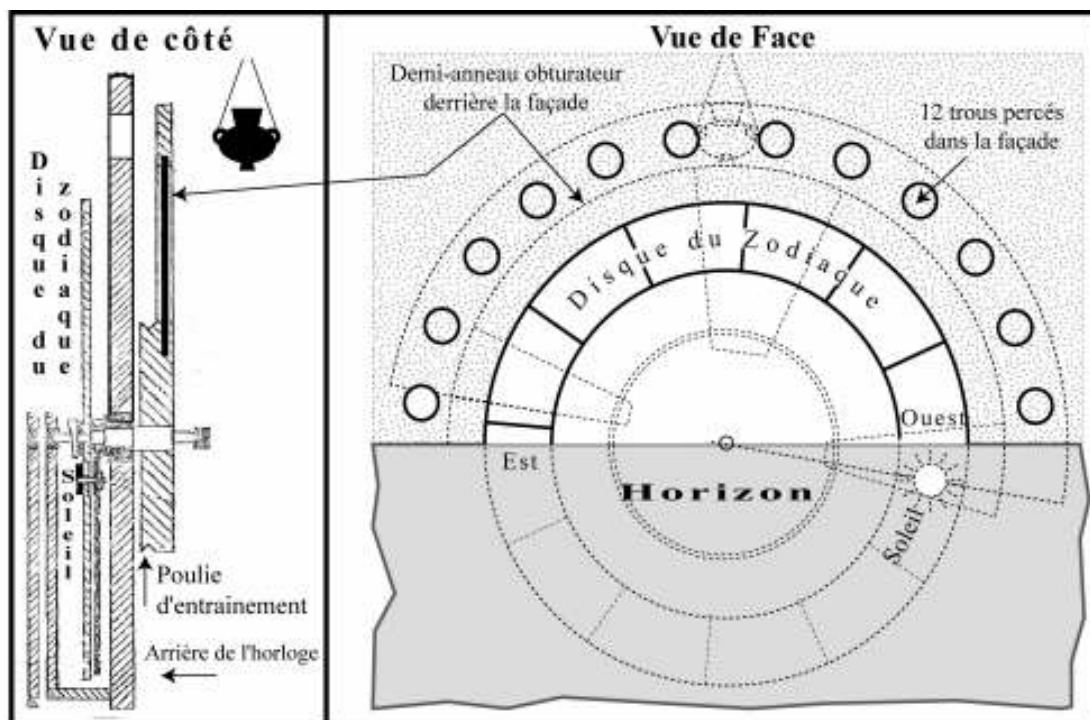


FIG. 3.7 – Horloge de Ridwan : Les « Heures du Soleil » et les « Heures de la nuit ».

Sur la figure, c'est le début de la nuit. Le demi-anneau obturateur ne laisse entrevoir qu'un disque circulaire pouvant laisser passer la lumière. Vers l'ouest, le Soleil s'est couché.

1. En haut le drapeau **34** libère deux billes qui roulent chacune dans son canal jusqu'à la tête d'un des faucons à gauche ou à droite.
2. La porte **11** pivote de 180° autour d'un axe vertical : on voit maintenant sa partie décorée.
3. Le volet **23** bascule autour d'un axe horizontal et ferme l'ouverture.

3.4.4 Les « heures de la nuit », les « heures du Soleil »

La figure 3.7 représente la roue des « heures du Soleil et des heures de la nuit ». A gauche se trouve la vue de profil en coupe, à droite une vue de face.

Le petit cercle du Soleil, était fixé par un rivet détachable dans un des 36 trous du disque du zodiaque et on changeait sa position tous les 10 jours. Au lever du Soleil, on déclenchait le mouvement et le cercle montait puis descendait sur l'horizon. Les signes du zodiaque se levaient les uns après les autres.

L'axe du disque du zodiaque passait à travers la paroi principale derrière laquelle était montée la roue de la nuit. Celle-ci était constituée d'une poulie circulaire solidaire d'un demi-anneau relié à cette poulie par des planches ajourées. Au coucher du Soleil, le demi-anneau recouvrait



FIG. 3.8 – Fès : l'horloge publique de la mosquée Bû'aniyya.

tous les trous circulaires ; en tournant, la poulie l'entraînait et les disques percés de la face avant devenaient un à un lumineux grâce à une lampe placée derrière l'horloge. Au début de la première heure de la nuit, le demi-anneau commençait à laisser passer la lumière à travers le premier disque. A la fin de la douzième heure, les douze disques étaient illuminés par la lampe située derrière la façade.

3.5 Les horloges astronomiques de Fès au Maroc

A Fès, capitale culturelle du Maroc, se trouvent deux horloges astronomiques hydrauliques datant du XIV^e siècle, héritières de la tradition grecque [149].

3.5.1 L'horloge publique

La première se trouve dans un lieu public, à côté de la madrasat Abî Inâh (mosquée Bû'aniyya). Selon l'écrivain Al-Jaznai, elle a été construite le 6 mai 1357 par Abu'l-Hasan. Rien ne reste des mécanismes, tout ayant été enlevé il y a plus d'un siècle et demi. La façade supportant la console des gongs a été restaurée et comprend treize gongs de bronze sur des corbeaux en bois de cèdre, douze petits corridors arrangés au-dessus des espaces entre les gongs et trente et un corbeaux au-dessus des corridors. Treize de ces corbeaux, ceux directement au-dessus des gongs, sont creux et servaient de tuyaux conduisant de petites balles sur les gongs pour indiquer le début de chaque heure. Les balles tombaient ensuite à travers un trou percé dans chaque gong et retournaient par une galerie interne à la chambre de la clepsydre. Les portes s'ouvraient automatiquement et l'une restait ouverte à chaque heure de façon qu'un passant puisse connaître l'heure au premier regard. L'ensemble faisait environ 11 mètres de long ; à gauche des gongs et au même niveau une fenêtre décorative donnait accès à la chambre où se trouvait la clepsydre qui actionnait les mécanismes.



FIG. 3.9 – Fès : dans la chambre haute du minaret se trouve l’horloge astronomique.

3.5.2 L’horloge astronomique

La seconde horloge de Fès est située dans la pièce supérieure du minaret de la mosquée proche de l’université Quarawiyyin fondée en 860 (Figure 3.9). Une clepsydre primitive fut construite en 1286/87 mais on en perd la trace. Elle était vraisemblablement portable et aurait été simplement constituée d’un grand récipient de porcelaine équipé d’un tuyau d’écoulement en cuivre. L’horloge suivante du minaret fut construite en 1317, puis laissée à l’abandon. Elle fut restaurée en 1346-1348 et équipée d’un astrolabe.

Actuellement cette horloge se trouve logée dans un cabinet de 2,4 m de haut sur une base de 1,2 m de côté qui se trouve dans l’angle sud-est d’une pièce. L’accès à l’intérieur, aujourd’hui vide, se fait par une porte sur le côté Nord. Sur la façade ouest se trouve un élégant cadran astrolabique dans un cadre de 71 cm de côté, avec une araignée de 42 cm de diamètre. L’astrolabe, entouré de 24 cavités hémisphériques argentées, encadré en haut et en bas par 12 ouvertures, rappelle ceux construits par Mohammed ibn Fattuh de Séville (début du XIII^e siècle). Les mécanismes liés aux sphères et aux ouvertures ont disparu.

Partant du cabinet et couvrant tout le mur Sud une structure porte une rangée de 24 ouvertures avec des portes pivotantes. Devant chaque porte se trouvent les attaches de gongs (aujourd’hui manquants) similaires à ceux de l’horloge publique. Au-dessus de chaque emplacement de gong, un tube est dissimulé dans la structure, laissant tomber une petite boule à chaque heure. Au

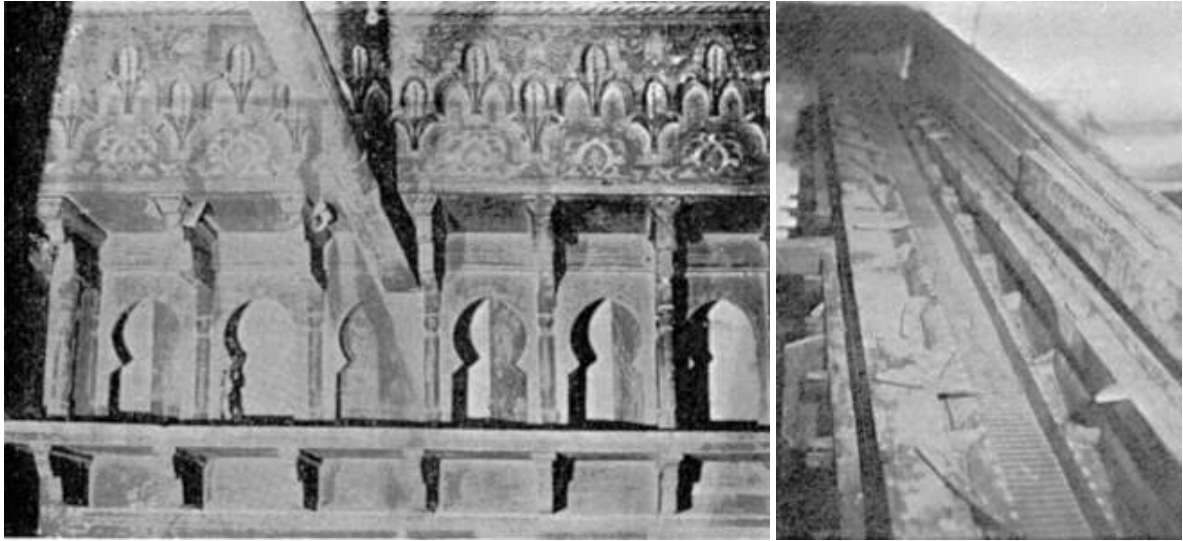


FIG. 3.10 – Fès : détails de l’horloge astronomique [149].

Rangée des ouvertures : les gongs se trouvaient au pied de chaque poteau.

Long canal gradué au-dessus des ouvertures : les leviers de chaque côté actionnent les portes et laissent passer les boules. Les canaux en pente, à droite, amènent les boules par gravité.

sommet du portique et caché par la corniche décorative, se trouve le mécanisme qui produit l’ouverture des portes et le jet des boules. L’élément principal est un long canal de section carrée longeant la corniche. Un bloc en bois de cèdre parcourait ce canal, tiré d’une extrémité à l’autre par le flotteur de la clepsydre. Il tournait autour d’une poulie à la fin du canal et revenait au coin du cabinet grâce à un contrepoids. En chemin, le bloc de cèdre déclenchait des leviers qui tiraient des câbles ouvrant les portes, et laissaient passer une petite boule dans les tubes conduisant aux gongs. L’ensemble est dans la lignée des clepsydras et des automates décrits par Héron, sans engrenages d’aucune sorte.

3.6 Les horloges de Palerme et de Malte

Parmi les témoignages d’horloges à eau monumentales [11], une trace se trouve gravée dans la pierre du Château des Normands de Palerme, à l’entrée de la Chapelle Palatine (Figure 3.11). Ce château fut construit par le Roi Roger II de Sicile (1093-1154) qui ne prit le titre de Roi qu’en 1131. Cette inscription, gravée sur une plaque de marbre de 77,4 cm sur 51,6 cm, est donnée dans les trois langues latine, grecque et arabe [65] :



FIG. 3.11 – Palerme : Chapelle Palatine et plaque du Roi Roger II.

Latin

Hoc: op[us]: Horologii: P[re]cepit: fieri: D[omi]n[u]s et magnificus Rex Rogerius
ann[o] incarnationis D[omi]nice M[illesimo]:C:XLII:M[ense]:M[ar]t[io]:
i[n]dic[tione]:V:An[no]:V[ero] R[e]g[ni] ej[us]:felic[iter]


Le Seigneur et grand Roi Roger fit faire cette horloge en l'an 1142 de l'Incarnation, au mois de mars, année d'indiction V, en l'an XIII de son règne heureux.

Grec

+ωδαυμα χαινον ο κραταιος δεσποτης Ρογεριοζ ριζ εκ θεου
σχητροκρατω τον ρουν χαλινου
της ρευσης ουσιαξ γνωσιν νεμων απταιστου ωρνω του
χρονου τω ιβτηζ βασιλειαζ χρονω μηνι μαρτιω ινδ.ε ετ.ζχν.

O, nouveau miracle ! Le puissant seigneur et roi Roger, qui tient son sceptre de Dieu, régule le cours de l'élément liquide en lui donnant la connaissance infallible des heures du temps. L'an XIII de son règne, au mois de mars, année d'indiction V, année 1142 de notre salut.

Arabe



خرج امر الحضرة الملكية المعظمية الرجارية العلية ابد الله ايامها
وايد اعادها بعمل هذه الالة لرصد الساعات بمدينة صقلية المحمية سنة ست وثلاثين وخمسة

Sa majesté royale et excellente Roger - que Dieu perpétue ses jours et aide ses entreprises - a ordonné la construction de cet instrument à marquer les heures, dans la capitale de la Sicile, l'année 536 (de l'hégire).

C'est la version grecque qui donna lieu à des polémiques sur l'originalité du dispositif avec l'expression pleine d'emphase « O nouveau miracle ». D'après des documents de cette époque, elle serait construite dans la tradition des horloges à eau arabes comme l'était une autre horloge construite à Malte à la même époque : une figure mobile passait devant douze arcades et faisait tomber sur son passage dans un bassin de cuivre, le nombre de boules correspondant au nombre d'heures³.

³Wiedemann explique dans son ouvrage qu'un « mécanicien de Malte, avait fabriqué pour le roi une figure d'une jeune fille qui donnait l'heure en jetant des boules dans une cymbale » ([189] page 39).

Michele Amari consacre plusieurs pages de son livre sur les inscriptions arabes de Sicile à cette inscription de la Chapelle Palatine (page 29 à 39) [3].

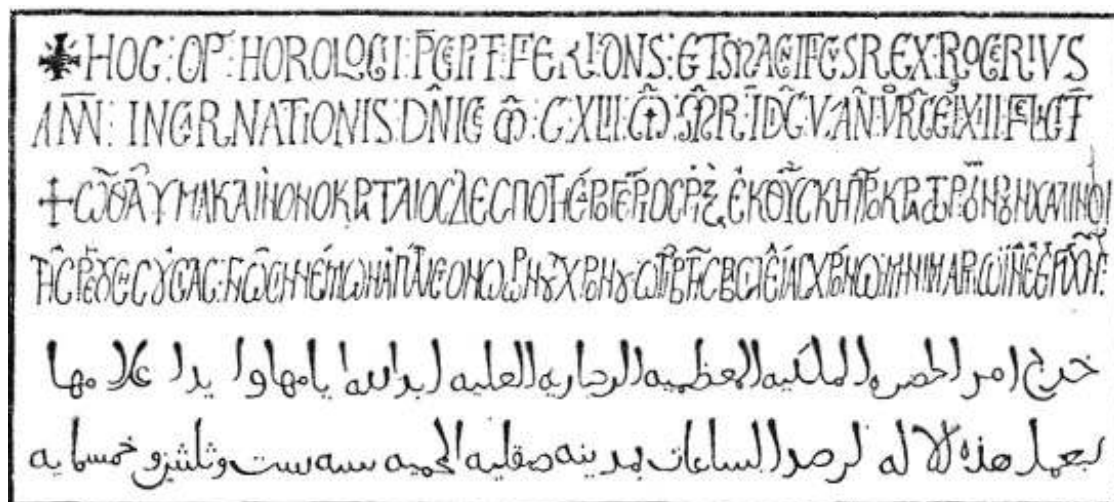


FIG. 3.12 – Inscription trilingue du Roi Roger II de Sicile à Palerme

3.7 La tradition andalouse

3.7.1 Al-Zarqali

Au XI^e siècle, Al-Zarqali, de Cordoue, plus connu pour ses travaux en astronomie et ses tables de Tolède, construisit à Tolède sur les bords du Tage vers 1080, deux horloges à eau géantes. Chacune de ces horloges était composée d'un bassin géant, probablement cylindrique. D'après le géographe musulman espagnol Al-Zuhri, les deux bassins se remplissaient régulièrement. L'un devait représenter le cours du jour, l'autre les phases de la Lune. Ce dernier se remplissait en Lune croissante et se vidait en Lune décroissante [101] et [99]. Remplissage et vidange se faisaient à une vitesse constante pour que le niveau des flotteurs évolue régulièrement (on pense aux systèmes de régulation inventés par les frères Banu-Musa vers 850). Ces deux horloges fonctionnaient en 1085 lors de la conquête de Tolède par les Chrétiens et même jusqu'en 1133.

3.7.2 Al-Mourâdi

Ibn Khalaf al-Mourâdi (né en 989/99 à Cordoue, mort après 1079) écrivit un traité très important sur les grands automates et les clepsydres mais l'état du seul manuscrit connu est si mauvais que la reconstitution des mécanismes est impossible. Ce manuscrit, copié en 1266, se trouve à la Bibliothèque Laurent de Médicis à Florence, et s'intitule « Le livre des secrets sur les résultats des pensées ». Il décrit 31 modèles dont 19 sont des horloges qui repèrent les heures temporaires avec des mouvements d'automates (Modèles 6 à 20 et 27 à 30). 5 modèles sont des mécaniques à automates se déclenchant sans horaire précis (1 à 5), 4 modèles sont des machines de guerre, 2 modèles sont des élévateurs d'eau (25, 26) et 1 modèle est un cadran solaire universel (31).

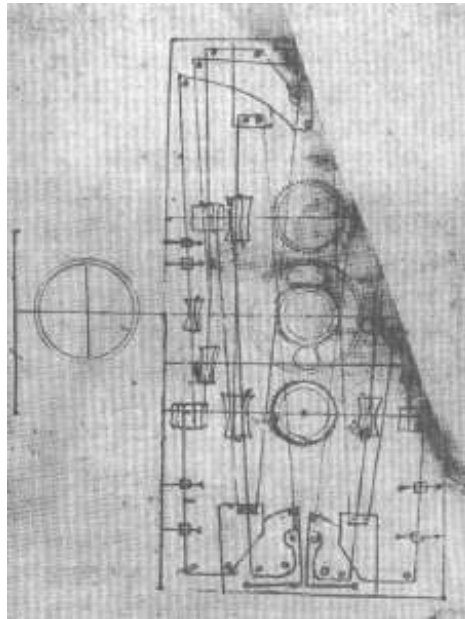


FIG. 3.13 – Horloge d’Al-Mourâdi.

C’est dans ce traité que figure la première description d’un engrenage à segments et épicycles, mécanisme que l’on trouvera seulement trois siècles plus tard dans l’horloge de Dondi. On y découvre aussi le premier exemple de système d’engrenages complexe permettant une transmission d’un couple de torsion important à partir d’une roue à eau.

L’ouvrage [100] de Donald Hill permet de comprendre l’importance de ce traité découvert dans les années 1970. La figure 3.13 est une photographie du manuscrit représentant le modèle 5. On peut voir à gauche deux cercles concentriques pour la roue à eau d’entraînement vue de face, qui par un système d’engrenages de poulies et de câbles, devait permettre l’ouverture d’une série de portes et l’apparition de figurines. Les schémas du manuscrit laissent entrevoir des dents taillées en épicycle sans que le texte ne le mentionne, mais il confirme l’emploi de roues segmentées permettant une transmission intermittente de l’énergie. Le manuscrit est en trop mauvais état pour savoir s’il y avait un échappement.

3.7.3 L’horloge à mercure du « Livre du savoir astronomique »

C’est la dernière des horloges à eau monumentales que nous allons étudier ; elle prouve aussi que le mécanisme à foliot n’était pas encore inventé. Alfonse X⁴, le Sage (el Sabio), Roi de Castille et de León avait rassemblé à sa cour de Tolède des érudits juifs, chrétiens et arabes qui ont écrit des œuvres qui furent diffusées dans toute l’Europe.

⁴Les célèbres « Tables Alfonsines » donnant les positions des planètes dans le modèle de Ptolémée lui sont attribuées à tort et se répandirent plus tard [145]. Elles furent utilisées jusqu’à la parution des Tables Rodolphines de Kepler.

Les Livres du Savoir astronomique (*Libros del saber de astronomia*), parus en 1274/1276, contiennent 16 traités en castillan sur les sciences liées à l'astronomie. Les textes sont souvent des traductions ou des paraphrases de textes arabes rendant ainsi accessibles au monde chrétien, les connaissances arabes. Des appareils astronomiques et diverses horloges sont présentés dans le quatrième traité. Toutes ces horloges restent du type « cadran solaire, clepsydre ou horloge à eau ». Dans cette somme des savoirs de l'époque ne figure aucune allusion à la nouvelle invention du foliot qui allait voir le jour dans les années qui suivirent.

L'horloge la plus intéressante est une horloge à mercure avec une roue compartimentée mue par un poids et entraînant un astrolabe (Figure 3.14). Le rabbin Isaac Ibn Sid qui supervisa la traduction du texte arabe se réfère à des principes provenant d'un texte perdu de Héron d'Alexandrie sur la levée d'objets de grand poids.

Cette roue était divisée en 12 compartiments à moitié remplis de mercure et séparés par des cloisons percées qui permettaient l'écoulement du mercure. La roue était montée sur le même axe qu'un grand tambour entraîné par un poids. Lorsque le mercure remplissait symétriquement la roue par rapport à un axe vertical, le poids suspendu était juste suffisant pour mettre la roue en rotation ; le mercure s'élevait à droite et s'écoulait lentement d'un compartiment à l'autre. Le moment d'inertie du mercure et son écoulement ralentissaient la roue et agissaient comme un dispositif de freinage.

Le tambour rempli de mercure faisait un tour en 4 heures. Sur le même axe ou sur un autre axe entraîné par une courroie se trouvait un pignon de 6 dents qui engrenait avec le pourtour d'un astrolabe muni de 36 dents en bois de chêne, qui faisait donc un tour par jour.

Une reconstitution a été faite en 1988 [130], en utilisant des matériaux modernes et en confinant le mercure dans une chambre étanche pour se protéger des vapeurs toxiques. Cette reconstitution a montré qu'une fois surmontés les problèmes de matériaux et de corrosion liés à l'utilisation du mercure, la précision et la stabilité d'une telle horloge étaient très mauvaises. Vraisemblablement le traducteur Isaac ibn Sid n'a jamais vu une telle horloge car son manuscrit comprend de nombreuses lacunes. L'idée de la roue compartimentée fut néanmoins reprise au XVI^e siècle pour des horloges à eau dont le tambour descendait en tournant, et fut très populaire jusqu'au XVIII^e en tant que garde-temps bon marché et fiable.

Le mercure, pour remplacer l'eau dans les clepsydes, présente deux avantages : sa plus grande densité de 13,6 et son point de congélation de -39°C . L'écart important entre ce point de congélation et les températures d'utilisation habituelles font que sa viscosité varie peu et le prédisposent pour le dispositif étudié. Il a d'ailleurs été mentionné par les Chinois, Léonard de Vinci et même utilisé par Tycho Brahé et Hooke. Néanmoins l'absence d'oscillateur, marque géniale des échappements ultérieurs, doit nous le faire considérer comme une impasse dans l'histoire de l'horlogerie.

3.8 Équatoires et astrolabes mécanisés

Les équatoires représentant les mouvements des planètes et les astrolabes mécanisés, plus simples car reproduisant seulement les mouvements du Soleil et des étoiles fixes, sortent du champ de notre étude. Ils présentent néanmoins un intérêt évident.

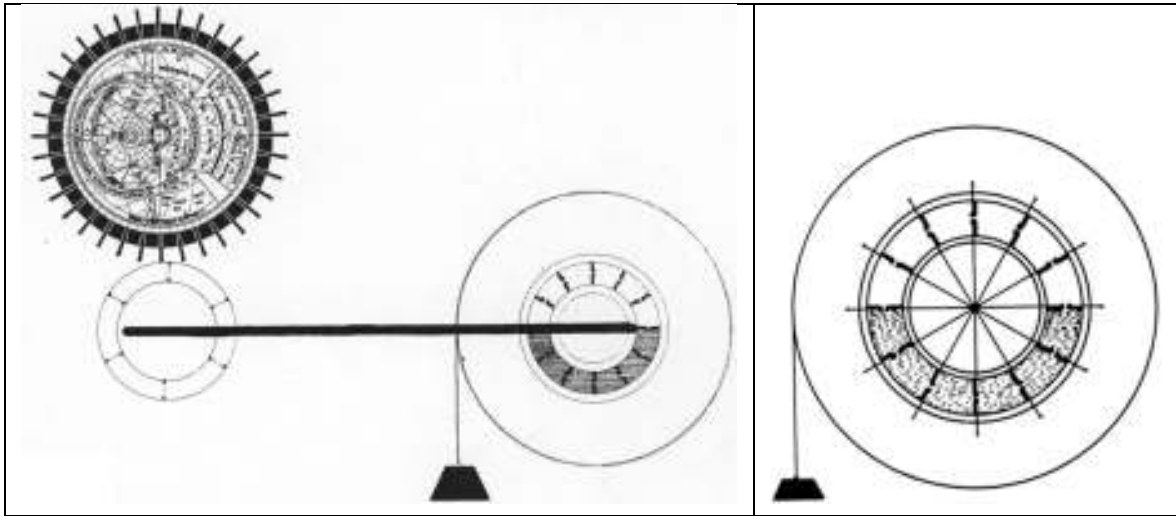


FIG. 3.14 – Horloge à mercure et sa roue compartimentée.

La liaison de la roue compartimentée à l’astrolabe se fait par une courroie puis un engrenage de réduction 6 : 36 dents sur l’astrolabe, 6 sur le pignon.

Les équatoires furent construits en assez grand nombre du XII^e au XVI^e siècle et ils ont été magistralement étudiés par Emmanuel Poulle dans ses ouvrages sur l’astronomie médiévale [143, 144, 141].

Les astrolabes mécanisés, précèdent de quelques siècles les équatoires. La première description connue se trouve dans un manuscrit d’Al-Biruni (973-1050). Le musée d’Histoire des sciences d’Oxford conserve celui construit par Abi Bakr d’Ispahan en 1220/1221. Nous en donnons la reproduction (Figure 3.15) parce qu’un tel astrolabe mécanisé représente une étape importante dans la réalisation des horloges astronomiques mécaniques que nous étudierons.

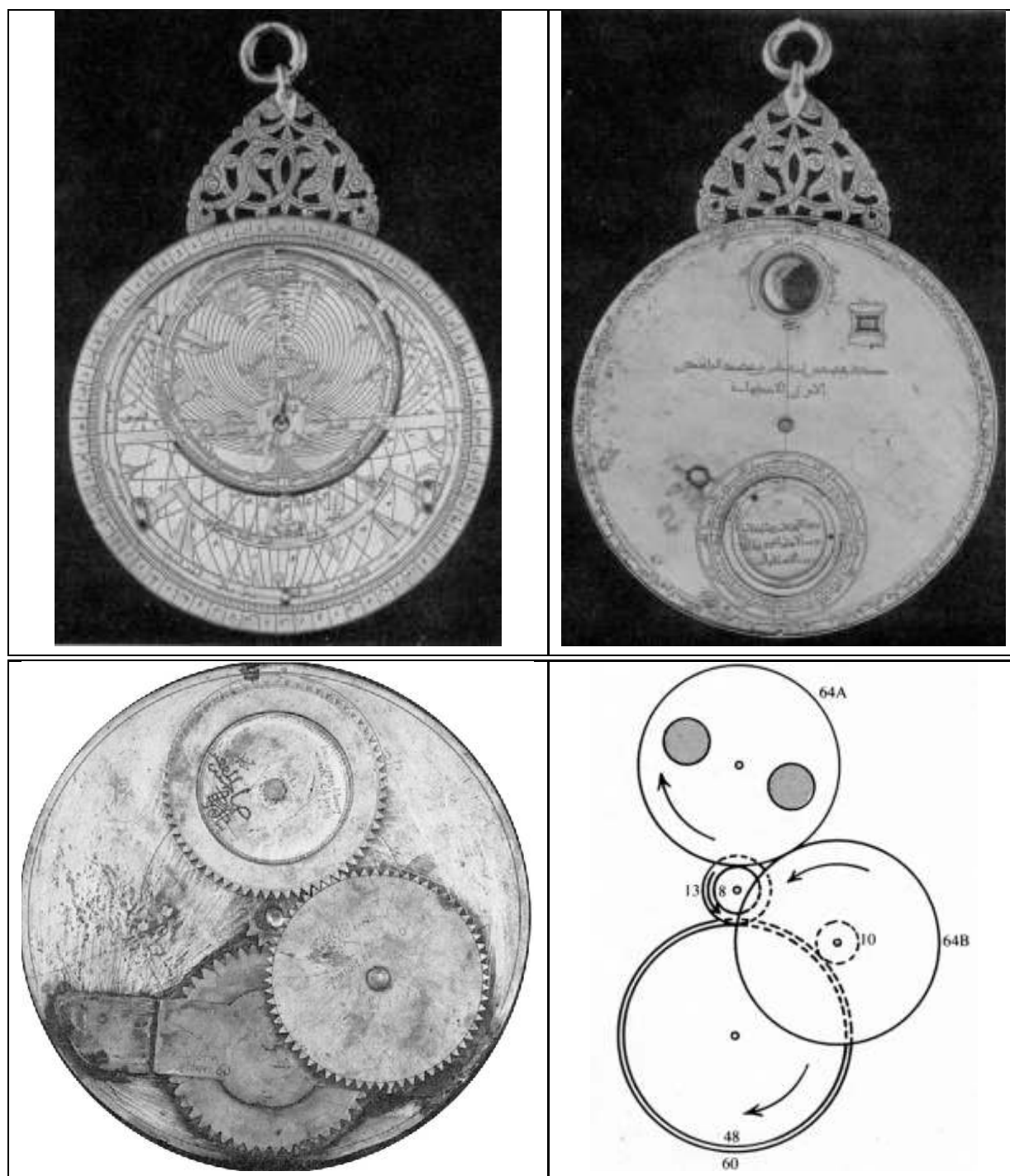


FIG. 3.15 – L’astrolabe d’Oxford, face et dos, intérieur et schéma. d’après [108].
 Un papillon, en forme de tête de cheval au centre de la face avant, est solidaire de l’araignée. En le faisant tourner, on obtient sur la face arrière, l’âge et la phase de la Lune, ainsi que la position de la Lune et du Soleil sur le Zodiaque.

Chapitre 4

Horloges astronomiques chinoises

Needham, Ling et Price [133] expliquent qu'une tradition de globes célestes et de sphères armillaires de démonstration entraînés par un écoulement d'eau s'était développée depuis 130 avant J.C.. La première horloge mécanique de Chine, avec échappement transformant un écoulement continu en mouvement discontinu régulier, fut construite par le moine bouddhiste Yixing (683-727).

L'horloge de Su-Song

La machine de Su-Song (Figure 4.1), réalisée en 1092, fut très célèbre en son temps. Elle se trouvait dans les étages supérieurs du palais impérial de Khaifeng (1092-1126) et fut démontée en 1126 par les Tartares pour être emportée à Pékin. Comme le montre la reconstitution du British Museum, à droite de la figure 4.1, elle était constituée par :

1. Une tour de bois de 3 étages de 3 mètres chacun.
2. En bas, la roue d'échappement et la transmission du mouvement.
3. En haut, une sphère armillaire et un globe céleste avec 1280 étoiles, Soleil, Lune, Planètes placés manuellement. Il est écrit que « les observations du ciel coïncidaient parfaitement avec celles de la machine ».
4. Une pagode de 5 étages qui faisait face à la tour.
5. Des personnages qui, actionnés par la machinerie de la tour, sortaient par les portes de la pagode, sonnaient les cloches et frappaient des gongs.
6. L'échappement (Figure 4.2) : La roue motrice était pourvue de 36 godets et le passage de chacun (remplissage puis rotation) se faisait en 24 s. La durée du jour étant de 86 400 secondes, on obtient $86\,400/36 \times 24 = 100$ rotations de la roue/jour.

Une tête de poisson remplit le godet **3**. Lorsque le godet est plein, il bascule et son ergot tire la planchette **9** et le câble **10** vers le bas. La planchette **11** bascule alors autour de son axe et relève la planche de blocage **13** qui libère la pale **1** de la roue. Les planches **13** et **14** sont rappelées vers le bas et bloquent la roue jusqu'au prochain échappement.

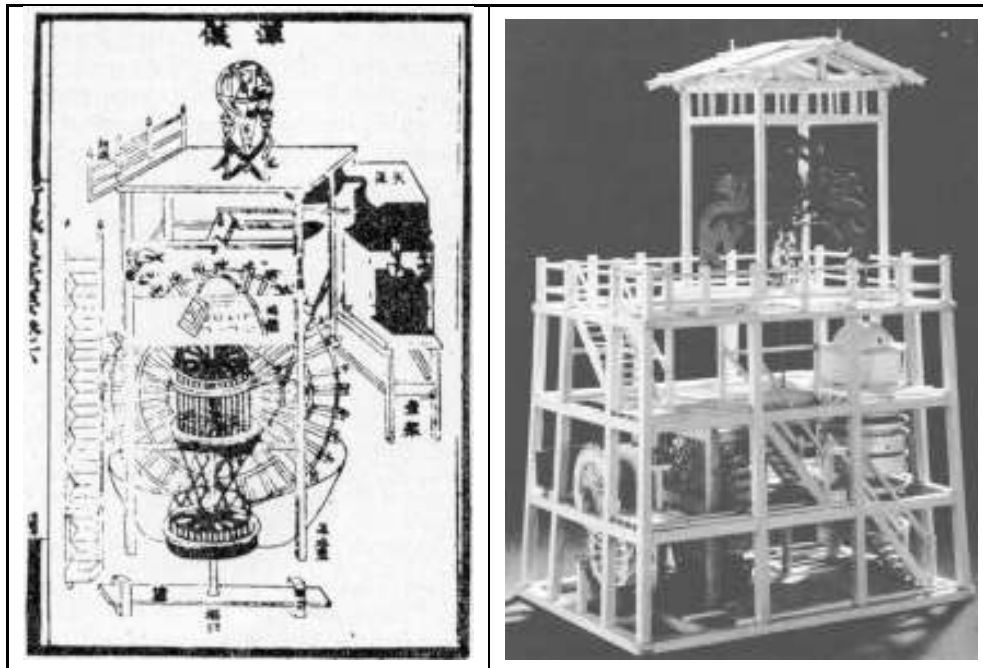


FIG. 4.1 – Horloge de Su Song.

Schéma du manuscrit de Su Song et Maquette du British Museum.

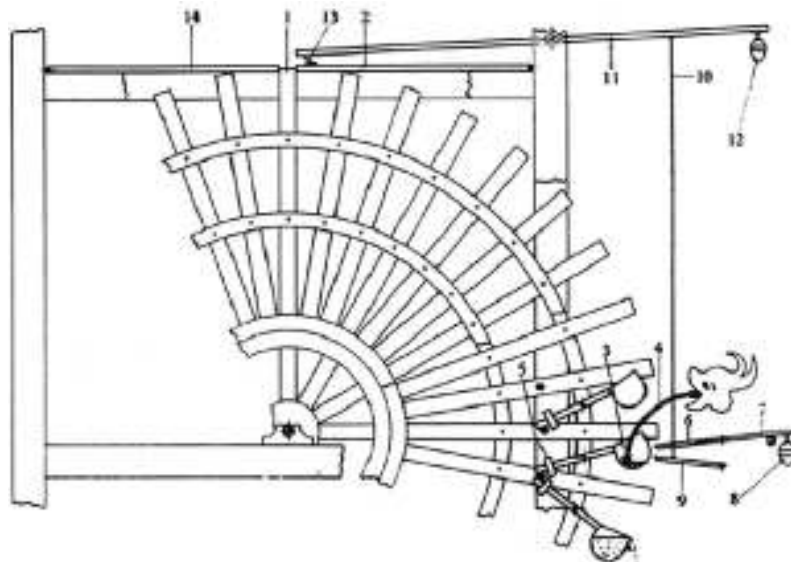


FIG. 4.2 – L'échappement de l'horloge de Su Song.

Deuxième partie

Les premières horloges mécaniques

Au début du XIV^e siècle, le dispositif à foliot et roue de rencontre (Voir chapitre 2.1), fut adopté dans toute l'Europe pour construire les horloges mécaniques. Le texte qui suit atteste que ce dispositif n'était pas encore inventé en 1271. Cette année là, Robertus Anglicus, commente en effet ainsi le livre « de sphaera » de Johannes de Sacrobosco.

Commentaire de Robertus Anglicus sur la Sphère de Sacrobosco, 1271 ([171, 148]).

Quand on parle d'heures égales, cela veut dire que le jour en compte autant que la nuit. Pour les heures inégales, nous employons ce mot au sens des heures fournies par les astrolabes et les autres instruments astronomiques (ou par les instruments gnomoniques [horologica] construits selon l'astronomie); mais il n'est pas possible qu'un tel instrument [horologium] soit rigoureusement exact quant aux lois de l'astronomie. Les « artifices horologiorum », cependant, s'efforcent de fabriquer un cercle qui tournerait exactement selon le mouvement de l'équinoxial, mais ils ne peuvent pas encore réaliser cette entreprise; s'ils pouvaient la fabriquer, on aurait un horologium absolument exact, bien plus exact pour mesurer les heures que l'astrolabe ou quelque autre instrument astronomique, si on savait le fabriquer (selon ce qui a été dit ci-dessus).

Le principe pour fabriquer un tel horologium serait de faire un cercle bien équilibré en toutes ses parties, le mieux possible, puis de suspendre un poids à l'axe de cette roue, lequel poids ferait tourner la roue de sorte que le mouvement de celle-ci s'accomplirait d'un lever du Soleil au lever suivant, plus le temps qu'il faut pour que se lève environ un degré (de l'équinoxial) selon une estimation qui est proche de la vérité... Ainsi la susdite roue achèverait son mouvement en un jour, et, si on la divisait en 24 parties égales, la localisation de chacune de ces parties montrerait l'heure (égale) dans le ciel¹.

Il est clair en effet, que les horloges mécaniques qui se développent en grand nombre à partir du XIV^e siècle, peuvent posséder, grâce au dispositif à foliot et roue de rencontre, un cercle tournant comme le cercle équinoxial, permettant de lire l'heure sidérale, ou l'heure solaire par un système d'engrenages... Nous présenterons d'abord des horloges du patrimoine européen représentatives de ces débuts de l'horlogerie astronomique puis détaillerons le fonctionnement du « nouveau dispositif ».

¹Et de primis horis loquendo dicitur quod dies habet tot horas et nox tot. Et de aliis horis, scilicet inequalibus, loquimur in acceptione horarum per astrolabia et alia instrumenta astronomica (et etiam horologica que sunt facta secundum formam astronomicam); nec est hoc possibile quod aliquod horologium sequatur omnino iudicium astronomie secundum veritatem. Conantur tamen artifices horologiorum facere circulum unum qui omnino moveatur secundum motum circuli equinoctialis, sed non possunt omnino complere opus eorum; quod si possent facere, esset horologium verax valde et valeret plus quam astrolabium quantum ad horas capiendas vel aliud instrumentum astronomiae, si quis hoc sciret facere (secundum modum antedictum).

Modus autem faciendi tale horologium esset, quod homo faceret unum circulum equalis ponderis ex omni parte secundum quod melius possibile esset. Postea quod appendatur pondus plumbeum axi ipsius rote, quod quidem pondus taliter moveat rotam istam quod motus ille compleatur ab ortu solis usque ad ortum preter tantum tempus per quantum oritur unus gradus fere secundum estimationem propinquam veritati... Tunc rota predicta compleat motum suum in illo tempore et dividatur in 24 partes equales, tunc situs cujuslibet partis ostendet horam in celo.

Chapitre 1

Les premières horloges astronomiques mécaniques

1.1 L'horloge de Richard de Wallingford

De nombreux témoignages à partir des années 1320 montrent que des horloges mécaniques équipées du foliot étaient construites à travers toute l'Europe [182, 19, 18]. Lorsque les villes ou les monastères disposaient à la fois des ressources financières et des compétences intellectuelles, de magnifiques chefs-d'oeuvre furent réalisés. Les deux plus célèbres de cette époque sont l'horloge de Richard de Wallingford et l'horloge de Giovanni Dondi.

C'est en 1327 que Richard de Wallingford, abbé de Saint-Albans, village situé au Nord de Londres, réalisait la plus ancienne horloge astronomique connue dont une étude complète a été publiée par John North en 1976 [137, 186].

Le texte sur l'échappement est difficilement compréhensible, mais North a pu reconstituer un type d'échappement que l'on retrouve beaucoup plus tard dans les manuscrits de Léonard de Vinci : une structure en demi-cercle, solidaire du foliot et mise en oscillation par les pinnules radiales de deux roues¹ (Figure 1.1).

Dans un article de la revue *Nature*, Annie Lautink-Ferguson suggère que si l'on rencontre autant d'arquebusier parmi les premiers horlogers, c'est parce qu'ils savaient faire la pièce principale de cet échappement qui ressemblait à la noix de blocage des arquebuses (Voir la figure 1.2 et la biographie de l'horloger Daniel Gom, fils d'un arquebusier, page 316).

1.2 L'horloge de Giovanni Dondi

Giovanni Dondi, mit une quinzaine d'année à réaliser à Padoue, l'horloge qui fit sa célébrité. Ses calculs commencèrent vers 1365 et son ouvrage fut achevé en 1380. Le manuscrit de la bibliothèque de Padoue a été traduit par Emmanuel Poulle qui a fait établir une reconstitution fidèle (Figure 1.3) se trouvant à l'Observatoire de Paris [147, 62].

¹Sur cet échappement, lire les commentaires de Dohrn-van-Rossum page 53, 54 [182].

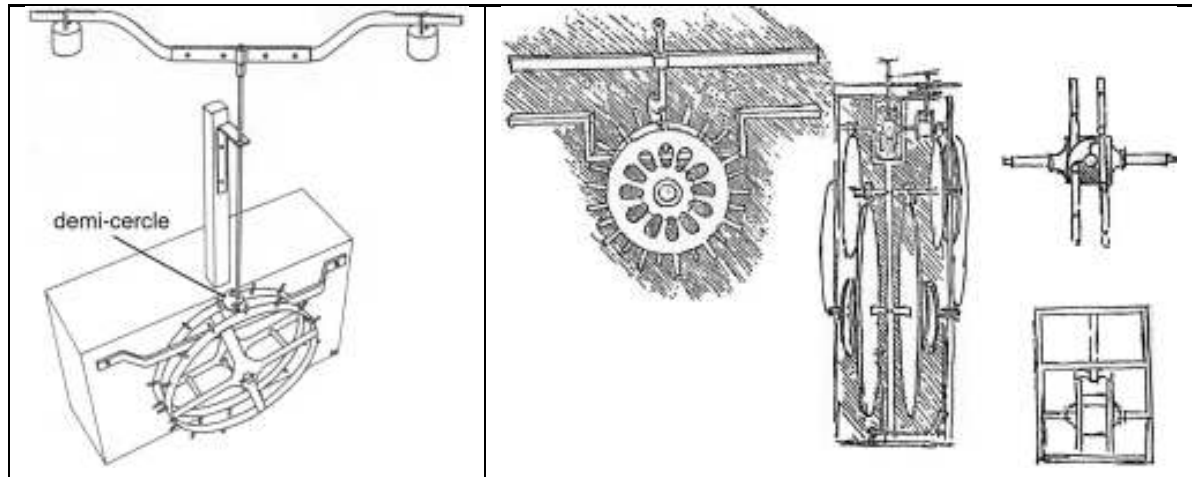


FIG. 1.1 – Échappement de l’horloge de Saint-Albans et manuscrit de L. de Vinci [182, 137].

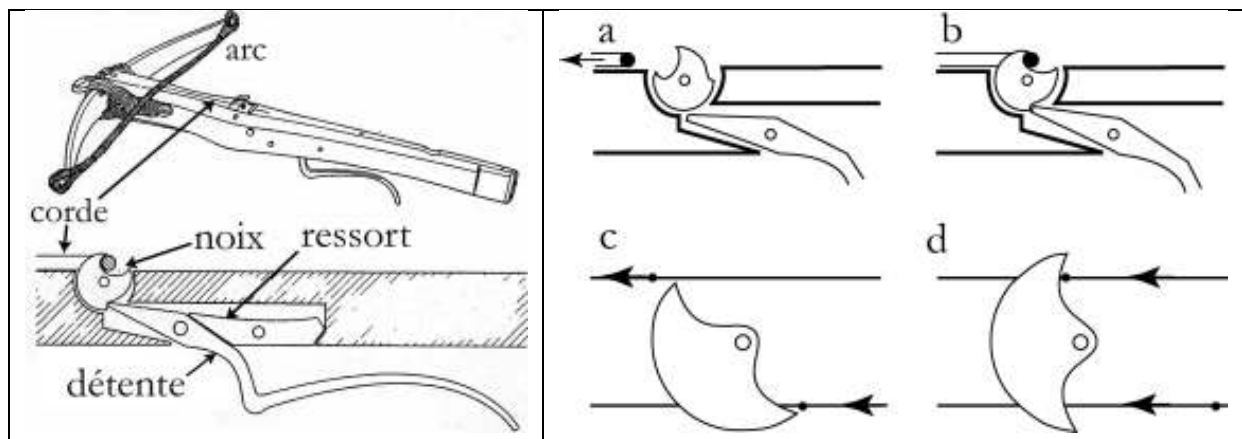


FIG. 1.2 – Noix de déclenchement de l’arquebuse et demi-cercle d’échappement d’horloge [115].

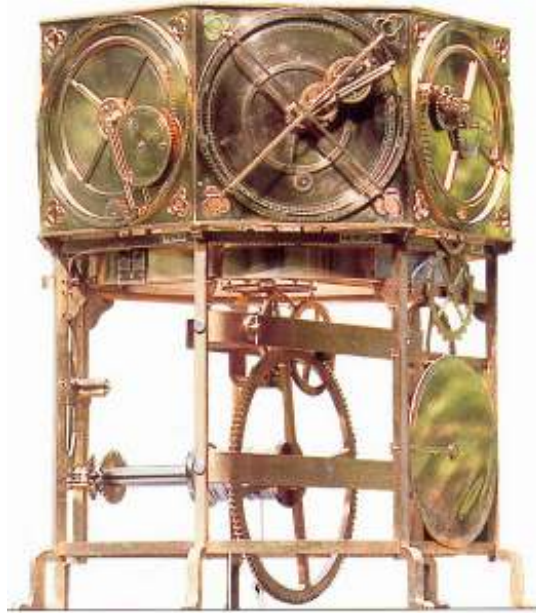


FIG. 1.3 – Reconstitution de l’horloge de Dondi, Observatoire de Paris.

L’horloge de Dondi était une horloge d’intérieur, mue par un poids et réglée par un mécanisme à foliot. Sept cadrans reproduisaient les mouvements des 7 sept astres mobiles dans le système de Ptolémée, et un cadran inférieur donnait l’heure.

1.3 L’horloge astronomique de Mantoue

1.3.1 La division du jour

1.3.1.1 Différents systèmes de division du jour [69, 70]

Les heures solaires vraies La division du jour a de tout temps été faite grâce à l’avancement du Soleil sur la sphère céleste. Le système de référence utilisé est celui des heures solaires vraies définies à partir de l’angle horaire AH du Soleil (Figure 1.4).

Les heures solaires vraies (ou équinoxiales) divisent le jour en 24 parties égales : la première débute lorsque le Soleil franchit le méridien local et finit lorsque l’angle horaire du Soleil a augmenté de 15° . Une heure solaire vraie correspond à une variation de 15° d’angle horaire du Soleil. Traditionnellement en gnomonique l’angle horaire a pour origine midi. Le jour civil commençant à minuit, on définit le temps civil local comme étant l’heure solaire locale augmentée de 12h modulo 24. Ces heures servent de compteur universel pour tous les autres types d’heures calculables pour un cadran solaire : obtenir l’heure X dans un autre système implique de savoir quelle est sa traduction ou sa correspondance dans le système des angles horaires vrais.

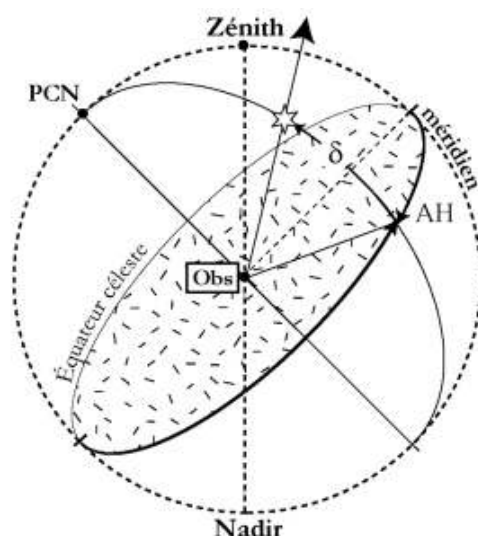


FIG. 1.4 – Les coordonnées horaires d'un astre [48].

Les heures temporaires La subdivision d'un jour clair en douze heures temporaires, appelées aussi heures antiques, bibliques, judaïques, inégales, consiste à considérer l'arc diurne du Soleil et à le diviser en douze portions, égales entre elles. Une heure temporaire de jour représente ainsi le douzième de la durée du jour, une heure temporaire de nuit le douzième de la durée de la nuit.

Les heures temporaires varient en fonction de la latitude du lieu et de la date. Ainsi, à nos latitudes moyennes, autour de 45° de latitude Nord, l'heure temporaire de jour vaut 40 minutes vers le solstice d'hiver, 1 heure 20 minutes près du solstice d'été et, évidemment, 60 minutes les jours d'équinoxes.

Les heures babyloniennes Les heures babyloniennes divisent le jour en 24 heures égales dont la première débute au lever du Soleil, la dernière finit au lever du lendemain.

Les heures italiennes Les heures italiennes divisent le jour en 24 heures égales dont la première débute au coucher du Soleil, la dernière finit au coucher du lendemain.

On les appelle parfois heures bohémiennes parce qu'en 1360, l'empereur du Saint Empire, Charles IV (1316-1378), aurait introduit ce mode de décompte dans ses états de Bohême et de Hongrie (d'après [179] page 10, [174] page 25, [167] avec une confusion sur les heures bohémiennes assimilées aux heures babyloniennes).

Dohrn van Rossum ([182] page 234) citant les actes du Consistoire épiscopal de Prague, fait remonter à 1381 la première indication de l'heure sous forme italo-bohémienne : « hora quasi XX orlogii ».

On parle parfois d'heures italiennes, lorsque l'origine du décompte est retardé d'une demi-heure après le coucher du Soleil, avec la récitation de l'Ave Maria ou de l'Angélus².

²La prière de l'angélus tire son nom de son premier verset « Angelus Domini, nuntiavit Mariae, Et concepit de



FIG. 1.5 – Heures italiques, babyloniennes, temporaires dans le système d'heures solaires vraies.

Les heures de Nuremberg C'est un système d'heures égales distinguant les heures diurnes et les heures nocturnes, faisant commencer les premières au lever du Soleil, les secondes au coucher du Soleil (décompte italique la nuit, babylonique le jour). Un petit nombre de montres, munies de cadrans réglables à la main, ont été conservées (d'après [13], page 28).

Autres systèmes horaires Il peut exister une quasi infinité de types d'heures : toute règle concevable pour diviser en tranches la durée d'un jour, peut engendrer un système horaire. C'est ainsi qu'un gnomoniste [80] a proposé de créer des heures « bretonnes », hommage au délicieux gâteau dénommé « quatre-quarts breton ». Ces heures découperaient en 4 tranches chaque demi-journée de temps vrai, aux instants où la hauteur du Soleil atteindrait les valeurs significatives suivantes :

- le quart de sa hauteur de culmination
- la moitié de cette hauteur
- les trois quarts de cette hauteur
- la hauteur de culmination elle-même.

A partir de midi le découpage se poursuit pour quatre nouveaux quarts décomptés en symétrie inversée par rapport aux quatre quarts du matin.

Nous expliciterons le système appelé « heures planétaires » dans le paragraphe 1.3.4.

Spiritu Sancto ... » ; elle est composée de trois versets intercalés avec des Ave Maria. Elle remonterait à Urbain II (vers 1042-1099) et fut codifiée par Jean XXII qui accorda des indulgences à ceux qui réciteraient trois Ave Maria par jour. Callixte III, pape de 1455 à 1458, effrayé des succès du sultan turc, Mahomet II, la recommanda tout particulièrement. L'angélus était sonné à Cologne à partir du concile de 1243, à Soissons en 1375 et une légende dit que Louis XI (1423-1461) introduisit la sonnerie des cloches dans le Royaume pour les trois angélus au Lever du Soleil, à Midi et au Coucher du Soleil (d'après [113] et [182] page 212, [13] page 27).

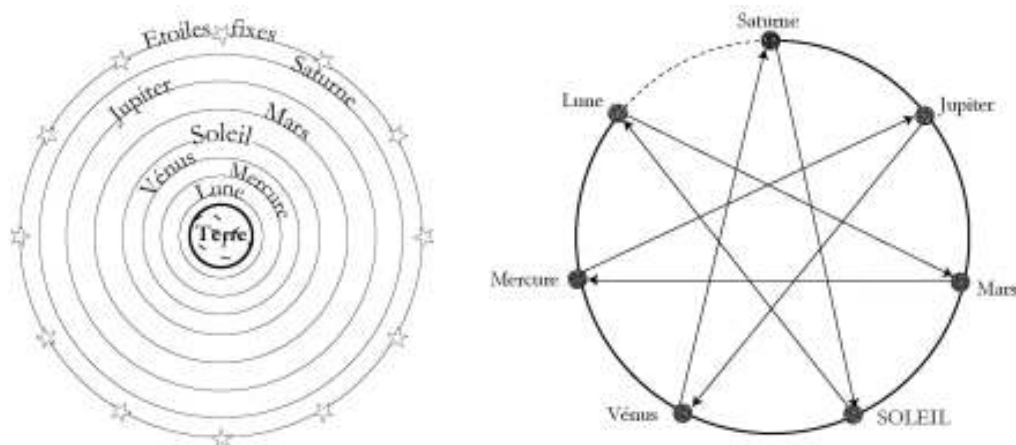


FIG. 1.6 – Le Monde (très simplifié) des Anciens et l'ordre des jours de la semaine.

1.3.2 Les planètes et les jours de la semaine

1.3.2.1 Les 7 vagabonds

Pythagore (Samos vers 580, Tarente vers 500 av J.C) est à l'origine du principe qui perdura pendant 2000 ans : celui de la perfection du mouvement circulaire uniforme. Le modèle transmis par son École était le suivant : La Terre sphérique, pesante, est au centre du monde, immobile. La sphère des étoiles fixes exécute autour de la Terre une révolution d'orient en occident suivant un axe invariable. Le grand cercle du ciel perpendiculaire à cet axe est appelé équateur. Le Soleil, la Lune et les 5 planètes, emportés par ce mouvement, décrivent chaque jour des cercles parallèles à l'équateur. Le Soleil accomplit en $365j\frac{1}{4}$ un mouvement propre d'occident en orient dans un plan incliné par rapport à l'équateur. La Lune et les 5 autres planètes ont de même, sur des plans plus ou moins proches de celui du Soleil, un mouvement d'occident en orient sur des orbites d'autant plus lointaines que leur période est plus grande. Mercure et Vénus, suivent ou précèdent le Soleil, avec un faible écart angulaire (au plus 29° pour Mercure, 49° pour Vénus). L'égalité des périodes moyennes de Mercure, de Vénus et du Soleil fit hésiter sur l'ordre des orbites mais finalement le Soleil fut placé au milieu avec trois planètes au-dessous (Lune, Mercure, Vénus) et trois au-dessus (Mars, Jupiter, Saturne) comme l'indique la figure 1.6.

1.3.2.2 L'ordre des jours de la semaine

L'origine de la semaine de 7 jours est probablement astronomique et liée à la Lune : 7 jours représentent en effet un quart de lunaison environ. Les noms des jours sont, eux, liés aux planètes dans la plupart des langues indo-européennes.

Les symboles des planètes sont représentés figure 1.7 [24]. Les plus anciens sont ceux du Soleil et de la Lune que l'on retrouve dans différentes cultures. Vénus aurait une origine égyptienne : la croix ansée représente en effet la déesse de la fécondité et se retrouve souvent sur les inscriptions égyptiennes. Les symboles de Saturne, Jupiter, Mars et Mercure seraient d'origine



FIG. 1.7 – Les symboles astrologiques des 7 vagabonds.

grecque : une faucille pour le dieu du Temps Chronos (mais Saturne est aussi le dieu latin de l'agriculture), le Z pour le roi des dieux Zeus, le bouclier et la lance pour le dieu Mars (planète rougeâtre, dieu de la guerre), le caducée pour le dieu Mercure (planète rapide, dieu messager) . . .

On trouve dans certains ouvrages astrologiques l'origine suivante des jours de la semaine³. Chaque heure de la journée était présidée (gouvernée) par une planète, la planète régente de la première heure du premier jour étant le Soleil, astre le plus important du ciel. C'est donc lui qui donne son nom au premier jour (Jour du Soleil, Sonntag, Sunday, . . .). En suivant l'ordre décroissant de distance des planètes, Vénus est le Régent de la 2^e heure, Mercure de la 3^e heure, . . ., Mercure de la 24^e heure de ce 1^{er} jour, et c'est alors la Lune la Régente de la 1^{re} heure du deuxième jour qui donne son nom à ce jour (Lundi). . . Mars est le Régent de la 1^{re} heure du troisième jour, etc . . . (Figure 1.6)

1.3.3 Un cadran de « pseudo heures planétaires »

1.3.3.1 Les Régents de l'heure

Il existe ainsi des tableaux des Maîtres de l'heure, nommés aussi Régents de l'heure ou Seigneurs de l'heure. En gnomonique on connaît aussi des cadrans solaires où les cases formées par les croisements des lignes horaires et des arcs de déclinaison contiennent les symboles des planètes régents, pour autant qu'il existe assez de cases compatibles avec la déclinaison du cadran ; l'idéal est que le cadran porte au moins treize lignes horaires. Pour qu'un tel système donne sa pleine mesure, il faut aussi consentir à poser que les jours de la semaine seront représentés par les sept arcs de déclinaison usuels, aux 21 mensuels, et non par l'espace entre deux arcs. En effet, les sept arcs ne composent que six espaces et les symboles de la première ou de la dernière journée de la semaine ne pourront pas être dessinés autrement qu'en dehors des cases.

Chaque journée de jour clair, du lever au coucher du Soleil, est immuablement subdivisée en douze heures planétaires et l'on devrait pouvoir en dire autant de chaque nuit, du coucher au lever du Soleil. Mais il existe aussi une autre façon de faire, chez certains astrologues pour lesquels la nuit n'est régie que par deux Maîtres de l'heure, l'un n'exerçant son influence que du coucher du Soleil à minuit et l'autre de minuit au lever du Soleil.

Annexe : Les Régents de l'heure

	Heures de Jour												Heures de Nuit												Avant Minuit	Après Minuit
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	HP n°1	HP n°12
Dim	☉	♀	♃	☾	♁	♂	☉	♀	♃	☾	♁	♂	♂	♀	♃	☾	♁	♂	☉	♀	♃	☾	♁	♂	♂	♀
Lun	♁	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
Mar	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
Mer	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
Jeu	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
Ven	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
Sam	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂

FIG. 1.8 – Les Régents de l’heure.

Dans les cas où il n’y a que deux Régents de Nuit (les deux dernières colonnes), le premier Régent avant minuit correspond à celui de l’heure planétaire de nuit n°1, le second après minuit, correspond à celui de l’heure planétaire de nuit n°12 qui est aussi le Régent de l’heure planétaire de nuit n°5.

1.3.3.2 Le cadran de l’Église Sainte-Catherine d’Oppenheim, Allemagne (Figure 1.9)

Ce cadran doit dater du XV^e ou XVI^e siècle, époque de renouveau de l’astrologie en Europe (on peut noter que le style est droit et non polaire). On peut voir sur la figure 1.9, les 7 arcs de déclinaison habituels, avec en plus en haut une huitième ligne permettant d’obtenir 7 rangées, une pour chaque jour de la semaine. On peut lire dans la colonne de gauche, le jour de la semaine représenté par sa planète (de haut en bas) : Soleil, Lune, Mercure, Mars, Jupiter, Vénus, Saturne.

Les heures planétaires sont numérotées en chiffres arabes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Elles sont assimilées aux heures temporaires numérotées au-dessous en chiffres romains, VIII, IX, X, XI, XII, I, II, III.

Pour un jour de la semaine donnée, à une heure donnée, on lit le Régent de l’heure dans la rangée correspondant au jour et dans la colonne où se trouve l’ombre du style.

Exemple :

Supposons que l’on soit dimanche, dans la 10^e heure temporaire de jour.

Sur le cadran d’Oppenheim, la case correspondante est celle qui se trouve en haut à droite où figure le symbole de Mercure.

Or, le dimanche, le Soleil est Régent de la 1^{re} heure, Vénus Régent de la 2^e heure, Mercure Régent de la 3^e heure ...et c’est bien Mercure qui est Régent de la 10^e heure.

³L’historien Grec Dion Cassius (vers 155-235 après J.C) explique l’ordre des jours de la semaine par les rituels pratiqués dans les temples égyptiens

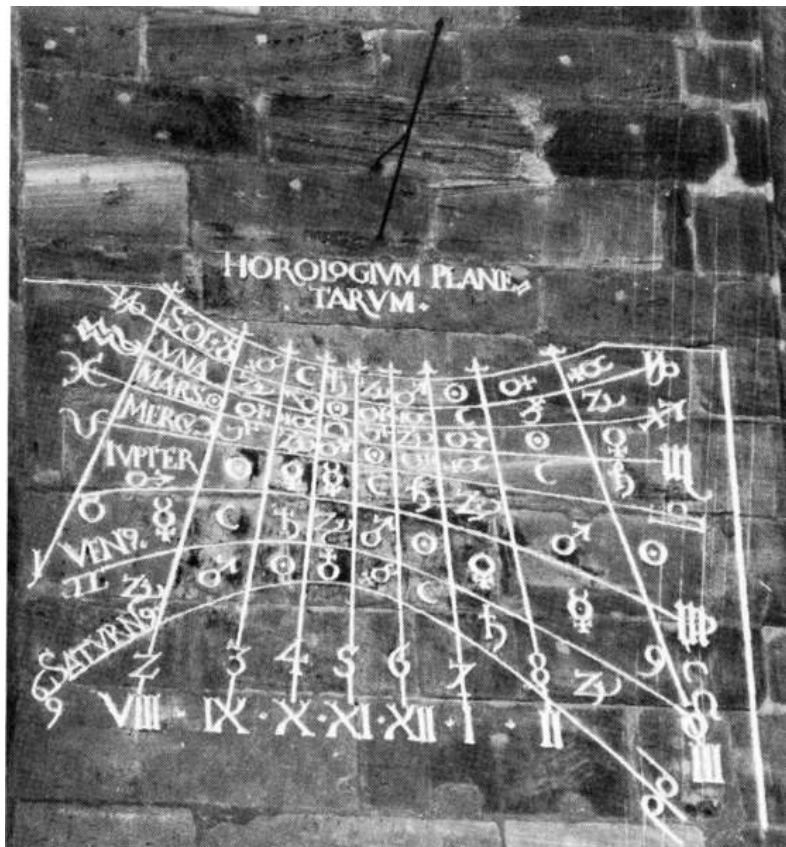


FIG. 1.9 – Cadran de l'Église Sainte Catherine d'Oppenheim (Allemagne).

1.3.4 Les véritables heures planétaires

1.3.4.1 Heures temporaires-Heures planétaires

La question intéressante en gnomonique est de savoir comment diviser un jour en douze heures planétaires, selon la bonne doctrine. La plupart des cadrans solaires qui portent les symboles des planètes s'accommodent, comme celui d'Oppenheim, des heures temporaires, ce qui est une facilité regrettable, car il existe une différence considérable entre les deux systèmes.

1.3.4.2 Retour aux sources

La conception des véritables heures planétaires se révèle plus subtile. Il semble qu'elle était complètement sortie des esprits des gnomonistes jusqu'à ce que Joseph Drecker [63] ne la remette en mémoire dans son ouvrage de 1925 dont la bibliographie fait référence à des astronomes-astrologues du XVI^e siècle. Un gnomoniste belge, Léon Thiran [170], a présenté il y a quelques années un commentaire de Joseph Drecker assez connu des gnomonistes mais qui n'a malheureusement pas été publié. Enfin, le gnomoniste hollandais, Fer J. de Vries, dans son logiciel ZONWLAK ZW2000 [54], procure les éléments nécessaires au calcul et au tracé des heures planétaires, ainsi que des autres composantes d'un cadran astrologique. C'est auprès de ces auteurs que nous avons puisé les informations utilisées dans cette étude.

1.3.4.3 Les heures planétaires

Les heures planétaires sont des durées, comme les heures temporaires ; elles aussi sont des fractions du jour solaire et elles sont mesurées en temps solaire vrai. Chaque jour (date), il existe douze heures planétaires de jour et douze heures planétaires de nuit. Sur un cadran solaire ces dernières ne peuvent figurer, mais il est possible de les tracer sur un tympan d'astrolabe où les positions d'étoiles renseignent sur les positions nocturnes du Soleil. A l'instar des heures temporaires, douze heures planétaires sont limitées par treize lignes frontières, dont la première est confondue avec l'horizon côté Est et la dernière avec l'horizon côté Ouest. Mais ces lignes ne sont pas numérotées de 1 à 13 ; en effet, tout comme pour les heures temporaires, chaque ligne indique que l'heure qui porte le même numéro vient de s'achever. La première ligne est donc, virtuellement, numérotée zéro ; elle pourrait, aussi bien, être numérotée 12 puisque son franchissement marque la fin de la douzième heure de nuit. Quant à la dernière heure, elle porte, logiquement, le chiffre 12, puisque son franchissement marque la fin de la douzième heure planétaire de jour et l'entrée dans la première heure planétaire de nuit.

Cette façon de numéroté 12 la frontière entre le jour et la nuit et de ne pas numéroté la frontière entre la nuit et le jour est traditionnelle : elle évite à la fois le zéro et la répétition du chiffre 12. Les heures planétaires se réfèrent à l'écliptique et non à l'équateur céleste. Elles sont inégales entre elles, non seulement au fil des jours et des mois, mais encore pour une seule et même journée. Une heure planétaire correspond au temps qui s'écoule entre les levers de deux points de l'écliptique distants l'un de l'autre de 15 degrés.

Soit un jour J, quelconque parmi les 365 jours d'une année. Le Soleil se lève en un instant T. En même temps que se lève le Soleil, se lève aussi un certain degré de l'écliptique qu'on appelle

l'ascendant, soit A. Cet instant est le début de l'heure planétaire N°1, exprimé en temps solaire. L'écliptique continue à tourner (mouvement apparent) et arrive un autre instant où se lève un de ses degrés qui vaut : $A+15^\circ$. La première heure planétaire est achevée et la deuxième planétaire vient de commencer et ainsi de suite. Les heures planétaires, n'ont donc rien à voir avec les mouvements ou les positions des 7 planètes anciennes ; si elles sont appelées ainsi, c'est parce qu'elles sont censées déterminer les durées pendant lesquelles telle ou telle planète exerce son influence sur les destinées des humains.

1.3.4.4 Méthode de calcul

Tracer les lignes des heures planétaires consiste donc à calculer les angles horaires vrais du Soleil lorsque se lèvent des successions régulières d'arcs de 15 degrés d'écliptique.

Voici la procédure exposée par Fer de Vries pour un jour donné. Calculer successivement :

1. DEC : la déclinaison du Soleil, à midi le jour concerné.
2. RA : l'ascension droite du Soleil $RA = \arcsin(\tan(DEC)/\tan(23,44))$
3. LS : la longitude écliptique du Soleil $LS = \arcsin(\sin(DEC)/\sin(23,44))$
4. LE : la longitude des 12 ascendants $LE = LS+(U*15^\circ)$ avec $U = 1, 2, 3, \text{ etc.}$ (heures planétaires)
5. DE : la déclinaison des 12 ascendants $DE = \arcsin(\sin(LE)*\sin(23,44))$
6. RE : l'ascension droite des 12 ascendants $RE = \arcsin(\tan(DE)/\tan(23,44))$
7. T : le semi-arc diurne des 12 ascendants $T = \arcsin(-\tan(\phi)*\tan(DE))$ avec $\phi = \text{latitude}$
8. AH : l'angle horaire du Soleil pour les 12 ascendants $AH = -T-RA+RE$

Ensuite, positionner cet ascendant AH sur le cadran ou l'astrolabe par les procédés usuels, après avoir veillé, à chaque étape, à faire sortir les résultats dans les bons quadrants.

1.3.5 Tympan d'astrolabe, cadran horizontal et heures planétaires

A une heure solaire donnée, la position de l'écliptique est différente pour une même déclinaison du Soleil, croissante ou décroissante. Pour cette raison une ligne d'heure planétaire comprend deux portions : une en déclinaison du Soleil croissante du 21 décembre au 21 juin, l'autre en déclinaison décroissante du 21 juin au 21 décembre.

1.3.5.1 Un tympan d'astrolabe détaillé

Pour une meilleure compréhension nous avons d'abord reproduit sur deux tympan différents (Figure 1.10) les lignes d'heures planétaires : l'un pour une date comprise entre le solstice d'été et le solstice d'hiver, l'autre pour une date comprise entre solstice d'hiver et solstice d'été. Sur chaque tympan on peut observer l'allure sinueuse de la portion de ligne d'heure planétaire allant d'un tropique à l'autre.

Sur le tympan complet une ligne d'heure planétaire sera la ligne fermée formée des deux portions de courbes.

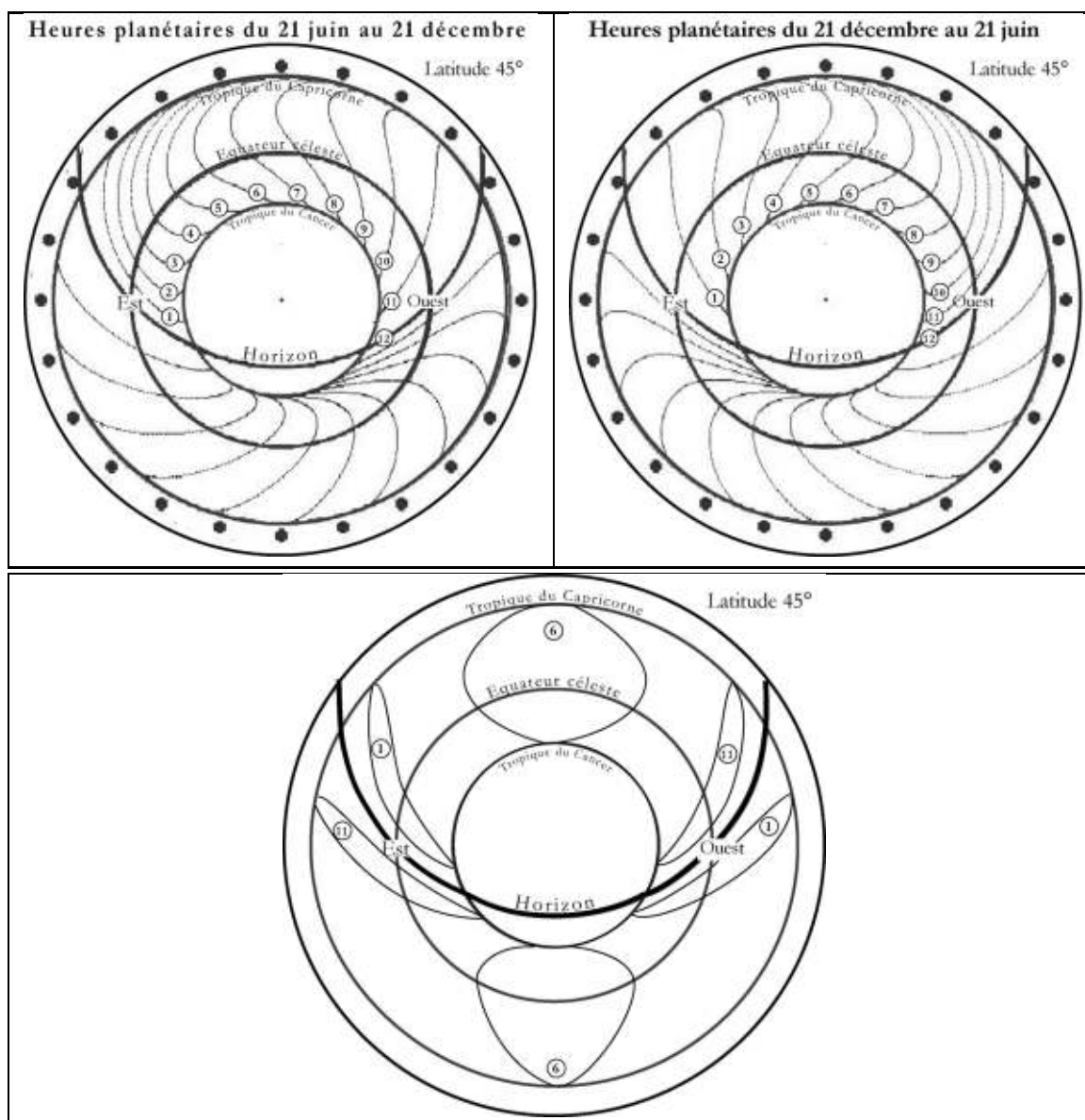


FIG. 1.10 – Tympan d’astrolabe avec les heures planétaires.

En haut l’astrolabe est dissocié en deux ; seules les heures de jour sont numérotées. En bas, l’astrolabe est complet ; seules les heures planétaires de jour et de nuit 1, 6, 11 sont représentées.

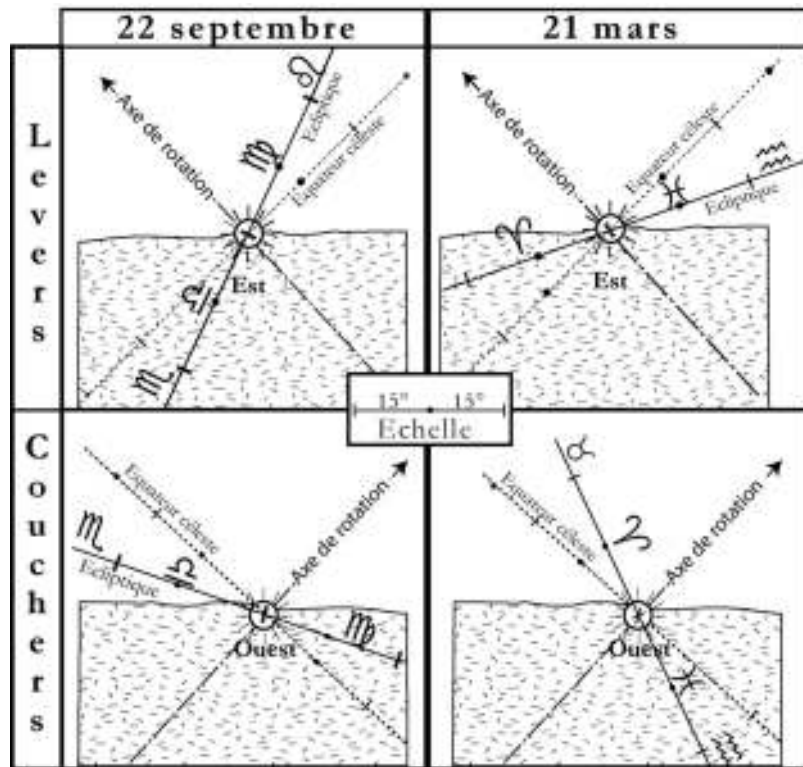


FIG. 1.11 – Levers et couchers de Soleil aux équinoxes

1.3.5.2 Interprétation physique

Aux solstices On observe évidemment que les heures planétaires sur le Tropique du Cancer et sur le Tropique du Capricorne (21 juin et 21 décembre) ont des valeurs égales sur les deux tympans.

Aux équinoxes Aux équinoxes les valeurs des heures planétaires sont lues à l'intersection des lignes 1, 2, 3, ...12 et de l'équateur. Pour le 22 septembre nous les lirons donc sur le tympan « 21 juin-21 décembre », pour le 21 mars sur le tympan « 21 décembre-21 juin ». Nous nous intéresserons d'abord à l'équinoxe d'automne, le 22 septembre. Nous constatons que les premiers points 1, 2, 3 sont resserrés et les derniers 9, 10, 11, 12 distants, ce qui signifie qu'exprimées en heures solaires vraies les premières heures planétaires de jour (le matin) sont brèves, les dernières (le soir) sont longues. Ce résultat se comprend aisément à l'aide de la Figure 1.11 qui montre le lever et le coucher de Soleil le 22 septembre. Au lever du Soleil, l'écliptique forme un angle important avec l'horizon et les premières heures planétaires seront brèves, au coucher l'écliptique forme un angle faible avec l'horizon et les dernières heures planétaires seront longues. Pour l'équinoxe de printemps, le 21 mars, les mêmes observations montrent que les premières heures planétaires sont longues, les dernières sont brèves.

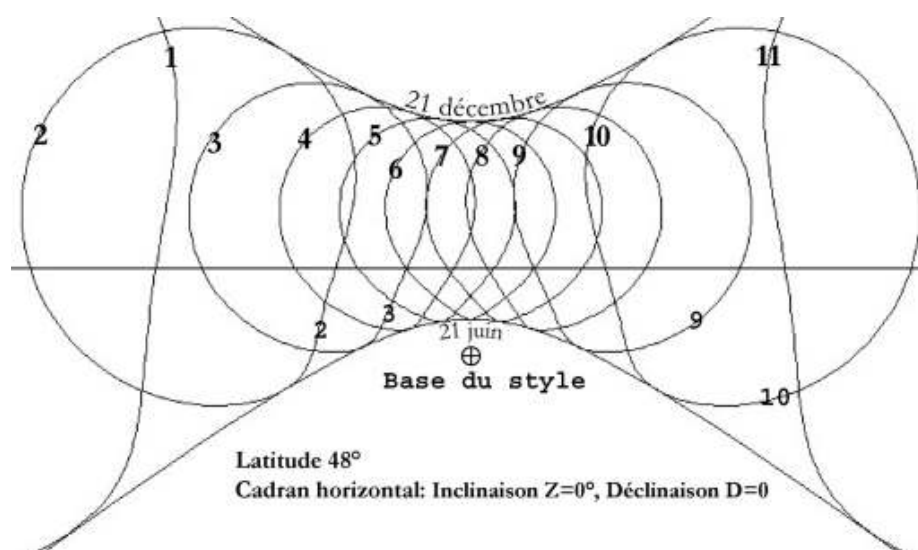


FIG. 1.12 – Cadran horizontal tracé avec Zonwlak de Fer de Vries.

1.3.5.3 Un cadran solaire horizontal tracé avec Zonwlak de Fer de Vries

Pour inciter nos lecteurs à se familiariser avec les heures planétaires et à utiliser le logiciel Zonwlak disponible sur internet [54], nous donnons sur la figure 1.12 un cadran horizontal avec ses heures planétaires.

Conclusion

Il n'est pas question de prôner l'astrologie, surtout sous son aspect prédictif et mercantile, mais cette division du jour, utilitaire et arbitraire comme toutes les divisions du jour, ne manque pas d'intérêt en ceci qu'elle considère le parcours « naturel » du Soleil le long de l'écliptique, alors que les autres systèmes se réfèrent à l'équateur ou même, simplement, à un arc journalier du Soleil. Pour un astrologue le « domicile » du Soleil est l'écliptique. L'astrologie si elle a provoqué et provoque encore bien des errances a participé à ses débuts aux progrès de l'astronomie et est, à ce titre, intéressante dans l'histoire des idées.

Voici ce qu'écrivait Guillaume Bigourdan, membre de l'Académie des Sciences, en 1911.

« Les pronostics concernant la durée de la vie étaient fondés sur la longueur des arcs du zodiaque en temps, autrement dit sur la vitesse dont ils sont animés par suite du mouvement diurne. Un problème fondamental était celui des ascensions des signes du zodiaque, et pour connaître les durées de ces ascensions, il fallait projeter les arcs d'écliptique sur l'équateur : les durées d'ascension étaient dans les mêmes rapports que ces projections. On le voit les astronomes babyloniens avaient à résoudre le même problème que les astronomes d'aujourd'hui quand ils transforment les longitudes célestes (ou degrés d'ascension oblique) en arcs de l'équateur (ou



FIG. 1.13 – La place des Herbes et la tour de l’horloge de Mantoue (Vue vers le sud).

d’ascension droite); ... d’autres exemples pourraient montrer encore la profonde influence de l’astrologie sur le progrès de l’astronomie».

1.3.6 L’horloge de Mantoue

1.3.6.1 L’histoire

La « Piazza delle Erbe » (Place des Herbes), au centre de Mantoue est avec le « Palazzo della Ragione » et la « Torre dell’Orologio » un des lieux les plus pittoresques de Mantoue. La figure 1.13 montre la masse imposante du Palais de la Région qui fut construit vers 1250. A droite du Palais se trouve la Tour de l’Horloge achevée en 1473 par Luca Fancelli.

Giovanni Manfredi dit « Giovanni dell’orologio », constructeur de la première horloge publique de Mantoue en 1396 eut 4 fils qui poursuivirent la tradition horlogère de leur père, en particulier son fils aîné Bartoloméo. En 1474, un an après la fin des travaux, il est nommé « moderatore dell’orologio » avec un salaire mensuel de 20 livres mantovannes et l’exemption d’impôts. A sa mort en 1478, il laisse à ses fils un important héritage et le titre héréditaire de « tempore dell’orologio ».

Pendant plus d’un siècle l’horloge fut régulièrement entretenue. Mais en 1722, l’horloge était entièrement détériorée et le cadran de 4,80 m enlevé. Une photographie de Ungerer [176] des années 1930 la montre dans un piteux état : l’ancien cadran astrolabique a été remplacé par un simple cadran horaire avec l’aiguille des heures et l’aiguille des minutes. En 1992 Alberto Gorla la restaure et lui redonne tout l’éclat de ses premières années [92].

1.3.6.2 La création de l’horloge

Dans une lettre du 29 juin 1473 [92], Manfredi décrit ainsi son œuvre au marquis Ludovico II Gonzaga (1412-1478).

« A l'illustre Prince et Excellent Seigneur, à mon Maître exceptionnel.

Pour satisfaire la promesse et le désir de Votre Seigneurie, avec beaucoup de sollicitude, j'ai enfin achevé la façade de l'horloge qui marque les heures ordinaires, les heures des astrologues et celles des planètes, l'accroissement et la diminution des jours, la marche du Soleil à travers les signes du zodiaque. Elle indique aussi de jour en jour et d'heure en heure le mouvement de la Lune et ses phases telles qu'on les voit dans le ciel, et son âge, et si elle se trouve au-dessus ou au-dessous de la terre. De plus on voit dans quel signe elle naît en Orient ou bien se baisse en Occident et comment elle est à midi et à minuit avec ses conjonctions et ses oppositions et ses quadratures, avec les jours critiques qu'il est utile de connaître. On peut y voir les temps propices pour les saignées, pour administrer les remèdes, pour faire des opérations chirurgicales, pour couper les habits et pour les endosser, pour les travaux des champs et pour les voyages. »

Mantoue, l'avant dernier jour de juin 1473. Archivio di Stato di Mantova, Archivio Gonzaga, busta 2416, c. 16^r d'après [92].

1.3.6.3 L'horloge et l'astrologie

En 1547, Pietro Adamo de' Michelli publia une description d'une quarantaine de pages de cette horloge avec une reproduction du cadran « della dichiarazione de l'horologio di Mantova, seconda & nuova Editione, Illustra & abbellita in chio che prima era meno bella & oscura ».

Pietro Adamo donne de nombreux exemples de l'intérêt de l'horloge pour diverses activités humaines allant de l'agriculture à l'artisanat, du commerce à la médecine. Il explique ainsi par exemple comment trouver le voleur et son butin en se fondant sur l'autorité de Haly Halbohazen, qui écrivit sur le sujet au chapitre 34 (In latrone et furto) dans le Liber in iudiciis stellarum :

« Haly dit que suivant que le Soleil est dans un signe oriental, occidental, méridional ou septentrional, ainsi la maison du voleur sera orientée vers l'orient, l'occident, le sud ou le nord ; et que suivant le signe dans lequel se trouve la Lune, ainsi la porte du voleur se trouvera orientée vers ce signe ; et que suivant si la Lune est petite ou grande (en croissant ou gibbeuse), de même la porte sera petite ou grande⁴. »

1.3.6.4 Description du cadran

On remarque sur la photographie de gauche de la figure 1.15, que le cercle extérieur du cadran est divisé en 24 heures, et que le chiffre 24 est placé à droite du centre. Ce cadran permet de lire les heures italiques, c'est-à-dire le nombre d'heures écoulées depuis le coucher du Soleil.

Le cadran de l'horloge astronomique de Prague a été mis à côté de celui de Mantoue pour montrer que les heures italiques furent utilisées aussi dans toute l'Europe Centrale. Sur le cadran

⁴« Dice Haly che secundo ch'el Sole è in signo orientale, occidentale, meridionale o setentrionale, cosi la casa del latro è verso oriente, occidente, mezodi o setentrione, guardando dal loco dove è fatto el furto. Et cosi, secundo el signo nel qual è la Luna, cosi a quella parte guarda la porta del latro, et secundo che la Luna è grande o piccola, cioè piena o vata, cosi la porta è grande o piccola. »



FIG. 1.14 – Frontispice de la deuxième édition de l'ouvrage de Pietro Adamo de' Michelli, 1547.

Biblioteca comunale di Mantova (d'après [92])

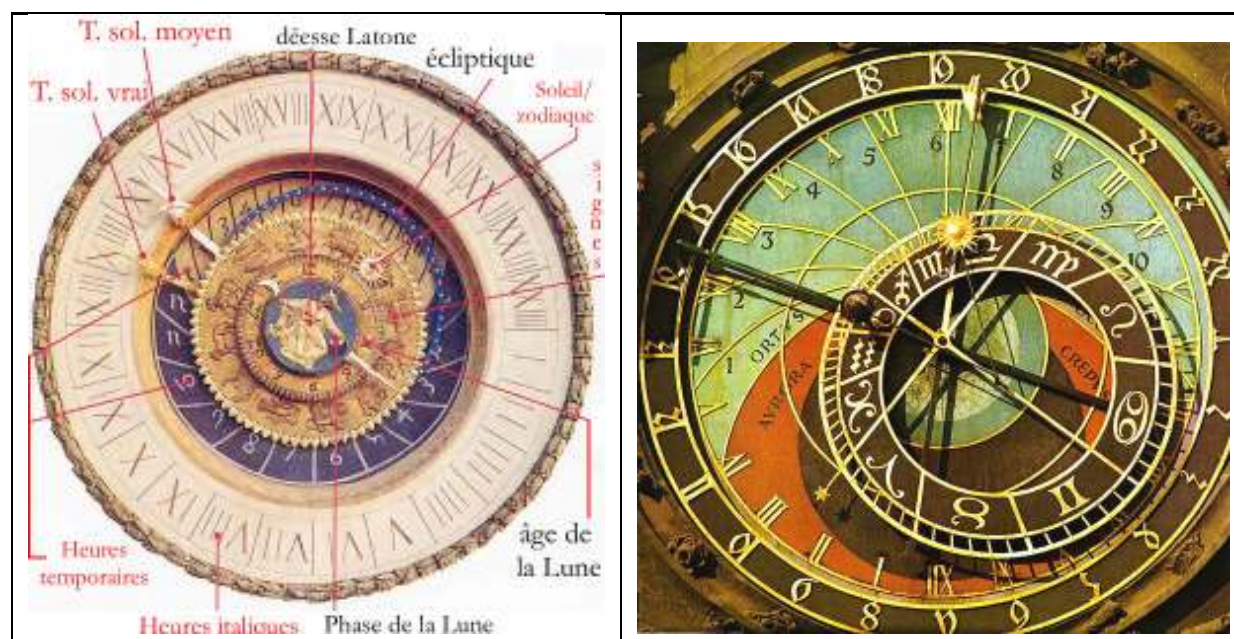


FIG. 1.15 – Les cadrans des horloges de Mantoue et de Prague (Clichés A. Gorla et J. Theubet).

de Prague [87], ce cercle pouvait accomplir (autrefois automatiquement, aujourd’hui manuellement) une rotation d’amplitude environ 60° permettant à la graduation 24 du cadran extérieur de correspondre avec les heures IV et VIII du cadran d’heure solaire. L’heure IV correspondant à l’heure du coucher du Soleil le 21 décembre, l’heure IX à l’heure du coucher du Soleil le 21 juin.

Sur les notices locales se rapportant à Mantoue on voit les heures temporaires appelées abusivement « Heures planétaires » [92].

1.4 L’horloge de Stralsund (Allemagne du Nord)

1.4.1 La Hanse

Au XIII^e siècle [74] un commerce très important (fourrures, bois, poissons, ambre, métaux en échange de sel, grains, draps, vins) se développe au nord de l’Europe le long de l’axe Novgorod-Riga-Lübeck-Brugges-Londres-La Rochelle. Au sud de la Mer Baltique se construisirent les horloges astronomiques de Stralsund (1394), Bad Doberan (1390), Gdansk (1470), Hamburg (1382), Lünd (1380), Lübeck (1405), Stendal (1580 environ), Rostock (1379), Münster (1408), Wismar (1435). En 1234, Stralsund reçut les mêmes droits et libertés que Rostock et en 1294, elle entre dans la Hanse avec Lübeck, Wismar, Rostock et Greifswald. La ville connut alors un développement rapide dont témoignent les trois églises gothiques Sainte-Marie, Saint-Nicolas et Saint-Jacob. L’église paroissiale Saint-Nicolas, la plus vieille de la ville, est dédiée au saint patron des marins et cache derrière l’autel une des plus vieilles horloges astronomiques d’Europe [61].

1.4. L'HORLOGE DE STRALSUND (ALLEMAGNE DU NORD)



FIG. 1.16 – Les villes de la Hanse au XIV^e siècle.

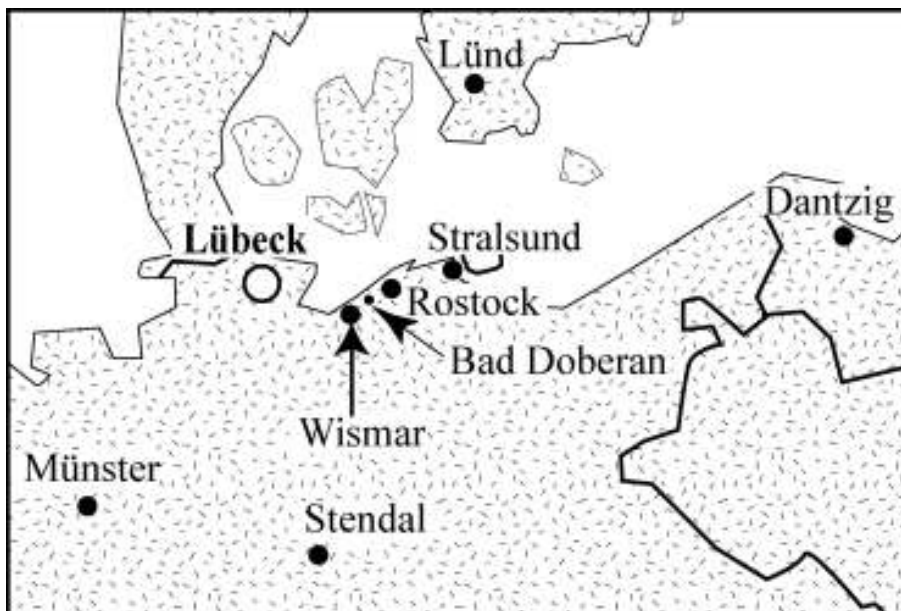


FIG. 1.17 – Les horloges astronomiques du pourtour de la mer Baltique.



FIG. 1.18 – Stralsund : la dédicace de l’horloge.

1.4.2 Le bahut de l’horloge

Encore en bon état le bahut de bois possède un cadran astrolabique à 3 mètres du sol, protégé sur sa partie basse par une grille derrière laquelle aurait dû se trouver la roue du calendrier, comme à Rostock, Münster et Lünd. A mi-hauteur, entre cette grille et le cadran astrolabique, l’horloge porte la date de son achèvement :

ANNO D(OMI)NI M CCC XC IIII IN DIE S(AN)CT(I) NICOLAI CO(M)PLETU(M)
EST OP(US) P(ER) NICOLAU(M) LILLIENVELT ORATE P(RO) F(AC)TORIB(US)
ET LARGITORIBUS Q(UI) C(UM) DILI(G)ENCIA CO(M)PLER(U)NT

En l’année 1394, le jour de la saint Nicolas, fut achevé l’ouvrage de Nicolaus Lillienveld. Priez pour ses auteurs et ses généreux fondateurs qui l’ont fait avec zèle.

Ainsi à partir du 6 décembre 1394 elle put être admirée par les fidèles de l’Église, mais l’ensemble de son histoire reste mal connu. On pense seulement qu’elle subit de sévères dommages le 10 avril 1525, lors du saccage des Églises de Stralsund, et qu’elle ne fonctionne plus depuis cette date. Les peintures du cadran et du bahut furent refaites avec soin à l’occasion du sixième centenaire de l’horloge.

1.4.3 Le cadran astrolabique

- Il comprend successivement en allant de l’extérieur vers l’intérieur (Figure 1.19)
- 24 chiffres romains gothiques à 2 fois 12 heures avec points repérant les demi-heures
 - une couronne de 72 points repérant pour chaque heure, 10, 20, 30, 40, 50 minutes
 - 24 divisions pour la rose des vents avec indications ; à gauche : oriens (est), en haut meridies (midi ou sud), à droite : occidens (ouest), en bas septentrio (nord)

1.4. L'HORLOGE DE STRALSUND (ALLEMAGNE DU NORD)



FIG. 1.19 – Stralsund : l'ensemble de l'horloge astronomique et son astrolabe.

- le tympan central calculé pour la ville de Stralsund, en projection stéréographique de pôle Nord, avec vue du Nord.

Les quatre types de projections stéréographiques (Figure 1.20)

Les astrolabes manuels sont toujours du type de projection pôle Sud, l'observateur étant au pôle Nord. Telles sont aussi les horloges astrolabiques de Lyon, Oslo...

On rencontre les autres types de projection sur certaines horloges astronomiques.

Projection de pôle Nord, observateur étant au pôle Nord : horloges de Stralsund, Prague, Lünd

Projection de pôle Sud, observateur étant au pôle Sud : horloge de Münster (ainsi l'aiguille du Soleil tourne en sens anti-horaire pour son mouvement diurne !). C'est aussi le type de projection utilisé dans les cartes du ciel comme le montre la figure 1.21.

L'araignée de l'astrolabe est réduite au cercle écliptique. Une aiguille solaire et une aiguille lunaire permettaient de connaître la position de ces astres sur l'écliptique. L'aiguille lunaire est composée d'un tube qui permettait de transmettre à son extrémité une rotation à une sphère moitié claire moitié sombre pour représenter les phases de la Lune.

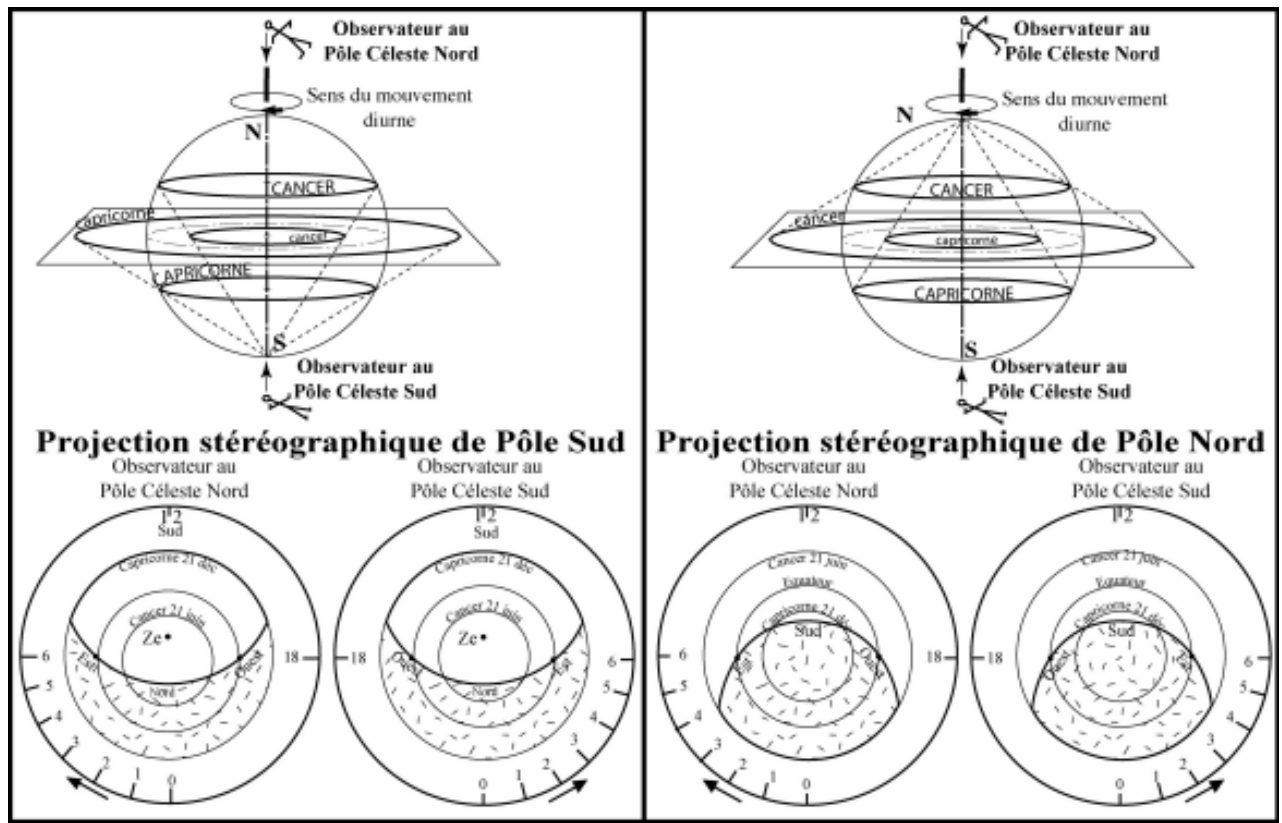


FIG. 1.20 – Les 4 types de projections astrolabiques.

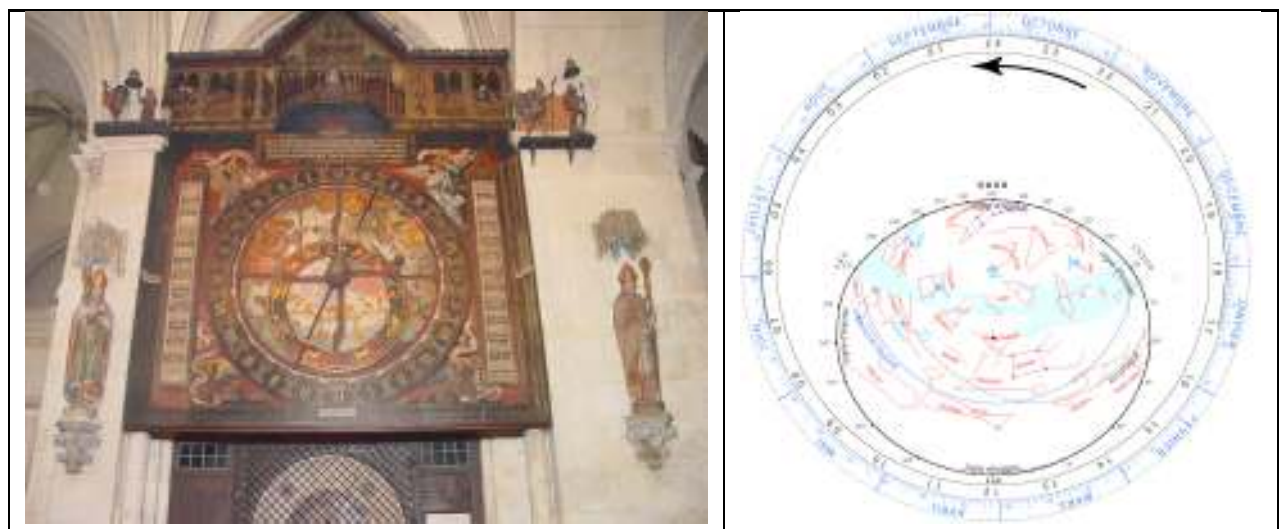


FIG. 1.21 – Astrolabe de l'horloge de Münster et carte du ciel.

1.4. L'HORLOGE DE STRALSUND (ALLEMAGNE DU NORD)



FIG. 1.22 – Stralsund : les quatre astrologues du cadran astrolabique.

1.4.4 Les textes des phylactères

1.4.4.1 Les 4 astrologues

Les quatre « astrologues-astronomes » représentés dans les angles sont accompagnés de sentences. La présence de personnages est habituelle dans ces horloges astronomiques du Nord de l'Europe, comme le montre le tableau ci-dessous.

		État actuel	En haut à g.	En haut à d.	En bas à d.	En bas à g.
Rostock	1379	restaurée 1650	Ange / Mathieu	Aigle / Jean	Taureau / Marc	Lion / Luc
Bad Doberan	1390	reste le cadran	Ptolémée	Alphonse X	Albumasar	Hali
Stralsund	1394	reste le cadran	Ptolémée	Alphonse X	Albumasar	Hali
Lübeck	1405	détruite 1942	Ptolémée	Platon	Albumasar	Aristote
Münster	1408	restaurée 1550	Aigle	Ange	Lion	Taureau
Lünd	1410	refaite 1923	astronome couronné	astronome couronné	astronome chapeau pointu	astronome turban
Stendal	1410		astrologue	astrologue	astrologue	astrologue
Wismar	1435	détruite 1945	tête d'un vent	t. vent	t. vent	t. vent
Gdansk	1470	détruite 1945				

A Stralsund, on peut voir comme le montre la figure 1.22 : Ptolémée, Alphonse X de Castille, Hali, Albumasar.

Claude Ptolémée (83-161) : astronome et géographe grec qui vécut à Alexandrie. Son ouvrage principal « Syntaxe mathématique » (appelé par les Arabes « Almageste », la grande œuvre) contient une explication claire du système du monde dans un repère géocentrique (mouvement du Soleil, de la Lune et des 5 planètes visibles à l'œil nu avec la Terre fixe). Soit en raison de son importance, soit parce qu'il aurait été confondu avec les pharaons égyptiens, il est représenté fréquemment avec une couronne royale.

Alphonse X (1226-1284) : roi de Léon et de Castille protecteur des Arts et des Sciences. C'est sous son règne que furent écrites par une cinquantaine de savants juifs, chrétiens et musulmans les Tables Alphonsines (1248-1252), tables donnant les mouvements des planètes d'après le système de Ptolémée. Ces Tables furent diffusées sous forme de manuscrits dans toute l'Europe puis elles furent imprimées dès 1483 et rééditées de nombreuses fois avant la parution des Tables Rodolphines de Kepler en 1627.

Albumasar (« Abu-l-Ma'shar ») : il serait né à Balkh en Afganistan vers 776 et mort à Wasith près de Bagdad en 886 !. Auteur de divers traités d'astrologie de peu de valeur, sa réputation fut pourtant très importante parmi ses contemporains. Il est connu pour sa théorie du monde dont la création aurait eu lieu lorsque les sept planètes étaient en conjonction à la longitude 0° du Bélier, et dont la fin aura lieu lorsque les planètes seront en conjonction à la longitude 30° des Poissons !

Abenrodano (Ali Ibn Ridwan « Abu-l-Hasan 'Ali ibn Ridwan ») : né en Égypte vers 988 mort en 1061 ou 1067. Il étudia la médecine et la philosophie puis dut pour gagner sa vie se consacrer à l'astrologie. Il est connu pour ses commentaires des œuvres de Galien, Hippocrate et des livres astrologiques de Ptolémée.

Les traductions des phylactères :

1. En haut à gauche avec Ptolémée

INFERIORA REGUNTUR A SUPERIORIBUS

Les choses inférieures sont régies par les choses supérieures⁵.

2. En bas à gauche avec Hali

DIES EST ELEVATIO SOLIS SUPER ORIZONTEM

Le jour est l'élévation du Soleil au-dessus de l'horizon.

3. En haut à droite avec Alphonse de Castille

MOTUS SOLIS ET PLANETARUM IN OBLIQUO CIRCULO

Le mouvement du Soleil et des planètes a lieu sur un cercle oblique

4. En bas à droite avec Albumasar

SAPIENS VIR DOMINABITUR ASTRIS

L'homme sage dominera les étoiles⁶

⁵C'est à dire : la Terre est régie par le Ciel.

⁶Remarque : le verbe dominor est déponent c'est-à-dire de forme passive et de sens actif



FIG. 1.23 – Stralsund : les deux personnages encadrant le bas de l'horloge.

1.4.4.2 Les deux personnages de part et d'autre de la grille

De part et d'autre de la grille, en bas, deux personnages représentant le matin et le soir de la vie actionnent une porte ; celui de gauche l'ouvre, celui de droite la referme.

1. Figure en bas à gauche

POST DEUM OMNIUM VIVENCIUM VITA SOL ET LUNA
Après Dieu, le Soleil et la Lune donnent la vie aux êtres vivants

2. Figure en bas à droite

MATUTINAE IMMENSA MUNERA SED SEPE MALE FINIUNT.
Les jours nous offrent d'immenses dons le matin, mais finissent souvent mal

1.4.4.3 Le clin d'œil des artisans

A la fin du Moyen Age, on ne manquait ni de science dans la découverte des astres et des mécanismes imitant leurs mouvements, ni d'esprit humoriste comme le montre la figure 1.24 du maître horloger observant les passants qui contemplent son œuvre.



FIG. 1.24 – Stralsund : l’horloger à sa fenêtre.

1.5 L’horloge astronomique de l’Hôtel de Ville de Prague

Des textes prouvent l’existence d’une horloge publique à Prague vers 1354, mais on ignore où celle-ci se trouvait ([182], page 138).

La tour que l’on voit sur la figure 1.25, haute de 70 m fut achevée en 1381 en même temps que l’Hôtel de Ville auquel elle est contigüe.

Pendant longtemps, on a cru que l’horloge qui est adossée au côté Sud, avait été construite en 1490 par le maître horloger Jan Hanus et son assistant Jakub Cech [179]. En fait, la première information relative à une horloge installée sur l’hôtel de ville remonte à 1381 ([176] page 234 et [87]), et l’horloge astronomique a été construite vers 1410 par le maître horloger Nikolaus von Kaadan en collaboration avec Jan Ondrejv appelé Sindel, professeur de mathématiques et d’astronomie à l’université Charles de Prague. En 1490, Hanus ne fit que remanier le mécanisme. Le cadran astrolabique existait dès l’origine et le cadran du calendrier fut ajouté vraisemblablement en 1490. A cette même époque, la façade fut richement décorée de sculptures en pierre dans le style gothique de Vladislav (l’équivalent du gothique flamboyant) par des artisans maçons et sculpteurs dirigés par Peter Parler.

L’horloge fut restaurée de nombreuses fois (en 1552, 1659, 1787, 1864) et finalement reconstruite en 1948 après la destruction de l’hôtel de ville dans les derniers jours de la Seconde Guerre mondiale.

1.5. L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE L'HÔTEL DE VILLE DE PRAGUE

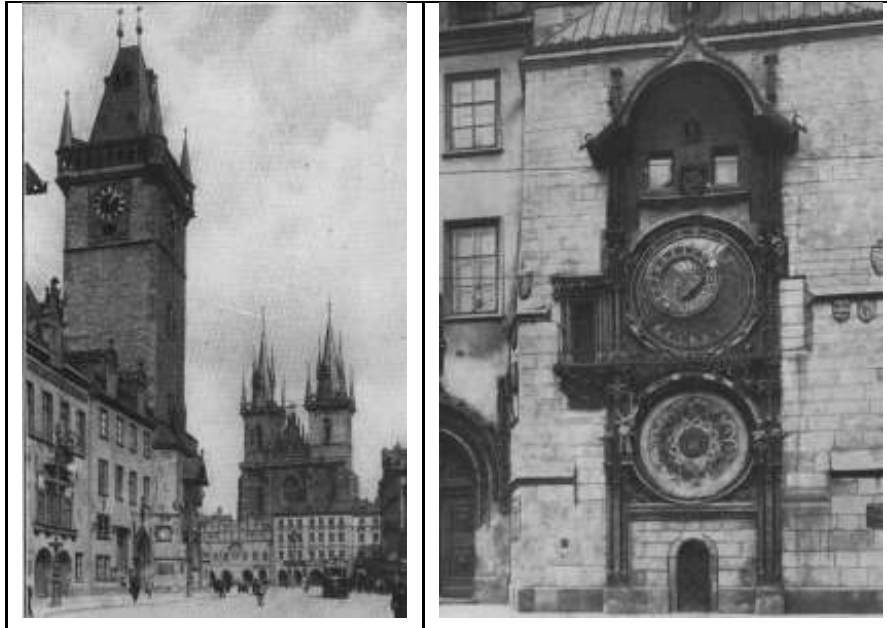


FIG. 1.25 – Prague : le beffroi de l'hôtel de ville et l'Horloge [174].

1.5.1 Le cadran astrolabique

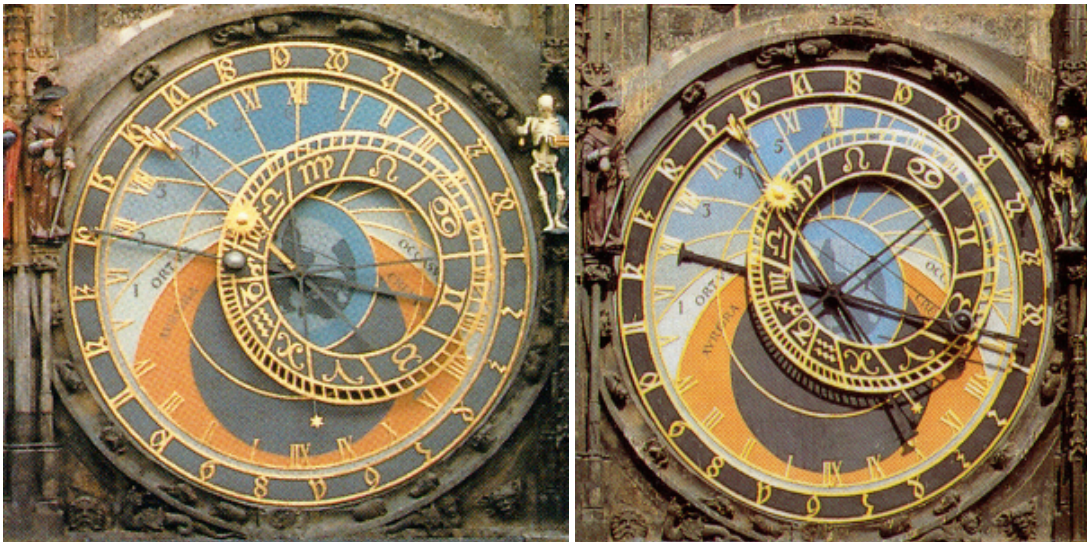


FIG. 1.26 – L'astrolabe de l'horloge astronomique de Prague.

L'aiguille portant le Soleil donne sur le cadran extérieur l'heure italique, sur le cadran intérieur, l'heure temporaire. L'aiguille portant l'étoile donne l'heure sidérale. L'aiguille portant la Lune donne sa phase (boule tournante), sa position sur le Zodiaque et son élongation par rapport au Soleil.

A gauche : 1^{er} nov., II h temporaire, 16h italique, 11h30 sidérale, dernier croissant de Lune.

A droite : 15 sept., IV h temporaire, 15h30 italique, 9h30 sidérale, 2 jours avant la Pleine Lune.

On peut d'abord remarquer que les heures reprennent les heures italiques, laissant penser que la technique vient aussi d'Italie [78].

L'astrolabe est du type projection stéréographique équatoriale de pôle Nord. Comme l'a montré Horsky dans son article [102], les cadrans des horloges astronomiques les plus anciennes en Europe sont de ce type : sur le pourtour de la mer Baltique, Lünd (1380), Stralsund (1394) et Doberan (1390 d'après [66]), Wismar (1435), Lübeck (1405), dans le chœur de la cathédrale de Chartres (1407), à Berne (1405 au plus tard 1467 d'après [46] page 34), à Bourges (1440). Horsky cite également les cadrans disparus de Villingen (1401) et de Francfort (1379-1384), construits d'après celui de Strasbourg (1354), ainsi que le cadran primitif de Stendal.

1.5.2 Le cadran inférieur

Sous le cadran astrolabique, le cadran inférieur représente un calendrier annuel de 365 jours. Un index pointe le quantième du mois, la lettre du jour de la semaine (de la lettre a à la lettre g), le nom du saint ou de la fête. Lors des années bissextiles, le disque reste immobile deux jours sur le 28 février. Autour sont peints douze petits médaillons représentant les signes du zodiaque puis douze grands médaillons représentant de façon allégorique les douze mois par des scènes de travaux des champs.

Le centre du cadran inférieur : les armoiries de Prague Le milieu de ce cadran est orné des armes de la ville de Prague. Ces armes représentent une porte d'enceinte à deux vantaux, ouverte dans une muraille crénelée et surmontée de trois tours. Le dextrochère d'argent, armé d'une épée et sortant de la porte, ne fut concédé à Prague que par Ferdinand III, en récompense de la résistance opposée aux Suédois pendant la guerre de Trente ans. C'est pour cela que le blason de l'horloge antérieure à cette guerre (1618-1648) ne le comporte pas sous la herse à demi-levée.

Quelques remarques à propos de ce blason :

- Les armes d'origine étaient une muraille d'argent ouverte d'une porte ...
- Elle est devenue une muraille d'or par décision de l'empereur Frédéric III⁷
- L'empereur Ferdinand III⁸ y ajouta le dextrochère
- Le dextrochère a disparu sur certains blasons pour faire place au lion de Bohême dans l'ouverture de la porte. Sur ces blasons, la tour centrale est remplacée par un homme d'armes debout derrière les créneaux, portant au bras gauche un bouclier orné de l'aigle impériale et brandissant une bannière impériale.
- La devise d'origine était « PRAHA, CAPUT REGNI » et en 1926 lorsque furent redéfinies les armes de Prague, elle devient « PRAHA, MATKA MEST » c'est-à-dire « Prague, mère des cités ». Après la Seconde Guerre mondiale, elle est devenue « PRAHA, CAPUT REIPUBLICAE » (Figure 1.28 image 3).

⁷Frédéric III, né en 1415, empereur en 1440, mort en 1443.

⁸Ferdinand III : né en 1608, empereur en 1637, mort en 1657. C'est lui qui adopta la devise des Habsbourg : « Austriae est imperare orbi universo » dont les initiales sont parfois employées seules : A.E.I.O.U.

1.5. L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE L'HÔTEL DE VILLE DE PRAGUE

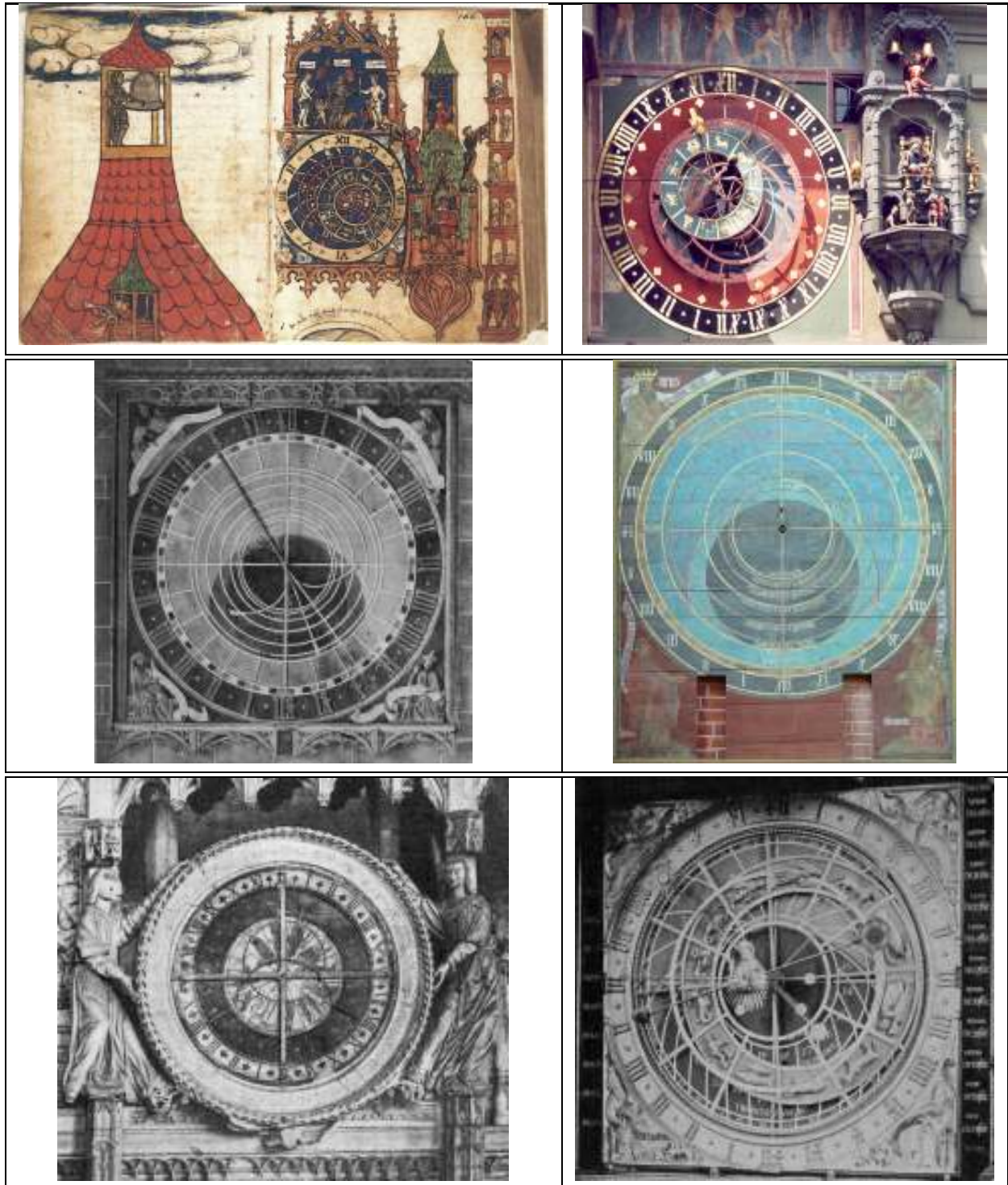


FIG. 1.27 – Cadrons en projection stéréographique de pôle Nord

De gauche à droite : Berne (dessin de 1537 et cliché 2003), Lünd (ancien cadran), Doberan, Chartres, Lübeck (ancien cadran). Clichés anciens d'après [192]



FIG. 1.28 – Armoiries de Prague.

1 :Horloge astronomique. 2 :Période impériale. 3 :Grandes armes modernes.

1.5.3 Les automates

Au XVII^e siècle furent ajoutées les automates latéraux, la Mort, l'Avarice, le Turc et la Jalousie qui bougent lorsque tinte la clochette du campanile. En 1865, on remplaça l'ancien échappement par un échappement Denison, du même type que celui installé dans Big-Ben en 1859. En 1882, on ajouta un coq qui sort et chante au-dessus des apôtres.

1.6 Horloges astronomiques médiévales en Europe

Nous avons classé suivant une typologie établie par Emmanuel Poulle [146] l'ensemble des horloges astronomiques que nous connaissons. (Figure 1.29 et légende figure 1.30).

1.6.1 Horloges astrolabiques

Nous avons précédemment évoqué les horloges astrolabiques dont nous avons donné de nombreux exemples. Sur ces astrolabes, le cercle écliptique (portant le zodiaque) est presque toujours tracé, et il est donc représenté excentriquement par rapport à l'axe des Pôles et au cercle de l'équateur.

La figure 1.31 met en parallèle l'astrolabe en projection Sud (Winterthur) et Nord (Augsbourg).

Certaines des horloges situées sur la carte ont disparu (Tours [114, 117], Francfort, Wismar, Osnabrück). D'autres ont été remplacées par de plus récentes (Strasbourg II, Lübeck Sainte-Marie, Stendal [71, 72]).

1.6.2 Horloge à zodiaque concentrique mobile

Nous donnons à la figure 1.32 les deux exemples de Padoue et de Hampton Court [97]

1.6.3 Horloge à zodiaque concentrique fixe

La figure 1.33 montre l'horloge de Mellingen dans le canton d'Argovie, en Suisse. Dans les anciens rouages de celle-ci figure l'année de réalisation, 1544, qui est aussi l'année de construction de la porte de la ville. Les horloges de Zoug, Schaffhouse, Sion ainsi que celle de Soleure lui ressemblent beaucoup.

1.6.4 Horloge avec seulement la Lune et le Soleil

C'est le cas des horloges astronomiques du Sud de l'Angleterre : Exeter, Ottery Saint-Mary et Wimborne. L'horloge d'Ottery, qui est montrée figure 1.34, est l'une des plus vieilles du royaume d'Angleterre (XIV^e siècle).

1.6.5 Horloges indiquant uniquement les phases de la Lune

1.6.5.1 Phases de la Lune indiquées grâce à un double demi-cercle.

Derrière le double demi-cercle, tourne un disque sur lequel sont peints deux cercles blancs ou jaunes. Ce disque accomplit un tour en deux lunaisons.

L'horloge à carillon de la cathédrale de Beauvais [45], datant du XIV^e siècle, illustre magnifiquement ce dispositif [26].

1.6.5.2 Phases de la Lune indiquées par une fenêtre circulaire

Derrière la fenêtre (Figure 1.37) tourne un disque sur lequel est peinte une tache noire en forme de cœur permettant de reproduire au mieux les différentes phases : croissants, quartiers et Lunes gibbeuses. Ce cercle accomplit un tour par lunaison. On peut aussi parfois lire le jour dans la lunaison. Ce type d'indication se trouvait sur l'horloge de l'église Saint-Pierre de Lübeck (Figure 1.36) et peut se voir aussi sur les horloges de Crémone [29, 118], Ochsenfurth, Rostock, Gdansk, Hampton Court [97], Wells [132] ...

1.6.5.3 Phases de la Lune indiquées par une boule tournante isolée

Cette boule à moitié dorée ou argentée sur un hémisphère, et noire sur l'autre. Le « Gros Horloge » de Rouen est pourvu d'un tel mécanisme (Figure 1.38).

Notre plan ne mentionne que pour mémoire cette horloge très célèbre de Rouen [140] mais l'Europe en compte bien d'autres (Fécamp, Hôtel de Ville de Lyon...). D'autre part de nombreuses horloges astrolabiques ou à zodiaque concentrique sont pourvues de cette Lune supplémentaire (Mellingen, Schaffhausen, Sion, Soleure, Zoug...)



FIG. 1.29 – Horloges astronomiques en Europe (d'après [146, 102]).

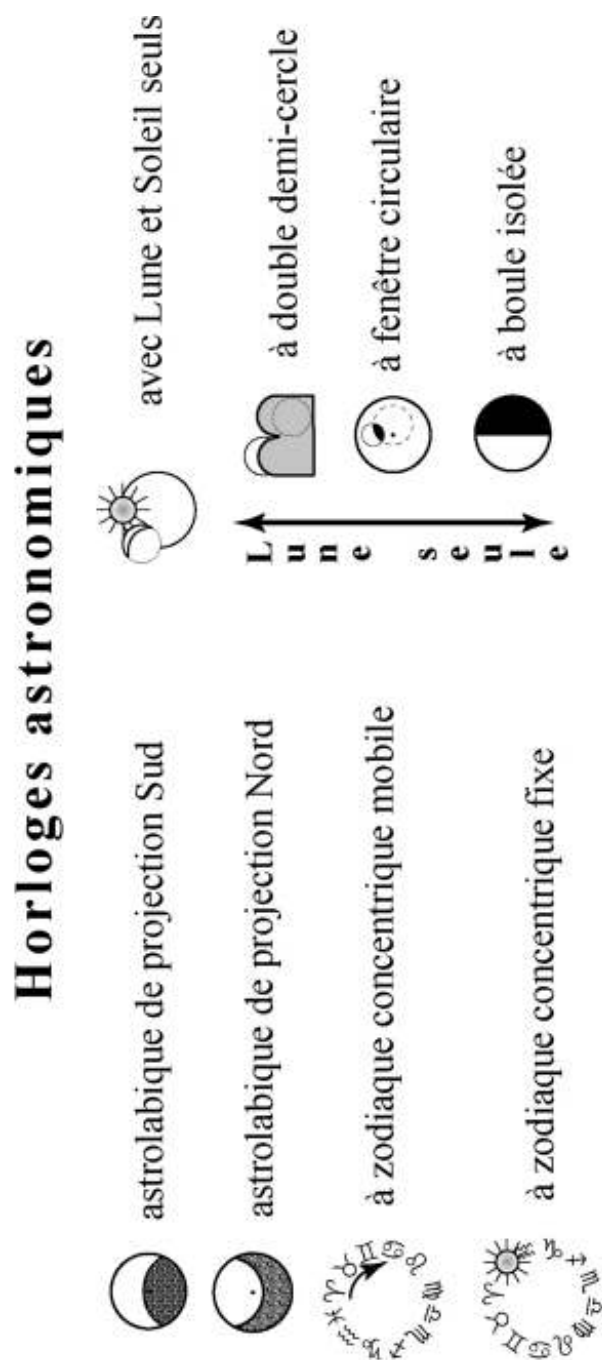


FIG. 1.30 – Légende de la carte des horloges astronomiques (Figure 1.29).

Les horloges des villes en caractères italiques ont disparu.



FIG. 1.31 – Astrolabe de l’horloge de Winterthur à gauche (Musée Lindengut de Winterthur [89]) et horloge d’Augsbourg à droite (gravure de la Bibliothèque de Munich [176]).

La figure de droite est extraite d’une description de l’horloger Tobie Klieber qui la réalisa en 1594. L’horloge présente une grande similitude avec celle de Strasbourg II et celle de Lyon. Elle fut enlevée de son emplacement dans la cathédrale et démolie en 1609 par l’évêque d’Augsbourg (d’après [176]).

1.6. HORLOGES ASTRONOMIQUES MÉDIÉVALES EN EUROPE



FIG. 1.32 – Horloge de Padoue et de Hampton Court : à zodiaque concentrique mobile.



FIG. 1.33 – Horloge de Mellingin (Suisse) : à zodiaque concentrique fixe.

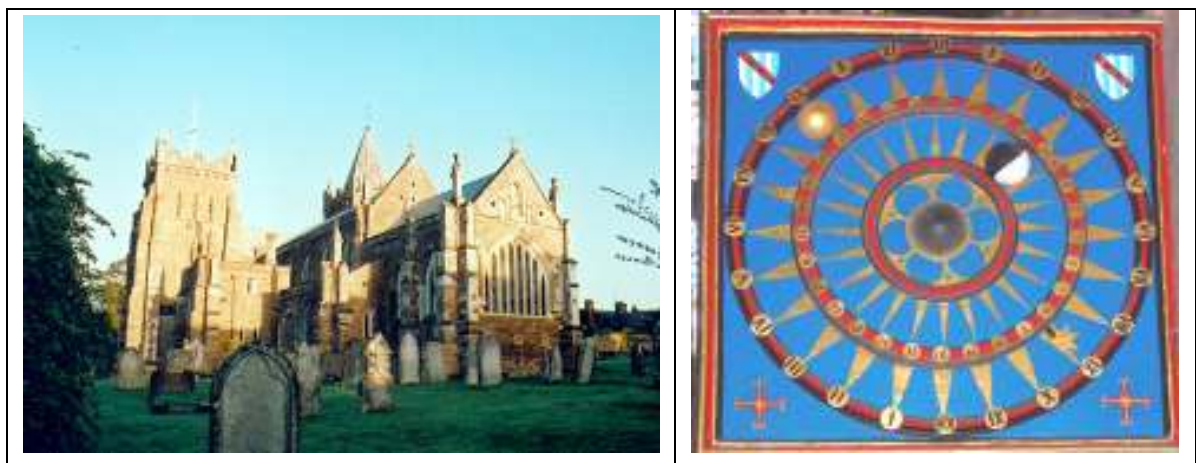


FIG. 1.34 – L'église d'Ottery Saint-Mary et son horloge

La boule jaune, représentant le Soleil, accomplit une révolution en un jour solaire et donne l'heure.

La boule mi-blanche mi-noire, représentant la Lune, accomplit une révolution en un jour lunaire et montre l'élongation de celle-ci par rapport au Soleil. Cette boule tourne aussi sur elle-même ce qui permet de reproduire les phases de la Lune [188].



FIG. 1.35 – Horloge à carillon de la cathédrale de Beauvais.

Le double demi-cercle est placé devant un disque sur lequel sont peints deux cercles jaunes. Ce disque fait un demi-tour par lunaison ce qui permet de représenter les phases de la Lune [45, 26].



FIG. 1.36 – Horloge astronomique de l'église Saint-Pierre de Lübeck.

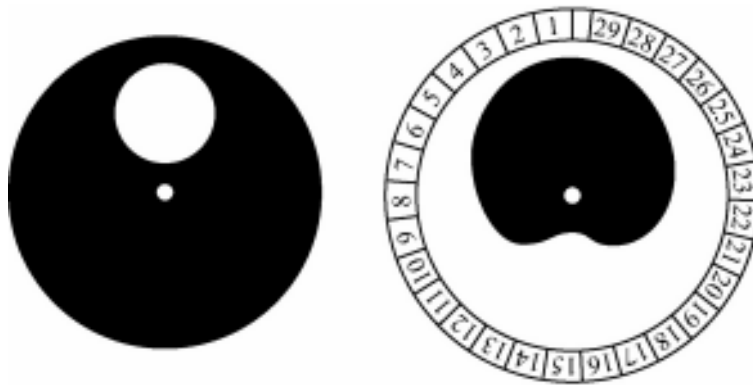


FIG. 1.37 – Phase de la Lune indiquée par une fenêtre ou « guichet » circulaire.



FIG. 1.38 – Le « gros horloge » à Rouen.

La boule à moitié dorée à moitié grise placée au-dessus du cadran, représente les phases de la Lune.

Chapitre 2

Échappements et oscillateurs

2.1 Les horloges à foliot, verge et roue de rencontre

2.1.1 Les trois composantes d'une horloge

Toutes les horloges à partir du début du XIV^e siècle et jusqu'à la fin du XVII^e seront équipées du dispositif à foliot, verge et roue de rencontre.

Le moteur

Le moteur sera exclusivement un poids jusqu'à l'utilisation du « ressort moteur » qui permettra la fabrication d'horloges de table et de montres à partir du XV^e siècle.

L'oscillateur Les inventions d'Huygens de 1657 (pendule régulateur) et de 1675 (spiral réglant) ne remplacèrent le foliot qu'à fin du XVII^e siècle. On ne peut d'ailleurs pas vraiment parler d'oscillateur à propos du foliot, puisque celui-ci n'a pas de période propre, comme on le verra au paragraphe 2.1.2.

L'échappement L'échappement à roue de rencontre (ou à « palettes » ou à « verge ») est très robuste. Il fut très apprécié des horlogers jusqu'au XIX^e siècle. Ni l'échappement à ancre à recul de Hooke en 1666, ni l'ancre à repos de Graham en 1715, ni les progrès du XVIII^e siècle n'entamèrent son prestige¹. Dans toutes les horloges mécaniques monumentales, on remplaça le foliot par un pendule assez rapidement après l'invention de Huygens, mais la roue de rencontre resta en place longtemps.

Pourtant les inconvénients sont importants :

- les frottements sont considérables.
- il y a un recul et un choc avec les palettes.

¹La quatrième horloge de Harrison H4 qui remporta le prix des Longitudes en 1760 était à roue de rencontre.

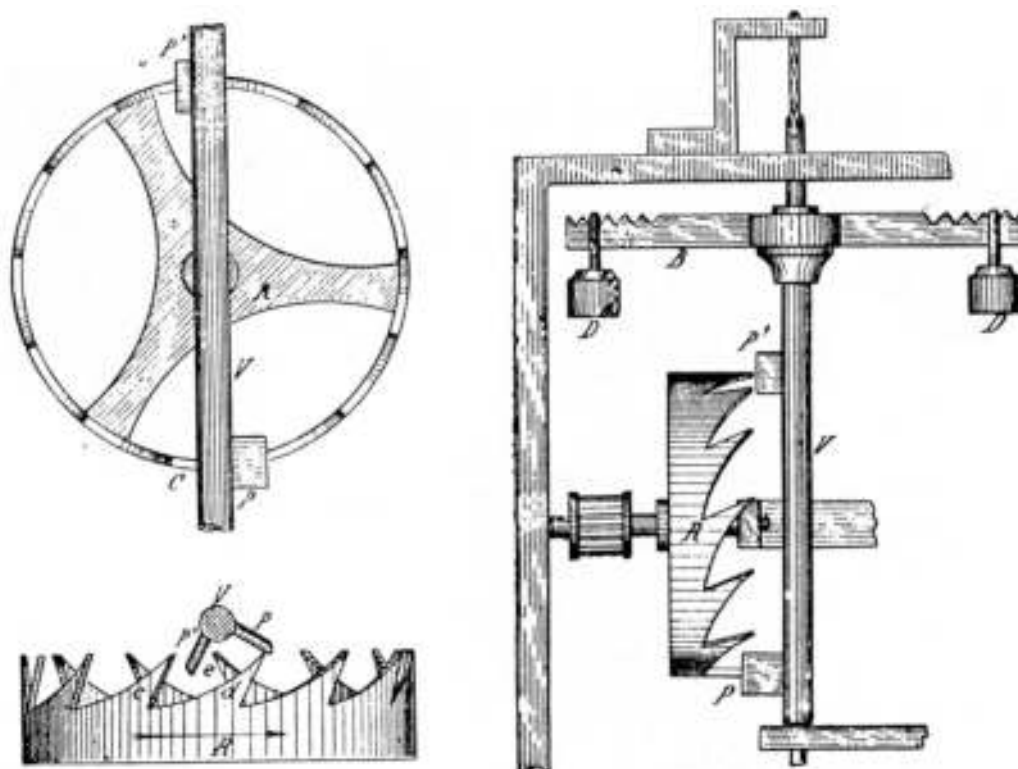


FIG. 2.1 – Horloge à foliot, verge et roue de rencontre.

- il faut une assez grande amplitude d'oscillation et le pendule n'est un bon oscillateur que pour les faibles amplitudes.

2.1.2 Principe de fonctionnement

2.1.2.1 Les différentes pièces

Il est un peu difficile pour qui n'a pas vu une horloge à foliot, d'en imaginer le fonctionnement. On peut en voir certaines en marche, sur le site internet de l'École Normale Supérieure de Lyon, dont une horloge du XIV^e siècle, remise en état par Monsieur Paul Réal, expert auprès du Musée du Temps de Besançon². Une horloge à foliot complète est représentée en annexe, page 298.

La description qui suit renvoie à la figure 2.1 extraite du livre de Charles Gros sur les échappements [94].

On voit très bien, sur la vue de droite, la roue de champ **R**, appelée « roue de rencontre ». Cette roue est entraînée par le poids (invisible sur la figure). L'engrènement de la palette supérieure **p'** fait tourner la verge **V** d'axe vertical. Celle-ci possède une inertie importante à cause des

²<http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/Pages/PagesGr/MuFoliotGr.htm>

régules **DD** placés sur la barre **B**, cet ensemble constituant le foliot. La rotation de la verge **V** autour de son axe va donc s'effectuer lentement en raison de son inertie, et, à un certain angle, l'engrènement de la roue **R** avec la palette **p'** va cesser ; la roue **R** pourra tourner librement, mais un bref instant seulement, car sa dent opposée va intercepter la palette inférieure **p** en la heurtant. La verge va alors tourner en sens rétrograde avec le foliot, d'abord poussée par la palette **p**, puis librement jusqu'à ce qu'intervienne à nouveau la palette **p'** et ainsi de suite...

En général les deux palettes **p** et **p'** sont à angle droit comme on le voit sur la figure en bas à gauche.

Lors de la rencontre palette / roue de rencontre, la roue est repoussée jusqu'à ce que l'élan du foliot soit amorti : la roue de rencontre a donc un mouvement alternatif qu'on décrit en disant « trois pas en avant, un pas en arrière » et nommé le « recul ». Les horloges à foliot restaurées à notre époque ont pu avoir jusqu'à la précision étonnante de 10 à 20 min par jour.

2.1.2.2 Les étapes du mouvement

Une description détaillée du fonctionnement de l'échappement à foliot, verge et roue de rencontre nous permettra de comprendre les différences fondamentales avec un pendule de torsion et l'intérêt du pendule régulateur de Huygens.

Supposons avec Henri Bouasse [28] que la roue de rencontre ait seulement 11 dents comme sur la figure 2.1.

Les deux schémas de la figure 2.2 montrent l'oscillateur **M** avec sa roue de rencontre.

Sur la vue du haut, la roue de rencontre est vue par dessus avec en pointillés sa partie inférieure.

Sur la vue du bas, la roue est remplacée par deux lames dentées **L** et **L'** se déplaçant à la même vitesse : les deux palettes **P** et **P'** peuvent être considérées comme les bords d'un secteur angulaire oscillant entre les deux lames.

Sur les deux vues la palette **P'** vient de quitter la dent **B'** (dans le sens de la flèche), et peu de temps après, la palette **P** rencontre la pointe de la dent **B**. En raison de l'inertie de l'oscillateur **MM** et de sa vitesse, la roue de rencontre recule dans un premier temps. L'oscillateur **MM** perd de sa vitesse puis revient en arrière, poussé par la dent **B** qui avance en agissant sur **P**, et la roue de rencontre **LL'** avance.

La lame **L'** avance donc vers la droite de sorte que lorsque la palette **P** échappe à la dent **B**, la palette **P'** rencontre la dent **B'** après une légère chute sans résistance ; lors de cette rencontre la roue **LL'** recule puis avance...

L'oscillateur **MM**, n'est soumis à aucune autre force capable de le faire osciller : il est renvoyé successivement d'une lame **L** à l'autre lame **L'** comme une balle entre deux raquettes.

Soit θ l'écart de l'axe du foliot avec sa position moyenne.

Si le couple **C** exercé par les lames sur les palettes était constant, il y aurait entre l'angle parcouru θ , le moment d'inertie **I** et le temps **t** la relation : $\theta = \frac{1}{2} \frac{C}{I} t^2$ soit $t = \sqrt{\frac{2I\theta}{C}}$. Comme l'amplitude θ reste pratiquement constante, la « période » est proportionnelle à la racine carrée de l'inverse du couple (en réalité θ augmente si le couple augmente) et à la racine carrée du moment d'inertie.

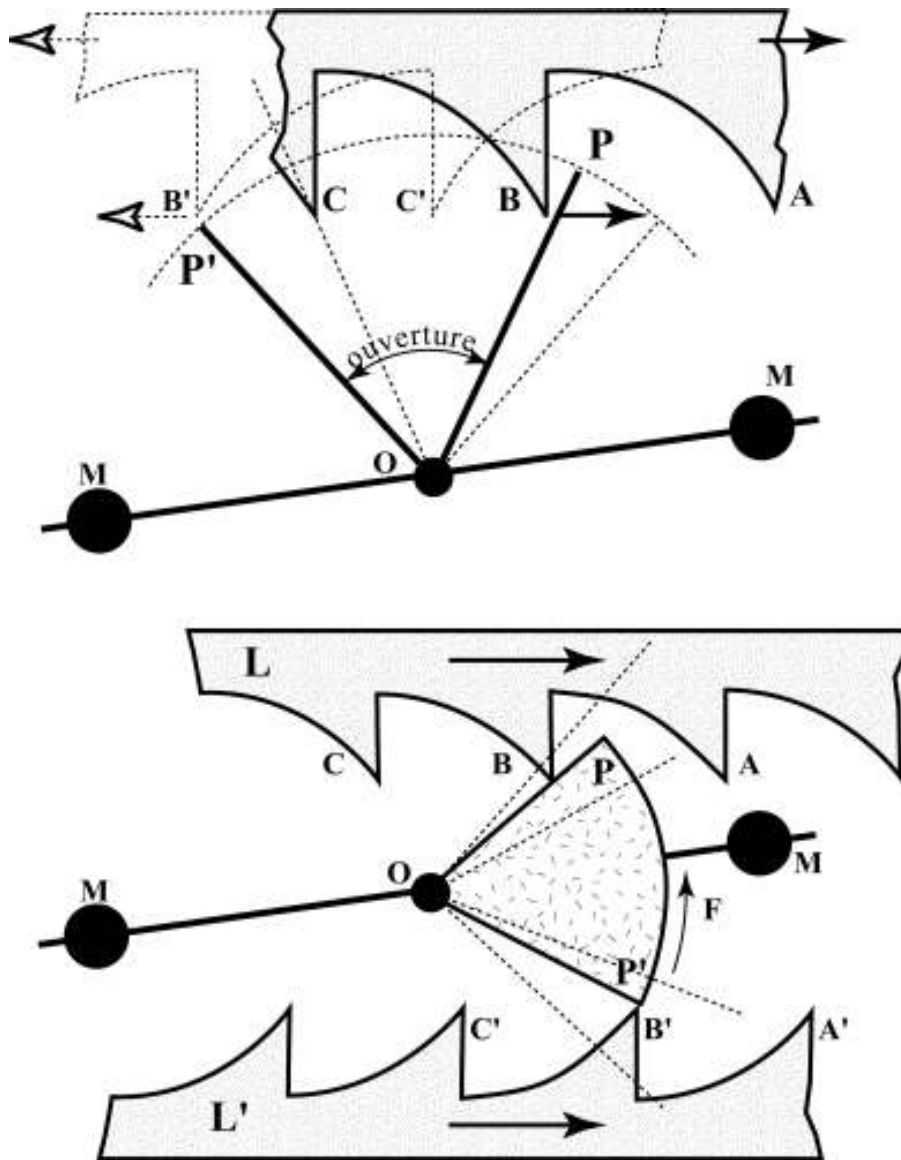


FIG. 2.2 – Foliot et roue de rencontre. Sur la vue du bas, la roue est remplacée par deux lames L et L'.

2.1. LES HORLOGES À FOLIOT, VERGE ET ROUE DE RENCONTRE

Or, le moment d'inertie est de la forme $I = mr^2$. Si les distances des masses à l'axe restent les mêmes, la période est proportionnelle à la racine carrée de la masse.

Les horlogers utilisaient autrefois la méthode empirique suivante pour régler leurs montres³ :

« on fait marcher la montre sans spiral de manière à ce qu'en une heure, l'aiguille des minutes tire 25 à 27 minutes, c'est à dire que la montre sans spiral retarde de 33 à 35 minutes »

Le tirage d'une horloge est donc inversement proportionnel à la période, et le produit du carré du tirage par la masse est constant. Ainsi, en 1848, Louis Moinet posait le problème suivant⁴ :

« Si un balancier tire 20 minutes par heure, combien faudra-t-il enlever de son poids pour qu'il tire 26 minutes.

Le calcul est le suivant avec un balancier de 200 mg : $200 \times 20^2 = x \times 26^2$ soit $x=118$ mg. Il faudra enlever 2 mg. »

2.1.2.3 Définitions

Voici quelques définitions liées à la verge et aux palettes **P** et **P'**.

l Angle de levée : la verge tourne et la palette pousse la roue ; l'angle de levée est l'angle minimum (parcouru dans un sens puis dans l'autre) pour que l'échappement fonctionne.

s Arc supplémentaire : c'est l'angle dont a tourné la verge dans le même sens après l'échappement jusqu'à l'élongation maximale.

A Amplitude : c'est l'amplitude des oscillations du foliot : on a $2A=l+2s$.

Pendant la levée **l** de la verge, la roue de rencontre en contact tourne d'un angle proportionnel **L**.

Au moment de l'échappement, elle tourne brusquement d'un angle appelé la chute **C**. Elle avance donc de **L+C** puis redevient solidaire des palettes.

Lorsque la verge décrit l'arc supplémentaire **s** dans un sens puis dans l'autre (de contact à contact), la roue recule de **R** puis avance de **R** : recul et avance se compensent.

En conclusion par demi-oscillation de la verge, la roue avance de **L+C**. Il faut noter que la chute, nécessaire au réglage, représente du travail perdu : en effet, pendant la chute, les rouages acquièrent une vitesse que le foliot devra annuler.

L'échappement à roue de rencontre fonctionne mieux si le balancier est lourd : son inertie prévaut devant celle de la roue lors du choc ce qui diminue l'intensité de celui-ci.

2.1.3 La chronométrie de précision avant Huygens

Il ne faut pas penser, à partir des remarques physiques précédentes sur les défauts inhérents au foliot, que toutes les horloges avant Huygens étaient très imprécises.

Il est vrai que la précision des premières horloges à foliot était de l'ordre d'une demi-heure par jour. Plus tard, certaines furent pourvues d'un cadran donnant le quart. Le plus ancien dessin

³Traité d'horlogerie de Claudius Saunier, page 54 à 93 [161].

⁴Traité d'horlogerie de Louis Moinet, Tome 1, page 385 [131].

d'un cadran des minutes a été fait vers 1478 par un horloger d'Augsburg Paulus Alemanus. Ce cadran servait en fait à vérifier l'exactitude de l'horloge avec l'heure du coucher du Soleil calculée d'une part, observée d'autre part. Ainsi, un écrit de 1465 explique comment régler la marche des horloges en disposant les poids de sorte qu'elle donne l'heure exacte du coucher du Soleil. Cela suppose qu'elle estime la minute ou qu'elle a un cadran qui la montre [194]. . .

Monsieur Paul Réal [158, 159], expert agréé auprès du musée du Temps de Besançon, a remis en état une horloge à foliot du XIV^e siècle dont la précision est d'environ 10 à 20 minutes par jour. D'autre part, les très célèbres horloges à double foliot de Jost Bürgi avait une précision de l'ordre de 1 minute par jour.

2.1.3.1 Jost Bürgi (1552-1632)

Jost Bürgi [121] est né à Lichtensteig en Suisse. Toute sa jeunesse reste obscure jusqu'à son engagement comme horloger à la cour du Landgraf Guillaume IV de Hesse à Kassel le 25 juillet 1579 ; il fut peut-être formé à Strasbourg par les frères Habrecht et Dasypodius ou bien à Kassel où d'éminents horlogers tels que Hans Buch ou Baldewein fabriquaient des horloges astronomiques. Il développa vers 1586 un mouvement d'une grande précision (ramène l'erreur journalière de ± 15 minutes à ± 30 secondes), à foliot croisé (Kreuzschlag) qu'il améliora ensuite à Prague. Guillaume IV était très fier des réalisations de son horloger. Tycho Brahé fit sa connaissance lors de son passage à Kassel en 1575. Sa renommée était telle, qu'il fut appelé par l'empereur Rodolf II (1528-1612) à Prague en 1592 puis en 1596. Bürgi, nommé Kaiserlicher Kammeruhmacher, s'installa à Prague de 1604 à 1631 où il servit après Rodolf II, les empereurs Matthias et Ferdinand. Pour échapper à la guerre de Trente ans qui déchirait l'Europe Centrale, il rentra à Kassel et y mourut.

Ses horloges se trouvent dans les musées de Vienne, Dresde, Kassel, Darmstadt et une sphère tournante de 1580 se trouve au Musée des Arts et Métiers de Paris. Une de ses plus belles œuvres est conservée au Musée d'Histoire de l'Art de Vienne en Autriche. C'est une petite horloge astronomique, fabriquée à Prague entre 1622 et 1627. Cette horloge, munie de l'échappement à battement en croix, comporte une sphère céleste tournante, disposée sous une demi-sphère en cristal de roche. Elle possède trois cadrans dont un cadran des secondes. Bien que quelques horloges du XVII^e siècle soient déjà munies d'aiguilles des secondes, les horloges de Bürgi connues sont les premières horloges fiables affichant des secondes⁵.

Le foliot croisé Le principe en est exposé sur la figure 2.5 et représente son modèle d'observation n°2 élaboré à Kassel vers 1600.

⁵Pour en savoir plus sur les horloges de table, se référer aux livres de Catherine Cardinal et, pour les horloges astronomiques de table, son article dans la revue de l'ANCAHA [38, 37].

2.1. LES HORLOGES À FOLIOT, VERGE ET ROUE DE RENCONTRE

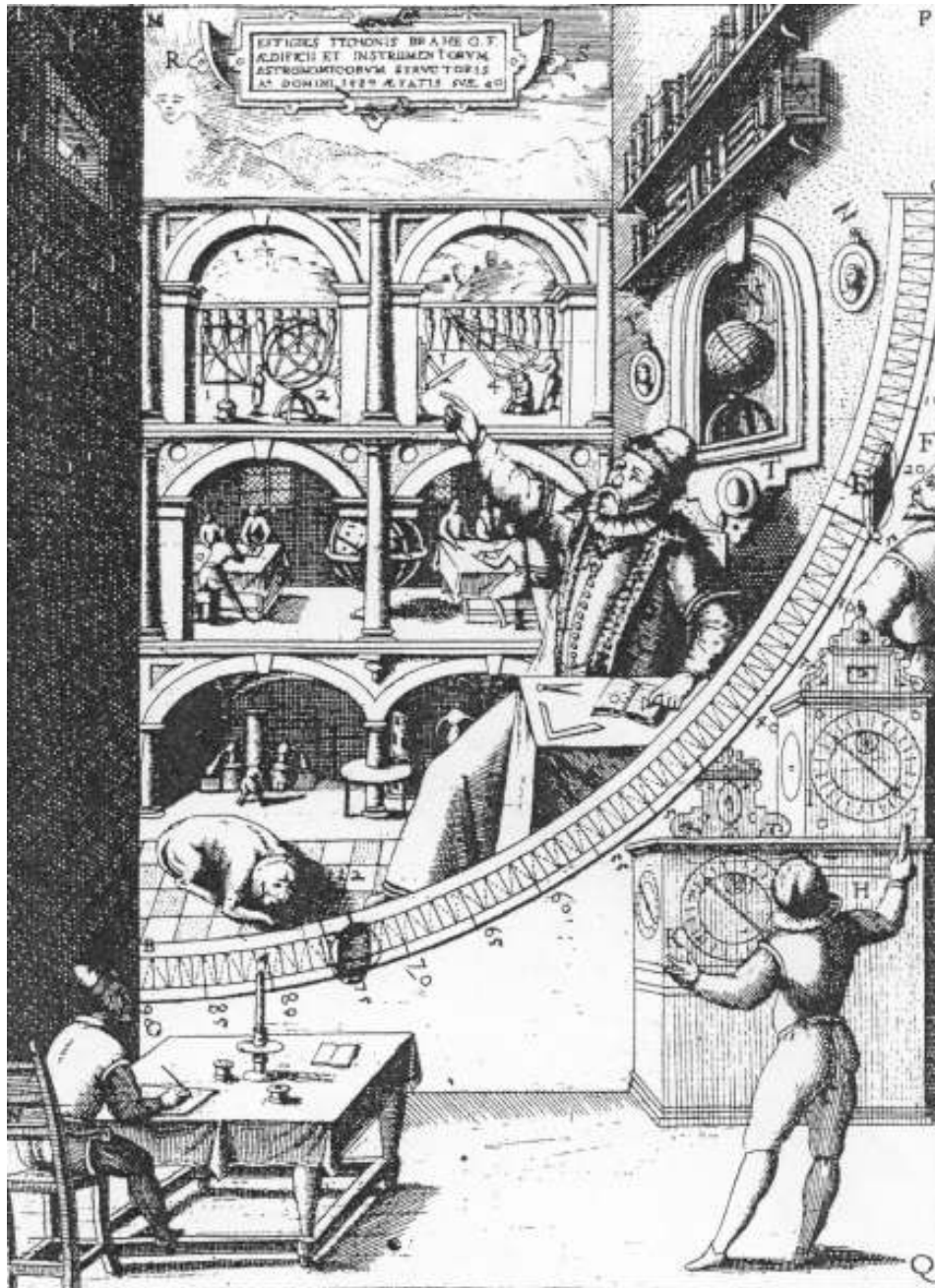


FIG. 2.3 – Tycho Brahé dans son observatoire de l'île d'Hveen.

Au premier plan on voit le grand cadran mural et, devant à droite, deux horloges sur lesquelles on peut distinguer un petit cadran auxiliaire à l'intérieur du grand. Trois assistants sont au travail : le premier fait la visée, le deuxième donne l'heure, le troisième note. Au fond, on voit les trois étages du bâtiment avec au sous-sol le laboratoire, la salle d'étude pour les assistants au premier étage, la terrasse avec les instruments (quadrant, sphère armillaire, triquetum, sextant) installés au deuxième étage.

Astronomiae instauratae mechanica (1598) d'après [119, 164].

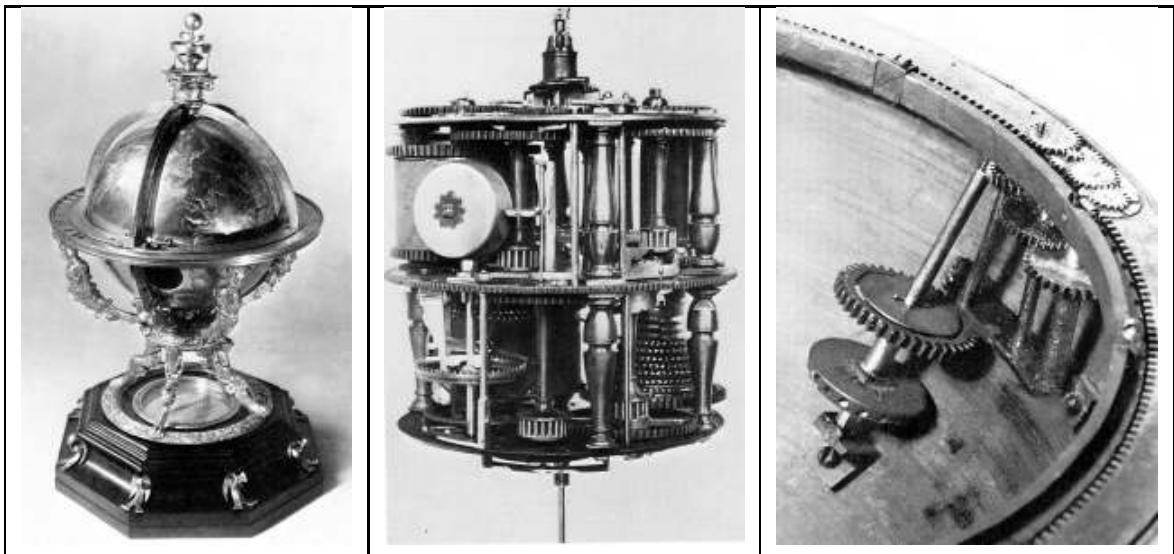


FIG. 2.4 – Sphère tournante de Jost Burgi vers 1580 (Conservatoire des Arts et Métiers).

A la verticale deux cadrans tournant, avec boule de remise à l'heure. Au pôle Nord cadran indiquant les heures et les minutes. Mécanisme horloger à 2 corps logé dans la sphère et axé sur les pôles. Échappement à roue de rencontre. Deux barillets. Foliot circulaire avec spiral ajouté à la fin du XVII^e siècle ainsi que chaîne et fusée (d'après [88] et [127]).

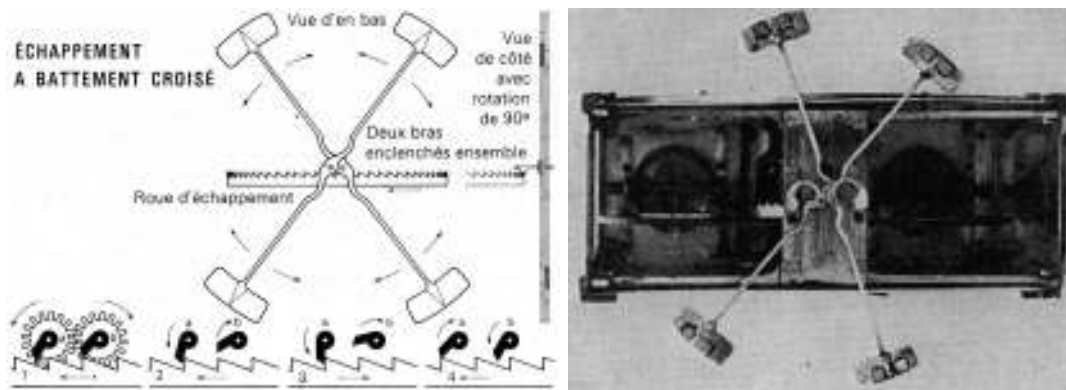


FIG. 2.5 – L'échappement à foliot croisé de Jost Bürgi. Landesmuseum Kassel [111, 20].

1. La palette **b** s'écarte et libère la roue d'échappement : le bras **B** tourne en sens horaire
2. La palette **a** s'enclenche sur la dent et arrête la roue
3. La roue recule d'un petit arc sous la pression de **a**
4. La roue reprend son mouvement d'avance et repousse la palette **a** qui se dégage et la palette **b** s'enclenche...

Témoignages sur Bürgi [20]

1. Lettre du Landgraf de Hesse Guillaume IV à Tycho Brahé, datée du 14 avril 1586⁶ : « Ré-
cemment nous sommes parvenus à observer la longitude exacte d'Orion, du Grand Chien
et du Petit Chien grâce aux horloges de ce dernier (Bürgi) : elles indiquent les minutes et
les secondes avec une telle exactitude qu'entre deux culminations elles ne dévient même
pas d'une minute. » (Traduit de l'original, mélange d'allemand et de latin)
2. Billet adressé à Bürgi en date du 27 août 1586 et lui accordant « 25 écus pour une horloge
à poids indiquant les heures, les minutes et les secondes ». (Traduit de l'original allemand)
3. Passage d'un manuscrit de l'astronome Rothmann⁷, rédigé vers 1585 :

« En ce qui concerne nos horloges, nous en avons trois pour nos obser-
vations. Mais la description en serait monotone et exigerait trop de place. Un
point mérite cependant d'être relevé : la première de ces horloges possède trois

⁶« ist andem das damals unser instrumenta noch nicht so fleissig seind abgerichtet gewesen, gleichwie sie jetzo durch angeben des Wittichii et diligentia et industria unsers uhrmacher maister Just Burrii, qui quasi indagine alter Archimedes est, sind angerichtet... Orionis, Canem minorem et majorem, die haben wir nicht allein per distanciam inter se et latitudinem meridianam lassen observieren, sondern durch unser minuten und sekunden uhrlein, welche gar gewisse Stunden geben und a meridie in meridiem oftmals nicht eine minuten variere, ihr tempus oder culminatio in meridiano, gar scharf zu etlich mahlen und daraus ihre longitudinel vel potius coeli meditationem genommen dass unsers bekündens wir dero gewiss seind »

⁷Christophe Rothman, astronome de Guillaume IV, partit à l'invitation de Tycho Brahé en 1590 sur l'île d'Hvønn et y resta.

aiguilles qui n'indiquent pas seulement les heures et les minutes mais aussi les secondes. La durée d'une seconde n'est pas très courte, égalant à peu près la durée de la note la plus brève d'une mélodie modérément lente. L'échappement ne fonctionne pas selon la manière ordinaire étant actionné par un système nouvellement inventé qui fait que chaque mouvement correspond exactement à une seconde⁸. »

2.2 Le pendule régulateur

2.2.1 Les premières mesure du temps avec un pendule

2.2.1.1 Ibn Yunus (950-1009)

On attribue parfois à Ibn-Yunus, astronome à la cour des Fatimides au Caire, l'utilisation d'un pendule pour mesurer le temps. David King montre [107] qu'il n'y a aucune preuve de cela et que ce mythe, repris par Laplace et Sédillot, a été créé par l'historien anglais Edward Bernard en 1684.

2.2.1.2 Léonard de Vinci (1452-1519)

Les centres d'intérêt de Léonard de Vinci furent très divers et, parmi ceux-ci, figure l'horlogerie. L'Italie du Nord était déjà à cette époque un centre d'horlogerie important (Dohrn van Rossum cite ainsi dans son ouvrage une chronique de 1336 décrivant une des premières horloges publiques sur l'église San Gottardo [182] de Milan⁹). Léonard décrit l'horloge de l'abbaye de Chiaravalle, près de Milan, qui « montrait la Lune, le Soleil, les heures et les minutes ». De nombreux dessins [43] du Codex Atlanticus et du Codex de Madrid montrent des mécanismes d'horlogerie, en particulier des systèmes pour moufler des poids, des fusées pour réguler la tension de ressorts, des pendules...

2.2.1.3 Santorio Santorii (1561-1636)

En 1602 Santorio Santorii (dit Sanctorius), ami de Galilée et futur professeur de médecine à l'université de Padoue, imagine de mesurer le pouls de ses patients en comptant les pulsations du pendule, dispositif qu'il nomme « pulsilogium ».

2.2.2 Galilée (1568-1642)

2.2.2.1 La découverte de l'isochronisme

La légende raconte (sans que l'on en connaisse la véracité) que l'intérêt de Galilée pour le pendule remonte à 1583 lorsqu'il observait les oscillations d'une lampe dans la cathédrale de

⁸Rien n'indique qu'il s'agisse d'une horloge à pendule, Rothmann insiste sur la durée des oscillations de 1 seconde et non sur la régularité des oscillations qui assure la supériorité du pendule.

⁹«... il y a de nombreuses cloches au sommet de la tour ; là se trouve une horloge admirable... »

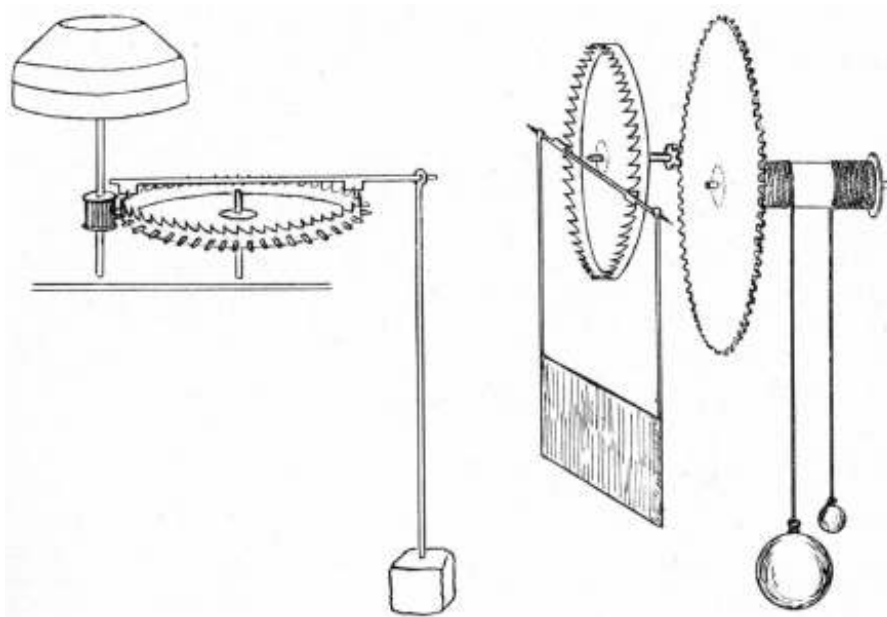


FIG. 2.6 – D’après des dessins de Léonard de Vinci, Codex Atlanticus 257 R.a. et 278 R.b., Bibl. Ambrosiana de Milan. A gauche, dispositif à poids oscillant pour faire tourner une meule. A droite, roue à poids qui déplace un ventilateur. Celui-ci se comporterait comme un pendule s’il n’était pas freiné par l’air [165]

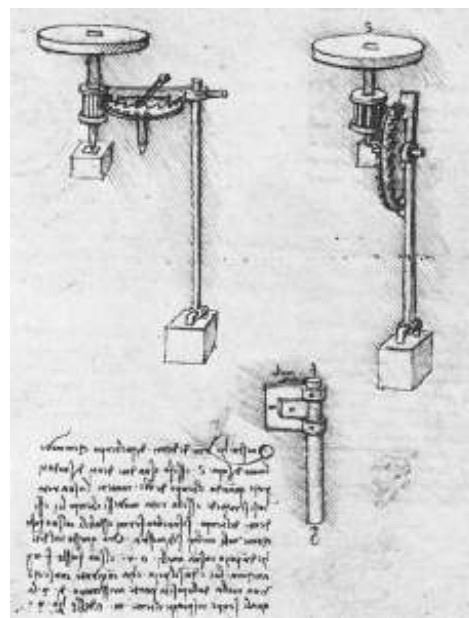


FIG. 2.7 – Croquis de Léonard de Vinci Codex Madrid [121]

Pise. L'isochronisme des oscillations pendulaires ainsi que la loi des cordes¹⁰ sont en tout cas déjà mentionnés dans une lettre du 29 novembre 1602 à Guido Ubaldo del Monte.

2.2.2.2 Les dialogues sur les deux systèmes du monde

Après une longue maturation, l'ouvrage achevé en 1629, paraît en 1632 à Florence sous le titre « Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano »[84]. C'est la première fois que les lois du pendule sont énoncées clairement (dans la deuxième et la quatrième journée). Son récit montre aussi qu'il n'était pas encore conscient que l'isochronisme n'était vrai que pour les petites amplitudes et le Père Marin Mersenne (1588-1648) relèvera l'erreur dans ses « Nouvelles pensées de Galilée », Paris 1639.

Ces lois du pendule seront exposées en détail dans les « Discours concernant deux sciences nouvelles ».

2.2.2.3 Les discours concernant deux sciences nouvelles

C'est dans cet ouvrage que Galilée reprendra longuement l'isochronisme des oscillations pendulaires ([85] Première journée, Paragraphe 128 à 131, page 70, Paragraphes 139 à 141, page 80) ainsi que la loi des cordes (Théorème VI de la Troisième journée, page 153)

Galilée entreprend la rédaction de cet ouvrage à l'automne 1633 à 69 ans. Le 22 juin à Rome, revêtu de la robe blanche des pénitents, il avait écouté la sentence qui lui interdisait de parler du mouvement de la Terre puis s'était retiré à Sienne sous la garde de l'archevêque Ascanio Piccolomini, par ailleurs son ami. L'ouvrage est achevé en juin 1637 et paraît à Leyde en Hollande en juillet 1638. Galilée, devenu aveugle, reçoit un exemplaire en juin 1639 à Arcetri.

2.2.2.4 « L'horloge » de Galilée

Le 15 août 1636 Galilée écrit aux États Généraux de Hollande une lettre qui donna lieu à des polémiques sur la priorité de l'invention de l'horloge à pendule. Il y propose une nouvelle méthode pour déterminer les longitudes. Sa méthode utilise les éclipses des satellites de Jupiter et une horloge suffisamment précise :

« Elle doit être telle que si 4 à 6 horloges étaient faites en même temps, elles devraient prouver leur précision, en montrant une différence d'une seconde seulement, non pas en une heure, non pas en un jour mais même en un mois. Ces horloges sont réellement admirables pour l'observateur des mouvements et des phénomènes de la sphère céleste et en plus leur construction est très simple et bien moins sujette aux influences extérieures que les autres instruments inventés dans le même but. »

Dans une lettre du 6 juin 1637 adressée à Lorenzo Reael, amiral de la Compagnie hollandaise des Indes Orientales, Galilée explique qu'il a inventé un compteur de vibrations « misuratore di tempo » basé sur l'isochronisme des oscillations d'un pendule que l'on relance régulièrement.

¹⁰Mouvement d'une bille isochrone, sur une corde du cercle.

A chaque oscillation, le pendule, formé d'une lentille donne un impact à une dent d'une roue horizontale qui tourne.

« Ce serait une perte de temps de retenir l'attention de votre Seigneurie avec les détails. Vous pouvez commander aux artisans de manufactures d'horloges et d'autres mécanismes. Ils doivent seulement savoir que le pendule donne des vibrations d'égales durées, que l'arc soit grand ou petit, pour imaginer des méthodes de construction d'une bien plus grande précision que toutes les autres. »

Galilée reprit à partir de 1641, un an avant sa mort, le 9 janvier 1642, les essais que Santorio Santorio (1561-1636) avait faits avec son « pulsilogium » permettant de mesurer le pouls des patients. Son souhait était de réaliser un échappement entretenant les mouvements du pendule. Il imagine une combinaison où le pendule est aussi peu influencé que possible par l'échappement.

Vincenzo Viviani (1622-1703) qui publia la première édition des œuvres complètes de Galilée en 1655-1656 fut chargé par le Prince Léopold de Toscane (1617-1675) d'un rapport sur l'invention de Galilée. L'astronome français Ismaël Boulliau, ami de Huygens, avait en effet envoyé au Prince un exemplaire de l'ouvrage « Horologium » en octobre 1658 puis lui annonça en février 1659 l'envoi d'une horloge équipée d'un pendule.

Le 31 mars 1659, le Prince le remercie courtoisement en ajoutant qu'il ne faut pas priver Galilée de sa gloire et qu'un modèle de l'horloge galiléenne a été découvert en 1656, d'après lequel une horloge a été construite par un expert et que Le Prince espère fonctionnelle après restauration et nettoyage. Il lui écrit même que l'horloge de Galilée a été proposée aux États Généraux de Hollande (comme on l'a vu, l'affirmation est inexacte, Galilée a seulement proposé une méthode de mesure des longitudes au moyen des satellites de Jupiter et d'une horloge décrite de façon très imprécise. . .).

La correspondance continue et le 21 août 1659 Léopold envoie à Boulliau un dessin de l'horloge de Galilée fait de la même manière que l'horloge qui est maintenant dans sa chambre et le prie de montrer ce dessin à Huygens. Ismaël Boulliau, en correspondance avec Huygens, lui adresse le 30 janvier 1660 une lettre avec ce dessin Figure 2.8 sur lequel est écrit de sa main :

« Figure de l'horloge à pendule qui est à Florence dans le vieil palais de Medicis, horloge que Monsieur le Grand Duc de Florence a fait adjuster ».

Sur ce dessin le pendule attaque directement la verge (comme sur les dessins de Léonard de Vinci).

Une partie de la correspondance et le rapport de Viviani, daté du 9 octobre 1659, furent retrouvés en 1774, à la Bibliothèque Nationale de Paris, dans les papiers de Boulliau.

Dans son rapport accompagné du dessin, Viviani raconte qu'en 1641 il était auprès de Galilée à Arcetri, et que celui-ci lui fit part de l'idée d'appliquer le pendule aux horloges.

« Nous examinâmes ensemble les opérations du mécanisme. Nous remarquâmes plusieurs difficultés que le Signor Vincenzo promit de surmonter toutes : il croyait en effet qu'il pourrait adapter le pendule à l'horloge de différentes façons et à d'autres inventions. Mais attendu qu'il l'avait dans cet état, il souhaitait le laisser en accord avec le dessin, avec l'adjonction d'un cadran montrant les heures et les minutes ; il commença à couper les dents de l'autre roue. Mais en raison de ce travail inhabituel

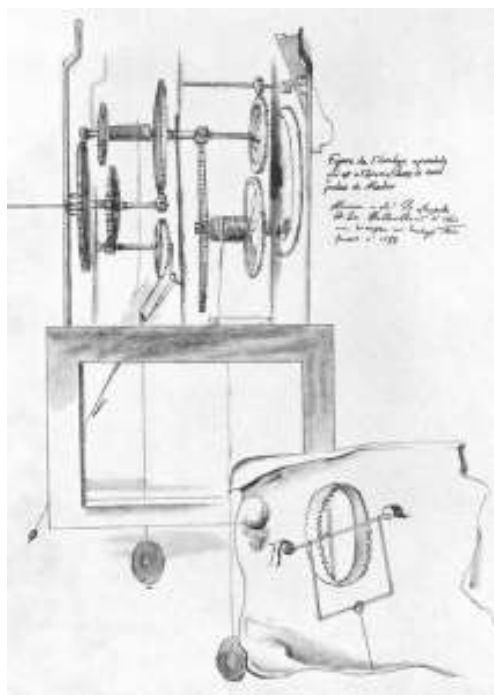


FIG. 2.8 – Dessin annoté par Boulliau et transmis à Huygens. Université de Leyde.

il fut emporté par une fièvre maligne et il dut l'abandonner au point inachevé que nous voyons sur le dessin. Et le 22^e jour de sa maladie, le 16 mai 1649, toutes les horloges les plus précises, ensemble avec ce grand mesureur du temps, s'arrêtèrent pour toujours lorsqu'il mourût, pour mesurer (comme je le crois), dans la joie de la Divine Essence, l'incompréhensible moment de l'éternité¹¹... »

Vicenzio commença à construire l'horloge conçue par son père mais il n'eut pas le temps de l'achever avant sa mort le 16 mai 1649. Sa veuve mourut en 1669 et Viviani, nommé exécuteur testamentaire, mentionne dans l'inventaire « un orioulo non finito di ferro con pendulo, prima invenzione del Galileo ».

Les sources de l'histoire de Galilée et de son invention sont relatées dans les ouvrages de Giuseppe Brusa ([34] pages 115-118) et Antonio Simoni ([165] page 45 à 51), et dans l'article et l'ouvrage de Silvio Bedini [14, 15].

¹¹ « Esaminiamo insieme l'operazione intorno alla quale varie difficoltà ci soverrennero, che tutte il Signor Vincenzo si prometteva di superare; anzi stimava di potere in diversa forma et con altre invenzioni adattare il pendolo all'orivuolo; ma da che l'aveva ridotto a quel grado voleva pur finirlo su l'istesso concetto che n'addita il disegno, con aggiunta delle mostre per le ore et per le minuti ancora. Per cio si pose ad intagliar l'altre ruota dentata. Ma in questa insolita fatica sopraggiunto da febbre acutissima, li convenne lasciarla imperfetta al segno qui si vede; et nel giorno XXII del suo male, alli 16 di Maggio del 1649, tutti gli orivuoli piu giusti insieme con questo esattissimo, misurator del tempo, per lui si guastarono et si fermarono per sempre, trapassando egli (come creder mi giova) a misurar, godendo nell'Essenza Divina, i momenti incomprendibili dell'eternità... »

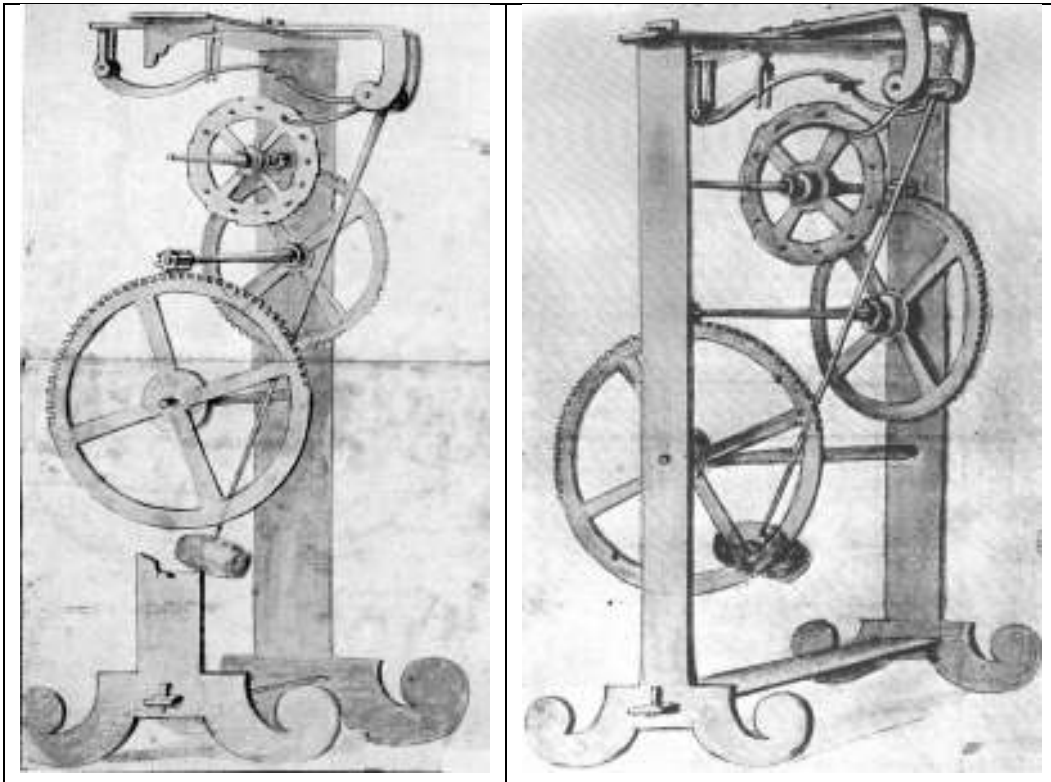


FIG. 2.9 – Les dessins de Viviani de l'horloge de Galilée (1659)

Firenze, Biblioteca Nazionale et Paris, Bibliothèque Nationale (dessin envoyé à Boulliau)

L' « horloge de Galilée » a été reproduite plusieurs fois d'après les dessins de Viviani pour certains musées. Celle réalisée en 1877 par Eustachio Porcellotti, horloger florentin, se trouve à l'« Istituto e Museo di storia della scienza » à Florence. Une autre, exécutée en 1883, se trouve au « Science Museum » de Londres, une autre encore à la « Smithsonian Institution » de Washington. Ungerer [176] mentionne aussi une horloge de Larible, fonctionnant d'après ce principe, datée 1871 et se trouvant au Musée des Arts et Métiers de Paris.

Ces horloges fonctionnent mais on reproduit parfois un mécanisme de Galilée qui ne fonctionne pas comme sur la figure 2.10 :

Le pendule est en haut de sa course et commence à descendre vers la droite : la goupille **a** pousse le bras **q**

Quand la goupille **a** sera en **b**, le cliquet **d** sera devant la dent de rochet **f** et arrête la roue.

Le pendule oscille de droite à gauche puis revient de gauche à droite ; presque arrivé à sa position haute à gauche, le bras **q** rencontre la goupille **a** (se trouvant alors en **b**) et fait reculer la roue d'échappement qui a été libérée, car, en même temps, **r** a soulevé le cliquet **d**.

Le pendule est arrêté par la pression de la roue exercée par la goupille **a** qui donne ensuite une impulsion vers la droite.

La roue d'échappement exécute ainsi un mouvement alternatif de rotation ; le pendule reçoit de l'énergie lorsque la roue avance et la restitue en repoussant la roue qui oscille autour d'une position fixe.

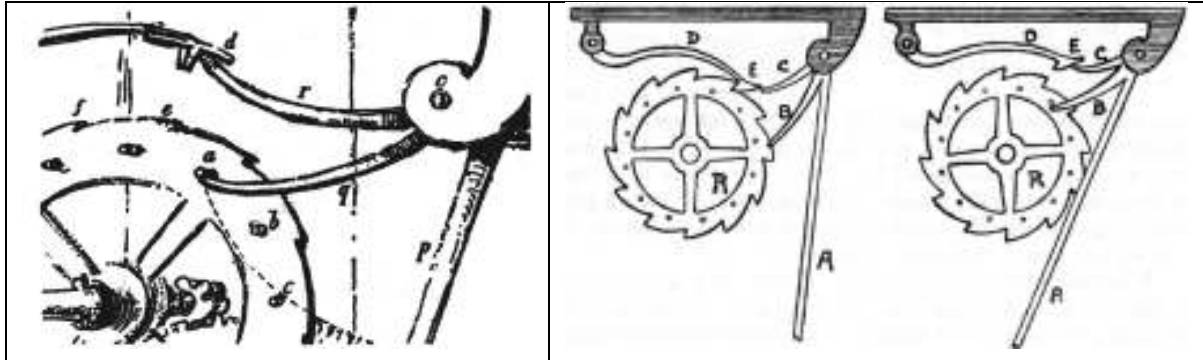


FIG. 2.10 – Échappements d'après les dessins de Viviani

L'échappement de Galilée est particulièrement intéressant du point de vue historique et du point de vue technologique.

1. Le principe est tout nouveau : la verge à palette est supprimée (Voir figure 2.1).
2. C'est un mécanisme précurseur de l'échappement à ancre, de l'échappement à chevilles, et de l'échappement libre : dès que la roue est arrêtée par le crochet, l'oscillation complémentaire du pendule se fait librement. On en devine le fonctionnement sur la figure 2.10 à droite :

En bout d'oscillation à gauche le levier **C**, solidaire du pendule, soulève le cliquet **D** et libère la roue **R** dont une des goupilles vient appuyer sur l'autre levier **B**

La pression de la goupille **B** arrête le mouvement du pendule et le relance vers la droite ; après avoir parcouru un petit arc le pendule, que la goupille abandonne, oscille librement ; en même temps le levier **C** abandonne le cliquet **D** qui en tombant arrête la roue **R**.

3. Le pendule est fixé à un axe tournant sur pivot (les frottements sont importants).
4. L'impulsion sur le pendule se fait au point haut. C'est une mauvaise solution au problème de l'entretien du pendule : une irrégularité d'intensité de l'impulsion entraîne une variation de la période, même pour de petites oscillations...
5. L'axe du pendule est pourvu de deux bras : l'un reçoit l'impulsion à l'aide des chevilles de la roue d'échappement, l'autre arrête cette roue en laissant tomber au bon moment le crochet dans l'une des dents à rochets.

Pour conclure sur la priorité de cette invention, voici la lettre d'Huygens à Boulliau du 14 mai 1659 :

« Il peut bien être toutefois que Galilée a eu cette même pensée que moi comme vous dites, et pour la subtilité de l'invention, c'est peu de chose auprès de ce que

ce grand homme en d'autres matières a fait paraître. Monsieur Roberval, comme vous savez, a encore eu le même dessein dont Monsieur Chapelain m'a envoyé la description, mais il n'y avait rien pour faire continuer le mouvement du pendule par la force de l'horloge, ce qui toutefois est le principal. De même Monsieur Hevelius m'a promis de produire quelque jour ce qu'il a machiné sur ce sujet et Monsieur Wallis m'a aussi écrit qu'en Angleterre, il y en avait qui avaient trouvé le moyen de faire compter les vibrations du pendule par quelque instrument, de sorte que la pensée semble avoir été assez commune, mais on ne peut nier que mon modèle n'ait succédé le premier, car enfin, si celui de Galilée n'avait point eu d'inconvénient, il n'est aucunement croyable qu'il n'aurait pas mis en effet une chose si utile ou même après lui, le Sérénissime Prince Léopold lorsqu'il trouva ce modèle. » [56]

2.2.3 Huygens (1629-1695)

2.2.3.1 Le Père Marin Mersenne (1588-1648)

Marin Mersenne né dans le Maine, fit ses études au collège de jésuites de La Flèche avec Descartes dont il resta l'ami toute sa vie. Il entra ensuite chez les religieux du collège de Meaux et fut en contact avec de nombreux savants européens : Descartes, Galilée, Constantin et Christiaan Huygens, Pascal, mais aussi Peiresc, Fermat, Roberval.

Il s'intéressa de près aux œuvres de Galilée, les traduisit en français et les fit ainsi connaître. Il publia en 1639 les « Nouvelles pensées de Galilée ». Il s'agit d'une traduction incomplète des œuvres de Galilée dont il disait « si ces livres ne contiennent pas tous les discours du mot à mot, ils en donnent pour le moins la substance ». Il y conteste l'affirmation de Galilée selon laquelle les oscillations du pendule sont isochrones quelle que soit l'amplitude.

C'est lui qui, le premier, détermina la longueur du pendule à seconde en 1644 et comprit qu'un corps matériel suspendu oscille comme un seul point : il propose en 1646 aux géomètres le problème¹² de déterminer *le centre d'agitation ou de balancement*, c'est-à-dire la longueur du pendule simple synchrone du pendule composé (problème du funependule). Les efforts de Roberval et de Descartes furent infructueux et c'est Huygens qui donna la solution théorique dans « Horologium oscillatorium » :

Prop XX : Centrum oscillationis et punctum suspensionis inter se convertuntur

2.2.3.2 L'horloge de 1657

Depuis 1646 Huygens s'intéressait donc au pendule grâce au problème posé par Mersenne, problème qu'il n'avait pas encore résolu. En 1656, il a l'idée d'appliquer le pendule librement suspendu aux horloges à roues dentées, en réglant le mouvement du mécanisme par l'intermédiaire de la fourchette. Il fait réaliser son idée par Salomon Coster, horloger à La Haye. Cette

¹²Pascal écrivit de Mersenne : « Il avait un talent tout particulier pour former les belles questions, en quoi il n'avait peut-être pas de semblable ; mais encore qu'il n'eût pas pareil bonheur à les résoudre et que ce soit proprement en ceci que consiste tout l'honneur, il est vrai néanmoins qu'il a donné l'occasion de plusieurs belles découvertes qui, n'auraient peut-être jamais été faites, s'il n'y eût excité les savants. »

première horloge à pendule se trouve maintenant au Musée Boerhaave à Leiden (Figure 2.11). Elle comporte deux aiguilles : celle des heures et celle des minutes. On remarque les joues qui encadrent le pendule. En 1657, Huygens n'avait pas encore établi qu'elles devaient avoir une forme cycloïdale pour réaliser l'isochronisme quelle que soit l'amplitude des oscillations : les joues de cette horloge ont donc été tracées empiriquement.

2.2.3.3 Horologium (La Haye 1658)

En 1658 Huygens fait paraître son opuscule en latin « Horologium ». La suppression des arcs latéraux et le redressement de la verge à palette proviennent, comme l'explique Huygens, d'une double cause.

1. Avec les arcs, l'horloge devait être parfaitement verticale (et ne pouvait donc servir pour la mesure des longitudes en mer) ; de plus la détermination de la forme des arcs se faisait de façon empirique en créant des oscillations d'amplitudes différentes et en comparant les durées. C'était une opération que Huygens savait faire mais complexe et longue pour tous les horlogers qu'il voulait toucher.
2. Les arcs supprimés, les oscillations du pendule devaient rester petites pour conserver l'isochronisme : d'où l'adjonction du pignon O et de la roue de champ partiellement dentée P pour les amplifier sur le mouvement de la verge à palette dont le fonctionnement nécessite de grandes amplitudes. Cette nouvelle disposition de verge verticale correspondait aussi à la disposition de toutes les grandes horloges publiques de l'époque et permettait donc en plus de remplacer très facilement tous les anciens foliots par des pendules.

En 1659 Huygens a trouvé la forme théorique des joues [25] : elles doivent être cycloïdales pour donner des oscillations isochrones quelle que soit l'amplitude (pour un pendule de longueur $4a$, la joue cycloïdale doit être produite par un cercle de rayon a). Le pignon O et la roue P qui devaient aussi présenter des inconvénients ont été supprimés.

2.2.3.4 « Horologium oscillatorium », L'horloge oscillante (1673)

Le titre complet de l'ouvrage, publié en latin est « Horologium oscillatorium. Sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae » c'est-à-dire « Démonstrations géométriques au sujet du mouvement des corps suspendus appliqué aux horloges ». Huygens y expose ses recherches et décrit toutes les innovations qu'il a apportées depuis 1656.

Depuis 1661 Huygens était en contact avec l'horloger parisien Isaac Thuret¹³ qui construisit en 1675 une horloge avec un pendule battant la demi-seconde pour l'Observatoire de Leiden suivant les indications de Huygens (Figure 2.14).

Les perfectionnements ultérieurs des échappements s'appliquèrent à agir sur le pendule le moins possible.

¹³Les rapports de Richer en Guyanne (1672-1673) mentionnent que les horloges emportées battant la seconde et la demi-seconde sont de Thuret.

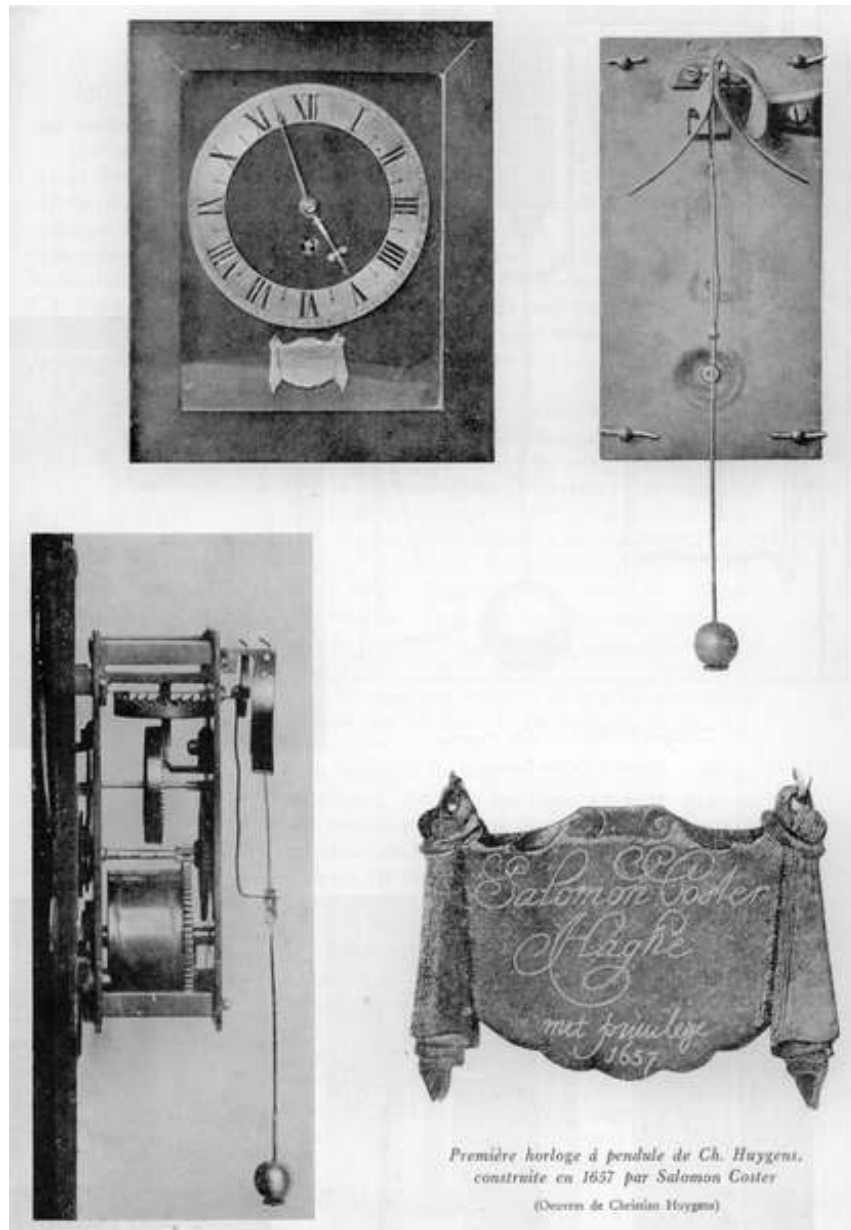


FIG. 2.11 – L'horloge de Huygens de 1657, fabriquée par Salomon Coster

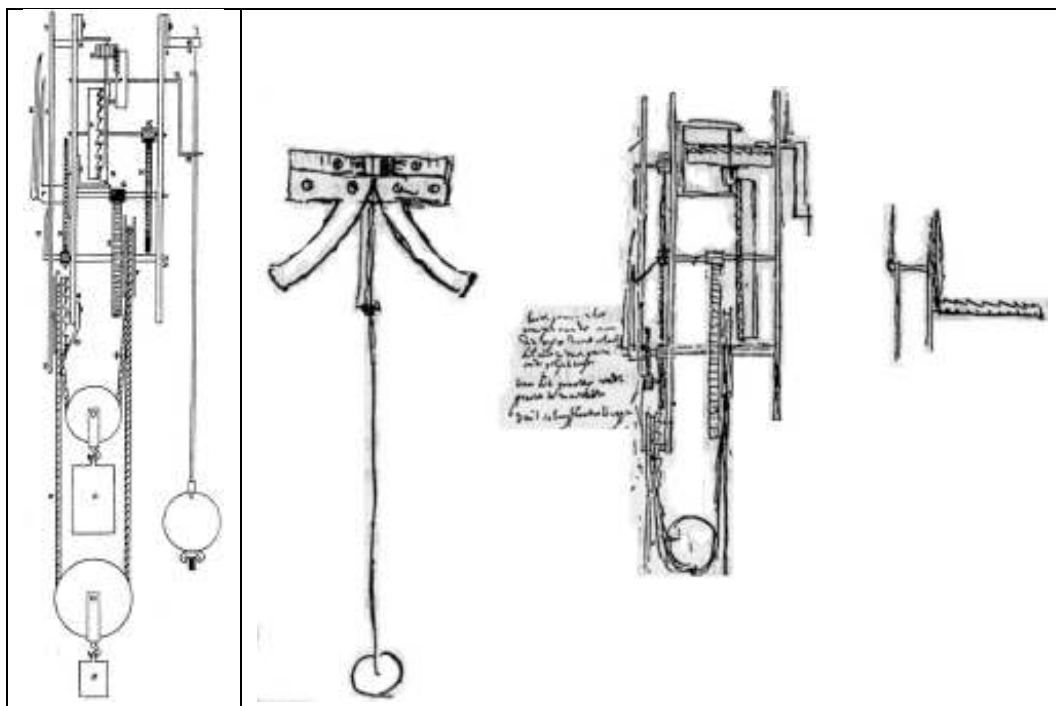


FIG. 2.12 – Dessins de Huygens.

A g., *Horologium*, 1658. Lames correctives absentes, verge verticale.

A d., *L'horloge à pendule à arcs cycloïdaux*, 1659. Jous cycloïdales présentes, verge horizontale.

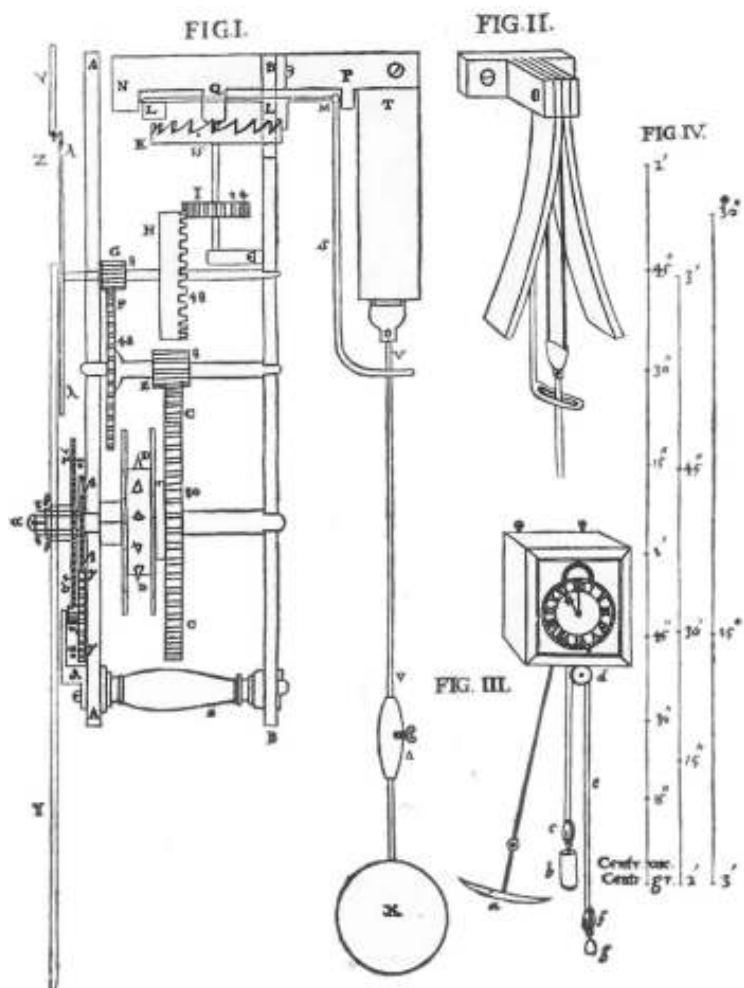


FIG. 2.13 – L'horloge de 1673, dessin de *Horologium oscillatorium*.

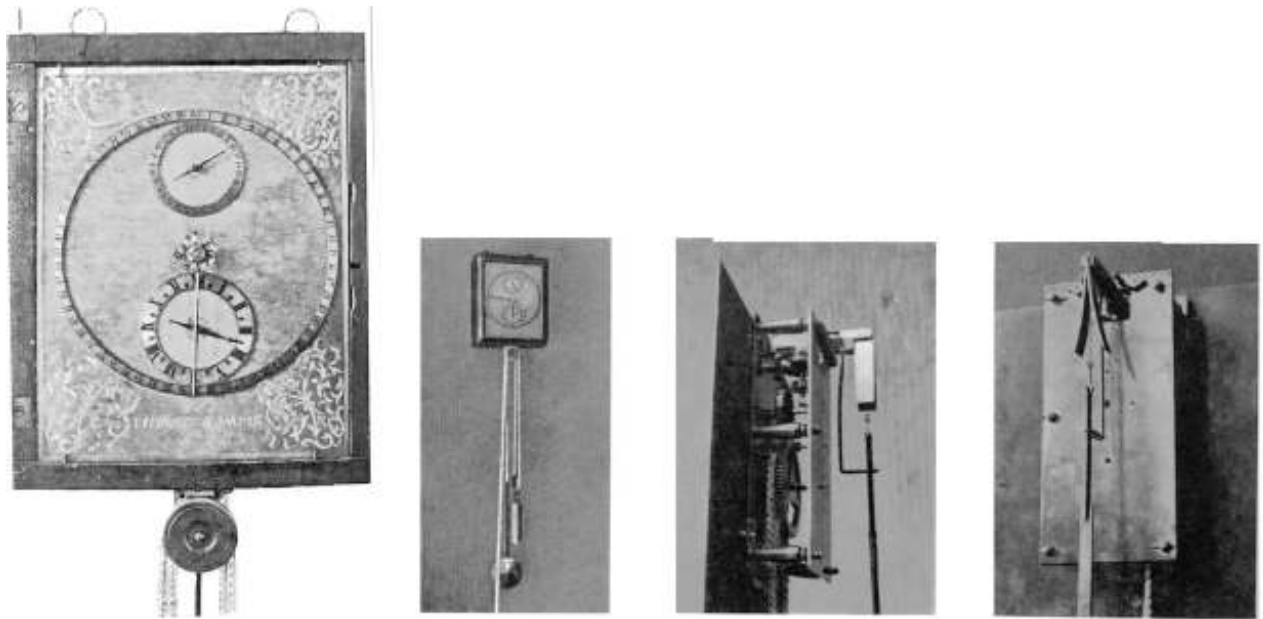


FIG. 2.14 – L'horloge à pendule d'Isaac Thuret (Musée Boerhaven de Leyden). Le grand cadran est associé à l'aiguille des secondes. La vue arrière montre les joues cycloïdales.

2.2.4 L'échappement à ancre

Une controverse eut lieu à propos du premier échappement à ancre entre Hooke et l'horloger William Clément vers 1680. Georges Graham (1673-1751) invente vers 1715 une ancre dite « à repos » ou sans recul car la roue tourne toujours dans le même sens. Les palettes de l'ancre sont positionnées pour tomber « pile » sur les dents de la roue d'échappement.

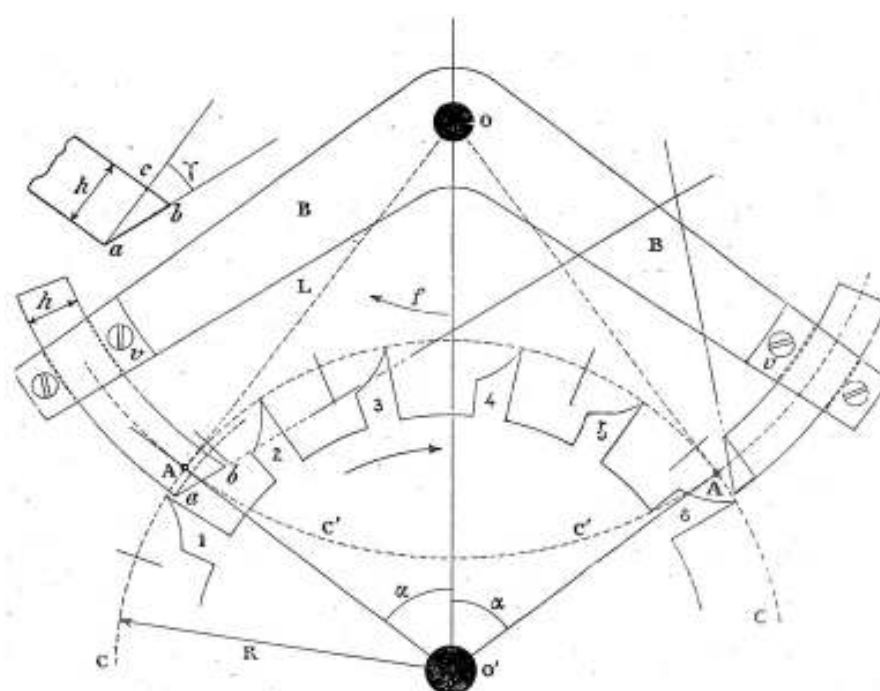


FIG. 2.15 – L'échappement inventé par Graham vers 1715

Troisième partie

L'horloge astronomique de Lyon

Chapitre 1

Introduction

Les grandes villes du Moyen Age investirent parfois des sommes considérables pour réaliser sur leurs Hôtels de Ville ou dans leurs cathédrales des horloges monumentales « à rouages » munies d'automates et parfois même de cadrans astronomiques comme, en France, celles de Cluny (1340, disparue), Strasbourg (1354, restaurée en 1574 puis 1842), Lyon (1379, restaurée en 1598 et 1660 puis 1992), Bourges (1423, restaurée de 1992 à 1994), Saint-Omer (1555, restaurée en 1680), bien plus tard Besançon (1860), Beauvais (1865).

A l'étranger on compte celles de Heilbronn (1580), Ulm (1580 refaite après 1945), Prague (1410 refaite après 1945) et Olomouc [78] en Bohème (vers 1500), Gdansk (1470 détruite en 1945), Berne, Salisbury et Wells en G.B. (1392 restaurée en 1835), Oslo et Lünd en Suède (1380), la « Sens Olsen » à Copenhague (moderne) ainsi que toutes les horloges du sud de l'Angleterre, de l'Italie du Nord, d'Allemagne du Nord et de Suisse (Figure 1.29).

Par son ancienneté préservée, la richesse de son décor et le nombre des automates mis en mouvement, l'horloge astronomique de Lyon est particulièrement intéressante.

Grands moments de la ville de Lyon, de la cathédrale, de l'horloge

- 61 avant J.C.** Arrivée de commerçants romains chassés de Vienne par les Allobroges
- 43** Peu après la conquête de la Gaule par César, un de ses lieutenants, L. Munatius Plancus, fonde Lugdunum en installant des colons sur les collines qui dominent la rive droite de la Saône. Le nom de Lugdunum signifie, soit « colline aux corbeaux » d'après une légende celtique, soit « colline de la lumière » d'après les magnifiques levers de Soleil sur les Alpes que l'on peut admirer de la colline de Fourvière.
- 27** Lugdunum est choisie comme capitale des Gaules, par Agrippa, envoyé d'Auguste.
- 10** Drusus érige un autel dédié au culte de Rome et d'Auguste où affluent par cinq grandes routes traversant les trois Gaules, les délégués venus y célébrer leurs cultes. Lugdunum compte entre 50.000 et 200.000 habitants.
- 54 après J.C.** L'empereur Claude, né à Lyon en 10 avant J.C., prononce un discours retrouvé gravé sur les « Tables claudiennes » en faveur des libertés gauloises.



FIG. 1.1 – Lyon au XV^e siècle (d'après [109])

-
- 177** Persécution de Marc Aurèle : martyr des premiers chrétiens dans l'amphithéâtre de Lyon (saint Pothin et sainte Blandine).
- 197** Septime Sévère, vainqueur d'Albinus soutenu par Lyon, fait massacrer 18000 chrétiens dont saint Irénée, deuxième évêque de Lyon.
- 280** Début du déclin de Lyon qui, sous Dioclétien, ne sera plus que la capitale de la province lyonnaise.
- 457** Les Burgondes s'installent sur la rive gauche du Rhône avec Vienne pour capitale mais leurs rois résident parfois à Lyon : Histoire de Gondebaud (Voir la clepsydre de Théodoric à la page 273).
- 730** Lyon ravagée par un raid arabe, se relève grâce à deux évêques exceptionnels : Leidrade et Agobard.
- 843** Le traité de Verdun rattache Lyon à la Lotharingie.
- 1032** Lyon, après avoir été rattachée au royaume de Bourgogne-Provence, est réunie au Saint-Empire. Elle sera gouvernée par ses archevêques et par les chanoines de la cathédrale Saint-Jean, décorés du titre de comtes. Mais cette situation engendrera un long conflit avec les comtes du Forez qui durera jusqu'en 1173 et se terminera à l'avantage du Chapitre.
- 1079** Le pape Grégoire VII reconnaît la cathédrale Saint-Jean comme église primatiale des Gaules.
- 1180 à 1480** Construction de la Primatiale Saint Jean-Baptiste.
- 1244** Le pape Innocent IV arrive à Lyon le 2 décembre et réunit le XIII^e concile œcuménique le 18 juin 1245. La cathédrale est encore sans voûte lorsque le 17 juillet, après avoir célébré la messe, Innocent IV déclare que « l'empereur Frédéric II est dépouillé de par Dieu de tous ses honneurs, et que ses sujets sont déliés du serment de fidélité ». Innocent IV résidera à Saint-Just pendant les sept ans que durera le concile.
- 1274** XIV^e concile œcuménique à Lyon, à l'initiative du pape Grégoire X, ancien chanoine de Lyon. Une éphémère réunion avec les Grecs (rompue en 1289) émerge de ce concile.
- 1305 1316** : Les deux premiers papes d'Avignon, Clément V et Jean XXII, sont couronnés à la cathédrale Saint-Jean.
- 1307** Les conventions appelées « Philippines » consacrent la mainmise de Philippe le Bel sur Lyon.
- 1379** Premier document prouvant l'existence d'une horloge dans la cathédrale Saint-Jean.
- 1393** Premier document prouvant l'existence d'une horloge à l'emplacement actuel.
- 1419** Premières foires de Lyon instituées par le dauphin Charles, futur Charles VII.
- 1450** Charles VII accorde à Lyon le monopole de la vente de la soie dans tout le royaume.

- 1463** Louis XI fait défendre à tous les marchands français de fréquenter le marché genevois.
- 1473** Premier livre imprimé à Lyon par Barthélemy Buyer.
- 1494** Début des guerres d'Italie : Charles VIII s'installe à Lyon avec sa cour. Essor de la banque lyonnaise.
- 1515/1548** Le nombre d'ateliers d'imprimerie à Lyon, passe de 100 à plus de 400. Lyon rayonne aussi en littérature : Scève, Marot, Louise Labbé . . .
- 1532/1534** Rabelais publie à Lyon, à l'occasion des foires, Gargantua et Pantagruel.
- 1536** Installation à Lyon d'une manufacture de soie favorisée par un édit de François 1^{er}.
- 1552** Les archives mentionnent que l' « horrelogier Claude rabille les deux horloges de l'église ».
- 1562** Diffusion de la Réforme dans le Lyonnais : les protestants se rendent maîtres de la ville. Les troupes du baron des Adrets ravagent la cathédrale de Lyon. En 1572 sanglante réaction des catholiques.
- 1598** Restauration par Hugues Levet et Nicolas Lippius. Seules quelques pièces de cette époque subsistent.
- 1660** Restauration par Guillaume Nourrisson. L'horloge est telle que nous la voyons aujourd'hui.
- 1779-1782** Pierre Charmy modernise des rouages ; un échappement Graham (inventé vers 1715) remplace l'ancien. Le Suisse est ajouté.
- 1794** Les révolutionnaires détruisent tous les ornements de l'horloge.
- 1894-1900** Restauration par la Société Château de Paris sans transformations importantes.
- 1954** Restauration par la Société Ungerer de Strasbourg.
- 1992** Restauration par François Branciard, Charles Morat, Pierre Durand et Xavier Desmarquest.

Chapitre 2

Le lieu où se trouve l'horloge

2.1 La cathédrale Saint-Jean de Lyon

Josserand, abbé d'Ainay [35, 152], fut nommé archevêque en 1107 et en aurait jeté les fondations. En 1118, année de sa mort, le chœur s'élevait à peine ; vers 1150 il était achevé. Sur l'emplacement de l'église romane ravagée en 1162 par les soldats du comte de Forez, l'archevêque Guichard commence le mur du grand cloître (1165-1180) et initie vraiment les travaux de la cathédrale [109] que son successeur Jean de Bellesmain poursuit (1182-1193). On sait qu'à son époque, les chapelles du chœur étaient ouvertes au culte et que le chœur et l'abside étaient construits jusqu'au triforium seulement. Sous Renaud de Forez (1193-1226) et Robert d'Auvergne (1226-1234) les travaux sont retardés par les problèmes politiques et financiers. En 1245, année du concile œcuménique, la rosace Sud du transept est posée, en 1250 la rosace Nord. L'année du concile, seules deux double-travées de la nef sont construites, sur les quatre. Pour le concile de 1274, trois des travées sont construites et certainement couvertes. La façade, commencée en 1308, voit ses voûtes achevées avec les archevêques Jean de Talaru (1375-1389) et Philippe de Turey (1389-1415) ; la grande rosace Ouest date de 1392. Le clocher Nord-Est, siège de l'ensemble des cloches, est achevé en 1323. Sous le règne de Louis XI et la pontificat de Sixte IV, vers les années 1480, s'élèvent les tours Ouest et le couronnement de la façade, puis de 1500 à 1700 s'ajoutent les chapelles latérales non prévues initialement.

La figure 2.1 montre le quartier Saint-Jean vers 1550. On peut voir deux églises au Nord de la cathédrale (à gauche sur le plan) : l'église Saint-Etienne commencée au XIII^e siècle et l'église paroissiale Sainte-Croix. On peut encore voir les fondations de ces deux églises (rasées en 1796) ainsi que le baptistère de Sainte-Croix. Kleinclausz [109] nous décrit l'impressionnante communauté qui vivait autour de la cathédrale :

Les trois églises communiquaient entre elles par des portes latérales et elles étaient réglées par un même clocher, qui était celui de Saint-Jean ; on y commençait et finissait les offices aux mêmes heures. A la tête se trouvait le chapitre de la cathédrale, c'est-à-dire le collège des chanoines au nombre moyen de trente-deux, qui se subdivisaient eux-mêmes en trois catégories : les neuf dignitaires (doyen, archidiaque, précenteur, chantre, chamarier, sacristain, grand-custode, prévôt de Four-

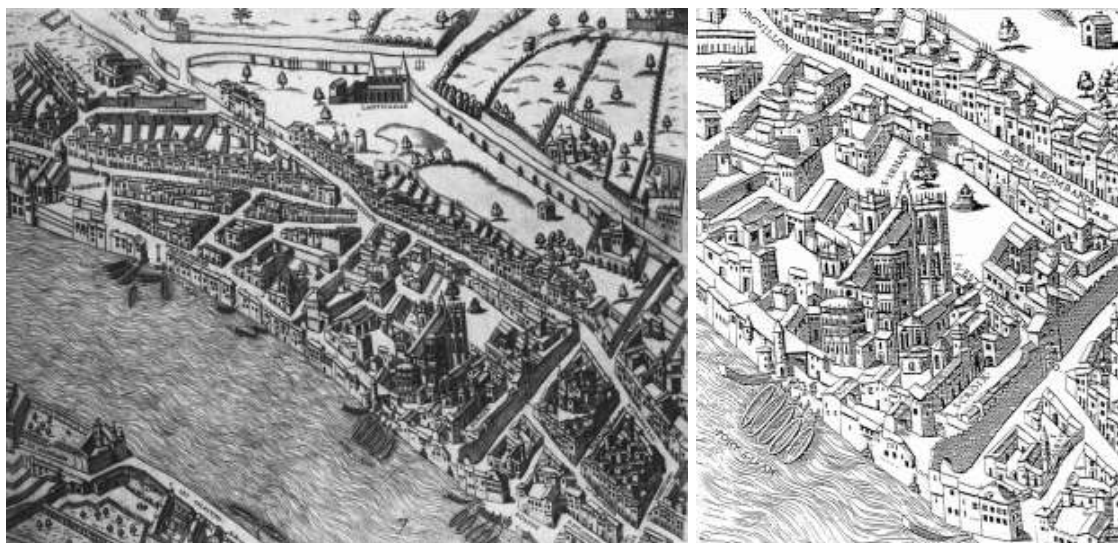


FIG. 2.1 – Le quartier Saint-Jean et la cathédrale vers 1550

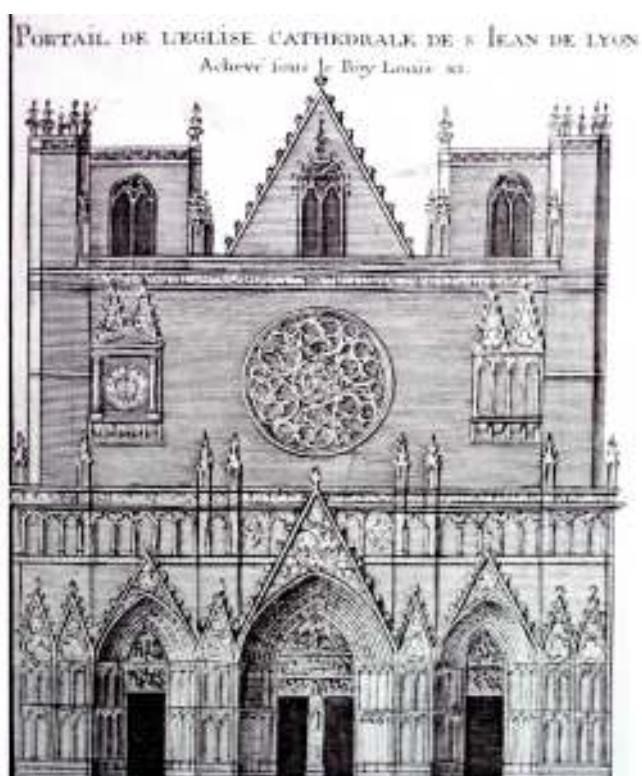


FIG. 2.2 – La cathédrale sous Louis XI



FIG. 2.3 – La cathédrale Saint-Jean de Lyon et la manécanterie

vière, maître du chœur), les hôteliers ou chanoines d'âge mûr, les jeunes. Venaient ensuite les auxiliaires du chapitre, c'est-à-dire : quatre custodes chargés des fonctions curiales ; dix chevaliers de l'église, pour la plupart docteurs en droit canon ; douze perpétuels, pour officier dans les chapelles ou acquitter les services de fondation. Il y avait encore quarante prêtres habitués, vingt clercs, vingt-quatre enfants de chœur. Cela faisait cent quarante-deux membres, rien que pour le clergé, et si l'on y ajoute la foule des serviteurs, on atteint un total qui ne pouvait être inférieur à trois cents personnes.

2.2 Le plan de la cathédrale

Longueur extérieure : 98 m Longueur intérieure : 79m

Hauteur nef : 32,5 m Largeur nef : 13,5m

Chœur : Hauteur : 24 m Profondeur : 20m

Jubé fermant le transept surmonté par un grand crucifix d'argent

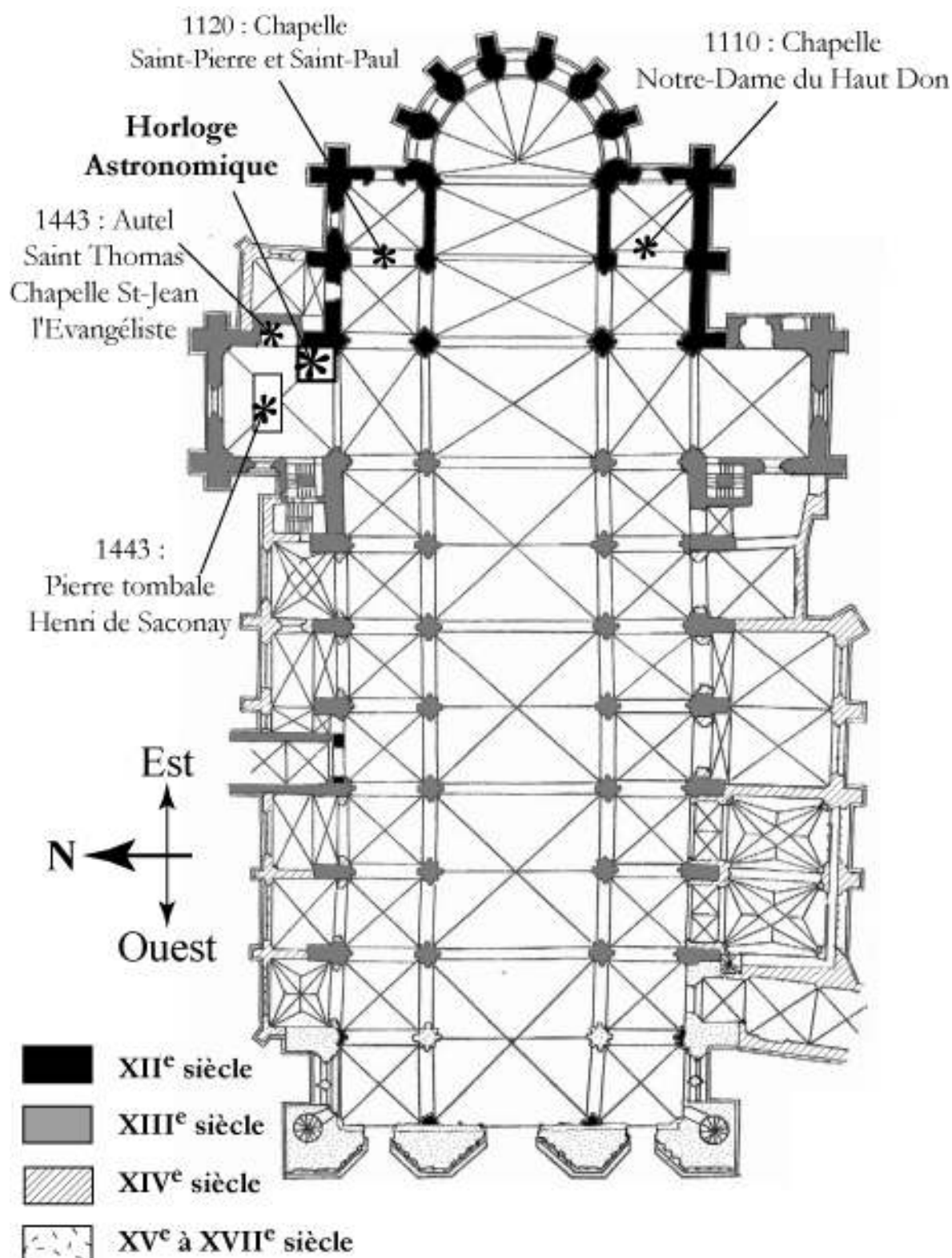


FIG. 2.4 – Plan de la cathédrale Saint-Jean de Lyon



FIG. 2.5 – L'autel Saint-Thomas, à gauche de l'horloge.

2.3 L'autel Saint-Thomas

L'autel¹ est placé à gauche de l'horloge. Il existait déjà en 1257, car Marie Syméon lègue 140 livres viennoises pour fondation de messes à son intention² :

« (Et aussi,) De même, je lègue sept fois vingt livres viennoises, afin que, et en contrepartie de celles-ci, le prêtre qui est de service à l'autel de saint Thomas existant dans l'église du bienheureux Jean de Lyon, célèbre en ce lieu et à perpétuité, des messes pour le remède de mon âme, des âmes de mon père et de ma mère et de mes ancêtres. »

Vers 1262, le sacristain Raymond, lui fit un autre legs de 120 livres³. Par son testament du 30 septembre 1399, le sacristain Guillaume Emoynd demanda à être inhumé en face⁴ :

« Le testateur choisit lui-même la sépulture de son corps dans l'église de Lyon, à savoir devant la chapelle fondée dans cette église en l'honneur de saint Thomas, à côté de l'horloge. »

¹D'après la monographie de la cathédrale Saint-Jean de Lucien Bégule, pages 25-26 [35]

²« Item relinquo septies XX libras viennensium de quibus emantur redditus quos habeat quidam presbiter qui altari Sancti Thome infra ecclesiam beati Johannis Lugdunensis existenti, deserviat et missas ibidem celebret et in perpetuum pro remedio anime mee et animarum patris mei et matris mee et antecessorum meorum »

Arch. du Rhône, Arm Agar, Vol. 2 n°3 Cf. Obit. Lugd. Eccl. p. 103

³V. Obit. Lugd eccl., page 120

⁴« Item sepulturam sui corporis eligit ipse testator in ecclesia Lugdunensi, videlicet ante capellam fundatam in ipsa ecclesia ad honorem beati Thome, prope rellogium » Arch du Rhône, Armoire Agar, Vol 7 n°11.

CHAPITRE 2. LE LIEU OÙ SE TROUVE L'HORLOGE

En vertu d'une autorisation capitulaire du 2 juillet 1443, le sacristain Henri de Saconay, deuxième fils de Guichard de Saconay, chevalier, le fit reconstruire et le dota d'un nouveau prébendier. Le chapitre lui octroya, en outre, permission d'élire sa sépulture devant⁵ :

« De même, le même jour, lesdits Seigneurs accordèrent audit seigneur H, sacristain, d'établir sa sépulture dans ladite église de Lyon, du côté gauche, près de l'horloge, devant la chapelle du bienheureux apôtre, chapelle où, par la grâce de Dieu, il s'est décidé à établir un prébendier. Les mêmes Seigneurs lui accordèrent de détruire la vieille construction de bois (de cette chapelle), de la remplacer et de reconstruire cette chapelle, à neuf et embellie. »

Henri de Saconay testa le 29 janvier 1444 et nomma pour prébendier de l'autel Saint-Thomas, Pierre Barbier, son serviteur⁶ :

« En outre, ce même testateur veut et ordonne qu'il y ait un prébendier, qu'il nomme à partir de cet instant, à savoir le seigneur Pierre Barbier, prêtre, son serviteur, (prébendier) dans sa dite chapelle du bienheureux Thomas, près de l'horloge de ladite église, chapelle qu'il a lui-même fait édifier. »

Henri de Saconay mourut le 11 février suivant. On voit encore, dans le transept, la grande dalle qui recouvre son tombeau. L'effigie au trait, qui occupait le milieu de la dalle, et l'inscription tracée autour, sont presque effacées. Du temps de Quincarnon [52], la date du décès était encore lisible ; aujourd'hui on ne lit plus que⁷ (Figure 2.6) :

« Ci-gît le vénérable et illustre seigneur Henri de Saconnay, docteur en droit, chanoine et sacristain de cette bienfaisante (maternelle) église de Lyon, et aussi doyen de Ceyzérieu, dans le diocèse de Genève, qui mourut le ... de l'année ... Qu'il repose en paix. Amen »

⁵« Item eadem die dicti Domini concesserunt dicto domino H sacriste, sepulturam suam fiendam in dicta Lugdunensi ecclesia, a parte sinistra, prope rologium, ante capella beati apostoli, in qua capella intendit per Dei gratiam fundare unum prebendarium ; eidemque concesserunt edificia antiqua fustea ipsius capelle destruerre et removere et illam capellam de novo et honorifice construere. » A.C. Vol XVI fo 25

⁶« Item vult et ordinat idem testator habere unum prebendadurium, quem ex nunc nominat, videlicet dominum Petrum Barberii, prebiterum, servitorem suum, in dicta capella sua beati Thome, prope horologium dicte ecclesie, quam capellam edificari fecit » Armoire Agar Vol 13 n°8, Cote Archives : 10G 1017

⁷« Hic jacet venerabilis et egregius vir dominus Henricus de Saconayo, decretorum doctor, canonicus et sacrista hujus alme Lugdunensis ecclesie necnon decanus Seysiriaci Gebennensis diocesis, qui obiit ... anno ... in pace requiescat. Amen ».

Le mot gebennensis ou cebennensis désigne Les Cévennes. Mais la « via gebennensis » est la portion de chemin de Saint Jacques entre Genève et Le Puy en Velay. L'ambiguïté est levée parce qu'il n'y a jamais eu de diocèse des Cévennes.



FIG. 2.6 – La tombe d’Henri de Saconay et un détail de son inscription.

2.4 La chapelle Saint-Jean l’Évangéliste

Cette petite chapelle était dans le bras nord du transept. Elle fut fondée et dotée d’une prébende, vers 1258, par le chanoine Isnard de Bron⁸.

Isnard de Bron, damoiseau, jadis neveu et héritier, selon ses dires, du seigneur Ysnard de Bron, autrefois (de son vivant) chanoine de Lyon, ... toute choses que ledit chanoine possédait au jour de sa mort, ... dans les campagnes et les paroisses de Décines, de Charpieu, de Chassieu, de Vénissieux et près de Bron, et toute chose qu’il possédait et pouvait posséder au-delà du Rhône et dans les Dombes, ... ledit damoiseau les vend en alleu⁹, les livre et les concède au vénérable seigneur M., doyen,

⁸« Isnardus de Bron, domicellus, nepos quondam et heres, ut dicit, domini Ysnardi de Bron, quondam canonici Lugdunensis, ... quicquid dictus canonicus tempore mortis sue habebat ... in villis et parrochiis de Dyssines, de Charpieu, de Chaceu, de Vinices et apud Berno, et quicquid habebat et habere poterat ultra Roddanum et in Dombis ... vendit iu allodium dictus domicellus, tradit et concedit viribili et venerabili domino M. decano et capitula Lugdunensi, precio quadragintarum et sexaginta et octo librarum viennesium et sub ancre altaris quod dict Ysnardus, canonicus defunctus, in sua ultima voluntate precepit fieri, ut dicitur, in honore beati Johannis evangeliste, in majori ecclesia Lugdunensi et ei deserviri per aliquem capellanum ...

(Actes de juillet 1260) Arch. du Rhône, Armoire Agar, vol. 22, no 1, et Arm. Festus, vol. 3, n° 3

⁹un alleu est une terre libre, ne relevant d’aucun seigneur et exempte de toute redevance

et au Chapitre de Lyon, au prix de 40 et 68 livres viennoises¹⁰ mais avec la charge de l'autel que ledit Ysnard, défunt chanoine, par sa dernière volonté, a ordonné d'édifier, comme il l'a dit, en l'honneur du bienheureux Jean, évangéliste, dans l'église majeure de Lyon (la cathédrale), pour qu'il y soit desservi par un chapelain.

Mais l'autel de cette chapelle ne fut édifié ou reconstruit que vers 1275 par le doyen Hugues de Pizay, qui y fit une fondation, ainsi que cela ressort du testament du doyen Guillaume de Francheleins, en date de janvier 1303. Vers la fin du XIV^e siècle, Aime Falcati y institua un nouveau prébendier.

Perceval de La Palud, chamarier de Saint-Jean, décédé le 2 juin 1342, et Pierre de La Palud, chanoine, son neveu, qui testa le 29 juillet 1393, furent inhumés dans le même tombeau, entre la chapelle Saint-Jean l'Évangéliste, et l'horloge. Sur la dalle qui les recouvrait en 1650, du temps de Guichenon, on lisait¹¹ :

« Ici repose le noble seigneur Perceval de La Palud, chamarier de l'église de Lyon, qui mourut le 2 juin 1342. Que son âme repose en paix »

¹⁰peu clair. On pourrait dire « 468 » mais quadringinta représente vraiment 40 ou alors « au prix fixé par les 40 (chanoines) soit 68 livres », ou encore « à la prière des 40 chanoines et à 68 livres ».

¹¹« Hic jacet nobilis dominus Percevallus de Palude, quondam camerius ecclesie Lugdunensis, qui obiit II die mensis junii MCCCXLII. Cujus anima requiescat in pace. »

Chapitre 3

Description de l'horloge

3.1 Dimensions, décor

La photographie 3.1 permet d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution de l'horloge. Elle est aujourd'hui constituée d'une tour carrée de 1,80 m de côté, surmontée d'une tourelle octogonale présentant les automates puis d'un dôme supportant le coq qui culmine à 9 m. Le décor avec guirlandes de fleurs et fruits date du XVII^e siècle. Cinq poids devant être remontés tous les cinq jours en permettent le fonctionnement.

3.2 Inscriptions

Sur la face Nord (Figure 3.2), on peut lire :

AE
horologium
istud jam pridem per
hereticorum injuria
omnino mancum et mutum
illustrissimi ac venerabiles
d.d. comites Lug. pro sua
munifica pietate, non modo
redintegrari, sed etiam
elegantius concinnari
curaverunt, anno domini
M. VI. LXI.
opera Guillelmi
Nourrisson

Traduction
Cette horloge,
autrefois totalement mutilée
et réduite au silence
par l'agression des hérétiques,
les illustres et vénérables Seigneurs,
Comtes de Lyon, prirent soin
dans leur généreuse piété,
de non seulement la restaurer,
mais encore de la faire remettre
en ordre de marche par les soins de
Guillaume Nourrisson,
l'an du Seigneur
1661.

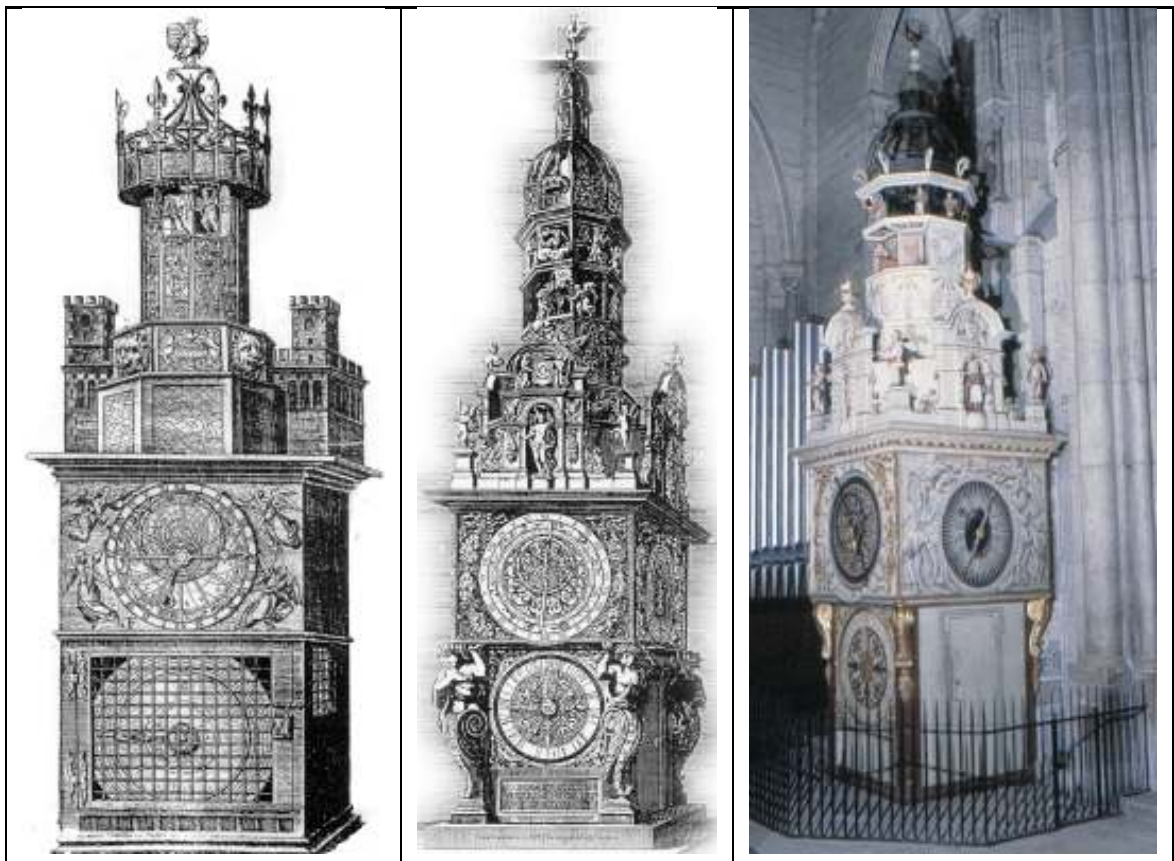


FIG. 3.1 – L'horloge astronomique de Lyon en 1598, 1660 et 2004.



FIG. 3.2 – L’inscription de 1660.

3.3 Les statuettes fixes

Sur chaque côté, se trouvent deux statuette fixes (Figure 3.3) représentant saint Pothin (côté Nord), saint Irénée (côté sud)

saint Pothin : 1^{er} évêque de Lyon martyrisé en 177 dans l’amphithéâtre des Trois Gaules

saint Irénée : 2^e évêque de Lyon (130-208), disciple de Polycarpe en Asie Mineure, disciple de saint Jean

3.4 Les automates

Les renseignements qui nous ont permis de comprendre le fonctionnement des automates proviennent du cahier de notes de Xavier Desmarquest. Nous sommes particulièrement reconnaissant à son fils d’avoir mis ce document à notre disposition.

3.4.1 Description des mouvements

Les automates se mettent en mouvement à 12h, 14h, 15h, 16h (par raison d’économie : l’horloger ne remonte ainsi l’horloge que tous les cinq jours).

L’ange de gauche retourne son sablier, celui de droite fait le chef d’orchestre avec sa baguette.

Le coq chante trois fois, hausse le cou, ouvre le bec, bat des ailes.



FIG. 3.3 – Saint Pothin et saint Irénée.

Trois des six anges entourant « Le Père céleste », actionnent les marteaux des cloches en jouant l'hymne de Saint-Jean-Baptiste : « Ut queant laxis ».

Le Suisse se tourne rapidement, démarre sa ronde, saluera la foule de la tête et de la main.

Marie se tourne vers l'ange Gabriel, le Saint-Esprit sous forme d'une colombe descend du plafond qui s'entrouvre.

« Le Père céleste » bénit son peuple par trois fois.

Le Suisse termine sa ronde pendant que la grosse cloche sous le coq sonne l'heure nouvelle.

3.4.2 Les cinq poids entraînant les mécanismes

Les cinq poids qui entraînent les mécanismes sont affectés aux mouvements suivants :

1. Le mécanisme principal : le poids de 300kg se trouve dans un caisson derrière l'horloge, comme le montre la Figure 3.4. Le poids est accroché à l'extrémité d'un câble de 40 mètres, avec des moufles, nécessitant 250 tours de manivelle. Les roues du mouvement sont en bronze moulé et taillé lors de la restauration Charmy, celles du comput en fer taillé à la main, certaines de Nourrisson ou Lippius. Noter les roues à cage d'écureuil (Les machines à tailler les roues apparaissent vers 1700). Le tambour principal, contrôlé par les oscillations du pendule entraîne l'astrolabe, le carrousel des jours, le calendrier et l'aiguille des minutes. Il déclenche les mouvements des heures, du carillon, du Suisse et du coq. Lors du remontage, l'horloger engrène un petit contrepoids de 100 grammes sur une roue pour éviter l'arrêt de l'horloge.

2. Le Suisse : d'abord rapide (petit volant) puis il ralentit (deuxième volant), fait un $\frac{1}{4}$ tour, salue, repart lorsque la sonnerie se déclenche.



FIG. 3.4 – Le caisson derrière l’horloge.

3. La sonnerie du coq : un soufflet et une boîte permettent le son haché. Un poids appuie sur le soufflet. Un câble actionne les ailes, un autre le cou.

Le mécanisme du coq (Figure 3.8) est le mécanisme le plus ancien de l’horloge. Analysons ses éléments caractéristiques : Une roue de fer forgée avec un croisillon mortaisée dans la roue. Des dents pointées au compas suivant l’ancienne habitude de taille. On reportait N fois au compas la distance calculée à partir du diamètre de la roue pour obtenir N dents sur la circonférence [59].

4. Les automates : les six anges aux clochettes, les deux anges du bas, l’Annonciation, le « Père Céleste » qui bénit, le carrousel des jours

5. La sonnerie des heures : en plus des heures qui sonnent à 12h, 14h, 15h, 16h, lorsque la roue est en bonne place, il y a une sonnerie des demi-heures. On peut supprimer la sonnerie aux moments des offices (dimanches notamment).

En 1900, Château écrivait dans sa notice à propos des heures des sonneries [42] :

« Les heures de silence ont été arrangées pour ne pas troubler les offices de la cathédrale. Les heures des sonneries complètes sont au matin 5 heures et 6 heures. Elles reprennent à midi, une heure et deux heures. »

3.4.3 Les anges du carillon

Une commande très simple soulève le bras en même temps que le marteau de la cloche.

L’ange 1 tient un livre dans la main droite.

L’ange 2 tient un ruban jaune-vert dans la main droite.

L’ange 3 tient un parchemin dans la main droite.



Figure 3.5: Le carillon.



Figure 3.6: Les anges du carillon.

L'ange 4 tient dans la main gauche une pierre plate.

L'ange 5 tient dans la main gauche un livre très ouvert dont les pages pendent.

L'ange 6 tient dans la main gauche un livre ouvert avec des pages plus larges que hautes.

L'air semble joué par les 6 anges actionnant les tringles. En fait 7 marteaux viennent frapper les 7 cloches jouant l'air «Ut queant laxis» chanté pour la fête de Saint-Jean-Baptiste¹.

Ut queant laxis

Ut queant laxis
Resonare fibris
Mira gestorum
Famuli tuorum
Solve polluti
Labii reatum
Sancte **I**oannes.

Pour que vos serviteurs
 puissent à pleine voix
 chanter les merveilles
 de vos actions,
 Délivrez leurs lèvres
 de la souillure du péché,
 O Saint-Jean.

Nuntius celso
 veniens Olympo,
 Te patri magnum
 fore nasciturum,
 Nomen, et vitae
 seriem gerendae
 Ordine promit.

Un messenger
 venu du haut du ciel,
 annonce à votre Père
 que vous naîtrez grand ;
 il révèle,
 tour à tour
 et votre nom, et votre vie.

Sit decus Patri,
 genitaeque Proli
 Et tibi compar
 utriusque virtus
 Spiritus semper
 Deus unus
 omni Temporis aevo. Amen.

Honneur soit toujours au Père
 et au Fils engendré,
 et à vous leur égale
 et mutuelle vertu,
 Esprit,
 Dieu unique,
 dans toute l'étendue des temps. Amen.

3.4.4 Les anges musiciens

A chaque heure, la roue du mécanisme enclenche un grand levier et les mouvements des anges.

L'ange au sablier tient dans sa main droite le sablier en forme de poire ou de coloquinte. La tête fait un aller-retour à droite de 90°. Sa main reste retournée entre deux déclenchements, une fois à l'endroit, une fois à l'envers.

¹C'est cet hymne, écrit par Paolo Diacono (720-799), qui aurait servi à Guido d'Arezzo (995-1050) pour donner leur nom aux notes de la gamme actuelle: ut, ré, mi, fa, sol, la, si (do, plus facile à chanter, a remplacé le ut).

Les cloches ont respectivement pour diamètre: $\Phi_1 = 175mm$, $\Phi_2 = 160mm$, $\Phi_3 = 145mm$, $\Phi_4 = 185mm$, $\Phi_5 = 220mm$, $\Phi_6 = 210mm$, $\Phi_7 = 195mm$ (en tournant, en vue de dessus, en sens horaire à partir de la cloche 1 située à gauche de "Dieu le Père"). D'après le carnet de Xavier Desmarquest.

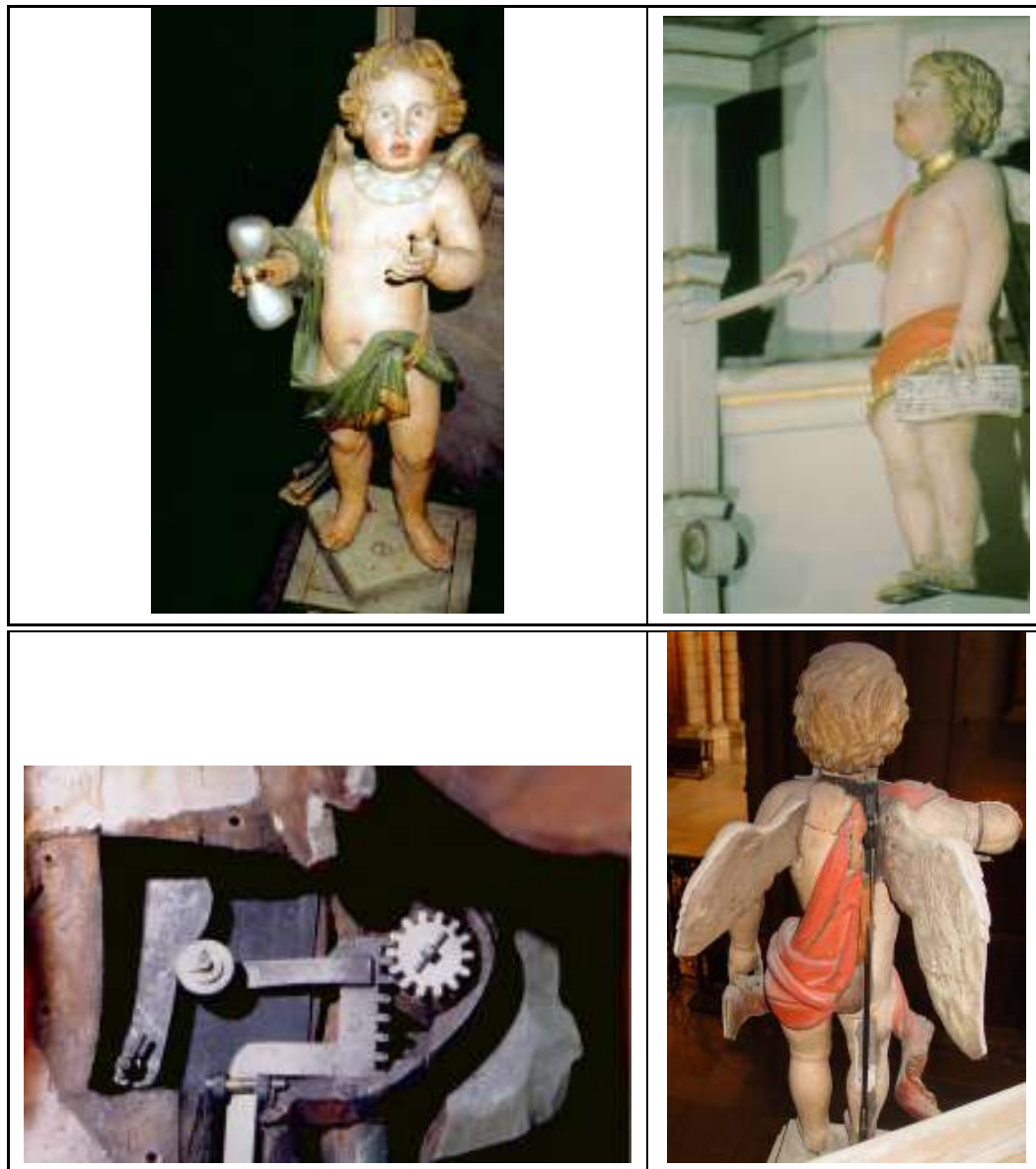


FIG. 3.7 – Ange au sablier et sa crémaillère. Ange chef-d’orchestre, de côté et de dos.

Le mécanisme de commande est placé dans le boîtier carré sous les pieds de l'ange. Les mouvements sont déclenchés, à chaque heure, par une détente actionnée par un des deux ergots placés sur la roue du tambour tournant de deux tours par heure. Une tringle actionne la crémaillère verticale que l'on voit sur la figure 3.7; cette crémaillère entraîne à la fois le pignon solidaire du sablier et la came provoquant la rotation de la tête.

L'ange chef-d'orchestre tient dans sa main gauche un livre de musique contre sa cuisse, et dans sa main droite, un bâton. Une tringle fait lever le pied droit de l'ange et, en même temps, lever son bâton et baisser sa tête. Un renvoi s'arrête sous le pied gauche de l'ange, et le fait pivoter de un huitième de tour sur la gauche.

Les mouvements sont déclenchés, à chaque heure, par les encoches d'une roue solidaire du mât central.

3.4.5 Le coq

Le coq est commandé à l'aide de deux cordes à piano:

- une commande traverse la patte droite et dresse le cou du coq lorsqu'elle descend.
- une commande traverse la patte gauche et ouvre les ailes en les repoussant.

Fixé sur ses deux pattes, le coq est emmanché par un fourreau carré qui s'emboîte sur l'extrémité du mât central. Il se retire par le haut après que l'on ait débranché les deux cordes à pianos sur les renvois en dessous.

Nous présentons sur la figure 3.9 le fonctionnement du coq de Strasbourg I (beaucoup plus complexe que celui de Lyon) d'après Théodore Ungerer et Henri Bach [178, 12, 138].

«Deux bielles en fer **1** et **2** entretiennent le mouvement. La première actionne la tête et la queue. L'abaissement du levier angulaire **a** (centre de rotation en **A**) fait lever la tête avec les trois articulations du cou. Un second levier **b** un peu plus petit (centre de rotation en **B**) reçoit le même mouvement, qui par l'intermédiaire de **c** est retransmis au levier basculant **d** (centre de rotation en **D**). Ce levier repousse à son tour la tige **c**, est provoqué ainsi l'abaissement de la partie inférieure du bec, dont la charnière se trouve en **F**, et le mouvement de la langue fendue **g** qui est poussée au dehors.

Au moment où la tête se lève et où les leviers **h** et **k** reliés par la bielle **i** peuvent suivre le mouvement, la queue s'incline à cause de son propre poids en tournant autour du point **K**.

La bielle **2** provoque le battement des ailes: elle abaisse deux pièces intercalées **m** qui sont reliées à la bielle par un levier en fourche **l** et la traverse **l'**. Les pièces sont reliées à l'extrémité supérieure aux leviers **n** qui sont sur les axes **N** des ailes. Il en résulte un simple battement des ailes. Un autre système provoque le hérissément des plumes. Dès que l'axe **N** se met à tourner, une tige **o** rattachée à un deuxième

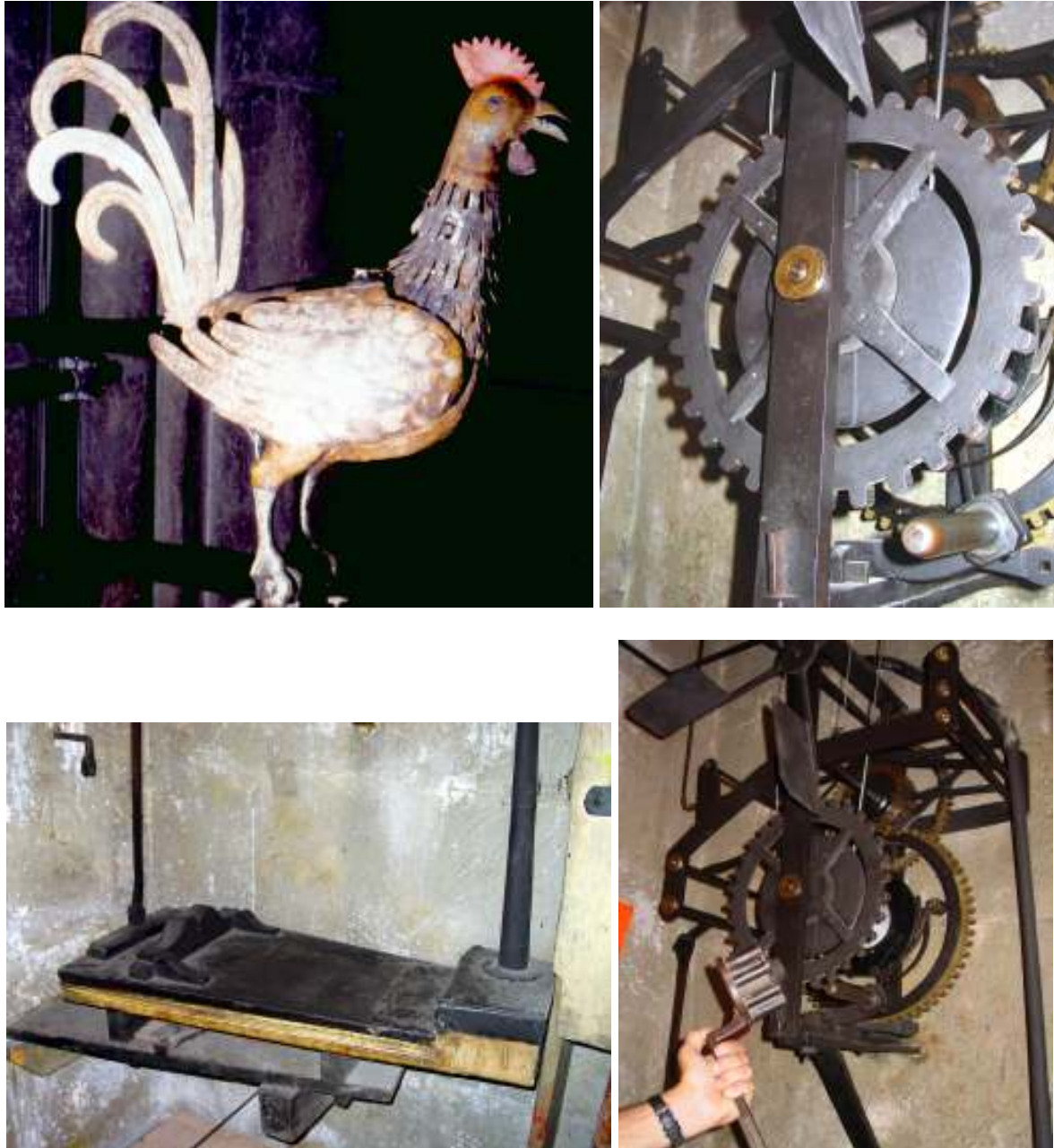


FIG. 3.8 – Le coq de Lyon, son mécanisme et son soufflet.

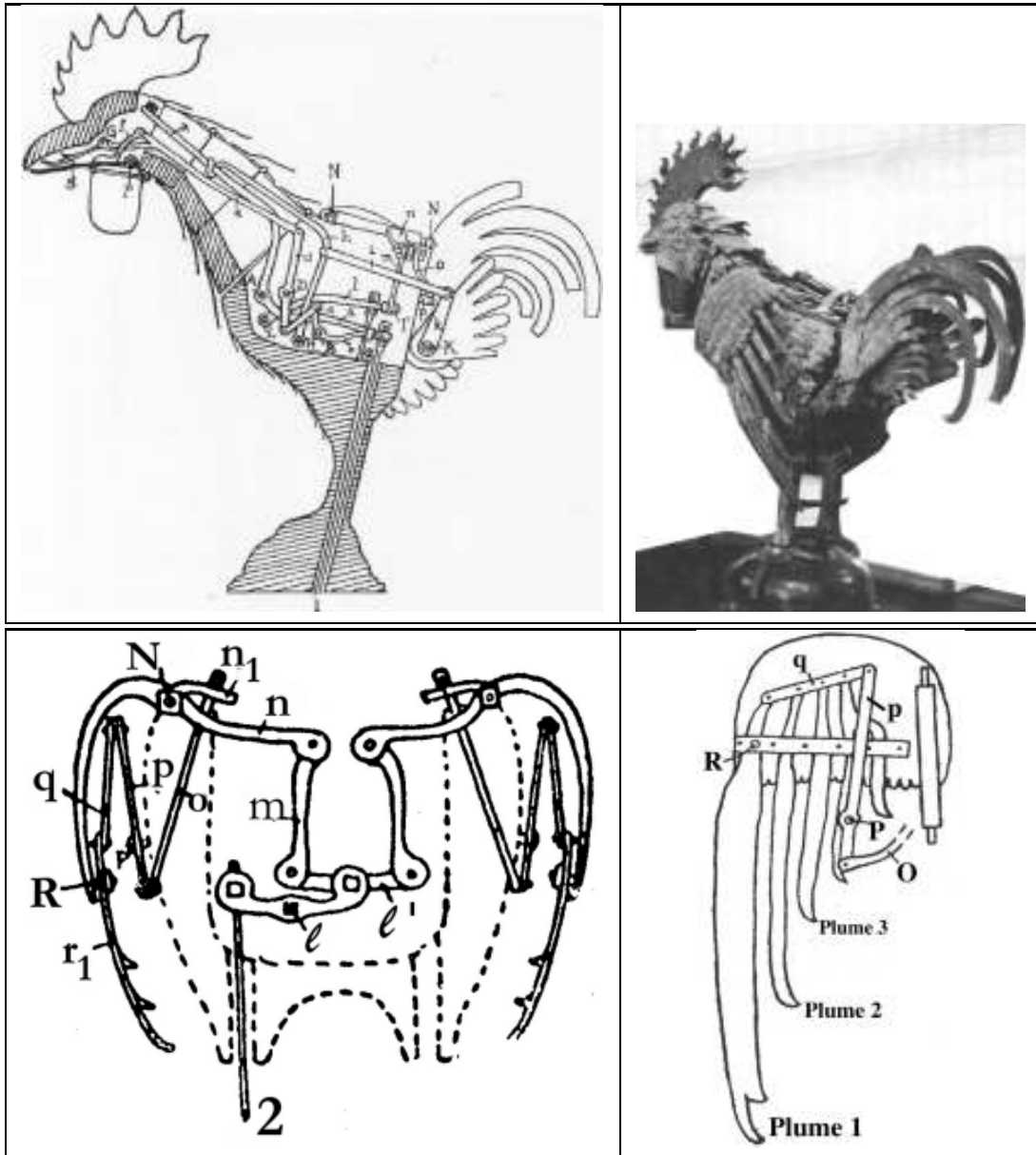


Figure 3.9: Le coq de Strasbourg I de 1354 (d'après [177, 12]).

levier **n** exerce une poussée sur un levier basculant **p** (centre de rotation en **P**) qui, à l'autre extrémité, déplace la tringle **q** dans une direction presque parallèle. Sur cette tringle reposent les extrémités des cinq plumes des ailes. La plume inférieure **1** qui a son centre de rotation en **R** reçoit la poussée maximale, parce que la tringle **q** n'agit qu'avec un bras de levier très court. Les autres plumes reçoivent une poussée moindre à mesure que de plume en plume les bras des leviers deviennent plus grands. Seule la plume 1 possède un axe de rotation; pour avoir des mouvements de différentes amplitudes, les plumes 2, 3, 4, 5 glissent dans des guides. Cette façon subtile d'étendre les plumes des ailes faisait la renommée du coq de Strasbourg.

Le corps du coq est taillé en bois: les plumes sont en fer forgé et sont clouées pièce par pièce ou en bandes de plusieurs sur le corps. La crête est taillée en cuivre. Le mécanisme ne contient pas un seul boulon.»

3.4.6 L'Annonciation



FIG. 3.10 – La scène de l'Annonciation.

Trois détentes actionnées par une came tournante entraînent successivement les mouvements suivants (Figure 3.11) :

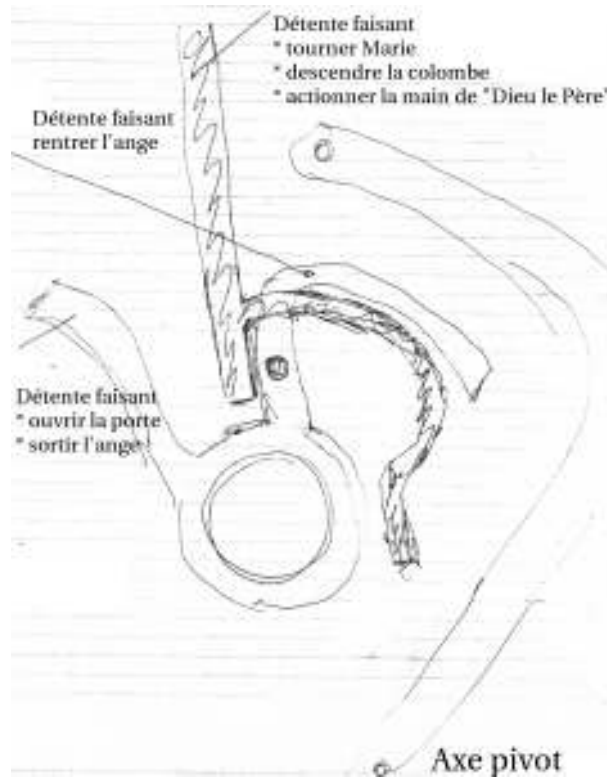


FIG. 3.11 – Mécanisme de l'Annonciation (d'après les carnets de Xavier Desmarquest).

Marie se tourne, la colombe descend.
La porte s'ouvre et l'ange Gabriel sort.
L'ange rentre, la colombe remonte, Marie se tourne.

3.4.7 «Dieu le Père»



Figure 3.12: «Dieu le Père».

«Dieu le Père» est constitué de deux plaques en bois. Celle du fond est fixée par le bas avec une ferrure clouée, et celle du haut (figurine accompagnée de trois têtes d'anges) est clouée sur une première plaque et fixée en haut sur une feuille de fer (presque impossible à démonter): cette plaque peut glisser latéralement en haut.

La commande est indépendante de l'ensemble Gabriel-Marie-Colombe: elle fait lever et tourner latéralement le bras droit.

3.4.8 Le Suisse



FIG. 3.13 – Le Suisse, au repos à l'arrière.

Le personnage est solidaire de la couronne (denture intérieure). Tous les mouvements de la statue sont provoqués par des chevilles ou ergots tout au long de son trajet.

Une révolution complète du Suisse en détail

Au départ, le Suisse est à l'arrière, tourné vers le centre (Figure 3.13). Le début de la rampe extérieure le fait tourner pour qu'il soit face au sens de la marche. Les deux jambes sont relevées alternativement en arrière pour imiter la marche. La jambe droite est actionnée par 10 goujons inclinés et la jambe gauche par des goujons en quinconce sur la piste du bas.

En arrivant au milieu, le bras gauche commence à se soulever et fait tourner la tête à droite. Un bossage sur la rampe extérieure fait pivoter le Suisse de presque 90°. La détente verticale fait incliner en avant le buste et la tête : le Suisse salue l'assemblée.

Le bossage de la rampe extérieure se termine et un ergot sur la rampe intérieure fait pivoter la statue dans le sens de la marche qui reprend en direction de l'arrière de l'horloge.

Une chicane de la rampe extérieure fait pivoter le Suisse face au centre. Le mouvement s'arrête.



FIG. 3.14 – Le Suisse.

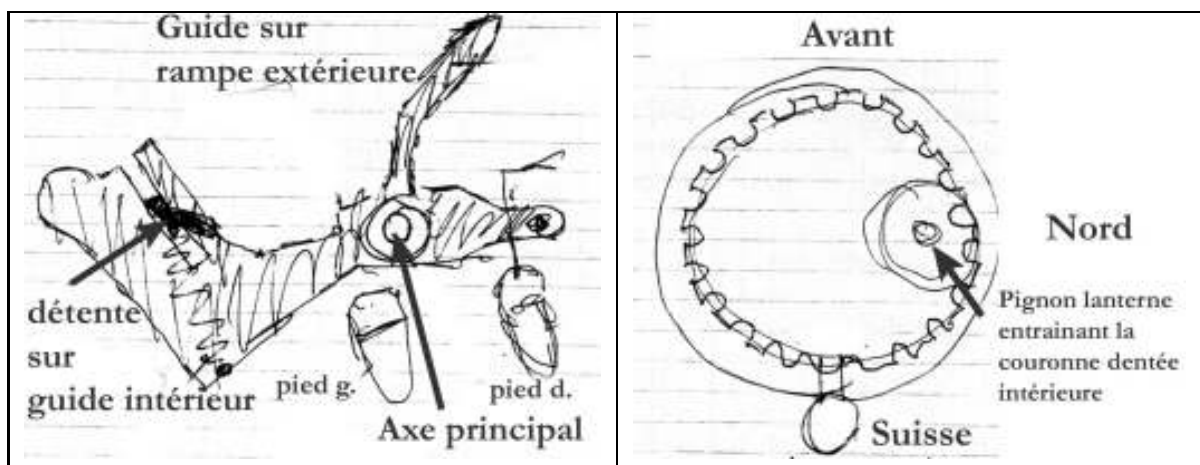


FIG. 3.15 – La mécanique du Suisse (d'après croquis de X. Desmarquest).



FIG. 3.16 – La cloche des heures (1660).

3.4.9 La cloche des heures

La cloche des heures, sur laquelle viennent frapper deux marteaux, porte deux inscriptions : en bas « Levet m'a faict », et en haut « 1660 ».

Elle date donc de la restauration de Nourrisson et a été coulée par un fondeur du même nom que l'horloger de 1598.

3.4.10 Autres spectacles d'automates

Il est particulièrement intéressant de connaître les spectacles d'automates d'autres horloges de la même époque.

Souvent, les Rois Mages venaient s'incliner devant une Vierge à l'enfant comme à Strasbourg II (1572) et à l'Hôpital Saint-Jacques à Paris (1326) (d'après [182], page 112).

D'autres fois, les douze apôtres venaient s'incliner devant le Christ (Strasbourg III), Münster, Rostock, combiné parfois avec les travers de la condition humaine comme à Prague où l'on voit l'Avarice et la Jalousie s'agiter à côté de la Mort et d'un Turc (Paragraphe 1.5.3). A Berne, le spectacle prend une couleur locale avec un défilé des ours devant le Roi.

Les ouvrages de référence sur les automates sont ceux d'Alfred Chapuis [40, 41] mais cette étude sort du champ de notre thèse.



FIG. 3.17 – Le carrousel des 7 jours de la semaine

3.5 Le carrousel des jours

Le carrousel des jours, datant de 1660, comporte sept statuette, chacune symbolisant un mystère ou représentant un saint ou une sainte (Figure 3.36).

1. Dimanche (Dominica) : Jésus Christ ressuscité.
2. Lundi (Feria Secunda) : Mort tenant une faux dont le Christ sera victorieux.
3. Mardi (Feria Tertia) : saint Jean-Baptiste, saint patron de la Primatiale.
4. Mercredi (Feria Quarta) : saint Etienne, saint patron de l'antique basilique attenante, tenant la palme des martyrs.
5. Jeudi (Feria Quinta) : Christ portant un calice à deux mains. L'hostie se tient toute seule au-dessus du calice.
6. Vendredi (Feria Sexta) : Enfant tenant les symboles de la crucifixion (croix, fouet, éponge) et semblant les montrer à l'assistance. La tunique entoure la croix.
7. Samedi (Sabbatum) : Jour dévolu à la Vierge Marie depuis le Moyen Age.

3.6 Le cadran des minutes

3.6.1 Description

Ce cadran (Figure 3.18) fut ajouté en 1660 par Nourrisson.

Une ellipse est inscrite dans le carré en haut duquel se trouvent les inscriptions des années de restauration : à gauche l'année M. VI. LX et à droite l'année M.VI. LXI.

Le mouvement de l'aiguille est transmis par un mécanisme qui lui permet à son extrémité de suivre le pourtour de l'ellipse (Figure 3.19)

- Les pignons **A** et **B**, entraînés par le pignon de l'arbre moteur, tournent en sens inverse à la même vitesse.
- La glissière **DD'**, solidaire du pignon **B**, tourne en sens horaire de un tour par heure.
- La biellette **C**, solidaire du pignon **A**, tourne en sens anti-horaire de un tour par heure.
- L'extrémité de l'aiguille des minutes **M**, fixée par le bras **F** à la biellette **C**, parcourt un circuit elliptique.

En bas deux anges se tiennent debout. L'un tient une équerre et une sphère armillaire, l'autre un globe terrestre et un compas. Un cadran solaire est posé au sol.

En haut deux anges déroulent une banderole au-dessus du cadran² :

« Grâce aux soins des très illustres Seigneurs, Comtes de Lyon, Guillaume Nourrisson restaura et améliora cette horloge auparavant corrompue. »

²CVRA D.D. ILLVSTRISSIMORUM LVGDVNI COMITVM GVILLELMUS NOVRRISSEON
ISTVD HOROLOGIVM ANTEA CORRVPVTVM RESTITVIT ET AVXIT



FIG. 3.18 – Le cadran des minutes

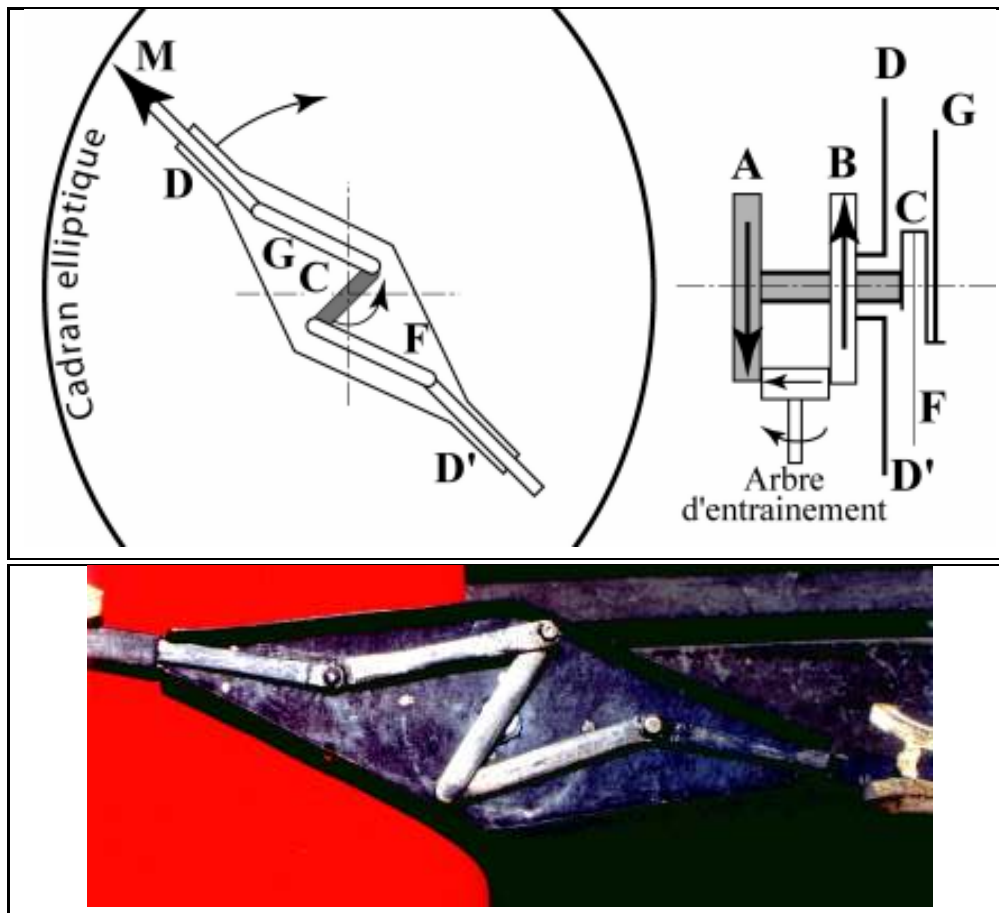


FIG. 3.19 – Le mécanisme de l'aiguille des minutes (Schéma d'après Charles Morat).

3.6.2 Le tableau caché



FIG. 3.20 – Découpe grattée dans le cadran des minutes.

Derrière la façade de 1660, se trouvent des peintures plus anciennes, datant certainement de 1598. Une petite découpe réalisée par les Monuments Historiques révèle une inscription (Figure 3.20). Une radiographie de tout le cadran permettrait d'en savoir plus.

3.6.3 Nicolas Grollier de Servières, créateur du cadran ovale

Nous verrons dans le chapitre consacré à Guillaume Nourrisson que ce cadran ovale a été inventé par Nicolas Grollier de Servières (1593-1685) dont nous donnons la biographie.

3.6.3.1 Nicolas Grollier de Servières

Voici ce qu'en dit Ferdinand Berthoud [21] :

« Servières (Nicolas Grollier de), mécanicien ingénieux, né à Lyon en 1596, mort en 1689. M. de Servières, après avoir quitté le service militaire, travailla à se former un cabinet en Mécanique, composé des pièces du tour, d'Horlogerie et d'autres machines. La description de ce cabinet parut en 1719.

M. Grollier de Servière, petit-fils de l'auteur, en a publié une seconde édition qui parut en 1751, chez Jombert, in quarto. La célébrité que ce cabinet curieux a obtenue, exige que nous citions la partie qui concerne les horloges. Les horloges singulières sont au nombre de dix-sept, presque toutes différentes : parmi ces horloges, on en trouve d'ingénieuses, et entre autres la septième de la description. C'est un tambour contenant le mouvement d'une horloge, qui descend d'un mouvement uniforme le long d'un plan incliné. Cette même machine avait déjà été publiée dès 1644 par

Schott, dans son livre intitulé *Thecnica curiosa*. Nous ignorons quel est le véritable auteur de cette invention.

On ne voit dans ces différentes horloges que la représentation extérieure : l'auteur de la description de ce cabinet n'en a pas expliqué le mécanisme. Nous observons que l'on ne peut d'ailleurs considérer ces inventions que comme des amusements en quelque sorte étrangers à la mesure du temps »

Son petit-fils écrivit un recueil³ des mécanismes construits par son grand-père, recueil qui fut réédité plusieurs fois (1719-1751- ...). Dans la préface, on peut lire :

« Il entre dans l'armée à 14 ans, sert en Italie puis en Flandres et en Allemagne au service de l'empereur Ferdinand, en particulier à la bataille de Prague où il se distingue. Après cette bataille il accompagne l'ambassadeur de ce prince à Constantinople... Après tant de travaux il va se retirer du service, comblé de gloire et de blessures pour goûter un peu de repos, s'étant occupé le reste de sa vie aux ouvrages dont je vais faire la description... »

3.6.3.2 L'horloge au cadran ovale

On peut lire dans le recueil du petit-fils de Nicolas Grollier de Servières :

« l'horloge quatorzième, dont il est inutile de donner la planche, a son cadran en ovale au lieu de l'avoir parfaitement rond comme les autres, et son aiguille s'allonge et se raccourcit et suit toujours exactement les différents diamètres de l'ovale en marquant les heures. Il y a au-dessous de ce cadran et dans le milieu de son piédestal une niche de laquelle on voit sortir en saillie des figures qui marquent les différents jours de la semaine. Les figures sortent successivement les unes après les autres de l'intérieur du piédestal et leur changement se fait régulièrement tous les jours à minuit au moyen des ressorts de l'horloge. »

Nous n'avons donc malheureusement pas de gravure du cadran ovale de Nicolas Grollier de Servières.

3.7 L'almanach et le calendrier

L'almanach ecclésiastique et le calendrier perpétuel que nous étudions d'abord, se trouvent sur le cadran inférieur de la façade de l'horloge (Figure 3.22).

3.7.1 L'almanach ecclésiastique

Le cercle de l'almanach ecclésiastique (Figure 3.21) actuellement en place est établi pour 66 ans de 1954 à 2019. Les renseignements donnés sont les suivants :

³Grollier de Servières, Recueil d'ouvrages curieux de mathématique et de mécanique... du Cabinet de M. Grollier de Servières... par son petit-fils, p. 23, Première édition 1719, Cote Part Dieu 116 099

Anni Domini (2000) : Rang de l'année dans le calendrier grégorien.

Dom. Post Epiph (6) : Nombre de dimanches entre l'Épiphanie (dimanche suivant le 1^{er} janvier) et la Septuagésime.

Septuagesima (20 février) :

6^e dimanche avant Pâques= 1^{er} dimanche de Carême

7^e dimanche avant Pâques= dimanche de quinquagésime

8^e dimanche avant Pâques= dimanche de sexagésime

9^e dimanche avant Pâques= dimanche de septuagésime

Dies Cinerum (8 mars) : Date du mercredi des Cendres, premier jour de Carême

quadregesima dies : le quarantième jour avant Pâques. Le Carême couvre la période de 46 jours entre mardi gras et le dimanche de Pâques ($6*7+4= 46$ jours). Le dimanche, jour symbolisant la résurrection du Christ, n'étant pas jour de jeûne, il y a bien seulement quarante jours de jeûne.

Pascha (23 avril) Pâques : 1^{er} dimanche qui suit la Pleine Lune qui suit l'équinoxe de printemps associée à l'épacte (peut être différente de l'équinoxe observé).

Ascensio Dom. (1^{er} mai) Ascension : le jeudi, 10 jours avant Pentecôte.

Pentecostes (11 juin) Pentecôte : le dimanche, 50 jours après samedi saint de Pâques (sept dimanches).

Fest. Corporis Ch. (22 juin) Fête-Dieu : le jeudi, 11 jours après Pentecôte.

Dom. Post Pentec. (24) Nombre de dimanches entre Pentecôte et le premier dimanche de l'Avent de l'année liturgique suivante.

Adventus (3 décembre) Date du premier dimanche de l'Avent (du latin adventus, arrivée).

Littera Domin. (2000 : B A) Lettre dominicale.

On désigne par A, B, C, D, E, F, G à partir du 1^{er} janvier les 7 premiers jours successifs de l'année. La lettre du premier dimanche s'appelle la lettre dominicale. Sur le cercle 3 du calendrier perpétuel contenant 365 secteurs et portant la succession des lettres A, B, C, D, E, F, G, A, B, C, D, E, F, G, ... cette lettre dominicale sera en face de tous les dimanches si l'année est non bissextile. Pour les années bissextiles de 366 jours (comme l'année 2000), le 29 février prend la lettre qui revient normalement au 1^{er} mars et il faut deux lettres dominicales, la première permettant de trouver les dimanches jusqu'au 29 février, l'autre les dimanches après le 29 février.

Num. Aureus (6) Nombre d'or : rang de l'année dans le cycle de 19 ans découvert par Méton en 432 avant J.C. dont la formule fut gravée en lettres d'or : 19 années solaires = 235 lunaisons (Par exemple si le 14 juillet 1969 est une N.L., le 14 juillet 1988 sera aussi une N.L.)

Actuellement dans le calendrier grégorien, en raison de la proemptose et de la métemptose $N=1$ si la Nouvelle Lune a lieu le 23 janvier ($N=2$ si N.L. le 12 janvier, $N=3$ si N.L. le 1^{er} janvier)

L'année 1995 est l'année numéro 1 d'un nouveau cycle, 1996 portera le numéro 2, 2000 porte le numéro 6

Epacta (XXIV) Épacte : âge de la Lune ecclésiastique (Lune « régulière »...) au 31 décembre de l'année précédente.

L'épacte varie donc de 0 (âge d'une N.L.) à 29. Le 31 décembre 1999, l'âge de la Lune était donc 24. La suite des épactes est calculée pour que Lune ecclésiastique et Lune vraie soient les plus proches possible mais il peut y avoir un décalage d'un ou deux jours car d'une part la Lune ecclésiastique est une Lune moyenne de 29,5j sur une année (avec en plus une correction des épactes comme pour les années bissextiles séculaires... pour plus de précision), d'autre part la Lune vraie a un mouvement irrégulier (les durées des quartiers sont inégales...). [23, 47]

Indictio (8) Rang de l'année dans un cycle de 15 ans d'origine romaine : tous les 15 ans s'accomplissaient certains actes administratifs, comme des révisions cadastrales permettant une mise à jour des impôts. L'indiction vaut 1 pour l'année 313 après J.C.. L'année 2000 est numéro 8 du cycle .

Littera Marty. (E) Lettre du martyrologe : lettre majuscule ou minuscule associée à l'épacte. A chaque lettre (30 lettres possibles) correspond un livre, relatant pour chaque jour de l'année la vie d'un saint que l'on lisait à Prime, le premier office de la journée.

On rencontre parfois le cycle dominical de 28 ans (4×7) au bout duquel les noms des jours tombent le même quantième du mois. Exemple : lundi 1^{er} janvier 2001 et lundi 1^{er} janvier 2029. Sans les années bissextiles, le cycle serait de 7 ans.

3.7.2 Le calendrier perpétuel

Il s'appelle perpétuel par rapport à l'almanach ecclésiastique. Le disque est divisé en 365 secteurs et tourne de 1 secteur par jour. Les six cercles désignent de gauche à droite (Figure 3.22)

1. Mois en latin, JANUARIUS,
2. Cercle permettant de trouver les Nouvelles Lunes ecclésiastiques. On a l'alternance :
*, 29, 28, 27, 26, 25, 24, ..., 1, puis *, 29, 28, 27, 26, 24, ..., 1, *, 29, 28, 27, 26, 25, 24
...

Le symbole * (=0) est associé au 1^{er} janvier. Le chiffre 25 est sauté une fois sur deux.

Cette succession donne une lunaison approchée mais inexacte de 29,5 jours. Il peut ainsi y avoir un décalage de un jour entre l'âge de la Lune ecclésiastique et celui de la Lune vraie. On lit d'abord l'épacte E sur l'almanach et on trouve alors sur le calendrier perpétuel toutes les Nouvelles Lunes

Soit X le chiffre lu sur ce deuxième cercle le jour J. L'âge de la Lune, ce jour, est alors :
 $E + 1 + 30 - X$ ou $E + 1 - X$

3. Cercle permettant de trouver les dimanches (Voir « Lettre dominicale », Page 181)
4. Calendrier romain.
Calendes : 1^{er} du mois ; Nones : jour 9 avant les Ides ; Ides au milieu du mois.
5. Calendrier grégorien donnant le quantième du mois.
6. Fêtes des saints et cérémonies.

Anni Domini.	2000	1) Le millésime
Dom. Post Epiph.	6	2) Le nombre de dimanches après l'Epiphanie
Septuagesima.	20 Feb	3) La date de la Septuagésime
Dies Cinerum.	8 Marc	4) La date du Mercredi des Cendres
Pascha.	23 Apr	5) La date de Pâques
Ascensio Dom.	1 Jun	6) La date de l'Ascension
Pentecostes.	11 Jun	7) La date de la Pentecôte
Fest. Corporis Ch.	27 Jun	8) La date de la Fête-Dieu
Dom. Post Pentec.	24	9) Le nombre de dimanches après Pentecôte
Adventus.	3 Dec	10) La date de l'Avent
Littera Domini.	BA	11) La lettre dominicale
Num. Aureus.	6	12) Le nombre d'or
Epacta.	XXV	13) L'épacte
Indictio	8	14) L'indiction
Littera Marty.	E	15) La lettre du martyrologe

FIG. 3.21 – L'almanach ecclésiastique.

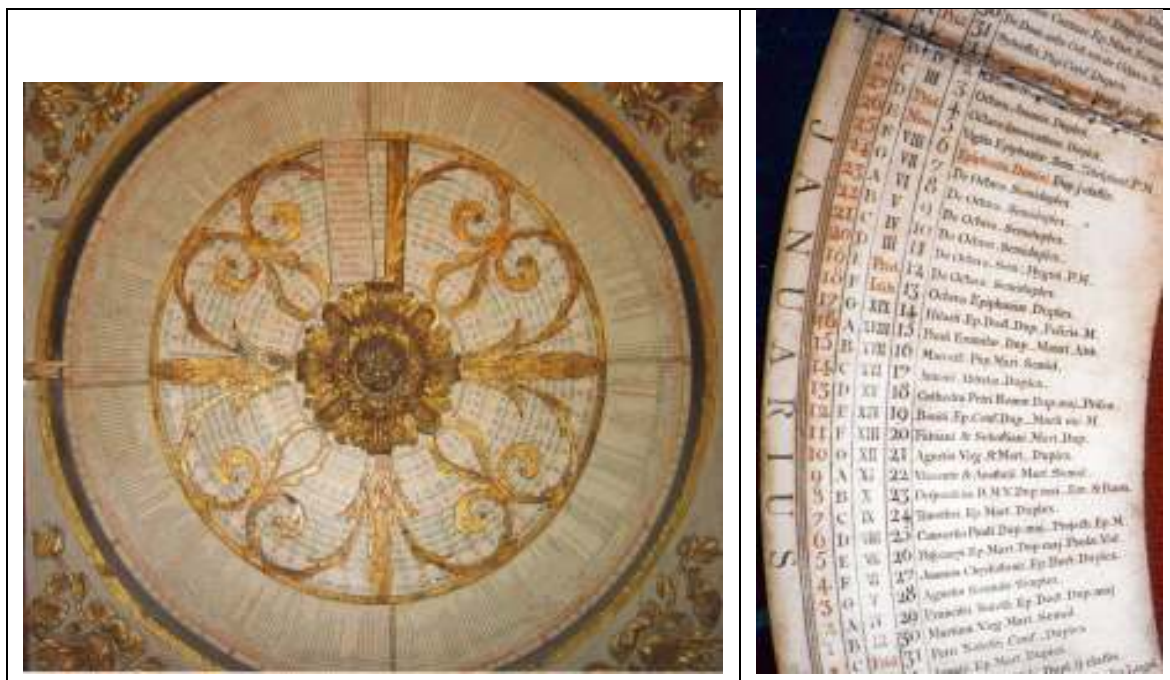


FIG. 3.22 – Le calendrier et le détail du mois de janvier.

3.8 L'astrolabe

3.8.1 La mère

C'est, sur un astrolabe manuel, le boîtier au fond duquel est logé le tympan, surmonté de l'araignée. Le diamètre de ce boîtier excède celui du tympan et son rebord circulaire a une épaisseur telle que le tympan sera, de peu, enfoncé dans la mère et que l'araignée se placera au même niveau que ce rebord. Dans un astrolabe manuel, la mère peut ainsi tenir en réserve plusieurs tympanes différents superposés.

Comme, ici, le fond et l'envers du fond de la mère ne sont pas visibles, seul le rebord circulaire assure une fonction horlogère : il porte les 24 marques d'heures rondes, espacées de 15° en 15° , et numérotées en deux séquences de chiffres romains, de I à XII. Entre les chiffres, les demi-heures sont repérées par une moucheture d'hermine. Midi se place sur le XII du haut.

3.8.2 Le tympan et ses 7 familles de lignes

Il est particulièrement intéressant de comparer ce tympan de Lyon à ceux d'autres horloges astronomiques construites à la même époque (Figure 3.23) : cathédrales de Münster (1540), Saint-Omer (1580), Strasbourg (1572), hôtels de ville d'Olomouc (1570) et d'Ulm (1581).

La figure 3.25 reproduit la ligne d'horizon, la ligne de hauteur -18° ainsi que l'équateur et les deux tropiques et une seule ligne de chacune des familles 3 (hauteurs), 5 (azimuts), 6 (heures temporaires), 7 (maisons).

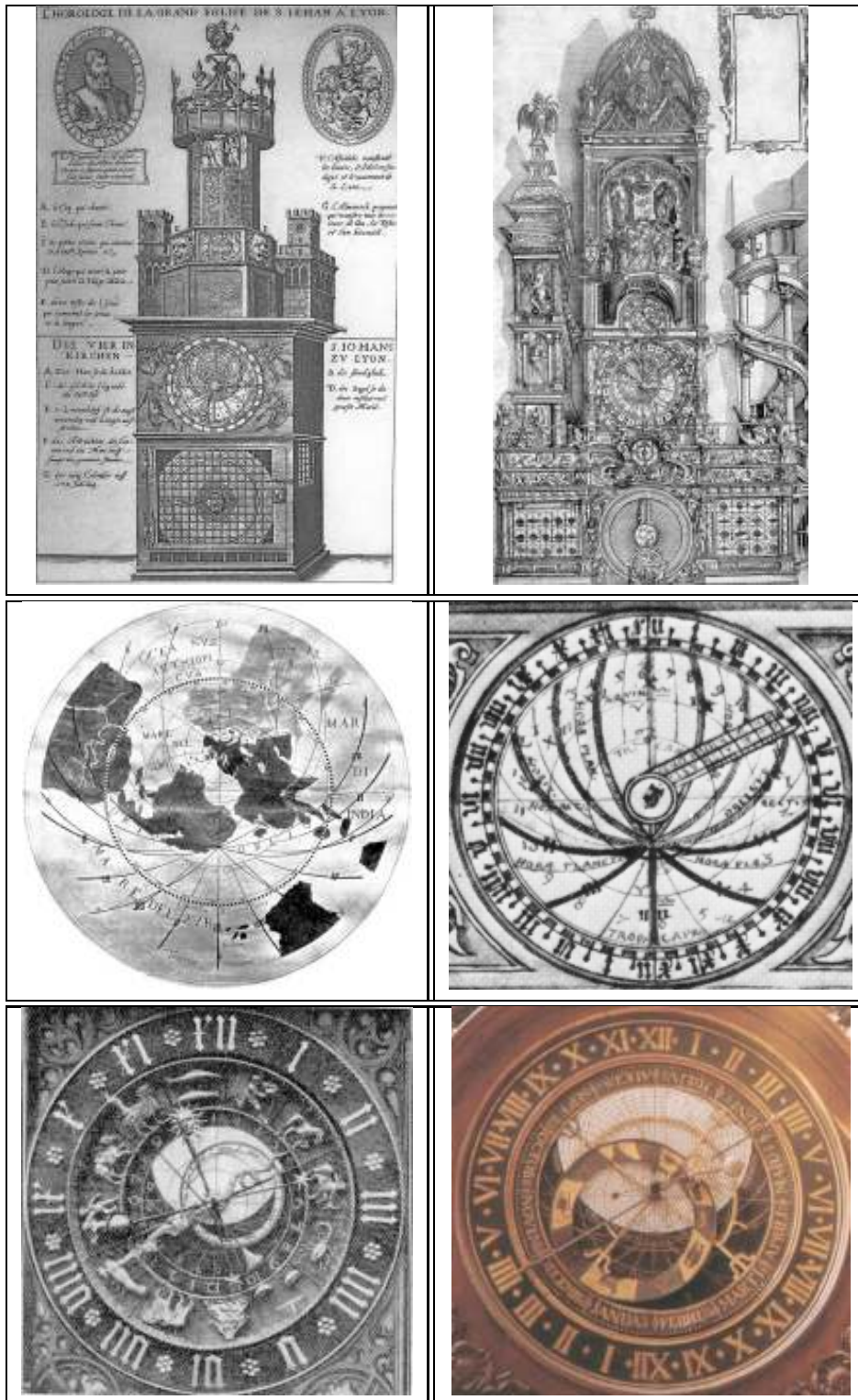


FIG. 3.23 – Tympan en projection stéréographique de Pôle Sud (Figure 1.27) : Lyon II (1598), Strasbourg II (1572), Münster (1540), Augsbourg (1594), Ulm et Saint Omer (1580).

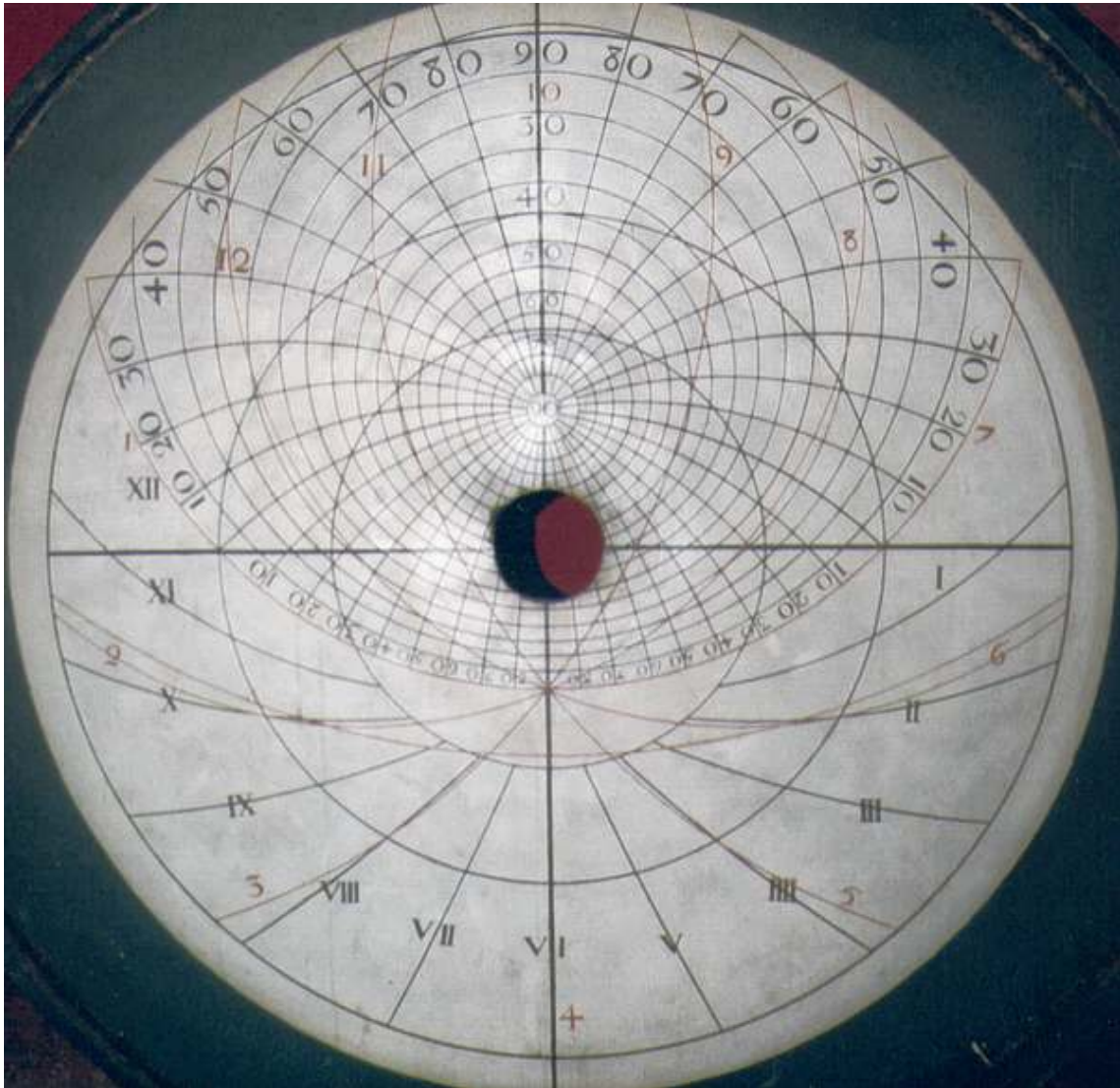


FIG. 3.24 – Tympan de l'astrolabe.

1. la ligne d'horizon, ou hauteur 0° , rouge, non numérotée.
2. au-dessous, la ligne rouge de hauteur -18° qui représente la frontière entre le crépuscule astronomique et la nuit noire non numérotée.
3. dix-sept courbes de hauteur, de couleur noire, (ou almicantarats), pour des hauteurs d'astres étagées de 5° à 85° et numérotées, en chiffres arabes noirs, par pas de 10° donc une sur deux. La hauteur 90° , pour un astre au zénith, se réduit à un point.
4. les trois cercles de l'équateur, du tropique du Cancer, du tropique du Capricorne. Bien que le Capricorne soit tracé très près du bord du tympan, il ne constitue une limite que pour les lignes tracées au-dessous de l'horizon. Les azimuts et les almicantarats le franchissent et atteignent le bord même du tympan.
5. trente-six lignes d'azimut, de couleur noire, une tous les 10° , avec une numérotation particulière aux astrolabes, qui s'organise en 4 séries de part et d'autre de deux axes, l'un Nord-Sud et l'autre Est-Ouest. Ces axes se coupent à angle droit sur le pôle du tympan. Les deux lignes d'azimut numérotées 0° coupent l'horizon sur l'axe Est-Ouest et progressent de 10° en 10° de part et d'autre de cet axe, jusqu'au méridien Nord-Sud où elles sont numérotées 90° . Les chiffres arabes en noir qui les identifient sont tracés de plus en plus gros, à mesure qu'on progresse vers le haut du tympan.
6. onze courbes noires sous l'horizon, allant du tropique du Cancer au tropique du Capricorne numérotées en chiffres romains noirs de I à XII (horizon). Ces heures temporaires de nuit découpent, en douze tranches égales, la durée qui s'écoule entre le coucher du Soleil et son lever du lendemain. Elles sont donc égales entre elles n'importe quel jour, mais collectivement inégales de jour en jour. A la latitude de Lyon, elles valent sensiblement :
 - (a) au solstice d'été (Cancer) : $8\text{h}30 / 12 = 0\text{h}42$
 - (b) aux équinoxes (Bélier, Balance) : $12\text{h} / 12 = 1\text{h}00$
 - (c) au solstice d'hiver (Capricorne) : $15\text{h}30/12= 1\text{h}17$

Ces heures temporaires s'appellent aussi antiques, inégales, bibliques, judaïques. Il faut bien voir qu'elles ne sont pas des instants, comme nos heures modernes, mais des durées et il est mieux de les numéroté, non pas sur la ligne mais dans l'espace entre deux lignes. Si on numérote les lignes comme sur ce tympan, de I à XII, on exprime l'idée que la ligne marque la fin de la plage horaire : à minuit la sixième heure temporaire de nuit est accomplie et on entre dans la septième.

Le système fonctionna aussi de jour et, jusqu'à la Renaissance, toute l'Europe s'en accommoda. Les douze heures temporaires de nuit étaient suivies de douze heures temporaires de jour, la sixième accomplie étant notre midi. Il n'y avait égalité entre les heures de jour et les heures de nuit que les jours d'équinoxes où elles valaient toutes une de nos heures modernes.

Sur l'horizon Est, et confondues avec lui, se placent l'heure zéro de jour et l'heure douze de nuit. Sur l'horizon Ouest, et confondues avec lui, se placent l'heure zéro de nuit et l'heure douze de jour. Sur ce tympan, seules sont tracées les heures de nuit. Elles tournent de droite à gauche par le bas, donc en sens horloge.

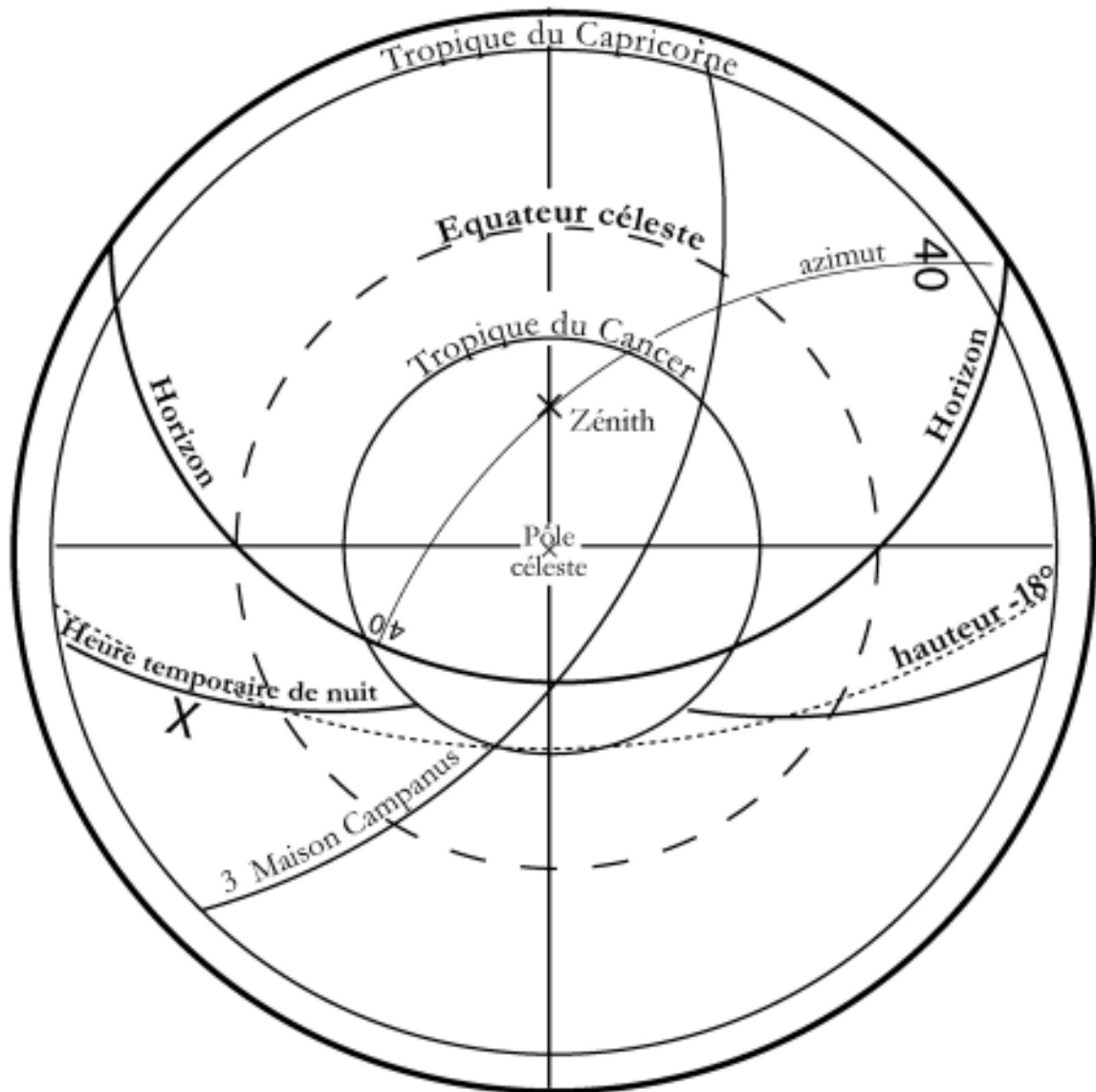


FIG. 3.25 – Reproduction des lignes du tympan.



FIG. 3.26 – L'alidade portant le soleil.

7. de l'intersection de l'horizon et du méridien (point Nord sur l'épure, point Sud en dehors de l'épure), rayonnent douze arcs de cercle rouges, numérotés de I à XII, en chiffres arabes rouges et en sens anti-horaire. Six plans définis par la rotation du plan horizontal autour de l'axe horizontal Nord Sud d'un angle de 30° , 60° , 90° , 120° , 150° définissent les douze maisons astrologiques dans le système de domification attribué à Campanus de Novare (XIII^e siècle).

Les maisons 1 (Ascendant) à 6 sont au-dessous de l'horizon, les maisons 7 (Descendant) à 12 au-dessus. L'arc I est confondu avec l'horizon Est, et l'arc VII avec l'horizon Ouest. Ces arcs de cercle forment les frontières ou cuspides des maisons astrologiques. Fond du ciel et milieu du ciel se trouvent respectivement sur les cuspides des maisons N°4 et N°10. La présence du Soleil, de la Lune ou des planètes dans telle ou telle maison est prise en considération par les astrologues⁴.

L'astrolabe de la cathédrale Saint-Jean est du type « Projection stéréographique équatoriale de Pôle Sud vue du Pôle Nord ». Nous avons vu avec l'horloge astronomique de Stralsund les autres types de projection stéréographique (Paragraphe 1.4.3).

3.8.3 L'alidade

Un soleil doré, humanisé, entouré de 30 rayons, alternativement sagittés et ondes, parcourt l'écliptique. L'alidade qui le porte est terminée par une fleur de lys dorée indiquant l'heure sur la couronne de la mère. Le croissant qui porte l'autre extrémité n'est qu'un contrepoids.

L'araignée et l'alidade tournent autour d'un pivot sculpté en forme de fleur de tournesol dorée et 12 rayons en fer forgé assurent le maintien de l'ensemble.

3.8.4 L'araignée

C'est la pièce tournante, très belle, ajourée le plus possible pour laisser voir le tympan qu'elle recouvre, mais les volutes des rinceaux dorés et l'énormité du Soleil qu'elle porte rendent souvent

⁴Ici, seul le Soleil est convenablement localisable



FIG. 3.27 – Le cadran astrolabique.

impossible l'examen du tympan dont les courbes qui seraient alors significatives, sont occultées. De la périphérie vers le centre, on remarque les éléments suivants :

1. Une mince couronne portant les graduations des 365 jours de l'année, en forme de pavés blancs et noirs, alternés.
2. Une couronne portant les noms latins des douze mois de l'année, avec des graduations renforcées pour les jours 10, 20, 30 ou 31 (28 pour février)
3. Une couronne comportant douze secteurs dont les frontières sont celles des jours où le Soleil change de signe zodiacal (vers le 21 de chaque mois). Dans ces secteurs, des sujets dorés représentent ces douze signes ; en dessous d'eux une mince couronne porte les graduations des 360 degrés de l'écliptique, avec des marques renforcées pour les décans (degrés 10, 20, 30)
4. Une couronne en fer forgé représente l'écliptique et porte les symboles conventionnels des signes du zodiaque
5. Près du centre une couronne argentée est partagée en 30 cases ; 29 sont numérotées de 1 à 29 et sont égales entre elles. La trentième n'occupe que la moitié de la largeur des précédentes et n'est pas numérotée ; ainsi le cercle se trouve divisé en 29,5 secteurs correspondant aux 29,5 jours d'une lunaison moyenne. La Lune est matérialisée par un globe mi-argenté, mi-noir, tournant selon les phases de la Lune, sur une aiguille dont l'extrémité étoilée indique le jour de la Lune.
6. Fixées sur les rinceaux, 17 étoiles à 5 rais représentent les principales étoiles plus ou moins facilement identifiables.

Les étoiles de l'araignée

Nous reprenons ci-dessous un article déjà paru de Paul Gagnaire et Henri Jean Morel [81] retravaillé par Charles-Henri Eyraud et ces mêmes auteurs [75] sur l'identification des étoiles de l'astrolabe.

Il est impossible d'effectuer des mesures directes sur l'astrolabe en fonctionnement, aussi avons nous travaillé sur la très belle photographie (Figure 3.28) que nous a obligeamment donnée Guy Bussery, chargé des photographies lors de la restauration.

Comme tout l'astrolabe a été restauré pour ne pas dire reconstruit en 1661 par Guillaume Nourrisson, nous avons admis que les coordonnées des étoiles choisies devaient être celles de l'équinoxe de printemps 1600. Nous avons aussi admis que la photographie ne déformait pas les tracés circulaires, puisqu'on n'y décèle qu'une ovalisation inférieure à 1mm sur 112mm de diamètre. Nous débarrassons en esprit l'araignée de tous ses rinceaux ; nous y reportons les quatre cercles des tropiques, de l'équateur et de l'écliptique, puis nous traçons les cercles de déclinaison étagés de -23° à 89° . Les étoiles sont ainsi définies par leur déclinaison ; pour mesurer leur ascension droite nous disposons des graduations du Capricorne, tous les degrés, avec traits renforcés pour les degrés 10° , 20° , 30° . Il suffit alors de noter à quelle déclinaison et sur quel vecteur d'ascension droite se place une étoile, au besoin en convertissant en degrés son ascension droite exprimée en heures et en minutes, pour pouvoir l'identifier dans un catalogue d'étoiles.

n°	r (mm)	α h min	δ	Hypothèse	Constellation	α_{1600}	δ_{1600}
1	74	01h 48	-16	<i>Sirius ?</i>	Grand Chien	06h 27	-16°00'
2	43	22h 56	15	Markab	Pégase	22h 45	13° 02'
3	46	19h 36	11	Altaïr	Aigle	19h 32	07°50'
4	54	02h 44	2	Menkar	Baleine	02h 41	02°32'
5	24	20h 40	43°30'	Deneb	Cygne	20h 28	43°49'
6	25	18h 36	42	Véga	Lyre	18h 24	38°26'
7	56	15h 56	0	Unukhala	Serpent	15h 25	07°40'
8	34	15h 08	27	La Perle	Couronne Bor.	15h 18	28°02'
9	13,5	11h 08	63	Dubhé	Grande Ourse	10h 39	63°55'
10	7,5	07h 52	74°30'	<i>Kochab ?</i>	Petite Ourse	14h 51	74°50'
11	25	05h 08	42	Capella	Cocher	04h 47	45°34'
12	43	04h 20	15	Aldébaran	Taureau	04h 13	15°42'
13	49	05h 44	7°30'	Bételgeuse	Orion	05h 33	07°21'
14	51	07h 20	5°30'	Procyon	Petit Chien	07h 18	06°10'
15	61	09h 04	-5	Alphard	Hydre	09h 08	-06°55'
16	18	00h 36	54	Schedar	Cassiopée	00h 18	54°21'
17	64	13h 12	-8	Epi	Vierge	13h 04	-09°05'

TAB. 3.1 – Les étoiles de l'astrolabe.

C'est exactement la manœuvre inverse de celle qu'effectuerait un astrolabiste pour créer son instrument.

On trouvera surtout des étoiles de forte magnitude mais, comme le rôle des étoiles sur un astrolabe manuel consiste à renseigner pendant toute la nuit sur la position du Soleil, on peut aussi trouver des étoiles, plus modestes, mais dont la présence au-dessus de l'horizon à telle ou telle époque de l'année serait bien utile. Concrètement, le positionnement des étoiles sur l'araignée s'effectue en coordonnées polaires : l'ascension droite est l'angle au centre dont le rayon-vecteur de l'étoile s'écarte de celui du 21 mars ; la déclinaison s'obtient en mesurant, sur ce rayon-vecteur, la distance dont l'étoile est éloignée du centre de l'astrolabe. Du centre jusqu'à l'équateur la déclinaison est positive ; au-delà de l'équateur elle est négative et l'étoile est dans l'hémisphère Sud. Voici la formule à utiliser ; une étoile de déclinaison δ se projette sur le vecteur correspondant à son ascension droite, à une distance du centre égale à :

$$R * \tan \{(90 - \delta) / 2\}$$

Notre recherche et nos propositions sont exposées dans le tableau 3.1 ; nous faisons l'hypothèse que le constructeur de l'astrolabe a choisi d'y faire figurer les étoiles les plus brillantes, celles qui tiennent la tête dans le classement par magnitude 1.

Les étoiles n° 3, 5, 6 représentent par exemple Altaïr, Deneb, Véga avec leurs coordonnées équatoriales 1600.

Il est intéressant de remarquer qu'une des étoiles a été identifiée⁵ avec Sirius malgré quelques

⁵Emmanuel Poulle présente dans son livre sur le constructeur d'astrolabes et concepteur de l'horloge astronomique de Bourges, Jean Fusoris, une erreur de coordonnées qui s'est transmise pendant le Moyen Age [141].

réticences dans les articles nommé ci-dessus.

Sur l'araignée de l'astrolabe de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean, il y a une grosse étoile (la plus grosse) dont les coordonnées équatoriales sont :

Ascension droite : 1h48' soit 27°	Déclinaison : -16°
-----------------------------------	--------------------

Si cette étoile représente Sirius, ses coordonnées sont exactes en déclinaison mais très fausses en ascension droite, puisque ses coordonnées exactes, vers 1600, étaient :

Ascension droite : 22h45' soit 96,75° donc 6,75° dans le Cancer	Déclinaison : - 16°
---	---------------------

L'écart en Ascension droite serait ainsi de 70°

Remarque : L'araignée de Saint-Jean porte aussi une autre étoile, identifiée à Kochab, qui aurait alors un écart de 7 heures en Ascension droite.

3.8.5 Claude de Saint-Georges et l'astrolabe

Nous donnons ici les données puisées aux Archives⁶ concernant Claude de Saint-Georges qui fut certainement le concepteur de l'astrolabe lors de la restauration de Guillaume Nourrisson

« Claude de Saint-Georges, fils de Claude et de Marie de Cremeaux (contrat de mariage le 5 février 1619) fut archevêque de Lyon de 1650 à 1696.

Baptisé à Saint-Romain-d'Urfé le 15 avril 1632 ; clerc tonsuré à Mâcon le 15 avril 1648 ; sur sa renonciation au droit revendiqué par lui sur le doyenné, il obtient la promesse du premier canonicat vacant le 25 septembre 1647 ; chanoine le 30 mars 1650 ; preuve littéraire le 5 juillet suivant, preuve testimoniale le lendemain et surlendemain 6 et 7 juillet ; réception le 20 du même mois ; sous-diacre à Lyon le 21 mai 1651 ; hôtelier le 26 du même mois ; chantre le 19 juin 1753 ; dédie au Chapitre ses thèses de doctorat le 24 décembre 1655 ; précenteur le 11 avril 1665 ; prêtre à Lyon le 28 mars 1671 ; première mention comme évêque de Clermont le 7 novembre 1682 ; archevêque de Tours le 12 février 1688 ; avis de son sacre comme archevêque de Lyon le 22 décembre 1693 ; division de sa terre le même jour ; résigne la précenterie en cour de Rome le 4 février 1696 ; résigne son canonicat le 12 mai suivant ; décédé à l'archevêché le 9 juin 1714 et inhumé le 12, au milieu du chœur de la cathédrale ; le Chapitre autorise la pose d'une pierre sur le lieu de sa sépulture le 5 juillet suivant.

Jean Fusoris y donne une table des coordonnées équatoriales des étoiles où figure une erreur qu'on trouve déjà sur un manuscrit de Salamanque et qui traverse les siècles. Fusoris place sur son araignée l'étoile « cornu arietis », soit Béta du Bélier, avec les coordonnées suivantes :

Ascension droite : 22° dans le Bélier	Déclinaison : -16°30'
---------------------------------------	-----------------------

L'erreur réside dans le fait qu'il faudrait le signe +

Les bonnes valeurs calculées seraient :

Ascension droite : 23°, donc 23° dans le Bélier	Déclinaison : + 18°
---	---------------------

Est-il possible que Nourrisson ou ses devanciers aient voulu placer Béta Bélier là où nous croyons voir Sirius ?

Nous sommes réduits à l'alternative :

- plutôt Sirius, ou plutôt Béta Bélier, petite étoile ?
- c'est-à-dire plutôt une erreur énorme sur l'Ascension droite de Sirius ou plutôt la reconduction d'une erreur déjà ancienne : Fusoris en 1440 et Nourrisson = 1660 ?

⁶Les chanoines de l'Église de Lyon, page 209 [22]



FIG. 3.28 – Les 17 étoiles de l'araignée.

Nom des étoiles : 1.Sirius 2.Markab 3.Altair 4.Menkar 5.Deneb 6.Véga 7.Unukhala 8.La Perle 9.Dubhé 10.Kochab 11.Capella 12.Aldébaran 13.Bételgeuse 14.Procyon 15.Alphard 16.Shedar 17.Epi

Recteur de l'Aumône générale les 17 décembre 1656 et 15 décembre 1658 ; conseiller privé du roi et conseiller d'État ; lieutenant de l'officialité primatiale de France le 2 novembre 1670 ; agent général du clergé ; souscrit à ce titre aux quatre articles de la déclaration de 1682⁷ ; nommé évêque de Macon la même année par le roi, comme successeur de Michel Cassagnet, mais cette nomination reste sans effet ; nommé, la même année et aussi par le roi, évêque de Clermont ; archevêque de Tours par brevet royal du 12 février 1688 ; archevêque de Lyon par provisions apostoliques du 26 octobre 1693 ; sacré en l'église Saint-Sulpice à Paris le 5 novembre suivant ; prend possession le 15 juillet 1694.

L'inscription de sa pierre tumulaire a été reproduite dans la Monographie de la cathédrale, page 93 [35] »

3.9 La partie cachée : Les rouages

Cette étude traite de la mécanique de l'astrolabe, du calendrier et des automates entraînés par le même mouvement [30].

3.9.1 Le mouvement à pendule

Le mouvement a été conçu par Pierre Charmy lors de sa remise en état de 1782. Le mouvement du XIV^e siècle était bien sûr à foliot, certainement transformé en mouvement pendulaire par Nourrisson en 1660. La période du pendule de longueur 2,715 m est de 3,305 secondes (Figure 3.30). L'ancre laisse donc échapper $3600/3,305 = 1089$ dents par heure à la roue d'échappement. Comme elle comprend 24 dents, elle effectue $2178/24 = 45,375$ tours par heure.

Le tambour effectue donc $45,375 * \frac{Q}{R} * \frac{S}{T} = 90,75 * \frac{6}{66} * \frac{8}{66} = \frac{1}{2}$ tour par heure

3.9.2 Les rouages de l'astrolabe

La figure 3.31 montre les trains d'engrenages donnant les périodes adéquates pour l'aiguille des heures, l'araignée et l'aiguille de la Lune.

L'aiguille des heures est solidaire de la grande roue **A** (240 dents) entraînée par la roue motrice **Q** de 20 dents.

La roue **Q** effectuant un tour en 2 heures, on a $N_A \omega_A = N_Q \omega_Q$

D'où $\omega_A = \frac{(0,5*20)}{240} = \frac{1}{24}$ tour/heure soit un tour par jour.

Sur la figure 3.31, le bras vertical (portant les trains d'engrenages de la Lune et de l'araignée) est solidaire de la roue **A** des heures ; la roue **J** est fixe. Nous pouvons considérer dans ce qui suit

⁷Le pape se heurtera à l'Église de France jusqu'en 1693. La déclaration des quatre articles préparée par Bossuet est le manifeste du gallicanisme. Les quatre articles du 12 mars 1682, officiellement « La Déclaration du Clergé de France » affirment :

- * l'indépendance absolue du Roi au point de vue temporel
- * la supériorité des conciles œcuméniques sur le pape (articles 2 et 4)
- * les libertés de l'Église gallicane

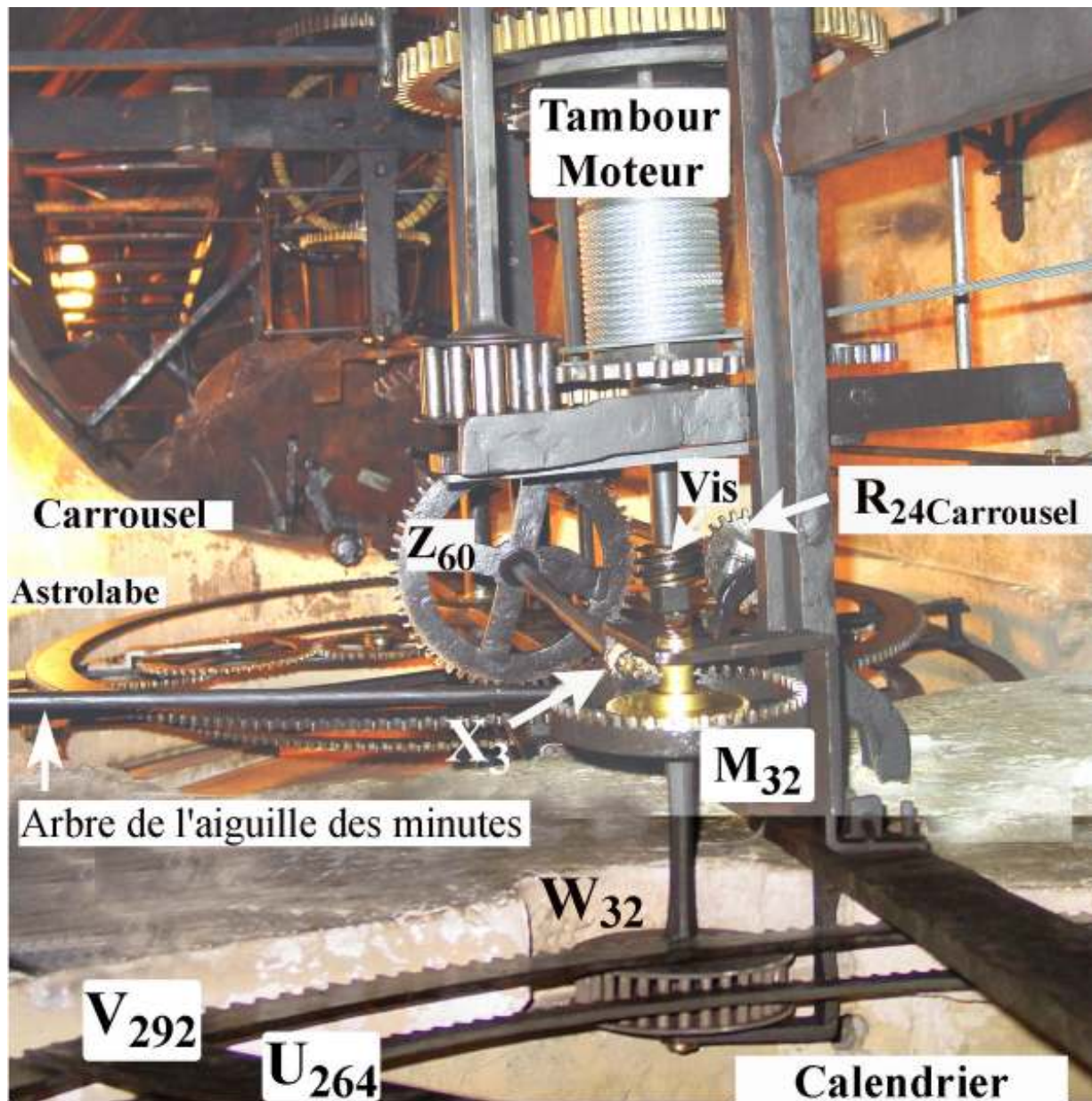


FIG. 3.29 – Mécanisme entraînant : astrolabe, calendrier, carrousel, arbre des minutes.

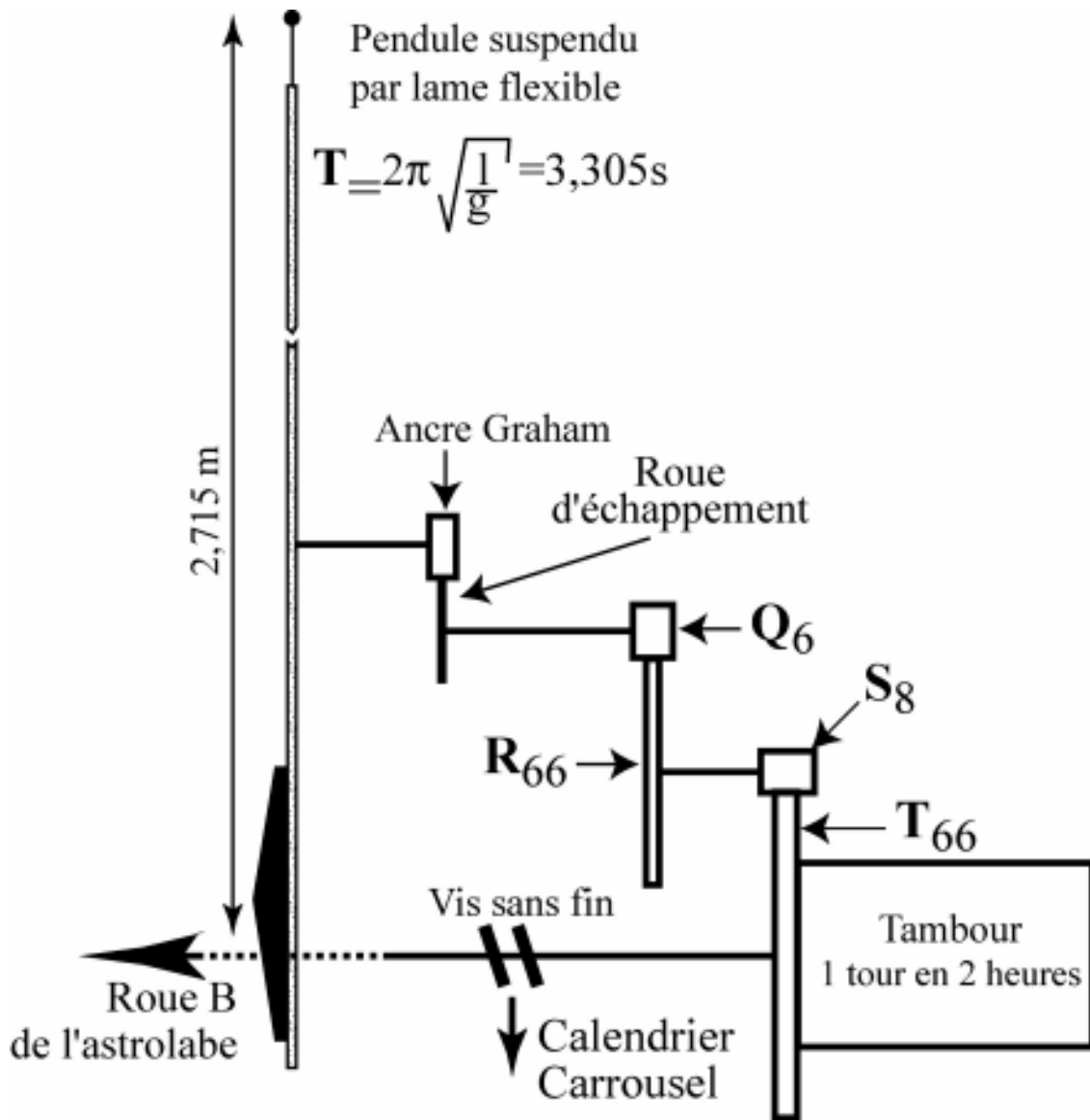


FIG. 3.30 – Le mouvement pendulaire.

les mouvements relatifs à **A** et prendre donc la roue **A** fixe et la roue **J** tournant à la vitesse $-\omega_A$. Les relations de roulement sans glissement donnent

$$\omega_C = \frac{N_P N_N N_M N_K N_L}{N_C N_O N_N N_L N_K} \omega_J = \frac{N_P N_M N_L}{N_C N_O N_L} \text{ d'où } \omega_C = \frac{10 \cdot 9 \cdot 24}{487 \cdot 30 \cdot 54} = \frac{1}{365,25} \omega_A$$

$$\omega_D = -\frac{N_E N_G N_H N_J}{N_D N_F N_G N_I} \omega_J = -\frac{N_E N_H N_J}{N_D N_F N_I} \omega_J \text{ d'où } \omega_D = -\frac{13 \cdot 18 \cdot 24}{192 \cdot 24 \cdot 36} \omega_A = -\frac{1}{29,538461} \omega_A$$

3.9.2.1 L'alidade et l'araignée

L'alidade doit accomplir un tour en 1 jour solaire moyen de 24 heures, pendant que l'araignée accomplit un tour en 1 jour sidéral de 23 heures 56 minutes et 4 secondes. Autrement dit, pour 365,25 tours de l'alidade (portant le soleil), l'araignée (portant les étoiles) fait 366,25 tours.

3.9.2.2 La Lune

La Lune doit parcourir son cercle gradué en 29,5 jours dans le sens rétrograde et en tournant sur elle-même en accord avec ses phases. Le mois synodique lunaire vaut en moyenne 29,530588 jours et l'astrolabe procure 29,538461 jours, ce qui est une valeur remarquable : il faut 121 mois, soit 10 ans, pour qu'apparaisse un écart de 1 jour.

3.9.3 Le calendrier

La figure 3.35 montre le mécanisme du calendrier. On remarque en haut, la transmission du mouvement à partir du tambour principal tournant de 1 tour en deux heures (soit 12 tours par jour). Le nombre de tour par jour de la roue V_{292} est donné par

$$12 \cdot \frac{2}{60} \cdot \frac{3}{48} \cdot \frac{32}{292} = 1/365.$$

En bas on peut voir le dispositif de changement d'année. Un peu avant le 1^{er} janvier, l'ergot σ soulève le levier β qui, en retombant, abaisse le levier δ et fait tourner la roue Π_{24} d'un sixième de tour et la roue U_{264} de un soixante sixième de tour.

3.9.4 Le carrousel des jours

La figure 3.36 montre le fonctionnement du carrousel des jours portant les statuettes des 7 jours de la semaine.

L'axe et son bras sont entraînés par la roue $R_{Carrousel24}$ de 24 dents entraînée par la vis sans fin. Cet axe fait donc 1 tour par jour. Au changement de jour entre 23h et 1h du matin, l'ergot est poussé de la position E_0 à E_1 . Le crochet retient le tenon du jour et fait tourner le carrousel dans le sens trigonométrique en vue de dessous.

3.9.5 Précision dans les détails

L'horloge est le chef-d'œuvre de différents artisans dans ses moindres détails : à l'intérieur par exemple, invisibles du public, on peut voir des pièces de fer forgé d'une grande finesse la salamandre pour le changement d'année de l'almanach ecclésiastique, la patte de lion près du

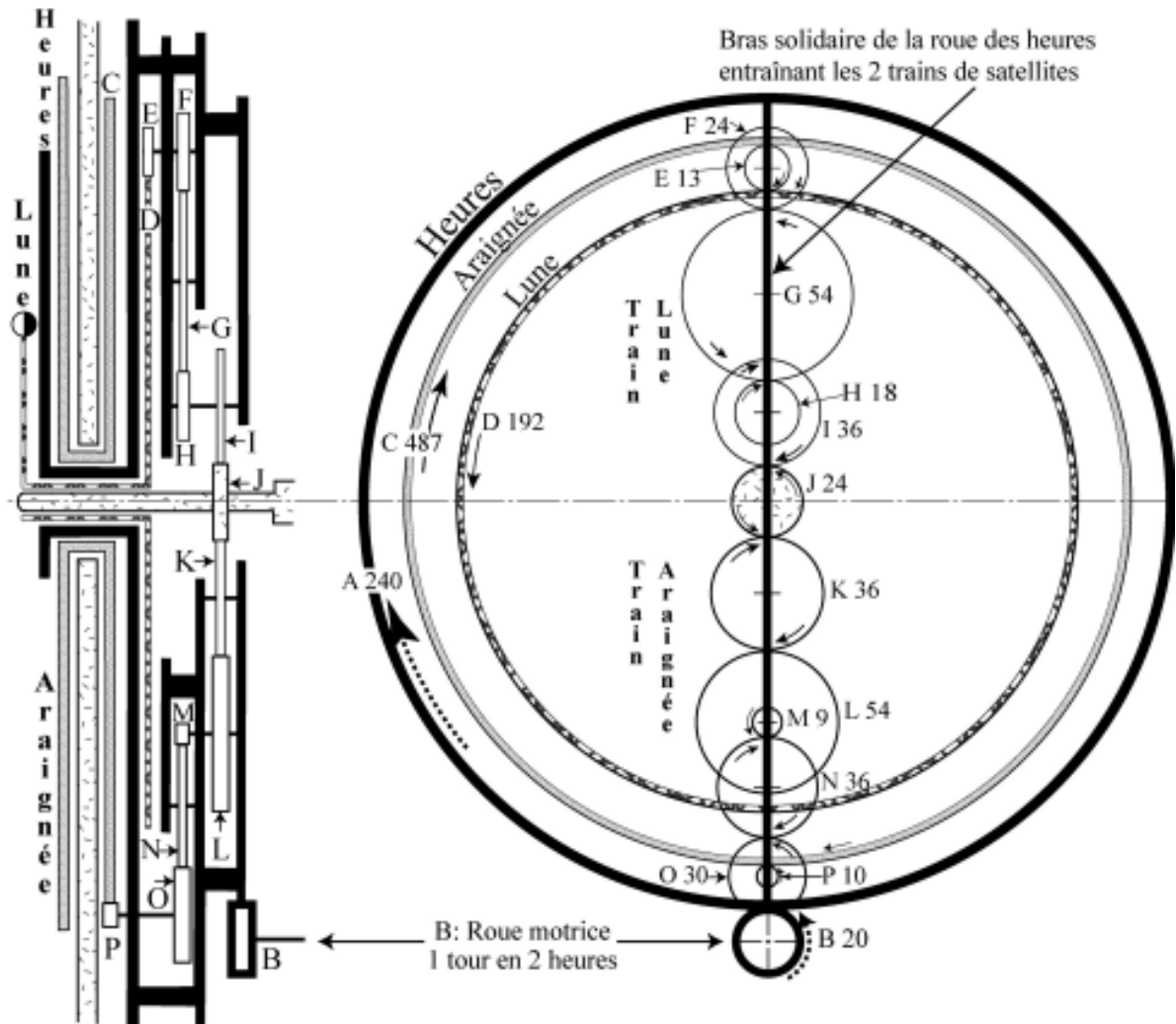


FIG. 3.31 – Les engrenages de l’astrolabe (Vue de côté et de face)

Les deux flèches en pointillés représentent des mouvements absolus, les flèches en trait plein représentent les mouvements relatifs par rapport au bras porte-satellite. La roue J24 fixe par rapport au bâti est ici mobile par rapport au bras. . .



FIG. 3.32 – L'astrolabe, vu de l'intérieur. Train de l'araignée à gauche, train de la Lune à droite.

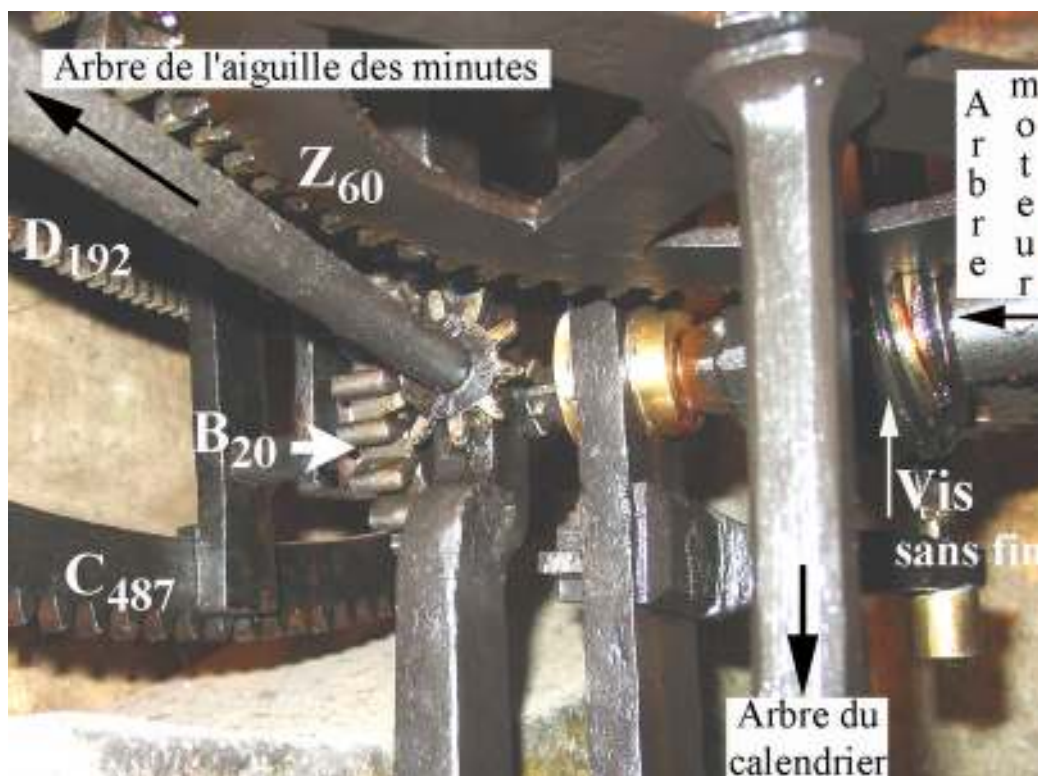


FIG. 3.33 – La roue motrice et les arbres d'entraînement.

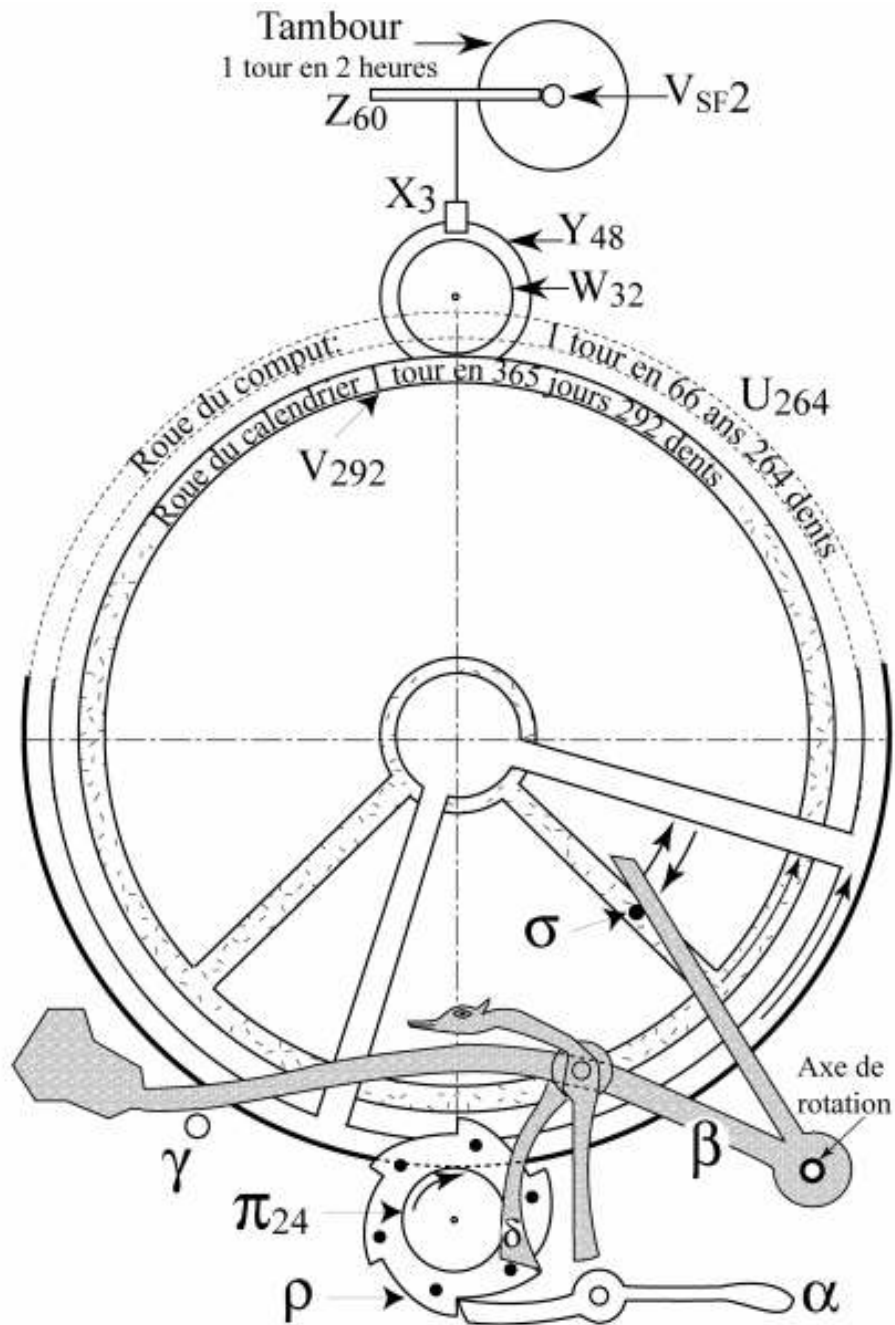


FIG. 3.35 – Le calendrier.

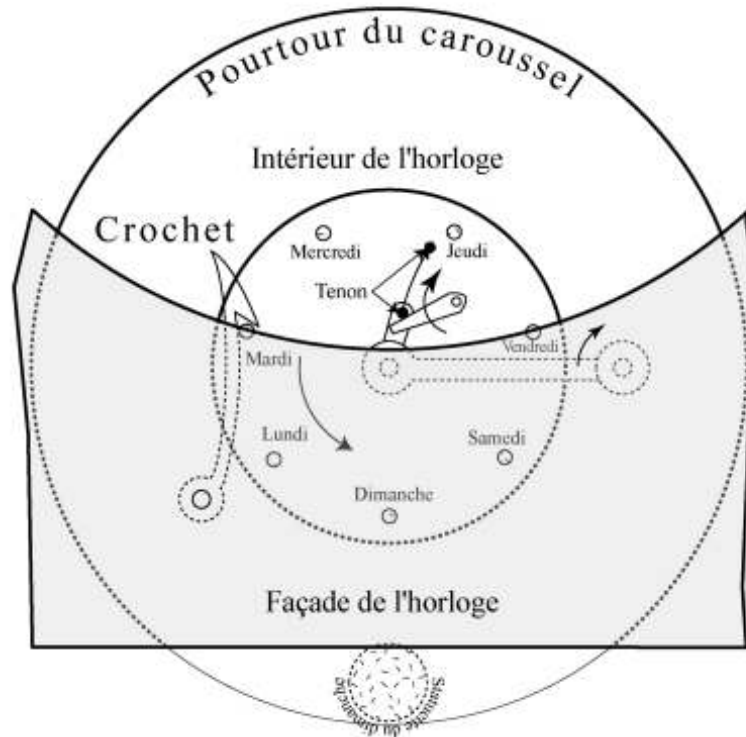


FIG. 3.36 – Le carrousel des jours vu de dessous.



FIG. 3.37 – Vis sans fin, salamandre du changement d'année, ancre de 1782 et roue d'échappement.

mécanisme du Suisse. Les roues des engrenages sont taillées à la main pour les plus anciennes, la vis sans fin à 2 filets, qui transmet le mouvement au calendrier et à l'almanach, a été taillée à la scie puis à la lime (Figure 3.37).

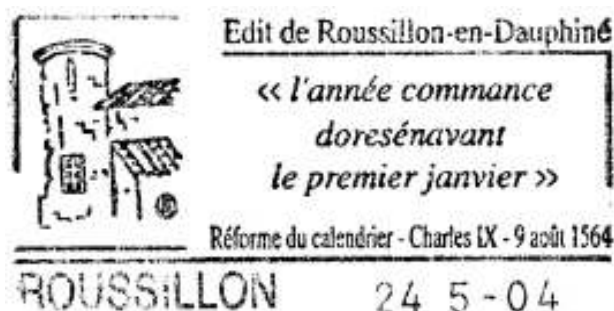
Chapitre 4

Les principaux évènements liés à l'horloge de Lyon

Tous les évènements et témoignages décrits dans ce chapitre ont été principalement tirés de l'ouvrage de Natalis Rondot [156] et de celui de Marius Vial et Eugène Côte [183]. Nous sommes allés poursuivre les enquêtes de ces historiens aux Archives départementales du Rhône, aux Archives de la Ville de Lyon, auprès du Musée « Zum Kirschgarten » de Bâle et de membres de l'Association Nationale des Collectionneurs et Amateurs d'Horlogerie Ancienne.

Comme pour la plupart des horloges médiévales [16], ce sont les livres de comptes qui sont une source de renseignements importants : nomination et salaire de l'horloger, restauration ou construction d'une horloge, paiement des différents corps de métiers (horloger, peintre, menuisier...).

Nous donnerons parfois le numéro de l'année en indiquant Nouveau Style c'est-à-dire avec le début d'année fixé le 1^{er} janvier. Ce fut en effet le choix de l'Allemagne vers 1500, et en 1564 Charles IX promulgua un édit (qui prit cours en 1567) instituant le 1^{er} janvier comme premier jour de l'An en France. Ce changement de style se fit en 1576 aux Pays-Bas espagnols, en 1752 en Angleterre. Auparavant l'année commençait suivant les régions au 1^{er} décembre, 1^{er} mars, 25 mars, Pâques ! [96].



« Charles VIII alla à trespas au chasteau d'Amboise le 7 avril 1497 avant Pasques à compter l'année à la feste de Pasques ainsi qu'on le fait à Paris, et en 1498 à commencer à l'Annonciation de Nostre-Dame ainsi qu'on le fait en Aquitaine » d'après Bouchet, Généalogie des Rois de France, 1506 [47].

4.1 Les premiers témoignages

4.1.1 1365 : Les cloches et l'horloge dans la cathédrale

En 1365, le gouvernement des cloches¹ est confié à Loyat. La sacristie est vacante et le chapitre nomme provisoirement le manilier Jean Vitalis, et il affecte Loyat au gouvernement des cloches (d'après [160] page 38).

« Ils confièrent au seigneur Jean Vitalis, prêtre, le matriculaire de ladite église. Et ils confièrent au seigneur Loyat le gouvernement des cloches². » A.C. Livre I fo 42 Cote Archives 10G76

Lyon et Avignon

A Avignon la cour pontificale s'est installée depuis 1309 et y restera jusqu'en 1376. Les échanges de la papauté avec Lyon étaient déjà nombreux avant : c'est à Lyon en effet que se tinrent le treizième concile œcuménique en 1245, et le quatorzième concile œcuménique en 1274.

Dès 1331 le Palais des Papes [116, 64] disposait de plusieurs horloges privées : des sommes sont versées à Jean Bequet « magister horologium papae » pour des horloges de la chambre du Trésor et de la chambre à coucher du pape. En ce qui concerne les horloges publiques, les premières traces datent de 1374 lorsque le pape Grégoire XI fait construire une « grosse horloge », vraisemblablement dans la tour de guet ou de la Gâche, avec l'aide de l'horloger Pierre de Sainte-Béate, envoyé par le Roi de France, Charles VI ([182], page 142).

Jean Laviolette nous donne le Compte des dépenses faites par frère Stefano de Pondeto pour la maison de l'horloge du Palais pontifical d'Avignon le 3 juillet 1353³ :

« Au troisième jour de Juillet s'ensuit le compte du seigneur Frère Etienne de Pondeto, moine au monastère de Saint-Berugi Januensis de l'Ordre de saint Benoît, relatif aux dépenses avérées, faites par lui, pour le meuble de l'horloge et pour la réparation de ladite horloge.

En premier lieu, il a compté au profit d'un scieur pour sa fourniture de planches ... florins. Ensuite, pour la peinture du logement de l'horloge 2 florins... Et aussi, pour des sciages (de métal), du fil de fer et d'autres organes en fer placés sur ledit

¹La tâche de « gouverneur de l'horloge » a été particulièrement bien étudié dans un article de l'ANCAHA [67]

²« Matricularium dicte ecclesie commiserunt D. Johannem Vitalis presbyterum ; item regimen clocherii commiserunt D. Loyati »

Remarque : Le matriculaire est le registre où sont recensés les pauvres secourus par la paroisse.

³Die III Julii sequitur computum domini fratris Stephani de Pondeto, monachi monasterii Sancti Berugii Januensis. ..., ordinis Sancti benedicti, de certis expensis per eum factis pro domo horologii ... lacii domini nostri pape ac reparando dictum horologium. Et primo comput(avit) pro uno fusterio pro fusta et labore suo ... florenos. Item, pro pictura ejusdem domus .II. florenos cum ...nidio. Item, pro serraturis et filo ferreo et aliis rebus ferreis apositis in dicta domo .II. florenos cum aidio. Item, pro illo qui reparavit dictum horologium et quoddam aliud de electro : X. florenos.

Summa omnium premissorum et fuit eidem solutum in XXV florenos.

Archives du Vatican, Introitus et exitus 269, an. 1353, f. 5 v. Source : Ehrle, Historia bibliothecae romanorum pontificum, p. 645, d'après [116].

meuble. Et encore, pour celui qui a réparé ladite horloge, et quelque autre fourniture en ambre, 10 florins.

La somme de tous les comptes ci-dessus, et qui lui a été quittancée, se monte à 25 florins. »

4.1.2 23 novembre 1379 : le premier document

C'est le premier document connu prouvant l'existence d'une horloge à la cathédrale Saint-Jean de Lyon. La traduction a été effectuée par un ancien élève de l'École des chartes dont nous ajoutons les notes.

« (En marge) dictum Loyace

qua die fecerunt Peronetum dictum Loyace rectorem et gubernatorem relogii ecclesie, quamdiu eorum placuerit voluntate, pro salario quolibet anno VIII florinis et una veste solui et dari consuetus. Qui solitum praestitit juramentum, cujus recipiendo presentibus Johanne Moyrodi et Johanne Brisinon testibus. »

« (En marge) ledit Loyat

En ce jour, les procureurs nommèrent ledit Loyat recteur et gouverneur de l'horloge de l'Église pour la durée qu'il leur plaira, contre un salaire de VIII florins⁴ et un habit par an selon la coutume. Il a prêté le serment habituel, à la réception duquel furent présents et témoins Jean Moyrodi et Jean Brisinon. »

Actes Capitulaires, Vol II, fo 118 vo Le 23 novembre 1379 (Archives départementales du Rhône côte 10G 77)

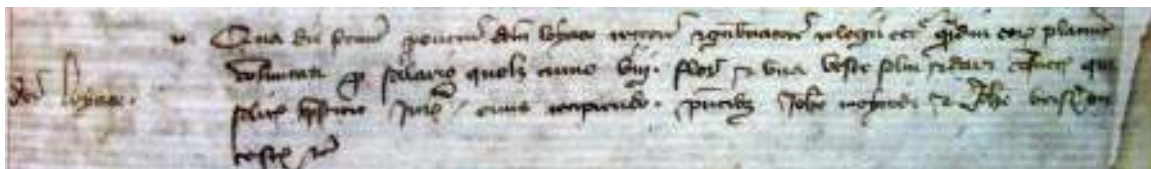


FIG. 4.1 – 1379 : L'acte de naissance d'une horloge dans la cathédrale Saint-Jean de Lyon.

C'est le même Loyat nommé gouverneur des cloches en 1365 qui est promu maintenant gouverneur de l'horloge. Nous pouvons être certains que une ou deux horloges existaient avant cette date, d'abord parce que le texte précise que la rétribution est « de huit florins et un habit selon la coutume », et qu'il a « prêté le serment habituel » d'autre part, parce que de nombreuses villes du royaume avaient déjà des horloges mécaniques, en particulier Avignon.

⁴Les florins pesaient alors environ quatre grammes d'or et faisaient partie des quelques (très rares) pièces qui, parmi toutes celles qui circulaient dans le royaume de France, ne risquaient pas d'être dépréciées du jour au lendemain.

Remarque sur les débuts de la monnaie au début du Moyen Age (d'après [155, 136])

Entre 300 et 250 avant J.C. l'as (aes=bronze) romain est constitué d'un lingot de bronze pesant 327 grammes soit une livre ou 12 onces. Après les victoires sur Pyrrhus, l'Italie du Sud est sous la domination de Rome qui frappera des monnaies d'or (l'aureus) et d'argent (le denier) et l'as devient une pièce de bronze de 1 once. Le denier d'argent et le sesterce (1/4 de denier) s'imposeront dans le monde romain (30 deniers de Judas). D'abord fixé à 4,55 grammes d'argent le denier se stabilise à 3,9 grammes.

Les royaumes barbares continuent à frapper des pièces sur le modèle romain. L'ancien solidus, francisé en « sol » ou « sou » ne circule plus car il n'y a pas de mines d'or et il est donc thésaurisé et sert jusqu'au VIII^e siècle comme monnaie de compte

En 315, Constantin met fin à une longue période de dépréciation de la monnaie en mettant en circulation deux nouvelles pièces : une d'argent et une d'or, le « solidus aureus » ou solidus. Pendant 1000 ans le solidus sera frappé à Byzance sous le nom de solidus bysantius ou bisantius, francisé en besant.

En 781 Charlemagne remplace toutes les pièces anciennes par une nouvelle pièce : elle est taillée en argent (seul métal dont les Francs disposent en grande quantité) et s'appelle le denier : 240 deniers sont taillés dans une livre d'argent (1 livre de 18 onces soit 490 grammes), d'où un denier pèse 2 grammes. Le sou étant très prestigieux il est conservé mais comme multiple du denier : 1 livre = 20 sous et 1 sou = 12 deniers

Peu à peu, les successeurs de Charlemagne délèguent aux grands féodaux le droit de battre monnaie. Il en résulte un relâchement des disciplines monétaires, donc un affaiblissement progressif du denier qui gagne, par contagion, la plus grande partie de l'Europe. Dans la seconde moitié du XII^e siècle, sous le règne de Frédéric Barberousse, le denier allemand (pfennig) est devenu si mince qu'on ne parvient pas à le graver sur les deux faces. Quant au denier (denaro) de Venise, il ne pèse plus que 0,4 g et sa teneur en argent n'excède pas 150/1000. A la même époque, sous Louis VII, la Monnaie de Paris taille des deniers à raison de 192 au marc, le marc étant lui-même défini comme la moitié d'une livre-poids. Le denier ne pèse donc plus que 1,3 g environ au lieu de 2 g ; en outre, sa teneur en argent a diminué. Le sou et la livre, qui continuent de représenter respectivement 12 et 240 fois le denier, se trouvent dépréciés dans la même proportion que lui ; la livre-monnaie a décroché par rapport à la livre-poids et ce n'est que le début d'une longue dégringolade. . .

L'unité de poids n'est d'ailleurs pas la même, en France, d'une province à l'autre. Ainsi le marc tournois, utilisé en Touraine, ne vaut que les quatre cinquièmes du marc parisien, utilisé à Paris. Après avoir annexé la Touraine en 1205, Philippe Auguste introduira dans le domaine royal un deuxième système monétaire basé sur la monnaie frappée à Tours : le denier tournois vaudra les quatre cinquièmes du denier parisien ; le sou tournois, les quatre cinquièmes du sou parisien ; la livre tournois, les quatre cinquièmes de la livre parisienne. Ces deux systèmes coexisteront longtemps, jusqu'à ce que le tournois supplante définitivement le parisien.

Pour donner plus de forces à ses prescriptions, saint Louis ordonna le 15 août 1266 la frappe de deux pièces : une pièce d'argent appelée le gros (23/24 d'argent fin soit 23 carats⁵) valant

⁵Pour les métaux précieux, le carat (titre) représente 1/24 du poids total ; pour les pierres précieuses, le carat (poids) représente 0,2 grammes

12 deniers (le sou) et une pièce d'or appelée l'écu. Quelques temps après la paix de Brétigny sous Jean le Bon, l'ordonnance de Paris du 5 décembre 1360 baptisa « francs » de « bons deniers d'or fin » d'une valeur de 20 sous et d'un poids de 3,88 grammes d'or pur ce qui correspondait exactement à la livre, monnaie de compte. Livre et francs restèrent synonymes jusqu'à la Révolution.

Loi du 17 Germinal An XI=7 avril 1803 : le franc est un franc argent d'un poids de 5 grammes à 900/1000. L'or devait servir pour des pièces de 20 francs et 40 francs et titré aussi à 900/1000.

4.1.3 1393 : Pierre de La Palud et son tombeau

Le chanoine Pierre de la Palud, dit de Varembon, veut être inhumé dans le tombeau de son oncle, Perceval de La Palud, tombeau situé entre l'horloge et la chapelle Saint-Jean l'Évangéliste. Cette chapelle contient actuellement l'autel saint Thomas (qui date de 1445) et correspond bien à l'emplacement actuel de l'horloge.

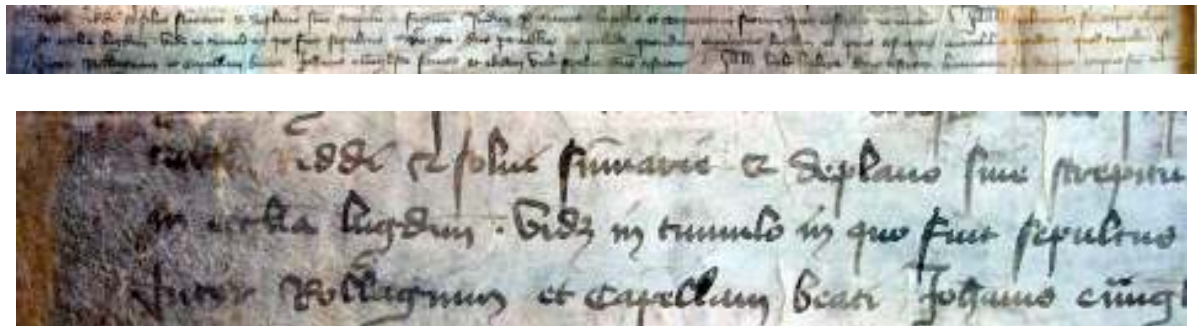


FIG. 4.2 – Le testament de Pierre de La Palud et détail avec le mot « rollagium ».

« venerabilis vir. dominus Petrus de Palude, alias de Varebone, canonicus . . . Item sepulturam sui corporis eligit in ecclesia Lugdunensi videlicet in tumulo in quo fuit sepultus bone memorie dominus Percevallus de Palude, quondam camerarius Lugdunensis et ipsius testamentoris avunculus quondam, quod tumulum est inter rollagium et capellam beati Johannis evangeliste situatum, et ibidem vult sepeliri dictus testator » Figure 4.2

A. Dép., Saint-Jean, Armoire Agar, vol 9, n°7 (cote 10G 1011) 29 juillet 1393

Pierre de La Palud

On trouve dans l'ouvrage [22] de Jean Beyssac (1859-1929) les détails suivants sur la famille de La Palud dont le berceau de cette famille paraît avoir été Chatillon La Palud.

Perceval de La Palud (1310-1345) fils de Girard. Chanoine en décembre 1310 ; réception le 3 février 1317/18 ; très nombreuses mentions ; chamarier dès le 17 octobre 1336 ; décédé le 2 juin 1345 et inhumé à la cathédrale entre l'horloge et la chapelle de Saint-Jean l'Évangéliste.

Pierre de La Palud Pierre était le dernier des six enfants de Girard de La Palud, Seigneur de Varambon. Il naquit à Priay vers 1380, il fit ses premières études à Lyon où il fit profession de foi au Couvent des Dominicains. Envoyé à Paris, il fut ensuite nommé patriarche de Jérusalem et légat du pape Jean XXII. En cette qualité il présida à Lyon un des conciles préparatoires au grand concile de Bâle. Il mourut à Paris le 13 janvier 1342 et fut considéré comme un saint par les religieux de son ordre. Il est enterré dans la même tombe que son oncle Perceval de La Palud, chanoine de Saint-Jean, décédé le 2 juin 1345.

Pierre de La Palud était chanoine et c'est à la suite de son testament du 29 juillet 1393 qu'il a été enterré avec son oncle. La pierre tombale qui les recouvrait était située entre l'horloge et l'autel de Saint-Jean l'Évangéliste aujourd'hui disparu. En 1650 du temps de Guichenon, cette dalle de Pierre était encore en place et on pouvait y lire⁶ :

« Ci-gît noble seigneur, Perceval de La Palud, chamarier de l'église de Lyon, qui mourut le 2^e jour du mois de juin 1342. Que son âme repose en paix. »

Pierre de La Palud d'après Guichenon

Fils d'Aymé et d'Alix de Corgenon. Chanoine en suite d'une permutation avec Henri son frère le 26 juin 1382. Serment et réception le même jour. Première résidence déclarée suffisante le 26 juin 1383 ; teste le 29 juillet 1393 et décède au cloître le lendemain 30 juillet, inhumé le 31 dans le tombeau désigné par son testament. Division de sa terre le même jour⁷.

Les Actes capitulaires de Saint-Just donnent le 10 juillet 1389 comme date de sa mort. Guichenon a dédoublé Pierre de la Palud en 2 personnages ; l'un fils de Pierre et de Marie de Luyrieux, l'autre fils d'Aymé et d'Alix de Corgenon.

L'inscription d'après Quincarnon Quincarnon rapporte différemment l'inscription de la pierre tombale de Perceval de La Palud⁸ :

« Ci-gît Perceval de La Palud, d'illustre mémoire, en son vivant chamarier de l'Eglise de Lyon, qui mourut le 2 ... juin 13... Puisse son âme reposer en paix. Amen. »

4.1.4 1394 : Henri de Valenciennes

4.1.4.1 Le 14 novembre 1394

Les chanoines demandent que le dizainier donne sur l'argent qu'il doit encore pour son logement, à Maître Henri de Valenciennes, chargé de l'entretien de cette horloge de cette église, dix

⁶« Hic jacet nobilis dominus Percevallus de Palude camerius ecclesiae Lugdunensis, qui obiit II die mensis Junii MCCCXLII cujus anima resquiescat in pace. »

⁷Guichenon, Histoire de Bresse et Bugey, 3^e partie, page 287

⁸« Hic jacet illustris memoriae D. Percevallus a Palude quondam Camerarius Ecclesiae Lugdun qui ob. 2. ... Juni an 13. ... cujus anima R.I.P. Amen » Quincarnon, Obituaire de Lyon, page 44

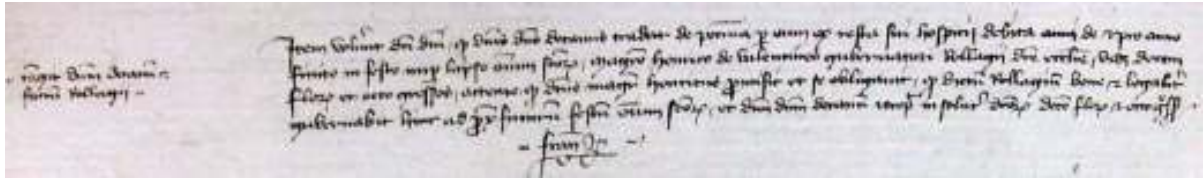


FIG. 4.3 – Le salaire de Henri de Valenciennes.

florins et huit grosses à la seule condition que maître Henri de Valenciennes promette et s'engage à bien et loyalement entretenir ladite horloge⁹.

« Et aussi lesdits seigneurs voulurent que ledit seigneur doyen donnât, à déduire de l'argent qu'il doit encore pour son logement, au titre de l'année en cours venant de s'achever récemment, à la fête de Tous les saints, à Maître Henri de Valenciennes, gouverneur de l'horloge de ladite église, 10 florins et 8 grosses, attendu que ledit Maître Henri a promis, en s'y obligeant, de bien gouverner ladite horloge, dans les règles de l'art, depuis maintenant et jusqu'à la prochaine fête de Toussaint. »

A.C. Vol V, fo 80 verso, Figure 4.3

4.1.4.2 Le 11 décembre 1394

Les chanoines accordent un réajustement à Henri de Valenciennes (de Valentines) pour l'entretien de l'horloge de l'Église ; il devra assurer bien et convenablement l'entretien de cette horloge¹⁰.

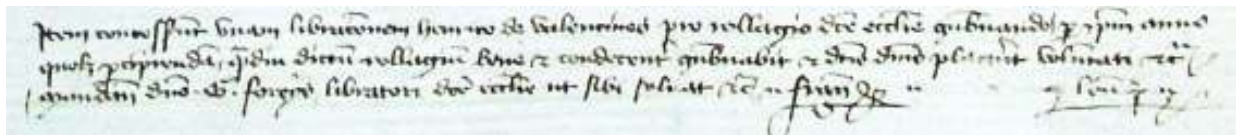


FIG. 4.4 – Le réajustement de Henri de Valenciennes.

« Ils consentirent un ajustement à Henri de Valenciennes pour le gouvernement de l'horloge de ladite église... Il gouverna ladite horloge, bien et convenablement. »

A.C. Vol V, fo 80 verso et 81 recto (cote 10G 79), Figure 4.4

Voir aussi la monographie de la cathédrale de Lyon, par L. Bégule, pp 10-96-97 [35]

⁹ « Item voluerunt dicti domini (les chanoines) quod dictus dominus decanus tradat de pecunia (per eum) ex resta sui hospicii debita de et pro anno finito in festo nuper lapso Omnium Sanctorum, magistro Henrico de Valentines, gubernatori rellogii dicte ecclesie, videlicet decem florenos et octo grossos, attento quod dictus magister Henricus promisit et se obligavit quod dictum rollogium bene et legaliter gubernabit hinc ad proximum festum Omnium Sanctorum »

¹⁰ « Item concesserunt unam librationem Henrico de Valencines pro rollagio dicte ecclesie gubernando... dictum rollogium bene et condecener gubernabit »

4.1.5 1399 : Le lieu d'inhumation de Guillaume Emoy

Nous avons mentionné ce témoignage à propos de l'autel Saint-Thomas au paragraphe 2.3.

4.1.6 1436 : Johannes de Vergerio, gouverneur de l'horloge

4.1.6.1 14 janvier 1436

D'après Rondot, J. du Verger (Johannes de Vergerio ou de Viridario dans les manuscrits) était sonneur de cloches à la cathédrale Saint-Jean.

Il est décédé en 1453 d'après A.C. Vol XIX fo 61 vo Cote 10 G92 (1450-1454)

Le 14 janvier 1436, le chapitre de l'Église de Lyon donne la charge de l'entretien de l'horloge de l'Église à Jean du Verger¹¹ (Figure 4.5) :

« l'office de gouverneur ou de régent de l'horloge de l'église de Lyon. . . »
A.C. Vol XV Fol 16 vo (cote 10G 89) 14 janvier 1436 (1437 nouveau style¹²)

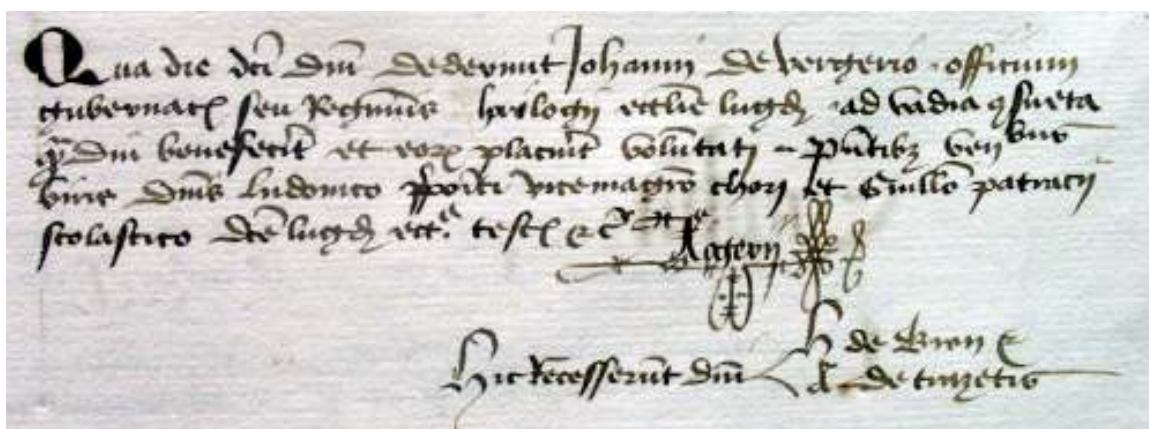


FIG. 4.5 – 1436 : Johannes de Vergerio est chargé de l'horloge.

4.1.6.2 18 janvier 1445

L'horloge astronomique est appelée pour la première fois « Horloge aux petites cloches » ; Jean du Verger « gubernator » à l'église de Lyon présente une supplique exposant que, depuis deux ans, il a entretenu l'horloge aux petites cloches de cette église ; il demande qu'on lui accorde une rétribution convenable : les chanoines, après avoir discuté entre eux de ce sujet, ont décidé qu'on donnerait à Jean du Verger, tant pour le temps à venir que pour le temps passé, dix florins en plus de son traitement annuel de vingt florins, à la condition qu'il soit tenu de s'occuper et entretenir en plus de l'horloge aux petites cloches, l'autre grande horloge de cette église pour le traitement susdit de vingt florins, faute de quoi ce cadeau de dix florins serait annulé. Ces dix

¹¹ « officium gubernatoris seu regentis horologii ecclesie lugdunensis. . . »

¹² Voir la numérotation des années, page 205

florins que recevrait le dit Jean du Verger, sur sa demande, seront pris sur les produits des petites aumônes de l'église. Ils chargent celui qui recueille ces aumônes de ce règlement¹³. (Figure 4.6).

A.C. Vol. XVII, folio 142 vo (10G 90) 18 janvier 1445 (1446 nouveau style).

Il faut donc comprendre qu'il y a trois étapes dans la carrière de Jean du Verger.

1436 à 1443 : Il est sonneur de cloches et son salaire est de 10 florins

1443 à 1445 : Il sonne les cloches (salaire de 10 florins) et entretien sans salaire l'horloge aux petites cloches

1445 à 1453 : il entretient les deux horloges pour 10 + 10 florins. L'entretien gratuit de 1443-1445 est noyé dans l'augmentation

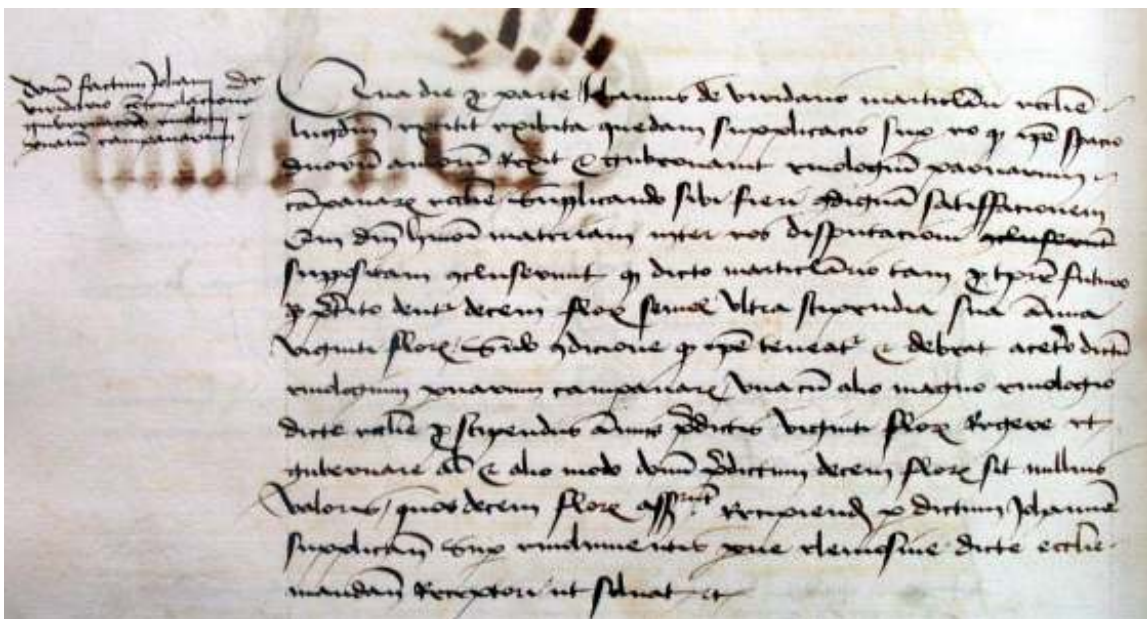


FIG. 4.6 – 1445 : Jean du Verger et l'horloge aux petites cloches.

4.1.7 1443 : La sépulture d'Henri de Saconay

Nous avons déjà mentionné cette sépulture au chapitre 2.3, à propos de l'autel Saint-Thomas près duquel se trouve l'horloge.

¹³ « qua die pro parte Johannis de Viridario marticularii ecclesie Lugdunensis extitit exhibita quedam supplicatio super eo quod ipse spacio duorum annorum rexit et gubernavit eurologium parvarum campanarum ecclesie, supplicando sibi fieri condignam satisfactionem, qui domini hujusmodi materiam inter eos disputacioni suppositam concluderunt quod dicto marticulario tam pro tempore futuro quam preterito dentur decem florenos semel ultra stipendia sua annua viginti florenorum sub condicione quod ipse teneatur et debeat a cetero dictum eurologium parvarum campanarum unacum alio magno eurologio dicte ecclesie pro stipendiis annuis predictis viginti florenorum regere et gubernare alias et alio modo donum predictum decem florenorum sit nullius valoris quos decem florenos asserunt recipiendos per dictum Johannem supplicantem super emolumentis parve elemosine dicte ecclesie mandantes receptori ut solvat »

Antoine Grand reprend et complète dans sa notice de l'horloge astronomique [93] le texte des Actes Capitulaires :

« Henri de Saconay, sacristain de l'église de Lyon, fonde le 2 juillet 1443, une livraison de pain et de vin pour l'octave de Saint-Jean et l'affecte sur des biens qu'il a acquis à Messimy et Brindas. Le chapitre lui accorde une place pour sa sépulture en l'église de Lyon, du côté gauche près de l'horloge et devant la chapelle Saint-Thomas, apôtre, en laquelle chapelle il veut fonder une prébende. Le Chapitre lui cède les matériaux en bois de ladite chapelle pour qu'il puisse la faire construire de nouveau et honorablement. »

Vie d'Henri de Saconay (1396-1445) On trouve dans l'ouvrage [22] de Jean Beyssac (1859-1929) les détails suivants sur la vie d'Henri de Saconay.

Henri de Saconay est fils de Guichard. Il fit ses études à Montpellier, requiert un canonicat en vertu de provisions apostoliques le 27 avril 1396 ; serment le 23 juin 1440 ; retourne immédiatement à Montpellier ; obtient une expectative pour une dignité le 3 septembre 1406 ; sacristain par provisions apostoliques ; son procureur prend possession le 15 décembre suivant ; serment et réception le 20 du même mois ; avis inexact de sa nomination à l'évêché de Carpentras le 7 mars 1411/12 ; député au Concile de Constance le 25 février 1414/15 ; réside dans la suite régulièrement et prend une part active aux affaires du Chapitre ; auditeur des comptes le 10 mars 1434/35, 3 avril 1437 et 2 mars 1439 ; juge de la cour du cloître les 30 juin 1435 et 27 juin 1437 ; commis pour procéder à la nomination de l'abbesse de Saint-Pierre le 30 octobre 1435 ; pacificateur pour le Chapitre les 2 décembre 1441 et 25 juin 1442 ; teste et fonde une prébende à l'autel Saint-Thomas apôtre, le 29 janvier 1444/45 ; décédé à Rochetaillée le 11 février suivant et inhumé le lendemain devant l'autel Saint-Thomas ; division de sa terre le 15 février.

Juge, conservateur, et exécuteur des privilèges de l'ordre de Saint-Jean de Jérusalem dès le 27 janvier 1406/07 ; vicaire général d'Arles le 10 février 1432 ; doyen de Ceyzérieu au diocèse de Genève au moment de son décès.

Pierre tumulaire encore subsistante mais inscription très effacée. On trouve à l'Académie de Lyon le dessin de cette pierre dessinée par Allmer (Cette pierre mesure 3,107m*1,67m). C'est lui qui fit une demande auprès du Chapitre pour reconstruire l'autel dédié à Saint-Thomas apôtre, car cet autel était en bois et était tout vermoulu. L'autorisation lui fut accordée en 1443.

Jean Beyssac donne comme sources : Guichenon, Histoire de Bresse et du Bugey, page 248, et Révérend du Ménil, Les seigneurs de Villeneuve en Forez dans l'ancien Forez, X, page 133.

4.1.8 1461 : Entretien de l'horloge par Jean Couturier

En 1461 Jean Couturier (Johannes Codureii) est chargé par le chapitre de Lyon de l'entretien de l'horloge de la cathédrale. (d'après Rondot [156] page 50 avec une mauvaise référence A.C.

Vol XXI fo 294 ro).

4.1.9 1464 : Guillemín, valet de Jean Couturier, assure la relève

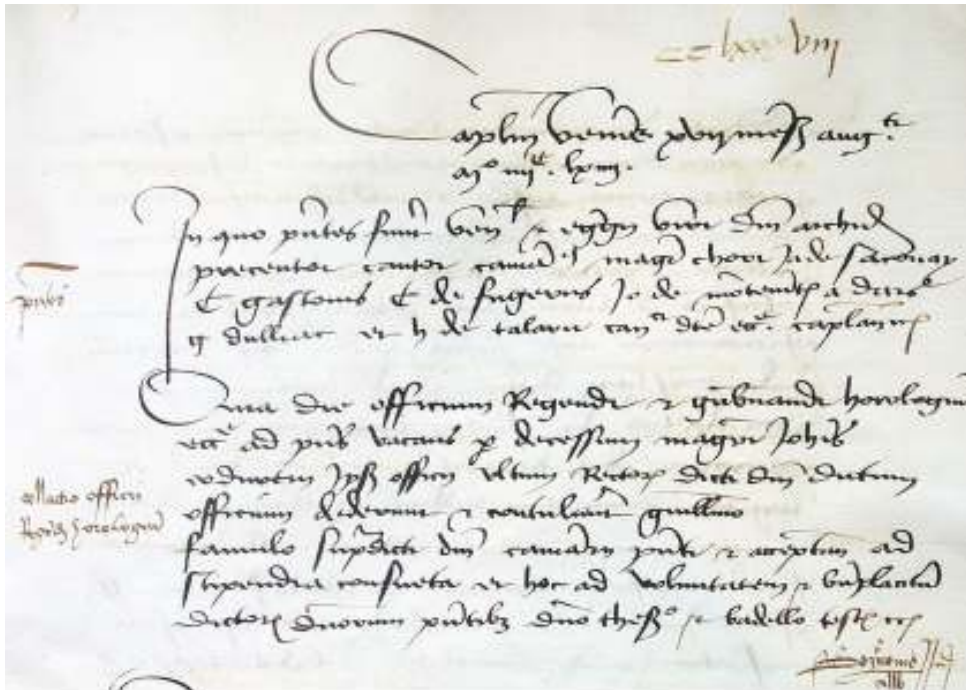


FIG. 4.7 – 1464 : Guillemín prend la relève de Jean Couturier.

Le 17 août 1464, les chanoines donnent la charge de l'entretien de l'horloge de l'église à la suite du décès de Maître Jean Couturier, dernier recteur de cet office, à son valet Guillemín¹⁴ :

« Ce même jour, l'office de régir et gouverner l'horloge de l'église, à présent vacant, par suite du décès de Maître Jean Couturier, dernier recteur dudit office, décédé, ils le cédèrent et le confièrent à Guillemín, valet dudit Seigneur (Jean Couturier) »

A.C. Vol XXI fo 294 ro Cote 10G 94, Figure 4.7

4.1.10 1488 : Jean Prévost peint l'horloge

1^{er} février 1482 (nouveau style)

¹⁴ « Qua die officium regendi et gubernandi horologium ecclesie ad presens vacans ob decessum magistri Johannis Codureii ipsius officii ultum rectorem dicti (le chapitre de l'église) cederunt et contulerunt Guillemino famulo supradicti domini »



FIG. 4.8 – Le pinacle de l’Eglise et la statue de « Dieu le Père ».

« Il est reconnu par Jean Prévost, verrier et peintre, qu’il a reçu pour peindre à dorure la statue de Dieu le Père, établie au pinacle de l’église, 30 francs en monnaie dont il se contente¹⁵. »

Il s’agit de peindre en dorure la statue de Dieu le Père qui se trouve toujours sur le pinacle de l’église sur la façade Ouest. On peut comparer les trente francs reçus par Jean Prévost pour cette tâche aux deux francs qu’il reçoit pour la peinture de l’horloge le 24 août 1488. La tâche semble donc beaucoup moins importante, en tout cas moins dangereuse...

24 août 1488 Le 24 août 1488, le même Jean Prévost est chargé de peindre l’horloge placée dans l’église¹⁶.

« Maître Jean, verrier, a reçu 2 francs pour peindre l’horloge qui est à l’intérieur de l’église. »

¹⁵« Item constitutus personaliter Johannes Prevost, verrerius et pictor, confitetur habuisse et recepisse a domino Johanne verrerii pro deaurando Deum patrem supra pygnaculum ecclesie, videlicet triginta francos monete, de quibus contentatur. »(Ibid.)

¹⁶« Item magister Johannes le verrier habuit pro pingendo orrologium quod est in ecclesia II francos » [35], p. 11

4.1.11 1494 : Jean Manguilliton entretient l'horloge



FIG. 4.9 – 1494 : Jean Manguilliton entretient l'horloge.

Le 5 novembre 1494, les chanoines réunis en chapitre, informés de l'activité, de l'honnêteté et de la compétence de Jean Manguilliton qui habite à Lyon, l'ont chargé de l'entretien et de la bonne marche des horloges de l'église, dont il se porte garant¹⁷.

« Ce même jour, lesdits seigneurs, informés de l'activité, de la probité et de la compétence de Jean Manguilliton, habitant Lyon, l'ont établi et commis à l'entretien et au gouvernement de l'horloge de la ssdite église ce dont il se porte garant. »

A.C. Vol. XXIX, folio 205 ro Cote 10G 102

4.1.12 1511 : Antoine Chorliet s'occupe mal de l'horloge

Le 16 janvier 1511, Antoine Chorliet, manilier, est appelé au chapitre parce qu'il gouverne mal l'horloge. Il dit qu'elle est en mauvais état : « in certis partibus fratum ». Alors Girinet, le secrétaire se lève et intervenant au nom du sacristain qui a pris peur, supplie qu'on ne sépare

¹⁷ « eadem die prefati domini capitulantes informati de industria probitate et scientia Johannis Manguilliton habitantis Lugduni commiserunt et committunt ad orologia predicta ecclesie regundum et gubernandum ad vadia »

point les deux offices. On lui fait dire de commencer par faire marcher l'horloge et qu'on verra ensuite à lui répondre.

A.C. XXXIII foliot 7 Cote 10 G106

L'abbé Sachet ajoute dans « La grande cloche de Saint-Jean » ([160] page 42) que Chorliet poursuit son travail jusqu'à la fin et que cette dépense d'entretien de l'horloge est régulièrement inscrite dans les actes Capitulaires : « à Gerboux, tire-corde pour monter la grande horloge 40l. »

A.C., XVII, foliot 142 ; CLVII foliot 58

4.1.13 1552 : Claude, horrelogier, rabille les deux horloges

En 1547 on trouve dans les archives la trace d'un « horrelogier » dénommé Claude, habitant le quartier Saint-Jean, qui répare le « réveille-matin » servant au manilier et au tire-corde de la cathédrale. En 1552 il « rabille » les deux horloges de cette église. Il habitait une maison du Gourguillon. (d'après [183])

1545. -(Etablies. Quartier Saint-Jean... depuis les maisons des hoirs Montucla jusqu'à la Porte Froc, compris la Bombarde et Saint-Alban)... Claude horrelogier...

(Arch. comm., EE 21¹, foliot 42.)

1547, veille de la Pentecôte.- ... payé à Maistre Claude, orlogier, pour avoir recoustré le réveille-matin au manilier et tirecorde... 5 sols.

Arch. dép., Saint-Jean, Arm. David, vol. 2, n° 1 Cote 10 G 1600

1551. -(Nommées Côté de Fourvière)

Claude ... horrelogier tient une maison en la rue tendant de la Magdaleine à saint-Just, jouxte Claude Barondeau de bize, estimée valloir par an... V. l. tz.

Arch. comm., CC 43, foliot 27

1552, 3 février. -(Comptes du Chapitre de Saint-Jean)

pour cent et douze livres de fer de bèze, en présence de messire Jehan Tixier et maistre Claude l'orlogier, pour commencer à rabiller le grant orloge et le petit... 3^{éc.s.} 19 s.

plus pour six carreaux d'acier fin, 7 s. 6 d., baillé aud. maistre Claude l'orlogier.

... baillé aud. M^e Claude l'orlogier, en déduction du rabillage desd. deux orloges la somme de... 17^{éc.s.} 8 s.t.

Arch. dép., Saint-Jean, Arm. David, vol. 8 (suite), n° 2, fos 13 vo, 14 Cote 10 G 1612

4.1.14 1562 : Le saccage du Baron des Adrets,

Dans la nuit du 30 avril au 1^{er} mai 1562, le baron des Adrets et ses troupes envahissent le cloître par la « Rue de la Brèche » et saccagent la façade et ses statues, démolissent la cloture du chœur en marbre noir [109, 35].

Nous donnons un extrait du livre de Gabriel de Saconnay¹⁸ pour montrer l'ampleur des dégradations.

¹⁸Gabriel de Saconay. Discours des premiers troubles advenus à Lyon. A Lyon par Michel Jove, en 1569, 269 pages, page 136.



FIG. 4.10 – La mutilation du cloître Saint-Jean en 1562-1563. D’après [109] et une gravure de *Tristibus Galliae*.

« ils n’ont laissé, dans l’église de Lyon, un chœur à briser où l’on psalmodiait les cantiques spirituels et même celui de la grande église construit de marbre avec plusieurs colonnes de porphyre et jaspe, figurées dedans et dehors des histoires du vieux testament. Bref, ils ont si bien défigurés lesdictes églises, qu’en aucunes, n’y appert forme d’église ; ils ont arraché les telis de fonte et de fer d’icelles, et n’y ont laissé ni fer ni clous des fonts baptismaux et bénitiers ou les ont brisés ou transportés en leur maisons et jardins pour en user en leurs délices, et d’aucunh en ont usé pour chaises percées. A un ange, ils emportaient une aile, à un saint la teste. »

Le 7 juillet 1563, le chapitre¹⁹ se regroupe et décide que le service sera repris.

Dans une délibération du 24 décembre 1569 (A.C. LVI foliot 185) le chapitre fait écrire :

« de onze cloches les ennemis de la religion catholique en rompirent et emportèrent neuf du grand et du petit accord et n’en resta que la grosse qu’est à présent appelée Marie et la tierce cloche appelée Gros saint »

4.1.15 1563 : Les gages de Maître Nicolas le Coustançois

En 1563 Maître Nicolas le Coustançois « orlogier de Saint-Jehan » reçoit « la somme de trente neuf livres, cinq sols et six deniers pour ses gaiges d’ung an et pour parties qu’il a fournies pour

¹⁹Archives de Lyon GG Perrache A.C. Liv II f°414 (soit la cote 10G 125).



FIG. 4.11 – Cathédrale Saint-Jean de Lyon : l'horloge de la façade.

l'entretènement dudict orologe de Saint-Jehan. »

De quelle horloge s'agit-il ? Le mystère reste entier car les questions restent sans réponses, quelles que soient les hypothèses.

Est-ce l'horloge aux petites cloches, située tout près du jubé détruit ? Elle aurait donc échappé aux mutilations !

Est-ce l'horloge dans le clocher, sur la façade ? Nous avons vu au paragraphe précédent qu'il ne restait plus que deux cloches sur onze. L'horloge de façade qui se trouvait sous les grosses cloches aurait été épargnée !

D'après [156] page 54, Archives de Lyon GG, quittance du 20 avril 1563

4.1.16 1570 : Damyan Péjoct reçoit l'office d'orlogier

11 juillet 1570 : « les dictz Seigneurs (chanoines de l'église de Lyon) ont donné l'estat et office d'orlogier de ladicte église à Damyan Péjoct, orlogier de ceste ville aux gages accoustumez, qui a promis de faire son debvoir ».

A.C. Vol. LVI, folio 280 ro (Cote 10 G129)

Ces deux actes de 1563 et 1570 concernent vraisemblablement le « gros horloge » placé dans la tour Nord de la façade, qui n'a pas eu trop à souffrir du saccage de 1562.

4.1.17 1572 : Denis Paporin missionné pour faire refaire l'horloge

Le 4 juillet 1572 : « A esté ordonné que le petit orloge sera refaict et pour dresser et gouverner les affaires ont députtez lesdicts sieurs archidiacre et chantre et maistre Denis Paporin pour ouïr et sçavoir du maistre orlogier combien il voudra avoir et à quelle condition ».

A.C. Vol. LVII, folio 279 vo (10 G130)

Le maître horlogier que Denis Paporin était chargé d'écouter était, il semble, Pierre Combret (né en ?, orrelogier dans le pennonage de la rue de Flandre près du Change en 1571 et mort en 1622 [183]) le successeur de Damien Péjoct mais Rondot ne trouve pas mention ni de sa nomination ni de l'exercice de ses fonctions. Cet acte ne semble pas avoir de suite...

4.2 Hugues Levet

4.2.1 Biographie

D'après Rondot [156], Hugues Levet était serrurier et horloger à Lyon en 1603 et 1607. Vial et Côte nous en donnent une biographie détaillée²⁰.

Hugues Levet, « M^e orlogier » à Lyon, originaire de « Ville-en-Michaille », épousa à Saint-Paul le 10 avril 1591, Jeanne Bertholus, de la paroisse Saint-Nizier. Il était venu tout jeune à Lyon, à ce qu'il semble. En 1594, il loue une chambre au 2^e étage sur le devant, et une cave, dans la maison de feu César Panse, rue de Flandre ; l'année suivante, il occupe, dans la même rue, une petite boutique où le remplace son confrère Abraham Bergier. Hugues Levet mourut entre le 13 août 1621 et le 23 Juin 1627 ; il eut pour héritier Hugues Levet, fils de son frère Louis-André, serrurier à Seyssel. Il possédait à Lyon une maison dans la rue Dubois, près de « la Couronne soutenue », un moulin, et, à ce qu'il semble, une seconde maison rue de l'Aumône ; mais il habitait encore, en 1604, le quartier Saint-Paul.

En 1595 il prit comme apprenti pour six ans, moyennant 16 écus sol, Jean François Poncet, de la paroisse de Craz-en-Michaille. Le 14 mai 1598 il passa avec le Chapitre de Saint-Jean un prix-fait pour la réparation du « petit horloge » de la Cathédrale, qu'il s'engagea à « refaire, racomoder à neufz et faire marcher et sonner, ... tant en sonnerie, musique et calandrier, figures et démonstrations du mouvement des planètes et signes célestes, chant du coq et autres artifices y estans » ; le prix convenu était de 120 écus sol, les fournitures comprises. Hugues Levet ne savait pas écrire son nom (il le déclare dans deux actes notariés des 14 mai et 8 juillet 1594) ; plus tard en 1604, il signe péniblement et illisiblement. Il est fort probable que, manquant des connaissances scientifiques nécessaires, il s'adressa à son confrère Nicolas Lippe et se fit aider par lui. En tout cas, il reçut, le 19 septembre 1598, le solde de

²⁰Vial et Côte, Les horlogers lyonnais de 1550 à 1650, [183] page 66

la somme convenue pour la réparation « du petit horloge ». La même année, il « raccommoda » le réveille matin servant au tire-corde de la cathédrale, et, le 5 mars 1599, il fut chargé par le chapitre d'entretenir et de gouverner, aux gages de 20 écus sol par an, les deux horloges de Saint-Jean.

4.2.2 Archives sur Hugues Levet

1591, 10 août - ...j'ay éposé Hugues Levet, m^e orologier demeurant à Saint Pol, avecque Jehanne Bertolon de la parroisse Saint Nizier et sans empeschement.

(Arch. comm., Saint-Paul, 438, fo 181, n^o 1536.)

1594, 17 février - ...Hierosme Fayard, m^e tailleur d'habitz... à Lyon..., confesse debvoir... à Hugues Levet, m^e orologier, ...la somme de cent troys escuz un tiers d'or sol pour vray et loyal prest..., et par luy receu... en un millerez d'or, deux doubles ducatz, un doble doublon valant quatre escuz, et le surplus en francz et quart d'escuz...; et laquelle somme... led. débiteur... promet de rendre et payer..., en semblables espèces..., dans le dernier jour du mois de juin prochain venant...

(Arch. dép., Min. Sonthonaz, reg. 363, à sa date)

1594, 8 juillet - (Claude Parisot notaire, au nom d'Isabeau Chionnassi, veuve de César Panse, reconnaît avoir reçu d'Hugues Levet la part revenant à sa cliente du loyer d'une maison sise rue de Flandre. Levet doit pareille somme, soit 3 écus 15 sols tournois, à m^e Laurent Debourg, conseiller en la Sénéchaussée, pour le) loage d'une chambre au deuxiesme estage sur le devant et d'une cave... Lesquelz ont signé..., non ledit Levet, pour ne savoir escrire, comme il l'a dit, de ce enquis...

(Ibid., à sa date.)

1595, 1^{er} mars - Hugues Levet occupe une petite boutique située rue de Flandre et dépendant de la boutique d'Antoine Chopin, mercier.

1595, 23 novembre - Henry Poncet et Jean Poncet, son frère, de la paroisse de Cra (Craz) en Michaille, pays de Savoy..., tant en leurs noms que de Anthoyne Poncet leur père, ...baillent pour apprentif... Jean François Poncet, leur frère, comme led. Jean François s'affirme, et toutes ses œuvres licites et honnestes, avec... Hugues Levet, m^e orologier demeurant à Lyon..., pour le temps et terme de six années, pendant lequel temps ledit Jean François sera tenu et promet de bien et fidèlement servir led. Levet son maistre, procurer son prouffict et obvier à son dommaige, ny permettre luy estre faict aucun tort et faire son debvoir en sond. estat et autres siennes affaires licites, sans s'absenter de son service pendant ledict temps, s'il n'y a cause légitime. A peyne de tous les despens... dont sesd. frères, sond. père... seront tenus envers ledict Levet (etc), de toute perte et malversation advenans par la coulpe dud. Jean-Françoys, et de lui payer sa despense de bouche à dict de maistre. Lequel ils entretiendront d'habillement, chaussure, vesture et ledict Levet le promet nourrir à ses despens et l'instruire en sond. estat, sans luy en rien cacher, et en

avoir soin comme de son propre filz. Et a esté cest affermaige passé moyennant la somme de seize escuz sols (dont) deux escuz pour la femme dudict Levet; sur quoy ledict Levet a receu lesd. deux escuz d'estraines... Présens à ce... Anthoine Atier, charpentier, Jehan Terrasson et Jehan Dupoy, clerc... - (En marge, à la date du 25 janvier 1597, mention de l'annulation de ce contrat; Levet garde 5 écus qu'il a reçus et autorise l'apprenti à travailler chez tel autre maître que bon lui semblera.)

(Arch. dép., Min. Bégule, reg. 178, fo 756 vo.)

1597, circa. - (Visitation d'armes. Pennonage Gallier. -Quartier de la Douane) ... Hugues Levet orlogier, de Ville en Michaille, à Lyon puis XXV ans, marié; une arquebuzé et alebarde.

(Arch. comm., EE 33, n° 1.)

Le 14 mai 1598 Figure 4.12 - Nobles, Vénérables et égrèges personnes, messieurs Claude de Chalmazel, doyen; Loys de Saconay, chantre; Claude de Salenard-Ressin, secrétaire; Jehan Meslet de la Bernerye, prevost, Antoine de Gibertes, maître du cœur, Thomas de Meschatin la Faye et Claude d'Oncieux, chanoines de l'Esglise, comtes de Lyon, assemblés dans ladite église, en la chappelle du Sépulchre, issue de la grand messe, représentant le corps universel de ladite esglise, d'une part, et Hugues Levet, maistre orlogier à Lyon, d'autre.

Lesdites parties scaichans de leurs bons grés franchises et libérales volontés, ont fait et font entre eux les paschtes, prix fait et obligation suivantes: scavoir que lesdits sieurs baillent à pris fait audit Levet, présent et acceptant de bien d'heument refaire, racomoder à neufz et faire marcher et sonner l'orloge estant, dans lad. esglise, sous la voste du clochier, près la chappelle saint Pierre, tant en sonnerye, musique, calandrier, figures et démonstrations du mouvement des planettes et signes célestes, chant du coq et autres artifices y estans, et en plus fournira ledit Levet et fera à ses despens toutes choses requises et nécessaires que y manquent, comme le coq au-dessus chantant toutes les heures, statues, tant pour lad. musique que démonstrations desdites planettes et signes célestes, roues, cloches, marteaux, barres, contrepoix, ressorts, souffletz, et tous aultres ustilz et engins nécessaires, tant pour ladite sonnerye, musique, chant du coq, que calandrier, et icelluy remettra en son entier et perfection, bien dheument et justement, à dictes de maistres à ce experts et cognoissants, dans la saint Michel prochain venant, à ses despens, excepté que lesdits sieurs seront tenus faire peindre et dorer à leurs despens ledit calandrier, selon qu'il aura esté désigné marqué et escript par ledit Levet. Pour et moyennant le prix et somme de cent vingts escus sol, au prix de l'ordonnance, payables par lesdits seigneurs au dict Levet, sçavoir soixante escus incontant qu'il aura commencé ladite besogne et le surplus après qu'elle aura esté paraschevée et parfaicte. Car ainsy a été convenu et accordé entre lesdites parties lesquels ont promis accomplir ce que dessus, scavoir ledit Levet par obligation de tous ses biens de leur dite église qu'ils ont soubmis à toutes cours royales, ecclésiastiques et autres en renonçant à tos droits à ce pasdsé à Lyon, dans ladite église avant midi le quatorzième may mil cinq cents quatre vingtz dix huict, présens à ce Vénérables personnes, M M. André Amyot, custode de Sainte Croix, et Clément Gerinet, secrétaire de Saint Etienne, qui ont signé avec lesdits doyens et non ledict Levet pour ne sçavoir, enquis.

signé au registre: Gerinet

(Arch. dép., Saint-Jean, Armoire David, vol. 2, n° 3, et Act. capit., vol. LXV, fo 164 vo.)

Cité également dans Lucien Bégule, Page 96 [35].

Le 3 septembre 1598 mandement à Nicolas Lippius Nous insérons ce mandement à Nicolas Lippius, collaborateur de Hugues Levet

1598, 3 septembre. - Autre mandement à Nicolas Luppe, horlogier, sur ledit Desargues, de la somme de six escus pour employer en achat de soufflets et engins pour faire sonner le cocq estaznt au-dessus de l'horloge que ledict Lupe a prins a raccomoder en notre esglise et luy sera ladicte somme précontée sur ce que luy est deub de reste.

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. LXV, fo 198 bis (d'après Lucien Bégule page 97 fo 198 et 203 vo)

Septembre-décembre 1598 1598, 18 septembre (Figure 4.16) - « Mandement, à Hugues Levet, de 54 écus, solde de la somme à lui due, suivant prix-fait) pour avoir refaict et raccoustré l'orloge estant dans ladicte esglise (de Saint-Jean), soubz la voulte du clochier. . . »

Paiement, en août-décembre de la même année, de :

- Jean Perrissin, peintre, qui a peint à l'huile « le petit horloge, despuis la corniche en dessus l'Annonciation et le cocq »
- Sébastien Michel, enlumineur, pour les deux calendriers
- Gédéon, m^e menuisier, pour les garnitures du dehors « du petit horloge » et les roues du calendrier.

Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. LXV, fo 200 vo (19 sept) ; fos 164 (14 mai), 193 bis vo (12 août et 18 août Jean Perissin et Sébastien Michel), 203 vo (17 oct), 241 vo (18 déc Menuisier Gédéon) Cote 10G 138

24 septembre 1598 . - (Hugues Levet, m^e horloger, déclare à Benoit de Communes, bourgeois de Lyon, qu'Antoine Girard, qui sous-louait sa maison, lui a donné dédite ; en conséquence, il demande à être « déchargé » par de Communes, desdits membres de maison et indemnisé. Signé) Jacques Coppier. . . , non led. Levet, pour ne sçavoir, de ce enquis. . .

(Arch. not., Min. Jacq. Coppier, reg. pour 1597-1598, à sa date.)

Le 17 octobre 1598 : Mandements simultannés à Levet et Lippius 1598, 17 octobre. -A esté octroyé mandement à Hugues Levet, m^e orologier à Lyon d'ung escu vingt solz pour avoir accommodé le réveille matin servant pour le tire-corde de ladite esglise.

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. LXV, fo 202 vo.)

1598, 17 octobre - Mandement à Nicolas Lippius, maître orlogier à Lyon de la somme de quinze escus pour avoir raccoustré le grand orloge de ladite esglise les fournitures y comprinses, dirigé à M. Girard Desargues, prévost du contrat

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. LXV, fo 203 vo)

5 mars 1599 Figure 4.17 - Lesditz seigneurs (chanoines de Saint-Jean) ont convenu avec Hugues Levet, m^e orlogier de ceste ville, présent et acceptant, que moyennant la somme de vingt escus sols qu'ils lui payeront annuellement à deux termes, il sera tenu entretenir et gouverner

bien et d'heurement les deux orloges de ladite esglise de toutes choses nécessaires à ses despens, à la charge que où il conviendrait faire des pièces neupves auxdits orloges, jusques à ung escu, les fera à ses despens ; et où il en conviendrait faire excédant ung escu, luy seront payées par led. chapitre, ce que lesdits sieurs et Levet ont promis effectuer et accomplir par obligation, scavoir lesdits sieurs des biens de ladite esglise et ledict Levet et de ses corps et biens qu'ils ont soumis à toutes cours spirituelles, royales et autres et n'a signé pour ne scavoir. Présens à ce Vénérables personnes M.M. Jehan Faure, trésorier, Claude du Soleil, Chevalier, François du Soleil, custode de Sainte Croix et Guillaume Bouchet bastonnier de ladite esglise. Signé au registre Gerinet

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. LXV, fo 296 vo.) Cote 10G 138

Autres documents sur Hugues Levet Ces documents provenant de minutes notariales sont extraits de l'ouvrage de Vial et Côte [183].

1600, 10 août - (Hugues Levet, m^e horloger, et François Boillon, meunier, se donnent quittance réciproque) de tout ce en quoy ils ont heu affer par ensemble. . . (notamment) à raison du prix et loyer de certain molin appartenant aud. Levet, que led. Boillon a tenu à cense. . . , moyennant bon paiement. . . de six escus vingt cinq solz. En présence de Xtophe Notolon, m^e orlogier, et Loys Guyon, compagnion orlogier

(Arch. not., Min. Jacq. Coppier, reg. pour 1600, fo 150 vo.)

1603, 15 octobre - (Jeanne Choppin, veuve de Cosme Colin, m^e chirurgien juré à Lyon, s'adressant à Jeanne Bertholon, femme de Hugues Levet, alors absent, « treuvée au devant de sa maison d'habitation, rue du Boys », lui donne dédite, à raison de la mort de son mari, pour le logement qu'ils occupaient dans cette maison. La femme d'Hugues Levet répond que son mari « est de présent aux champs » ; Levet déclare, le lendemain, « qu'il entend que le louage tienne »)

(Ibid., reg. pour 1603, fo 494)

1604, 24 avril - (Hugues Levet loue à Mathieu Martin, dit Adam, monnayeur en la Monnaie de Lyon, au prix de 80 livres ts par an, une chambre et cuisine, au second étage sur la rivière de Saône, un grenier sur la rue et une cave ; le tout dépendant ne maison sise rue de Flandre. (Signé) Hugues Levet.

(Ibid., reg. pour 1604, fos 263, 264)

1610, 3 mai - (Hugues Levet, m^e horloger, loue à Jean Villet, m^e cardeur de soie à Lyon, au prix de 63 livres t. par an), une chambre sur le devant au second estage, cuisinier une cave sur le devant ung grenier sur le derrière ayant regart la court du milieu et une chambre au quatriesme estage, ayant regart sur la court, des membres de la maison dud. Levet size. . . rue Duboys avec les aysances et commoditez desd. membres à l'encavage comme décavage, par le trapon de la cave sur le devant.

(Arch. dép., Min. Buirin, reg. 220, fo 354.)

CHAPITRE 4. LES PRINCIPAUX ÉVÈNEMENTS LIÉS À L'HORLOGE DE LYON

1613, 17 janvier - (Floris Nicolas, m^e corroyeur et sa femme Catherine Levet, nièce d'Hugues Levet, m^e horloger, reconnaissent avoir reçu de ce dernier 360 livres tourn., plus une robe et cotte que led. Hugues avait constituées en dot à sa nièce, suivant contrat reçu Tarchier, du 24 mai 1611.) (Ibid., reg. 223, fo 1)

1616, 28 juillet - (Les frères Nicolas, Pierre et Jean Gorge et l'héritier de leur frère André possèdent, rue Grenette, une maison, séparée de celle d'Hugues Levet par une petite cour. Dans la muraille limitant cette cour et appartenant aux frères Gorge, Levet a fait poser des pannes pour y adosser une étable avec fenièrre, qu'il a édifiée sur son tènement. Cette construction ayant bouché les larmiers du premier étage de la maison des frères Gorge, ceux-ci signifient à Levet qu'il ait à laisser libres ces larmiers et à faire enlever le fumier qu'il tient contre led. mur et qui « le pourrit et gaste, outre la puanteur et infection ». Levet s'y refuse et dit aux frères Gorge « qu'il leur répondra en conseil ».) (Ibid., reg. 242, à sa date)

1619, 5 décembre - Hugues Levet, m^e horloger, loue à Jean Husson, m^e écrivain, dans sa maison de la rue Dubois, près de la Couronne soutenue, une chambre avec son arrière-chambre et la moitié d'une cave non séparée, sur le derrière ; le tout au prix de 75 livres par an. Au cas où l'autre moitié de la cave serait louée, Husson devra souffrir l'encavage par la sienne.) (Ibid., reg. 226, fo 73.)

1620, 6 mars - (Claude Filliard, m^e charpentier, reconnaît avoir reçu d'Hugues Levet, m^e horloger, la somme de 8 livres ts pour avoir « estampé » et réparé une maison appartenant aud. Levet et sise rue de l'Aumône) (Ibid., fo 197.)

1620, 30 avril - (Étienne Jacquet, m^e « escarcelier », donne dédite à Hugues Levet pour les membres qu'il occupe dans sa maison de la rue Dubois.) (Ibid., fo 279.)

1621, 27 mars - (Jean Husson, m^e écrivain, donne dédite à Hugues Levet ; voir, plus haut, 1619.) (Ibid., reg. 228, fo 164.)

1621, 13 août - (Hugues Levet loue à Jean-Baptiste Putod, m^e peintre à Lyon, pour 10 livres ts par an, avec la caution de Pierre Baraillon, une chambre au troisième étage, dans sa maison de la rue Dubois.) (Ibid., fo 348.)

1627, 23 juin - Louis-André Levet, m^e serrurier de Seyssel en Bugey, père et légitime administrateur de Hugues Levet, son fils, héritier de feu Hugues Levet son oncle, m^e orlogier à Lyon... (et led. héritier)... tous deux ensemble... consentent que honn. Florys Nicolas, me courroyeur aud. Lyon, mary de Catherine Levet, ...perçoive les loyers qui escherront le jour de

demain (de la maison que feu Hugues Levet possédait rue Dubois, maison qui a été vendue, par décret de justice, à Antoine De La Fay et Claude Vondière Ces loyers sont cédés à Florys Nicolas moyennant le paiement par lui de 144 livres, suivant transaction du 10 juin précédent). (Ibid., reg. 234, à sa date.)

4.2.3 La seule montre connue fabriquée par Hugues Levet

Cette montre fait partie d'une collection privée et a les caractéristiques suivantes (Figure 4.18).

Elle possède un réveil à timbre avec une aiguille de réveil sur le petit cadran mobile. Le cadran est finement gravé et se trouve dans une boîte ajourée en laiton doré avec des piliers à balustre .

Des motifs de plantes du type de ceux des tapisseries Renaissance la décore avec des têtes fantasmagoriques.

Le mouvement est à fusée avec une corde en boyau. Son autonomie est d'environ 20 heures. Le balancier à foliot se trouve sous un coq en feuille de fraisier.

A cette époque il y avait distinction franche entre les horlogers de gros volume et ceux de la petite horlogerie ; on peut aussi dire que cette montre n'est pas l'œuvre d'un apprenti.

La grosse horlogerie se faisait sous contrat et le contrat était signé par la personne maître d'œuvre du chantier qui requérait en général plusieurs corps de métier : menuisier, peintre, sculpteur sur bois... La personnalité de Levet capable de réaliser une aussi belle montre et de coordonner les travaux liés à l'horloge de la cathédrale Saint-Jean reste un mystère.

On peut remarquer la très belle signature de la montre et s'étonner que les textes que nous avons étudiés nous montrent que Hugues Levet ne savait pas signer. Il faut savoir qu'une telle montre était l'ouvrage de différents corps de métiers et ne pouvait donc être réalisée que dans des villes où les métiers de luxe avaient de l'importance (Lyon, Paris, Blois mais aussi Bordeaux, Rennes, Abbeville). Le coq ciselé était par exemple l'ouvrage d'un orfèvre ; ceux-ci étaient les seuls à travailler l'or. Les femmes étaient particulièrement sollicitées pour ces travaux qui demandaient une grande attention et grande précision (d'après Monsieur Bernard Sénéca, ouvrage à paraître).

4.2.4 Nicolas Lippe

4.2.4.1 Biographie de Nicolas Lippius

Voici ce qu'en disent Vial et Cote ([183] page 67)

« Un portrait de Nicolas Lippe (Lipp, Lupe ou Lippius) figure sur une estampe anonyme du XVII^e siècle, avec la légende « Nicolaus Lippius Basiliens. Ætat. 32, A^o 1598 ». Cet horloger serait donc né à Bâle vers 1566 ; les recherches faites par Natalis Rondot n'ont pu que constater la présence dans la région, vers 1570, d'une famille Lippe. Nicolas Lippe, dont les armes, figurées sur la gravure ci-dessus, montrent une sphère armillaire supportée par une cigogne, n'a pas construit l'horloge astronomique à automates de la cathédrale de Lyon, que la légende lui attribue, mais il

contribua à sa réparation. La petite horloge avait été « ruinée » par les Protestants en 1562-1563 ; le chapitre de Saint-Jean passa, le 14 mai 1598, un prix fait pour sa réfection avec le maître horloger lyonnais, Hugues Levet. Celui-ci, étant illettré, s'associa vraisemblablement, pour le travail dont il s'était chargé, son confrère Nicolas Lippe, alors à Lyon. Le 27 août, le chapitre faisait payer à Lippe six écus « pour employer en achapt de soufflets et engins pour faire sonner le cocq estant au-dessus l'horloge, que le dict Lupe à prins à racommoder ». C'est là tout ce qu'on sait des travaux faits en collaboration par Nicolas Lippe et Hugues Levet ; d'après les termes du prix-fait, il ne semble pas qu'ils aient ajouté grand chose à l'horloge, dont on ignore l'auteur primitif. Lippe répara aussi « le grand horloge » de la cathédrale et reçut, le 17 octobre 1598, quinze écus sol pour son travail et ses fournitures ; le mandement qui lui est délivré à cette date l'appelle « Nicolas Lepius, maistre orloger à Lyon ».

Le renom dont jouit cette horloge, maintes fois décrite et célébrée dans des récits de voyageurs, fit naître sur elle - comme sur l'horloge de Strasbourg - une légende qui n'a pas encore disparu. On raconte toujours que les chanoines de Lyon, justement fiers de posséder cette merveille, voulurent qu'elle restât unique au monde et firent tuer - ou aveugler - l'auteur de ce chef-d'œuvre.

Bégule explique que Lippius avait orné le bas de la tour surmontant l'astrolabe de deux têtes de lions tirant la langue et remuant les yeux avant les sonneries en souvenir d'un automate de sa ville. En effet on trouvait un automate appelé Lalen König (roi de la Langue) à l'entrée du pont de Bâle, du côté du Grand-Bâle tirant la langue vers le Petit Bâle de l'autre côté du Rhin (cette pièce datant du XIV^e siècle se trouverait au musée archéologique de la cathédrale de Bâle [176]).

L'estampe publiée en 1598 porte dans sa partie supérieure deux médaillons. Natalis Rondot identifie dans les armes de Lippe « une sphère armillaire supportée par une cigogne qui s'ouvre la poitrine pour donner à manger à ses petits avec deux étoiles en chef » ; le timbre de l'écu est surmonté d'un « dragon tenant une hallebarde ».

Une observation attentive montre qu'il s'agit d'un pélican²¹ pour le bas du médaillon et que le dragon en haut pourrait bien être un basilic tenant une hallebarde. En effet Lippius est bâlois et les armes de Bâle en 1511, représentées sur la figure 4.20 sont supportées par un basilic²² (courroie autour du cou) sous une pancarte « BASLIEIA 1511 » qui identifie à la fois l'animal et la ville titulaire du blason.

²¹L'oiseau qui s'ouvre le ventre pour donner à manger à ses petits est bien connu en héraldique. Il s'appelle « un pélican en sa miséricorde » ou une miséricorde tout simplement.

Il y a ainsi trois autres animaux dont le nom métaphorique s'abrège :

une salamandre en sa patience ou une patience

un phénix en son immortalité ou une immortalité

une grue en sa vigilance ou une vigilance

Le pélican est souvent employé pour représenter le Christ qui donne sa vie pour les hommes. On le rencontre à Strasbourg sur les gravures de l'horloge ainsi que sur les chaires des églises protestantes Saint-Guillaume et Sainte-Aurélie (d'après Théodore Ungerer, *Les Habrecht*, page 108 [175]).

²²Basilic : animal à tête de coq, ailes de chauve-souris et queue de serpent

Hans-Christian Ackermann, conservateur du Musée « Zum Kirschgarten » de Bâle [2] fit des recherches plus heureuses et retrouva dans les archives de Bâle la famille Lippe, famille de meuniers.

4.2.4.2 Les traces de Nicolas Lippius aux Archives Départementales du Rhône

1598, 27 août - (Mandement à) Nicolas Lupe, horlogier... de la somme de six escuz, pour employer en achat de soufflets et engins pour faire sonner le cocq estant au-dessus de l'horloge que le dict Lupe a prins à racomoder en nostre esglize et sera ladicte somme précontée sur ce que luy est deub de reste.

Arc. dép. Saint-Jean, Actes Capitulaires, Tome LXV, Foliot 198 bis vo

En août et décembre 1598 le chapitre donne son accord pour le règlement des compagnons ayant participé à la restauration

Jean Perissin, peintre, qui a peint à l'huile « le petit horloge depuis la corniche en dessus l'Annonciation et le cocq » : Sébastien Michel, enlumineur, pour les deux calendriers

Gédéon, Maître menuisier, pour les garnitures du dehors « du petit horloge » et les roues du calendrier.

(A.C. Vol LXV fo 200 et 241)

1598 17 octobre - Mandement à Nicolas Lepius, maistre orloger à Lyon, de quinze escus sol pour avoir raccoustré le grand orloge de ladite esglize, les fournitures y comprises.

(Arc. dép. Saint-Jean, Actes Capitulaires, Tome LXV, Foliot 203 vo)

4.2.4.3 Les traces de Nicolas Lippius aux Archives de Bâle

Dans l'ouvrage paru en 1917 [76] Fallet-Scheurer reprend la phrase « de bien d'heument re-faire, racomoder à neufz et faire marcher et sonner l'orloge estant, dans lad. esglise, sous la voste du clochier », enlève la virgule qui figure dans le texte original et précise qu'il est écrit « refaire racomoder » et non « racomoder » simplement. Il indique ensuite que le chapitre était bien conscient que Levet n'était qu'un prête-nom mais qu'il ne pouvait absolument écrire un contrat avec l'hérétique protestant Lippius. Pour lui Levet n'aurait ainsi rien fait dans l'horloge. C'est possible mais il faut savoir que sa fonction de maître-horloger à Lyon lui confèrait nécessairement des compétences indéniables d'artisan dont témoigne la seule montre de lui qui soit connue (Figure 4.18). D'autre part il a reçu des sommes importantes par rapport à Lippius.

Fallet Scheurer nous donne par ailleurs d'importantes précisions sur la famille Lippe de Bâle.

« Les Lippe sont une vieille famille de meuniers de Bâle qui déjà au XV^e siècle se trouve nommée dans les actes des corporations de forgerons. Morand Lippe reçoit la guilde en 1518. En 1561 apparaît sa veuve ; le 28 août 1546 le meunier Andreas Lippe reçoit la guilde et le 12 février c'est au tour de Christian Lippe. Il faut savoir que les meuniers étaient à l'époque des mécaniciens nés parce qu'il s'entendaient parfaitement dans la construction du moulin, et c'est pourquoi à Bâle aussi ils figurent au registre des forgerons. Peut être Niklaus Lippe a-t-il acquis ses connaissances mécaniques dans l'atelier de meunier de son père. Le 22 février 1587 est

baptisée pour la Saint-Pierre une Ester Lippe dont le père s'appelle Niklaus Lippe et la mère Sara Kreyer²³ ».

Ces dates correspondraient parfaitement avec l'écu situé sur l'horloge mentionnant Nicolas Lippius âgé de 32 ans en 1598.

Un problème subsiste. Où Niklaus Lippius a-t-il pu acquérir les connaissances scientifiques lui permettant de calculer et réaliser une horloge astronomique ? Pour répondre à notre question Fallet-Scheurer ajoute :

« Depuis la Réforme fleurissait à Bâle l'Art et la Science horlographique et horométrique (c'est-à-dire l'art de fabriquer des cadrans solaires et de réaliser d'autres instruments de mesure comme des nocturlabes, des astrolabes. Figure 4.22). Au cours du XVI^e siècle plusieurs ouvrages de mathématiciens et astronomes arabes furent imprimés à Bâle parmi lesquels « de interrogationibus » (des interrogations), « de electionibus », « de temporum significationibus in judiciis » (Livre du jugement des événements), du pénétrant et excellent auteur juif Sahl ibn Bîshr²⁴ (nommé aussi Zahel et Abû Otman), ouvrages qui avaient d'abord été imprimés en 1493 à Venise. En particulier les ouvrages de Sébastien Münster²⁵ « Compositio horologiorum », « Rudimenta mathematica » dont la deuxième partie « de omnium generum horologiorum delineatione, compositione et fabricatione » contenaient les descriptions et illustrations de cadrans solaires et d'instruments astronomiques ainsi que « Fürmahlung und künstliche Beschreibung der Horologien » (peinture et description artistique des horloges) et enfin « Cosmographia » ont beaucoup participé à la diffusion des connaissances mathématiques et astronomiques pour l'horlogerie, non seulement dans les pays de langue allemande mais aussi en France, Angleterre, Italie. C'est aussi Sébastien Münster qui transmet à Hans Holbein le Jeune²⁶ les connaissances physiques et astronomiques qui lui permirent de fabriquer de nombreux cadrans solaires et d'autres instruments ainsi que de dessiner les projets de grandes horloges pour le roi Henri VIII. Dans le chapitre final de « Horographia » paru en 1533, Münster nous donne des renseignements montrant combien ses ouvrages sont aussi pris en considération par les profanes. »

Il est également intéressant de savoir ce qui se passait dans les grandes villes voisines.

La fabrication des horloges astrolabiques s'étend du XV^e au XVI^e siècle en Allemagne en particulier à Augsbourg et Nüremberg mais aussi Strasbourg où les horlogers devaient réaliser un astrolabe pour accéder à la maîtrise.

La première horloge de Strasbourg de 1352 était devenue inutilisable dans les années 1500 en raison de l'usure des rouages réalisés en fer forgé. En 1547 les magistrats de Strasbourg dé-

²³T.R.K. - O, 1529-1600, Foliot 58

²⁴Sahl ibn Bîshr : mathématicien, physicien et astrologue juif arabe mort entre 822 et 850 après J.C.

²⁵Sébastien Münster : mathématicien protestant et hébraïsant né à Ingelheim en 1489, mort à Bâle en 1552 où il enseigna à partir de 1529

²⁶Hans Holbein le Jeune : un des plus grands peintres de l'Allemagne avec Dürer. Il naquit à Augsbourg en 1497 et mourut de la peste à Londres en 1543. Il se rendit à Bâle en 1515 puis visita la France et l'Angleterre. Il séjourna de 1528 à 1531 à Bâle où il fut chargé de travaux très importants.

cident de son remplacement. Le cadre, le mouvement, le cadran de l'astrolabe sont commencés par les artisans tailleurs de pierre, et forgerons, sous la direction et les calculs de Christian Herrlin titulaire de la chaire d'astronomie et de mathématiques à la « Scola Argentinensis » fondée en 1538, Michael Heer, physicien, et Nicolas Bruckner, théologien. Mais de 1548 à 1558 la cathédrale est rendue au culte catholique (interim d'Augsbourg) et les magistrats protestants de la ville se désintéressent de l'horloge. En 1559 le culte de la cathédrale est à nouveau protestant mais Bruckner et Herr étaient décédés, et Herrlin mourut en 1562. Le successeur de Herrlin, Conrad Dasypodius²⁷ reprit les plans de son maître et ce n'est qu'en 1571 que les responsables de la cathédrale signent un contrat de 700 florins avec les horlogers frères Isaac et Josias Habrecht de Schaffhouse pour exécuter les rouages. Le peintre Josias Stimmer de Schaffhouse fit les décorations des boiseries et des statuettes. La réalisation devait durer une année mais dura en réalité trois ans : l'horloge fut inaugurée pour la Saint-Jean de l'année 1574. On doit noter que la gravure²⁸ de Tobias Stimmer de 1574 montre aux pieds de l'horloge un pélican nourrissant ses enfants de la nourriture tirée de son ventre : on sait que cet animal symbolise le Christ dont le sacrifice sauve l'humanité.

Il est d'ailleurs intéressant de savoir que Regiomontanus²⁹ avait comme nom premier Johann Müller (moulin en allemand)

4.2.4.4 1630 : Le témoignage d'un voyageur

Un voyageur allemand Abraham Golnitz³⁰ parle ainsi de l'horloge de Levet-Lippius :

« Dans cette même église de Saint-Jean on remarque une horloge qui marque les heures, les jours, les mois, le cours du Soleil et de la Lune. Là près d'un lion qui darde sa langue, on a placé cette inscription qui nous apprend avec quelle ardeur les Réformés se livrèrent à la dévastation des églises catholiques :

HOROLOGIUM HOC AN. CI ⊃ I ⊃ LXII,
 IMPIORUM RABIE CORRUPTUM ET DEFORMATUM CI ⊃ I ⊃ X ⊂ VIII
 DEI MISERICORDIA ET REG. INVICTISS. HENRICI IIII VIRTUTE ,
 PACE PARTA, FAUSTO ET INSIGNI COMIT.
 AC CANON. LVGD. REST. CVRAVERVNT³¹ ».

²⁷Conrad Dasypodius (1531-1600) : né à Frauenfeld en Suisse, il est emmené à Strasbourg alors qu'il a deux ans, par son père Pierre Hasenfratz qui y enseignera la langue grecque à la Haute Ecole. Il suit des cours de mathématiques à l'Académie de la ville puis à Paris et à Louvain. Il fait, selon la coutume, latiniser son nom de Hasenfratz, en Dasypodius (lièvre aux pattes velues). En 1562 il est nommé à la chaire de son maître Chrétien Herlin et jusqu'en 1601, date de sa mort, formera des générations d'étudiants.

²⁸Archives et Bibliothèque de Strasbourg

²⁹Regiomontanus : mathématicien et astronome né le 6 juin 1436 à Königsberg (il fit latiniser son nom d'après sa ville natale), mort le 8 juillet 1476 à Rome. Traducteur et éditeur de nombreux ouvrages de trigonométrie et d'astronomie. Professeur en 1461 à l'université de Vienne

³⁰D'après A. Vachez [180] qui mentionne aussi l'abbé Jacques, « L'église de Saint-Jean » page 48 (Ce texte est repris par A. Grand [93] page 86).

³¹« Cette horloge fut brisée et démembrée (souillée) par la rage des impies en l'an 1562.

Mais, grâce à la miséricorde de Dieu et au courage de l'invincible Roi Henri IV, lorsque revint la paix, Les illustres chanoines-comtes de Lyon, prirent soin de la faire heureusement restaurer en l'an 1598 »

4.3 Guillaume Nourrisson

4.3.1 Guillaume Nourrisson et l'horloge de la Cathédrale Saint-Jean

La première trace des liens entre Guillaume Nourrisson et l'horloge de Lyon est datée du 12 novembre 1660 (Figure 4.23).

12 novembre 1660 Mandement au receveur de payer au sieur Nourrisson vingt louis d'or, à compte de la besogne qu'il fait pour restablir le petit horloge de l'esglise, contre la chappelle Saint Thomas.

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. C, fo 289 vo)

1660, 26 décembre - (Baptême de) Nicolas (fils du même et de Catherine Margonne. Parrain, Nicolas Grollier³², capitaine au régiment d'Aiguebonne ; marraine, Constance Margonne, femme de Lambert Pont-Saint-Pierre, bourgeois de Lyon). Vers le Pont du Change.

(Arch. comm., Saint-Paul, 450, fo 556.).

1662, 28 janvier - Mandement au receveur (du Chapitre) de paier au sieur Guillaume Nourrisson, maistre horlogier de cette ville qui a fait le petit horloge, vers la chapelle saint Thomas, y compris ses fournitures, suivant ses parties arrestées par Mr le Chantre, deux mille deux cens et soixante sept livres, outre deux cens vingt livres qu'il a receues cy devant.

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. CII, fo 40 vo.)

1666 15 juin Voir Figure 4.25 - (Convention entre le Chapitre de l'Église de Lyon et les frères Guillaume et Antoine Nourrisson, qui se chargent d'entretenir « le grand et le petit horloge » de Saint-Jean et d'y faire les réparations nécessaires, de « monter le petit deux fois le jour et juste avec celluy qui à la charge de monter le grand, dans lad. tourt », moyennant un gage de 120 livres par an. Si les frères Nourrisson remontent aussi, deux fois le jour, le grand horloge, ils recevront 30 livres de plus.)

(Arch. dép., Saint-Jean, Armoire David, vol. 2, n° 4)

4.3.2 Biographie de Guillaume Nourrisson

Les renseignements qui suivent sont extraits de l'ouvrage de Vial et Côte [183] et n'ont pu être ni vérifiés ni complétés dans les Actes notariés des archives. Nous avons repris la généalogie donnée par la figure 4.26.

L'horloger lyonnais Jean De Bombourg³³, son contemporain, décrit l'œuvre de Nourrisson en 1675, 15 ans après la restauration de l'horloge :

³²Nous reparlerons au chapitre de Nicolas Grollier, auteur d'un livre d'horlogerie 3.6.3.1

³³I. De Bombourg, Recherche curieuse de la vie de Raphaël Sansio d'Urbain, de ses œuvres et estampes qui ont été gravées par Marc Antoine Bolognois ; avec une adresse des lieux où les principaux peintres d'Italie ont travaillé ; & un recueil des plus beaux tableaux tant antiques que modernes, architectures, sculptures et figures qui se voyent dans plusieurs églises, rues et places publiques de Lyon, recuilly par I. De Bombourg, Lyonnais Lyon, Olyer. 1675

« Je ne puis donner plus belle ouverture à ce recueil que la plus illustre et le plus noble des chapitres de la chrétienté. . . Il y a aussi un très bel Horloge fort curieux fait par Nicolas Lippieux, Basilien, en l'année 1598 & depuis il a été restauré par Guillaume Nourrisson, M^e Horlogeur, Auvergnat de nation, qu'il a corrigé et augmenté de plusieurs figures ; & de plus un cadran ovale inventé par Noble Monsieur de Servièrre, qui est à costé, qui marque les minutes, par une eguille qui avance & recule ; & de plus un carillon qui chante l'hymne de Saint-Jean à toutes les heures. C'est la pièce la plus curieuse qu'il y ait en France. »

D'Aigueperse³⁴ citant J.A. Dulaure fait naître Nourrisson (et l'orthographe « Nourrissat ») à Ambert ou aux environs de cette ville³⁵. : « NOURRISSAT, né à Ambert, selon M. Dulaure³⁶, est célèbre pour avoir fait les horloges de Lyon et de Brioude, chefs-d'œuvres d'un mécanisme ingénieux. »

Les registres de l'État civil d'Ambert ne remontent pas assez haut pour qu'il soit possible de contrôler cette affirmation. On ignore où Nourrisson apprit son métier et comment il débuta. Il était déjà un horloger réputé lorsqu'il vint se fixer à Lyon, vers le milieu du XVII^e siècle. Il épousa en premières noces à l'église Sainte-Croix de Lyon, le 17 février 1658, Catherine Margonne (morte en novembre 1666) puis en secondes noces, suivant contrat du 5 février 1668, Catherine Boisse, fille d'un bourgeois de Sauxillanges (Puy-de-Dôme). De ces deux mariages, il eut au moins sept enfants ; les registres paroissiaux mentionnent la présence à ces divers actes, de parrains ou de témoins appartenant au milieu consulaire ou à l'aristocratie bourgeoise de la cité. Guillaume Nourrisson mourut, sans doute hors de Lyon, entre la fin de 1700 et le 16 mai 1701.

Page 93 Madur du Lac l'ainé, Eglise et clocher d'Ambert 1845 Francisque Mandet Histoire du Velay, 1852 t. VI, p. 216 Am. de Saint-Ferréol, Notices historiques sur la ville de Brioude, 1880 t. I, p. 133

³⁴P.-G. d'Aigueperse, Biographie des personnages d'Auvergne, 1836, t. II, p. 119, Part Dieu Fonds ancien 307 835

³⁵Abbé Grivel, Chronique du Livradois, p. 395

³⁶J.-A. Dulaure, Description historique des ci-devant villes... et provinces du midi de la République... an II, t. VI. p. 268.

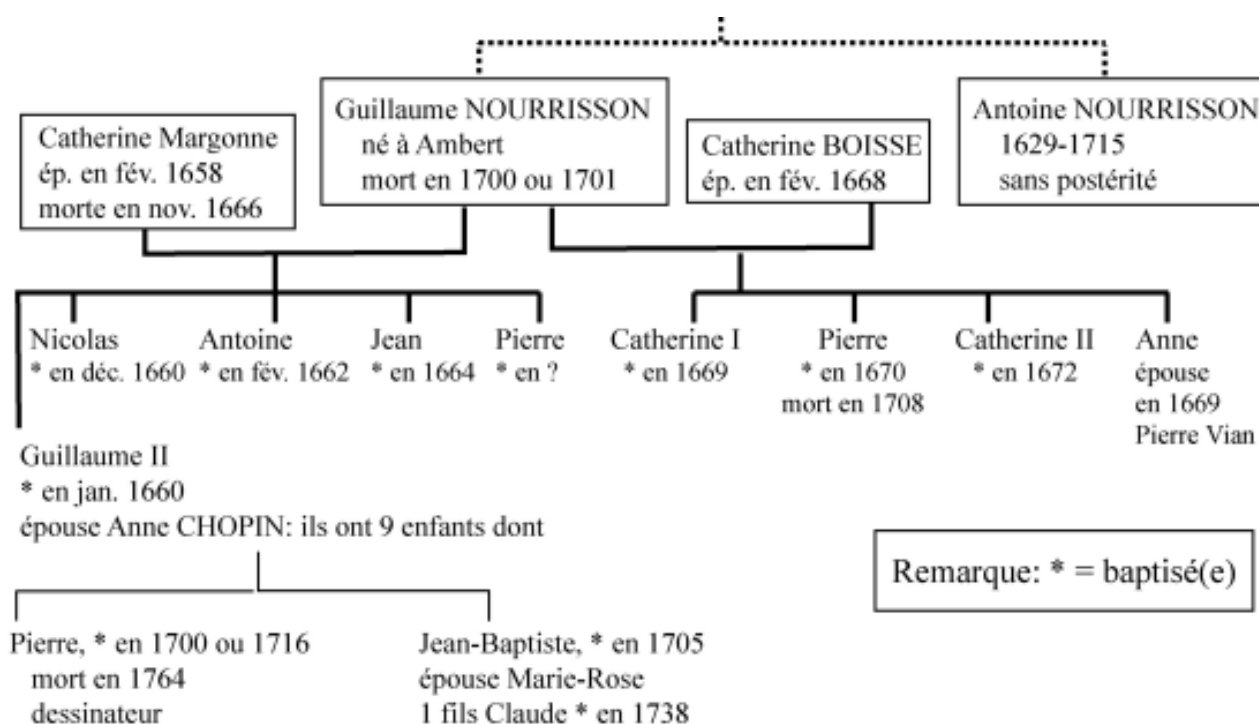


FIG. 4.26 – Généalogie des Nourrisson.

Depuis 1656 au moins, il habitait, à Lyon, une maison appartenant à la Ville et située sur la place du Change, au sud, vis-à-vis le Puits du Change et à l'ouest de la Loge. Dans cette maison, où était aussi son atelier, et dont la cour s'étendait derrière la Loge du Change, Guillaume I Nourrisson et son frère Antoine, entretenirent, d'abord à leurs frais, « une montre » ; puis, à l'aide d'une subvention que le Consulat leur alloua en 1671, une horloge, « très nécessaire (aux) négociants pour limiter le temps des payemens ». En 1683, la Ville, qui devait aux frères Nourrisson l'horloge de l'Hôtel-de-Ville (9.500 livres), s'acquitta en leur cédant la propriété de la maison qu'elle leur louait, à charge pour eux de « souffrir l'horloge qui est au-dessus de lad. maison ». La Ville se réservait encore le droit de racheter l'immeuble lorsqu'elle voudrait agrandir la Loge des Changes. La maison en question, d'abord démolie en partie pour l'agrandissement prévu, appartient, jusqu'en 1746, aux héritiers des deux frères Nourrisson.

Antoine Nourrisson, frère de Guillaume I et sans doute son cadet, né vers 1629 et mort à Lyon, sans postérité, en août 1715, semble n'être venu dans cette ville qu'après son frère, dont il n'eut ni l'habileté, ni le renom.

Deux fils de Guillaume I, Guillaume II et Pierre, embrassèrent la profession paternelle. Guillaume II, né en 1660, épousa en 1699, malgré son père et après trois « supplications », Anne Chopin ; il fut nommé Horloger de la Ville, le 16 juillet 1706, après la démission de son oncle Antoine, sur « la recommandation de Madame de Villeroy, religieuse Carmélite à Lyon, fille du maréchal François de Villeroy, gouverneur de Lyon ». Pierre (frère du précédent) fut aussi « mar-

chand horloger » à Lyon. Un fils de Guillaume II, Jean-Baptiste Nourrisson né en 1705 remplaça en 1731, comme horloger de la Ville, son père démissionnaire ; Claude, fils de Jean-Baptiste, né en 1738 fut à ce qu'il semble le dernier horloger du nom.

Deux frères

- Antoine Nourrisson, né vers 1629, mort à Lyon en août 1715, sans postérité
- Guillaume Nourrisson, né à Ambert, mort en 1700 ou 1701, épouse à Lyon, en 1658, Catherine Margonne, puis en 1658, Catherine Boisse. De ces deux mariages naissent huit enfants dont

1^{er} lit : Guillaume II Nourrisson né en 1660, épouse en 1669 Anne Chopin ; d'où neuf enfants dont Pierre Nourrisson (1700 ou 1716-1764) dessinateur et J.B. Nourrisson (1705- ?) épouse Marie-Rose dont il eut un fils Claude Nourrisson, baptisé à Saint Paul le 10 août 1738

2^e lit : Catherine Nourrisson (1669 ou 1672), religieuse au monastère des Chazeaux ; Anne Nourrisson épouse à Saint Paul en 1669 Pierre Vian, médecin ; Pierre Nourrisson, né en 1670, mort en 1708, « marchand horloger à Lyon ».

Guillaume I, le chef de cette dynastie d'horlogers fut, en 1658, un des trois maîtres chargés par leurs confrères de poursuivre l'homologation puis l'enregistrement des statuts de leur communauté. Il était maître-garde de la Corporation en 1678 et en 1681.

1588
Le Jeudi quatorzies
 Jour de May mil cinq
 Cents nonante huit Jhesus
 de la brand mille

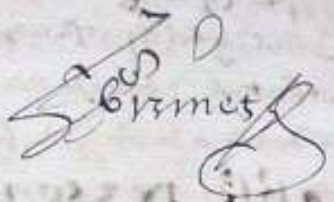
En la chappelle du saint Sepulchre
 On estoit assemblez nobles & plain
 et y avoit plusieurs Messieurs M^{rs}
 Claude de Chalmazel docteur, Loys
 de Savoy Chantre, Claude de Salinas
 Messier Secretaire, Jozay Melliet de la
 vicairie pruvost, Rutzwin de Biboten
 Ma du lieu, Thomas de Laforge
 et Claude Doucierz Avoué Gavinois
 de Lay &glise Comte de Lyon pour
 l'antre de l'affaire de quelle un
 de Celluy qui s'ent

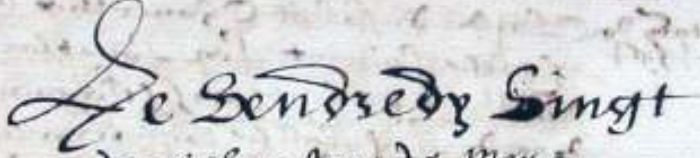
Lesdits Sieurs ont donné a
 prestait a Hugues Levet un orlogier
 a Lyon de l'antre de l'affaire de l'antre
 de l'antre de l'antre de l'antre de l'antre
 de l'antre de l'antre de l'antre de l'antre
 de l'antre de l'antre de l'antre de l'antre
 de l'antre de l'antre de l'antre de l'antre

Lesdits Sieurs a bles et y avoit
 plusieurs Messieurs M^{rs} Claude
 de Chalmazel docteur, Loys de Savoy
 Chantre, Claude de Salinas Messier
 Secretaire, Jozay Melliet de la vicairie

C lxxj

avant midy le quatorziesme May mil
 Cinq Cents quatre vingtz dix huit
 au vray lieu de l'onneur de
 Roy et Custode de l'abbaye de
 Clugny bismont Perretais de
 l'abbaye qui ont signee avec luy
 deus e moy luy l'ont pour un
 l'onneur enqum


 Hugues Levet


 Le Vendredy Singt

dixiesme jour de May
 mil Cinq Cents quatre
 vingtz dix huit l'onneur
 de l'abbaye de l'onneur
 au Roy de la Corse a l'onneur
 enqum

Qui estoient pns Nobles
 et dignes et dignes personnes
 Messieurs Claude de Calvayol doys
 Loy de l'onneur Chantre, Calpud de
 l'onneur et l'onneur Nourrisson de
 l'onneur de l'onneur, Claude d'onneur

Mandement
Beues par Les sieurs
 chappitres de la partie de la
 prescription par Gedeon Ma
 a Lyon du souvenant et
 par les sieurs pour la
 du d'ore du petit
 dans l'adite eglise
 en touché du
 Julien avoient
 sept e
 son exp
 grand de la
 de l'adite eglise
 Ledit mandement
 Les sieurs
 son compte

FIG. 4.16 – 18 décembre 1598 : la rémunération de Hugues Levet.

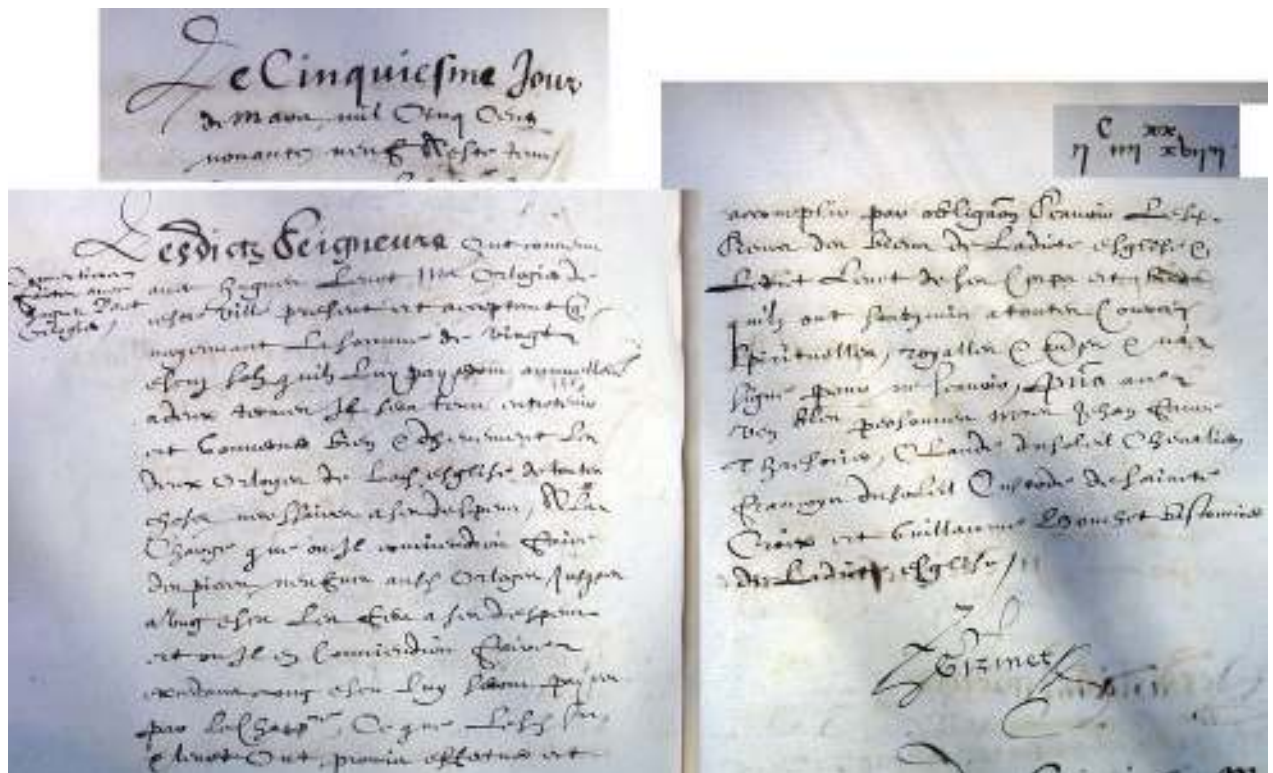


FIG. 4.17 – Le 5 mars 1599 : Hugues Levet entretient l’horloge .



FIG. 4.18 – Montre fabriquée par Hugues Levet (Collection privée).



FIG. 4.19 – L’horloge de Lippius et détails. Gravure [35].



FIG. 4.20 – Les armes de la ville de Bâle en 1511 [82].



FIG. 4.21 – « Les ambassadeurs » de Hans Holbein le Jeune

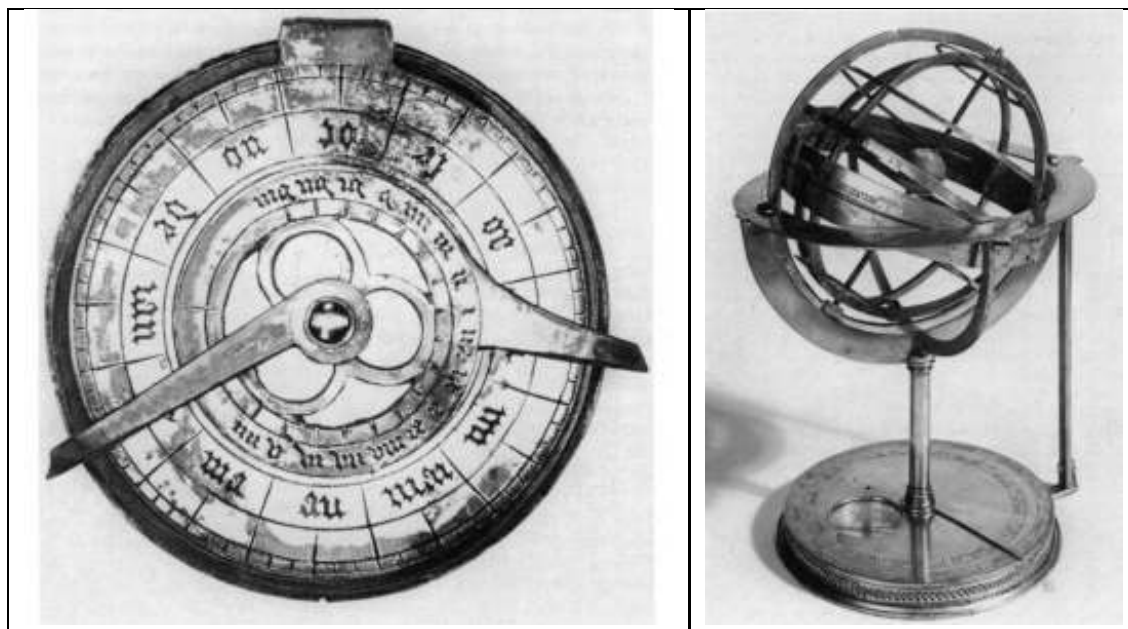


FIG. 4.22 – Nocturlabe et sphère armillaire (Photographies d'après [144]).

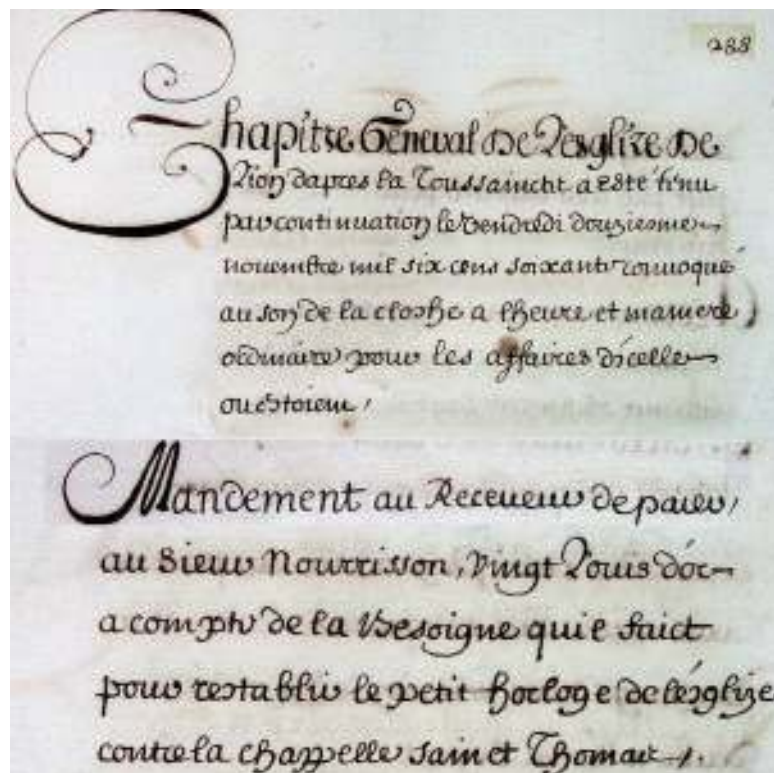


FIG. 4.23 – 12 novembre 1660 : Nourrisson répare l'horloge.

Chapitre 5

Restaurations du XVIII^e au XX^e siècle.

5.0.3 Pierre Charmy : 1779-1782

5.0.3.1 Charmy est chargé de réparer la grande horloge

Voir la figure 5.1.

5.0.3.2 Requête de Charmy pour réparer la petite horloge

Voir la figure 5.2.

5.0.3.3 Charmy est chargé de réparer la petite horloge

Voir la figure 5.3.

Charmy modernise des rouages ; un échappement Graham (inventé vers 1715) remplace l'ancien. On pense que c'est lui qui ajouta le garde suisse car il n'est pas représenté sur les gravures plus anciennes. Charmy a-t-il installé le pendule ? Il est plus vraisemblable de penser qu'il était là depuis longtemps, peut-être depuis Nourrisson en 1660¹. D'ailleurs dans sa lettre du 13 avril 1779, Charmy, chargé de la restauration de la grande horloge propose d'installer « une autre pendule » ce qui prouve que le changement d'oscillateur était fait depuis longtemps :

« ...pour faire aller la grande horloge sans variation, de faire une autre pendule plus longue et plus pesante et de changer la suspension. . . »

5.0.3.4 Requête de Charmy

Voir la figure 5.4.

¹On sait pourtant que l'installation du pendule dans les horloges monumentales ne fut pas immédiate : à Ulm, par exemple, c'est seulement en 1689, que l'horloge astronomique de Habrecht fut « mise en pendule » (d'après [175] page 117).

12 juillet 1762.
Mandé au Sr Charmy de
relever l'ouvrage par un
grande horloge.

4

Messieurs
Messieurs Les Comptes
de Lyon

Am David

Not. 2.

Pierre Charmy à Senece de vous représente
pour qu'il est nécessaire pour faire avec la grande
horloge sans variations de faire une autre pendule
plus longue et plus pesante et changer la suspension
de la pendule faire un Rocher à la place de la roue
de rencontre, se que le dit Charmy offre de faire
ses frais si vous daignes lui accorder,
Messieurs, l'entretien de la dite horloge
comme il a eu cy devant, fait la grace qu'il
Espere de vos Bontés J. Pierre Charmy

les 12 fevrier 1761 le chapitre est contenti la dite requête sous les
charges et conditions y portées seulement car autrement il auroit voulu
le prix dudit grand horloge a celui qui monte le petit comme plus
à propos et plus convenable pour éviter d'être obligé d'augmenter les
appointements destinés a la monte dudit grand horloge.

FIG. 5.1 – 28 février 1761 : Charmy chargé de réparer la grande horloge.

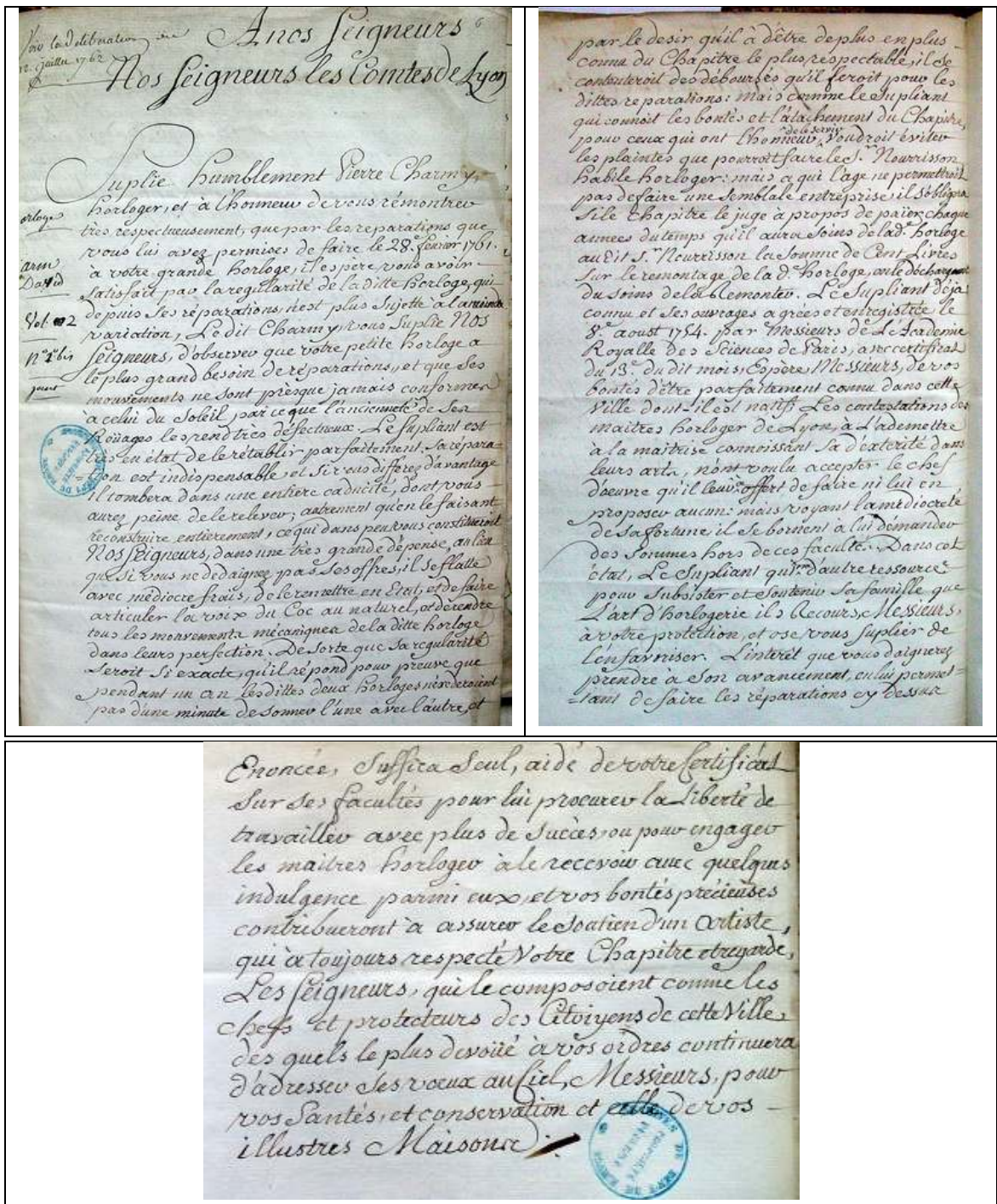


FIG. 5.2 – 12 juillet 1762 : Requête de Charmy pour réparer la petite horloge.

CHAPITRE 5. RESTAURATIONS DU XVIII^e AU XX^e SIÈCLE.

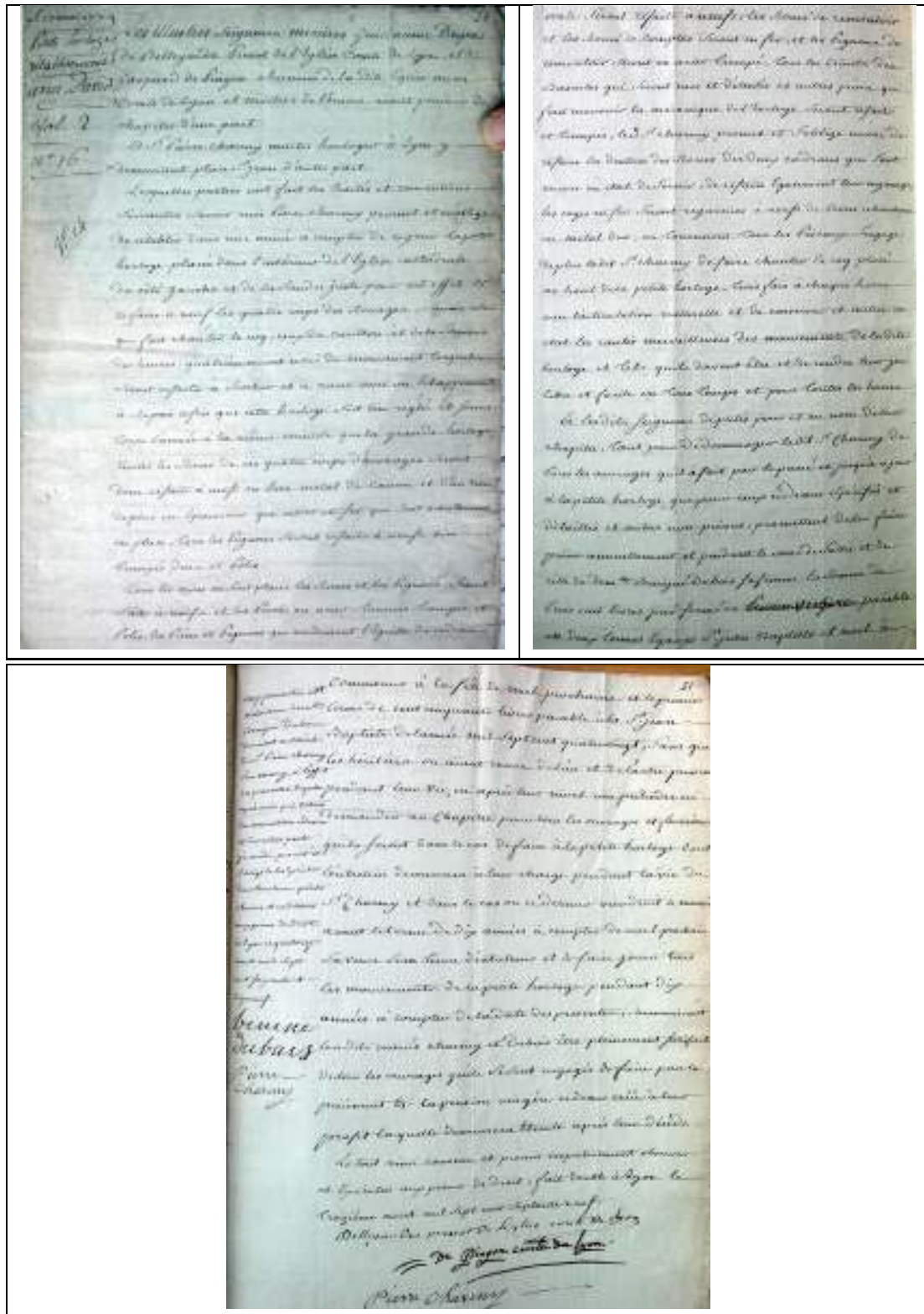


FIG. 5.3 – 13 août 1779 : Charmy est chargé de réparer la petite horloge.

5.0.4 Joseph Mourier : 1856

Joseph Mourier était un horloger lyonnais dont l'atelier se trouvait 4 Rue du Plat dans la presqu'île. Château, dans sa publication de 1901 [42], commente ainsi cette restauration :

« Mourier n'ayant pu s'entendre avec l'Administration sur la question toujours épineuse des honoraires, il abandonna l'entreprise et l'horloge redevint silencieuse »

« on ne peut compter comme une restauration sérieuse la tentative de l'horloger lyonnais Mourier qui n'aboutit à aucun résultat » (page 3)

« Mourier passe pour avoir remis l'horloge complètement en état en 1856. Mais il a dû s'occuper surtout des automates ; il est du reste visible qu'il ne fit pas à ce monument les réparations indispensables à une marche régulière. Certaines fonctions n'ont pas été comprises et ont été supprimées. Il a fallu les reconstituer péniblement après de longues recherches » (Page 19).

5.0.5 Château : 1894-1900

Les travaux furent effectués dans les ateliers de l'entreprise Château² à Paris. La calligraphie du calendrier fut réalisée par Garapin, calligraphe au Ministère des Affaires étrangères. La restauration des rosaces et des symboles astronomiques à Lyon par Raspail. Sous la direction de Desjardin, l'architecte diocésain, et de Vaudremer membre de l'Institut, la maison Thorel et Desvaux s'est chargée des dorures et de la reconstitution des fleurs de lys arrachées pendant la Révolution.

5.0.6 Charvet-Ungerer : 1954

L'entreprise lyonnaise Charvet effectue une restauration complète en sous-traitant la roue d'échappement et le calendrier à Ungerer (Figure 5.5).

5.0.7 La restauration de 1992

Cette restauration de 1992, nécessita en fait une longue approche. François Branciard, alors vice-président de l'ANCAHA³ avait, dès 1980, reçu la mission d'étudier ce monument classé par les Monuments Historiques.

Fin 1990, les Monuments Historiques décident d'engager les travaux et de les confier à l'entreprise de Xavier Desmarquest, spécialiste en horlogerie monumentale, assisté des conseils techniques et scientifiques de François Branciard, Charles Morat, René Durand, horlogers lyonnais.

Les travaux commencés en septembre 1992, furent terminés au début du mois de janvier 1993. Le coût de la restauration fut de 500 000 francs dont une moitié pour la partie horlogerie, l'autre moitié pour les automates et la décoration. Le financement fut assuré pour moitié par l'État, pour un quart par le Conseil Général et pour le dernier quart par une caution de l'Association Diocésaine en attendant de trouver le solde auprès des Collectivités Locales⁴.

²Château, Père et Fils, successeurs de Colin et Wagner, 118 rue de Montmartre Paris [42].

³ANCAHA : Association Nationale des Collectionneurs et Amateurs d'Horlogerie Ancienne ; Association reconnue d'utilité publique.

⁴d'après une note du Père Beauvery

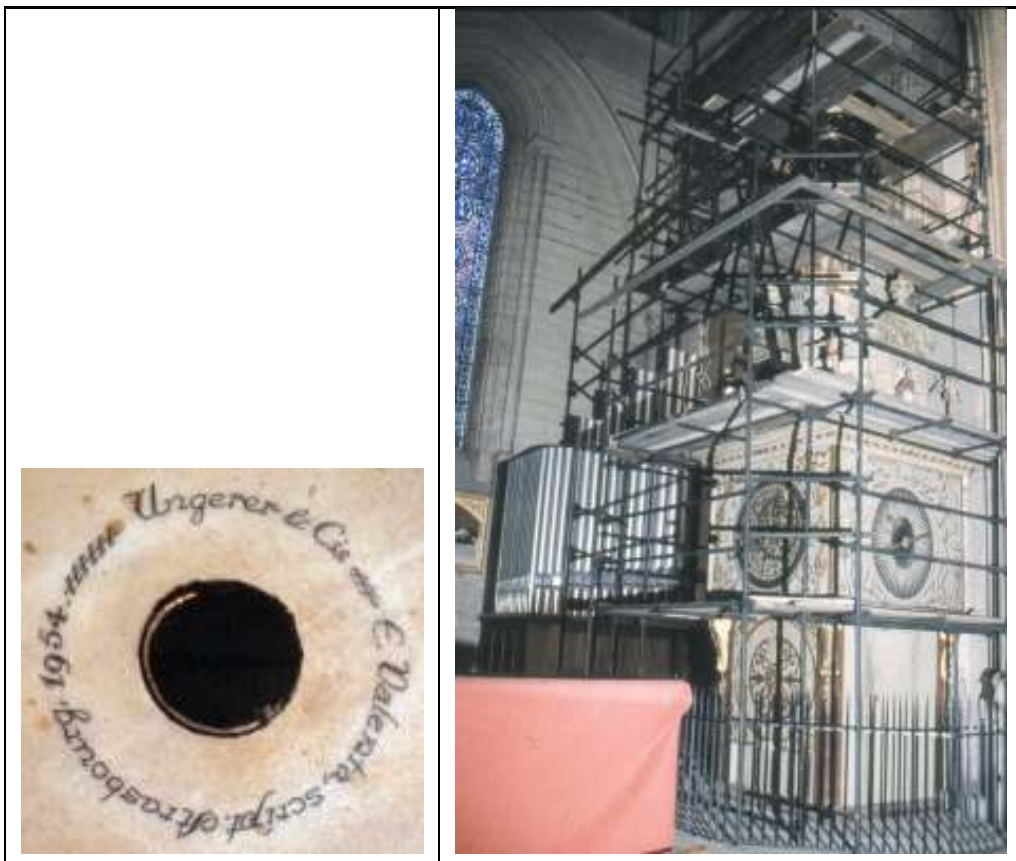


FIG. 5.5 – Le centre du calendrier de 1954 et l'échafaudage en 1992.

Quatrième partie

Conclusion et perspectives

Sur les traces de Maurice Daumas qui montra brillamment combien l'expression « révolution technique » [51, 50, 49] était un mythe qui cachait une réalité riche et complexe, nous avons essayé de montrer combien, malgré quelques sauts scientifiques et techniques, les progrès ont été continus dans le domaine de la mesure du temps de l'Antiquité au XVII^e siècle en particulier en ce qui concerne l'horlogerie astronomique. Une horloge astronomique est un édifice complexe qui nécessite le concours de nombreuses compétences dans les domaines variés des mathématiques, de la physique et des techniques : nous avons essayé de faire une synthèse pouvant être mise à la portée « du non spécialiste ».

Quelques points ont été particulièrement encourageants.

La riche collection photographique qui a été mise à notre disposition et que nous avons enrichie, nous a permis de détailler avec précision le fonctionnement de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon.

La collaboration de 1598 entre les horlogers Hugues Levet de Lyon et Nicolas Lippius de Bâle a été un peu éclaircie grâce à l'obligeance de Madame Veronika Gutmann, responsable des montres du Musée « Zum Kirschgarten » de Bâle qui nous a communiqué les travaux d'historiens bâlois. La seule montre connue de son compagnon de travail, le maître horloger Hugues Levet, est présentée ici. De nombreux points restent cependant à éclaircir sur la formation et la personnalité de Lippius et de Levet comme sur celle de Guillaume Nourrisson, les principaux artisans qui ont travaillé sur l'horloge astronomique de Saint-Jean. Dans son article « Les racines médiévales de la Révolution industrielle » [153], Terry Reynolds rappelait comment les techniciens médiévaux avaient mis au point des dispositifs nouveaux en particulier pour les forges, les scieries, les moulins. Lippius, issu d'une famille de meuniers, est un représentant typique d'une catégorie socio-professionnelle qui a su adapter ces dispositifs à l'horlogerie naissante. Des recherches approfondies sur sa généalogie, sur la vie scientifique et culturelle à Bâle du XIII^e au XVI^e siècle seraient passionnantes pour l'historien des sciences.

Les monographies en langue étrangère (anglais, allemand, italien) des horloges astronomiques européennes ont été étudiées avec beaucoup de soin et utilisées pour la mise à jour de la carte des horloges astronomiques. Nous avons évoqué certaines d'entre elles très représentatives mais une synthèse générale resterait à faire, notamment avec les articles écrits lors des restaurations du XX^e siècle.

Les difficultés ont néanmoins été nombreuses sur le chemin.

Les documents les plus anciens de la période 1350-1450 en latin médiéval ont été très difficiles à lire et demanderaient une étude plus complète, ne se limitant pas aux passages concernant l'horloge de Saint-Jean. Si tous les documents extraits des Actes Capitulaires mentionnant les travaux effectués sur l'horloge de la cathédrale Saint-Jean ont été repris, ceux des actes notariés

ont été seulement mentionnés pour mémoire.

L'étude des mécanismes hydrauliques arabes a été conduite à partir des traductions en langue allemande de Wiedemann [189], en langue anglaise de Hill [100, 5, 98, 99]. Malgré les récents ouvrages ou articles en français sur les sciences et techniques arabes [1, 151, 69, 70], on constate que le lecteur de langue française ne dispose que de peu d'ouvrages originaux des savants et techniciens arabes et de presque aucune traduction des articles de Donald Hill qui les ont fait connaître.

Les restaurations postérieures au XVII^e siècle qui sortaient de notre champ d'étude ont été trop rapidement évoquées. Par exemple l'année de « la mise en pendule » de l'horloge de Lyon est toujours inconnue.

Les travaux d'élèves d'École Primaire, de Collège, de Lycée et d'Université que nous avons mentionnés en Annexe mériteraient une étude approfondie car ils montrent (et j'en ai acquis la certitude au cours de mon enseignement à l'I.U.F.M. avec les stagiaires de formation initiale et continue, avec les classes d'École Primaire et de Collège) combien un monument, porteur de science, d'art et d'histoire pouvait captiver les jeunes générations. Un enseignement des sciences humaniste puise dans l'Histoire toute sa force : seule l'Histoire nous montre la richesse de l'esprit, ses succès, parfois ses impasses, et nous inscrit dans une dynamique de la connaissance où chaque génération peut et doit prendre place.

Cinquième partie

Annexes

Chapitre 1

La sphère d'Archimède

De nombreux auteurs citent la sphère d'Archimède de Syracuse (287-212), le plus fameux savant en mécanique et astronomie de l'Antiquité.

Nous citons ci-dessous les auteurs latins mentionnant cette sphère, pièce unique dans l'histoire de la Sphéropée¹.

Ovide, Fastes VI, 277

Il existe une sphère, de fabrication syracusaine, qui est suspendue dans un espace d'air clos, un modèle réduit de l'immense univers : la Terre y est aussi éloignée du sommet que de la base, conséquence logique de sa forme ronde²...

Sextus Empiricus, Adversus Matematicos IX 115

Contre les Physiciens 115 En outre ceux des ouvrages qui se meuvent d'eux mêmes sont plus admirables que ceux qui n'en font pas autant. Quand nous considérons la sphère d'Archimède dans laquelle le Soleil, la Lune et tous les autres astres sont en mouvement, nous sommes émerveillés ; mais nous sommes moins surpris de la machine en bois et du mouvement de ces corps que de l'artisan et des causes du mouvement. Par conséquent, dans la mesure où les choses qui perçoivent sont plus merveilleuses que les choses perçues, dans la même mesure les causes qui mettent en mouvement les premières sont d'autant plus merveilleuses...³

¹Sphéropée : branche de la mécanique destinée à imiter le mouvement circulaire des corps célestes par la fabrication de sphères mécaniques voir mécanisées.

« ...précision de l'observation qui permettait la fabrication de modèles réduits aussi proches que possible du réel, puis recours à la théorie et à l'analyse géométrique, telles ont été les deux démarches qui ont permis aux Grecs de jeter les bases de l'astronomie et de la géographie moderne ». Citation de Germaine Aujac [10]

²Arte Syracosia suspensus in aere clauso
Stat globus, immensi parua figura poli,
Et quantum a summis, tantum secessit ab imis
Terra ; quod ut fiat, forma rotunda facit. . .

³Ce mot est entendu au sens de ceux qui prétendent savoir et enseigner. L'ouvrage est divisé en onze livres regroupés en deux grandes parties : Contre les professeurs (I à VI) et Contre les Dogmatiques (VII à XI). Les Livres IX et X s'intitulent « Contre les Physiciens » ; on y trouve d'abord des interrogations sur l'existence et l'essence des

Lactantius, Institutiones Divinae II, 5-18

17. Mais alors, comment conservent-ils cette régularité pour parcourir leurs routes ? - C'est tout simplement que Dieu, artisan de l'univers, les a mis en place et les a réglés de façon qu'ils se déplacent dans les espaces du ciel selon une loi divine et admirable, pour déterminer les diverses époques qui se succèdent.

18. Eh quoi ! Le Sicilien Archimède a pu faire fonctionner, dans une sphère de bronze, une représentation figurée du monde, dans laquelle il a si judicieusement placé le Soleil et la Lune, qu'ils accomplissent des déplacements inégaux et analogues à ceux de leurs modèles célestes, comme si c'était la succession des jours, et, par ces rotations, ce mécanisme présente non seulement les montées et les descentes du Soleil ou les phases croissantes et décroissantes de la Lune, mais encore les courses toutes différentes des étoiles et des astres errants et vagabonds, et Dieu n'aurait pas pu organiser et mettre en place ce que l'habileté humaine a pu représenter en l'imitant ?

19. Est-ce qu'un Stoïcien qui aurait vu ces astres en miniature peints et mis en place sur cette maquette de bronze, dirait pour autant que cet ensemble doit son mouvement à sa propre volonté, et non pas plutôt à l'ingéniosité de son artisan ? Il y a donc bien, dans le cas des astres, une raison capable de diriger leur course, mais c'est la raison de Dieu, qui a fait et qui régit toutes choses, et non pas celle des astres, qui sont soumis à un mouvement.⁴

Claudian, Epigram epistola XVI

Sur la sphère d'Archimède Jupiter voyant le ciel figuré en un petit globe de verre, sourit, et s'adressant aux dieux leur dit : « Que de progrès a faits l'ingéniosité des mortels ? Voici mon œuvre immense représentée dans un globe fragile. Un vieillard de Syracuse, grâce à sa science, a transporté sur la terre l'ordre du monde, l'harmonie de la création, et les lois des dieux. Un principe caché y dirige les différents astres, et imprime à cette machine animée un mouvement calculé. Un faux zodiaque y parcourt son cercle annuel, et l'image de Diane y reparaît à chaque mois. Un art audacieux s'applaudit de faire tourner le monde qu'il a créé, et le génie d'un homme gouverne le cours des astres. Faut-il admirer maintenant Salmonée inoffensif avec son faux tonnerre, quand une faible main rivalise avec la nature ?⁵

dieux (IX 1-194) puis des questions sur la cosmologie, l'espace, le temps et les nombres (IX 194-440 et X)

⁴17. - Quomodo igitur in conficiendis itineribus constantiam suam seruant ? - Nimirum Deus, uniuersi artifex, sic illa disposuit, sic machinatus est ut per spatia caeli diuina et admirabili ratione decurrerent ad efficiendas succedentium sibi temporum uarietates

18. An Archimedes Siculus concauoare similitudinem mundi ac figuram potuit machinari, in quo ita solem lunamque composuit ut inaequales motus et caelestibus similes conuersionibus singulis quasi diebus efficerent, et non modo accessus solis ac recessus, uel incrementa deminutionesque lunae, uerum etiam stellarum uel inerrantium uel uagarum dispaes cursus orbis ille dum uertitur exhiberet, Deus ergo illa uera non potuit machinari et efficere quae potuit sollertia hominis imitatione simulare ?

19. Vtrumne igitur Stoicus, si astrorum figuras in illo aere pictas effectasque uidisset, suo illa consilio moueri diceret ac non potius artificis ingenio ? Inest ergo sideribus ratio ad peragendos meatus suos apta, sed Dei est illa ratio qui et fecit et regit omnia, non ipsorum siderum quae mouentur.

⁵In sphaeram Archimedis

Jupiter in paruo cum cerneret rethera vitro,

Cicéron, de *Natura deorum* II XXXIV-XXXV

Comment justifier que, lorsqu'on voit une statue ou un tableau, on sache que l'art est intervenu, que, lorsqu'on voit la marche d'un navire, on ne doute pas que cela bouge grâce à la raison et à l'expérience ou lorsqu'on admire un cadran solaire simplement tracé ou fonctionnant à l'eau, on comprenne que les heures sont indiquées scientifiquement, non au hasard, et qu'on puisse penser que le monde, qui comporte ces mêmes sciences et leurs praticiens et tout le reste, est privé de jugement et de raison ? Si quelqu'un portait en Scythie ou en Bretagne la sphère qu'a récemment construite notre ami Posidonius – sphère dont les divers mouvements accomplissent, dans le chef du Soleil, de la Lune et des cinq étoiles mouvantes, les mêmes trajets qui s'accomplissent dans le ciel, chaque jour et chaque nuit –, qui dans ce monde barbare douterait que cette sphère a été faite selon un plan ? Mais chez nous on se demande à propos du monde dont tout est issu et créé, s'il s'est fait par hasard ou par quelque loi mécanique ou par l'action de l'intelligence divine et on pense qu'Archimède a montré plus de génie en imitant les évolutions célestes que la nature en les faisant ; alors surtout que très souvent ces phénomènes ont été exécutés avec plus de virtuosité qu'ils n'ont été contrefaits ⁶...

Cicéron, *Tusculanae disputationes* I, 63

Oui, quand Archimède fixa dans une sphère le mouvement de la Lune, du Soleil, des cinq planètes, il réalisa la même chose que le dieu de Platon, l'être qui dans le *Timée*, est l'architecte du monde : il réalisa le prodige d'une révolution unique où sont réglés les mouvements les plus dissemblables par la lenteur et la vitesse. Et s'il est vrai que dans notre univers, cela ne peut

Risit, et ad Superos talia dicta dedit :
Hucine mortalis progressa potentia curae ?
Jam meus in fragili luditur orbe labor.
Jura poli, rerumque fidem, legesque Deorum,
Ecce Syracusius transtulit arte senex.
Inclusus variis famulatur spiritus astris,
Et vivum motibus urget opus.
Percurrit proprium mentis us Signifer annum,
Et simulata novo Cynthia mense redit.
Jamque suum volvens audax industria mundum
Gaudet, et humana sidera mente regit.
Quid falso insontem tonitru Salmonea miror ?
AEmula naturae parva reperta manus.

⁶Qui igitur convenit signum aut tabulam pictam, cum aspexeris, scire adhibitam esse artem cumque procul cursum navigii videris, non dubitare quin id ratione atque arte moveatur aut cum solarium vel descriptum aut ex aqua contemplare, intellegere decernari horas arte non casu, mundum autem qui et has ipsas artes et earum artifices et cuncta complectatur consilii et rationis esse expertem putare ? Quod si in Scythiam aut in Britanniam sphaeram aliquis tulerit hanc quam nuper familiaris noster effecit Posidonius, cuius singurne conversiones idem efficiunt in sole et in luna et in quinque stellis errantibus quod efficitur in caelo singulis diebus et noctibus, quis in illa barbaria dubitet quin ea sphaera sit perfecta ratione ; hi autem dubitant de mundo ex quo et oriuntur et fiunt omnia, casune ipse sit effectus aut necessitate aliqua an ratione ac mente divina et Archimedem arbitrantur plus valuisse in imitandis sphaerae conversionibus quam naturam in efficiendis praesertim cum multis partibus sint illa perfecta quam haec simulata sollertius.

se faire sans un dieu, il fallait à Archimède, rien que pour en reproduire les mouvements sur sa sphère, une intelligence divine⁷.

Cicéron, La république Livre I, XIV v21-22

XIV. 21- Philus répondit : Je ne vous communiquerai rien de nouveau, ni que j'aie imaginé ou découvert moi-même ; il s'agit, en effet, d'un souvenir : On parlait un jour d'une semblable apparition à C. Sulpicius Gallus⁸, un homme d'une science fort étendue, vous le savez. Comme il se trouvait alors chez M. Marcellus, qui avait été son collègue au consulat, il demanda d'apporter la sphère enlevée par l'aïeul de M. Marcellus⁹, après la prise de la très riche et très belle ville de Syracuse (de tout l'immense butin, c'était là le seul objet qu'il avait rapporté chez lui). Bien que j'eusse très souvent entendu parler de cette sphère fameuse, à cause de la gloire d'Archimède, je ne fus guère frappé par son aspect. Il y avait, en effet, une autre sphère, plus jolie et plus connue du public ; c'était également une œuvre d'Archimède, et le même Marcellus l'avait déposée dans le temple de la Vertu¹⁰. Par contre, lorsque Gallus se fut mis, d'une façon fort érudite, à nous expliquer le mécanisme de la sphère que nous avons sous les yeux, je compris que ce Sicilien avait eu un génie qui dépassait tout ce que peut comporter, semble-t-il, la nature humaine. Gallus disait, en effet, que l'invention de l'autre sphère, qui était faite d'une seule masse compacte, était ancienne et que Thalès de Milet¹¹ avait été le premier à la tourner ; plus tard, Eudoxe de Cnide¹², un disciple, disait-il, de Platon, y avait tracé le dessin des constellations et des étoiles fixes du ciel. Toute la représentation graphique de cette belle ordonnance, Aratus¹³, bien des années plus tard, l'a empruntée à Eudoxe et l'a célébrée en vers, en recourant non à la connaissance de l'astronomie, mais à un grand talent poétique. Quant à notre type de sphère, dans laquelle étaient

⁷Nam cum Archimedes lunae, solis, quinque errantium motus in sphaeram inligavit, effecit idem, quod ille in Timaeo mundum aedificavit, Platonis deus, ut tarditate et celeritate dissimillimos motus una regeat conversio. Quod si in hoc fieri sine deo non potest, ne in sphaera quidem eosdem motus Archimedes sine diuino ingenio potuisset imitari.

⁸C. Sulpicius Gallus très savant en mathématiques et en astronomie. En 168, légat de Paul-Émile, en Macédoine contre Persée, il prédit et expliqua une éclipse de Lune à l'armée et la rassura. Le lendemain, c'était la victoire de Pydna (Liv. 44, 37, 5-9). D'après Cicéron, il n'a pas prédit l'éclipse, mais il l'a expliquée le lendemain, avant le combat. Cicéron suit une autre tradition que Tite-Live. Plin., Hist. nat. 2, 9, 12, 53, suit Tite-Live.

⁹M. Claudius Marcellus, petit-fils du vainqueur de Syracuse, consul en 166 avec Sulpicius Gallus.

¹⁰Le temple de la Vertu fut construit par Marcellus (fils du vainqueur de Syracuse) à la suite d'un vœu fait par son père lors de la bataille de Clastidium (222 av. J.-C.). Il se trouvait près de la porte Capène. Cf. Daremberg et Saglio, Dict. des Antiquités, s.v. Virtus ; Polybe, 2, 34, 2-35, 1 ; Liv. 29, 11, 13.

¹¹Thalès, un des Sept Sages (642-548) a démontré le premier la rotation de la terre et annoncé une éclipse de Soleil, pendant la bataille d'Halys, entre Mèdes et Lydiens (Hérodote, 1, 74).

¹²Eudoxe (408-340), mathématicien et astronome. Il a le premier affirmé la sphéricité de la terre, la division en zones. Il est le fondateur de la théorie des sphères célestes, qui tournent toutes autour de la terre comme centre. «La nouveauté d'Eudoxe, dit F. Lasserre (Les fragments d'Eudoxe de Cnide, Text u. Kommentar, gr. 8°, VIII, 299 p., De Gruyter, 1966), fut de remplacer le dessin des astres sur une surface plane, par le dessin sur une sphère, dans un plan strictement géométrique». - J'ai adopté le texte astris stellisque, en considérant que Cicéron, dans sa traduction d'Aratus, fait une distinction entre astrum : constellation et stella : étoile isolée

¹³Aratus de Soles, en Cilicie (315-238 environ). Il interpréta dans un poème en hexamètres, Phaenomena, l'œuvre d'Eudoxe. C'est un des poèmes les plus fameux de l'Antiquité. Il a été traduit en latin par Cicéron, Varron d'Atax, Germanicus, Avienus et il est cité par saint Paul (Actes 17 28).

réalisés les mouvements du Soleil, de la Lune et des cinq étoiles que l'on nomme errantes et pour ainsi dire vagabondes, elle n'aurait pas pu être exécutée avec cette précision sous la forme de la sphère d'une seule pièce. Voilà justement ce qui est admirable dans l'invention d'Archimède : il a obtenu qu'une rotation unique fit parcourir de façon constante à des corps des orbites inégales et variées, selon des vitesses très différentes. Lorsque Gallus mettait cette sphère en mouvement, la Lune venait se placer sous le Soleil, après autant de tours dans le bronze qu'il lui faut de jours pour le faire dans le ciel même ; en conséquence, non seulement l'éclipse de Soleil se produisait dans la sphère comme dans le ciel, mais la Lune pénétrait dans l'ombre produite par la Terre au moment où la lumière du Soleil venait d'une direction exactement opposée¹⁴ . . .

¹⁴XIV. 21 - Tum Philus : Nihil noui uobis adferam neque quod a me sit cogitatum aut inuentum ; nam memoria teneo C. Sulpicium Gallum. doctissimum. ut scitis. hominem. cum idem hoc uisum diceretur et esset casu apud M. Marcellum, qui cum eo consul fuerat. sphaeram quam M. Marcelli auus, captis | Syracusis, ex urbe locupletissima atque ornatissima sustulisset, cum aliud nihil ex tanta praeda domum suam deportauisset, iussisse proferri ; cuius ego sphaerae, cum persaepe propter Archimedi gloriam nomen audissem, speciem ipsam non sum tanto opere adnūatus ; erat enim illa uenustior et nobilior in uolguis quam ab eodem Archimede factam posuerat in templo Virtutis Marcellus idem.

22 Sed posteaquam | coepit rationem huius operis scientissime Gallus exponere, plus in illo Siculo ingeni quam uideretur natura humana ferre potuisse iudicabam fuisse. Dicebat enim Gallus sphaerae illius alterius solidae atque plenae uetus esse inuentum et eam a Thalete Milesio primum esse tornatam, post autem ab Eudoxo Cnidio, discipulo, ut ferebat, Platonis, eandem illam astris stellisque quae caelo inhaerent eslse descriptam ; cuius omnem ornatum et descriptionem sumptam ab Eudoxo multis annis post non astrologiae scientia sed poetica quadam facultate uersibus Aratum extulisse. Hoc autem sphaerae genus, in quo solis et lunae motus inessent et earum quinque stellarum quae errantes et quasi uagae nominarentur, in illa sphaera solida non potuisse finiri atque in eo admirandum esse inuentum | Archimedi quod excogitasset quem ad modum in dissimillimis motibus inaequabiles et uarios cursus seruaret una conuersio. Hanc sphaeram Gallus cum moueret, fiebat ut soli luna totidem conuersionibus in aere illo quot diebus in ipso caelo succederet, ex quo et in [caelo] sphaera solis fieret eadem illa defectio et incideret luna tum in eam metam quae esset umbra terrae, cum sol e regione. . .

Chapitre 2

Le texte de Vitruve

Les textes suivants ont été mentionnés au chapitre 2.1 sur les horloges antiques. Ils doivent être lus en relation avec la figure 2.1, page 271, pour l'horloge de Ctésibios, la figure 2.3, page 43, pour l'horloge anaphorique, la figure 3.4, page 59, pour la régulation du débit [185].

2.1 Ctésibios et les débuts de l'hydraulique.

Ces mêmes auteurs ont cherché aussi dans l'utilisation de l'eau un moyen de réaliser des horloges, et en premier lieu Ctésibios d'Alexandrie, qui découvrit aussi la puissance de l'air ordinaire et la pneumatique. Mais la manière dont ces recherches furent menées mérite d'être connue des amateurs. Ctésibios était né à Alexandrie d'un père barbier. Sa vive intelligence et sa grande activité le mettaient au-dessus de tous les autres, et il trouvait son plaisir, dit-on, en d'ingénieux travaux. C'est ainsi que, voulant suspendre dans la boutique de son père un miroir qui, lorsqu'on désirerait le faire descendre et remonter au plafond, remontât de lui-même au moyen d'une corde, grâce à un poids dissimulé, il réalisa le mécanisme suivant : il fixa sous une poutre un conduit de bois et y disposa des poulies. Par ce conduit, il amena une corde dans un angle de la pièce, où il enfilait bout à bout de minces tuyaux, à l'intérieur desquels il fit descendre, à l'aide de la corde, une boule de plomb. Ainsi le poids, en descendant rapidement dans les tuyaux étroits, comprimait la quantité d'air qui s'y trouvait, et, chassant à l'air libre, par sa descente rapide à travers ce passage resserré, l'air rendu plus dense par compression, il avait provoqué, par cette rencontre soudaine, un son aigu. Ayant donc remarqué que du contact de l'atmosphère et d'un jet d'air comprimé naissaient des sons et des notes de musique, Ctésibios mit à profit ces résultats de débit pour construire le premier des machines hydrauliques. (Livre IX 2-4)

2.2 L'horloge de Ctésibios.

De même, il conçut des jets d'eau sous pression, des automates et toute sorte de « trucs » amusants, parmi lesquels figurent aussi des mécanismes d'horloges à eau. En premier lieu, il ménagea l'orifice d'écoulement dans un morceau d'or ou dans une gemme perforée ; car ces matières ne s'usent pas au frottement de l'eau qui coule, et des saletés capables de boucher le

trou ne peuvent s'y déposer. L'eau s'écoulant régulièrement par cet orifice fait monter un flotteur renversé, que les techniciens appellent « liège » ou « tambour ». Sur ce flotteur est fixée une tige en contact avec un disque tournant, tige et disque étant munis de dents égales. Ces dents, dont le mouvement se transmet de l'une à l'autre, produisent des rotations et des déplacements mesurés. De plus, d'autres tiges et d'autres roues, dentées de la même façon et mues par une même impulsion, produisent en tournant des effets et des mouvements variés : déplacement de figurines, rotation de bornes, projection de petits cailloux ou d'oeufs, sonnerie de trompettes, sans parler des autres accessoires. En outre, dans ces horloges, les heures sont tracées soit sur une colonne, soit sur un pilastre contigu, et c'est une figurine qui, sortant du bas de la machine, les indique avec une baguette pour toute la durée du jour. En ajoutant ou en ôtant des cales chaque jour et chaque mois, on rend compte obligatoirement de la durée plus courte ou plus longue des jours. Les robinets de l'eau, pour le réglage du débit, sont établis de la façon suivante : on fabrique deux cônes, l'un plein, l'autre creux, si bien façonnés au tour que l'un puisse entrer et s'ajuster dans l'autre, et qu'au moyen de la même tige on les écarte ou on les resserre pour activer ou ralentir l'écoulement de l'eau dans ces récipients. Ainsi, grâce à ces systèmes et à ce dispositif, on combine le montage d'horloges à eau utilisables l'hiver. Mais si l'on est pas d'accord pour traduire la diminution ou l'accroissement de la durée des jours en se servant de cales qu'on ajoute ou qu'on retranche - car ces cales sont souvent défectueuses -, on devra s'arranger ainsi : on tracera les heures transversalement sur la colonnette d'après l'analemme et l'on gravera sur elle les lignes des mois. cette colonne devra pouvoir pivoter de façon que par rapport à la figure et à la baguette - baguette que tient la figurine pour indiquer les heures en s'élevant -, elle puisse, par sa rotation régulière, rendre compte de la durée des heures (courte ou longue) pour chacun des mois qu'elle porte. (Livre IX 4-7) (Voir la figure 2.1)

2.3 L'horloge anaphorique

On construit aussi des horloges d'hiver d'un autre type : on les nomme « anaphoriques » et on les réalise de la manière que voici. Les heures sont représentées par des tiges de bronze, disposées sur le devant et rayonnant autour du centre suivant l'épure de l'analemme. Là également s'arrondissent des cercles qui définissent l'étendue de chaque mois. Derrière ces tiges se trouve un disque qui porte le tracé et le dessin du ciel et du zodiaque, avec l'image de ses douze signes ; leur représentation figurée, qui prend pour base le centre du disque, donne à l'un plus, à l'autre moins d'étendue. Par derrière est enfermé un axe mobile qui traverse le disque en son centre, et sur cet axe s'enroule une chaîne souple en bronze, à laquelle est suspendu d'un côté le liège soulevé par l'eau, de l'autre un contrepoids servant de lest, d'un poids égal à celui du liège. Ainsi, à mesure que l'eau fait monter le liège, le poids de lest descend et fait tourner l'axe, qui fait tourner le disque. La rotation de ce disque a cette conséquence que c'est tantôt une plus grande, tantôt une plus petite section du zodiaque qui indique, au cours de la rotation, la valeur des heures caractéristique des diverses époques. Car dans chaque signe sont ménagés des trous, en nombre égal à celui des jours du mois correspondant, et un clou à tête ronde, qui dans les horloges semble donner une image du soleil, indique la durée des heures. Ce clou, en passant d'une cavité à une autre, mène à son terme le cours du mois qui se déroule. Et ainsi, semblable

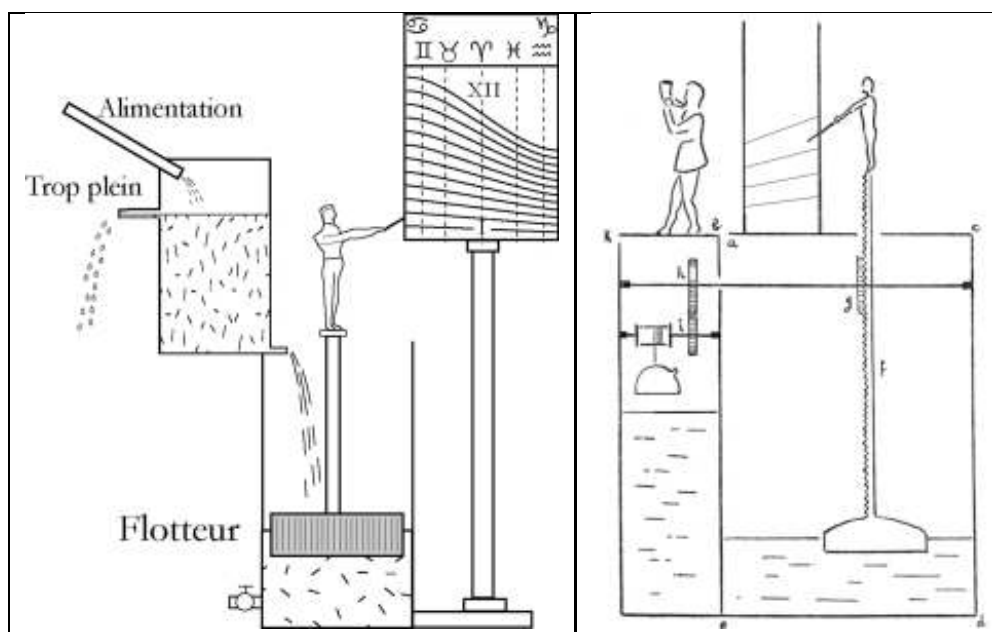


FIG. 2.1 – Indication des heures inégales sur des horloges de Ctésibios [185]

au soleil qui, par son déplacement à travers l'étendue des constellations, étend ou réduit la durée des jours et des heures, le clou, qui, dans les horloges, avance de proche en proche contre la rotation du centre du disque et se déplace chaque jour en un trajet tantôt plus étendu, tantôt plus restreint, donne grâce aux divisions mensuelles une représentation fidèle des heures et des jours. (Livre IX 8-10)

2.4 Un moyen de régler le débit de l'eau

En ce qui concerne l'admission de l'eau et la façon d'opérer un réglage correct, on devra procéder ainsi. Derrière la partie visible de l'horloge, à l'intérieur, on installera un réservoir dans lequel un tuyau amènera l'eau courante, et qui comportera une ouverture au fond. A cette ouverture sera ajusté un tambour de bronze muni d'un trou par lequel l'eau puisse passer du réservoir au tambour. A l'intérieur de celui-ci on en fera entrer un autre plus petit, l'emboîtement mâle et femelle, exécuté au tour, étant ajusté de manière que le petit tambour dans sa rotation à l'intérieur du grand, à la façon d'un robinet, tourne à frottement doux. Le rebord du grand tambour devra porter 365 points marqués à intervalles égaux, tandis que le petit disque portera, fixée sur sa circonférence, une aiguille dont la pointe soit dirigée vers la zone des points, et dans ce disque on ménagera un trou, [parce qu'il permet à l'eau de passer dans le tambour et assure son admission. Les signes célestes étant figurés sur le rebord du grand tambour - qui par ailleurs demeure immobile -, on représentera en haut le signe du Cancer et en bas, à l'opposé, celui du Capricorne, à droite vu de face le signe de la Balance, à gauche celui du Bélier, et l'on marquera tous les autres dans les intervalles de ceux-ci, comme ils se voient dans le ciel.

En conséquence, quand le Soleil est entré dans le Capricorne, l'aiguille du disque portant sur le grand tambour et entrant successivement en contact, d'un jour à l'autre, avec les points du Capricorne précisément, entraînera suivant la verticale une forte pression du courant d'eau qui est ainsi rapidement chassé par le trou du disque dans le récipient inférieur. Celui-ci le recueille et, s'emplissant en peu de temps, abrège et réduit la durée des jours et des heures. Mais lorsque la rotation journalière amène l'aiguille du petit tambour aux points du Verseau, le trou s'écarte de la verticale et, au lieu du violent courant d'eau de tout à l'heure, il émet obligatoirement son jet avec moins d'énergie. Ainsi, à mesure que ralentit le courant qui envoie l'eau dans le récipient inférieur, la durée des heures croît. Le trou du disque s'élevant en quelque sorte par paliers avec les points du Verseau et des Poissons arrive dans le Bélier au contact du huitième degré de ce signe, et, grâce au jet modéré de l'eau, il donne les heures équinoxiales. Du Bélier aux points les plus élevés correspondant au huitième degré du Cancer, en passant dans l'intervalle par le Taureau et les Gémeaux, le trou, qui suit le cours des mois sous l'effet de la rotation du tambour et de ce fait revient vers le haut, voit diminuer la pression d'écoulement ; ainsi ce débit ralenti, par le retard qu'il cause, augmente les durées et, dans le signe du Cancer, réalise les heures propres au solstice d'été. Quand, abandonnant le Cancer dans son mouvement descendant, il parvient par le Lion et la Vierge au point marquant le huitième degré de la Balance, ce retour, accompagné d'une réduction graduelle des durées, raccourcit les heures ; ainsi le trou arrivant aux points de la Balance, donne à nouveau les heures équinoxiales. Descendant par une pente plus marquée à travers l'étendue du Scorpion et du Sagittaire et ramené par sa révolution au huitième degré du Capricorne, il retrouve, sous l'effet de la vitesse du jet, la brièveté des heures propre au solstice d'hiver. (Livre IX 11-15)

Chapitre 3

L'histoire ou la légende de la première horloge en Gaule

Le texte qui suit est extrait de l'ouvrage de Menestrier paru en 1696 [126].

« Je ne dois pas omettre que ce fut en cette ville que parurent les premières horloges que l'on ait vu dans les Gaules parce que le Roy Gondebaud, ayant appris par ses ambassadeurs et par ses envoyés à Théodoric Roy d'Italie que ce prince avait des machines admirables qui distinguaient les heures et marquaient l'ordre des temps sur les mouvements du ciel et des astres, il eut la curiosité de voir de semblables machines et il pria Théodoric de lui en envoyer. Théodoric écrivit à Boèce, le plus savant aussi bien que le plus noble des Romains de lui faire deux de ces machines des plus belles et des plus exactes pour satisfaire le désir de ce Roy des Bourguignons son voisin et son allié.

Lettre du Roy Théodoric à l'illustre Boèce (dans la marge)

Il ne faut pas rejeter les demandes honnêtes que nous font les rois nos voisins puisque les plus petits présents qui sont faits de bonne grâce sont plus estimés que les grandes libéralités. On gagne souvent plus par ces adresses que par la force des armes. Et c'est par des curiosités et des bagatelles données à propos que l'on s'insinue dans les esprits pour traiter après sérieusement les plus importantes affaires. Le Roy des Bourguignons nous a fait demander avec de grandes instances, que nous lui envoyassions des Horloges et des Cadrans avec des Maîtres habiles qui en puissent faire chez eux et leur en apprendre l'usage Envoyez m'en de deux espèces. Premièrement un cadran au Soleil, dont le style marque les heures par le moyen de l'ombre, deuxièmement une autre de ces machines où sans le secours des rayons du Soleil, on peut faire la distinction des heures de la nuit et où pour ne rien devoir aux astres, on fait faire à l'eau ce que le ciel fait par ses mouvements continuels¹.

¹Histoire civile et consulaire de la ville de Lyon, 1696, p 198 à 201, Traduction du Père Menestrier du livre de Cassiodore Part-Dieu - Silo fonds ancien - Livre à consulter sur place - 29 097

CHAPITRE 3. L'HISTOIRE OU LA LÉGENDE DE LA PREMIÈRE HORLOGE EN GAULE

Nous parlons d'un art qui a trouvé le moyen de représenter le ciel et d'en exprimer ses mouvements. Ne voyons nous pas un second Soleil, avoir son cours réglé dans la sphère d'Archimède, et l'adresse des hommes, n'a-t-elle pas su faire un autre zodiaque semblable à celui du ciel. N'a-t-on pas représenté toutes les phases de la Lune, ses accroissements et ses décours. Enfin n'a-t-on pas trouvé l'artifice de faire un ciel portatif en une petite machine qui renferme tout un monde qui le fait voir en abrégé et qui est un fidèle miroir de toute la nature dont elle exprime tous les mouvements par une mobilité aussi aisée que celle de l'air est plus incompréhensible par les merveilleux artifices qui conduisent ces mouvements. Le mouvement des astres y trompe tellement les yeux que quoique nous les voyons avancer nous n'en saurions apercevoir la marche, leur passage d'un degré à l'autre est une espèce de repos et vous ne sauriez distinguer le mouvement de ces corps que vous savez d'ailleurs se mouvoir avec beaucoup de rapidité. »

Boèce exécuta aussitôt ce que Théodoric lui demandait et dès qu'il eut envoyé à ce prince les horloges qu'il lui avait demandées, Théodoric les fit tenir à Gondebaud avec la lettre suivante que j'ai traduite le plus exactement possible sur l'original de Cassiodore.

« Il ne faut considérer dans les présents que l'on fait que de plaire à ceux qui les reçoivent et de les conformer à leurs désirs et à leurs inclinations. Car quelques précieuses que puissent être les choses que l'on présente, elles ne tirent leur juste valeur que de la satisfaction de celui qui les a acceptées. C'est pourquoi après avoir rendu les saluts accoutumés nous avons cru devoir vous envoyer par les porteurs des présentes, les horloges que vous avez désirées avec ceux qui les ont faites pour vous en faire voir tous les usages. Vous verrez dans l'une tous les mouvements du ciel et dans l'autre vous apprendrez le cours du Soleil. Quoique cet astre ne paraisse pas et lors même qu'il n'est plus sur l'horizon, puisque ce sont des gouttes d'eau qui vous marquent la division des heures. Commencez donc à posséder dans votre pays ce que vous n'avez vu qu'à Rome. Car il est juste de vous faire part de nos biens puisque vous êtes dans notre alliance. Que la Bourgogne apprenne sous votre règne à connaître les choses les plus curieuses, les plus ingénieuses et à louer les inventions des anciens. Il est bon que votre Nation commence à se défaire peu à peu de ses anciennes manières qui n'étaient pas si bien polies et que sous un si sage Roy, elle désire de connaître les inventions des sages, qu'elle s'accoutume à régler ses actions selon l'ordre des temps pour faire un bon usage d'une chose aussi précieuse que l'est le temps. Il ne peut y avoir que de la confusion dans l'ordre de la vie quand on ne sait pas en distinguer les mesures. Car il n'y a que la bête qui ne sente la différence des temps que par la faim et les besoins de la nature et qui ignore ce qui doit servir de règle aux actions humaines qui ne doivent avoir d'autres principes que la raison qui est le caractère de l'homme. »

Cette ville s'est conservée cette louable curiosité de Gondebaud puisqu'elle a encore à présent l'une des plus curieuses machines qui soient dans le monde pour marquer le cours des astres et leurs mouvements périodiques : c'est la fameuse horloge de l'église cathédrale que tous les étrangers admirent et viennent voir pour satisfaire leur curiosité jusqu'à attendre plusieurs heures pour l'entendre sonner. On voit en cette machine un calendrier perpétuel qui marque l'année, le mois, le jour, l'heure, et les minutes un calendrier ecclésiastique qui désigne les fêtes et les offices

Le Père Alexandre, Bailly et Ferdinand Berthoud font également mention des horloges envoyées par Théodoric (472-516), à Gondebaud (463-516), qui auraient été fabriquées par les maîtres romains à Lyon et offertes dans cette ville. Gondebaud avait donné sa nièce Clotilde (dont il avait tué le père) en mariage à Clovis en 493.

de chaque jour avec leur rit double, le demi-double, etc.

Il y a un astrolabe qui expose la face du ciel et les positions des astres, les phases de la Lune, les aspects, les conjonctions et les oppositions. Chaque jour, la figure de la Férie sort au dehors dans une niche où paraît le Dimanche, les mystères de la Résurrection, le Lundy la Mort, le Mardy Saint Etienne premier patron de cette église, le Mercredi Saint Jean-Baptiste, second patron, le Jeudi l'institution du saint Sacrement, le Vendredi la Passion, le Samedi l'image de la Sainte Vierge avec les noms dies dominica, Feria II, Feria III. Ces figures changent de place d'elle mêmes tous les jours à minuit l'une cède la place à l'autre et rentre au-dedans. Un coq annonce l'heure par le battement de ses ailes et par le chant qu'il répète jusqu'à deux fois. Par diverses automates on voit un ange qui ouvre la porte pour saluer la Sainte Vierge, le Saint Esprit descend sur elle sous forme de colombe, et le Père Eternel la bénit. Des lions s'agitent et meuvent la langue et les yeux et il se fait un carillon harmonique de cloches qui chantent l'hymne de Saint Jean-Baptiste « ut queant laxis ». Enfin l'heure est marquée sur un cadran et les minutes sur un grand ovale s'allongeant et se rétrécissant selon le sens de l'ovale.

Cette machine qui est ancienne dans l'église était devenue inutile et n'était plus qu'un corps sans âme et sans mouvement par la négligence de ceux qui en avaient abandonné le soin. Quand Monseigneur Notre Archevêque Messire Claude de Saint Georges, alors Comte et Chantre de l'église de Lyon entreprit de la rétablir. Aussi n'est-il pas moins habile en ces sortes de mécaniques qu'en toutes les autres parties des mathématiques et en toutes les sciences ecclésiastiques de l'Écriture, de la Discipline, des canons, de la théologie et le Roy Théodoric n'écrivit rien autrefois à l'illustre Boèce sur ces talents qui ne conviennent aussi justement à ce grand prélat. Qui employa pour remettre cette machine le sieur Nourrisson, l'un des plus habiles horlogers de ce siècle qui l'a tellement réparée sous la conduite de notre Prélat qu'il l'a rendue plus parfaite qu'elle n'a jamais été, l'ayant enrichie de plusieurs inventions nouvelles. L'ancienne machine était l'œuvre de Nicolas Lippius, mathématicien de Basle qui l'entreprit en 1598, n'étant âgé que de 32 ans.

Tout cela fait partie de notre histoire puisque c'est en cette ville que ces choses se passèrent sous le règne de Gondebaud qui y faisait sa résidence. Il ne nous reste cependant aucun vestige de l'endroit où était le palais de ce prince il y a beaucoup d'apparence que ce devait être le château de Pierre Scize puisqu'il devint la demeure de nos archevêques ce qui ne pouvait être que parce que ce château avait fait partie des anciens Rois de Bourgogne dont la succession fut dévolue à nos Prélats. »

CHAPITRE 3. L'HISTOIRE OU LA LÉGENDE DE LA PREMIÈRE HORLOGE EN GAULE

Chapitre 4

Charles VI et les horloges de Lyon

Charles V avait déjà en 1359 fait construire une horloge sonnant les heures dans son château de Vincennes puis aussi ses résidences de Saint-Pol, Beauté-sur-Marne (1377), Montargis (1380) (d'après [182], page 141). C'est lui qui en 1370 fit venir Henri de Vic pour construire la première horloge publique de Paris, l'horloge du Palais. Il accorda aussi des subventions pour les horloges des villes de Sens, Noyon, Avignon.

Le Roi Charles VI encouragea aussi vivement la construction d'horloges publiques dans son royaume, à Lyon en particulier, comme le montrent les lettres qui suivent.

Lettre du 12 Novembre 1381

Lettre pour contraindre Jean Clairvaux¹ et Pierre du Pré à tenir l'engagement qu'ils avaient pris de construire une tour et une horloge sur le pont de Saône², à Lyon.

KAROLUS, Dei gratia Francorum rex, baillivo Matisconensi vel ejus locumtenenti salutem. Dilecti nostri consules et habitantes ville Lugduni nobis significare curarunt quod Johannes Clavallis, civis Lugdunensis, et Petrus de Prato concorditer et unanimiter, ad utilitatem rei publice ville Lugdunensis et patrie circumvicine, coram notario publico et pluribus testibus fidedignis, promiserunt construere seu construi facere in civitate Lugdunensi, super pontem Sagone, quamdam turrim et de super eam unum horologium, prout et quemadmodum edificate sunt Parisius turris et horologium desuper, existens, prout per instrumentum publicum super hoc confectum et alias liquidius dicitur apparere ; verumtamen dicti Johannes et Petrus premissa facere recusarunt et recusant indebite et injuste in dampnum et prejudicium non modicum rei publice dicte ville, sicut dicunt significantes, a nobis gratiosum super hoc remedium implorando. Quocirca nos, his attentis, negocia rei publice breviter expediri volentes, vobis, in cujus baillivia seu ressorto dicte partes morari dicuntur, mandamus, si opus sit, commitendo quatinus prefatis Johanni et Petro, quantum eorum quemlibet tangit, ex parte nostra et sub certis magnis penis nobis applicandis,

¹Cartulaire municipal de la ville de Lyon, recueil formé au XIV^e siècle par Etienne de Villeneuve, Lyon 1876, M.-C. Guigue, Page 474

²Le pont de pierre sur la Saône fut construit entre 1050 et 1167 en utilisant les rochers qui émergeait de son lit devant Saint Nizier : il correspondait à l'ancien Pont du Change, détruit il y a quelques années. Le Rhône beaucoup plus large, fut beaucoup plus difficile à maîtriser.

precipiatis et injungatis, seu precipi et injungi faciatis, ut dictam turrim et horologium faciant seu fieri faciant indilate, ipsos, prout per dictum instrumentum de quo vobis liquebit et alias debite ad hoc teneri novertis, debite compellendo seu faciendo sine mora compelli ; et in casu oppositionis, partibus vocatis et auditis, summarie et de plano sine strepitu et figura judicii, exhibeatis super hoc celeris justicie complementum, quod significantibus predictis de gratia concedimus speciali, litteris subrepticiis impetratis vel impetrandis in contrarium non obstantibus quibuscunque. Datum Parisius, XII die novembris, anno Domini millesimo CCC^o octogesimo primo, et regni nostri secundo. In requestis hospicii : J. de Caritate. (Et sur la queue du parchemin où était attaché le sceau) R. de Durefort.

Original. Archives de la ville de Lyon, série DD.

Lettre du 20 août 1386

Lettre autorisant à lever un impôt sur les habitants de Lyon pour la construction d'une tour et d'une horloge sur le pont de Saône.

CHARLES, par la grâce de Dieu roy de France, au bailli de Mascon ou à son lieutenant à Lyon salut. A l'umble supplication de plusieurs habitans de la ville de Lion contenant que, combien que la plus saine partie d'icelle ville ait esté d'accort que, aux despens des habitans d'icelle ville, une tour soit faite, et sur la dite tour un reloge sur une des piles du pont de la rivière de Sone, qui est aussi que ou au milieu de la dite ville, et que desja il ait esté marchandé de faire la dicte tour pour la somme de huit cens frans d'or, et que il soit advisié que le surplus se pourra faire pour moins de mil frans ou environ, neantmoins aucuns autres habitans d'icelle ville sont refusans et contredisans de contribuer à faire la dicte tour et reloge, pourquoy ledit reloge ne pourroit être fait se il n'y estoit pourveu de remède, nous vous mandons et commandons en commettant, se mestier est, que ou cas dessusdit, vous, par le advis et deliberacion de trois ou de quatre personnes des plus souffisantes et plus expertes de ladite ville, imposez ou faites imposer à chacun desdiz habitans telle somme, comme bon vous semblera, eu regart à leurs facultez, pour l'acomplissement de ladite tour et reloge et pour convertir en yceli, en contraignant ou faisant contraindre, se mestier est, chascun d'eulx par prise, vendue et expection de ses biens, a paier ce que ainsi imposé lui aura esté, car ainsi le voulons nous estre fait et l'avons octroié et octroions par ces presentes, non obstans oppositions et appellations frivoles et lettres subreptices a ce contraires. Donné à Paris, le XX^e jour d'Aoust l'an de grâce mil CCC quatre vins et six, et de notre regne le sixièsme

Original. Archives de la ville de Lyon série DD. D'après [181, 95]

Chapitre 5

Bâle et le Lällenkönig

Nous rapportons cette anecdote de l'automate qui tire la langue, tout à fait analogue aux lions tirant la langue de l'horloge de Lippius et de Levet. Il est presque certain que le bâlois Lippius s'en inspira. Le texte est extrait de l'ouvrage d'Alfred Ungerer [176].

La ville de Bâle¹ est divisée par le Rhin en deux parties, dont la plus importante, située sur la rive gauche, est appelée Grand-Bâle, tandis que la partie Petit-Bâle est située sur la rive droite. Ces deux parties de la ville n'étaient réunies anciennement que par un seul pont en bois, à la tête duquel les Grand-Bâlois avaient érigé, vers 1364, une tour de défense appelée « Rheintor » qui, au Moyen Age, était un passage très fréquenté, de sorte que de très nombreux petits commerçants avaient installé, en cet endroit, leurs boutiques dans lesquelles ils étalaient leurs marchandises. Dans l'intérieur de cette tour se trouvait le logement d'un gardien ainsi que des prisons qui servirent jusqu'au début du XIX^e siècle, tandis que contre la façade tournée vers le Rhin était appliqué un cadran d'horloge flanqué, d'un côté, d'un cadran solaire et, de l'autre, d'une tête couronnée mobile, bien connue sous le nom de « Lällenkönig² ».

Il n'existe aucun document permettant de préciser l'époque de l'exécution de cet automate, mais on peut admettre qu'il fut créé en même temps que l'horloge, dans la deuxième moitié du XV^e siècle. Exécutée en tôle de cuivre et coiffée d'une couronne dentelée, cette tête, haute de 31 cm et large de 26 cm, est munie d'une grande barbe et sort de sa bouche son immense langue rouge. Au début, la langue était mise en mouvement en même temps que le marteau frappant les heures, mais, en 1697, l'horloger Jacques Enderlin, père, soumit toute l'installation à une remise en état à fond, avec remplacement du mécanisme de la tête par un neuf, et relia la langue au pendule de l'horloge de manière qu'elle décrivait son mouvement à chaque oscillation. De

¹ Alfred Ungerer précise que « Les données ont été tirées des ouvrages de Fallet et de Kölner complétées par M. E. Major, conservateur au Musée historique de la ville de Bâle » Marius Fallet-Scheurer, *Geschichte der Uhrmacherkunst in Basel* [76], 1917 Paul Kölner, *Rheintor und Lällenkönig*, Basel, National Zeitung, 1922.

² de l'allemand : lallen, bégayer, ou lälli, mot trivial pour désigner une grande langue ; könig roi.

nouvelles réparations furent entreprises, l'une en 1730, par Enderlin fils, et l'autre en 1752, par l'horloger Zeller, qui toucha 120 florins pour son travail.

Certaines légendes erronées attribuent l'origine de cet automate à des faits historiques du Moyen Age, et comme il y avait de tout temps, et actuellement encore, une certaine rivalité entre les habitants de Grand-Bâle et ceux de Petit-Bâle, l'idée fut émise que l'auteur de cet automate a voulu, au nom de ses concitoyens de Grand-Bâle, se moquer des habitants de Petit-Bâle, légende également contestée. Pourtant les habitants de Petit-Bâle durent sûrement ressentir une certaine contrariété de ce que le geste choquant du Lällenkönig était dirigé vers leur quartier, car, en 1798, un ministre helvétique, voulant faire de l'excès de zèle dans ses entreprises de modernisme, fit enlever l'ancienne tête si peu polie, et fit planter, à cet endroit, un arbre de la liberté. En 1801, l'ancien état de choses ayant été rétabli par un autre fonctionnaire, les habitants de Petit-Bâle protestèrent si énergiquement contre la réinstallation de la tête, que celle-ci fut encore enlevée, et ce n'est qu'à l'époque de la médiatisation des pouvoirs qu'elle put, derechef, réintégrer son ancienne place. Au début du XIX^e siècle, l'horloge ainsi que la tête cessèrent de fonctionner et, la circulation par l'ancienne porte ayant sensiblement augmenté, celle-ci n'était plus qu'un obstacle, de sorte qu'en 1839 on donna suite à une pétition faite, en 1830, par les habitants intéressés, et la tour fut démolie ; l'ancienne horloge ne fut malheureusement pas conservée, tandis que la tête fut déposée au Musée historique de Bâle, où elle se trouve encore. En 1861, on ajouta à la tête un nouveau mécanisme moteur pouvant être remonté lorsque des visiteurs désirent en voir le fonctionnement, et, en même temps, on rendit également les yeux mobiles ; ce mécanisme fait actuellement sortir la langue de 10 cm de la bouche, à chaque minute environ. Le Lällenkönig avait joui d'une grande popularité, essentiellement chez les habitants de Grand-Bâle, aussi, lorsque la tour et la fameuse tête disparurent, un poète bâlois, Phil. Labhardt, composa les vers suivants³ :

In alter Zeit herrscht ich allein
Als Uhr im Rheintorturme,
Ich zog den Lälli aus und ein
Bei Sonnenschein und Sturme.
Nun wurde ich schlecht pensioniert,
Kann sterben nicht noch leben ;
Die neue Zeit ganz ungeniert
Hat mir den Rest gegeben.

Anciennement je régnais seul
Comme horloge sur la Porte du Rhin,
Je tirais ma langue par tous les temps,
Au Soleil comme par la tempête.
A présent ils m'ont mis à la retraite,
Je ne puis ni vivre ni mourir,
Et les temps modernes, sans scrupules,
M'ont encore donné le coup de grâce.

³en dialecte suisse on dit souvent zeit ou zit pour désigner l'horloge.

Chapitre 6

Les règlements des corporations

Les horloges astronomiques étudiées ici, font bien sûr partie d'un monde à part, vis-à-vis de l'horlogerie domestique. Les hommes qui les construisirent étaient pourtant des horlogers, comme les autres, souvent maîtres dans leurs corporations. Il n'est pas question ici d'étudier les statuts de ces corporations en détail mais seulement de donner un aperçu des règlements qui s'imposèrent dans certaines grandes villes horlogères de France comme Lyon, Blois, Paris, (mais aussi Toulouse, Rouen, Autun) et d'Europe comme Genève et Augsbourg...

6.1 Règlements des Horlogers Lyonnais

Les horlogers lyonnais, trop peu nombreux d'abord pour s'unir en corporation, ne virent leurs statuts enregistrés par le Consulat de la Ville de Lyon qu'en 1660 alors qu'ils étaient 48 membres. C'était pourtant la fin d'une époque où des maîtres faisaient faire de belles montres et des horloges compliquées car le spiral réglant de Huygens préparait l'usage de montre à bas prix à la portée de tous [183].

« I. -Premièrement [183] que la communauté dud. mestier choisira et eslira deux maistres jurez dud. art, lesquelz, après lad. eslection, seront tenus prester le serment pardevant lesd. sieurs prévost des marchans et eschevins et de faire visitte, de mois en mois, ou plus souvent sy bon leur semble, dans les boutiques et ouvroirs desd. austres maistres, pour reconnoistre sy leurs ouvrages seront de la qualité requise et obvier aux abus et malversations qui se pourroient commettre ; et en faisant lesd. jurez leurs visittes, s'ilz trouvent qu'il y ait faulte dans lesd. ouvrages, soit des maistres ou de leurs serviteurs, sçavoir que lad. besoigne ne soit faite de bon loton, assier et autres mettaux et les calibres des montres, réveilz, orloges, mouvemens et autres pièces ne soient bien faictes, que les roues ne soient de grandeur proportionnées les unes aux autres, comme estant le fondement et la science de la besoigne, que les nombres nécessaires n'y soient mis, suivant la grandeur et haulteur de lad. besoigne et la quantité d'heures qu'elle doit tirer ; que les barilles, roues et ballanciers soient droictz et ronds dans leurs cages et autour, comme aussy d'espaisseur et force proportionnée à la grandeur de la besogne ; ensemble les coqs, clicquettes, ressortz, cadrans et autres pièces nécessaires, que la détente soit esgalle, droicte, ronde

et d'haulteur, les pignons de la grosseur de la détenture et d'engrenage, les pivotz droictz, ronds et justes dans leurs trous, et tout ce que dessus estant absolument nécessaire pour la bonté de l'ouvrage. Sera permiz aud. jurez de se saisir desd. ouvrages où tout ce que dessus ne sera observé, ou en cas qu'il y eust quelques autres faultes, bien qu'elles ne soient cy spécifiées et faire un procès-verbal des deffectuositez qui seront dans lesd. ouvrages, pour estre les légères contraventions jugées par lesd. sieurs prévost des marchans et eschevins de ceste ville de Lyon, ainsy que le cas le requerra : lesquelles poursuittes seront faictes par lesd. jurez qui seront alors en charge aux frais de lad. communauté, et les admandes qui seront adjudgées applicables, moitié aux pauvres de l'Hostel-Dieu du pont du Rosne de ceste ville, et moitié aux jurez dud. art pour estre employée à œuvres pies après avoir néantmoins levé sur icelle les frais desd. visittes et poursuittes pour obtenir les condempnations qui interviendront, dont lesd. jurez rendront compte.

II. -Que l'un desd. jurez qui seront en charge changera d'an en an, et sera fait eslection d'un autre (à) qui sera la charge avec l'antien (ancien) pendant deux années.

III. -Que les maistres orlogiers ne prendront apprentifs pour moindre temps que six ans entiers et consécutifz, à cause du long travail et expérience nécessaire qu'il fault pour estre capable aud. art, à peyne de cent livres d'amande contre lesd. maistres contrevenans applicables comme dessus. Ne pourront lesd. apprentifz estre receus compaignons jusques à ce qu'ilz ayent fait lesd. six ans d'apprentissage.

IV. -Nul maistre dud. art ne pourra prendre un second apprentif, que le premier n'ayt fait cinq ans de son apprentissage, ny en prendre aucuns qu'ilz n'ayent quinze ans completz, et seront tenus d'en faire acte pardevant notaire et tesmoins, lesquelz ilz feront signifier dans la huictaine après ausd. jurez qui seront lors en charge à peyne de vingt livres d'amende applicable comme dessus.

V. -Que lesd. maistres jurez seront tenus de tenir un livre où seront escripts les noms et surnoms desd. apprentifz, ceux des maistres qui les prendront, avec la datte dud. apprentissage et le nom du notaire qui les aura receus pour y avoir recours, à peyne de cinq livres d'amendes contre les maistres jurez.

VI. -Seront tenus lesd. apprentifz, lorsqu'ils seront inscrits aud. livre, payer la somme de cinq livres en la boette¹, pour une fois seullement, et pour le payement de laquelle somme le maistre dud. apprentif sera contrainct.

VII. -Tous apprentifz de ceste ville qui désireront parvenir à la maistrise seront tenus de servir en qualité de compaignons lesd. maistres orlogiers de lad. ville pendant trois années et rapporter ausd. jurez certifficatz desd. maistres qu'ilz auront servy en lad. qualité de compaignon, avec leur acte d'apprentissage et quittance d'iccluy, et avant que de pouvoir estre inscritz au

¹le tronc ou caisse de la communauté

livre de maîtrise, seront tenus de travailler pendant trois mois chez un desd. maistres orlogiers qui leur sera baillé par lesd. jurez, pour estre leur travail veu et visitté tant par lesd. jurez qu' autres maistres et jugé de leur capacité : à faulte de quoy faire ne seront reccus, et payeront pour une fois à leur réception, la somme de soixante livres pour estre employée par lesd. jurez aux affaires de la communauté.

VIII. -Ne pourront aucuns desd. maistres orlogiers prendre aucuns compaignons dud. mestier qui ayt esté au service d' autres maistres dud. art, qu' au préalable ils ne sçachent sy le premier maistre est content et satisfait de luy : à peyne d' admeude et d' estre responsables en leurs noms de tout ce qui se trouvera luy estre deub par led. compaignon, et, en cas que led. maistre soit satisfait, sera loisible aux autres maistres de luy donner de la besoigne.

IX. -Ne sera permis ausd. maistres de tenir des compaignons en pension, ains travailleront à pièces ou à mois, suivant leur capacité, dont ilz seront tenus de se purger par serment, à peyne de cinquante livres d' amende applicable comme dessus.

X. -Il ne sera permis à aucuns compaignons de travailler hors le service et ouvroirs desd. maistres, ny en lieux secretz et escartez, à peyne de confiscation desd. ouvrages et outiliz, et d' amende arbitraire applicable comme dessus.

XI. -Que nul forain² ne pourra estre receu maistre orlogier en ceste ditte ville de Lyon, ny y tenir ouvroir public, qu' il n' ayt rapporté son apprentissage et certificat du service en qualité de compaignon des maistres dud. art d' orlogier qu' il aura servy soit en ceste ville ou ailleurs pendant quatre années, et qu' il n' ayt fait cognoistre ce qui est de sa capacité, comme a esté di et cy dessus.

XII. -Les enfans desd. maistres orlogiers de ceste ville de Lyon ne pourront estre receus en lad. maîtrise qu' ilz n' aient fait cognoistre leur capacité et travaillé en qualité de compaignon chez lesd. maistres pendant un an et payeront à leur réception chacun la somme de quarante livres, applicable comme dessus.

XIII. -Tous lesd. maistres orlogiers seront tenus de mettre leurs noms et (celui) de la ville sur leurs ouvrages qu' ilz feront, et non d' autre, sur peyne de confiscation desd. ouvrages et de vingt livres d' amende applicable comme dessus.

XIV. -Que deffences seront faictes à tous maistres orlogiers et autres de supposer ou changer les noms des ouvriers et d' esguiser³ les boettes desd. orloges, et où il s' en trouvera aucune, elles seront saisies et arrestées par lesd. maistres jurez, pour estre lesd. faulcettez avérées, et

²Non Lyonnais, venu de dehors (foras).

³Les horlogers usaient parfois à la meule la signature gravée d' un confrère et remplaçaient le nom effacé par un autre nom

ceux qui les auront commises condempnez en grosses admandes et lesd. orloges confisqueuz, et si ce sont des maistres ils seront descheuz à l'advenir de pouvoir faire aucuns apprentifz et avoir voix aux assemblées desd. maistres.

XV. -Ne seront tenus lesd. maistres recevoir aucunes recommandations⁴ que par escript et par les mains du clerc dud. mestier qui sera nommé par lad. communauté et tiendront registre à part desd. recommandations, pour y avoir recours sy besoing faict., sans pouvoir achepter aucunes choses recommandées concernant led. art, à peyne, contre les contrevenans, de cinquante livres d'amende applicables comme dessus.

XVI. -Seront tenez lesd. jurez qui sortiront de charge de rendre compte de leur jurande à ceux qui entreront. en leur place, et en présence de quatre anciens desd. maistres, dans un mois après leur sortie, aux mesmes peynes que dessus.

XVII. -Les veuves des maistres dud. art, durant un an de leur viduité seulement, pourront tenir boutique, ouvriers dud. mestier, jouyr des privillèges d'icelluy soubz le nom de leur defunct mary, pourvu qu'elles ayent en leur maison hommes expert, fidelles dont elles demeureront responsables.

XVIII. -Nulz, de quelque estat qu'ilz soient, s'ilz ne sont reçus maistres à la forme susd., ne pourront faire faire orloges, réveille matin, monstres de poche ny autres ouvrages dud. mestier d'orlogier dans lad. ville de Lyon ny ailleurs, pour les revendre dans lad. ville, ains seulement pour leur service et usage, à peyne des confiscations des ouvrages et admande arbitraire applicable comme dessus.

XIX. -Nulz revendeurs ny revenderesses ne pourront vendre aucunes pièces d'orlogerie, qu'au préalable elle n'aye esté visitée par les jurez dud. art pour savoir sy elle a esté desrobée, à peyne de vingt livres n'amende aplicable comme dessus⁵. »

6.2 Règlements des Horlogers de Toulouse

Le plus ancien parchemin des archives régionales date du 15 décembre 1698 [91] ; il s'agit d'une requête extraite des registres du Parlement de Toulouse montrée au procureur général du Roy et présentée à la cour par Alphen Boben, Louis Hubert, Jean Dubois, et Guillaume, maîtres horlogers de la présente ville. Cette requête demande l'autorisation des statuts de 1608 portant « l'art et métier desdits horlogers » et l'addition de « neuf nouveaux articles » . « La cour fait droit à la requête ».

⁴Opposition en vue d'empêcher l'achat par les horlogers d'une pièce volée ou perdue

⁵Archives communales BB 214 Folios 109-114 Règlements des Maîtres horlogiers pages 1 à 5

Les statuts de 1608 sont les premiers pour Toulouse, comparables aux statuts d'autres villes, mais les statuts acceptés par le Parlement de la ville, ne sont pas entérinés par le Roy, et seule une lettre patente les officialise.

« Ces statuts sont restés sans effet, parce que avec la meilleure intention du monde, les syndics n'ont pu les faire respecter. Ceux des maîtres qui y avaient contrevenu opposant, ordinairement que ces statuts n'étaient pas revêtus de lettres patentes, n'étaient qu'un papessard (sic). »

Ce défaut a laissé glisser bien des abus à Toulouse dans l'exercice de l'art de l'horlogerie ; le plus grand nombre des maîtres quoique irréprochables se voyant confondus avec leurs confrères méritant répréhension - a reconnu enfin, que le meilleur moyen pour remédier à tout abus, était de faire autoriser les statuts par sa Majesté. En conséquence, ils ont refondu les anciens, conformément aux ordonnances royales (sic). Les syndics sous-signés osent espérer de la justice de M. Raynal, qu'il voudra bien féconder les bonnes intentions de la communauté, en déterminant l'Intendant à donner voix favorable à l'autorisation ». Le texte se termine par l'allusion à des «procès faits il y a plus de vingt 20 ans à l'occasion de statuts que la communauté proposait de faire autoriser, projet resté sans effet jusqu'à ce jour».

L'arrêt du Conseil du roi, du 25 mars 1755, communiqué à Toulouse par M. de St-Priest, Intendant du roi en Languedoc, nous apprend ceci : « Les compagnons et apprentis d'une ville du royaume quelconque, où il y a jurande, seront admis à la maîtrise de leur profession de telle autre ville du royaume qu'ils jugeront à propos de choisir, en faisant toutefois le chef-d'œuvre prescrit par les statuts de la communauté pour laquelle ils se proposent d'être admis... Pour Lyon, Paris, Lille et Rouen, à l'égard desquelles il ne sera rien innové » .

Notons que cet arrêt est valable pour toutes les corporations et c'est ainsi que nos horlogers refondent leurs statuts et les résumant. Une lettre de l'avocat Biaise Fontar, du 18 janvier 1756, nous renseigne sur une assemblée tenue pour « la réduction des articles des statuts de 66 articles à 25, pour plus de clarté ». Nous y découvrons que l'assemblée a lieu « dans la maison du Sieur Bernard Moysset père, rue Pharaon ; Jean Dubois et lui-même étant syndics, puis Philippe Ubert aîné, François Ubert cadet, et Jean-Baptiste Moysset fils, faisant tant pour eux que pour Pierre Garnault et Pierre Brondes, absents quoique mandés, composant l'entière communauté ».

Voici dont le résultat de leur journée. « Statuts et règlements pour la Communauté des Maîtres Horlogers de la ville, Faubourgs et Banlieue de Toulouse.

« Article 1. Pour donner des preuves de l'inviolable attachement à la religion catholique apostolique et romaine, les gardes visiteurs de la communauté des horlogers feront chanter une grand-messe, les jours de fête de St-Eloy patron de lad. communauté, à laquelle seront tenus d'assister tous les maîtres à moins d'excuse légitime, à peine d'une amende de 2 livres de cire, au profit de la chapelle.

2. Feront célébrer aussy le lendemain de St-Eloy une messe des morts pour le repos des âmes des maîtres décédés, femmes et enfants, à laquelle seront tenus les maîtres d'assister sous la même peine que l'article ci-dessus.

3. Pendant lesdits jours de fête de St-Eloy, seront tenus tous les maîtres de tenir leurs boutiques fermées, sous peine de 5 livres d'amende applicable à la bourse de ladite communauté.

4. Seront tenus tous les maîtres d'assister aux assemblées qui seront mandées en la forme accoutumée, sous peine de 2 livres de cire comme article 1^e.

5. L'élection des gardes-visiteurs sera faite en assemblée générale et à la pluralité des voix,

CHAPITRE 6. LES RÈGLEMENTS DES CORPORATIONS

dans la quinzaine au plus tard après la fête de St-Eloy du 1er XII chaque année. Lesquels n'entre-ront en charge qu'après avoir prêté serment devant MM. les capitouls, de bien et dûment observer et faire observer les présents statuts et de remplir fidèlement les devoirs de leur charge et pour subvenir aux frais de l'entretien de la chapelle. Tous les maîtres payeront chaque 6 mois aux jurés gardes le lendemain de St-Eloy, 40 sols pour le droit de confrérie.

6. Et pour donner une égalité aux contributions des dettes ou charges du corps à chacun des membres qui le composent ou le composeront, il sera imposé chaque mois, une somme suffisante pour servir à l'acquit des dettes et charges de ladite communauté dans une assemblée générale et qui sera répartie sur chaque maître eu égard aux compagnons ou apprentis que chaque maître tiendra, laquelle somme sera levée et exigée de chaque maître par les jurés gardes.

7. Le nombre des jurés-gardes ne pourra être que de deux. Le dernier desquels sera toujours continué pendant la seconde année, de sorte qu'il n'en sera élu qu'un chaque année. Lesquels jurés gardes ne pourront être continués au-delà de 3 années, à moins d'une délibération unanime de toute la communauté, à peine de nullité de la nomination.

8. Les gardes-jurés seront tenus de rendre compte de leur administration dans la quinzaine après être sortis de charge, par devant la communauté assemblée ou aux 2 maîtres qui seront nommés par elles pour vérifier et clôturer les comptes, et après le délai passé, ils seront exclus des assemblées jusqu'à ce qu'ils aient satisfait.

9. Vu la délicatesse et la difficulté de l'art d'horlogerie, ne pourront les maîtres prendre plus d'un apprenti à la fois, et à moindre terme que de sept années, sous peine de nullité du contrat d'apprentissage et d'une amende de 300 livres contre le maître, applicable au profit de la communauté, sans que cette amende puisse être réduite ou modérée.

10. Seront tenus les maîtres de rapporter dans huitaine les expéditions des contrats d'apprentissage aux jurés-gardes pour être transcrits et couchés sur le registre de la communauté, à peine de 10 livres d'amende au profit de la bourse commune.

11. Ces apprentis seront tenus de finir le temps de leur apprentissage chez le maître avec lequel ils auront contracté, à peine d'être déchu du droit à la maîtrise.

12. Jouiront les veuves des maîtres horlogers, des mêmes privilèges que les maîtres, et que tant qu'elles vivront viduellement et ne payeront pour le droit de confrérie et autres charges que la moitié d'un maître et ne pourront prendre apprenti autre que celui qui aurait été pris par son mary.

13. Au cas où la veuve ne voulut point continuer le commerce de son mary, elle sera tenue de placer l'apprenti que son mary aurait pris, chez un autre maître, pour y finir le temps de son apprentissage.

14. Nul ne pourra être reçu aspirant à la maîtrise s'il ne professe la religion catholique apostolique et romaine, s'il n'est de bonne vie et mœurs, et s'il n'a été apprenti chez un maître de la présente ville.

15. L'aspirant ne sera reçu maître qu'en faisant en présence de l'un de, deux gardes-jurés, le chef-d'œuvre qui lui sera imposé par la communauté. Lequel chef-d'œuvre reçu et approuvé en assemblée générale à la pluralité des voix, d'aspirant sera reçu en payant à chaque juré-garde la somme de X livres pour son droit de présence et celle de 300 livres à la bourse commune, laquelle ne pourra être employée qu'aux charges de la communauté.

16. Tout apprenti qui sera convaincu de vols, fraude, excès ou menaces vis-à-vis de son maître

sera déchu du droit à la maîtrise.

17. Jouiront les fils de maître du privilège de n'être assujettis à aucun temps limite pour leur apprentissage et seront reçus maîtres en payant à la bourse de leur communauté 150 livres.

18. Un maître ne pourra prendre un compagnon⁶ qui aura travaillé chez un autre maître du corps, que du consentement du maître chez qui ledit compagnon sortira, à moins que ledit compagnon n'ait été absent de la ville, faubourg et banlieue de Toulouse pendant l'espace de 6 mois.

19. Seront tenus les maîtres de lad. communauté de faire travailler leurs compagnons et apprentis, dans leurs maisons, sans qu'ils puissent les faire travailler ailleurs, à peine d'une amende de 50 livres applicable la moitié aux pauvres de la Miséricorde et l'autre moitié à la bourse commune.

20. Il ne sera permis à aucune personne de quelque état, qualité et condition qu'elle soit, de faire commerce ny de travailler d'horlogerie, sous peine de confiscation des ouvrages, outils et ateliers pour la première fois.

21. Pourront les jurés-gardes, assistés d'un commissaire ou assesseur de MM. les capitouls, se transporter chez tous ceux de ladite ville, faubourgs et banlieue, qui seront dénoncés pour faire commerce d'horlogerie, faire des visites dans tous les lieux de la ville faubourg et banlieue, sans qu'ils puissent en aucune façon en être empêchés.

22. Lesdits jurés-gardes, et commissaires ou assesseurs dresseront verbal des pièces et ouvrages qu'ils trouveront en contravention, que lesd. jurés-gardes seront tenus de remettre dans les vingt-quatre heures, avec les pièces à conviction, devers le greffe de la police pour la confiscation et être ordonnée au profit de la communauté.

24. Et attendu que l'exercice de l'art demande une grande tranquillité de corps et d'esprit pour servir fidèlement le public, et qu'il est de notoriété que les maîtres dud. art perdent leur vue même avant de mourir, par la grande application, les maîtres seront et demeureront exempts de toute action publique.

25. Le nombre des maîtres dud. art dans la ville de Toulouse ne pourra en aucune façon excéder le nombre de six (manuscrit non daté, mais sûrement rédigé en 1756). »

La réaction de l'autorité royale devait ne pas tarder ; et le 6 décembre 1756, M. Démoras, contrôleur général s'adresse à M. de St-Priest en ces termes : « Les projets de statuts sont inutiles et dangereux. Inutiles parce que jusqu'ici les horlogers s'en sont passés sans que le public s'en soit plaint. Dangereux, parce que les modifications qu'on apporterait écarteraient de la maîtrise et rendraient par là inutile l'industrie de nombre de sujets qui l'exercent librement dans la ville de Toulouse... Les capitouls ne sont pas fondés à ce genre de rôle, il est extraordinaire qu'ils aient pris sur eux ce projet des statuts qu'on leur a présentés.

Une seconde lettre du 22 décembre 1756 de M. d'Amblar, subdélégué de Montpellier spécifie « que le contrôleur général s'est aperçu que les capitouls donnaient... ».

⁶Le compagnon est un ouvrier qui n'est plus apprenti et qui n'a pas postulé à la maîtrise

6.3 Règlements des Horlogers de Blois

Statuts [79] sur le mestier d'horloger. (20 juin 1600)

« A tous ceulx qui ces présentes lettres verront, Nicolas Chauvel, conseiller du roy nostre sire, maistre des requestes ordinaires de l'hostel de Madame unique du roy, prévost et juge ordinaire de la ville et prévosté de Bloys, commissaire député par sa majesté pour l'exécution de son édict du mois d'avril mil V c. quatre vingt dix sept concernant l'exécution en maistrise de tous arts et mestiers, vérifié en Parlement le troisieme juillet audict an ;

Scavoir faisons que veu la copie collationnée à l'original des statuts des maistres horlogers de la ville de Paris, ladicte collation signée Gyraut et Jaury, notaires du roy au chastelet de Paris, le dix neufviesme de juin mil V c. quatre vingt dix neuf ;

La requeste à nous présentée par Paul Cuper l'aisné, Jehan de La Garde, Paul Cuper le jeune, Louis Leveulle, Abraham de La Garde horloger et varlet de chambre du roy, Louis Vaultier, Simon Gribelin, Charles Peiras, Christofle Piron, Jacob Deurbages, Pierre Cuper, Pasquier Peiras, Jacques Enguerrand, Marc Gyrard, Abel Beraut, Salomon Chesnon et Nicolas Le Maindre, tous horlogers demourans en ceste ville de Bloys, par laquelle il nous auroit donné à entendre que suivant la taxe faicte au conseil de sa majesté ils ont esté contraints de financer pour parvenir à la maistrise dudict art, requérant estre dict par nous qu'ils jouiront des privilèges, prérogatives et liberté dudict art soubs le bénéfice dudict édict et observation desdicts statuts de Paris ;

Les quittances des paiemens faicts par les supplians de la taxe à laquelle ils ont esté cottisés par nossieurs du conseil du roy pour parvenir à ladicte maistrise ;

Ouy sur ce le procureur du roy en ceste prévosté, auquel le tout a esté communiqué ;

Nous, en vertu du pouvoir à nous donné par ladicte majesté, avons ordonné conformément au vingtiesme article dudict édict que les supplians jouiront à l'advenir des privilèges accordés par lesdicts statuts à ceulx dudict état à Paris soubs la faveur et auctorité du roy, sans déroger ni préjudicier aux droits des autres arts et mestiers de cette ville de Bloys, sauf et excepté pour le regard du premier article desdicts statuts sur lequel ordonnons qu'au lieu qu'il est porté que les rapports se feront en la chambre du procureur du roy au chastelet de Paris, lesdicts rapports se feront par devant le prévost de Bloys ou au greffe de ladicte prévosté ; et sur l'article cinquiesme, que les maistres dudict estat ne pourront prendre apprentif, compagnons ou varlets qui ait esté alloué à la journée, seprnaine, mois ou autre temps, ou qui ayt entrepris ouvrage pour iceluy faire ès maisons de l'un des maistres d'iceluy mestier, sur les peines portées par ledict article, jusques à ce que ledict ouvrage soit fait ou le temps dudict service accompli ; et ordonné qu'à l'audience les visitations se feront des abus qui se pourroient commettre audict estat par deux jurés qui feront le serment par devant ledict prévost de Bloys ou son lieutenant et seront renouvelés d'an en an ; que l'entrant à la maistrise fera pareilement le serment par devant ledict prévost de Bloys après avoir esté trouvé suffisant par lesdicts jurés et paiera pour les droictz du roy la somme de trente solz ; que les amendes adjudgées pour raison desdicts abus qui se pourroient commettre audict estat appartiendront au roy, sauf à en ordonner partie audicts jurés, à leur proffict ou dudict estat si fa :ire se doibt ; et au surplus se gouverneront les supplians et leurs successeurs suivant ledict édict, du bénéfice duquel ordonnons qu'ils jouiront, nonobstant oppositions ou appellations quelconques et sans préjudice d'icelles.

Ensuict la teneur desdicts statuts.

Françoys, par la grâce de Dieu roy de France,

Scavoir faisons à tous présens et à venir, nous avons receu l'humble supplication de nos bien amez Florent Valeran, Jehan Depresle, Jehan Patin, Michel Potier, Antoine de Beauvais, Nicolas Miret, et Nicolas Le Coutançois, maistres horlogeurs en nostre ville de Paris, contenant que l'invention des horloges a esté trouvée pour veoir et se conduire en reigle et ordre de vertu, à teste cause est très requis et nécessaire pour le bien public en nostre ville de Paris, capitale de nostre royaume, qu'il y ait personnages expertz cognoissants et sachants seurement [ouvrer] et besongner audict art et mestier d'horlogeur et qu'ils facent iceux ouvrages de bonnes matières et estoifes, pour obvier aux abus, malfaçons, faultes et négligences qui journelement estoient et sont commises par plusieurs dudict mestier ne l'entendants et y besongnants de mauvaises matières et estoffes, tellement que les horloges ainsy malfaicts ne vont de mesme et ne peuvent estre rhabillés et ceux qui y emploient leur argent le perdent au grand préjudice du bien public et perturbation dudict ordre ; pour lequel ordre de mieux en mieux entretenir à ce que par le moien des ouvrages bien faicts et de mesme l'on se puisse certainement conduire ; convenoit et estoit nécessaire de faire ledict mestier juré en nostre dicte ville de Paris, afin qu'il n'y eust audict mestier que les capables, idoinnes et suffisans receus à y besongner et ouvrer ;

Et à ce effet auroient lesdicts supplians baillé requestes et certains articles concemants les statutz et ordonnances requises et nécessaires estre gardées et observées audict mestier qui ainsy seroit juré, pour estre par nous approuvées et confirmées ;

Ce que n'avons voulu faire sans avoir l'avis de nostre prévost de Paris ou ses lieutenants ou autres officiers au chastelet dudict lieu, ausquels à ces fins avons envoié ladicte requeste et articles et iceux par eux veus et entendus les nous auroient renvoyés avec leurdict avis.

Finalemment, Nous voulans non seulement faire cesser mais entièrement oster lesdicts abus, faultes et malversations, avons par l'avis et délibération de nostredict conseil privé auquel aurions fait veoir et entendre bien au long lesdictes requestes, articles et avis et suivant iceluy avis soubz le contrescel de nostre chancellerie, créé et érigé et par ces présentes de nostre certaine science, plaine puissance et autorité royale, ordonnons et érigeons par édict perpétuel et irrévocable ledict art d'horlogeur mestier juré en nostre ville de Paris et pour la garde et conservation dudict mestier ainsy juré avons fait les statutz et ordonnances qui ensuivent pour estre inviolablement gardé et observés :

Premièrement avons statué et ordonné, statuons et ordonnons que la communauté d'iceluy mestier choisira et eslira deux preudhommes maistres jurés dudict mestier, lesquels après ladicte élection seront intitulés gardes et visiteurs d'iceluy mestier ; et seront tenus iceux gardes et visiteurs aller en visitation de quinze jours en quinze jours et plus souvent si bon leur semble et est nécessaire pour veoir audict mestier l'on commet abus, faultes et malversations ; et là y trouveront avoir faultes ès ouvrages de maistre ou leur serviteur en feront rapport en ladicte chambre, de nostredict procureur audict chastelet pour estre pourveu à la correction et réparation exemplaire de ladicte faulte selon que le cas requerra, et enjoignons à nostredict procureur d'en faire la poursuite sans faveur ni dissimulation.

Item, que l'un des deux gardes et visiteurs changera d'an en an et sera mis par ladicte élection un nouveau maistre et visiteur avec l'antien et précédent, tellement que chacun desdicts gardes et visiteurs feront ladicte charge par l'espace de deux ans entiers.

Item, que les maistres jurés dudict mestier d'orlogeur ne pourront prendre apprentifs pour

moindre temps que six ans et s'il est trouvé apprentif avoir esté pris pour moindre temps, les maistres seront condamnés en une amande arbitraire applicable moitié à nous et l'autre moitié aux gardes et visiteurs pour faire les frais de visitation et de la poursuite de faire adjuger lesdictes amandes.

Item, qu'en un mesme temps lesdicts maistres ne pourront prendre qu'un apprentif toutefois, après que le premier apprentif aura fait quatre ans de son apprentissage desdicts six ans, iceux maistres pourront prendre un autre second apprentif ; et où lesdicts maistres feront le contraire seront condamnés en amande arbitraire applicable comme dessus.

Item, ne pourront aucuns desdicts maistres prendre apprentifs ou compagnon varlet dudict mestier qui art esté loué à d'autres maistres dudict mestier, qu'ils ne sachent bien préalablement si le premier maistre est content de luy, sous ladite peine applicable comme dessus.

Item, que nul ne pourra estre maistre horloger ni juré dudict mestier en nostre ville de Paris, ni y tenir ouvrer dudict mestier jusqu'à ce qu'il ait fait son chef-d'œuvre qui lui sera ordonné par lesdicts gardes visiteurs et estre rapporté par eux estre à ce idoine et suffisant en ladite chambre de nostre procureur.

Item, que les enfans desdicts maistres jurés dudict mestier d'horloger pourront estre receus maistres d'iceluy mestier sans faire ledict chef-d'œuvre pourveu qu'ils soient après avoir fait expérience dudict mestier trouvés suffisans par lesdicts gardes visiteurs et tels par eux rapportés en la chambre de nostredict procureur.

Item, que lesdicts maistres ne pourront besongner audict mestier s'ils ne tiennent boutiques ou ouvrer ouvert respondant sur rues publiques.

Item, ceulx qui voudront présentement estre maistres dudict mestier seront tenus faire chef-d'œuvre dudict mestier qui sera ordonné par aucuns maistres et anciens et plus expérimentez audict mestier tenant à présent boutique et ouvrer d'iceluy mestier en nostre ville de Paris qui, à cet effect et pour cette fois seulement seront commis par nostredict prévost de Paris ou son lieutenant ; et s'ils sont trouvés suffisants et tels rapportés par iceux commis seront receus maistres dudict mestier et après icene première réception seront faits et passés maistres selon et ainsy qu'il est ci dessus.

Item, nuls de quelques estats qu'ils soient, s'ils ne sont receus maistres comme dict est ne pourront faire ne faire horloges, réveilles matines, monstres grosses ne menues, ne autres ouvrages dudict mestier d'horloger dedans la ville, conté, ne banlieue dudict Paris, sur peine de confiscation desdicts ouvrages et amandes arbitraires, applicable comme dessus.

Item, que lesdicts maistres jurés dudict mestier d'horloger seront tenus prendre marques qu'ils déclareront auxdits gardes visiteurs et d'icelles marques ainsy prises et déclarées marquer les ouvrages qu'ils feront et non d'autres, sur peine de confiscation des ouvrages qui ne se trouveront avoir esté marqués selon qu'il est cy dessus contenu et déclaré et d'amande arbitraire applicable comme dessus.

Item, que toute marchandise foraine dudict mestier qui sera apportée et conduite de quelque lieu que ce soit dedans nostre royaume, de hors nostre ville de Paris, pour y estre vendue en gros ou par le menu sera préalablement visitée par lesdicts gardes et visiteurs ou l'un d'iceux ; et celle qui sera trouvée bonne par ladite visitation y pourra estre vendue comme dit est ; et celle qui sera trouvée n'estre de bon alloy et estoffe selon les lieux dont elle viendra sera prohibée et défendue par lesdicts gardes et visiteurs de la vendre en nostre dicte ville, conté et banlieue

de Paris, sur peine de confiscation d'icelle marchandise ainsy prohibée et d'amande arbitraire applicable comme dessus.

Item, que les merciers, ni autres faisant fait de marchandise ne pourront achepter ne vendre telles marchandises en nostre dicte ville, conté et banlieue de Paris, qu'elle n'ait esté visitée et trouvée bonne par lesdicts gardes et visiteurs, sur peine de confiscation de ladicte marchandise et d'amande arbitraire applicable comme dessus ; aussy les gardes et visiteurs pourront et leur permettons faire visitation de toute marchandise concernant ledict mestier d'horloger, en et au dedans de nostre palais, ville et banlieue dudict Paris.

Item, que les femmes veufves des maistres dudict mestier, durant leur viduité seulement, pourront tenir ouvrer dudict mestier, jouir des privilèges dudict mestier, pourveu qu'elles ayent en leurs maisons hommes experts et seurs dont elles responderont quand besoin sera ; et où elles se remariront avec ceux dudict mestier qui ne seront maistres, faudra et seront tenus lesdicts seconds maris estans de ladicte qualité faire chef-d'œuvre dudict mestier tel qu'il leur sera baillé et délivré par lesdicts gardes et visiteurs pour estre faicts et passés maistres s'ils sont trouvés suffisans par leur chef-d'œuvre ou autrement, comme les autres dessusdicts ; autrement lesdictes veufves ainsy remariées ne jouiront plus dudict mestier ni des privilèges d'iceluy.

Si donnons en mandement par ces présentes à nos amez et féaulx conseillers les gens tenans nostre cour de parlement de Paris et prévost dudict lieu ou son lieutenant et à tous nos autres justiciers, officiers, leurs lieutenants, à chacun d'iceux endroit soy, si comme à luy appartiendra, que nos présents édicts et statuts gardent, entretiennent et observent et facent inviolablement garder et observer, les publier et évoquer en leurs cours et juridictions et partout ailleurs où besoing sera, et du contenu cy dessus jouir, user lesdicts maistres jurés dudict mestier d'horloger, leurs veufves et enfans paisiblement et perpétuellement, sans en ce leur faire ne souffrir estre fait, mis ou donné ores ou à l'advenir aucun trouble, destourbier ou empeschement et à ce faire souffrir, contraignent ou facent contraindre ceux qu'il appartiendra par toutes voies deues et en tel cas requises.

Et afin que ce soit chose ferme et stable à tousiours, nous avons fait mettre nostre scel à cesdictes présentes sauf en autre chose nostre droit et l'autrui en toutes.

Donné à Saint Maur des Fossés au mois de juillet l'an mil Vc. quarante quatre et de nostre règne le trentiesme.

Signé : par le roy en son conseil, De Neufville et scellé de cire vert. »

6.3.1 « **Extrait** » des registres du Parlement

« Veu par nous les lettres patentes du roy données à Saint Maur des Fossés au mois de juillet dernier à la requête de &a &a, l'avis envoyé et baillé au roy par aucuns des officiers du chastelet de Paris sur les articles baillés par les maistres horlogers, les conclusions du procureur général et tout considéré ;

Dit a esté et ayant esgard auxdictes lettres patentes quant à ce que la cour a ordonné et ordonne que doresnavant seront élus par les ouvriers horlogers de ceste ville de Paris deux prudhommes des plus experts et expérimentez audict mestier desquels deux jurés en sera changé d'an en an et sera esleu d'un autre nouveau avec ledict antien tellement que chacun desdicts ouvriers y sera par l'espace de deux ans ; lesquels deux ainsy élus seront tenus de quinze jours en quinze jours pour

le moins visiter tous et chacuns des ouvrages dudict mestier d'horlogeur qui seront faicts en ceste ville tant seulement, où ils trouveront faulte en chacun desdicts ouvrages en feront leur rapport en la chambre du substitut du procureur général du roy audict chastelet de Paris pour y estre pourveu à la correction et amandement de ladicte faulte quatre des plus anciens ouvriers dudict mestier appelés airisy que de raison ; et outre ladicte cour a ordonné et ordonne que des amandes qui seront adjudgées allencontre des ouvriers qui auroient fait quelques mauvais ouvrages en sera la moitié baillée au receveur du roy et l'autre moitié auxdicts maistres visiteurs pour faire leurs frais desdictes visitations et la poursuite d'en faire adjuger lesdictes amandes au roy ; et seront lesdicts ouvriers horlogeurs de ceste ville de Paris tenus de prendre marques qu'ils déclareront auxdicts visiteurs et d'icelles marques ainsy prises et déclarées marquer les ouvrages qu'ils feront et non d'autres sur peine de confiscation des ouvrages qui ne se trouveroient avoir esté marqués de marques par lesdicts horlogeurs bailleurs et d'amande arbitraire applicable comme dessus ; et a ladicte cour fait inhibitions et défenses à tous ouvriers dudict mestier d'horlogeur de ceste ville de n'exposer en vente aucuns ouvrages faicts en ceste ville qu'ils n'ayent esté visités comme dessus et trouvés loyaux et bons ; et auxdicts maistres visiteurs de ne permettre iceux ouvrages estre vendus si par eux ils ne sont trouvés bons sur peine d'avoir par ceux qui achepteront lesdicts ouvrages leurs recours ail en contre desdicts visiteurs.

Faict en Parlement le dix septiesme jour de mars l'an mil cinq cens quarante quatre.

Signé Du Tillet.

Collation de la présente copie a esté faite sur les originaulx en parchemin par les notaires du roy nostre sire au chastelet de Paris soubssignés le dix neufviesme de juin mil cinq cens quatre vingt et dix neuf ce fait rendus. Ainsy signé Girault et Jaury.

Donné à Bloys par nous commissaire susdict le vingtiesme de juin mil six cens.

Signé en la minute Picaut et Chauvel. Signé Masson. »

(A.D., Registre de la Prévôté de Blois, f° 208-211)

6.4 Règlements des Horlogers de Paris

Les Horlogers de Paris forment un corps ou communauté, dont le nombre n'est point fixe. Ils furent réduits en corps vers l'an 1544 par François 1^{er} et comportaient 14 articles. Les Statuts ou lois de la communauté des Horlogers portent en substance (6 ans d'apprentissage, obtention de la maîtrise soumise à la réussite du chef-d'œuvre, obligation de travailler dans une boutique ouverte sur rue)

1°. Qu'il ne fera permis à aucun Orfèvre ni autre de quelque état & métier qu'il soit, de se mêler de travailler et négocier directement ou indirectement aucunes marchandises d'horlogerie. grosses ou menues, vieilles ni neuves. achevées ou non achevées, s'il n'est reçu maître horloger à Paris, sous peine de confiscation de marchandises & amendes arbitraires.

2°. Qu'à l'avenir ne sera reçu de la maîtrise d'horloger aucun compagnon d'icelui, ou qui ne soit capable de rendre raison en quoi consiste ledit art de l'horloger, par examen & par essai qui se fera en la boutique de l'un des gardes-visiteurs dudict art ; ensemble que le chef-d'œuvre qui se feront, seront faits en la maison de l'un desdits garde-visiteurs & que ledit compagnon ne soit apprenti de la ville.

3°. Nul ne pourra être reçu maître dudit art d'horloger qu'il ne soit, de bonne vie & mœurs, & qu'il n'ait fait & parfait le chef-d'œuvre qui fera au moins en réveil-matin ; & feront tenus les gardes de prêter serment si ledit aspirant a fait & parfait le chef-d'œuvre & achevé le tems porté par son brevet d'apprentissage, & montré quittance du maître qu'il aura servi.

4°. Que les maîtres dudit art d'horloger ne pourront prendre aucun apprenti pour moins de huit ans ; & ne pourront lesdits maîtres prendre un second apprenti que le premier n'ait fait les sept premières années de son apprentissage.

5°. Que nul maître de ladite communauté ne pourra recevoir aucun apprenti qu'au-dessous de vingt ans.

6°. Qu'aucun ne fera reçu maître qu'il n'ait vingt ans accomplis.

7°. Que les maîtres horlogers pourront faire ou faire faire tous leurs ouvrages d'horlogerie, tant les boîtes autres pièces de leur art, de telle étoffe & matière qu'ils aviseront bon être, pour l'embellissement de leurs ouvrages, tant d'or que d'argent, & autres étoffes qu'ils voudront, fans qu'ils puissent en être empêchés ni recherchés par d'autres, sous peine de 15 livres d'amende.

8°. Qu'il est loisible à tous maîtres de ladite communauté, de s'établir dans quelques villes, bourgs, & lieux que leur semblera, & notamment dans les villes de Lyon, Rouen, Bordeaux, Caën, Tours & Orléans & d'y exercer en toute liberté leur profession.

9°. Que les femmes veuves des maîtres dudit métier, durant leur vuïdité seulement, pourront tenir boutique & ouvrir du métier, & jouir du privilège d'icelui métier, pourvu que icelles ayent en leur maison hommes, sœurs & experts audit métier, dont elle. répondent quand au besoin sera ; & au cas où elles se remarieront avec ceux dudit métier qui ne seront maîtres, faudra & feront tenus leurs seconds maris & étant de ladite qualité, faire chef-d'œuvre dudit métier tel qu'il leur fera baillé & délibéré par les gardes-visiteurs pour être faits & passés maîtres, s'ils font trouvés suffisans par ledit chef-d'œuvre ; autrement lesdites veuves ainsi remariées ne jouiront plus dudit métier, ni des privilèges d'icelui.

6.4.1 Election des gardes-visiteurs, statuts en 1544

1°. Avons statué & ordonné que la communauté des Horlogers choisira ou élira deux prud'hommes maîtres, jurés dudit métier, lesquels après ladite élection seront institué, gardes-visiteurs.

2°. Seront seulement appelés aux élections des gardes-visiteurs Horlogers, les gardes en charge, les anciens maîtres qui ont passé la jurande, douze modernes, & douze jeunes maîtres, lesquels y seront appellés alternativement tour-à-tour, selon l'ordre de leur réception. Les dits gardes seront tenus de rendre compte de leur jurande quinze jours après qu'ils en seront sortis ; l'élection desdits gardes sera faite annuellement quinze jours après la fête de St Eloi, le tout en présence des anciens & autres maîtres ainsi qu'il est accoutumé.

Convocation d'assemblées & reddition de comptes

Ordonnons que toutes les fois qu'il sera nécessaire d'assembler les maîtres pour délibérer sur les affaires de la communauté, ils seront tenus de se trouver en leur bureau, sous peine de 3 liv. d'amende contre chacun des défailans au profit de la communauté, s'ils n'en sont dispensés par cause légitime en faisant avertir les gardes. Les gardes en charge sont tenus de se charger en recette de tous les effets généralement de la communauté reçus ou non-reçus, & d'en charger ceux qui leur succéderont. Tout syndic juré ou receveur comptable, entrant en charge dans la

communauté des Horlogers, sera tenu d'avoir un registre-journal, qui sera cotté & paraphé par le lieutenant-général de police à Paris, dans lequel il écrira les recettes & dépenses qu'il fera au jour & à mesure qu'elles feront faites.

6.4.2 Visites des gardes-visiteurs chez les maîtres

1°. Pourront lesdits gardes-visiteurs faire visitation à tel jour & heure que bon leur semblera, appeler avec eux le sergent du Châtelet sur tous les maîtres dudit art horloger en cette ville et banlieue de Paris soit en général ou en particulier ; & faisant icelle visitation, prendre, saisir & enlever les ouvres commencés ou achevés, qui se trouveront mal-façonnés & de mauvaises étoffes, pour être par eux plus amplement vus & visités, & être représentés en justice.

2°. Les gardes-visiteurs feront par chacun an chez chaque maître & veuve de maître, autant de visites qu'ils jugeront nécessaires ; pour les maintenir dans la discipline qu'ils sont obligés d'observer, à condition que les maîtres n'en payeront que quatre. La communauté des horlogers de Paris est de la juridiction du lieutenant de police, ainsi que les autres corps de cette ville ; ce qui concerne le titre des matières d'or & d'argent dont on fait les boîtes de montre, dépend de la celle des monnaies. Les parties qui concernent l'art de l'Horlogerie sont dépendantes de la communauté.

Extraits par F. B., du Livre des statuts des Horlogers de Paris.

6.5 Règlements des Horlogers de Genève

Dès les années 1500 Genève est un centre horloger actif et le premier règlement de la corporation date de 1589. En 1600 Genève compte 25 maîtres horlogers et environ 100 en 1690 juste après la révocation de l'Edit de Nantes de 1685, et l'arrivée d'horlogers français.

Les statuts de 1690 [120] proscrivent le travail et l'instruction des femmes :

Article 40 : Il est aussi défendu à tous maîtres compagnons et autres d'instruire, ou de faire instruire leurs femmes ou leurs filles dans la profession d'horlogerie sous peine pour ceux qui sont maîtres d'être déchus de droit de leur maîtrise, et pour ceux qui ne le sont pas de cinquante écus d'amende.

Article 41 : Il est défendu à toutes femmes et filles de travailler l'horlogerie à peine , de cinquante écus d'amende et de confiscation de leurs ouvrages et outils , leur étant seulement permis de faire les vidanges les chaînettes et autres choses , qui ne sont ni rouages, ni pièces de montres.

En un siècle à peine les femmes genevoises montent dans la hiérarchie horlogère puisqu'en 1731, elles fendent les roues et les fusées, fabriquent les aiguilles, les piliers, les spiraux. En 1783, elles font même le réglage.

Comme ceux de Blois, Lyon, Paris les horlogers genevois du XVII^e siècle se spécialisent dans la création de montres-bijou aux formes fantaisistes. L'invention du spiral réglant par Huygens

permet la création de montres plus précises avec une aiguille des minutes. Le mouvement est plus important et est placé dans un oignon à la forme massive.

6.6 Règlements des Horlogers d'Augsbourg

Au XVI^e siècle, Augsbourg [122] et Nüremberg furent des centres horlogers très importants. La guerre de trente ans (1618-1648) compromit gravement leur essor au profit de Genève et Londres. Les lignes qui suivent proviennent de l'étude fondamentale d'Eva Groiss sur la corporation des horlogers d'Augsbourg⁷.

6.6.1 Création de la corporation

Jusqu'au XVI^e siècle les horlogers furent intégrés aux forgerons. Les autres corps de métiers intégrés aux forgerons, faisaient front contre les horlogers (serruriers, les arquebusiers, les fabricants de treuils et manivelles, fabricants de cercles). En 1564 les horlogers d'Augsbourg furent accusés de ne prendre que les articles de la corporation qui leur convenaient, en particulier de ne donner la préférence qu'aux fils et veuves d'horlogers pour entrer dans la corporation en excluant leurs collègues des autres corps de métiers. Toute la corporation des forgerons était dirigée par 4 experts (verodnete Vorgeher) choisis parmi les rangs des 5 métiers nommés ci-dessus. A partir de 1562, quatre Maîtres d'inspection assermentés (geschworene Geschaumeister) furent élus par chaque métier pour examiner les chefs-d'œuvre. C'est seulement en 1564, que les horlogers établirent leur unique autorité sur la validation du chef-d'œuvre.

6.6.2 Le chef-d'oeuvre

L'événement central dans la formation du maître horloger était la réalisation du chef-d'œuvre qui fut introduit dans les statuts en 1558.

6.6.2.1 Chef-d'oeuvre de 1558

a) Horlogers fabricant de petites horloges Une horloge haute d'un empan (span), sans les poids, sonnante chaque 1/4 d'heure. L'astrolabe fonctionne en tant que partie de l'horloge. Une petite horloge plate ou une horloge sphérique avec les phases de la Lune ; cette dernière

b) Horlogers fabricant de grandes horloges Un mécanisme d'horlogerie en étain, sonnante chaque 1/4 d'heure, avec le Soleil et la Lune se déplaçant à travers les signes du Zodiaque.

⁷Eva Groiss, « The Augsburg Clockmakers », page 57 à 86 [122]

6.6.2.2 Chef-d'oeuvre de 1577

En décembre 1577, les maîtres inspecteurs, encouragés par les chefs de la guilde, demandèrent de nouveaux chefs-d'oeuvre, parce que les anciens « ont été dessinés et copiés, à partir de modèles et que chacun connaît le pourquoi et comment ».

1. Une horloge, de même dimensions comme jusqu'à présent, environ un empan de haut, qui sonne les heures et les 1/4 d'heures. Elle doit aussi avoir une alarme et l'astrolabe doit montrer quelle est la durée du jour, le calendrier et les planètes dans leur signe. Quand l'aiguille du quart bouge, toutes les autres aiguilles doivent se déplacer dans les temps correspondant et en plus l'horloge doit sonner les heures à la fois jusqu'à 12 et jusqu'à 24 suivant le choix.
2. Une horloge appelée « Spiegel » (miroir) qui montre toutes les indications mentionnées dans l'horloge ci-dessus.
3. Une horloge carrée, d'environ un empan, qui indique et sonne comme l'horloge 1.
4. Une horloge hexagonale, d'environ un empan, qui sonne les heures et les quarts, avec une alarme et un astrolabe qui montre la longueur du jour et les planètes. Une horloge carrée qui sonne les quarts, les heures, avec une alarme. Sur chacune de ses quatre faces, il doit y avoir des indications séparées, et sur le sommet un astrolabe ou la longueur du jour. Et quand l'aiguille du quart tourne, toutes les autres doivent tourner avec.

En plus, une des horloges citées ci-dessus doit montrer les phases de la Lune ou comporter une petite sphère, comme il se faisait jusqu'à présent.

Chapitre 7

L'horloge à foliot, d'après F. Berthoud

« Description de la première horloge à balancier qui a été exécutée en France » [21]

La figure 1, planche 7.1, représente en plan le mouvement de l'horloge ; et la figure 2, le profil de la même machine. A est un poids suspendu par une corde qui s'enveloppe sur un cylindre ou tambour **B**, fixé sur l'axe ou arbre **aa** (Fig. 2), dont les parties **b, b** plus petites, qu'on nomme pivots, entrent dans les trous faits aux platines **CC, DD**, dans lesquelles ils tournent : ces platines, dans les premières horloges, étaient faites en fer et assemblées par les montans **E, E**, faits du même métal : cet assemblage des platines et des montans s'appelle la cage.

L'action du poids A tend nécessairement à faire tourner le cylindre **B** ; en sorte que s'il n'étoit pas retenu, sa descente se feroit par un mouvement accéléré, pareil à celui des corps qui tombent librement : mais ce cylindre porte une roue dentée **F**, figurée en rochet, comme on le voit figure 1 ; le côté droit de ses dents arc boutte contre la pièce **cJ** qu'on nomme cliquet, attachée par une vis sur laquelle elle tourne ; cette vis est fixée sur la roue **G**, comme on le voit figure 1. Le cliquet est pressé par un ressort **d**, qui l'oblige de rentrer dans les dents du rochet lorsqu'il en a été écarté. (C'est ce mécanisme qu'on appelle encliquetage, et au moyen duquel on remonte le poids.) On conçoit donc que l'action du poids moteur est transmise à la roue dentée **G** ; les dents de cette roue entrent dans l'intervalle des dents qui sont formées sur la petite roue ou pignon à lanterne **e**, et tellement qu'elles l'obligent à tourner sur ses pivots **f, f** (Figure 2). (On appelle engrenage cette communication des dents d'une roue avec une autre roue.)

La roue **HH** est fixée sur l'axe du pignon à lanterne **e** ; ainsi le mouvement imprimé par le poids moteur à la roue **GG** est transmis au pignon **e**, et par conséquent à la roue **HH** ; celle-ci engrène dans le pignon à lanterne **g**, dont l'axe porte la roue à couronne **II** qu'on appelle roue de rencontre ou d'échappement ; enfin le mouvement imprimé par le poids moteur **A**, est transmis de la roue à couronne **II**, aux leviers ou palettes **h, i**, portés par l'axe vertical **K**, mobile sur deux pivots **k, l** : c'est sur cet axe que le régulateur ou balancier **LL** est fixé ; ce balancier est suspendu par le cordon **M**, et il peut décrire autour de ses pivots des arcs de cercle, allant et revenant alternativement sur lui-même en formant des vibrations.

Le mouvement alternatif ou de vibration du balancier, est ici produit par l'action de la roue **II** sur les palettes de l'axe du balancier ; elles forment entre elles un angle d'environ 90 degrés ; en sorte que lorsqu'une dent de la roue a écarté la palette **h** et qu'elle échappe, l'autre palette

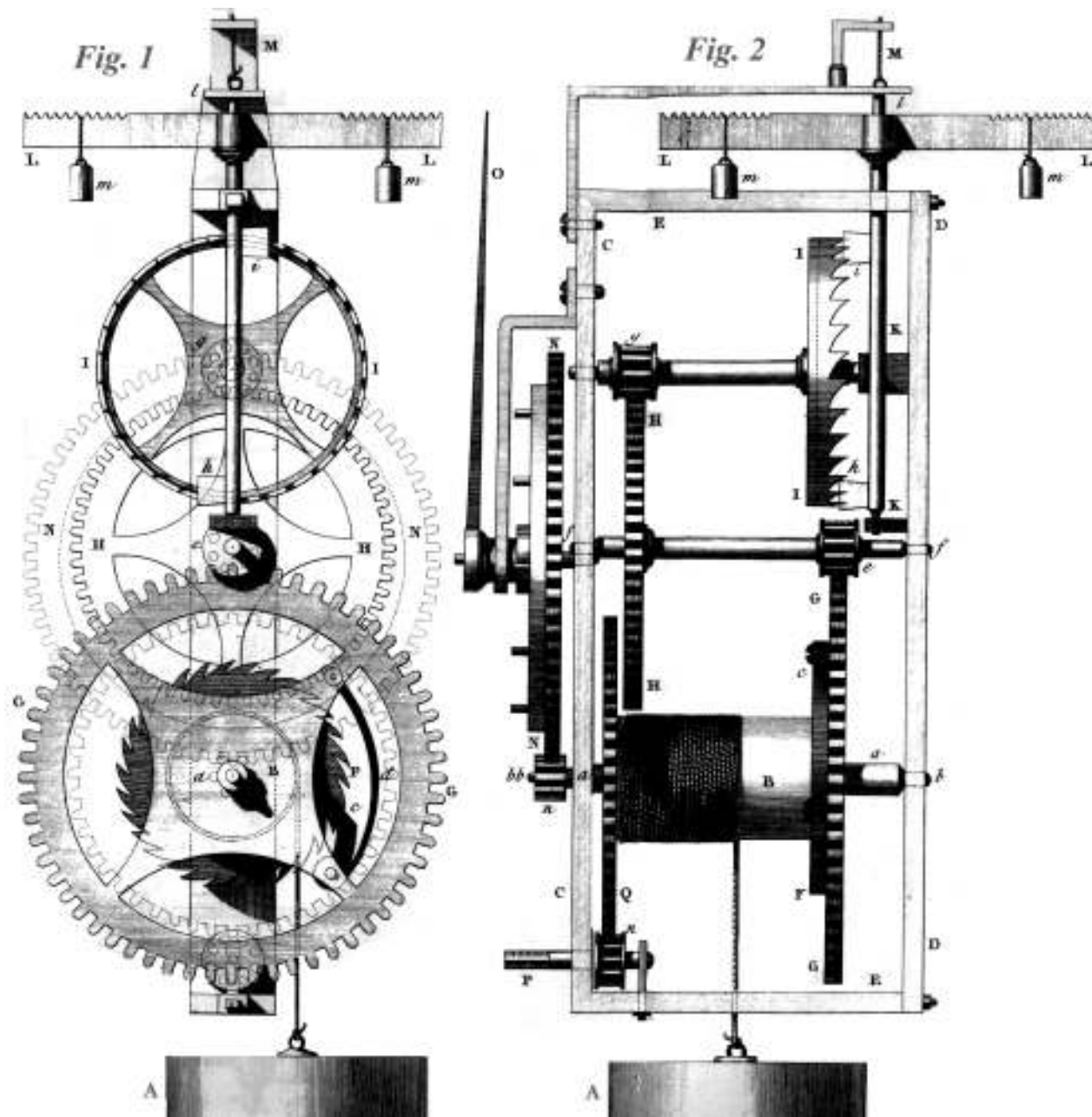


FIG. 7.1 – « Description de la première horloge à balancier exécutée en France »

i se présente à une dent diamétralement opposée de la roue qui l'écarte à son tour : tellement que la roue tournant toujours du même côté, le balancier va et revient sur lui-même, forme des vibrations qui modèrent et règlent la vitesse de la roue **I**, et par conséquent des roues **H** et **G**, dont les révolutions servent à mesurer le temps.

L'action réciproque de la roue **I** sur les palettes **h, i** portées par l'axe du balancier, et de ces palettes elles-mêmes sur la roue pour en régler le mouvement, est ce que l'on appelle échappement.

La roue **GG** fait une révolution par heure : le pivot **bb** de cette roue est prolongé en dehors de la platine ; il porte un pignon **n** qui engrène dans la roue **NN** et lui fait faire un tour en 12 heures ; l'axe de cette roue porte l'index ou aiguille **O**, laquelle marque les heures sur le cadran.

Nous devons expliquer ici, comment on détermine la roue **G** à faire une révolution précisément en une heure : pour cet effet, il faut savoir que les vibrations du régulateur ou balancier sont d'autant plus lentes, qu'il est plus pesant et qu'il est d'un plus grand diamètre. Nous supposons ici que le balancier **LL** peut faire des vibrations dont la durée soit d'une seconde juste, et c'est à quoi on parvient en approchant ou en écartant du centre les poids **m, m'** : cela étant entendu, nous allons voir comment, par le moyen du nombre des dents des roues et des pignons, on détermine la roue **G** à faire sa révolution en une heure juste.

En donnant 30 dents à la roue à couronne **II**, elle fera un tour pendant que le balancier fera 60 vibrations ; car, à chaque tour de la roue, la même dent agit une fois sur la palette **h** et une fois sur celle **i**, ce qui produit 2 vibrations pour chaque dent : ainsi, la roue ayant 30 dents, elle fait faire deux fois 30 vibrations ; elle fait donc sa révolution en une minute de temps ; il faut donc que cette roue fasse 60 tours pendant que la roue **G** en fera un. Maintenant, pour déterminer le nombre des dents des roues **G, H** et de leurs pignons, il faut remarquer qu'une roue fait d'autant plus faire de tours à son pignon pendant qu'elle en fait un, que le nombre des dents du pignon est contenu un plus grand nombre de fois dans celui des dents de la roue ; car, supposant que la roue **G** porte 64 dents, et le pignon à lanterne **e**, 8, ce pignon fera 8 tours pendant que la roue en fera un : ce qui est évident, car chaque dent de la roue fait avancer une dent du pignon. Ainsi, lorsque le pignon a avancé de 8 dents, ce qui fait sa révolution, la roue **G** n'a avancé que de 8 dents : or pour que la roue achève sa révolution, il faut qu'elle avance encore de 56 dents, lesquelles feront avancer 7 fois 8 dents du pignon, c'est-à-dire qu'elle lui fera faire 7 tours, qui, joints à un qu'elle a fait, donnent 8 révolutions du pignon pour une de la roue. Par les mêmes raisons, la roue **H** ayant 60 dents, et le pignon **g**, 8, elle fera faire 7 tours 1/2 à ce pignon ; or la roue **H** portée par le pignon **e**, fait 8 tours pour un de la roue **G** ; le pignon 9 fait donc 8 fois 7 tours 1/2, c'est-à-dire 60, pendant que la roue **G** fait un tour : et nous avons vu que la roue **II** portée par le pignon **g**, fait une révolution en une minute ; la roue **G** fait donc un tour en une heure.

On voit que par les mêmes principes, le pignon porté par l'axe de la roue **G** devant faire 12 tours pendant que la roue **NN** en fait un, cette roue doit avoir 12 fois plus de dents que le pignon ; et si celui-ci a 8 dents, la roue **N** doit en avoir 96.

Lorsque la corde qui suspend le poids **A**, est entièrement développée de dessus le cylindre, on se sert d'une manivelle dont le canon est percé carrément pour entrer sur le carré **P**, qui porte le pignon à lanterne **n**, lequel engrène dans la roue **Q**, fixée sur l'arbre du tambour **B** ; et en tournant cette manivelle, on fait remonter le poids. Cette roue **Q** et celle **F** peuvent tourner séparément de celle **G**, qui reste immobile. On obtient ce mouvement rétrograde du cylindre, au moyen de

l'encliquetage **F**, **c**, **d** (figure 1). Les dents du rochet **F** sont inclinées d'un côté, ce qui écarte le cliquet **c** ; en sorte que pendant tout le temps que l'on remonte le poids, le rochet **F** tourne séparément de la roue **Q** : mais aussitôt qu'on cesse d'élever le poids, celui-ci agit sur le cylindre et sur le rochet dont les côtés droits des dents arcbutent de nouveau contre le bout du cliquet ce qui oblige la roue **G** de tourner avec le cylindre : le ressort **d** sert, ainsi qu'on l'a dit, à ramener le cliquet dans les dents du rochet.

Chapitre 8

Guillaume Nourrisson et Daniel Gom

Nous donnons ici des détails sur la vie et les œuvres des deux horlogers lyonnais, créateurs vers 1660 des deux horloges astronomiques de Lyon : celle de la cathédrale Saint-Jean toujours en place et celle de l'Hôtel de Ville disparue. Ces informations sont extraites de l'ouvrage de Vial et Côte [183].

8.1 Guillaume Nourrisson

8.1.1 Oeuvres connues de Guillaume Nourrisson

On attribue à Guillaume I Nourrisson la construction ou la réparation de l'horloge, depuis longtemps disparue, de l'église de Saint-Julien à Brioude. Cette horloge astronomique à automates, qui fut célèbre au XVII^e siècle, est ainsi décrite dans une lettre adressée, le 11 septembre 1645, par Léon Godefroy, chanoine de Saint-Martin de Montpezat en Quercy, à son père, Théodore Godefroy, historiographe de France :

« Il se voit dans la nef de ceste église, un des plus merveilleux horlogese (sic) qui soyent en aucune part de France. Il est d'une circonférence comme aussi d'une hauteur bien grande. Son total se rapporte à la figure d'un cône. Quand les curieux veulent la faire jouer on leur accorde facilement cette courtoisie. Premièrement il y a un ange, lequel est posé sur le plus haut de tout l'ouvrage, qui tenant en ses mains deux cordes, sonne avec cela deux cloches. Comme il a cessé, voicy une agréable musique qui s'entend, laquelle se fait par le moyen de plusieurs clochettes. Le chant qu'elles rendent, c'est celui mesme du Veni Creator Spiritus. Or tandis que cette musique continue, il se fait une procession des Apostres, lesquels vont de deux en deux, et à mesure qu'ils passent devant la figure de la Vierge, ils se retournent devers elle et puis se remettent en leur premier rang. J'obmets de parler du cours du Soleil dans le Zodiaque, de l'âge de la Lune, d'une esguille qui marque un siècle, d'une autre qui dure une année, comme aussi du Calendrier Romain où l'on reconnoist les festes qui sont chaque jour de l'année. Enfin, je crois que cette pièce en son espèce

est une des plus rares qui se voyent. Au reste, cet horloge porte ces deux vers¹ :

Machina Brivate, quae iuste dividit horas
Et Solem et Lunam et vocem movet ordine cleri.

1641

quoiqu'il y ait 1641, pourtant est-il assuré qu'il y a plus de 400 ans que cette pièce est faicte² ».

Des descriptions plus récentes, postérieures à la disparition de l'horloge et dont il faudrait connaître les sources, mentionnent un coq qui, à midi, chantait trois fois et une énorme tête de nègre, restée longtemps légendaire dans le pays : « Pour sonner l'heure, (elle) ouvrait une large bouche dans laquelle les écoliers jetaient leur casquette qui y restait jusqu'à ce que la bouche se rouvrit à l'heure suivante³ ».

On voit, d'après les annalistes contemporains, que Guillaume I Nourrisson dut passer pour l'auteur des horloges à automates de Brioude, de Strasbourg et de Lyon où l'on retrouvait, avec les mouvements astronomiques et les divers calendriers, le coq, les anges carillonneurs, la procession des apôtres. F. Mandet et A. de Saint-Ferréol attribuent sans hésiter à Nourrisson l'invention de ces trois horloges, et déjà en 1845 Madur du Lac avait rimé ce pitoyable quatrain :

Comment cet horloger Ambertois de naissance,
Dont Strasbourg et Lyon admirent la science,
L'habile Nourrisson à son pays natal,
N'a-t-il pas consacré son talent spécial⁴.

A Lyon, où il vint vers 1655, Nourrisson répara, en 1656, l'horloge de la Charité, et, en 1660, entreprit la réfection de l'horloge astronomique de Saint-Jean, travail qu'il acheva en 1661 et pour lequel il reçut, le 21 janvier 1662, 2.267 livres, ses fournitures comprises. La petite horloge de la Cathédrale, mentionnée en 1393, « ruinée » par les Protestants en 1562-1563, avait été « racomodée à neufz », en 1598, par Hugues Levet et Nicolas Lippe. Avant cette réparation, elle comportait déjà deux calendriers, des « figures et démonstration du mouvement des planettes et signes célestes », avec « sonnerie, musique... et autres artifices », notamment le coq chantant toutes les heures et la scène de l'Annonciation⁵.

Une gravure anonyme déjà citée a représenté l'horloge au XVII^e siècle, après sa remise en état par Levet et Lippe et avant l'intervention de Nourrisson ; une autre gravure, signée par H.-J. Thurneysen et datée de 1677, montre la même horloge après sa réparation en 1660-1661⁶. La comparaison de ces deux estampes permet, à défaut de textes précis, de constater les modifications et les additions visibles dues à l'ingéniosité du maître horloger d'Ambert.

¹Machine de Brioude qui divise les heures avec exactitude

Et par l'ordre des clerks met en mouvement le Soleil, la Lune et la voix.

²Lettre publiée dans la Revue de la Haute-Auvergne, 1901, p. 100, et dans le Bulletin de la Société d'Agriculture du Puy, nov-décembre 1901 ; Voir encore Legrand d'Aussy, Voyage en Auvergne, t. II, p. 307.

³A. de Saint Ferréol, 1880, loc. cit. ; cf Mandet (1852) op. cit. loc., cit.

⁴Voir plus haut. p. 77-78, note 1

⁵Voir P.J. : Levet et Lippe.

⁶Bibliothèque de Lyon, Estampes. Fonds Coste, N° 381 à 383, cf L. Bégule. Monographie de la Cathédrale de Lyon, planche de la page 98.

La forme de la caisse a changé ; dans le haut, des portiques et un beffroi à pans coupés surmonté d'un campanile ont remplacé les tours carrées et crénelées, et la couronne à fleurs de lis de l'ancienne machine. Au lieu « des testes de lyons remuant les yeux et la langue », on voit deux petits génies dont l'un, à droite, bat la mesure, tandis que l'autre tient un sablier. Entre eux, au centre, est une niche, où sept statuette, figurant les jours de la semaine, doivent tour à tour prendre place quand minuit sonne. Plus haut encore, dans le beffroi, la scène de l'Annonciation est complétée par un troisième personnage : Dieu le Père étendant le bras pour bénir la Vierge agenouillée. Sur le même plan, de petits anges sont prêts à frapper sur des cloches et à carillonner, non plus le Sancte Spiritus⁷, mais l'hymne de Saint-Jean : Ut queant laxis. . .

L'auteur de ces mécanismes nouveaux n'a-t-il pas voulu que Lyon eût, comme à Strasbourg, un ange au sablier, des anges sonnans des cloches et un Dieu bénissant⁸ ?

Des mouvements astronomiques et des calendriers, nous ne savons rien ; les cadrans semblent identiques sur les deux estampes ; mais, sur la face Sud de la caisse, au-dessus de la porte de l'horloge, Nourrisson a placé un nouveau cadran, cadran de forme ovale divisé en soixante minutes ; l'aiguille unique qui s'y meut s'allonge et se raccourcit en tournant, de façon à suivre toujours exactement le contour intérieur de l'ovale.

Guillaume I Nourrisson paraît avoir eu un collaborateur pour la partie scientifique et mathématique de son travail. Le Père Menestrier attribue à Claude de Saint-Georges (Page 193) - chanoine et chantre du Chapitre de Saint-Jean de 1650 à 1680, avant de devenir archevêque de Lyon - les calculs astronomiques d'après lesquels Nourrisson établit ou rétablit les calendriers et « l'Astrolabe qui expose la face du Ciel et les positions des Astres, les Phases de la Lune, les aspects, les conjonctions et les oppositions⁹ ».

D'autre part l'horloger Jean de Bombourg, un contemporain de Nourrisson mentionne, en 1675, que le cadran ovale de l'horloge de Saint-Jean a « été inventé par noble Monsieur de Servières » c'est-à-dire par Nicolas Grollier de Servières (1593-1685). Ce savant Lyonnais, qui avait été lieutenant-colonel au régiment d'Aiguebonne, et qui, après une longue carrière militaire, consacra à la mécanique les loisirs de sa retraite, fut parrain, à Saint-Paul, le 26 décembre 1660, d'un des fils de Guillaume I Nourrisson. Dans le catalogue illustré de son cabinet, son petit-fils mentionne, en 1719, parmi les horloges imaginées par son aïeul, une horloge à cadran ovale dont « l'aiguille s'allonge et se raccourcit et suit toujours les différens diamètres de l'ovale » ; puis une autre horloge, ornée d'une niche, « d'où des figures sortent tous les jours à minuit¹⁰ » . (Voir le paragraphe concernant le cadran des minutes et Nicolas Grollier de Servières, page 179)

Après Nourrisson, l'horloge fut de nouveau réparée en 1779-1782, par son confrère lyonnais Pierre Charmy. Celui-ci est l'inventeur du Suisse en habit rouge qui, la hallebarde à la main, fait sa ronde, toutes les heures, au sommet du campanile. Charmy ne modifia en rien l'ancien mécanisme¹¹ ; il y adapta seulement un échappement à ancre du genre Graham, qui porte encore son nom et la date « 1782 ». A la fin du siècle dernier, après quelques rhabillages tentés par l'horloger

⁷En fait l'hymne précédent était le *Veni Creator* qui fut remplacé par l'hymne de Saint-Jean

⁸Voir Ungerer, *L'Horloge astronomique de la Cathédrale de Strasbourg*, 1922, pp. 125 et s.

⁹D'après [126], Menestrier p. 200. Bibliothèque de la Part-Dieu - Fonds ancien - à consulter sur place - 29 097

¹⁰Grollier de Servières, *Recueil d'ouvrages curieux de mathématique et de mécanique. . .*, p. 23, Seconde édition 1719, Cote Bibliothèque Part Dieu 116 099

¹¹Voir le prix fait, du 13 août 1779 (Arch. dép. Saint-Jean, armoire David, t. II, n° 13).

Mosnier en 1856, l'horloge, qui ne marchait plus, fut confiée à la maison Château de Paris, et rétablie dans son état primitif¹². Son mouvement et ses automates fonctionnent aujourd'hui comme après le travail de Nourrisson et par les mêmes moyens, à l'exception d'un des génies, celui de gauche, qui a cessé de retourner son sablier quand sonne l'heure et des jours de la semaine qui ne se succèdent plus, à minuit, dans leur niche à portique. Le calendrier placé par Charmy sur la face Nord du soubassement reste immobile lui aussi. Mais, bien qu'essoufflé, le vieil instrument marche encore.

Le calendrier perpétuel, le calendrier ecclésiastique, le cadran central et son astrolabe, le cadran horaire ovale donnent des indications assez exactes. Avant que l'heure sonne, le coq chante trois fois en soulevant ses ailes. Puis le Suisse de Charmy fait le tour du campanile et les angelots sonnent « l'Ut queant laxis », tandis que le génie de droite marque la mesure du bras, de la tête et du pied. Pendant que le carillon joue, l'ange, ouvrant une porte, s'avance Marie, qui se retourne et salue ; une colombe descend au-dessus d'elle et lorsqu'elle est remontée, Dieu le Père, de sa dextre, bénit la Vierge par trois fois. Alors, l'ange étant rentré à reculons dans l'intérieur du beffroi, la porte se referme et l'heure sonne. Le spectacle a duré 75 secondes environ.

Ainsi « tire » et « frappe », en l'an de grâce 1924, après plus de cinq siècles d'existence, la « petite horloge de l'église ». Elle ne sonne plus que cinq fois par jour, aux moments où sa « musique » ne risque pas de troubler la solennité des offices capitulaires ; encore faut-il que les cinq contrepoids actionnant ses divers mouvements soient remontés tous les cinq jours ; les « gouverneurs » de jadis devaient les remonter deux fois par jour¹³.

Aux heures fixées, il y a toujours là quelques curieux ; ils peuvent lire, sur panneaux peints qui décorent les deux flancs de l'horloge, quelques dates de son histoire, les noms de Levet et de Lippe dans deux cartouches, et, sur la face Ouest, gravée dans la dalle qui sert de base au bâti la signature :

GVILIELMVS NOVRRISSON
LVGDVNI¹⁴

Le 15 juin 1666, cinq ans après l'achèvement de la réfection de l'horloge astronomique, Guillaume Nourrisson fut chargé par le Chapitre d'entretenir et de gouverner les deux horloges de la cathédrale, aux gages de 120 livres an.

Il venait d'être nommé Horloger de la Ville. En 1664, les Lyonnais se plaignant du mauvais fonctionnement de l'horloge de l'Hôtel de Ville, qui était « la moins juste » de tout Lyon, le Consulat avait donné mandat à Guillaume Nourrisson pour visiter cette horloge, construite, en 1650-1652 par Daniel Gom, le premier Horloger de la Ville. Nourrisson fit sur l'horloge de son confrère un rapport des plus défavorables, ensuite de quoi Gom fut destitué et remplacé dans son office par Guillaume Nourrisson et par son frère Antoine, aux appointements de 200 livres par an.

Les frères Nourrisson réparèrent d'abord la vieille horloge, puis, après l'incendie du 13 septembre 1674, qui la détruisit et la fit tomber « en plusieurs pièces » sur la voûte de la chapelle, ils entreprirent d'en construire une nouvelle. Celle-ci, achevée en septembre 1683 fut estimée

¹²L'horloge astronomique de Saint-Jean à Lyon... restaurée en 1894 par MM. Château, père et fils [42]

¹³Voir P. J. : Nourrisson, 15 juin 1666.

¹⁴Sur la gravure de Thurneysen. on lit à cette place : « Opéra et studio Guillelmi Nourrisson, Lugduni »

par des experts 10.500 livres. Elle comportait quatre cadrans, un sur chaque face du beffroi, et actionnait, dans la grand salle « une montre ou astrolabe ». On la mit en place en 1684, et les Nourrisson, qui avaient accepté un rabais de 1.000 livres reçurent en paiement la maison de la place du Change où ils étaient jusque-là les locataires de la Ville. On a vu plus haut que, depuis 1671, le Consulat leur donnait 70 livres par an pour entretenir, sur cette maison, l'horloge qui donnait l'heure aux marchands et banquiers s'assemblant au Change. Avec l'horloge du beffroi de l'Hôtel de Ville, les frères Nourrisson avaient livré au Consulat « un petit horloge de chambre », destiné à la salle du Secrétariat.

8.1.2 Divers documents sur Guillaume Nourrisson

1648, 8 juillet - Commis le sieur custode pour aller au chasteau de la Serre en Dijonnais, de parler à don Arsène Bernard, religieux de Cluny, s'il pourroit venir en cette ville pour accommoder le petit orloge.

(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t XCII, fo 83 vo.)

1656, 24 septembre - (Guillaume Nourrisson, m^e horloger, est parrain, à Saint-Paul, d'un fils de son confrère Jacques Roger.)

1656, 30 septembre - Du 30 dudit, la somme de 45 l. à Guillaume Nourrisson, maistre orloger, pour avoir nettoyé et accomodé l'orloge de la tour de la Charité, par mandement du 26^gbre (sic).

(Arch. hospital., Charité, E 1502, fo 118 vo.)

1657, 10 juillet - (Le Consulat loue à Guillaume Nourrisson, m^e horloger, au prix 480 livres par an, la maison qu'il habite actuellement, maison que la Ville a acquise (en 1643) des héritiers Delaforest.)

(Arch. comm., DD 98 bis, fo 951.)

1657, 7 août - (Le Consulat fait rembourser à Guillaume Nourrisson 350 livres ts qu'il a payées, par son ordre, à divers entrepreneurs, pour réparations) en une gallerie et autres membres dépendans de la maison appartenant à lad. Ville, size proche les loges de la place des Changes, à présents occupez par led. Nourrisson. (Maçonnerie, ferrures de portes, châssis, etc. . .).

(Arch. comm., BB 212, fo 371.)

1658, 17 février - (Mariage à Sainte-Croix, suivant contrat reçu le 9 par Thomazet, notaire à Lyon, de Guillaume Nourrisson, avec Catherine Margonne, en présence de Gilles de Margonne, Lambert de Pont-Saint-Pierre et autres.)

(Arch. comm., Sainte-Croix, 395, fo 82 vo.)

1659, 3 juillet - (Le Consulat loue de nouveau à Guillaume Nourrisson, pour 115 livres par an, la partie qu'il occupe de la maison Delaforest, place du Change, vis à vis le puits du Change, soit, au 2^e étage, une chambre sur le devant, avec arrière chambre sur la cour, cuisine et cave.)
(Arch. comm., DD 99, fo 498 et DD 293, n° 28 et s.)

1659, 21 juillet - (La Communauté des maîtres horlogers qui a donné procuration par acte reçu Thomazet le 22 août précédent, à Louis Arthaud, Guillaume Nourrisson et Joachim Villette et pour obtenir que des règlements lui soient octroyés, révoque cette procuration.)
(Arch. dép., Min. Dumas, reg. 292, à sa date.)

1660, 8 janvier - (Baptême, à Saint-Paul) de Guillaume (fils de Guillaume Nourrisson, m^e horloger, et de Marguerite Margonne. Parrain Gilles Margonne ; marraine Antoinette Simon-don, aieule de l'enfant). Au Change.
(Arch. comm., Saint-Paul, 450, fo 510.)

1660, 12 novembre - Mandement au receveur de payer au sieur Nourrisson vingt louis d'or, à compte de la besogne qu'il fait pour restablir le petit horloge de l'église, contre la chapelle Saint Thomas.
(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. C, fo 289 vo)

1660, 26 décembre - (Baptême de) Nicolas (fils du même et de Catherine Margonne. Parrain, Nicolas Grolier, capitaine au régiment d'Aiguebonne ; marraine, Constance Margonne, femme de Lambert Pont-Saint-Pierre, bourgeois de Lyon). Vers le Pont du Change.
(Arch. comm., Saint-Paul, 450, fo 556.)

1662, 28 janvier - Mandement au receveur (du Chapitre) de paier au sieur Guillaume Nourrisson, maistre horlogier de cette ville qui a fait le petit horloge, vers la chapelle saint Thomas, y compris ses fournitures, suivant ses parties arrestées par Mr le Chantre, deux mille deux cens et soixante sept livres, outre deux cens vingt livres qu'il a reçues cy devant.
(Arch. dép., Saint-Jean, Actes capit., t. CII, fo 40 vo.)

1662, 11 février - (Baptême d') Antoine (fils des mêmes ; parrain, Antoine Nourrisson, m^e horloger ; marraine, Françoise Margonne, femme du sieur Mannetière).
(Arch. comm., Saint-Paul, 451, fo 91.)

1664, 4 novembre - (Rapport de Guillaume Nourrisson qui. par ordre du Consulat, a visité l'horloge de l'Hôtel de Ville, construite par Daniel Gom. Nourrisson atteste que cette horloge, très mal entretenue, ne réalise pas les conditions portées au prix-fait.)

1664, 2 décembre - (Baptême de) Jean (fils des mêmes ; parrain, Jean Chazelles, marchand ; marraine, Charlotte Forest, femme de Sébastien Beluze, sellier).

(Au Change. (Arch. comm., Saint-Paul, 451, fo 138.)

1665, 5 janvier - (Le Consulat. sur le rapport qui lui a été fait du mauvais état dans lequel se trouve l'horloge de l'Hôtel de Ville nomme horlogers de la Ville les frères Guillaume et Antoine Nourrisson, aux gages de 200 livres par an.)

1665, 5 juin - (Jacques Tarin et Guillaume Nourrisson, mes horlogers, se présentent au Consulat et le requièrent de recevoir le serment de Philippe-Emmanuel Villette et de Pierre de Montmain, élus mes jurés par la corporation.)

(Arch. comm., BB 220, fo 188.)

1665, 11 août - (Mandement de 435 livres pour Guillaume Nourrisson qui a réparé l'horloge de l'Hôtel-de-Ville.)

(Arch. comm, BB 220, fo 261)

1666, 15 juin - (Convention entre le Chapitre de l'Église de Lyon et les frères Guillaume et Antoine Nourrisson, qui se chargent d'entretenir « le grand et le petit horloge » de Saint-Jean et d'y faire les réparations nécessaires, de « monter le petit deux fois le jour et juste avec celluy qui à la charge de monter le grand, dans lad. tourt », moyennant un gage de 120 livres par an. Si les frères Nourrisson remontent aussi, deux fois le jour, le grand horloge, ils recevront 30 livres de plus.)

(Arch. dép., Saint-Jean, Armoire David, vol. 2, n° 4)

1666, 20 novembre - (Inhumation à Saint-Paul, dans le cloître Sainte-Marguerite, de) dame Catherine Margonne, femme de sieur Guillaume Nourrisson, m^e horlogier.

(Arch. comm., Saint-Paul, 455, fo 49)

1668, 5 février - (Contrat de mariage entre Guillaume Nourrisson, m^e horloger et Catherine Boisse, fille de Pierre, bourgeois de Sauxillange en Auvergne, et d'Antoinette Ray. La dot de la future épouse est de 3.100 livres, auxquelles le futur époux ajoute une somme de 1.000 livres. Sont présents : Claude de Madières, ancien échevin, Louis de Trelon, Capitaine de la Ville, Antoine Mazuyer, seigneur de La Collonge, Camille Merle, Trésorier de France, Christophe Boyse, cousin de la future épouse, Jean Chazelle et Mamery Messié, marchands), Anthoine Nourrisson, aussy me horlogeur aud. Lyon, frère du futeur espoux. . .

(Arch. not, Min. And. Demeaux, liasse de 1668.)

1668, 18 décembre - (Antoine et Guillaume Nourrisson exposent au Consulat qu'ayant été nommés, le 5 janvier 1665, pour remplacer Daniel Gom, chargé d'avoir soin de l'orloge de l'Hôtel-de-Ville), ils ont esté obligez de faire un travail extraordinaire prendre de grandes

peynes pour mestre en estat led. horloge et le rendre dans la justesse qu'il doit estre, en sorte qu'ilz peuvent asseurer le Consulat que led. horloge ; présentement très juste, et que mesme il sert de reigle à tous les autres horloges lad. ville. Ce qui ne s'estant pu faire sans que lesd. frères Nourrisson ayent fait beaucoup de travail et pris de très grands soins, ontre qu'ilz ont esté obligez de faire beaucoup de despens pour restablir led. horloge, ilz auroient instamment supplié le Consulat d'y avoir esgard (et de leur accorder les mêmes gages qu'à leur prédécesseur) ; outre qu'ilz entretenoient en la maison qu'ilz occupent, appartenans à lad. Ville, scize en la place du Change, une monstre dont ilz n'ont jamais rien demandé au consulat, quoyque tous les négocians et le public en reçoivent une très grande commodité et utilité. (Le Consulat, ayant délibéré, arrête que les gages des frères Nourrisson, augmentés de 220 livres, seront portés à 420 livres par an.)
(Arch. comm., BB 223, fo 225.)

1669, 20 août - (Baptême de) Catherine¹⁵ (fille de Guillaume Nourrisson et Catherine Boisse ; parrain, Camille de Merle, trésorier du Roi ; marraine, Catherine Gimel, femme Pierre Boisse, échevin). Au Change.
(Arch. comm., Saint-Paul, 452, fo 54.)

1670, 28 mars - (Baptême de) Pierre (fils des mêmes ; parrain, Christophe Boisse, bourgeois de Lyon ; marraine, Catherine Stoppa, femme de Claude de Madières, ancien consul). A la montée du Change.
(Ibid., fo 137.)

1671, 4 juin - Sur ce qui a esté représenté diverses fois au Consulat par les plus notables marchans et négocians de lad. ville et par les habitans du quartier du Change, qu'ils reçoivent une très grande incommodité pour n'avoir aucun horloge public aud. quartier, qui est même très nécessaire aud. négocians pour limiter le temps des payemens conformément à ce qu'il est porté par les reiglemens de la place, le Consulat, ayant délibéré. . . , et ayant mandé en ce consulat Guillaume et Antoine Nourrisson frères, maistres horlogeurs, qui logent dans la maison appartenant au Consulat qui joint lad. loge du Change, il a convenu avec eux que, moyennant la somme de soixante dix livres, qui leur sera payée annuellement. . . , ils entretiendront bien et deurement à leur fraiz et despens, dans lad. maison, un horloge qu'ils feront marcher bon train et avec toute sorte de justesse, pour l'utilité du public et des habitans dud. quartier du Change. . . Dont a esté fait le présent acte, et partant auroient supplié le Consulat de vouloir restablir dans la loge du Change, l'horloge qui y estoit cy devant, qui sera d'une très grande utilité et commodité à tous lesd. négocians et habitans du quartier du Change. - (En 1717, la Ville fait estimer cette horloge qu'elle achète 1.000 livres aux héritiers des frères Nourrisson.)
(Arch. comm., BB 227, fo 80 et BB 279, fo 90 vo.)

1672, 31 juillet - (Baptême de) Catherine (fille des mêmes ; parrain, Charles Grolier de Servières, écuyer ; marraine, Catherine Boisse, femme de Louis « Treillon » écuyer).

¹⁵Il s'agit de Catherine I (Voir Figure 4.26 page 234) certainement morte en bas âge, puisqu'une fille du même prénom est baptisée le 31 juillet 1672.

(Arch. comm., Saint-Paul, 454, à sa date.)

1675, 20 novembre - (Le Consulat ordonne de payer aux frères Nourrisson, 2.000 livres, à compte sur les ouvrages et fournitures) qu'ils font pour le rétablissement de l'horloge de l'Hostel commun de lad. ville qui a été détruit lors de l'incendie arrivé aud. hostel commun au mois de septembre de l'année dernière, MVI^c soixante quatorze

(Arch. comm., BB 231, fo 145.)

1678, 12 août - (Guillaume Nourrisson et Jean-Baptiste Duclair-Vallier, mes jurés de la corporation des horlogers, présentent au Consulat une requête tendant à ce qu'un compagnon horloger soit admis à faire son chef-d'œuvre.)

(Arch. comm., HH Chappe, VI, 527, n° 3.)

1679, 13 juin - (La Ville donne de nouveau à bail aux frères Nourrisson, pour 100 livres par an les membres qu'ils occupent dans la maison de la place du Change) attendu que, dans lesd. membres, est placé l'horloge public qui sert à tous les négocians de lad. ville (et qu'il serait impossible aux frères Nourrisson de faire marcher cette horloge, s'ils n'habitaient pas la maison).

(Arch. comm., BB 235, fo 77 vo.)

1681, 1er juillet - (Délibération consulaire. Guillaume Nourrisson, « marchand horlogier », est nommé juge de Police pour le quartier Port du Temple et les rues « traversières »)

(Arch. comm., BB 238, fo 69 vo.)

1681, 31 juillet - (Guillaume Nourrisson et Jean-Baptiste Duclair-Vallier sont maîtres-gardes de la corporation des horlogers.) - Ils remplissent encore cette fonction en avril 1682.

(Arch. comm., HH, Chappe VI, 527, n° 7 et suivants)

1683, 2 septembre - Sont comparus (au Consulat) Guillaume et Anthoine Nourrisson frères, maîtres horlogers de lad. ville, lesquels ont représenté qu'en suite de l'ordre qui leur a été cy devant donné de travailler à un horloge de la beauté et perfection requise pour être mis au dosme de l'hostel commun, au lieu et place de celui qui fut détruit lors de l'incendie arrivé aud. hostel, au mois de juillet (1674), ils ont employé tous leurs soins et expérience et celle des meilleurs ouvriers qu'ils ont pu trouver, soit en cette ville ou qu'ils ont fait venir de dehors pour travailler aud. horloge, qui étant achevé depuis quelques années, dans une aussi grande perfection et justesse qu'aucun autre du Royaume, ils auroient très souvent supplié le Consulat, comme ils font encore maintenant, de vouloir faire visiter et estimer led. horloge. . . par telles personnes intelligentes et capables qu'il plaira au Consulat de nommer, et ensuite pourvoir à leur paiement. . . (Le Consulat, ayant délibéré, désigne pour cette visite et estimation : les sieurs Ferrus et Giraud, ex-consuls, comme notables, et, comme experts, Hugues Rey, m^e horloger et Olivier Arthaud, m^e armurier.)

(Arch. comm., BB 240, fo 92.)

1683, 22 octobre - (Les experts désignés ci-dessus déposent leur rapport sur l'horloge construite par les frères Nourrisson pour l'Hôtel-de-Ville de Lyon.)

(Arch. comm., DD 287, n° 5.)

1683, 23 décembre - (Hugues Rey, m^e horloger et Olivier Arthaud, m^e armurier, experts nommés par le Consulat ; Philippe Emmanuel Villette et Jean-Baptiste Duclair-Vallier, experts désignés par les frères Nourrisson ; les ex-consuls Ferros et Giraud, vont visiter et estimer l'horloge destinée à l'Hôtel de Ville et se rendent à cet effet) dans la maison occupée par lesd. frères Nourrisson auprez la loge des Changes...

(Arch. Comm DD 287, n° 6 ; cf. DD 287, n° 4 et BB 240, fo 92.)

1683, 30 décembre - (Délibération consulaire constatant que les frères Nourrisson ont re-fait entièrement l'horloge de l'Hôtel de Ville, sauf les cloches, et n'ont reçu, jusqu'à ce jour, que 3.200 livres pour leur travail, achevé depuis sept ans environ. Les experts désignés ont visité l'horloge, déposé leur rapport le 22 octobre et procédé, il y a quelques jours, à un nouvel examen. Ils ont estimé la valeur de l'horloge à 10.500 livres, à charge, par les frères Nourrisson :

1°) de le mettre en place à leurs frais

2°) de faire marquer les quatre montres aux quatre faces du dôme, comme aussi de faire marquer, dans la grande salle (de l'Hôtel de Ville) une montre ou astrolabe, faire toutes les ferrures des cloches et le battan pour sonner l'assemblée au beffroy, à la Saint Thomas, avec tous les bassecules et marteaux nécessaires.

- (Guillaume et Antoine Nourrisson, acceptant un rabais, déclarent se contenter de 9.500 livres et, en paiement de cette somme, recevront « tels fond » que la Ville voudra leur assigner. En conséquence, le Consulat cède aux frères Nourrisson la maison qu'ils occupent au Change, maison dont une expertise fixera la valeur et qui est sise, place des Changes, devant le puits, jouxte la place, de bise ; la loge des Changes, de matin ; la maison Pecoil, de vent, et la maison Phily, de soir.)

(Arch. comm., DD 294, n° 37.)

1683, 30 décembre - (Acte passé devant Renaud notaire, conformément à la délibération qui précède. Cession aux frères Nourrisson de la maison de la place du Change, maison haute, moyenne et basse, « compris le sol sur lequel lesd. srs Nourrisson ont construit cy devant, du consentement du Consulat, dès chambres et leur travail » ; la cour de la maison s'étend derrière la toge du Change. La vente est faite à charge par les frères Nourrisson de « souffrir l'horloge qui est au-dessus de lad. maison, mis en place par lesd. acquéreurs, par ordre du Consulat, pour servir à l'entrée et sortie du bilan, et pour le publiq ». Les échevins reconnaissent que les frères Nourrisson leur ont « délivré le petit horloge de chambre faisant partie desd. ouvrages, et lequel est actuellement de service dans le secrétariat dud. Hôtel-de-Ville ». La Ville se réserve enfin le droit de racheter la maison cédée, pour la démolir et agrandir la Loge du Change.) - (La maison ainsi vendue avait été acquise par le Consulat des héritiers Delaforest, le 10 novembre 1643 ; elle comprenait alors deux corps de logis, une cour haute entre les deux, et des boutiques sur le devant ; elle avait été payée 10.830 livres.)

(Ibid., DD 127, fos 48-49 ; cf. DD 91, fos 256 et 286.)

1699, 12 mars - (Mariage, à Saint-Paul, de Guillaume II Nourrisson, fils de Guillaume, horloger de la Ville, et de Catherine Boisse, avec Anne Chopin) après 3 supplications faites au sr Guillaume Nourrisson, son père, pour le faire consentir audit mariage (les 28 février, 2 et 4 mars 1699).

(Arch. comm., Saint-Paul, 463, fo 17.)

1699, 30 avril - (Testament de Guillaume (I) Nourrisson, me horloger à Lyon. Legs à son frère Antoine Nourrisson, m^e horloger à Lyon, de tous ses outils et ouvrages d'horlogerie, achevés ou non, même les deux horloges de l'Hôtel-de-Ville et du Change, de tous ses meubles, vaisselle et bijoux et de son logement au 2^e étage de la maison lui appartenant, sise près la Loge des Changes, logement où il habite actuellement avec son dit frère) - (Dans un testament précédent, daté du 18 septembre 1694, le même Guillaume Nourrisson avait légué tous ses meubles à sa femme, Catherine Boesse, à charge de fournir une pension à sa fille Catherine, religieuse au Monastère des Chazaux, où elle a fait profession le 7 décembre 1690 ; à son fils d'un premier lit, Guillaume Nourrisson, sa maison de la rue Confort, à l'enseigne du Pélican, à charge par lui de payer 1.500 livres à son frère consanguin Pierre Nourrisson lorsque celui-ci aurait atteint sa majorité. Pour le surplus, il avait institué pour son héritière universelle sa fille Anne Nourrisson, mariée, depuis le 21 février 1699, avec Pierre Viant, docteur médecin.)

(Arch. not., Min. Odile Guyot, liasses de 1690, 1694, 1699, aux dates ci-dessus)

1700, 30 décembre - (Mandement pour Antoine et Guillaume Nourrisson, de leurs gages d'horlogers de la Ville, chargés d'entretenir les horloges de l'Hôtel-de-Ville et du Change.)

(Arch. comm., CC 2846, non paginé.)

1701, 16 mai - Odile Guyot, notaire, expédie le testament de Guillaume Nourrisson à son héritière universelle

(Arch. not., Min. Od. Guyot, liasse de 1699, 30 avril.)

1701, 12 juillet - (Baptême, à Saint-Paul, de Pierre Nourrisson, fils de Guillaume II Nourrisson et d'Anne Chopin ; marraine de l'enfant, Catherine Boisse, sa mère grand, veuve de Guillaume Nourrisson. . .)

(Arch. comm., Saint-Paul, 463, fo 40.)

1702, 9 janvier - (Mandement, pour Antoine Nourrisson, de 250 livres, gages de l'horloger de la Ville pour l'année 1701.)

(Arch. comm., CC 2859, non paginé.)

1705, 10 janvier - (La maison vendue aux frères Nourrisson, maison que la Ville avait le droit de racheter, a été démolie en partie pour agrandir la Loge du Change ; Antoine Nourrisson et Anne Nourrisson, femme de Pierre Vian, chirurgien, renoncent, moyennant le paiement de 200 livres, à toutes réclamations relatives au préjudice que leur a causé la démolition.)

(Arch. comm., DD 294, n°25.)

1706, 16 juillet - Les Prévosts ... et échevins, ... estant pleinement informez de la religion catholique apostolique et romaine de sr Guillaume (II) Nourrisson, me horloger de cette ville, et de sa capacité et expérience dans son art, et ayant égard à la recommandation de Madame de Villeroy, religieuse Carmélite de cette de ville, ont nommé led. sr pour avoir soin de l'horloge de l'hostel de ville et de celle de la place du Change, au lieu et place de sr Antoine Nourrisson, son oncle, qui a fait sa démission pure et simple par acte du quinze du présent mois... (Guillaume Nourrisson remplira les charges imposées à son père et à son oncle et recevra 150 livres de gages par an.)

(Arch. comm., BB 266, fo 98, vo ; cf. DD 287, n° 8.)

1708, 10 janvier - (La Ville, ayant l'intention d'achever de démolir la maison qu'elle a vendue aux frères Nourrisson, propose aux héritiers de Guillaume (I) Nourrisson d'échanger cette maison contre une rente de 100 livres.)

(Arch. comm., DD 294, no 25.)

1709, 19 avril - (Testament d'Antoine Nourrisson, m^e horloger demeurant loge des Changes, paroisse Saint-Paul ; legs à Catherine Boesse, sa belle-sœur, à Guillaume et Pierre Nourrisson, ses neveux, mes horlogers, à ses nièces Catherine, religieuse, et Anne, femme de Pierre Viant.) -(Codicille du 22 octobre 1709, où le testateur nomme son petit neveu, Jean-Baptiste Nourrisson, fils de Guillaume et d'Anne Chopin.) -(Testaments antérieurs des 30 avril 1699 et 10 juin 1705.)

(Arch. not., Min. Odile Guyot, liasses de 1699, 1705, 1709, aux dates ci-dessus)

1712, 28 février - ...Note que Monsieur (en blanc) Nourrisson, m^e horloger, a donné à cette maison 200 l. pour faire prier Dieu et un service après son décès, le 28 février : (Reçu par M. Trollier).

(Arch. hospit., Charité, C 48, fo 45.)

1715, 17 août - (Led. jour) a été inhumé à la cave Ste Marguerite, où n'avoit point droit, sr Antoine Nourrisson, âgé de quatre vingts six ans, mort hier, après avoir reçu avec piété les sacrements, en présence des srs soussignés (Signatures de) P. Viant... Nourrisson (ses neveux)... Viant-Chevalier...

(Arch. comm., Saint-Paul, 465, fo 49.)

1731, 7 août - (Jean-Baptiste Nourrisson fils, est nommé, à la place de son père, Guillaume II, démissionnaire, pour avoir soin, aux gages de 400 livres par an, des horloges de l'Hôtel de Ville et du Change.)

(Arch. comm., BB 295, fo 91 vo.)

1737, 17 août - (Le receveur du Chapitre de l'Église de Lyon reconnaît avoir reçu d'Anne Chopin, veuve de Guillaume II Nourrisson, le montant des droits de lods dus par Pierre Nourrisson, son fils mineur de qui elle est tutrice, à raison des legs faits à ce dernier par Anne Nourrisson et son mari Pierre Viant.)

(Arch. comm., DD 294, n° 28.)

1746, 14 septembre - (Transaction, au sujet du rachat de la maison de la place du Change, entre la Ville et Pierre Nourrisson, dessinateur rue Vieille Monnaie, héritier d'Anne Nourrisson et de son mari Pierre Vian, chirurgien, qui ont testé en sa faveur les 12 septembre 1736 et 30 avril 1737 ; ceux-ci étaient aux-mêmes héritiers des frères Guillaume I et Antoine Nourrisson, aux termes de leurs testaments des 30 avril 1699 et 19 avril 1709 en faveur d'Anne Nourrisson, leur fille et nièce. La Ville prend à sa charge une pension annuelle de 75 livres que Pierre Nourrisson doit à sa mère, Anne Chopin, et désintéresse les créanciers de Pierre Nourrisson qui ont fait saisir la maison de la place du Change, actuellement en démolition.)

(Arch. comm., DD 294, n° 27.)

8.1.3 L'horloge de la cathédrale de Lyon en 1677

La monographie de Lucien Bégule sur la cathédrale Saint-Jean [35] contient une gravure de Thourneyser de 1677 qui nous permet de voir exactement l'horloge de Nourrisson (Figure 8.1). Cette gravure se trouve également dans le fonds ancien de la bibliothèque de la Part Dieu.

« Cet horloge est l'un des plus curieux, qui se voient aujourd'hui, car outre les usages communs, la sphère y est si bien projetée, qu'il marque exactement le cours des Astres et tout l'état du ciel dans chaque heure du jour, et pendant toute l'année ; faisant voir en mesme temps, plusieurs autres merveilles que l'on admire avec raison. Premièrement le coq qui termine le dôme, a chaque heure bat des aisles, et haussant le col à la façon des coqs naturels chante pour advertir, que l'heure va sonner. Aussi tost après les Anges, qui sont dans la frise du dôme, sonnent les cloches, avec un accord si juste, qu'ils imitent le chant de l'Église sur l'hymne de St Jean Baptiste Ut queant Laxis. Pendant cette agréable musique, un Ange ouvre la porte d'une chambre, dans laquelle il trouve nostre Dame, il la salue, elle se tourne de son costé et d'abord le lambris de cette chambre s'entrouvant de Saint Esprit descend sur elle, et le Père Éternel que l'on voit dans le Ciel ayant donné sa bénédiction par trois fois, pour signifier, qu'après le consentement de notre Dame, le mistère est accompli ; le Saint Esprit retourne au Ciel, le lambris se rejoint ; l'Ange s'en va, il ferme la porte, et le carillon estant fini l'heure sonne. Plus bas sur le devant, il y a une niche close par derrière, dans laquelle on voit chaque jour de la semaine des différentes figures lesquelles se succèdent les unes aux autres précisément à la minuict, ce qui se fait avec tant d'adresse que l'on diroit, que quelqu'un prend plaisir à faire ce changement tous les jours. Ces figures représentent les Saints et les mystères dont

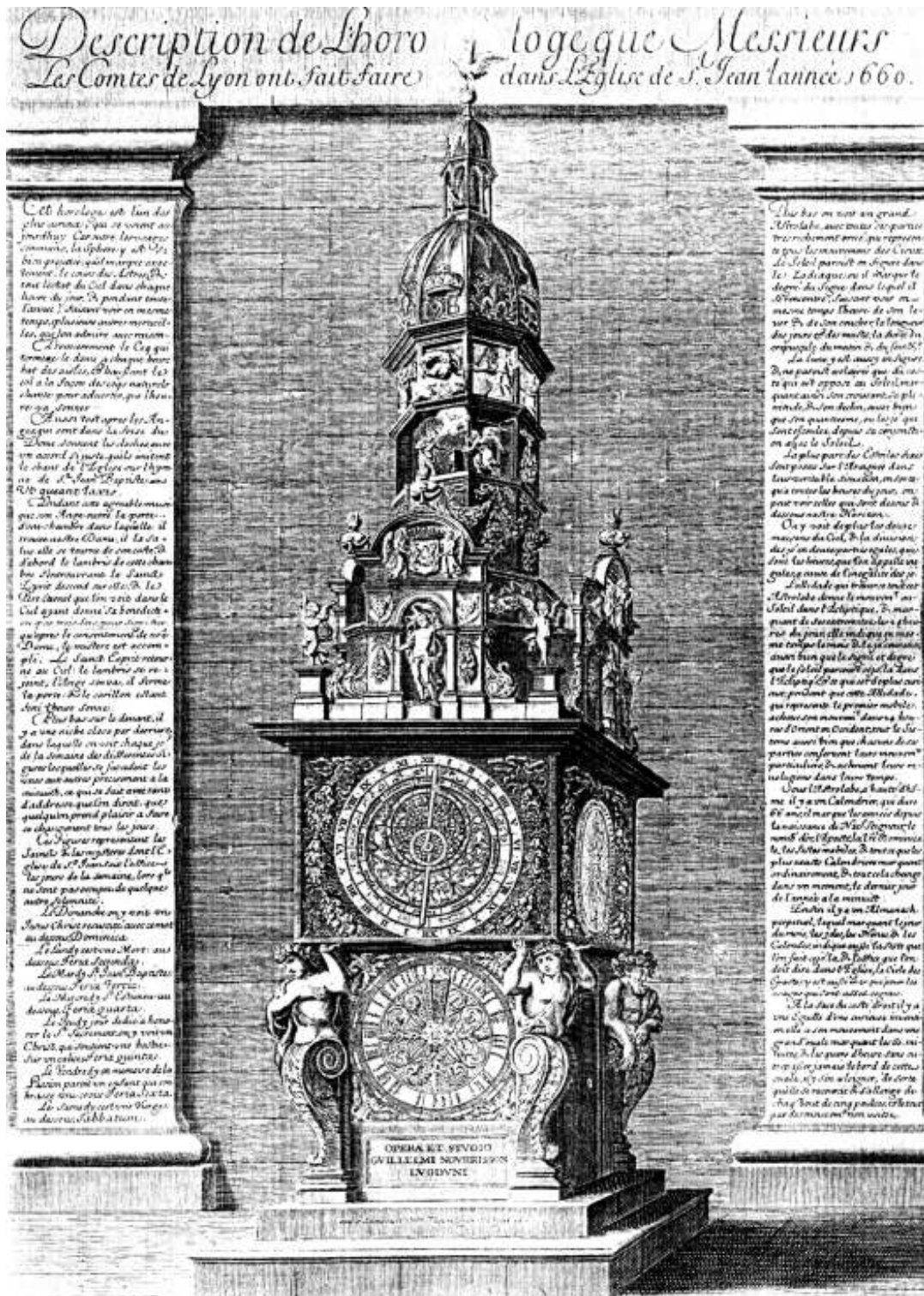


FIG. 8.1 – L’horloge de la cathédrale Saint-Jean de Lyon en 1677 [35].

l'Église de St Jean fait l'office les jours de la semaine, lors qu'ils ne sont pas occupez de quelque autre solennité. Le dimanche on y voit un Jésus-Christ résuscité, avec ce mot au desous, Dominica. Le Lundy c'est une Mort : au-dessous, Feria Secunda, Le Mardy, St Jean Baptiste : au-dessous, Feria Tierta, Le Mercredy, St Étienne : au-dessous, Feria Quarta, Le Jeudy, jour dédié à honorer le St Sacrement, on y voit un Christ qui soutient une hostie sur un calice : Feria Quinta, Le Vendredy, en mémoire de la Passion parait un enfant qui embrasse une croix : Feria Sexta, Le Samedy, c'est une vierge : Sabbatum. Plus bas on voit un grand Astrolabe, avec toutes ses parties très richement orné, qui représente tous les mouvemens des Cieux. Le Soleil paroist en figure dans le Zodiaque, ou il marque le degré du Signe dans lequel il se rencontre, faisant voir en mesme temps l'heure de son lever et de son coucher ; la longueur des jours et des nuicts, la durée du crépuscule du matin et du soir.

La Lune y est aussy en figure, et ne paroist esclairée que du costé qui est opposé au Soleil, mar : quant ainsi son croissant, sa plénitude, et son déclin, aussi bien que son quantiesme, ou les jours qui sont es coulez depuis sa conjonction avec le Soleil.

La plupart des estoiles fixes sont posées sur l'Araignée dans leur véritable situation, en sorte qu'à toutes les heures du jour, on peut voir celles qui sont dessus et dessous nostre Horizon.

On y voit de plus les douze maisons du ciel, et la division des jours en douze parties égales, qui sont les heures, que l'on appelle inégales à cause de l'inégalité des jours.

L'Allidade qui traverse tout cet astrolabe donne le mouvement au Soleil dans l'Écliptique et marquant de ses extrémités les 24 heures du jour, elle indique en mesme temps le mois et le jour courant, aussi bien que le signe et degré que le Soleil parcourt ce jour là dans l'Ecliptique, et ce qui est de plus curieux, pendant que cette Allidade, qui représente le premier mobile, achève son mouvement dans les 24 heures d'Orient en Occident, tout le système aussi bien que chacune de ses parties conservent leurs mouvemens particuliers, et achèvent leurs révolutions dans leurs temps.

Sous l'Astrolabe, à hauteur d'home il y a un calendrier, qui dure 66 ans, il marque les années depuis la naissance de Notre Seigneur, le nombre d'or ; l'Epacte, la lettre Dominicale ; les Festes mobiles, et tout ce que les plus exacts calendriers marquent ordinairement, et tout cela change dans un moment, le dernier jour de l'année à la minuit.

Enfin il y a un almanach perpetuel, lequel marquant le jour du mois, les Ides, les Nones et les Calendes, indique aussi la Feste que l'on fait ce jour là, et l'office que l'on doit dire dans l'Eglise. Le cycle des Epactes y est aussi marqué pour les usages qui sont assez connus.

A la face du costé droit il y a une Éguille d'une curieuse invention elle a son mouvement dans un grand'ovale marquant les 60 minutes, et les quars d'heure, sans outrepasser jamais le bord de cette ovale, n'y s'en esloigner, de sorte qu'elle se racourcit et s'allonge de chaque bout de cinq poulces et le tout par des mouvement non utilisez. »

8.2 Daniel Gom (1629-1670)

Ces textes sur Daniel Gom, contemporain de Guillaume Nourrisson, maître-horloger comme lui, auteur de l'horloge astronomique de l'Hôtel de Ville disparue nous ont parus dignes d'intérêt dans cette thèse. Ils sont tirés de l'ouvrage de Vial et Côte ([183]), et sont les seuls témoignages sur l'horloge à astrolabe de l'Hôtel de Ville de Lyon.

8.2.1 Biographie de Daniel Gom

Daniel Gom, fils d'un arquebusier¹⁶ de « Balle en Allemagne », était, d'après la nommée, « natif de la Pomméranie ». Il paraît être venu à Lyon avec une des compagnies suisses chargées de garder les portes de la ville. Il se qualifie « soldat en garnison des Suisses à Lyon » lorsque le 16 août 1629, il fait dresser son contrat de mariage avec Barbe Schlusserin ; veuve de Martin Solmydt, qui habite, à Lyon, sur la paroisse de Saint-Michel et se constitue en dot une somme de 1.400 livres. En 1655, Gom a pour femme Jeanne Françoise Machin, qui lui donne une fille -Isabeau- baptisée à Saint-Pierre et Saint-Saturnin, le 17 février 1656. Il se convertit ensuite au protestantisme, et, le 17 mai 1670, il abjure « l'hérésie de Luther, dans sa maison, estant malade, entre les mains du Révérend Père Arcange ». A ses débuts, il paraît avoir exercé le métier d'arquebusier, qui était celui de son père. En 1630, se disant « maistre orlogeur » à Lyon, il vend à Martin Mayol, un arquebusier de la ville, un fond de boutique comprenant une enclume, des soufflets, étaux, marteaux et autres outils servant à forger et affuter canons, un tour et des fûts pour arquebuses, pistolets et « autres bastons à feu ». Depuis 1630 Gom eut sa boutique sur la place des Changes. Chargé, en 1650 de construire l'horloge de l'Hôtel de Ville fut nommé, en 1652, Horloger ordinaire de la Ville et vint habiter la place des Terreaux, où on le trouve encore en 1665.

Daniel Gom « natif de la Pomméranie » avait été reçu habitant de la ville le 23 février 1649 ; il possédait, dès 1640, un petit domaine clos de murs, situé à la Guillotière non loin du grand chemin de Lyon à Vienne, sur une ruelle aboutissant à l'église de la Madeleine. Il avait là une maison à un étage et 25 hommées de vigne, un jardin de deux bicherées avec un labyrinthe planté de charmes, un verger et un jardin à fleurs dont les allées étaient bordées de cyprès et de lauriers. Un des tableaux décorant l'habitation représentait L'Épouvante de la Mort. Gom revendit ce tènement 4.400 livres, en 1664 « pour faire (la) vendition nécessaire de ses biens et mieux appointer ses debtes. » Il donna à cette occasion, à son acquéreur, « une monstre appelée réveil ». En 1635 ou 1636, il était en procès avec le marchand François Villette « pour raison du prétendu apprentissage de Philippe Villette, filz dud. sr Villette ».

8.2.2 Daniel Gom et l'horloge de l'Hôtel de Ville

La première horloge de l'Hôtel de Ville de la place des Terreaux fut construite par Daniel Gom en 1650-1652. Avant que le nouvel édifice fût achevé, les échevins lyonnais, songeant à l'orner d'une belle horloge, « retenaient » en 1647, pour lui confier cet ouvrage, un habile

¹⁶Voir le paragraphe sur l'horloge de Richard de Wallingford, page 82.



FIG. 8.2 – L’Hôtel de Ville de Lyon en construction (Vue en direction de l’ouest). L’horloge de Gom se trouvait dans la grande salle [77]. Gravure d’Israël Silvestre (1652), Archives municipales.

horloger de Bourg-en-Bresse, maître François Favre. En 1650, ils envoyaient Daniel Gom et son confrère Villette voir des horloges alors à vendre à Genève et à Autun. Le 30 août de la même année, par-devant M^e Jossierant, notaire, Daniel Gom s’engageait à construire, pour 4.000 livres, une horloge à quatre cadrans sonnante les heures, les demies et les quarts, avec un astrolabe et divers mouvements astronomiques visibles, soit de l’extérieur, soit, à l’intérieur, dans la grande salle de l’Hôtel commun, où sept petites figures, représentant les jours de la semaine, sortiraient tour à tour de leur niche.

En novembre 1651, Gom avait dépensé les 4.000 livres qui lui avaient été allouées, ayant dû, disait-il, faire plusieurs voyages et payer des ouvriers appelés d’Allemagne et d’ailleurs. Après une expertise, faite par les maîtres horlogers Hugues Combret et Chastelain, assistés de l’armurier Gunet, le Consulat décidait, le 29 décembre, de payer à Gom 2.500 livres en plus du prix convenu, et, le 4 janvier 1652, de le nommer Horloger ordinaire de la Ville, en le chargeant de l’entretien de son horloge ; Gom recevrait un gage annuel de 300 livres et un logement à l’Hôtel de Ville, dès que l’édifice pourrait être habité. En juillet 1652, l’horloge achevée et mise en place, Gom, qui n’avait pu avoir le logement promis réclamait une indemnité. On lui accorda 120 livres par an pour louer quelques « membres de maison » à proximité de l’Hôtel-de-Ville et être à même de surveiller la marche de l’horloge. On lui avait confié la clé de la tour où était placée la machine, afin qu’il pût, « luy et son vallet, y aller quand il verra bon estre ».

Douze ans plus tard, en 1664, les Lyonnais se plaignent au Consulat du mauvais fonctionnement de l’horloge de Gom, qui, « bien loing d’estre la règle de tous les autres horloges de la ville... est celluy qui est le moins juste et auquel on peut avoir le moins d’assurance ». Guillaume Nourrisson, maître horloger à Lyon, nommé pour la visiter, constate, le 4 novembre, que l’horloge est « fort mal entretenu ». La pluie a rouillé divers mécanismes et détérioré la charpente des combles ; le contre-poids, dont la corde est usée, menace de tomber et d’écraser la voûte de la chapelle. L’instrument n’est pas conforme au prix fait ; certaines de ses pièces n’ont

pas été trempées et il semble que, depuis qu'il fonctionne, on ne l'ait jamais huilé. L'astrolabe est incomplet, les mouvements des astres inexacts et les figures des jours de la semaine, beaucoup trop petites, ont l'air d'une « danse de marionnettes ».

Le 5 janvier 1665, les échevins, fort mécontents et ayant appris que Gom, qu'ils payent fort cher pour gouverner l'horloge, « n'en prend aucun soing et qu'il employe seulement une sienne servante pour cet effet », le destituent et nomment à sa place les frères Guillaume et Antoine Nourrisson, aux appointements de 200 livres par an. Ceux-ci ont promis que, sans rien réclamer de plus que leurs gages, ils répareront l'horloge de Gom et l'entretiendront « roulant et sonnante, avec tous les mouvemens, de manière qu'il puisse régler les autres horloges de la ville, tant pour la sonnerie que pour l'astrolabe ». Le Consulat décide, en outre, qu'avant de confier l'horloge aux frères Nourrisson, il fera faire, en présence de Daniel Gom, une description « de son état actuel et de tout ce qui n'y est pas conforme aux conventions du 30 août 1650 ». L'horloge est d'abord visitée par les maîtres horlogers Pierre Périscel et Philippe-Emmanuel Villette, en présence du Procureur général de la Ville ; ceux-ci déposent leurs conclusions le 13 janvier 1665, et, confirmant celles de Guillaume Nourrisson, attestent que l'horloge, mal construite et très mal entretenue, ne paraît pas avoir été « nettoyé(e) » depuis sa mise en place ; que les combinaisons astronomiques fonctionnent déplorablement. Quant à l'astrolabe, le Prévôt des Marchands a délégué pour l'examiner les Jésuites François de Saint-Rigaud et Jean Bertet, professeurs de mathématiques au Collège et M^e Gabriel Mouton, prêtre habitué de Saint-Paul.

D'après le procès-verbal rédigé, le 26 janvier, par ces spécialistes, les indications scientifiques données par l'astrolabe sont erronées. Le 4 février a lieu l'expertise officielle. On a convoqué à l'Hôtel de Ville les deux adversaires : Guillaume Nourrisson et Daniel Gom et ce dernier indique cinq horlogers dont il accepte la décision. Leurs cinq noms, écrits sur des billets, sont mis dans un chapeau ; Gom en tire deux et le sort désigne comme experts Jacques Varin et Jean-Baptiste Duclair-Vallier. Le même jour, ces deux horlogers remettent au notaire Renaud un rapport nettement favorable à Daniel Gom. L'horloge est « en assez bon état » et peut encore servir de longues années, si elle est convenablement entretenue. Certaines pièces n'ont pas les dimensions prévues au prix fait et ne pouvaient pas les avoir ; le fonctionnement du mécanisme n'en souffre pas. Quant à l'astrolabe, Varin et Duclair-Vallier se déclarent incompetents ; ils estiment « qu'il se trouve peu d'horlogers qui ayent cette science ». D'ailleurs, le même jour, la commission scientifique a opéré de son côté. Le P. Saint-Rigaud et messire Gabriel Mouton déclarent, le lendemain (5 février 1665), que la Lune du dôme tourne à rebours ; que celle qui est dans la grand-salle reste indûment invisible pendant la moitié de la lunaison. Le Soleil sort de l'écliptique. Il manque à l'astrolabe une série de lignes circulaires servant à « plusieurs connaissances, qui sont les arcs des douze maisons célestes, la ligne crépusculaire, et la division des signes, chacun en trente parties, comme aussi une division de cercle en 360 parties, proche des heures ». Enfin les statuettes représentant les jours de la semaine sortent ensemble de leur niche, au lieu d'apparaître successivement. Le Consulat ne revint pas sur sa décision et l'horloge de Daniel Gom, réparée ou seulement remise en état par les frères Nourrisson, fonctionna encore pendant neuf ans. Le 13 septembre 1674, elle fut détruite par l'incendie qui consuma une partie de la façade de l'Hôtel de Ville.



FIG. 8.3 – L’incendie de l’Hôtel de Ville. Peinture du XVII^e siècle. Lyon Musée Gadagne.

8.2.3 Archives sur Daniel Gom

8.2.3.1 La vie de Daniel Gom

1629, 16 août . . . hon. fils Daniel Gom, fils de feu Martin Gom, vivant arquebuzier de Balle en Allemagne, et de Catherine Stode, à présent soldat en garnison des Suisses à Lyon, d’une part ; et hon. feme Barbe la Schllusserin, veuve de feu Martin Solmydt, vivant et demeurant aujourd’hui en la paroisse St Michel, à Lyon, d’autre part : de l’avis de leurs parents et amis, promettent de se marier en face nostre mère ste Esglize. . . (La future épouse apporte en dot 1.400 livres. . . Les témoins signent), non les parties, disant ne sçavoir escrire

(Arch. not., Min. Ant. Guyton, Mariages et testaments de 1627 à 1629, fos 315-316.)

1630, 23 octobre - . . . Hon. homme Daniel Gon, maistre orlogeur demeurant à Lyon. . . a vendu. . . et remis à honeste Martin Mayol, maistre arquebusier aussi demeurant à Lyon. . . sçavoir une enclume, un sofflet double, trois estaux, 9 marteaux et autres outils servant à forger et affuster canons, un grand ban à travailler, un tour à tourner, ensemble tout le bois pour mettre en œuvre et monter arquebuses, pistoletz et autres bastons à feu, scié, refendus et commencé à mettre en œuvre ou nom, que led. Mayol. . . reconnoist avoir bien veu et visité dans la boutique et rière boutique et cave au-dessous, ou le tout est de présent. . . , moyennant le prix et somme de six vingtz livres tournois. . . Présent Gabriel Gilbert, graveur en métaux (Signé) Gom.

(Arch. not., Min. André Dechuyes, reg. pour 1630, fo 526.)

1636, 25 septembre - . . .sieur François Villette, marchand à Lyon. . . , et sr Daniel Gom, maistre orlogeur demeurant aud. Lyon, . . .se sont despartis et désistés purement et simplement de l’instance entre eulx pendante en la Sénéchaussée et siège présidial. . . pour raison du prétendu

apprentissage ou affermage de Philippe Villette, filz dud. sr Villette avec sr Gon. . . , laquelle instance ils veulent. . . demeurer entièrement finie

(Arch. not., Min. Pierre Deschuyes, reg. pour 1636, fo 594.)

1639, 14 avril - sieur Daniel Gom, maistre orlogeur à Lyon. . . , a confessé avoir receu de dame Barbe Schllloseerin sa femme, absente, la somme de quatorze centz livres tz en meubles, linge, vaisselle d'estein et argent, bagues et autres effectz et facultés que sad. femme s'estoit constitué en dot par leur contract de mariage receu par M^e Guyton, nore royal aud. Lyon, le seiziesme jour d'aoust mil six centz vingt neuf ; tous les quelz meubles, effectz et facultés furent pour lors entre eulx évalués à lad. somme de quatorze centz livres. . .

(Ibid., reg. pour 1639, fo 75.)

1640, 11 août - sieur Daniel Gom, maistre orlogeur à Lyon (donne à prix fait à Claude Marcou, maître maçon, demeurant au faubourg de la Guillotière, la construction de deux murs, qui achèveront la clôture du jardin à fleurs de son domaine de la Guillotière). Présens. . . sieur Claude Bellichon, maistre orlogeur (Ibid., reg. pour 1640, fo 172.)

1649, 23 février - Estant comparu sr Daniel Gom, natif de la Pomméranie, maistre orlogier, qui a représenté qu'il est habitant de cette ville depuis l'année MVI^c trente un, où il a continuellement résidé et faict les fonctions de guet et garde et suporté sa part des charges ausquelles les autres habitans de lad. ville sont tenus, ayant tenu boutique ouverte et travaillé de son art en la place des Changes, au veu et sceu d'un chacun. Et pour plus grande preuve de cette vérité, il a exhibé deux louages à luy passez de lad. boutique par Claude de Thonnel, escuyer, sieur de la Piémante. . . (reçus Guilloud, 7 novembre 1630 et Gauchier, 19 septembre 1638) et encore un certifficat du sieur Puylata, lieutenant au quartier de la boucherie St Paul, contenant que led. Gont a faict son habitation aud. quartier l'espace de seize années. Au moyen de quoy il n'estime pas qu'on luy puisse controverser la jouissance des privilèges et exemptions accordées aux habitants de lad. ville ; néantmoins, ayant appris qu'il est oit nécessaire d'estre inscrit au livre des nommées tenu en l'hostel commun d'icelle, il a requis le Consulat lui vouloir sur ce pourvoir, soubz les protestations toutesfois qu'il faict que sad. réquisition, ny ce qui sera ordonné par le Consulat ne puisse nuire ny préjudicier au temps qu'il a résidé en ceste ville, attendu qu'il a ignoré jusques à présent que lad. inscription devbe estre observée. -Lesd. sieurs (échevins) après avoir veu lesd. certifficat et louages, et meurement délibéré sur les réquisitions dud. sr Gon, luy en ont octroyé acte. . . et l'ont receu habitant de lad. ville. Ensuite de quoy il a faict et presté en leurs mains le serment en tel cas requis et accoustumé, sçavoir de vivre et mourir en la religion catolique, apostolique romeayne, se comporter en bon concitoyen et advertir le Consulat de tout ce qu'il apprendra importer au service du Roy, bien et repos de lad. ville.

(Arch. comm., BB 441, fo 60.)

1650, 30 août - Le Consulat passe un prix fait avec Daniel Gom, chargé de construire l'horloge de l'Hôtel de Ville. (Voir le paragraphe 8.2.3.2)

1652, 4 janvier - Daniel Gom est nommé Horloger ordinaire de la Ville, aux gages de 300 livres par an (Ibid.)

1656, 17 février - Isabeau, fille de sr Daniel Gom, maistre horelogier, et de Jeanne Françoise Machin, sa femme, ayant esté ondoyé au mois de febvrier 1655 par Monsr Burtin, prestre, a esté représenté, ce 17 febvrier 1656, pour recevoir les stes onctions ; et ont esté parrain Jean Fors et marraine Isabeau Pressieu.

(Arch. comm., Saint-Pierre et Saint-Saturnin, 577 (1656), fo 14)

1663, 29 mars - Dame Marie Rollet, femme de sr Pierre Lachard, bourgeois de Lyon, de luy fondée de procuration. . . loue et promet maintenir le sr Daniel Gom, maistre orlogier à Lyon. . . , assavoir deux chambres au second estage, deppendant d'une maison à ladicte Rollet, ensemble la moytié d'une cave et ung grenier, le tout scituée au devant la Place des Terreaux, la scituation et contenue desquelz membres ledict Gom a. . . déclaré bien sçavoir, et ce. . . moyennant le prix de cent livres tournois payables à deux termes. . . et un louys d'or payable à ladicte Rollet le premier jour de l'année mil six cens soixante quatre

(Arch. dép., Min. Cordelier, reg. 252, à sa date.)

1664, 2 avril - sr Daniel Gom, m^e orlogeur résidant en ceste ville. . . , de gré, pour faire sa vendition nécessaire de ses biens et mieux acpointer ses debtes, et autrement car ainsy faire luy plaist, . . . vend. . . à perpétuité à sr Anthoyne le Bé, marchand, bourgeois audict Lyon, . . . une sienne maison, jardin et vigne, . . . tout clos de murailles de pisey et couvert de thuilles, sittiuee au bourg de la Guillotière les Lyon, . . . paroisse de Nostre Dame de Grâces, consistant ladicte maison en deux bas, une porte entre les deux, qui va droict à la montée des degrés de bois qui montent aux deux chambres qui sont au-dessus desdits bas, deux greniers au-dessus et un cabinet encastré, et vingt cinq hommées de vigne ou environ, jardin de la contenue d'environ deux bicherées, une labirinte de boys de charme, arbres nains fructiers au long des murailles, en espallier, et autres allées de syprès et laurelle en un petit jardin à fleurs, clos de murailles, aussy couvert de thuille, du costé de soir, et à main gauche en entrant dans ledict clos, du costé de matin, une petite maison, aussy couverte de thuille, construite de muraille de pizay, servant pour l'habitation du vallet ou vigneron, puy, en la court, qui est close en partie de murailles couverte de fil de fer, qui re. . . (?) ladicte grande maison, la petite de vasse (?) et finalement ledict clos, tout ainsy qu'il se contient et comporte en sa totalité. Lequel joint, du cousté du midy, la vigne de sieur Vincent, du costé du soir le sr Chapelle ou sa veuve, à présent femme de sr Vador, qui soloit estre de M^e François Saddin, procureur d'office dudict bourg de la Guillotière de soir tochant en rue la . . . (?) du grand chemin de Lyon à Vienne au grand chemin tendant de Lyon à St Laurens devers (?) l'escurye et vigne de Muttin et le chemin et ruelle tendant de l'esglise de la Magdeleine. . . , avec fondz, fructz, droictz (etc). . . sans aucune chose réservée par led. sieur Gom, à la charge du simple cens et servis. . . Et ce moyennant le prix et comme de quatre mille livres tournois. -Vend et cède led. sr Gon audit sr Le Bé deux tableaux, l'un représentant l'espouvante de la mort et l'autre (en blanc) qui est au-dessus de la cheminée, les orangiers et jasmins despendant du dit

domayne, pour la somme de quatre cent livres tz, baillant pour, led. sr Gon audict sr Le Bé, une monstre appelée réveil de valleur de (en blanc). . .

(Arch. dép., Min. Dumas, reg. 296, à sa date.)

1665, 5 janvier - Après visite faite, par ordre du Consulat, de l'horloge de l'Hôtel de Ville, dont Daniel Gom prend peu de soin, celui-ci est remplacé, comme Horloger ordinaire de la Ville, par les frères Guillaume et Antoine Nourrisson. (Voir le paragraphe 8.2.3.2)

1665, 10 mars - Pierre Gerboud, fils de Marie Rollet et actuel propriétaire de la maison que Daniel Gom habite, aux Terreaux, donne congé à ce dernier), luy déclarant qu'il aye à vuyder, luy et les meubles occupans, à la feste St Jean-Baptiste prochaine, veu qu'il les veut occuper comme en estant le vray propriétaire. . . , protestant, à faulte de ce faire, de tous despens, dommaiges et interest souffert, à souffrir, mesme de faire mettre iceulx meubles sur place à deffaut de paiement. . . Présens. . . Gassepart Meysieu charpantier. . . et (n'a signé) ledict Meysieu pour ne savoir escrire, ny ledict Gom pour ne l'avoir voulu faire, combien qu'il sache. . .

(Arch. dép., Min. Cordelier, reg. 252, à sa date.)

1670, 17 mai - Daniel Gom, maistre horloger de ceste ville, aagé de 75 ans, a fait abjuration de l'hérésie de Luther dans sa maison, estant malade, entre les mains du Rd P. Arcange, le 17^e may 1670, par les soins de Mrs Pestalosse, nos confrères.

(Arch. dép., B. Propagations de la Foi, Abjurations, 229, 478, fo 106 vo, n^o 266)

8.2.3.2 Daniel Gom et l'horloge de l'Hôtel de Ville.

1647, 26 novembre - (Délibération consulaire.) Lesd. sieurs (échevins) ont retenu François Faure, m^e orologier à Bourg-en-Bresse, très expert et adroit en son art, pour faire l'orloge que le Consulat a projecté de faire poser au nouveau hostel de ville qui se construit proche la place des Terreaux, et prient leurs successeurs en leurs charges, lorsque le lieu destiné pour placer led. orloge sera laid et construit, de se souvenir de lad. retenue et profficter en cette occurrence de la capacité dud. me Faure, affin que cet ouvrage puisse utillement réussir à l'utilité et satisfaction de lad. ville. (Arch. comm., BB 201, fo 79)

1650, 28 juin - Autre mandement pour le sr (le prénom en blanc) Vilette, m^e orlogier aud. Lyon, de la somme de soixante-quinze livres tz que lesd. sieurs (échevins) luy est ordonnée, tant pour sa despen que pour le recognoistre des peynes qu'il a eu à cause d'un voyage qu'il a fait par ordre du Consulat en la ville de Genève, pour y voir un orloge que l'on avoit adverty le Consulat d'estre en vente et propre à mettre dans le dosrne du nouveau hostel commun. . . et en faire son rapport. ainsy qu'il a fait (Ibid., BB 204, fo 41 vo)

1650, 18 août - Mandement pour sieur (le prénom en blanc) Vilette, maistre orologier aud. Lyon, de la somme de soixante quinze livres tz, que lesd. sieurs (échevins) luy ont ordonnée, tant pour sa dépense que pour les peynes et vaccations qu'il a contribuées en un voyage qu'il a fait

en la ville d'Authun, où il s'étoit transporté par ordre du Consulat (pour la visite) d'un orloge que l'on proposoit de faire vendre pour mettre au nouveau hostel commun qui se construit ... juxte la place des Terreaux... -A été expédié un mandement semblable à celui cy dessus à sr Daniel Gon, aussi m^e orloger aud. Lyon, de pareille somme et pour même cause.

(Ibid., BB 204, fo 191)

1650, 30 août - (Par acte reçu Jossierant, notaire, les échevins)... baillent marché et prix fait à sr Daniel Gom, maistre orlogier de ceste dicte ville Assavoir de faire par ledict Gon un orloge qui sera posé au-dessus du nouveau hostel de ville Premièrement ledict orloge aura quatre quadrans qui seront marqués aux grandes faces dudict dosme et seront de toute la grandeur que ledict dosme le pourra permettre. Item, ledict orloge fera mouvoir un astrolabe et quadrans qui aura au-dessus le mouvement de la Lune et, au dessous le jour de la semaine, lequel astrolabe sera posé dans la grand salle dudict hostel de ville... Item, ledict horloge sonnera l'heure et le repic (répétition) et encore les rappeaux (les quarts) et la demy heure, et aura cinq pieds et demy d'haulteur, cinq pieds de largeur et six pieds en longueur. L'astrolabe aura quatre pieds et demy de diamètre, les mouvemens en dehors seront de cuivre doré, les douze signes seront d'argent et demy relief de force suffisante, accompagné des ornemens en sculpture, figures et cartouches de pierre ou bois... Plus led. orologe fera mouvoir une grosse pomme de laiton en forme de Lune, qui sera au dessous d'une fleur de lys, sous l'heure et une cartouche au plus haut dud. dosme. Le sieur Gon, entrepreneur, sera tenu... de faire une montre portatifve en placard, pour mettre dans la chambre dudict hostel commung, avecq son cadran d'ébène... Le tout moyennant la somme de quatre mil livres tournois

(Arch. comm., DD 97 bis, fos 416-418)

1650, 30 août - Délibération consulaire mentionnant ce prix fait, et un mandement, pour Daniel Gom, de 600 livres, en déduction de 4.000 livres convenues et « par avance »

(Arch. comm., BB 204, fo 200 vo)

1650, 6 octobre - Avance à Daniel Gom, de 300 livres. (Ibid., fo 223 vo)

1651, 23 janvier - Avance au même de 1.200 livres. (Ibid., BB 205, fo 41)

1651 - Mandements à Daniel Gom pour avances ; à Claude Butavand, m^e fondeur, pour les quatre cloches de l'horloge ; à Jean-Baptiste Boisot, marchand, pour métal fourni au fondeur ; à Nicolas Bérard pour les ferrures des cloches. (Ibid., fo 122, 263, 269, 309, 351, 441, 451)

1651, 28 novembre - (Délibération consulaire.) Estant comparu sieur Daniel Gom, m^e orlogier de ceste ville, qui auroit représenté que le Consulat luy auroit baillé à marché et pris fait l'orologe pour le nouveau hostel de ville, ... moyennant le prix et somme de quatre mil livres. ... laquelle somme il a receue, ainsy qu'est porté par le mandement du XXIII^e jour du présent mois. Depuis lequel marché, il auroit fait travailler incessamment par plusieurs des plus expertz ouvriers qu'il auroit sceu trouver et qu'à ces fins il auroit fait venir de l'Allemagne et autres pays

estrangers, et pour ce auroit fait divers voyages affin de rendre led. orologe parfaict et des plus excellens ; en sorte qu'il a non seulement despendu lad. somme de quatre mil livres qui lui a esté payée en suite dud. marché, mais encore plus de trois mil livres par dessus icelle. C'est ce qu'il prioit le Consulat voulloir mettre en considération, et, ce faisant, l'indemniser de la perte qu'il peult souffrir, n'estant raisonnable qu'en servant le public, outre son industrie, il y mette encore son bien à l'occasion de quoy il le prioit de nommer, s'il lui plaist, telz maistres et expertz orologiers de lad. ville que bon lui sembleroit. –A quoy le Consulat auroit répliqué que bien que le contract qu'il avoit passé avec led. Gon soyt un marché à forfait, . . .néantmoins . . .a arrêté que led. orologe sera veu et visité par Hugues Combret et Claude Chastelain, maistres orologiers de lad. ville, et Claude Gunet, maistre armurier, . . .pour, sur leur rapport, pourvoir au desdommagement dud. Gon, s'il y eschoit. (Ibid., BB 205, fo 454, 455)

1651, 29 décembre - (Délibération consulaire). . . Depuis, lesd. Combret, Chastellain et Gunet ayans fait rapport, . . .ainsy qu'il est contenu en l'acte receu par M^e Jasserant, notaire royal. . ., le XI^e jour du présent mois de décembre, . . .le Consulat arreste que pour tout le desdommagement et plus vallue qu'il (Gom) pourroit prétendre pour led. orologe. . ., illuy sera payé la somme de deux mil cinq cens livres (dont 500 livres comptant et le reste après la pose et l'achèvement de l'horloge). (Ibid., fos 569-570)

1652, 4 janvier -(Le Consulat ayant passé un marché avec Daniel Gom, le 30 août 1650), ensuite duquel il auroit fait travailler audict orologe, en sorte qu'il est presque parachevé et prest à poser sur place. Mais comme c'est une œuvre d'assès belle manière et qui a divers ressortz et mouvemens, il est nécessaire qu'il y ayt quelqu'un qui soit entendu aud. art pour avoir soin de l'entretien d'icelluy, et considérant que le maistre qui a entrepris l'ouvrage le doibt mieux cognoistre et entendre que nul autre : A ces causes, lesd. sieurs prévost des marchans et eschevins ont nommé et retenu led. Gon pour orologier ordinaire de lad. ville, avoir soing d'entretenir et faire marcher en bon train et continuellement led. orologe, fournir toutes choses qui seront nécessaires, soit cordages, poidz, roues, ressortz, et généralement tout ce qu'il conviendra pour icelluy, et ce moyennant la somme de trois cens livres que le Consulat luy a accordé d'appoinctement annuel, et, outre ce, son logement dans led. nouveau hostel de ville, tel qu'il sera jugé raisonnable par le Consulat, lors que led. nouveau hostel de ville sera en estat d'habiter. (Ce gage sera payé en deux termes) à commencer dès que led. orologe aura esté mis en place, le premier terme de payement écherra six mois après. . . (Ibid., BB 206. fos 28-29.)

1652, 2 juillet - (Délibération consulaire) Sur ce que Daniel Gon, m^e orologier de ceste ville a représenté qu'ayant. . . entrepris l'ouvrage de l'orologe du nouveau hostel de ville, et icelluy fabriqué, parachevé et mis en place où il a à présent son effect, sonnans les heures jour et nuict ; et d'aultant que. . . pour le maintenir au point qu'il doibt estre, led. Gon a esté retenu par le Consulat. . ., ainsi qu'il appert par l'acte de retenue (du 4 janvier dernier), duquel résulte encore que led. Gon doibt avoir son logement dans led. hostel de ville ; mais comme celluy qui lui avoit esté destiné a esté remis, par ordre du Consulat, à Mr Barthelemy Arthaud, coadjuteur des mandeurs de lad. ville, led. Gon demeure sans led. logement, et partant, faulte d'icelluy, il ne peult

avoir sy souvent l'il sur led. orologe qu'il seroit à désirer pour le tenir reiglê et sans décadance ; et partant, supplie le Consulat de voulloir sur ce luy pourvoir. - Lesd. sieurs, faisant considération sur la réquisition dud. Gon et la jugeant raisonnable, ont arresté de luy faire payer. . . annuellement la somme de cent vingt livres tz pour le louage des membres de maison qu'il sera tenu de prendre pour sa résidence proche dud. nouveau hostel de Ville. . . , en attendant que son logement luy ayt esté donné et estably dans led. hostel de ville. . . Et néantmoins continuera led. Gon à garder la clef de la tour où est led. orologe, dès à présent et tant. . . qu'il en aura la conduite, affin de pouvoir, luy et son vallet, y aller quand il verra bon estre, pour entretenir led. orloge en bon estat. . .

(Ibid., BB 206, fo.308-309)

1652-1653 - (Mandements : à Daniel Gom pour solde du prix-fait, gages et indemnité de logement ; à Nicolas Burel, m^e serrurier, qui a mis des ferrures à trois petites cloches servant pour l'horloge et remis un battant à la grosse cloche ; à François Rambaud, me peintre, qui a doré les « montres » de l'horloge et la « figure de la lune dans la tour ». . . , etc.)

(Ibid., fos 155 à 157, 268-269, 310, 457, 509 ; BB 207, fos 164, 297, 357, 514 ; BB 208 à 219, passim.)

1664, 4 novembre - Je, Guillaume Nourrisson, maistre horlogier à Lyon, nommé pour faire la visite de l'horloge et astrolabe de l'Hostel de Ville, m'estant transporté plusieurs et diverses foys pour visiter led. horloge, . . .certifie en vérité ce qui s'ensuit. . . : (la cloche ne sonne pas régulièrement ; la pluie qui tombe sur les pièces de bois supportant les petites cloches a abîmé la charpente des combles et rouillé le mécanisme faisant mouvoir la lune. L'horloge n'a pas été exécuté conformément au prix fait et est très mal entretenu. Le grand remontoir n'est pas trempé, la corde de la sonnerie est usée, et le contrepoids, s'il tombe, fera effondrer la voûte de la chapelle. La tige qui donne le mouvement à l'astrolabe semble n'avoir pas été huilée depuis qu'on l'a placée Enfin les divers mouvements astronomiques ne fonctionnent pas ou sont incomplets.)

(Arch. comm., DD 186, n° 44.)

1665, 5 janvier - (Délibération consulaire) Lesd. sieurs eschevins, ayans considéré que l'horloge de l'hostel de ville est en si mauvais estat, et si mal tenu par Daniel Gom, me orloger. . . , cy devant nommé pour avoir le soing de l'entretien et conservation d'icelluy et à qui il fait payer tous les ans un appointement considérable pour cet effet, que, bien loing d'estre, comme il devroit, la règle de tous les autres horloges de la ville, il est celluy qui est le moins juste et auquel on peut avoir le moins d'assurance ; dont le Consulat recevant de continuelles plaintes de la part des plus notables habitans de ceste ville, aurait fait visiter led. horloge par des plus habiles orlogers de lad. ville, lesquelz, par leurs rapportz, auraient fait cognoistre. . . que led. horloge est fort mal entretenu et en très mauvais estat ; et lesd. sieurs, ayans appris d'ailleurs qu'il n'en prend aucun soing et qu'il employe seulement une sienne servante pour cet effet, auroient cru qu'il estoit très nécessaire pour la commodité publique et pour faire prévalloir les habitans de cette ville d'une despence considérable que lad. ville a supportée. . . , de commettre quelque me horloger habille et expert qui ayt le soing de l'entretien (dud. horloge) ; et ayans esté informez de

la capacité et expérience de Guillaume et Antoine Nourrisson, frères, mes orlogers de lad. ville, les ont choisy pour entretenir et faire marcher en bon train et continuellement led. horloge, fournir tout ce qu'il sera nécessaire pour cet effet ; soit cordages, poidz, roues ou ressortz ; ausquelz Nourrisson frères, le Consulat a arresté de faire payer annuellement, pour led. entretien, la somme de deux cent livres de gages Duquel (horloge) avant qu'ilz puissent prendre aucun soing, description, sera faite, en présence dud. Gom ou luy deument appellé, de l'estat et manquant qu'il y a à présent aud. horloge que lesd. frères Nourrisson ont promis de restablir et entretenir, sans pour ce prétendre autre somme que lesd. deux cens livres par an et qu'ilz soient tenus de restablir et refaire led. horloge conformément au prix fait passé aud. Gom, ains seulement l'entretenir roulant et sonnante, avec tous les mouvemens, de manière qu'il puisse régler les autres horloges de la ville, tant pour la sonnerie que pour l'astrolabe. (Arch. comm., BB 220, fos 24-26)

1665, 13 janvier - (Visite de l'horloge par les mes horlogers Pierre Périscel et Philippe-Emmanuel Villette, en présence du procureur général de la Ville ; les deux experts partageant l'opinion de leur confrère Guillaume Nourrisson, estiment que l'horloge doit n'avoir pas été nettoyée depuis sa mise en place.) (Arch. comm., DD 286, n° 45.)

1665, 26 janvier - (Les Jésuites François de Saint-Rigaud et Jean Bertet, professeur de mathématiques au Collège, visitent l'horloge, à la requête du Prévôt des Marchands, en compagnie de Gabriel Mouton, prêtre habitué de Saint-Paul, et rédigent un procès-verbal.) (Ibid., DD 286, no 46)

1665, 4 février - Gom et Nourrisson estant comparus (au Consulat) pour convenir d'expers, en exécution de l'acte consulaire du 5 janvier dernier, pour le rapport de l'horloge de l'hostel de Ville, et led. Gom ayans cinq mes orlogers, sçavoir : Jacques Rougier, Hugues Combret, Pierre Bourget, Jean-Bte du Clerc et Jacques Varin, après qu'ils ont esté distinguez par billez et mis dans un chapeau et tirez par ledit Gom, le sort est tombé sur lesd. du Clerc et Varin pour, en présence des Rds Pères Saint Rigaud et Berthet, procéder à la visite dud. horloge et astrolabe, conformément à l'acte dudit jour, sur les deux heures de relevée, en présence desd. Gom et Nourrisson. (de qui les signatures suivent.) (Ibid., DD 104, fos 28 bis et 28)

1665, 4 février - (Visite de l'horloge et rapport, reçu par Renaud, notaire, des mes horlogers Jacques Varin et Jean Bte Duclair-Vallier.) Lesquelz, après avoir veu et visité lesd. horloge et astrolabe, disent et déclarent qu'il est en assez bon estat, aussi bien que les pignons et les dantures d'icelluy, sans estre usés, et quoyque les pilliers, barres et traversières de la cage n'ayent pas la grosseur portée par le prix fait. . ., ils n'estiment pas que led. orologe soit de moindre service, les roues, de la grandeur qu'elles sont, estant aussy bonnes que si elles estoient plus grandes, ce qui obligerait à faire faire de plus gros contrepoidz que ceux qui y sont, si l'on vouloit faire augmenter lesd. roues ; disans aussy qu'ilz ont trouvé un pignon de remontoir qui est à moitié usé par la grande force qu'il fait en remontant un poidz de deux cens livres, mais il s'en peut facilement faire un autre. Et jugent que led. orologe peut servir longues années, estant bien entretenu et y faisant des réparations de temps en temps, les choses qui agissent estant sujettes à s'uzer.

Et pour ce qui est de l'astrolabe et lunaires, ils s'en remettent à ce que sera rapporté par le Rd Père Saint Rigaud, n'estant de leur cognoissance. . . (Signé) Jacq. Vuarin. . . J. B. Duclair-Vallier. (Ibid., DD, 104, fo 28 vo)

1665, 5 février - Nous, François de St Rigaud, prestre de la Compagnie de Jésus et Mr Gabriel Moutton, prestre perpétuel en l'esglise collégiale de Saint Paul, estant en l'hostel de Ville, accompagnés de sieurs Jacques Vuarin et Jean Bte Duclair-Vallier, mes horlogers, pour ensemblement faire la visitte de l'horloge, astrolabe et autres mouvemens, en présence de sieur Daniel Gom et Guillaume Nourrisson, aussy mes horlogiers aud. Lyon, estans dans la grande salle, après avoir veu et visitté l'astrolabe, mouvement de la lune au-dessus, et fait rouler pour mieux cognoistre, comm'aussy les figures qui marquent les jours de la sepmaine, lesd. Vuarin et Duclair ont accordé que le mouvement de lune demeure la moytié du temps cachée. Ils ont déclaré que, pour tous ces mouvementz célestes, qu'ils s'en remectoient à notre rapport, disant qu'ils n'y cognoissent pas et qu'il se trouve peu d'horlogiers qui ayent cette science. C'est pourquoi nous dirons ce que nous avons recogneu, conformément au verbail que nous avons déjà fait le vingt sixiesme janvier dernier comme s'en- suict : Premièrement, la lune qui est au-dessus de l'astrolabe ne fait pas l'effet qu'elle doit faire ; elle doit paroistre en figure, soit au croissant soit au déclin, de mesme comme elle paroist au ciel, ce qu'elle ne fait pas, car elle ne commence à paroistre que le huictiesme jour de son age et disparoist le vingt deuxiesme jour. Et ainsy demeure toutte la moiitié de la lunaison sans paroistre. A l'astrolabe il y faut ajouter plusieurs lignes circulaires qui servent à plusieurs connaissances, qui sont les arcs des douze maisons célestes, la ligne crépusculine et la division des signes chascun en trente parties comm'aussy une division de cercle en 360 parties, proche des heures. Le Soleil se trouve le plus souvent hors de l'écliptique et plus avancé dans le zodiaque qu'il ne faut, de plus d'un demy signe. Les figures qui marquent les sept jours de la semaine ne doivent pas paroistre plusieurs ensemble ; mais une seulement chasque jour. Nous avons aussy remarqué que la lune qui est au dôme tourne à rebours. Le Révérend père Berthet s'est trouvé incommodé ; il n'a peu se transporter aud. hostel de ville. (Signé) François de Saint-Rigaud. . . G. Mouton. p. (Ibid., DD 286, n° 47)

1674, 17 septembre - Le batiment est commencé depuis 26 ans et les travaux de décoration viennent d'être achevés un incendie se déclenche qui ravagea l'Hôtel de Ville. L'idée d'un beffroi monumental s'était dégagé au cours de la construction avec une grande tour carrée abritant une horloge munie d'un cadran sur chaque face.

(Délibération consulaire. - Récit de l'incendie survenu à l'Hôtel-de-Ville le 13 septembre, entre midi et une heure)

« une grande fumée parut au-dessus de la Grande Salle [. . .], laquelle fut aperceue par quelques officiers et domestiques logez dans ledit Hostel. Chacun se disposait à en aller recognoistre la cause, lorsqu'elle éclata malheureusement par une grande flamme qui suivit cette fumée et qui s'éleva au-dessus dudit couvert, et entre celuy du grand escalier et le dosme de l'horloge, du costé du vent. Cette flamme rendue plus ardente par les plombs, bois [. . .] et autres matières combustibles qu'elle trouva dans son chemin [. . .] produisit d'abord un si grand incendie, que le grand couvert de

la grand'salle, ainsi que la voulte [...] d'icelle et toutes ses peintures, comme aussy le couvert du pavillon joignant dudit costé du vent, furent en très peu de temps enlevés et consumés [...] les flammes s'estant attachées à un degré de bois par lequel on montait dans le dosme jusques à la chambre de l'horloge elles n'y montassent aussy ; en sorte qu'après avoir embrasé le plancher de la dite chambre [...] ledit horloge tomba en plusieurs pièces et ensuite, les poutres qui en soutenoient les cloches ayant esté pareillement consumées, elles tombèrent par les mesmes ouvertures par lesquelles on les avoit fait passer en les eslevant, ce qui ne se peut faire sans un grand ébranlement des voutes dudit dosmel [...]. Après quoy le vent ayant changé et tourné, ces flammes dévorantes furent portées avec une rapidité inconcevable du costé de bise [...], où elles détruisirent et consumèrent en moins d'un quart d'heure la charpente et le couvert des deux pavillons dudit costé »

Archives Municipales de Lyon, DD 287, n°77 et BB 230, fo 93 vo œuvre d'un horloger de Bourg en Bresse (d'après Georges Fessy [77]) BB 201 Foliot 179 1647

Chapitre 9

Extraits de textes de Galilée sur le pendule

9.1 Dialogue sur les deux grands systèmes du monde

Après une longue maturation, l'ouvrage achevé en 1629, paraît en 1632 à Florence sous le titre « Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano »

C'est la première fois que les lois du pendule sont énoncées clairement (dans la deuxième et la quatrième journée). Ces lois seront exposées encore plus en détail dans les « Discours concernant deux sciences nouvelles ».

9.1.1 Deuxième Journée

SAGREDO : Mais cette science du mouvement n'est-elle pas aussi une question portant sur la nature ? Et pourtant je ne trouve pas qu'Aristote m'en ait démontré le plus petit phénomène. Mais ne nous écartons pas davantage de notre raisonnement. Quant à vous, signor Salviati, vous avez indiqué qu'à l'arrêt du pendule, il est une autre cause que la résistance du milieu à se laisser ouvrir ; ne manquez pas, je vous en prie, de me dire laquelle.

SALVIATI : Dites-moi : quand deux pendules ont des longueurs inégales, n'est-ce pas celui qui est attaché à la corde la plus longue qui a des vibrations moins fréquentes ?

SAGREDO : Oui, à condition qu'ils s'écartent également de la verticale.

SALVIATI : Peu importe qu'ils s'en écartent plus ou moins : c'est toujours en des temps égaux que le même pendule fait ses allers et retours qu'ils soient très longs ou très courts, c'est-à-dire que le pendule s'écarte beaucoup ou peu de la verticale ; et si les temps ne sont pas absolument égaux, la différence est insensible, l'expérience peut vous le montrer ; et d'ailleurs, même s'ils étaient très différents, cela ne gênerait pas notre cause mais la favoriserait même. Traçons la verticale AB, et supposons que de A sur la corde AC pende un poids C, et plus haut sur cette même corde, un autre poids E. Si on écarte la corde AC de la verticale et qu'on la laisse aller, les poids C et E suivront les arcs CBD et EOF ; le poids E, qui est suspendu à une distance inférieure et est aussi (vous l'avez dit) moins écarté, veut donc revenir en arrière plus vite et avoir des vibrations plus fréquentes que le poids C ; cela doit donc l'empêcher d'aller aussi loin vers le terme D qu'il irait s'il était libre ; voilà, à chaque vibration, un empêchement continu qui doit

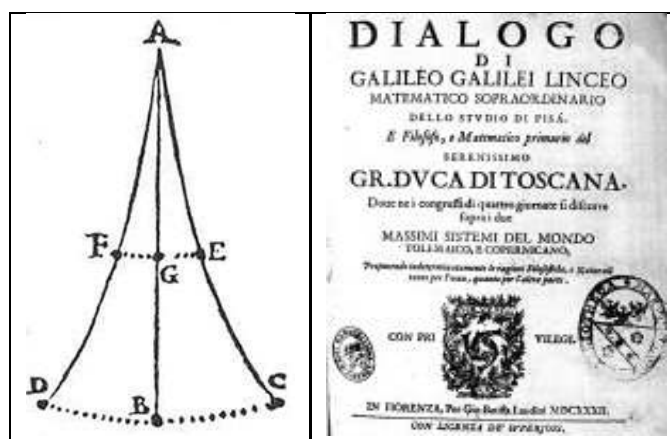


FIG. 9.1 – Périodes du pendule.

finir par le ramener au repos. Or, cette corde (une fois ôtés les poids du milieu) est un composé de plusieurs pendules lourds : chacune de ses parties constitue un de ces pendules, attaché de plus en plus près du point A et donc disposé à avoir des vibrations de plus en plus fréquentes ; chacune de ses parties constitue donc un empêchement continu qui s'oppose au poids C. On en a une indication si on observe bien la corde AC : on voit qu'elle n'est pas tendue toute droite, mais selon un arc ; si, à la place d'une corde, on prenait une chaîne, on le verrait très nettement, surtout en éloignant beaucoup le corps lourd C de la verticale AB ; c'est que la chaîne est composée de nombreuses parties liées dont chacune est assez lourde, et dès lors les arcs AEC et AFD seront notablement incurvés. Parce que donc les parties de la chaîne les plus proches de A veulent avoir des vibrations plus fréquentes, elles ne permettent pas aux parties les plus basses de parcourir autant de distance qu'elles le feraient naturellement ; en diminuant continuellement les vibrations du poids C, elles finissent par l'arrêter, même si l'on pouvait ôter l'empêchement de l'air.

(d'après [84] page 242)

9.1.2 Quatrième journée

SALVIATI : Je vais faire violence à mon esprit rétif et obtus, comptant sur la pénétration du vôtre. Il y a deux phénomènes (accidenti) dont nous devons chercher les causes : le premier, ce sont les différences qui affectent les flux et reflux dans la période mensuelle ; l'autre porte sur la période annuelle. Nous allons d'abord parler de la période mensuelle, nous traiterons ensuite de la période annuelle. Il faut que nous résolvions cela complètement à partir des fondements et hypothèses déjà établies, sans introduire de nouveauté, ni dans l'astronomie ni dans l'univers, en faveur des flux et reflux ; il faut aussi démontrer que, quels que soient les différents phénomènes observés, les causes résident dans ce que nous savons déjà et tenons pour vrai et indubitable. Je dis, par conséquent, qu'il est vrai, naturel et même nécessaire qu'un même mobile mis en rotation par la même vertu motrice parcoure sa trajectoire en un temps plus long sur un cercle plus grand que sur un cercle plus petit ; c'est une vérité reçue de tous ; et confirmée par toutes les

expériences ; nous allons en présenter certaines.

Dans les horloges à roues, les grandes en particulier, pour régler le temps, les horlogers installent une tige qui tourne horizontalement ; et à ses extrémités ils attachent deux poids de plomb ; lorsque le temps va trop lentement, il leur suffit de rapprocher un peu les poids du milieu de la tige pour augmenter la fréquence des vibrations ; pour la retarder au contraire, il leur suffit de tirer les mêmes poids vers l'extrémité : les vibrations sont alors plus lentes, et donc les intervalles entre les heures s'allongent. Ici la vertu motrice est la même, c'est le contrepoids ; les mobiles, ce sont les plombs ; leurs vibrations sont plus fréquentes quand ils sont plus proches du centre, autrement dit qu'ils parcourent des cercles plus petits.

Suspendons des poids égaux à des cordes inégales ; écartons-les de la verticale, puis laissons-les aller librement ; nous verrons que les vibrations des poids suspendus à des cordes plus courtes se font en des temps plus courts, puisqu'ils parcourent des cercles plus petits. Autre expérience : attachez le poids à une corde qui passe par un clou accroché au plafond tenant de la main l'autre bout de la corde, laissez le poids qui pend et, tandis qu'il fait ses vibrations, tirez l'extrémité de la corde que vous tenez en main pour faire monter le poids ; vous verrez que la fréquence de ses vibrations s'accroît quand il monte puisqu'il parcourt alors des cercles de plus en plus petits.

Notez ici deux détails qui méritent d'être connus. L'un, c'est que les vibrations de ce pendule se font si nécessairement et en des temps si déterminés qu'il est absolument impossible de les faire s'accorder en des temps différents, sauf à allonger ou raccourcir la corde ; vous pouvez aussi vous en assurer tout de suite par l'expérience : accrochez une pierre à une ficelle dont vous tenez l'autre bout en main et essayez par tous les moyens que vous voudrez sauf l'allongement ou le raccourcissement de la ficelle, d'arriver à la faire osciller autrement que dans son temps déterminé ; vous verrez que c'est absolument impossible

L'autre détail est vraiment étonnant : le même pendule fait ses vibrations avec la même fréquence (du moins les différences sont très petites et presque imperceptibles), que les arcs sur cette circonférence soient très grands ou très petits. Je le déclare, que nous écartions le pendule de la verticale d'un, deux ou trois degrés seulement, ou bien de 70, 80, voire d'un angle droit, une fois qu'on l'aura laissé en liberté, dans les deux cas ses vibrations auront la même fréquence, aussi bien les premières où le pendule n'a à parcourir qu'un arc de 4 ou 6 degrés que les secondes où il a à parcourir des arcs de 160 degrés et plus. On le verra plus clairement encore en suspendant deux poids égaux à deux fils d'égale longueur, puis en les écartant de la verticale, l'un d'une petite distance, l'autre d'une très grande ; laissés en liberté, ils feront leurs aller et retour dans les mêmes temps, le premier sur des arcs très petits, le second sur des arcs très grands.

On en tire la solution d'un très beau problème : soit un quart de cercle AB (je vous en trace ici par terre un petit dessin 9.2), vertical par rapport à l'horizon et reposant sur le plan qu'il touche au point B ; faisons un arc d'une planche bien polie et bien lisse en sa partie concave, et plions-le selon la courbure de la circonférence ADB, de telle sorte qu'une bille bien ronde et polie puisse librement courir à l'intérieur (la caisse d'un crible est bien adaptée à cette expérience) : je dis que, si l'on pose la bille en n'importe quel endroit, proche ou éloigné du point le plus bas B, par exemple si on la met en C ou encore ici en D ou en E, et si on la laisse en liberté, elle arrivera au point B en des temps égaux ou imperceptiblement différents, qu'elle soit partie de C, de D ou de E ou de n'importe quel autre endroit : c'est là un phénomène vraiment étonnant.

Autre phénomène non moins beau : que le mobile descende le long de n'importe quelle corde

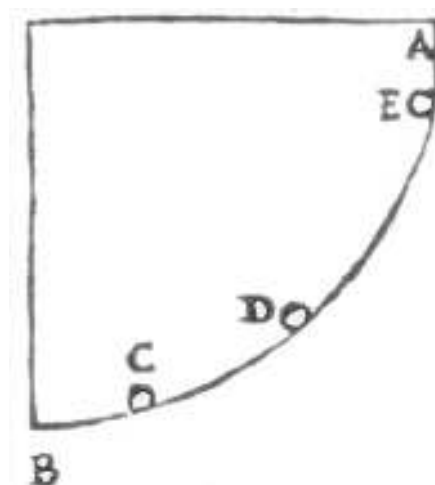


FIG. 9.2 – Mobiles qui descendent le long d'un quart de cercle et le long de cordes.

tirée de B, vers C, D, E, etc., prise sur le quart de cercle BA ou sur tout le cercle, il descendra en des temps absolument égaux ; il mettra donc autant de temps pour descendre sur le diamètre tracé à la verticale au-dessus de B que sur la corde BC, celle-ci ne sous-tendrait-elle qu'un seul degré, voire moins.

Ajoutez-y cette autre merveille : un corps tombe le long d'un arc du quart de cercle AB en moins de temps que le long de la corde du même arc ; c'est ainsi que le mouvement le plus rapide, accompli par un mobile dans le temps le plus court, pour arriver du point A au terme B, aura lieu non pas le long de la ligne droite AB (encore que cette ligne soit la plus courte de toutes celles qu'on peut tirer entre A et B), mais le long de la circonférence ADB ; que, sur ce même arc, on prenne n'importe quel point, D par exemple, et qu'on tire les deux cordes AD et DB, le mobile, partant de A, mettra moins de temps pour rejoindre B s'il suit les deux cordes AD et DB que s'il suit seulement la corde AB ; mais le temps le plus court sera celui de la chute le long de l'arc ADB. Les mêmes phénomènes ont lieu pour tous les autres arcs plus petits, quand on prend B comme point le plus bas du mouvement. (d'après [84] page 434)

Galilée n'a pas vu que la période dépend de l'amplitude pour de grandes oscillations.

Le Père Marin Mersenne [190, 86] (1588-1648) relève l'erreur (Nouvelles pensées de Galilée, Paris 1639) :

« Si l'auteur eût été plus exact en ses essais, il eût remarqué que la corde est sensiblement plus longtemps à descendre depuis le haut de son quart de cercle jusqu'à la perpendiculaire (verticale), que lorsqu'on la tire seulement dix ou quinze degrés, comme témoignent les deux bruits que font deux cordes égales, frappant contre un ais (planche) mis au point de la perpendiculaire. Et s'il eût seulement nommé jusqu'à trente ou quarante retours de l'une tirée vingt degrés ou moins, et de l'autre quatre-vingts ou nonante degrés, il est connu que la moins tirée fait un retour davantage sur trente ou quarante retours ; et si l'on pouvait toujours en faire aller une à quatre-vingts degrés, tandis que celle de dix ou vingt degrés irait se diminuant,

celle-ci pourrait gagner un retour sur dix ou douze retours. »

9.2 Discours concernant deux sciences nouvelles

Galilée entreprend ce Discours à l'automne 1633 ; il est alors âgé de 69 ans. Le 22 juin de cette même année, à Rome, revêtu de la robe blanche des pénitents, il avait écouté la sentence qui lui interdisait de parler du mouvement de la Terre puis il s'était retiré à Sienne sous la garde de l'archevêque Ascanio Piccolomini, son ami. L'ouvrage est achevé en juin 1637 et paraît, à Leyde en Hollande chez Elzévir, en juillet 1638, sous le titre : « Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze attenenti alla Meccanica ed ai movimenti locali. Altrimenti, Dialoghi delle nuove Scienze. »

Une traduction française des Discorsi e Dimostrazioni a paru sous le titre : « Les nouvelles Pensées de Galilée, etc., où, par des inventions merveilleuses et des démonstrations inconnues jusqu'à présent, il est traité de la proportion des mouvements tant naturels que violents, et de tout ce qu'il y a de plus subtil dans les mécaniques et dans la physique », Paris, chez P. Rocolet, 1639.

L'isochronisme des oscillations pendulaires avait déjà été mentionné dans une lettre du 29 novembre 1602 à Guido Ubaldo del Monte ainsi que la loi des cordes mais c'est dans cet ouvrage qu'il en reprendra longuement l'étude dans la première journée.

9.2.1 Première Journée, Chute des corps

Ho preso due palle, una di piombo e una di sughero, quella ben più di cento volte più grave di questa, e ciascheduna di loro ho attaccata a due sottili spaghetti eguali lunghi quattro, o cinque braccia, legati ad alto ; allontanata poi l'una e l'altra palla dallo stato perpendicolare, gli ho dato l'andare nell'istesso momento, ed esse scendendo per le circonferenze di cerchi descritti da gli spaghetti, eguali lor semidiametri, passa te oltre al perpendicolo, son poi per le medesime strade ritornate indietro ; e reiterando ben cento volte per le medesime le andate, e le tornate, hanno sensatamente mostrato ; come la grave va talmente sotto il tempo della leggiera, che nè in ben cento vibrazioni, nè in mille anticipa il tempo d'un minimo momento ; ma camminano con passo egualissimo. . .

Slargato il pendolo del piombo, v. gr., cinquanta gradi dal perpendicolo, e di li lasciato in libertà scorre, e passando oltre al perpendicolo quasi altri cinquanta, describe l'arco di quasi cento gradi ; e ritornando per se stesso indietro describe un altro poco minore arco, e continuando le sue vibrazioni, dopa gran numero di quelle, si reduce finalmente alla quiete. Ciascheduna di tali vibrazioni si fa sotto tempi eguali, tanto quella di nonanta gradi, quanta quella di cinquanla, o di venti, di dieci, di quattro ; si che in conseguenza la velocita del mobile vien sempre languendo, poichè salto tempi eguali va passando successivamente archi sempre minori, e minori. . .

Quanto poi alla proporzione dei tempi delli vibrazioni di mobili pendenti da fila di differente lunghezza, le replicate sperienze, con lequali ciascuno pua soddisfarsi, ni hanno dimostrata che sono esse tempi in proporzione suddupla delle lunghezze delle fila, o vogliam dire lunghezze essere in duplicata proporzione dei tempi, cioè son come i quadrati dei tempi delle singolari

vibraziani, a d'egual numero di vibrazioni ; si che volendo, v. gr., che in tempo d'una vibrazione d'un pendolo sia doppio del tempo d'una vibrazione d'un altro, bisogna che la lunghezza della corda di quello sia quadruple della lunghezza della corda di questo. Ed allora fiel tempo d'una vibrazione di quello, un altro ne farà tre, quando la corda di quello sarà nove volte plus longue dell'altra. Dalche ne seguita che le lunghezze delle corde hanno fra di loro la proportion reciproca che hanno i quadrati de numeri delle vibrazioni che si fanno nello medesimo tempo. . . »

D'après [83] Tome II, page 176-177-189

Traduction « J'ai pris deux balles, l'une de plomb, l'autre de liège, celle-là bien plus de cent fois plus lourde que celle-ci, toutes deux attachées à des fils fins et égaux, long de 4 à 5 coudées¹, fixés par le haut. Puis, les ayant éloignées l'une et l'autre de la verticale, je les ai laissées aller en même temps ; et toutes deux descendant le long des circonférences, des cercles décrits par les fils et de rayons égaux, dépassèrent la verticale ; puis elles revinrent en arrière par le même chemin et répétant bien cent fois les mêmes allées et venues, elles ont montré d'une manière évidente que la boule lourde marche tellement dans le même temps que la légère, qu'elle ne dépasse pas ce temps ni en cent oscillations, ni en mille, du plus petit intervalle, mais elle marche d'un pas tout à fait égal. . . »

« Éloignant le pendule de plomb de 50° de la verticale, et le laissant en liberté, il court, et dépassant la verticale presque de 50 autres degrés, il décrit un arc de près de 100°. Retournant alors en arrière sur lui-même, il décrit un autre arc plus petit ; et continuant ses oscillations, après un grand nombre de celles-ci, il revient enfin au repos. Chacune de ces oscillations se fait dans des temps égaux, tant celle de 90°, que celle de 50°, ou de 20°, de 10°, de 4°. Il s'ensuit que la rapidité du mobile diminue toujours, puisque dans des temps égaux il décrit successivement des arcs de plus en plus petits. . . »

« Ensuite, quant à la proportion des temps des oscillations des mobiles suspendus à des fils de différentes longueurs, des expériences répétées, que chacun peut faire, m'ont démontré que ces temps sont en proportion sous-doublée² des longueurs des fils ; en d'autres termes, les longueurs des fils sont en proportion doublée des temps, c'est-à-dire qu'elles sont comme les carrés des temps des oscillations isolées ou d'un égal nombre d'oscillations de sorte que, si l'on veut que le temps des oscillations d'un pendule soit double du temps des oscillations d'un autre, il faut que la longueur de la corde de celui-là soit quadruple de la longueur de la corde de celui-ci. Et alors dans les temps d'une vibration d'un pendule, un autre en fera trois si sa corde est neuf fois moins longue que celle de l'autre. Il suit de là que les longueurs des cordes ont entre elles la proportion réciproque qu'ont les carrés des nombres des oscillations qui se font dans le même temps³. . . »

Première journée, paragraphes 128-129 page 70 et paragraphes 139-140, page 78 [85].

Galilée énoncera ensuite la loi des cordes (page 153 [85]) :

« Si du point le plus bas ou le plus élevé d'un cercle construit sur la ligne d'horizon, on mène des plans inclinés quelconques rencontrant la circonférence, les temps

¹Coudée : ancienne unité de mesure, équivalente à la distance entre le coude et l'extrémité du médium soit environ 50 cm

²Les périodes du pendule sont proportionnelles à la racine carrée des longueurs.

³Les longueurs du pendule sont proportionnelles au carrés des périodes.

de descente le long de ces plans seront égaux entre eux. »

9.3 Correspondance de Galilée et de Viviani

9.3.0.1 Lettre du 15 août 1536 aux États de Hollande

« ...si ricerca esquisito orologio per numerar l'ore e sue minuzie... io ho tal misuratore del tempo, che se si fabbricassero quattro o sei di tali strumenti et si lasciassero scorrere, troveremmo (in confermazione della lor giustezza) che i tempi da quelli misurati et mostrati, non solamente d'ora in ora, ma di giorno in giorno et di mese in mese non differirebbero ira di loro né anco di un minuto secondo d'ora, tanto uniformemente camminano : orologi veramente pur troppo ammirabili per gl'osservatori de i moti e fenomeni celesti, et è di piu la fabbrica di tali strumenti schiettissima e semplicissima, ed assai meno sottoposta all'alterazioni esterne di qual si voglia altro strumento per simile uso ritrovato⁴. »

9.3.0.2 Lettre datée, Arcetri, 6 juin 1637 à Lorenzo Reael à Amsterdam, Amiral de la Compagnie Hollandaise des Indes Orientales

Extraits de [86] d'après les œuvres complètes de Galilée [83]

Galilée parle dans sa lettre d'un pendule (pendulo di materia solida e grave), d'un secteur angulaire, (settore di cerchio di dodici o quindici grad) équipée d'une roue pour compter les vibrations (ruota leggerissima quanto una carta ... posta in piano orizzontale vicina al pendulo). Galilée laisse aux hommes de l'art le soin d'exécuter une telle horloge et d'autres machines admirables (« uomini esquisitissimi ed ingenosissimi in fabricare oriouoli ed altre macchine ammirande »)

9.3.0.3 Rapport de Viviani de 1659 au Prince Léopold de Médicis

« Nous examinâmes ensemble les opérations du mécanisme. Nous remarquâmes plusieurs difficultés que le Signor Vincenzo promit de surmonter toutes : il croyait en effet qu'il pourrait adapter le pendule à l'horloge de différentes façons et à d'autres inventions. Mais attendu qu'il l'avait dans cet état, il souhaitait le laisser en accord avec le dessin, avec l'adjonction d'un cadran montrant les heures et les minutes ; il commença à couper les dents de l'autre roue. Mais en raison de ce travail inhabituel il fut emporté par une fièvre maligne et il dut l'abandonner au point inachevé que nous voyons sur le dessin. Et le 22^e jour de sa maladie, le 16 mai 1649, toutes les horloges les plus précises, ensemble avec ce grand mesureur du temps, s'arrêtèrent pour toujours lorsqu'il mourût, pour mesurer (comme je le crois), dans la joie de la Divine Essence, l'incompréhensible moment de l'éternité... »

D'après Silvio Bedini [14].

⁴La correspondance de Galilée avec les États de Hollande fut renvoyée au Prince Léopold par Elio Diodati, ami personnel de Galilée à Paris, qui fut le négociateur sur le sujet avec Constantin Huygens, secrétaire du Gouverneur de Hollande, le Prince Frédérick Henry d'Orange. Elle se trouve maintenant à la Biblioteca Nazionale Centrale à Florence. Voir Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale, Firenze 1909, Vol 19

Chapitre 10

Huygens et l'horloge à poids

10.1 Lettre du 20 août 1659

« Je vous remercie beaucoup de l'extrait de la lettre de Monsieur le Prince Léopold, et plus encore pour moi. Je me suis déjà informé de plusieurs personnes, qui en devroient avoir eu connoissance : si Galilée a jamais proposé une semblable invention de l'horloge à nos États, dont personne ne sait la moindre chose, mais bien de son invention des longitudes par le moyen des Planètes Médicées¹, de la quelle il fut traité en l'an 1639. Il faut bien croire pourtant, puisqu'un tel Prince l'assure, que Galilée ait eu auparavant moi cette pensée, et pour la subtilité de l'invention, c'est peu de chose, auprès de ce que ce grand homme en d'autres matières a fait paroître. . .

Mais on ne peut nier que mon modèle n'ait bien succédé le premier. Car enfin si celui de Galilée n'avait eu point d'inconvénients, il n'est aucunement croyable qu'il n'aurait pas mis en effet une chose si utile en beaucoup de choses, ni après lui le Sérénissime Prince Léopold, lorsqu'il trouva ce modèle. Si j'avois l'honneur d'être plus connu de Son Altesse, et assez de hardiesse, je la réquérerois pour en avoir une figure, pour voir en quoi elle diffère de la mienne. »

10.2 Préface de « *Horologium oscillatorium* »

« Il y a seize ans que nous avons rendu publique la construction des horloges récemment inventées par nous. Depuis ce temps nous y avons apporté beaucoup de perfectionnements que ce livre est destiné à faire connaître ; le principal consiste dans un moyen de suspension du pendule simple qui assure l'égalité des durées de ses oscillations, égalité qui ne se trouvait pas naturellement dans le pendule circulaire ; c'est une propriété de la cycloïde qui nous en a donné les moyens. Cette propriété nous était apparue peu après la première édition de notre horloge et nous l'avions communiquée à quelques amis. Nous en donnons aujourd'hui la démonstration, qui formera la partie principale de ce livre. Mais il sera nécessaire de reprendre, pour l'asseoir

¹Par « Planètes Médicées », Huygens entend les satellites de Jupiter que Galilée avaient ainsi nommés en l'honneur de son élève et mécène, le grand-duc Ferdinand II de Médicis.

sur des preuves plus certaines, la théorie de la chute des graves de l'illustre Galilée, théorie dont la propriété que nous avons trouvée dans la cycloïde forme en quelque sorte le point culminant. Mais pour appliquer cette propriété à la construction du pendule, il nous a fallu aborder de nouvelles recherches concernant les courbes qui se produisent par évolution, théorie d'où naît le moyen d'obtenir les longueurs des courbes considérées comme évoluées². D'un autre côté, pour expliquer la nature du pendule composé, il a fallu considérer les centres d'oscillation, dont la détermination avait été vainement essayée par plusieurs géomètres, mais moins heureusement ; on trouvera là des théorèmes relatifs aux lignes, aux surfaces et aux volumes qui, si je ne me trompe, paraîtront dignes d'attention. Après le succès de notre invention, il arriva, suivant l'usage, et comme je l'avais prévu, que plusieurs voulurent en avoir l'honneur, ou, sinon eux, du moins leur nation, et je pense qu'il convient de faire obstacle à leurs injustes efforts. Mais, comme je pense qu'il ne viendra à l'esprit de personne de porter la discussion sur ce qui concerne l'emploi de la cycloïde, il suffira simplement de lui opposer, ceci que, puisque avant la description que j'ai publiée il y a seize ans de l'horloge, personne n'en avait fait mention ni par parole, ni par écrit, c'est donc par mes propres méditations que je l'ai découverte et perfectionnée. Les faits étant connus de tout le monde, il est facile de voir ce qu'il faut penser de ceux qui, ne pouvant produire le témoignage d'aucun savant, ni aucun acte des universités bataves, ont écrit sept ans après qu'elle avait été publiée, qu'eux ou leurs amis avaient été les promoteurs de la construction de l'horloge. Avant à ceux qui, voulant l'attribuer à Galilée, disent qu'il l'aurait tentée, mais n'y aurait pas réussi, il me semble qu'ils lui font plus de tort qu'à moi-même ; il est vrai que d'autres prétendent que des horloges auraient été construites par Galilée ou par son fils, mais je me demande comment ils pouvaient espérer faire croire qu'une invention si utile ait pu rester ignorée durant huit années avant que je la publiasse ; et s'ils prétendent qu'on l'ait exprès tenue cachée, comment ne comprennent-ils pas que celui qui l'a trouvée ait pu s'en attribuer la découverte ? Je devais dire cela pour ma défense. »

Préface de « *Horologium oscillatorium* » Passage traduit et abrégé par M. Marie

²il s'agit des développantes et développées

Chapitre 11

Les horloges astronomiques, témoignages vivants du passé dans l'enseignement des sciences en Europe

De grands scientifiques [53, 112, 168] et de nombreux enseignants de sciences sont convaincus de l'importance de l'aspect historique dans la formation scientifique des élèves [33, 184, 36, 103, 157, 9]. Des articles, des ouvrages récents en témoignent [39]. Nous présentons ici succinctement quelques travaux qui ont attiré notre attention ou dont nous avons été témoins.

11.1 Les fractions continues et le planétarium de Christiaan Huygens

Ce travail a été entrepris par deux élèves de classe préparatoire en 2002-2003 Delphine Sembély et Séverine Enault, maintenant élèves en mathématiques à l'École Normale Supérieure de Lyon dans le cadre des T.I.P.E. (Travail d'Initiative Personnelle Encadré)

Les fractions continues pour optimiser l'approximation d'un nombre réel

Nous avons vu avec le mécanisme d'Anticythère page 44, que les Grecs savaient déjà trouver un rapport de nombres entiers entre deux phénomènes physiques et qu'ils savaient construire un train d'engrenages pour les reproduire.

Les premiers travaux mathématiques sur les fractions continues ont été réalisés par Huygens et Newton dans le but de réaliser un planétarium précis.

Une fraction continue est la donnée d'une suite (R_n) définie par $R_n = a_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \frac{a_3}{\dots + \frac{a_n}{b_n}}}}$ où (a_n)

et (b_n) sont des suites à coefficients dans \mathbf{R} ou dans \mathbf{C} . Le terme R_n est appelé la n ième réduite de la fraction continue.

Tout réel x peut se développer en fractions continues grâce à l'algorithme :

$$a_0 = E(x); x_0 = x$$

$$a_n = E(x_n); x_n = a_n + \frac{1}{x_{n+1}}$$

Les fractions continues donnent toutes les meilleures approximations d'un nombre réel x et permettent donc de trouver un compromis entre :

- un dénominateur et un numérateur assez petits permettant de construire un engrenage au nombre de dents raisonnable.
- un dénominateur et un numérateur assez grands pour avoir l'erreur la plus faible possible.

Dans leur travail, Delphine Sembély et Séverine Enault étudient d'abord les propriétés des fractions continues puis en donnent des applications en mécanique avec le calcul de rapports d'engrenages et en informatique avec le tracé de droites sur ordinateur.

Elles montrent en particulier comment Huygens, qui souhaitait obtenir $x = \frac{\omega_{Terre}}{\omega_{Saturne}} = 29,455448\dots$ comme rapport des vitesses angulaires de rotation de la Terre et de Saturne, trouve les réduites successives de x ci-dessous, et choisit 206/7 comme compromis pour son planétaire.

$$\frac{59}{2} \text{ avec une erreur de } 0,074552$$

$$\frac{147}{5} \text{ avec une erreur de } 0,025448$$

$$\frac{206}{7} \text{ avec une erreur de } 0,003123$$

$$\frac{1177}{40} \text{ avec une erreur de } 0,000448$$

11.2 L'horloge de Rostock

Les élèves du Gœthegymnasium de Rostock ont mis en ligne un travail qu'ils ont réalisé sur l'horloge astronomique de l'Eglise Sainte-Marie de Rostock, datant du XVIII^e siècle. Le site internet se trouve à l'adresse <http://www.horologium.de>.

Leur travail a été récompensé en 2000 par la première place dans le concours fédéral « Jugend forscht » (la jeunesse cherche).

Le document mis en ligne représente une documentation détaillée sur l'horloge de Rostock dans ses aspects historiques, scientifiques et techniques. Les élèves ont dû, avec l'aide de scientifiques de l'Université de Rostock, recalculer le calendrier qui comprenait une erreur à partir de l'année 2017.

Des contacts ont été pris par le Lycée de Rostock avec les villes de Lünd en Suède et Gdansk en Pologne qui possèdent des horloges analogues.

11.3 L'horloge de Ploërmel

Le lycée général et technologique de Cancale¹ a mis en ligne un travail réalisé par des élèves de Seconde ISI (Initiation aux Sciences de l'Ingénieur) consacré à l'horloge astronomique du frère Bernardin, datant de 1850. Le site internet se trouve à l'adresse

<http://horlogeastronomique.free.fr/fr/index.html>.

¹76 rue des Romains, 35 260 CANCALE



FIG. 11.1 – L'horloge de Rostock et son calendrier



FIG. 11.2 – L'horloge de Ploërmel.

11.3.0.4 Le plan du site internet

Le temps : Français et philosophie Le temps : image de l'éternité chez Platon

Le temps et le mouvement chez Aristote

La révolution augustinienne, le temps linéaire chez saint Augustin

Le temps : quantité qui mesure le mouvement chez Ibn Sinâ

Le temps est le nombre du mouvement selon l'avant et l'après chez Saint Thomas d'Aquin

L'incarnation de l'éternité dans le temps : l'Instant. Idée de « premier » - La répétition chez Sören Kierkegaard

Le flux du temps : la durée chez Henri Bergson

Techniques Les trois lois de Kepler

Le fonctionnement des roues dentées

Aspect mécanique de l'horloge

Présentation des cadrans de l'horloge astronomique

Instruments de mesure du temps dans l'histoire

Histoire Le constructeur de l'horloge : le frère Bernardin

Les différents calendriers

Le monde en 1850

Situation géographique et historique de Ploermel

11.4 Un travail interdisciplinaire sur « L'astrolabe »

Le lycée Edouard Branly de Créteil a publié un travail interdisciplinaire sur l'astrolabe, fait avec des élèves de seconde à option technologique et de Première S. Ce travail remarquable s'est étalé sur trois années consécutives et une brochure² regroupant les différents thèmes (français, sciences-physiques, mathématiques, histoire, productique) a été éditée en 1999 par la Mission académique de Valorisation des Innovations pédagogiques et l'Institut de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques de Paris-Nord. Elle comprend de nombreux renseignements sur l'histoire de l'astrolabe, son principe de construction et sur la mise en production d'exemplaires en laiton massif dans les ateliers du Lycée.

11.5 Un questionnaire sur l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon

De nombreuses écoles viennent admirer le mouvement des automates. Les enseignants ayant préparé la visite, peuvent aussi faire comprendre le principe de l'astrolabe à leurs élèves.

²L'essentiel de la brochure est en ligne à l'adresse <http://www.ac-creteil.fr/branlycreteil/astrolabe>

11.5. UN QUESTIONNAIRE SUR L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE LA CATHÉDRALE SAINT-JEAN DE LYON

La visite commence alors dans le jardin archéologique attenant à la cathédrale avec la description du groupe épiscopal. Après un rappel sur les points cardinaux et sur le mouvement du Soleil par rapport à l'horizon, l'enseignant demande aux élèves d'estimer la position du Soleil et de prévoir quelle devra être sa position sur l'astrolabe, en hauteur et en azimut. Si la Lune est visible dans le ciel, ils peuvent aussi prévoir sa position sur l'astrolabe, son écart angulaire avec le Soleil et sa phase.

La préparation de la visite, à l'extérieur, est ainsi très importante. Lors de la visite, un questionnaire dont on adaptera la difficulté au niveau des élèves, peut aussi être distribué.

11.5.1 Les façades

11.5.1.1 Façade Sud

Repérer sur place ou sur une photographie

1. La porte d'accès au mécanisme
2. Le cadran des minutes

Quel est le saint représenté sur la statuette ? (Ce fut le premier évêque de Lyon)

11.5.1.2 Façade Ouest

Repérer sur place ou sur une photographie

1. Le coq
2. Le garde suisse
3. Le Père céleste qui bénit et le carillon des anges
4. La scène de l'Annonciation
5. Le carrousel des jours de la semaine
6. L'ange chef d'orchestre et l'ange qui retourne un sablier
7. Les cadrans : Celui des heures et de l'astrolabe, celui du calendrier perpétuel et de l'almanach ecclésiastique

Lire le court texte consacré à l'hymne à Jean-Baptiste.

11.5.1.3 Façade Nord

Repérer le texte mentionnant la réparation de l'horloge après le sac de la cathédrale par les « hérétiques »

En quelle langue ce texte est-il écrit ?

En quelle année l'horloge a-t-elle été restaurée ?

Qui est l'horloger qui effectua la restauration ?

Quel est le saint représenté sur la statuette ?

11.5.2 L'astrolabe

L'heure En combien de parties le cercle est-il gradué ?
En combien de temps l'aiguille des heures fait-elle un tour ?

La date Quel jour sommes-nous ?
Peut-on le deviner approximativement sur le cadran ?
À quel signe du zodiaque correspond la date de ce jour ?
Quels sont les renseignements précis fournis par l'astrolabe ?
Hauteur du Soleil :
Azimut du Soleil :

Le mouvement du « cadran des dates » Quel mouvement doit faire le cercle des dates pour que le jour indiqué soit valable 24h ?
Ce cadran va-t-il plus vite ou moins vite que l'aiguille des heures ?
En 365 jours, combien de tours ce « cadran des dates » a-t-il accomplis ?

Les lignes du cadran Repérer la ligne Nord-Sud : à quelle heure le Soleil franchit-il cette ligne ? (Il s'agit de l'heure solaire)
Repérer la ligne d'horizon : à quelle heure approximative le Soleil franchit-il cette ligne aujourd'hui ?

La Lune Quel est son âge ? (Nombre de jours écoulés depuis la Nouvelle Lune)
Dessiner sa phase.

11.5.3 Le cadran des minutes

Le cadran Quelle est sa forme ?
Combien de minutes se sont écoulées depuis « l'heure pile » ?
Mesurer le temps séparant 10 oscillations.
Période et longueur du pendule.
Quel est le mouvement de l'aiguille (l'alidade) ?

Le décor du cadran Les anges tenant l'un, une équerre et une sphère armillaire, l'autre un globe et un compas. Le cadran solaire

11.5.4 La scène de l'Annonciation

Énumérer dans l'ordre le mouvement des automates, et préciser leur mouvement.
Le coq. Que fait-il ? Les trois étapes de l'automatisme.
Le Suisse, Marie, L'ange Gabriel, Le « Père céleste », L'ange chef d'orchestre, L'ange portant le sablier, La colombe.

11.5.5 Le calendrier perpétuel et l'almanach ecclésiastique

- Repérer sur le calendrier perpétuel les différents renseignements
 - Le mois
 - Le chiffre associé à la Lune (ce n'est pas son « âge »)
 - La lettre du jour de la semaine
 - La date dans le calendrier romain, dans notre calendrier (grégorien)
 - Le saint du jour

- Repérer sur l'almanach ecclésiastique
 - L'année
 - Les dates des jours suivants : mercredi des Cendres, Pâques, Ascension, Pentecôte
 - Le nombre de dimanches entre le dimanche de l'Épiphanie et le 9^e dimanche avant Pâques (septuagésime=63j)

Exercice Chercher les dates des nouvelles lunes ecclésiastiques de l'année en cours et les comparer aux N.L. vraies.

Les Nouvelles Lunes ecclésiastiques seront chaque mois en face du $X=E+1$, de façon que $E+1-X=0$ (âge d'une N.L.)

Réponse pour 2000 (épacte 24)

Nouvelle Lune ecclésiastique : 6 janvier, 5 février ...

Nouvelle Lune vraie : 6 janvier (18h), 5 février (13h)

11.6 L'astrolabe, le calendrier, la mesure du temps au Collège

En collège, les Itinéraires de Découvertes ont permis la mise en place de nombreux parcours pluri-disciplinaires, certains concernant l'astronomie ou les calendriers dans leur dimensions scientifiques et culturelles. Des élèves du collège Paul Eluard de Vénissieux³ ont réalisé un itinéraire sur le thème des calendriers juif, julien-grégorien et musulman, itinéraire qui a été l'occasion de découvrir l'horloge de la cathédrale Saint-Jean (Figures 11.3 et 11.4).

Les élèves ayant étudié le calendrier grégorien et les fêtes chrétiennes ont compris beaucoup plus facilement le cadran inférieur de l'horloge. Ils ont complété le document réalisé pour leur Collège, par les informations et les photographies prises au cours de la visite.

³sous la direction de Madame Pascale Delorme, Professeur de Français

CHAPITRE 11. LES HORLOGES ASTRONOMIQUES, TÉMOIGNAGES VIVANTS DU PASSÉ DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES EN EUROPE



FIG. 11.3 – Élèves du Collège Paul Eluard de Vénissieux visitant l'horloge astronomique.

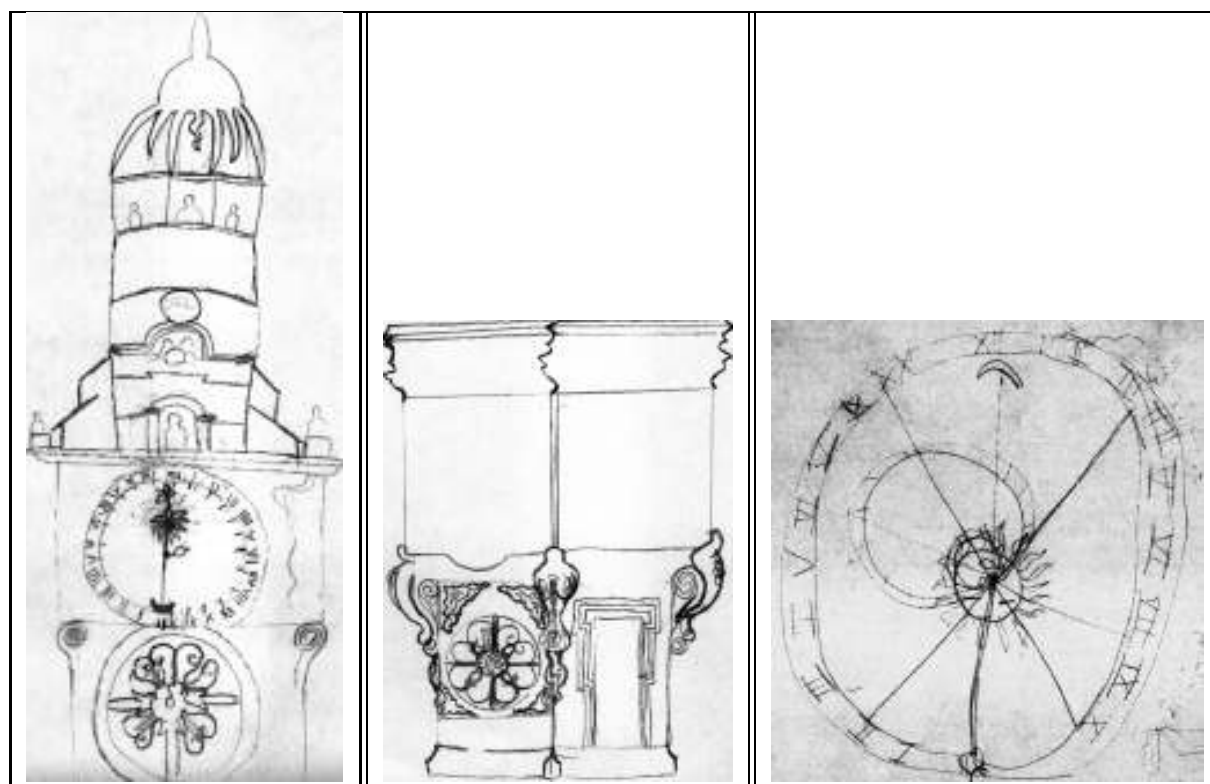


FIG. 11.4 – Dessins des élèves.

Chapitre 12

L'astrolabe

Ce chapitre permet de comprendre la construction de l'astrolabe tel qu'il a été tracé par les horlogers du XIV et XV^e siècle sur les horloges monumentales étudiées¹.

Une bibliographie succincte est donnée en fin de thèse [57, 58, 75, 68, 129, 162, 173].

12.1 Introduction

12.1.1 La sphère armillaire et l'astrolabe

La sphère armillaire Pour comprendre l'astrolabe il faut d'abord comprendre le fonctionnement et l'intérêt de la sphère armillaire (Figure 12.1).

Le mot armille vient du latin armilla qui veut dire « bracelet » ou petit objet circulaire.

Au centre de la sphère armillaire, se trouve la Terre, représentée par une petite sphère.

Une partie fixe comprend l'horizon local, le méridien céleste local, le vertical céleste local et le support de l'instrument. Une partie mobile représente la sphère céleste.

L'astrolabe L'astrolabe est un instrument de calcul permettant d'établir les relations entre la position des étoiles et l'heure solaire. Son développement par les Arabes fut lié aux nécessités du culte pour connaître les heures de lever et coucher du Soleil, de son passage au méridien et à une hauteur donnée l'après midi (pour fixer les heures des prières).

Le plus ancien instrument date de l'an 315 de l'hégire (927-928 après J.C.) et se trouve au Musée National du Koweït. Des exemplaires du XVI^e et du XVII^e siècle se trouvent à Paris au Musée des Arts et Métiers et à l'Institut du Monde Arabe

Les premiers écrits donnant sa construction sont ceux de Jean Philiponos dit le Grammairien qui vécut à Alexandrie (490-570 après J.C.) qui précise :

« le sujet a été traité par mon maître Amonius mais il demande encore des éclaircissements »

¹Depuis 1995 j'anime un stage de formation continue de trois à quatre jours sur l'astrolabe à l'intention des enseignants du second degré, dans le cadre du Plan de Formation de l'Académie de Lyon.

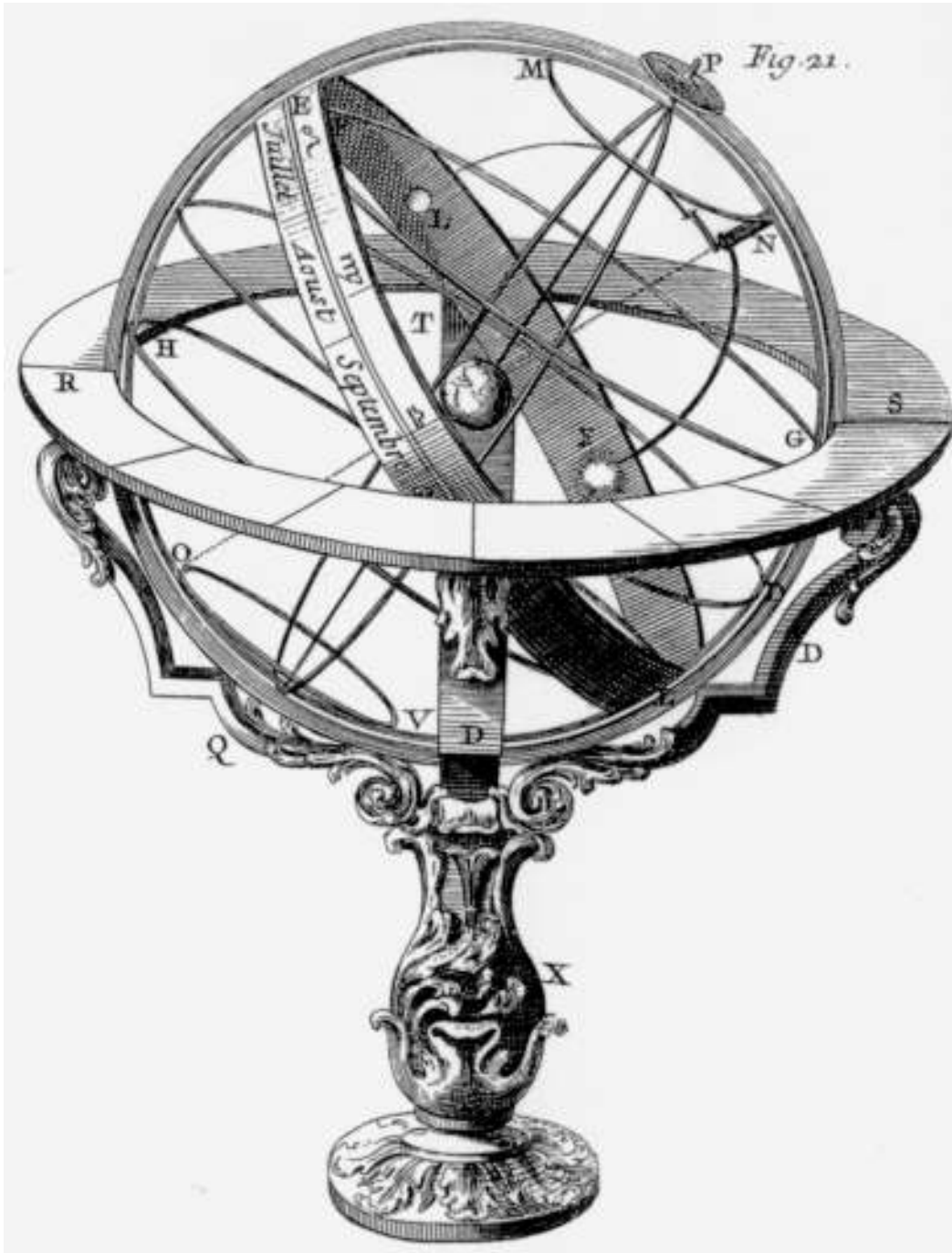


FIG. 12.1 – Sphère armillaire

Il existe différents types d'astrolabes (sphérique, plan équatorial, plan universel) mais le plus courant est l'astrolabe planisphérique qui est une projection plane équatoriale de pôle sud de la sphère céleste.

12.1.2 Histoire de l'astrolabe

12.1.2.1 L'École grecque et alexandrine

Eudoxe de Cnide (408-347) ou Appolonius de Perge (262-180)

« ...on dit que l'astrologue Eudoxe inventa l'arachne, d'autres disent que c'est Appolonius². » Vitruve « de architectura » au livre IX-8 [185].

Hipparque Au V^e siècle après J.C., Synésios décrit Hipparque comme l'inventeur de la projection stéréographique, donc d'une carte du ciel mais pas de l'astrolabe. Un traducteur maladroit aurait écrit « Lettre sur le don d'un astrolabe » alors que le mot astrolabe n'y figure pas.

Ptolémée Il décrit un « astralabon organon », proche de l'armille zodiacale de Tycho Brahe, mais sans rapport avec l'astrolabe planisphérique.

12.1.2.2 L'École syriaque

Jean Philiponos, dit le Grammairien, est né à Césarée et mort à Alexandrie vers 550. Il décrit dans son traité très exactement l'astrolabe et son usage, d'après son maître Amonios, un des derniers savants de l'École Alexandrine.

Severus Sebokht est né à Nisibis (à la frontière Syrie-Irak) vers 650 après J.C.. Il devint patriarche du couvent et évêque de Qenreché sur la rive de l'Euphrate où il enseigna la philosophie et les mathématiques. Son traité sur l'astrolabe, ouvrage de référence, dénote une longue pratique de cet instrument.

12.1.2.3 L'École arabe

Les Écoles d'Harran (au nord de la Mésopotamie), de Bagdad, de Damas.

Al-Farizi (1260-1320) vécut à Tabriz en Iran.

Abu'l-Ma'shar (Albumazar) (785-886 Bagdad) : auteur de traités d'astrologie. On lui attribue un traité de l'astrolabe. Il est parfois représenté sur les horloges astronomiques (Figure 1.22).

Al-Battani est né avant 858 à Harran et mort en 929 près de Samarâ. D'une famille sabienne convertie à l'islam, il est l'auteur de traités d'astronomie, de tables, de commentaires de Ptolémée, et est l'un des créateurs de la trigonométrie sphérique.

Al-Khwarizmi vécut de 780 à 850 à Bagdad. Astronome d'al-Ma'mûn, il traduisit les sidhântas en arabe. Il est le créateur de l'algèbre et écrivit des traités d'arithmétique, d'astronomie et deux traités sur l'astrolabe, l'un sur son tracé l'autre sur son utilisation.

²« ...dicitur invenisse arachnen Eudoxus astrologus ; nonnulli Appolonius »

12.1.2.4 L'École hispano-mauresque

Al-Zarkali (Azarchel) vécut à Cordoue de 1029 à 1087.

12.1.2.5 L'École chrétienne d'Occident

Gerbert d'Aurillac (945-1004), Raymond de Marseille (vers 1100-1150).
Arsenius Gautier (Louvain vers 1567-1575) : artisan fabricant d'astrolabes.

12.1.2.6 Les docteurs juifs du Moyen-Age

Rachi (1040-1105 à Troyes), Profatius (1236-1305)

12.1.3 L'astrolabe transmis des Grecs aux Arabes et à l'Occident latin

Au X^e siècle l'Espagne arabe est à son apogée. Le calife Abd-Ar-rahman III et son fils Al-Hakam II, font de leur capitale Cordoue « l'ornement du monde où coulent les sept fleuves de la sagesse ». Les échanges culturels entre le califat de Cordoue et l'Espagne chrétienne sont nombreux. Au monastère de Ripoll en Catalogne on traduit à partir des travaux de Maslama³ des traités sur l'astrolabe. Le manuscrit 225 conservé à la Bibliothèque de Barcelone a fait l'objet d'une étude attentive et contient les plus anciens textes connus sur l'astrolabe écrits en latin et établis à partir de textes arabes. Aucun astrolabe de cette période n'est parvenu jusqu'à nous [142].

Gerbert d'Aurillac (né en Aquitaine vers 934, élu pape sous le nom de Sylvestre II en 999, mort en 1003 à Rome) séjourna à Cordoue, Séville et Barcelone et fut instruit par l'évêque Hatton de Vich « très versé dans les mathématiques⁴ ». Nommé écolâtre⁵ à Reims (972-982) il fit construire une sphère terrestre en bois pour étudier les différentes zones de la Terre et deux sphères armillaires pour comprendre les révolutions des astres. Gerbert aurait donné des éléments de construction d'horloge astronomique et en aurait construit une pour Otton III à Magdebourg. L'enseignement de Gerbert est connu, d'une part par le témoignage de son élève Richer qui précise dans son Histoire le programme d'enseignement du futur pape, d'autre part par ses lettres où il réclame des livres à ses connaissances. Les échanges entre le Saint Empire et Cordoue auraient même précédé Gerbert avec des ambassades présidées par Jean de Gorze pour l'empereur Otton 1^{er} en 950 et 956. Des voyageurs espagnols comme Ibn Yakoub auraient également visité l'Europe du Nord [154].

Après l'an 1000 des liens s'établissent entre la Catalogne et la France en particulier entre les monastères de Ripoll et de Fleury.

La science arabe, en particulier l'astronomie se répand en Occident à partir de la fin du X^e siècle. Ainsi Radolf de Liège écrit à Ragimbald de Cologne [154] :

³Maslama ibn Ahmad, de Madrid, établi à Cordoue, astronome et mathématicien, fin X^e siècle

⁴Boèce (Rome 470-525) avait montré que le quadrivium (géométrie, astronomie, musique, arithmétique) était la quadruple voie par la sagesse ; l'étude des mathématiques, abandonnée du VI au X^e siècle, reprend au X^e siècle.

⁵Dès le VIII^e siècle, il y avait dans le chapitre de chaque église cathédrale, un chanoine nommé écolâtre (scholaster) chargé d'enseigner aux frères pauvres

« Je vous aurais volontiers envoyé un astrolabe à examiner, mais il s'agit pour nous d'un modèle pour en construire un autre. Si vous vous intéressez à la science de cet instrument, n'hésitez pas à venir à Saint Lambert de Liège, sans doute vous ne le regretterez pas. Mais si vous n'y connaissez rien, le fait de seulement voir un astrolabe ne vous sera pas plus utile que des tableaux peints pour un aveugle... »

Fulbert de Chartres traduit en latin les noms des principales constellations afin que ses élèves comprennent les inscriptions arabes des astrolabes.

Herman utilise à Reichenau des traductions arabes et un traité attribué à Gerbert d'Aurillac pour expliquer l'astrolabe.

12.1.4 Les traités anciens sur l'astrolabe

Van de Vyver, E. Poulle puis A. Tihon ont recensé les traités sur l'astrolabe [55, 142, 172]

1. Jean d'Alexandrie, dit Jean Philopon : Traité sur l'astrolabe (entre 510 et 529)
2. Jean Kamatéros : Introduction à l'astronomie (entre 1143 et 1180)
3. Chapitres sur l'astrolabe d'après un livre sarrazin (XII^e siècle)
4. Seconde explication sur l'astrolabe (avant la fin du XIII^e siècle)
5. Siamps le Persan : Traité sur l'astrolabe (début du XIV^e siècle)
6. Traité sur l'astrolabe de l'Oxonien Cromwellianus 12 (après 1309)
7. Nicéphore Grégoras : Traités sur l'astrolabe A, B, C (autour de 1335)
8. Makarios le moine : Scholies au traité A de Nicéphore Grégoras (avant 1400)
9. Traité cypriot sur l'astrolabe du Vaticanus gr. 212 (entre 1337 et 1341)
10. Traité sur la construction de l'astrolabe (Rhodes XIV^e siècle)
11. Théodore Méliténite : Tribiblos astronomique, Livre I (entre 1352 et 1368)
12. Isaac Argyre : Méthode de construction de l'astrolabe (XIV^e siècle)
13. Sur la vérification des tracés de l'astrolabe (1368)
14. Matthieu Camariotès : Scholies au traité A de Nicéphore Grégoras (fin XV^e siècle)
15. Sept chapitres relatifs à l'utilisation de l'astrolabe (avant la fin du XV^e siècle)
16. Andronic Doucas Sgouros : Méthode sur l'astrolabe (XV^e siècle)

12.2 L'astrolabe planisphérique

12.2.1 La représentation plane d'une sphère

12.2.1.1 Le problème de la représentation

Le problème de réaliser une carte, c'est-à-dire de faire correspondre les points d'une sphère à ceux d'un plan, date de l'Antiquité. Aucune solution respectant partout à la fois surfaces et angles ne peut être trouvée à ce problème car la sphère est une surface non développable.

La méthode la plus ancienne consiste à projeter l'image de la sphère terrestre ou céleste sur une feuille plane (projection planisphérique), roulée en cylindre (projection cylindrique) ou en cône (projection conique).

Le projecteur Le point à partir duquel on projette, peut être au centre (projection centrale), à l'infini (projection orthographique), ou être un des points de la sphère (projection stéréographique ou projection d'Hipparque qui vécut vers 150 avant J.C.).

Certaines projections respectent les surfaces (projections équivalentes), d'autres conservent les angles (projections conformes). De nombreuses représentations modernes utilisant l'ordinateur ne sont ni équivalentes, ni conformes.

12.2.1.2 Mercator et l'intérêt d'une carte de la Terre respectant les angles

Gerardus Mercator Gerhard Kremer, dit Gerardus Mercator, est né en Flandres en 1512, mort à Duisbourg en 1594.

Il réalise une carte de Terre Sainte (1537), du monde (1538), des Flandres (1540), du globe (1540), de la sphère céleste (1551) puis la carte de « Mercator » en 1569 : il s'agit d'une projection cylindrique déformée afin d'obtenir une représentation conforme (respectant les angles).

Principe de la carte de Mercator Depuis l'introduction de la boussole dans la navigation on dirigeait les navires suivant une route, appelée loxodromie, coupant les méridiens à angle constant. Ainsi pour aller d'un point A à un point B, il suffit de déterminer le cap à prendre et de le suivre pendant tout le voyage à l'aide de la boussole.

Pour se rendre compte de la position du navire il faut pouvoir tracer simplement sur la carte le chemin parcouru : la carte la plus intéressante serait alors une carte dont la loxodromie serait représentée par le segment de droite AB.

Pour cela il faut que les angles soient conservés. Les angles sont conservés si un petit cercle de la sphère est transformé en un petit cercle du plan, c'est-à-dire si les dilatations de longueurs en un point sont les mêmes dans toutes les directions.

Pour comprendre le principe de la représentation de Mercator partons d'une projection cylindrique conservant les longueurs des méridiens (Figure 12.2).

Les méridiens sont représentés par des droites parallèles équidistantes et les parallèles sont représentés par des droites parallèles équidistantes et perpendiculaires aux premières.

Un méridien est représenté en vraie grandeur de longueur constante πR .

Le parallèle de latitude λ a pour longueur constante $2\pi R$ au lieu de $2\pi R \cos \lambda$. Sa longueur a été multipliée par $1/\cos \lambda$.

On multiplie alors l'élément de longueur de méridien $d\lambda$ par $1/\cos \lambda$. Ainsi un petit cercle de rayon r appartenant à la sphère à la latitude λ sera transformé sur la carte en cercle de rayon $r/\cos \lambda$. Par exemple à la latitude 82° , un petit cercle sera transformé en un autre cercle de rayon environ 7 fois plus grand et par suite d'une surface 50 fois plus grande. On observe une énorme dilatation des régions polaires.

La distance sur la carte, entre l'équateur et le parallèle λ sera $d(\lambda) = \int_0^\lambda \frac{d\lambda}{\cos \lambda} = \ln \tan \left| \left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right|$

Pour la latitude λ , la distance à l'équateur du parallèle et la dilatation du rayon d'un petit cercle de ce parallèle sont les suivantes :

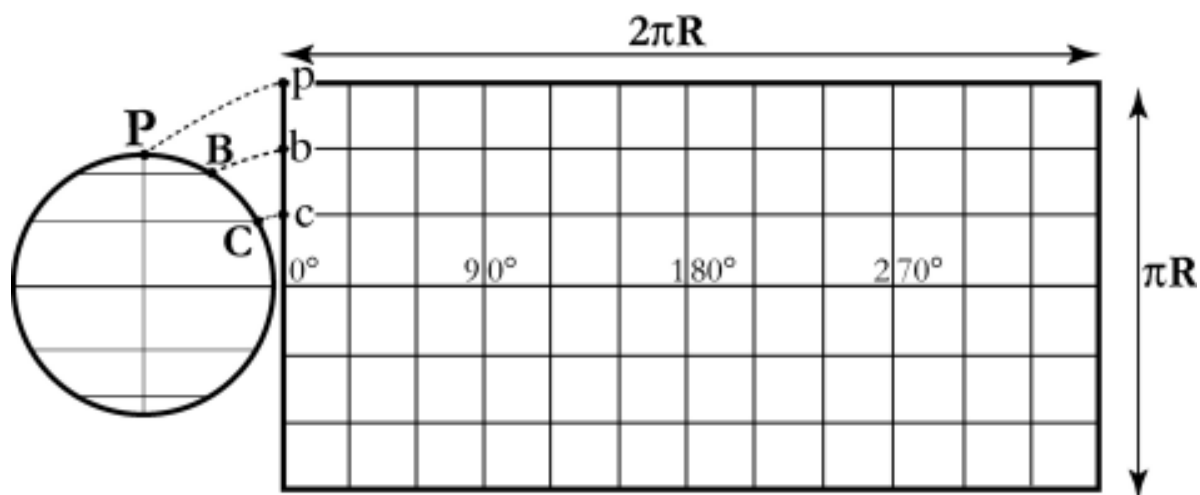


FIG. 12.2 – Projection cylindrique conservant la longueur des méridiens.

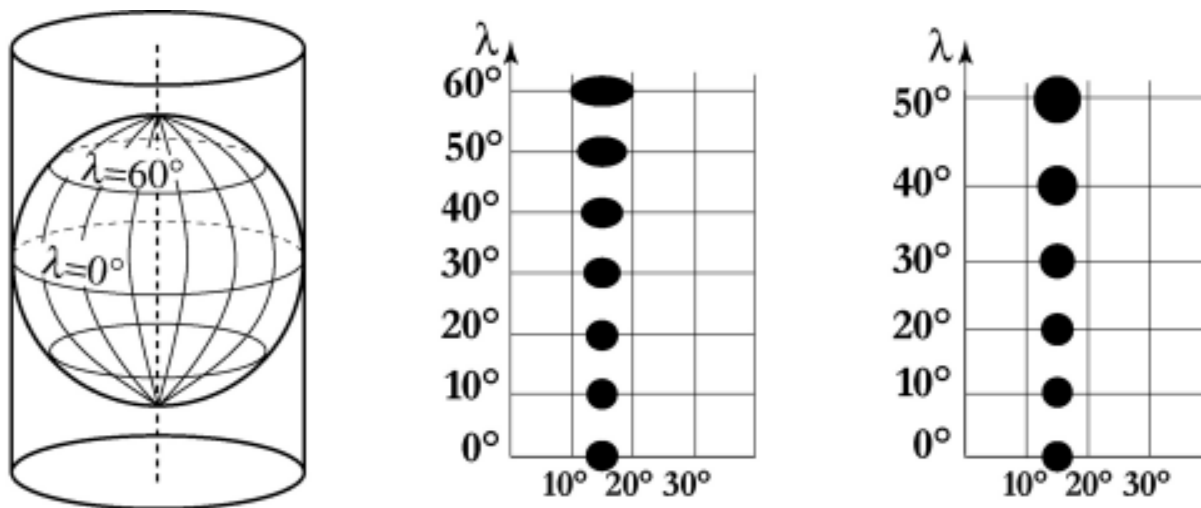


FIG. 12.3 – Cercle en projection cylindrique non conforme et en projection de Mercator.

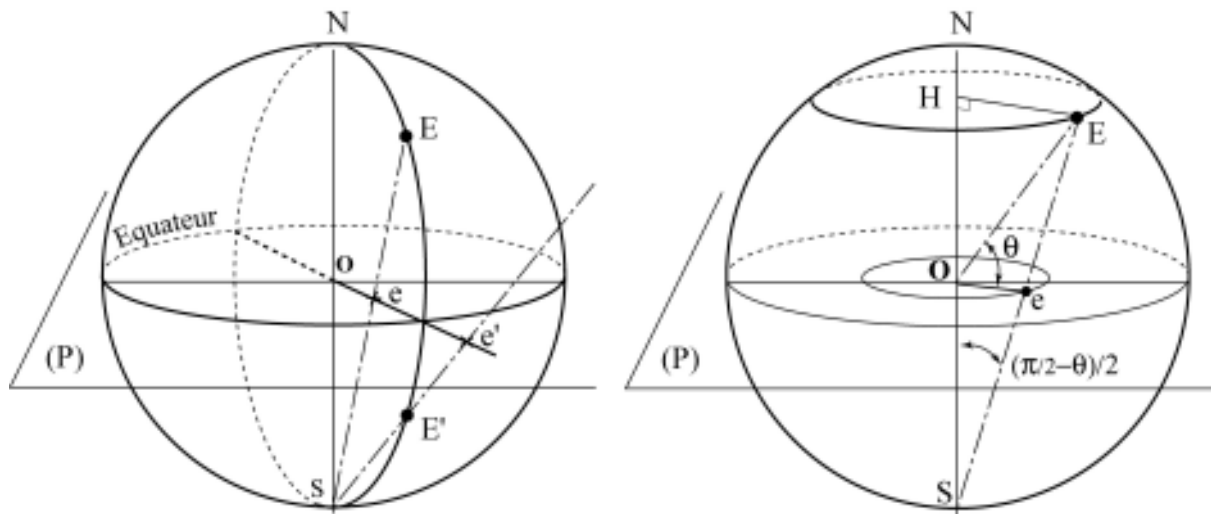


FIG. 12.4 – Projection stéréographique : projection d'un cercle méridien et d'un cercle parallèle.

λ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	82	85	90°
$d(\lambda)$	10,1	20,4	31,5	43,7	57,9	75,5	99,4	139,6	152,4	179,4	∞
$1/\cos \lambda$	1,015	1,064	1,15	1,31	1,56	2,00	2,92	5,76	7,19	11,47	∞

12.2.2 La projection stéréographique plane équatoriale de pôle Sud

Soit la sphère céleste, N le pôle céleste Nord, S le pôle céleste Sud (Voir la figure 12.4, à gauche)

À une étoile E, on fait correspondre l'étoile e, point d'intersection de ES avec le plan équatorial.

La projection du cercle équatorial sera lui-même, la projection e d'un astre E de l'hémisphère nord sera située à l'intérieur du cercle équatorial, la projection e' d'un astre E' de l'hémisphère sud sera à l'extérieur.

12.2.2.1 Intérêt d'une carte du ciel respectant les angles

1. elle conserve les angles donc la forme des petites constellations.
2. la projection d'un cercle quelconque de la sphère est un cercle du plan (P) : tous les cercles de coordonnées sont transformés en cercles sur la carte. Cette carte est donc facile à tracer.

12.2.2.2 Les problèmes résolus par cet instrument analogique

Les problèmes du quotidien

- Trouver «la qibla» c'est-à-dire la direction de la Mecque.
- Déterminer l'heure de jour et de nuit.

- Prévoir l'échéance des couchers et levers du Soleil, de l'aube et du crépuscule.
- Déterminer les heures des prières.
- Trouver l'ascendant, les maisons en astrologie

Les 12 problèmes fondamentaux

Connu	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
Connu	Az	H	H	Az	H	H	h	H	H	h	Az	Az
Connu	h	z	Az	δ	δ	Az	δ	δ	h	δ	δ	h
à déterminer	H	Az	h	H	Az	δ	H	h	δ	Az	h	δ

λ latitude, δ déclinaison, Az azimut, h hauteur, H angle horaire

12.2.3 Projections des cercles dans la projection stéréographique

12.2.3.1 Projection des cercles passant par N et S

Ce sont les cercles méridiens d'égale ascension droite : les images sont des droites passant par O (Figure 12.4, à gauche).

12.2.3.2 Projection des cercles parallèles au plan de projection (P)

Les cercles parallèles ont pour image des cercles concentriques de centre O (Figure 12.4, à droite).

Un point E se trouvant à l'intersection d'un cercle parallèle de déclinaison δ et d'un demi-cercle méridien d'ascension droite α se trouvera en projection à l'intersection d'une demi-droite et d'un cercle.

Soit a le rayon de la sphère céleste : $OE = a$
 $OH = a \sin \theta$ et $HE = a \cos \theta$ et $\frac{Oe}{HE} = \frac{SO}{SH}$ d'où
 $Oe = a \cos \theta \times \frac{a}{a + a \sin \theta} = a \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2} \right)$

On peut aussi dire directement $Oe = a \tan \left\{ \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) / 2 \right\}$ car l'angle inscrit en S dans le triangle HSE vaut la moitié de l'angle au centre en O dans le triangle HOE.

12.2.3.3 Projection (γ) d'un cercle quelconque (Γ)

Soit le cercle (Γ) de centre H et E un point du cercle. Soit (γ) la projection de (Γ) sur (P) (Voir la figure 12.5, à gauche).

Soit la droite perpendiculaire au cercle (Γ) et tangente à la sphère. Elle coupe la droite OH en un point T, et TE se projettera en te sur le plan de projection. Pour un point E', la projection de TE' donnera te'.

Or la projection stéréographique conserve les angles, donc la projection d'une normale à (Γ) est une normale à (γ). La projection (γ) de (Γ) est donc une courbe dont toutes les normales passent par un point fixe t. Seul le cercle centré en t convient : (γ) est donc ce cercle centré en t.

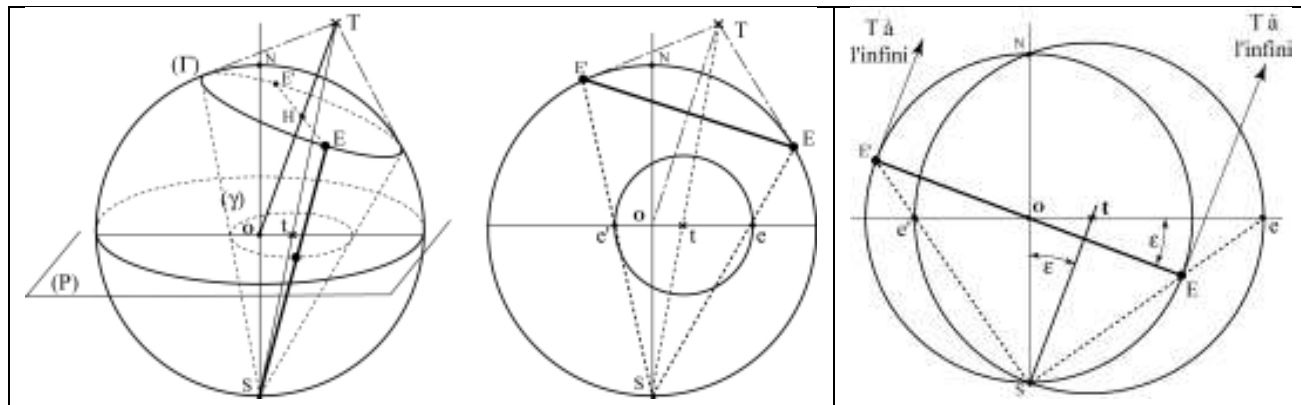


FIG. 12.5 – Projection stéréographique : projection des cercles quelconques

Pour construire ce cercle, on fait pivoter dans le plan de la feuille de tracé, le plan SET et le plan (P) de projection. Alors E se projette en e et E' se projeté en e'.

Cas particulier d'un cercle passant par O Soit un cercle passant par O d'inclinaison ϵ par rapport au plan (P) (Voir la figure 12.5, à droite).

Le centre t du cercle projeté se trouve en traçant la droite passant par S parallèles aux tangentes en E et E'.

$$\text{Donc } Ot = a \tan \epsilon \text{ et } r = St = a / \cos \epsilon$$

12.2.4 Construction du tympan pour la latitude λ

12.2.4.1 Projection des cercles verticaux passant par Zénith et Nadir

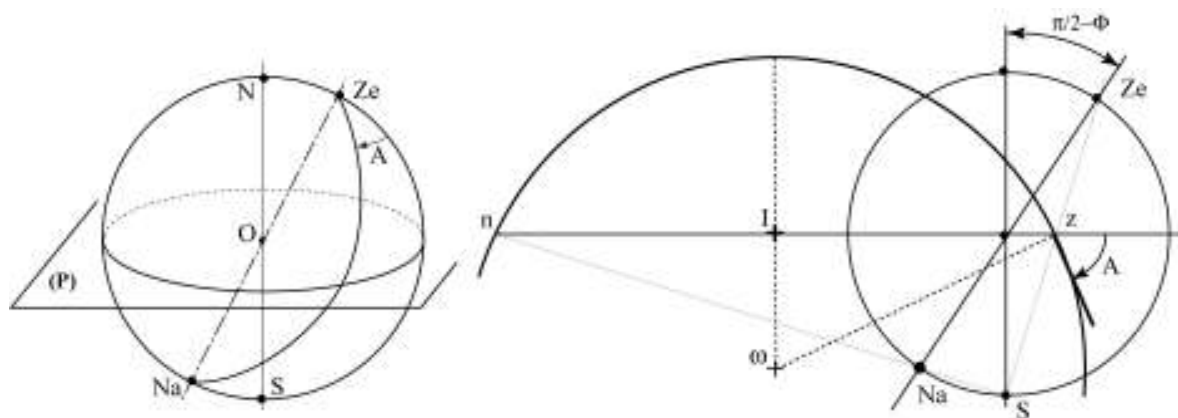


FIG. 12.6 – Projections de cercles verticaux passant par zénith et nadir.

Projections déterminées graphiquement (Figure 12.6) Un vertical est un demi-cercle passant par zénith et nadir du lieu, repéré par son azimut A par rapport au méridien céleste Sud NS.

Les projections de Ze et Na étant z et n, la projection du vertical est donc un cercle passant par n et z.

De plus la projection du méridien Nord Sud est Os.

En Ze le vertical Ze-Na fait l'angle A avec le méridien N-S ; en z projection de Ze les projections du vertical et du méridien font aussi l'angle A, ce qui permet de trouver le centre ω.

Projections déterminées par le calcul $Oz = a \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right)$ et $On = a \cot\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right)$

donc $nz = a \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right) + a / \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right) = 2a / \cos \lambda$

$\tan A = Iz / \omega I$ donc $\omega I = Iz / \tan A = a / \cos \lambda \tan A$ et le rayon du cercle cherché vaut

$R(A) = \omega z = I \omega / \cos A = a / \cos \lambda \sin A$

On peut ainsi tracer tous les verticaux à partir de leur centre ω en faisant varier l'azimut A de 0° à 180°

Pour la latitude λ = 45° Pour construire un astrolabe sur un format A4, on prend a=5 cm

$Oz = a \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right) = 2,032$

$nz = 2a / \cos \lambda = 14,142$

$\omega I = 7,071 / \tan A$

$R(A) = 7,071 / \sin A$

Azimut A	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$I\omega(A)$		40,10	19,43	12,25	8,43	5,93	4,08	2,57	1,25	0
$R(A)$		40,72	20,67	14,14	11,00	9,23	8,16	7,52	7,18	7,07

Les graduations en azimut vont de 0° (Sud), 90° (Ouest), 180° (Nord), 270° (Ouest) à 360°

12.2.4.2 Projection des demi-cercles horaires (demi-cercles passant par N et S)

Les projections : ce sont des demi-droites passant par O.

Les graduations : On sait que l'angle horaire représente l'angle entre le demi-méridien céleste et le méridien sud avec un choix d'unité d'angle appelé l'heure valant 15°. L'angle horaire du méridien Sud est H=0h, celui de l'Ouest 18h, celui du Nord 12h, celui de l'Est 6h.

Le pourtour du tympan sera gradué en H +12heures (Temps solaire moyen)

On choisit H+12 heures pour que lorsqu'un astre passe au méridien la valeur lue soit 12h et non 0h.

Le sens de graduation est donné par la figure 12.8 :

- positif si l'observateur est au-dessous de (P)
- rétrograde si l'observateur est au-dessus de (P)

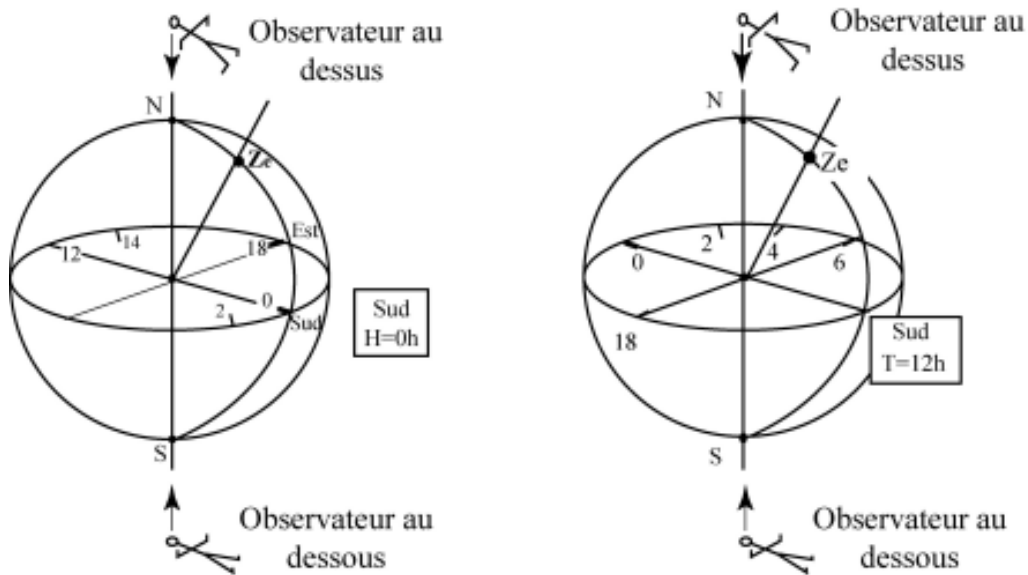


FIG. 12.7 – Graduations en angle horaire H, et en temps civil Local (T=H+12h).

12.2.4.3 Projections de pôle sud des cercles de hauteur

Soit E E' un cercle de hauteur h. Soient e et e' leurs projections et t le centre du cercle projeté (Figure 12.9)

Position du centre t $Oe' = a \tan \left(\frac{\lambda-h}{2} \right)$

$Oe = a \tan \left(\frac{\pi-\lambda-h}{2} \right) = a \cot \frac{\lambda+h}{2}$

$Ot(h) = Oe - \frac{ee'}{2} = \frac{Oe-Oe'}{2} = \frac{a}{2} \left(\tan \frac{\pi-\lambda-h}{2} - \tan \frac{\lambda-h}{2} \right) = a \frac{\cos \lambda}{\sin h + \sin \lambda}$

Rayon du cercle projeté $R(h) = \frac{Oe+Oe'}{2} = \frac{a}{2} \left(\tan \frac{\pi-\lambda-h}{2} + \tan \frac{\lambda-h}{2} \right) = a \frac{\cos h}{\sin h + \sin \lambda}$

Tracé du cercle horizon h=0 Position du centre du cercle horizon : $Ot(h=0) = a \cot \lambda$

Rayon du cercle horizon : $R(h=0) = \frac{a}{\sin \lambda}$

12.2.4.4 Projections de pôle nord des cercles de hauteur

Soit E E' un cercle de hauteur h (Figure 12.10). Soient e et e' leurs projections et t le centre du cercle projeté.

Position du centre t $Oe' = a \tan \left(\frac{\pi-(h-\lambda)}{2} \right) = a \cot \left(\frac{h-\lambda}{2} \right)$

$Oe = a \cot \frac{h+\lambda}{2}$

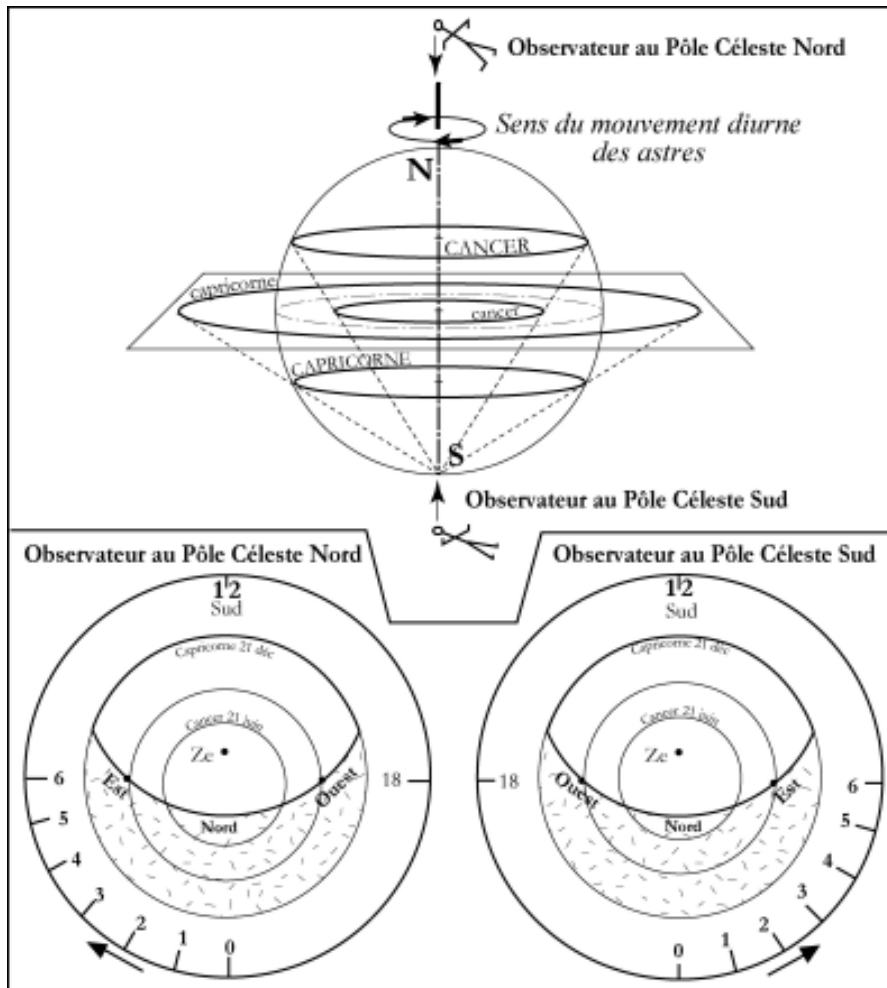


FIG. 12.8 – Sens des graduations suivant la position de l'observateur.

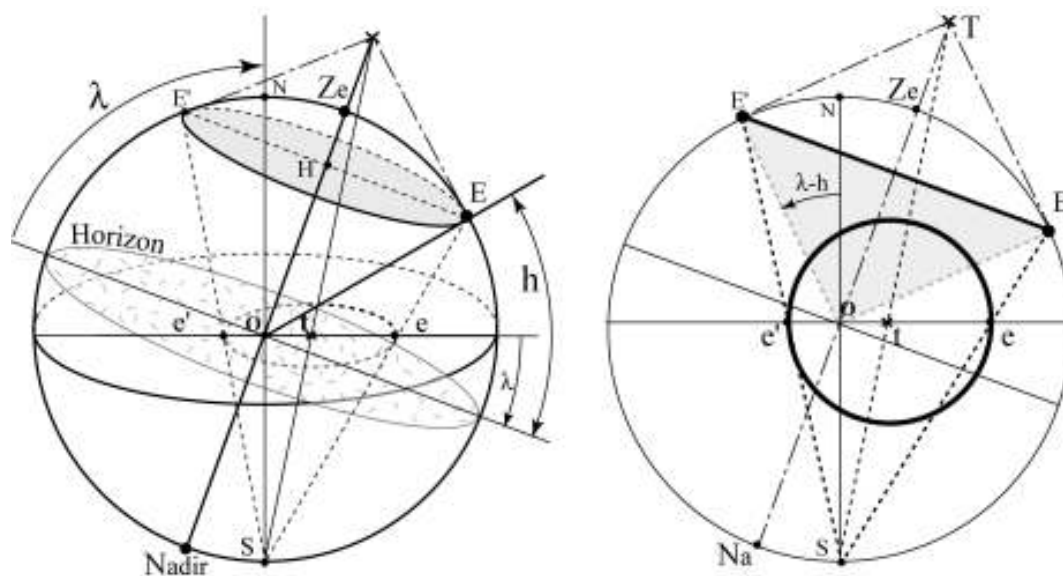


FIG. 12.9 – Projections de pôle sud des cercles de hauteur.

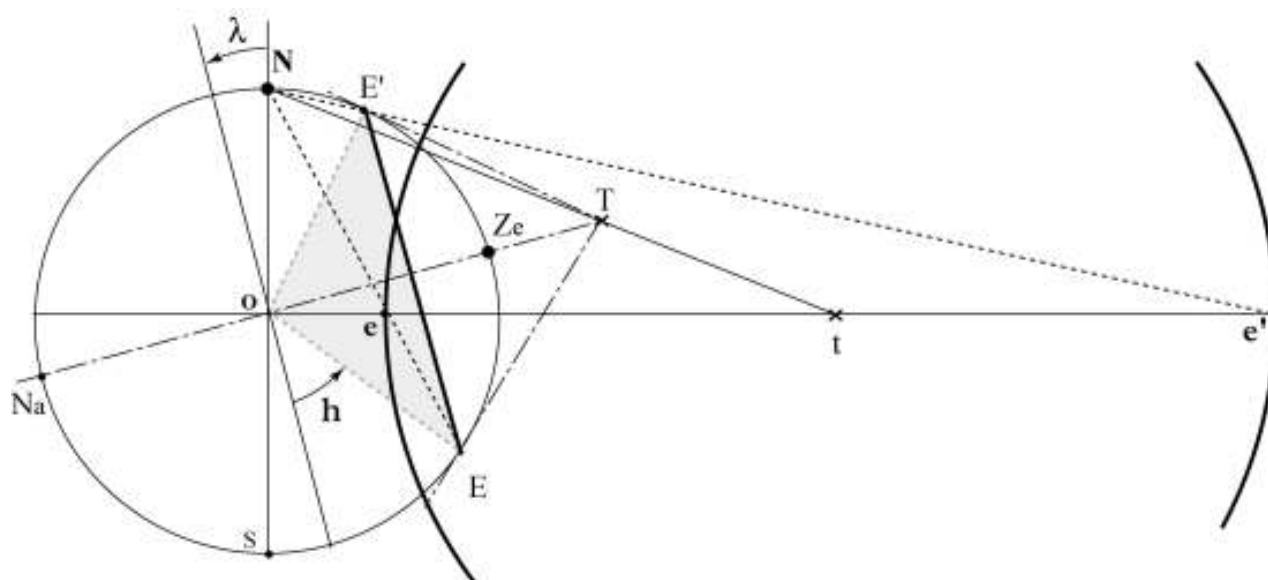


FIG. 12.10 – Projection (de pôle Nord) des cercles de hauteur.

$$Ot(h) = Oe + \frac{ee'}{2} = \frac{Oe' - Oe}{2} = \frac{a}{2} \left(\tan \frac{\pi - (h - \lambda)}{2} + \tan \frac{h + \lambda}{2} \right) = a \frac{\cos \lambda}{\sin h - \sin \lambda}$$

Rayon du cercle projeté $R(h) = \frac{Oe' - Oe}{2} = \frac{a}{2} \left(\tan \frac{\pi - (h - \lambda)}{2} - \tan \frac{h + \lambda}{2} \right) = a \frac{\cos h}{\sin h - \sin \lambda}$

Tracé du cercle horizon h=0 Position du centre du cercle horizon : $Ot(h=0) = -a \cot \lambda$
 Rayon du cercle horizon : $R(h=0) = \frac{a}{\sin \lambda}$

12.2.4.5 Tracé des lignes d'heures temporaires

Ces lignes ont des équations solutions d'équations transcendantes. Elles peuvent néanmoins être tracées facilement au moyen de trois ou de sept points.

Les heures temporaires correspondent en effet à une division en 12 parties égales de la course diurne ou nocturne du Soleil un jour donné. Il suffit donc de diviser en 12 la portion diurne ou nocturne des parallèles de déclinaisons comprises entre -23° et $+23^\circ$ pour avoir les limites des heures temporaires. On réalise ce travail pour trois parallèles (tropicque du Capricorne, équateur, tropique de Cancer) ou sept parallèles (ceux correspondant à la déclinaison du Soleil lors de son entrée dans les signes du zodiaque, le 21 de chaque mois).

12.2.4.6 Tracé des maisons astrologiques

Chaque maison est limitée par un cercle passant par les points Nord et Sud de l'horizon, faisant l'angle $K = -90^\circ$ (I-XII), -60° (XII-XI), -30° (XI-X), 0° (X-IX) avec le cercle méridien

Les projections sont donc des cercles passant par n et s, et dont les tangentes au méridien en n et s font les angles $K = -90^\circ, -60^\circ, -30^\circ, 0^\circ$

Le rayon du cercle horizon étant $\frac{a}{\sin \lambda}$, les rayons seront $\frac{a}{\sin \lambda \sin K}$

Les distances du centre au méridien seront $\frac{a}{\sin \lambda \tan K}$

12.2.5 Construction de l'araignée

12.2.5.1 Tracé des cercles d'égale déclinaison (sur l'hémisphère nord)

Nous avons vu : $r = a \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2} \right)$ et avec $a = 5$

$\theta(^{\circ})$	80	70	60	50	40	30	23	20	10	0	-10	-20	-30	-40
r	0,44	0,88	1,34	1,82	2,33	2,89	3,28	3,50	4,20	5	5,96	7,14	8,66	10,7

Projections de cercles particuliers

- L'équateur se projette en lui-même
- Les tropiques sont tracés en utilisant les formules du paragraphe 12.2.3.2 avec
 $\theta = +\varepsilon = +23^\circ 27'$ (Tropicque du Cancer)
 $\theta = -\varepsilon = -23^\circ 27'$ (Tropicque du Capricorne)
- L'écliptique se projette en un cercle tangent aux deux tropiques.

Son rayon est $r = \frac{a}{\cos \varepsilon}$ et $Ot = a \tan \varepsilon$ (avec $a=5$, $r=5,450$ et $Ot = 2,168$)

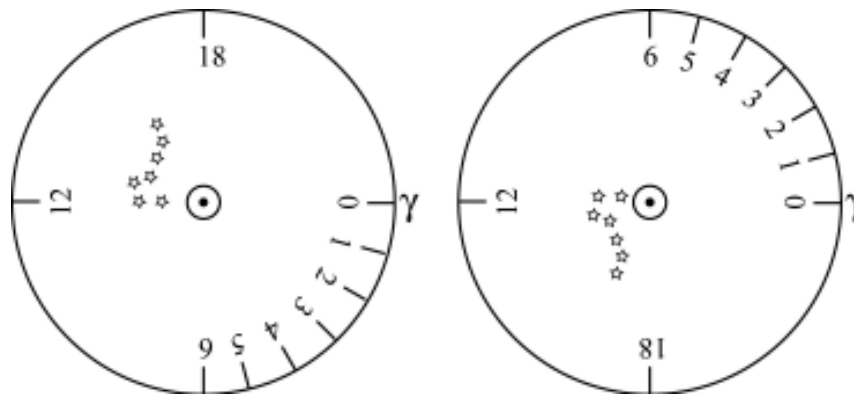
12.2.5.2 Projections des étoiles principales

On peut fabriquer un index, appelé alidade, gradué en déclinaison θ de $+90^\circ$ à, par exemple, -30° . À l'aide des graduations en déclinaison θ et des graduations en ascension droite α , on porte sur l'araignée les étoiles souhaitées.

12.2.5.3 Graduation du pourtour de l'araignée

L'intersection avec l'équateur céleste donne les points γ et γ' . On appelle γ celui qui sera pris pour origine des ascensions droites et on gradue en ascension droite α de 0 à 24h dans le sens :

- rétrograde si l'observateur est à l'intérieur de la voûte céleste
- positif si l'observateur est à l'extérieur de la voûte céleste



Graduations supplémentaires de l'araignée

Temps solaire vrai H_{sv} = angle horaire du Soleil au lieu d'observation Le Soleil parcourt à vitesse non constante l'écliptique en 365,2422... jours (soit α_0 son ascension droite). On peut donc diviser le pourtour de l'araignée en 365,2422 parties inégales et graduer chaque jour de l'année en face de l'ascension droite du Soleil à 0h00 T.U. ce jour. D'une année sur l'autre ces graduations se déplacent un peu (car l'équinoxe a lieu entre le 20 et le 21 mars, c'est-à-dire que le 21 mars à 0h00 T.U. le Soleil vrai n'est pas chaque année à l'ascension droite 0h00). Le 1^{er} janvier à 0h00 T.U., l'ascension droite du Soleil est en moyenne 18h43. On peut corriger le faible écart pour une année donnée avec des tables. On doit également faire une correction de fraction de jour correspondant à l'heure d'observation (Nous ne ferons pas ces corrections).

Temps solaire moyen : $H_{sm} = H_{sv} + E$ Le temps solaire moyen correspond au temps solaire vrai « corrigé de ses irrégularités » (angle variant linéairement en fonction du temps de la mécanique). C'est une entité échappant à l'observation directe et dont la définition suppose la connaissance préalable des mouvements de rotation et de translation de la Terre. Les valeurs du

terme correctif E, terme appelé équation du temps, se lisent pour chaque jour de l'année dans des éphémérides ou sur une courbe.

On calcule E=-3min le 1^{er} janvier. On divise le pourtour de l'araignée en 365,2422 parties égales correspondant au temps solaire moyen et on fait coïncider la graduation du 1^{er} janvier avec l'ascension droite 18h40.

On peut aussi diviser l'écliptique en 360° représentant la longitude géocentrique du Soleil.

12.2.5.4 Tracé des cercles d'égale déclinaison (en projection de Pôle Nord)

D'après la formule : $r = a \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right)$ et avec $a = 5$

$\theta(^{\circ})$	80	70	60	50	40	30	23	20	10	0	-10	-20	-30	-40
r	0,44	0,88	1,34	1,82	2,33	2,89	3,28	3,50	4,20	5	5,96	7,14	8,66	10,7

12.2.6 Utilisation de l'astrolabe

Position du Soleil moyen le ...

Heure de lever du Soleil et azimut le ...

Durée du jour le ...

Durée des crépuscules

civil (h=-6° sous l'horizon) par temps clair les planètes et les étoiles de première grandeur sont visibles.

nautique (h=-12° sous l'horizon) les étoiles de 2^e grandeur sont visibles, l'horizon est encore discernable.

astronomique (h=-18° sous l'horizon) les étoiles de 6^e grandeur sont visibles, il fait nuit.

Le calcul de l'angle horaire donnerait $\cos H = (\sin h - \sin \phi \sin \delta) / \cos \phi \cos \delta$

où h hauteur, λ latitude, δ déclinaison

Pour $\lambda=45^{\circ}$, Équinoxes : $\delta = 0^{\circ}$ (32mn, 1h06, 1h39), 21 juin : $\delta = +23^{\circ}$ (39mn, 1h28, 2h34), 21déc. $\delta = -23^{\circ}$ (35mn, 1h02, 1h49)

Jour du plus petit crépuscule Le jour du plus petit crépuscule, la déclinaison δ du Soleil est donnée par $\sin \delta = \frac{\sin \lambda \tan h}{2}$, h hauteur choisie sous l'horizon ; on en déduit le jour puis la durée de ce crépuscule.

Problème résolu pour la première fois par Nunez (1492-1517), géomètre portugais.

Hauteur du Soleil lors du passage au méridien le ...

Heure

- à laquelle votre ombre est égale à votre hauteur le ...
- à laquelle votre ombre est égale à votre hauteur plus la longueur de votre ombre à midi le ...
- à laquelle Antarès culmine le ...
- à laquelle se lève la Lune qui se trouve à l'ascension droite ...

Angle sous lequel le Soleil se couche La projection conservant les angles, on peut mesurer au rapporteur l'angle écliptique-horizon au coucher du Soleil.

12.2.7 De la projection stéréographique de l'astrolabe à la carte du ciel

Sur l'araignée de l'astrolabe, les cercles d'égale déclinaison sont donnés par la formule $r = a \tan(\frac{\pi}{4} - \frac{\delta}{2})$. Les cercles s'élargissent considérablement à la périphérie et les constellations de l'horizon Nord sont très petites par rapport à celles de l'horizon Sud. Pour remédier à cette disproportion on choisit, pour des écarts égaux en déclinaison, de faire des cercles équidistants.

12.2.7.1 Comment tracer la ligne d'horizon sur la carte du ciel ainsi modifiée ?

Les relations entre coordonnées horizontales et équatoriales deviennent pour l'intersection de l'horizon (hauteur h=0) avec la courbe de déclinaison δ , à la latitude $\lambda = 45^\circ$:

$$\cos H = -\tan \lambda \tan \delta = -\tan \delta$$

$$\sin A = \sin H \cos \delta \text{ et } \cos A = -\sin \delta / \cos \lambda = -1,414 \sin \delta$$

12.2.7.2 Comment graduer la ligne d'horizon en azimut ?

On inverse les formules et pour A donné, on trouve :
 $\delta = \arcsin(-\cos A \cos \lambda) = \arcsin(-0,707 \cos A)$ et
 $H = \arcsin(\frac{\sin A}{\cos \delta})$ ou $\cos H = -\tan \lambda \tan \delta = -\tan \delta$

12.2.7.3 Comment tracer la ligne Est - Zénith - Ouest ?

Pour l'azimut $A=90^\circ$, on trouve δ puis H, et on fait de même pour $A=270^\circ$.
 Pour $A=90^\circ$, on trouve $H = \arccos \frac{\tan \delta}{\tan \lambda}$

12.2.8 Tracé des heures des prières de l'après-midi

Les courbes des heures de prière sont tracées point par point : on calcule d'abord h_{midi} , la hauteur du soleil à midi, connaissant la latitude λ et la déclinaison δ du Soleil du jour par la formule :

$$h_{midi} = 90 - \lambda + \delta.$$

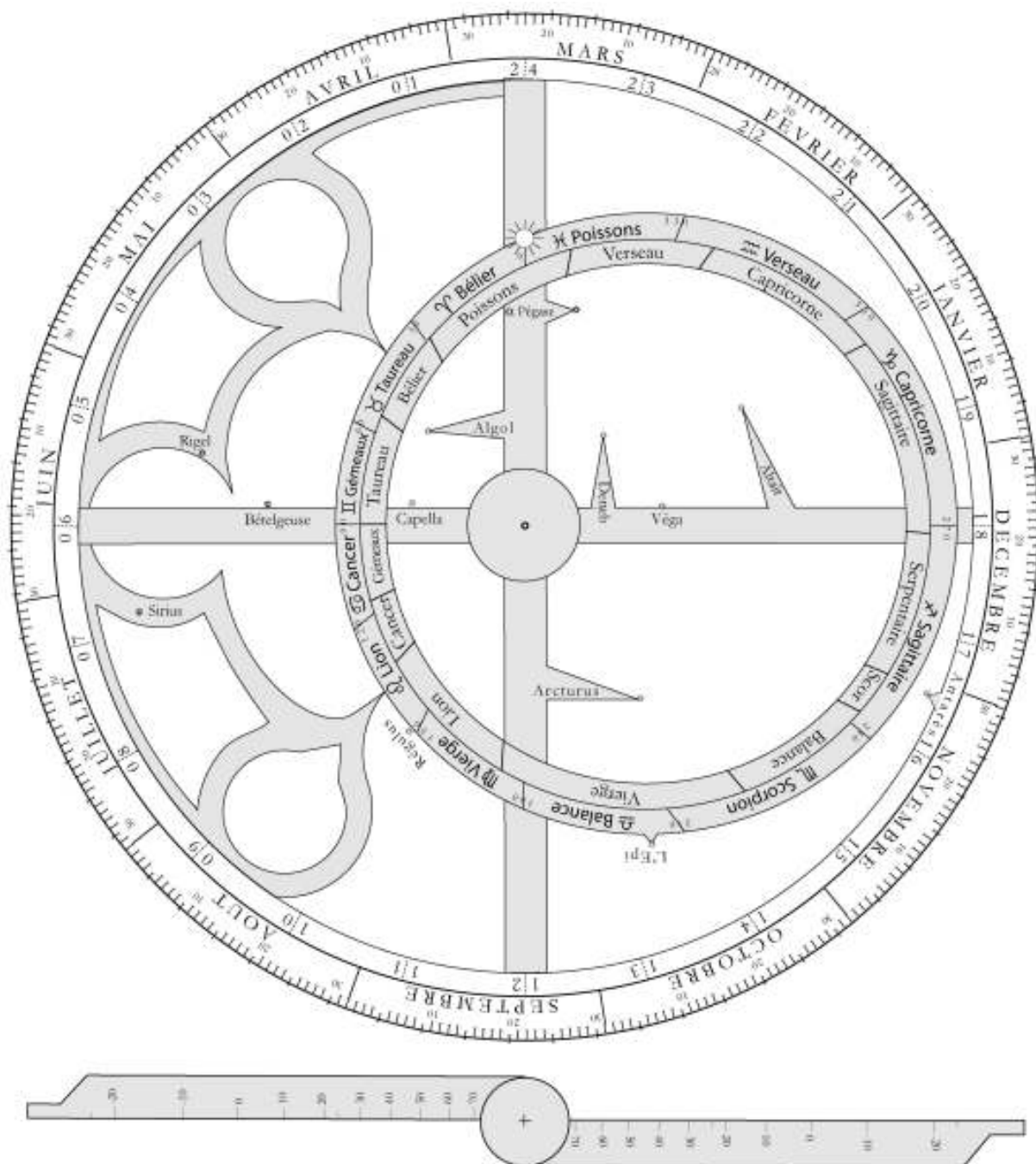


FIG. 12.11 – Maquette de l'araignée de l'astrolabe planisphérique.

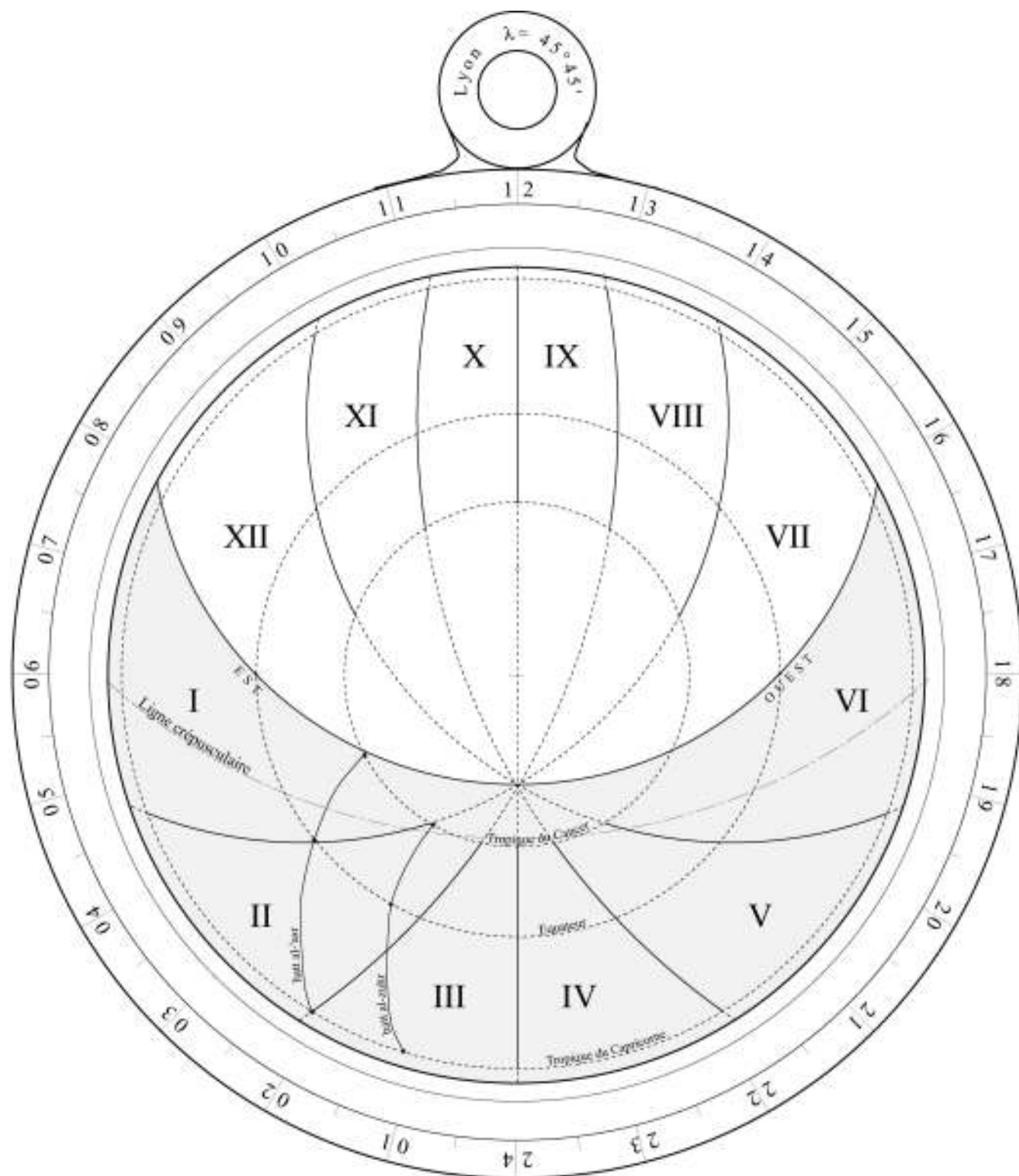


FIG. 12.12 – Maquette du tympan de l'astrolabe planisphérique (Latitude 45°).

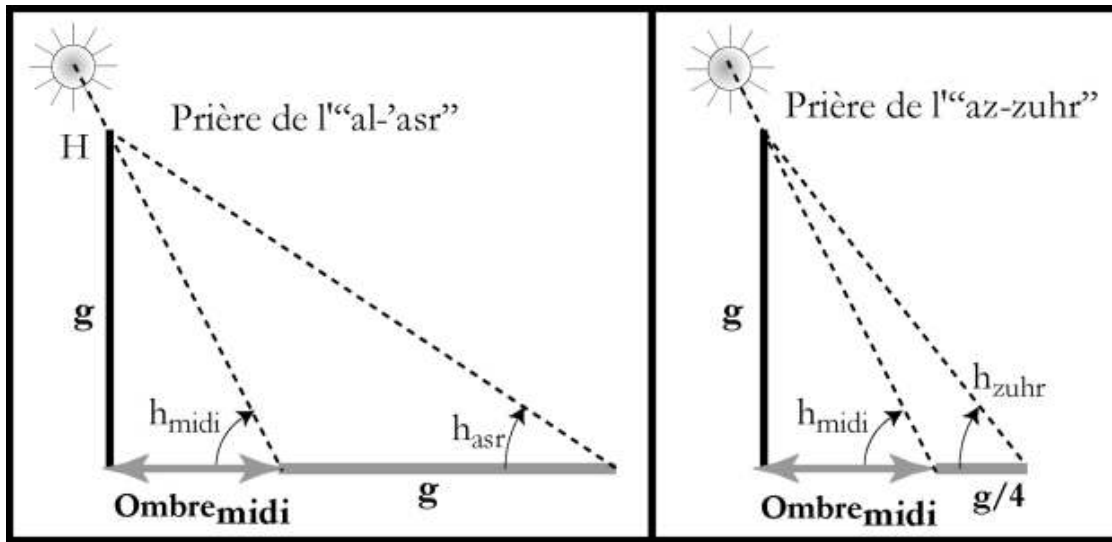


FIG. 12.13 – Les heures des prières de l'après-midi

12.2.8.1 Prière de midi (az-zuhr)

Différentes règles précisent l'heure de cette prière. Elle doit toujours avoir lieu lorsque l'ombre du gnomon s'est allongée d'une certaine quantité après la culmination du Soleil.

Selon Al-Biruni, l'appel à la prière doit se faire pour un allongement de un doigt et que la récitation de la prière doit se faire pour un allongement de trois doigts, un doigt représentant un douzième du gnomon [58, 69]. Trois doigts correspondent ainsi à $1/4$ de gnomon.

$$\cot h = \cot h_{\text{midi}} + 0,25$$

$$h = \arctan \left(\frac{\tan h_{\text{midi}}}{1 + 0,25 \tan h_{\text{midi}}} \right)$$

12.2.8.2 Prière de la fin de l'après-midi (al-'asr)

D'après Al-Biruni cette prière doit avoir lieu lorsque l'ombre du gnomon est égale à l'ombre méridienne augmentée de la longueur du gnomon :

$$\cot h = \cot h_{\text{midi}} + 1$$

$$h = \arctan \left(\frac{\tan h_{\text{midi}}}{1 + \tan h_{\text{midi}}} \right)$$

Les hauteurs du Soleil étant calculées, on calcule alors l'angle horaire H qui vérifie la relation :

$$1 - \cos H = (\sin h_{\text{midi}} - \sin h) / \cos \lambda \cos \delta$$

Les heures des prières de l'après-midi, sont habituellement gravées sous l'horizon en symétrie par rapport au centre, pour ne pas surcharger la partie diurne du tympan. Pour connaître l'heure de la prière, on fait tourner l'araignée et son alidade de façon que le Soleil touche la courbe, et on lit l'heure du côté opposé.

12.3 L'astrolabe universel

12.3.1 Historique et principe de l'astrolabe universel

12.3.1.1 Les créateurs de l'astrolabe universel

'Ali b. Khalaf (Tolède vers l'an 1000)

« ... il est bien connu que l'astrolabe conventionnel a besoin d'un tympan pour chaque latitude. Je me suis demandé comment faire un instrument qui serait valable pour toutes les latitudes afin de supprimer le travail ingrat de graver les tympan. En y réfléchissant, il s'est trouvé que j'ai compris comment pouvoir faire un instrument qui n'aurait pas plus d'un tympan et d'une araignée. Je lui ai donné le nom d'horizon universel, je l'ai dédié à mon seigneur le roi de Tolède Ma'mun et j'ai fait ce livre... »

Al-Zarqalluh (Tolède 1029 - Cordoue 1100), appelé Azarchel en Occident médiéval latin, ramène le tympan à une simple règle muni d'un curseur glissant à angle droit

12.3.1.2 Principe de l'astrolabe universel

Il s'agit d'une projection stéréographique de pôle γ ou γ' sur le colure des solstices.

La projection stéréographique étant conforme (conserve les angles), les projections des cercles horaires et des parallèles célestes seront des cercles (Voir les tracés de l'astrolabe universel sur la figure 12.14).

Les étoiles d'ascension droite 0h à 6h et 18h à 24h sont projetées avec le pôle γ , les étoiles d'ascension droite 6h à 18h avec le pôle γ' .

Un horizon d'une latitude quelconque λ est projeté en une droite inclinée de λ sur l'équateur céleste ; les cercles de hauteur et les cercles d'azimut auront même type de projection que les cercles de déclinaison et d'angle horaire (Voir les systèmes de coordonnées de l'astrolabe universel sur la figure 12.15).

La régula est graduée en coordonnées écliptiques avec des intervalles de 1° et des séparations tous les 30° correspondant aux signes du Zodiaque. Lorsque l'on place la régula le long de l'écliptique, on vérifie que chaque signe correspond à deux heures en ascension droite.

L'astrolabe tracé ci-joint est inspiré de l'astrolabe d'Arsenius (vers 1550) : il comprend une règle munie d'une deuxième règle de longueur moitié de la précédente sur laquelle est articulée un bras prolongé d'une autre pièce (les deux pièces articulées forment « le brachiolus »). L'ensemble permet par simple rotation de passer des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques ou aux coordonnées horizontales (Voir la maquette de l'astrolabe universel sur la figure 12.16)

12.3.2 Exercices

12.3.2.1 Coordonnées équatoriales \Rightarrow Coordonnées écliptiques

Exemple pour Capella : $\alpha = 4h46$ $\delta = -45^\circ 07'$

Aligner la régula avec l'écliptique, pointer Capella avec le brachiolus, faire tourner l'ensemble pour aligner régula avec l'équateur EE' : lire $\lambda = 80^\circ$ $\beta = 23^\circ$

12.3.2.2 Problème inverse : Coordonnées écliptiques \Rightarrow Coordonnées équatoriales

Aligner la régula avec l'équateur EE' et pointer les coordonnées écliptiques données ; on fait tourner la régula pour l'aligner sur l'écliptique et on lit les coordonnées du point trouvé qui sont les coordonnées équatoriales cherchées.

12.3.2.3 Quelles sont les étoiles circumpolaires ?

Nous donnons la solution des exercices qui suivent pour Lyon, de latitude $\lambda = 46^\circ N$.

Ce sont les étoiles qui lors de leur mouvement diurne ne rencontrent pas l'horizon de Lyon. On trouve qu'elles doivent avoir une déclinaison supérieure à 46°

12.3.2.4 Quelle est la hauteur de culmination d'Arcturus ?

On place la régula sur l'horizon de Lyon. On suit la trajectoire d'Arcturus ($\alpha = 14h13$ et $\delta = 19^\circ 26'$) sur la courbe de déclinaison $\delta = 19^\circ$ jusqu'au méridien, on pointe le brachiolus sur le point trouvé dont on trouve la hauteur en amenant la régula sur EE' : $h=66^\circ$

12.3.2.5 Quelle est la déclinaison δ d'une étoile qui culmine à Lyon ?

On lit $\delta = 44^\circ$

12.3.2.6 Quelle est la durée de la trajectoire de Véga au-dessus de l'horizon ?

Véga intercepte l'horizon de Lyon au point : $H=9h30$, Azimut= 145° Est ; durée= 19h

12.3.2.7 A quelle heure et dans quel azimut se couche le Soleil un jour donné ?

Par exemple le 21 mai : on lit $\delta_{Soleil} = 20^\circ$

On trouve $T_{Lever} = 12h + 7h20 = 19h20$, $Azimut_{Coucher} = 117^\circ$

12.3.2.8 Trouver l'heure et la date, connaissant la hauteur et l'azimut du Soleil.

Par exemple à Lyon on mesure pour le Soleil $h=42^\circ$, $Az=58^\circ$

On indique le point ($h=42^\circ$, $Az=58^\circ$), la régula étant alignée sur EE' ; on la fait tourner pour la mettre sur l'horizon de Lyon, on trouve que le Soleil doit avoir une déclinaison $\delta_{Soleil} = 10^\circ$; en alignant la régula sur l'écliptique on trouve deux longitudes écliptiques : le 15 avril ou le 30 août. L'observation a eu lieu à 2h40 avant ou après midi

12.3.2.9 Trouver la hauteur et l'azimut du Soleil, connaissant le jour et l'heure.

Par exemple le 21 février à 15h : on lit $\delta = -12^\circ$

On pointe avec le brachiolus puis on fait pivoter la régula sur EE' : on lit $h = 20^\circ$, $Az = 48^\circ$

12.4 Rappels de Trigonométrie sphérique

12.4.1 Historique

Hipparque (vers 150 av J.C.) paraît être le premier inventeur de la trigonométrie sphérique (« art de trouver les parties inconnues d'un triangle tracé sur une sphère par le moyen de celles que l'on connaît »)

Une traduction latine des « *Sphériques* » de Ménélaüs nous est parvenue mais son traité « *Sur les cordes* » est seulement évoquée par d'autres auteurs.

Ptolémée (vers 150 ap. J.C.) laisse dans l'Almageste un traité complet de trigonométrie rectiligne et sphérique, le seul qui nous soit parvenu directement des Grecs.

Albategni (877-929) substitue la notion de sinus à celle de corde et fait connaître la formule fondamentale de trigonométrie sphérique : $\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$

12.4.2 Relations dans un triangle sphérique

Un triangle sphérique est un triangle formé d'arcs de grands cercles de la sphère (Figure 12.17). Dans le triangle sphérique ABC tracé sur la sphère de rayon 1, les cotés a, b, c, sont inférieurs à π .

- **Groupe de Gauss** (Figure 12.17, dessin de gauche)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\sin a \sin B = \sin b \sin A$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

- **Coordonnées horizontales**

hauteur h

azimut A (Sud $A=0^\circ$, Ouest $A=90^\circ$, Nord $A=180^\circ$, Est $A=270^\circ$)

- **Coordonnées équatoriales**

δ déclinaison

α ascension droite

H angle horaire (repérage par rapport au méridien sud)

demi-plan vertical zénith : Sud $H=0h$, puis + vers l'Ouest $H=6h$, 12h (Nord), 18h (Est)

A azimut

- **Relations entre coordonnées horizontales et équatoriales** (Figure 12.17, au milieu)

On place le zénith en B, le pôle en A, une étoile en C et les relations de Gauss deviennent

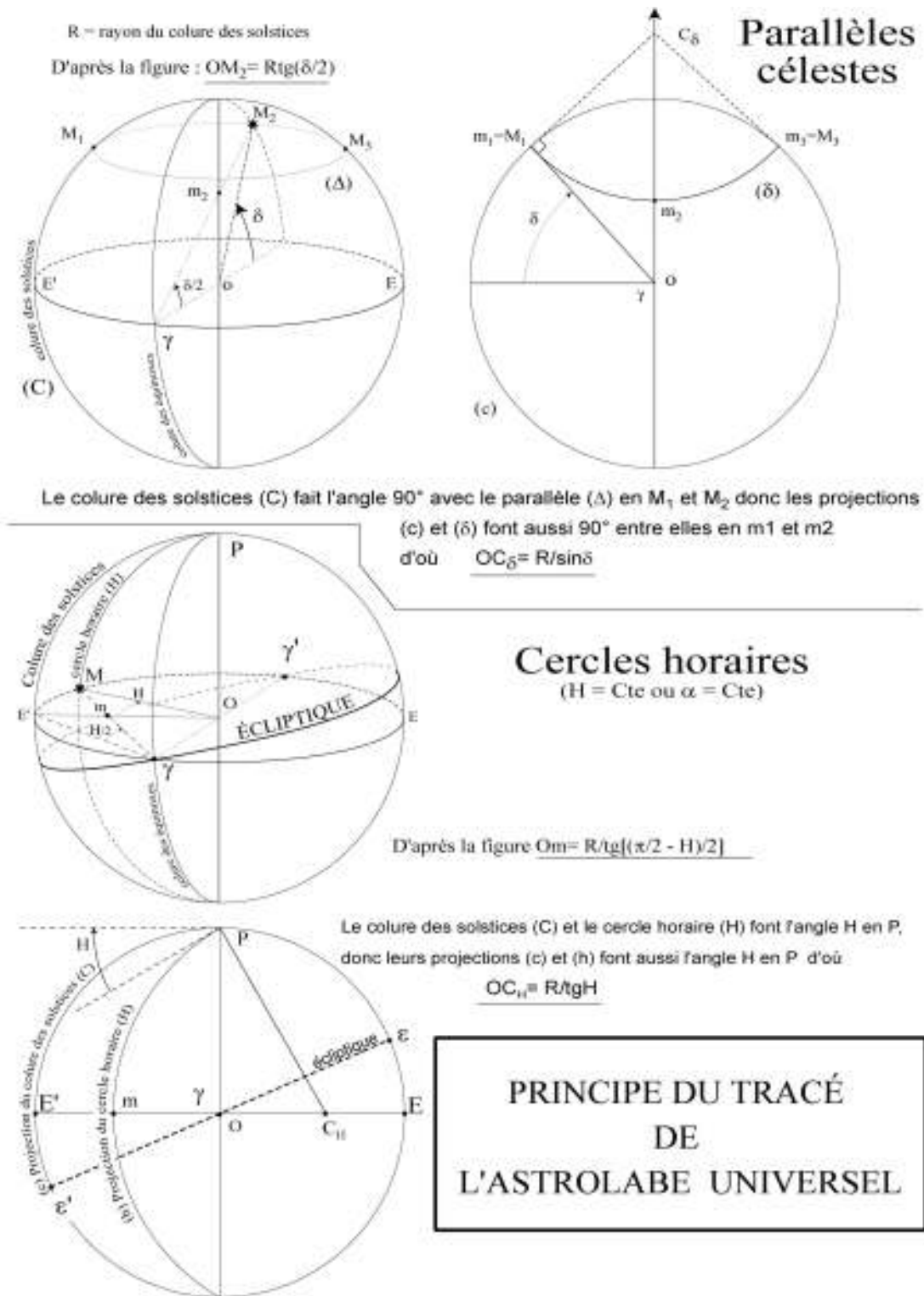
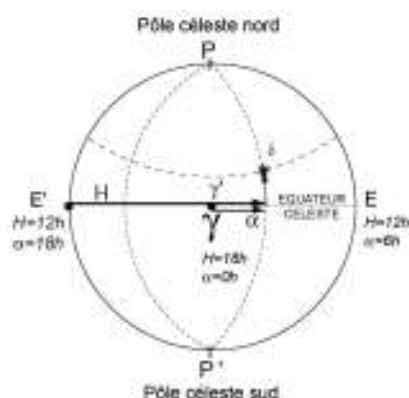


FIG. 12.14 – Tracés de l'astrolabe universel.

Systèmes de coordonnées de l'astrolabe universel

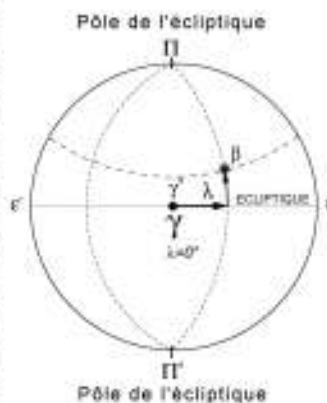
Système 1

Coordonnées équatoriales
(ou Coordonnées horaires
 $H=T-\alpha$ avec $T=18h$)



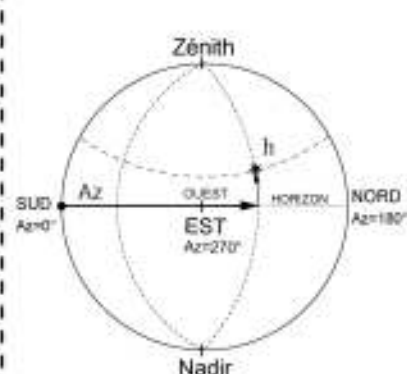
Système 2

Coordonnées écliptiques



Système 3

Coordonnées horizontales



Projection Pôle de projection	Colure des solstices γ ou γ'	Colure des solstices γ ou γ'	Méridien du lieu Est ou Ouest
Axe horizontal Axe vertical	Equateur Pôles célestes. PP	Ecliptique Pôles de l'écliptique Π Π'	Horizon du lieu Nadir-Zénith
Coordonnées abscisses	Ascension droite α Angle horaire H	Longitude écliptique λ	Azimuth Az
ordonnées	Déclinaison δ	Latitude écliptique β	Hauteur h

Orientation des axes

- α : de 0h (droite P' P) à 6h (demi-cercle P' E P): de gauche à droite
de 6h (demi-cercle P' E P) à 18h (demi-cercle P' E' P): de droite à gauche
de 18h (demi-cercle P' E P) à 24h (droite P' P): de gauche à droite
- H: de 0h (demi-cercle P' E P) à 12h (demi-cercle P' E' P): de gauche à droite
de 12h à 24h: de droite à gauche
- λ : de 0° (droite Π Π) à 90° (demi-cercle $\Pi' \varepsilon \Pi$): de gauche à droite
de 90° (demi-cercle $\Pi' \varepsilon \Pi$) à 270° (demi-cercle $\Pi' \varepsilon' \Pi$): de droite à gauche
de 270° à 360°: de gauche à droite
- Az: de 0° (demi-cercle Nadir-SUD-Zénith) par 90° (Ouest) à 180° (demi-cercle Nadir-NORD-Zénith): de gauche à droite
de 180° (demi-cercle Nadir-NORD-Zénith) par 270° (Est) à 180° (demi-cercle Nadir-SUD-Zénith): de droite à gauche

FIG. 12.15 – Systèmes de coordonnées pour l'astrolabe universel.

12.4. RAPPELS DE TRIGONOMÉTRIE SPHÉRIQUE

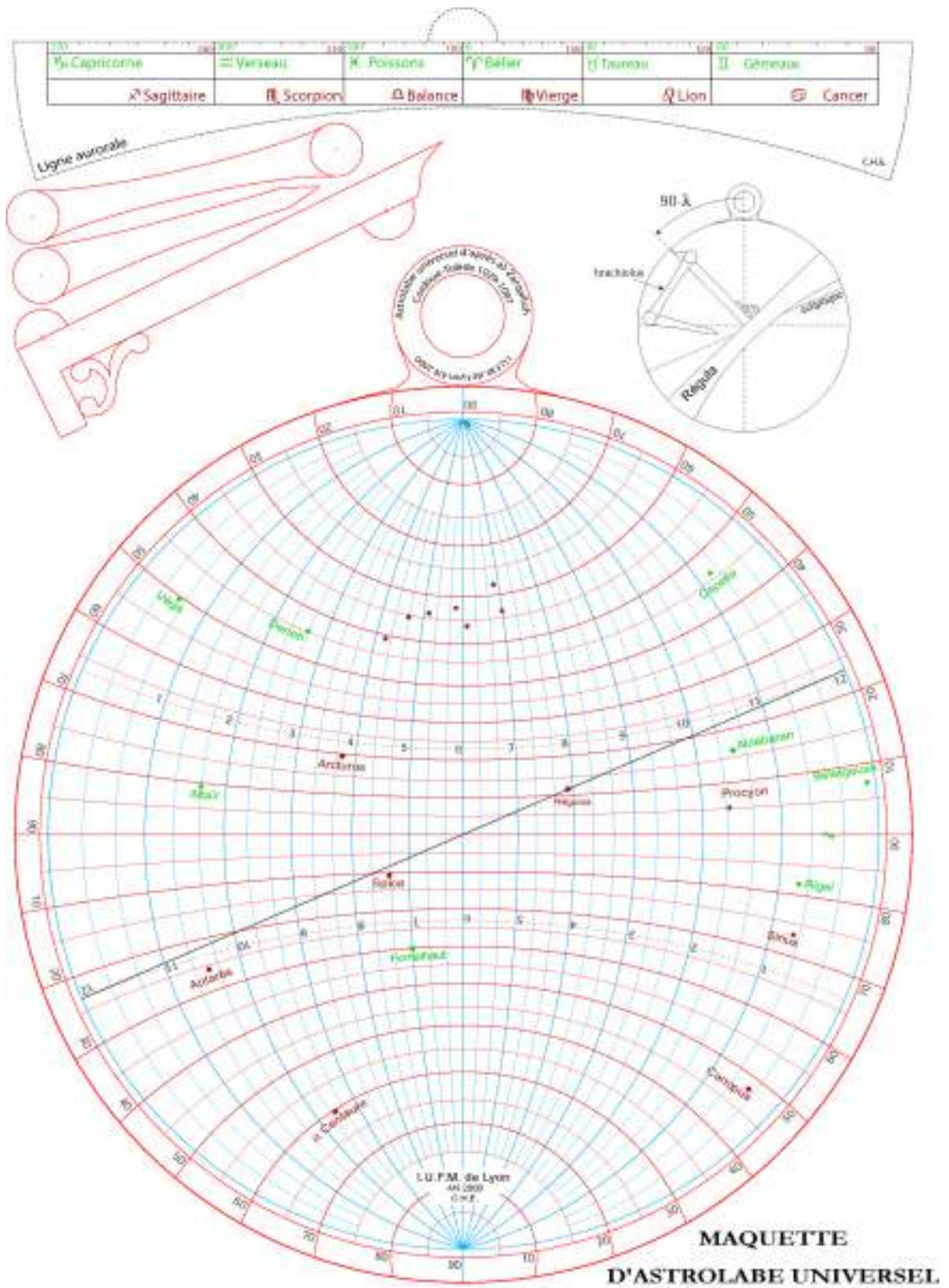


FIG. 12.16 – Maquette d’astrolabe universel.

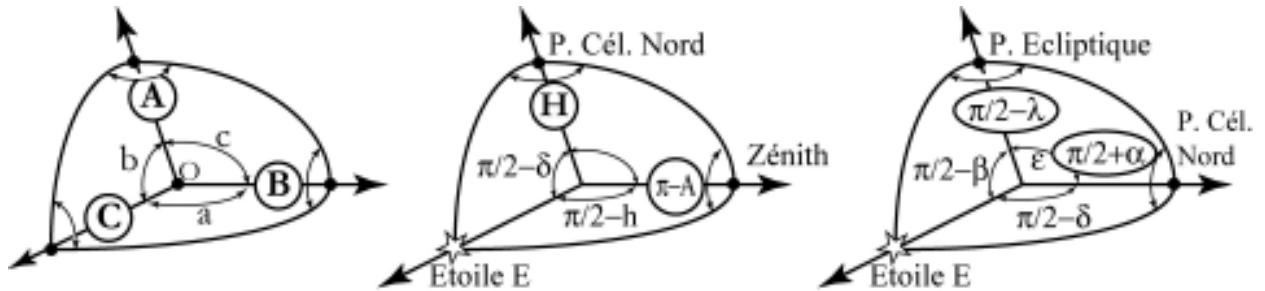


FIG. 12.17 – Relations dans un triangle sphérique.

Groupe de Gauss - Coordonnées horizontales - Coordonnées équatoriales

$$\begin{aligned} \cos\left(\frac{\pi}{2} - h\right) &= \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \sin\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) \cos H \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} - h\right) \sin(\pi - A) &= \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \sin H \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} - h\right) \cos(\pi - A) &= \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \sin\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) - \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) \cos H \\ \sin h &= \sin \lambda \sin \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos H \\ \cos h \sin A &= \cos \delta \sin H \\ \cos h \cos A &= -\cos \lambda \sin \delta + \sin \lambda \cos \delta \cos H \end{aligned}$$

– **Relations entre coordonnées équatoriales et écliptiques** (Figure 12.17, dessin de droite)

On place le pôle de l'écliptique en A, le pôle céleste Nord en B, une étoile en C

$$\begin{aligned} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) &= \cos \varepsilon \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) + \sin \varepsilon \sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) &= \sin\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) \sin H \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) &= \sin \varepsilon \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) + \cos \varepsilon \sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \lambda\right) \\ \text{et} \\ \sin \delta &= \cos \varepsilon \sin \beta + \sin \varepsilon \cos \beta \sin \lambda \\ \cos \delta \cos \alpha &= \cos \beta \cos \lambda \\ \cos \delta \sin \alpha &= -\sin \varepsilon \sin \beta + \cos \varepsilon \cos \beta \sin \lambda \\ \text{et} \\ \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) &= \cos \varepsilon \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) + \sin \varepsilon \sin\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) \\ \sin \beta &= \cos \varepsilon \sin \delta - \sin \varepsilon \cos \delta \sin \alpha \end{aligned}$$

Bibliographie

- [1] D. ABDELMALEK, *Mécaniciens musulmans et évolution technique : le traité d'Al-Gazari*, Imprimerie Najah El Jadida-Casablanca, 1992.
- [2] H.-C. ACKERMANN, *Maîtres horlogers dans l'ancien Bâle*, Stiftung für das Historische Museum Basel, 1986.
- [3] M. AMARI, *Le epigrafi arabiche di Sicilia*, S. F. Flaccovio, Palermo, 1971.
- [4] E. ANTONIADI, *L'astronomie égyptienne*, Gauthiers-Villars, 1934.
- [5] ARCHIMÈDE, *On the construction of water-clock*, traduit par Donald Hill, Turner et Devereux, 1976.
- [6] G. ARGOUD AND J. GUILLAUMIN, *Sciences exactes et sciences appliquées à Alexandrie*, vol. 16, Centre Jean-Palmerne-Presses universitaires de Saint Etienne, 1998.
- [7] ———, *Autour de la dioptre d'Héron d'Alexandrie*, vol. 21, Centre Jean Palmerne-Publications de l'Université de Saint Etienne, 2000.
- [8] J. ARMSTRONG AND J. CAMP, *Notes on a waterclock in the Athenian Agora*, *Hesp.*, 46 (1977), pp. 147–161.
- [9] F. AUDIGIER AND P. FILLON, *Enseigner l'histoire des sciences et des techniques. Une approche pluridisciplinaire*, INRP, 1991.
- [10] G. AUJAC, *La sphéropée ou la mécanique au service de la découverte du monde*, *Revue d'Histoire des Sciences*, 23 (1970), pp. 93–107.
- [11] M. AZZARELLO AND G. SERIO, *Orologi ed orologiai a Palermo*, Sellerio editore Palermo, 1992.
- [12] H. BACH, J.-P. RIEB, AND R. WILHELM, *Die drei astronomischen Uhren des Strassburger Münster*, Verlag Moritz Schauenburg, 1993.
- [13] E. BASSERMANN-JORDAN AND H. BERTELE, *Montres, Horloges et Pendules*, Klinckschardt et Biermann, 2e édition française.
- [14] S. BEDINI, *Galileo Galilei and time measurement*, *Physis*, *Rivista di storia della scienza*, 2 (1963), pp. 144–165.
- [15] ———, *Pulse of time. Galileo Galilei, the determination of the longitude and the pendulum clock*, Firenze, Olschki, 1991.
- [16] A. BEESON, *Perpignan 1356. The Making of a Tower Clock and Bell for the king's castle*, Londres, 1982.

BIBLIOGRAPHIE

- [17] O. BENNFORD, A. REHM, AND E. WEISS, *Zur Salzburger Bronzescheibe mit Sternbilder*, Jahreshefte des österreichischen archäologischen Instituts, 6 (1903), pp. 32–49.
- [18] P. BENOIT, *L'innovation technique au XIIe siècle, dans "Vie spéculative, vie méditative et travail manuel à Chartres au XIIe siècle. (Autour de Thierry de Chartres et des introducteurs de l'étude des arts mécaniques auprès du quadrivium)"*, Actes du colloque international des 4 et 5 juillet 1998, (1998), pp. 37–50.
- [19] P. BENOIT, K. BERTHIER, AND J. ROUILLARD, *La maîtrise de l'eau chez les Cisterciens*, Cahiers de la ligue urbaine et rurale, 140-141 (1998), pp. 32–44.
- [20] H. BERTELE, *Chronométrie de précision avant Huygens*, Revue de l'ANCAHA, 22-23-24 (1983), pp. 32–39, 35–42, 69–77.
- [21] F. BERTHOUD, *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, Berger-Levrault, 1802-1976.
- [22] J. BEYSSAC, *Les chanoines de l'Eglise de Lyon*, Editions Georges, 1914.
- [23] E. BIÉMONT, *Rythmes du temps*, de Boëck, 2000.
- [24] A. L. BOEUFFLE, *Le symbole astronomique de la Terre et des autres planètes*, Observations et Travaux, (1990).
- [25] G. BONNET AND C.-H. EYRAUD, *Les horloges*, <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/>, (2004).
- [26] P. BONNET-LABORDERIE, *L'Horloge du XIVe siècle de la cathédrale de Beauvais*, GEMOB, 1994.
- [27] L. BORCHARDT, *Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren : Altägyptische Zeitmessung*, Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter et Co, 1920.
- [28] H. BOUASSE, *Pendule, Spiral, Diapason*, Delagrave, 1920.
- [29] F. BRANCIARD AND C. MORAT, *L'horloge de Crémone*, Bulletin de l'ANCAHA, 44 (1985), p. 7 à 11.
- [30] —, *L'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean de Lyon*, ANCAHA, 2000.
- [31] A. BROMLEY, *Notes on the Antikhytera mechanism*, Centaurus, 29 (1986), pp. 5–27.
- [32] —, *Observations of the Antikhytera mechanism*, Antiquarian horology, 18 (1990), pp. 641–652.
- [33] C. BRUNOLD, *Enseignement scientifique et histoire des sciences*, Revue d'Histoire des Sciences, 11 (1958), pp. 97–107.
- [34] G. BRUSA, *L'arte dell'orologeria in Europa. Sette secoli di orologi meccanici*, Bramante Editrice, Busto Arsizio, 1978.
- [35] L. BÉGULE, *La cathédrale de Lyon*, H. Laurens Paris, 1880. Part Dieu : 6900 ZX31 BEG.
- [36] F. CAMEROTA, *Il compasso geometrico e militare di Galileo Galilei*, Istituto e museo di Storia della Scienza, 2004.
- [37] C. CARDINAL, *Horloges de table astrolabiques du XVIe siècle*, Bulletin de l'ANCAHA, 46 (1986), pp. 19–36.

-
- [38] ———, *Les montres et horloges de table du Musée du Louvre*, Réunion des Musées Nationaux, 2000.
- [39] C. CARDINAL AND M.-M. COLLIN, *Les horloges marines de M. Berthoud*, Nathan, Monde en poche junior, 1994.
- [40] A. CHAPUIS AND E. DROZ, *Les automates, Histoire et Technique*, Editions du Griffon, 1949.
- [41] A. CHAPUIS AND E. GÉLIS, *Les automates : Etude Historique et Technique*, Paris, 1928.
- [42] L. F. CHÂTEAU, *Notice sur l'Horloge astronomique de Saint-Jean à Lyon*, Paris-Imprimerie Cresson, 1901.
- [43] M. CIANCHI, *Les machines de Léonard de Vinci*, Becocci, 1984.
- [44] M. CLAGETT, *Ancient Egyptian Science : Calendars, Clocks and Astronomy*, vol. 2, American Philosophical Society, 1995.
- [45] COLLECTIF, *L'horloge monumentale de la cathédrale de Beauvais*, Prévot, 1979.
- [46] ———, *Zytglogge*, Baudirektion der Stadt Bern, Benteli Verlag Bern, 1983.
- [47] P. COUDERC, *Le calendrier*, Que sais-je, P.U.F., 1946.
- [48] A. DANJON, *Astronomie générale*, Albert Blanchard, 1986.
- [49] M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques au XVIe et XVIIe siècle*, Presses universitaires de France, 1953.
- [50] ———, *Histoire générale des Techniques*, Presses universitaires de France, 1962.
- [51] ———, *Le mythe de la révolution technique*, Revue d'Histoire des Sciences, 16 (1963), pp. 291–302.
- [52] S. Q. (DE), *Les Antiquités et la fondation de la Métropole des Gaules ou de l'Eglise de Lyon et de ses chapelles, avec ses épitaphes que le temps y a précieusement conservées*, Lyon, Georg, 1879.
- [53] L. DE BROGLIE, *Intérêt et enseignement de l'histoire des sciences*, in *Sur les sentiers de la science*, Albin Michel, 1960, pp. 355–381.
- [54] F. DE VRIES, *Logiciel zonvlak*, <http://www.de-zonnewijzerkring.nl/eng/index-vlakke-zonw.htm>, (2000).
- [55] A. V. DE VYVER, *Les plus anciennes traductions latines (Xe-XIe siècles) de traités arabes sur l'astrolabe*, Osiris, 1 (1936), pp. 658–691.
- [56] L. DEFOSSEZ, *Les savants du XVIIe siècle et la mesure du temps*, Editions du journal suisse d'horlogerie, 1946.
- [57] R. D'HOLLANDER, *L'astrolabe - Les astrolabes du Musée Paul Dupuy*, Association Française de Topographie, 1993.
- [58] ———, *L'astrolabe : Histoire, Théorie, Pratique*, Institut Océanographique, 1999.
- [59] D. DIDEROT AND J. D'ALEMBERT, *Horlogerie*, Bibliothèque de l'image, 2002.

BIBLIOGRAPHIE

- [60] H. DIELS, *Über die von Prokop beschriebene Kunstuhr von Gaza*, Abhandlungen der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften (philosophisch historische Klasse n°7) Berlin, (1917).
- [61] P. DOLLINGER, *La Hanse : XII-XVIIe siècle*, Aubier, 2001.
- [62] G. DONDI, *Tractatus Astrarii. Edition critique et traduction française de la version A par Emmanuel Poulle*, Droz, 2003.
- [63] J. DRECKER, *Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren : Die Theorie der Sonnenuhren*, Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger - Walter de Gruyter et Co, 1925.
- [64] D. DU PALAIS DES PAPES EN AVIGNON, *Trésors d'horlogerie : Le temps et sa mesure du Moyen Age à la Renaissance*, Editions RMG - Palais des Papes, 1998.
- [65] R. L. DUCA, *Il palazzo dei Normanni*, Fluccovio Editore, 1997.
- [66] W. ERDMANN, *Zisterzien-Abtei Doberan*, Die blauen Bücher, 1995.
- [67] D. F. ET JEAN MOREAU, *Tâches et devoirs des gouverneurs d'horloges : une synécure ou une charge ?*, Bulletin de l'ANCAHA, 70 (1994), p. 39 à 59.
- [68] C.-H. EYRAUD, *L'astrolabe universel*, Cahiers Clairaut, 93 (2001), p. 17 à 22.
- [69] —, *Cadrans solaires de Turquie*, Cahiers Clairaut, 102 (2003), p. 2 à 5.
- [70] C.-H. EYRAUD, M. ABDELATTI, AND K. SADDEM, *Le calendrier musulman et le cadran solaire de la mosquée de Kairouan*, Cahiers Clairaut, 90 (2000), p. 17 à 23.
- [71] C.-H. EYRAUD AND P. GAGNAIRE, *L'horloge astronomique de Stendal*, Bulletin de l'ANCAHA, 95 (2002), p. 77 à 81.
- [72] —, *L'horloge astronomique de Stendal*, Cahiers Clairaut, 101 (2003), p. 22 à 24.
- [73] —, *A propos des heures planétaires*, ANCAHA, 97 (2003), pp. 59–66.
- [74] C.-H. EYRAUD, P. GAGNAIRE, AND E. CHAZOT, *L'horloge astronomique de Stralsund*, Cahiers Clairaut, 104 (2003), p. 7 à 11.
- [75] C.-H. EYRAUD, P. GAGNAIRE, AND H.-J. MOREL, *L'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean à Lyon*, Cahiers Clairaut, 94 (2001), p. 17 à 23.
- [76] M. FALLET-SCHEURER, *Geschichte der Uhrmacherskunst in Basel 1370-1874*, Bern Stampfli Cie, 1917.
- [77] G. FESSY, *L'Hôtel de Ville de Lyon*, Imprimerie Nationale, 1998.
- [78] K. FISCHER, *Die Uhrmacher in der Slowakei*, Bohemia-Jb d. Collegium Carolinum, (1969), p. 406.
- [79] T. FOURIER, *Les horlogers de Blois*, La Garmonière, 2001.
- [80] P. GAGNAIRE, *Les heures bretonnes*, Cadran-info, Revue de la commission des Cadrans solaires de la S.A.F., 2 (2000), pp. 79–82.
- [81] P. GAGNAIRE AND H.-J. MOREL, *L'astrolabe de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean à Lyon*, ANCAHA, 90 (2001), pp. 61–74.
- [82] D. GALBREATH, *Le manuel du blason*, Lausanne SPES, 1942.

-
- [83] G. GALILEI, *Opere di Galilei*, vol. I et II, Rizzoli et C., Editori, 1936.
- [84] —, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, Seuil, 1992.
- [85] —, *Discours concernant deux sciences nouvelles*, traduit par Maurice Clavelin, Presses Universitaires de France, 1994.
- [86] J. GAY, *Lectures scientifiques*, Hachette, 1891.
- [87] M. GAY, *Printemps horloger et culturel à Prague*, ANCAHA, 65 (1992), pp. 5–25.
- [88] —, *Horlogerie au Musée des Arts et Métiers rénové*, ANCAHA, 89 (2000), pp. 5–29.
- [89] —, *Musée Lindengut à Winterthur*, Bulletin de l'ANCAHA, 94 (2002), p. 26 à 29.
- [90] B. GILLE, *Les mécaniciens grecs*, Seuil, 1980.
- [91] J. GIRONCE, *La corporation des horlogers toulousains*, Bulletin de l'ANCAHA, 47 (1996), pp. 13–20.
- [92] A. GORLA, *L'orologio astronomica, astrologico di Mantova*, Gorla, Signorini, Mantova, 1992.
- [93] A. GRAND, *Notice historique et descriptive sur l'horloge astronomique de la cathédrale de Lyon*, Lyon Paris, Delhomme et Briguet, 1899.
- [94] C. GROS, *Echappements d'horloges et de montres*, Editions du bureau de l'almanach de l'horlogerie bijouterie, 1922.
- [95] G. GUIGUE AND M.-C. GUIGUE, *Obituaire de l'église primatiale de Lyon : texte du manuscrit de la bibliothèque de l'Université de Bologne XIIIe siècle avec une introd. et une table alphabétique*, Paris Lyon E. Vitte, 1902.
- [96] O. GUYOTJEANNIN AND B.-M. TOCK, *Construire le temps : Les styles de changement du millésime dans les actes français XIe-XVIe siècle*, Champion-Droz, 2000.
- [97] B. HELLYER AND H. HELLYER, *The astronomical Clock Hampton Court Palace*, Her Majesty Stationery Office, London, 1973.
- [98] D. HILL, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, Boston Dordrecht Reidel, 1974.
- [99] —, *Studies in Medieval Islamic Technology*, Ashgate Variorum, 1974.
- [100] —, *Arabic water-clocks*, University of Aleppo, 1981.
- [101] D. HILL AND A. AL HASSAN, *Sciences et Techniques en Islam. Une histoire illustrée*, Edifra-Unesco, 1991.
- [102] Z. HORSKY, *Astronomy and the art of clockmaking in the fourteenth, fifteenth, and sixteenth centuries*, *Vistas in astronomy*, 9 (1967), pp. 25–34. Oxford New-York.
- [103] E. HÉBERT, *Les instruments scientifiques à travers l'Histoire*, Ellipses, 2004.
- [104] HÉRODOTE, *Histoires*, traduit par Ph.-E. Legrand, Belles Lettres, Guillaume Budé, 1936.
- [105] G. IFRAH, *Histoire Universelle des chiffres*, Seghers, 1981.
- [106] F. JOANNÈS, *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*, Editions Robert Laffont, Collection Bouquins, 2001.

BIBLIOGRAPHIE

- [107] D. KING, *Ibn Yunus and the pendulum : a history of errors*, Archives Internationales d'Histoire des Sciences, 129 (104) (1979), pp. 35–52.
- [108] H. KING AND J. MILLBURN, *Gearred to the stars : the evolution of planetariums, orreries and astronomical clocks*, University of Toronto Press, 1978.
- [109] A. KLEINCLAUSZ, *Lyon, des origines à nos jours : La formation de la cité*, Pierre Masson, 1925.
- [110] —, *Charlemagne*, Hachette, 1934.
- [111] D. LANDES, *L'heure qu'il est*, Gallimard, 1987.
- [112] P. LANGEVIN, *La valeur éducative de l'histoire des sciences*, La pensée et l'action, (1964), pp. 193–208.
- [113] LAROUSSE, *Larousse en 7 volumes*, Larousse, 1902.
- [114] M. LAURAND, *L'horloge de la cathédrale Tours*, Bulletin de l'ANCAHA, 28 (1980), p. 61 à 69.
- [115] A. LAUTINK-FERGUSON, *The origin of the clockwork-escapement*, Nature, 330 (1987), p. 615.
- [116] J. LAVIOLETTE, *L'heure en Avignon*, ANCAHA, 46 (1975).
- [117] —, *L'horloge de la cathédrale Tours*, Bulletin de l'ANCAHA, 33 (1982), p. 71 à 74.
- [118] A. LEANI, *L'orologio astronomico del Torrazo di Crémone*, Editrice Turris-Crémone, 1992.
- [119] A.-M. LOMBARDI, *Kepler. le musicien du ciel*, Les génies de la Science, (2001).
- [120] J. MARIE-PERONNE, *Horlogers savoyards*, L'albaron, 1990.
- [121] K. MAURICE, *Die deutsche Räderuhr ; zur Kunst und Technik des mechanischen Zeitmessers im deutschen Sprachraum*, Beck, 1976.
- [122] K. MAURICE AND O. MAYR, *The clockwork universe : German clocks and automata, 1550-1650*, Neale Watson Academic Publications, 1980.
- [123] L. MAXE-WERLY, *Notes sur des objets antiques découverts à Gondrecourt, Meuse, et à Grand, Vosges*, Mémoires de la Société Nationale des Antiquaires de France, Série 5, 48 (1887), pp. 170–8.
- [124] J. MEEUS, *Calculs astronomiques à l'usage des amateurs*, Société astronomique de France, 1986.
- [125] —, *Astronomical algorithms*, Richmond, Willmann-Bell Inc., 2000.
- [126] C.-F. MENESTRIER, *Histoire civile et consulaire de la Ville de Lyon*, Lyon : J.B. et N. de Ville, 1696.
- [127] P. MESNAGE, *Un chef d'oeuvre de Jost Bürgi au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris*, Journal Suisse d'Horlogerie, (1949).
- [128] E. MEYER, *Chronologie égyptienne, traduit par Alexandre Moret de l'Aegyptische Chronologie, Berlin, 1904*, Annales du Musée Guimet, 1912.

-
- [129] H. MICHEL, *Traité de l'astrolabe*, Librairie Alain Brieux, 1976.
- [130] A. MILLS, *The mercury clock of the Libros del Saber*, *Annals of Science*, 45 (1988), pp. 329–344.
- [131] L. MOINET, *Traité pratique et théorique d'horlogerie pour les usages civils et astronomiques*, Dutertre / Léonce Laget, 1848.
- [132] F. NEALE AND A. LOVELL, *Wells Cathedral Clock*, Wells Cathedral Publications Limited, 1998.
- [133] J. NEEDHAM, W. LING, AND D. PRICE, *Heavenly clockwork, the great astronomical clocks of medieval China*, Cambridge University Press, 1960.
- [134] O. NEUGEBAUER, *Egyptian astronomical texts, 4 volumes*, Providence Brown University Press.
- [135] —, *Sciences exactes dans l'Antiquité*, Actes Sud, 1990.
- [136] A. NEURISSE, *Histoire du Franc*, PUF Que sais-je ?, 1974.
- [137] J. NORTH, *Richard of Wallingford*, Oxford University Press, 1976.
- [138] G. OESTMANN, *Die astronomische Uhr des Strassburger Münsters*, GNT Verlag, 2000.
- [139] J. P. PARISOT AND F. SUAGHER, *Calendriers et chronologie*, Observatoire de Bordeaux, 1987.
- [140] A. PERINELLE AND V. DE HAAS, *Rouen, Le Gros Horloge*, Editions Charles Corlet, 1982.
- [141] E. POULLE, *Jean Fusoris, un constructeur d'astrolabes au XIVe siècle*, Droz-Champion, 1962.
- [142] —, *Le traité de l'astrolabe de Raymond de Marseille*, *Studi medievali*, 3 (1964), pp. 866–900.
- [143] —, *Les instruments de la théorie des planètes. Equatoires et horlogerie planétaire du XIIIe au XVIe siècle*, Droz-Champion, 1980.
- [144] —, *Les instruments astronomiques du Moyen Age*, Société Internationale de l'Astrolabe, 1983.
- [145] —, *Tables Alphonsines. Avec les Canons de Jean de Saxe*, Paris : CNRS Editions, 1984.
- [146] —, *Pour une typologie de l'horlogerie astronomique médiévale*, *Comptes rendus de l'Académie des Belles Lettres*, (1997).
- [147] —, *L'astrarium de Giovanni Dondi, Manuscrit de la bibliothèque de Padoue*, Ecole des Chartres, 1998.
- [148] —, *Conférence sur les horloges astronomiques*, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Mairie du VIe arrondissement de Paris, 2003.
- [149] D. PRICE, *Mechanical water clocks of the 14th century in Fez, Morocco*, *Actes du dixième congrès international d'histoire des sciences*, (1962), pp. 599–602.

BIBLIOGRAPHIE

- [150] ———, *Gears from the Greeks : The Antikythera mechanism*, Transactions of the american philosophical society, 64-7 (1974), pp. 1–70.
- [151] R. RASCHED, *Histoire des sciences arabes*, Seuil, 1997.
- [152] R. REVEYRON, *Primatiale Saint-Jean-Baptiste, cathédrale de Lyon*, Imprimerie Beau-lieu, Lyon, 200 ?
- [153] T. REYNOLDS, *Les racines médiévales de la révolution industrielle*, Pour la science, 83 (1984), pp. 25–33.
- [154] P. RICÉ, *Ecoles et enseignement dans le Haut Moyen Age*, Picard, 1999.
- [155] J. RIVOIRE, *Histoire de la monnaie*, PUF Que sais-je ?, 1985.
- [156] N. RONDOT, *L'art et les artistes à Lyon du XIVE au XVIIIe siècle*, Lyon Masson, 1902.
- [157] J. ROSMORDUC, *L'histoire de la physique peut-elle éclairer les obstacles épistémologiques ?*, ASTER, Recherches en didactiques des sciences expérimentales, 5 (1987), pp. 117–141.
- [158] P. RÉAL, *Réplique au quart de l'horloge astronomique de la primatiale Saint-Jean de Lyon*, ANCAHA, 90 (2001), pp. 75–81.
- [159] ———, *Restauration d'une horloge à foliot du XIVE siècle*, <http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/Pages/PagesGr/MuFoliotGr.htm>, (2002).
- [160] A. SACHET, *La grosse cloche de Saint-Jean à Lyon*, chez l'auteur, 1922.
- [161] C. SAUNIER, *Traité d'horlogerie moderne théorique et pratique*, Paris : Bureau de la Revue chronométrique, 1875.
- [162] C. SCHULMAN, *L'astrolabe*, Cahiers Clairaut, 47-48 (1989), p. 30 à 37 et 19 à 27.
- [163] E. SCIAPARELLI, *Di un iscrizione inedita del regno di Amenofis i*, Actes du 8ième congrès des orientalistes tenu en 1889 à Stockolm et à Chritiana, 4e partie (1892), pp. 203–208.
- [164] A. SEGONDS, *Tycho-Brahe*, L'Astronomie, 115 (2001), pp. 358–369.
- [165] A. SIMONI, *Orologio italiani del cinquecento all ottocento*, Italy, 1965.
- [166] I. STCHOUKINE, *Un manuscrit du traité d'Al-Jazari sur les automates du VIIe siècle de l'Hégire*, Gazette des Beaux-Arts, 11 (1934), p. 134 à 140.
- [167] B. TAILLEZ, *Heures italiques et italiennes, babyloniennes ou bohémiennes*, Observations et travaux, 51 (1983), pp. 20–21.
- [168] R. TATON, *L'histoire des sciences et la science actuelle*, in Organon, Symposium international d'histoire des sciences, Varsovie, 1965, pp. 213–225.
- [169] E. THEODOSSIOU AND E.-M. KALYA, *The ancient clepsydra of Athens*, Bulletin of the British Sundial Society, 14 (IV) (2002).
- [170] L. THIRAN, *Les heures planétaires chez Joseph Drecker*, Commission des Cadrans Solaires, (non publié).
- [171] L. THORNDIKE, *The sphere of Sacrobosco and its commentators*, Chicago, (1949), pp. 180–230.

-
- [172] A. TIHON, *Traité byzantins sur l'astrolabe*, *Physis*, 32 (1995), pp. 323–358.
- [173] A. TURNER, *Time measuring instruments : astrolabes*, Rockford, 1985.
- [174] A. UNGERER, *Horloges d'édifice*, Gauthiers-Villars, 1921.
- [175] —, *Les Habrecht, une dynastie d'horlogers du XVIe au XIXe siècle*, *Archives Alsaciennes d'histoire de l'art*, 4 (1925), pp. 95–146.
- [176] —, *Horloges astronomiques et monumentales*, chez l'auteur, 1931.
- [177] T. UNGERER, *L'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg*. Editions Leroux, 1951.
- [178] —, *L'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg*, Editions Leroux-Strasbourg-Paris, 1956.
- [179] L. URESOVA, *Montres et horloges*, Gründ, 1986.
- [180] A. VACHEZ, *Lyon au XVIIe, extrait de l'itinéraire en France et en Belgique d'Abraham Golnitz, traduit et publié par Antoine Vachez*, Bibliothèque de la Part-Dieu Fonds Ancien, Cote 313 101, 1877.
- [181] A. VACHEZ AND G. GUIGUE, *Note sur l'obituaire de l'Eglise de Lyon : compte-rendu*, Lyon Vingtrinier, 1868.
- [182] G. D. VAN ROSSUM, *Histoire de l'heure*, Editions des Sciences de l'Homme, 1997.
- [183] E. VIAL AND M. CÔTE, *Les horlogers lyonnais de 1550 à 1650*, Georges Rapilly, 1927.
- [184] J. VIALLE, *Faut-il continuer à enseigner l'astronomie de Ptolémée*, *L'Astronomie*, 114 (2000), pp. 293–297.
- [185] VITRUVÉ, *de architectura*, traduit par Jean Soubiran, Les Belles Lettres, 1969.
- [186] E. WATSON, *The St Alban's clock*, vol. 11, Winter 1979.
- [187] G. D. WEINBERG, V. R. GRACE, G. R. EDWARDS, AND H. S. ROBINSON, *The Antikythera shipwreck reconsidered*, *Transactions of the american philosophical society*, 55-3 (1965), pp. 1–48.
- [188] J. WHITHAM, *The Church of St. Mary of Ottery*, Edition locale, 2000.
- [189] E. WIEDEMANN AND F. HAUSER, *Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur*, *Nova Acta Band Abh. Kaiserl. Leop. Deutschen Akademie der Naturforscher*, 1915.
- [190] C. WOLF, *Mémoires sur le pendule*, vol. IV et V, S.F.P. Gauthiers-Villars, 1889.
- [191] M. WRIGHT, *A planetarium display for the Antikythera mechanism*, *Horological Journal*, 114_5 (2002), pp. 169–173.
- [192] T. WÄHLIN, *Horologium mirabile Lundense*, C.W.K. Gleerup, 1923.
- [193] C. ZEEMAN, *Gears from the ancient Greeks*, *The Royal Institution of Great Britain*, 58 (1986).
- [194] E. ZINNER, *Aus der Frühzeit der Räderuhr*, Deutsches Museum-Verlag von R. Oldenburg, 1954.