

522.49.

Le Rectangulus de Wallingford

précédé d'une note sur le Torquetum.

Au cours de nos recherches dans les manuscrits astronomiques de la Bibliothèque Royale, à Bruxelles, nous avons rencontré un traité du XIV^{me} siècle, assez rare, et relatif à un instrument très peu connu : le *Rectangulus*. Cet instrument n'a été mentionné, à notre connaissance, que dans un seul ouvrage, et encore d'une manière insuffisante. Ce fait nous encourage à l'étudier plus en détail.

Avant d'aborder la description du *Rectangulus*, qu'on nous permette quelques observations préalables sur un autre instrument du Moyen-Age, presque aussi oublié : le *Torquetum*. Les auteurs qui ont étudié l'astronomie ancienne ont souvent cité ce dernier, mais ils n'en ont donné qu'une description superficielle et souvent inexacte, sans expliquer son usage. L'étude du *Torquetum* nous rendra plus facile celle du *Rectangulus*.

Antiquité du Torquetum.

On ne peut guère préciser la date de l'invention du *Torquetum* ni le nom de son inventeur. Beaucoup d'historiens de l'astronomie évoquent le nom d'Apianus, parce que l'instrument est décrit dans l'*Astronomicum Caesareum* de cet auteur, publié en 1540 (1). Mais longtemps auparavant, encore que son œuvre n'ait été éditée qu'en 1544 par J. Schoner (2), Regiomontanus (1436-1476) avait exposé l'emploi du *Torquetum*. Plusieurs manuscrits du XIV^{me} siècle expliquent la construction et l'emploi de l'instrument. Dans l'un d'eux dont nous reparlerons (3), l'abbé Richard de Wallingford cite, dès 1326, le *Turketum* au nombre des instruments fondamentaux de l'astronomie.

Un passage assez ampoulé du premier chapitre de Regiomontanus a conduit certains auteurs (4) à faire remonter l'invention à Geber, l'astronome arabe qui vécut à Séville vers le début du XII^{me} siècle. C'est mal interpréter le texte de Regiomontanus : l'instrument décrit par Geber (5) s'apparente peut-être au *Torquetum*, il peut l'avoir inspiré, mais il en diffère sensiblement.

Enfin, Gunther signale (6) un *Tractatus Torquati secundum Magistrum Franconem* qui permettrait d'attacher à l'instrument le nom de l'écolâtre liégeois Francon († 1083). Cette antiquité surprenante demande à être vérifiée.

(1) P. APIANUS : *Astronomicum Caesareum*. Ingolstadii, 1540. F^o O. III. v.

(2) *Scripta J. Regiomontani de torqueto, astrolabio, etc... aucta necessariis, Ioannis Schoneri Carolostadii additionibus*. Norimbergae, 1544.

(3) Voir ci-dessous, note 12.

(4) Notamment GUNTHER; *Early Science in Oxford*. Vol. II, p. 35. Sur la foi de cette autorité, nous avons dit la même chose dans notre « Introduction à une Collection d'Instruments de Mathématiques » (Anvers, 1939; p. 68). Depuis lors, ayant pu remonter aux sources, nous avons constaté que l'interprétation de Gunther était erronée. Ceci nous conduit à citer dorénavant toutes nos sources.

(5) *Geber filii Affla Hispalensis de Astronomia libri IX, per Magistrum Girardum Cremonensem, in latinum versi*. Norimbergae, 1533 & 1534, industria P. Apiani, Lib. V.

(6) Dans la collection HALLIVELL (*Early Science in Oxford*; p. 35).

Le plus ancien *Torquetum* que nous connaissions dans une collection est celui que J. Hartmann a retrouvé et reconstitué en 1913 (7). C'est un instrument acheté à Nuremberg par le Cardinal Nicolas de Cusa, en 1444; cette relique était encore, en 1919, à l'Hospice des Vieillards de Cues, près de Trèves.

Construction du Torquetum.

Les gravures d'Apianus, de Regiomontanus, tout comme les dessins des manuscrits qui nous sont connus sont extrêmement inexacts; incorrection d'ailleurs fréquente dans les ouvrages anciens : les figures qui les illustrent sont souvent de nature à nous dérouter plus qu'elles ne nous éclairent.

Faisons donc une rapide description du *Torquetum*.

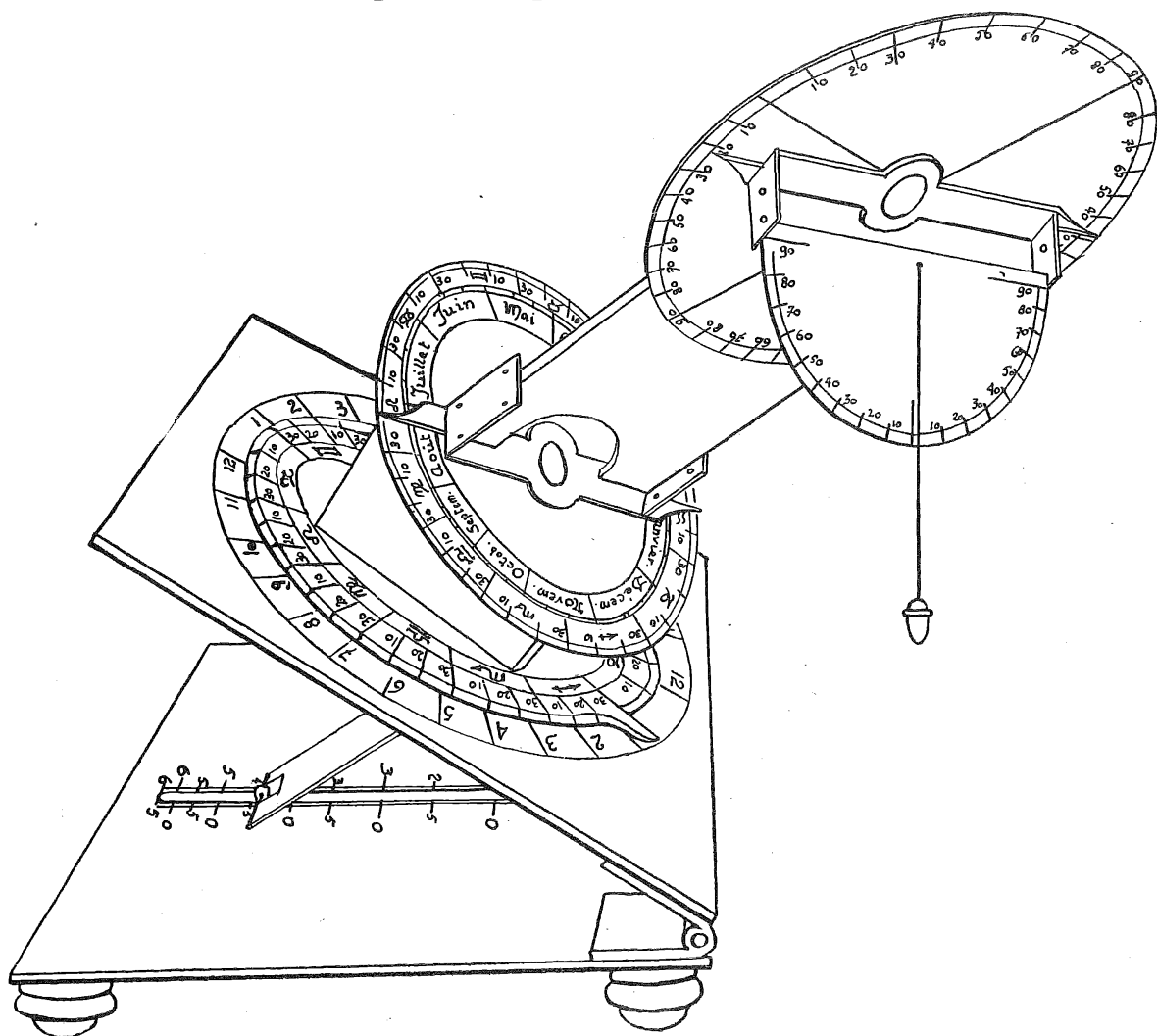


FIG. 1.

Un premier plan horizontal (*Tabula Horizontalis*) (fig. 1) porte une ligne de foi orientée selon le méridien.

Un deuxième plateau (*Tabula Equinoctialis*) fait avec le premier un angle égal au complément de la latitude géographique du lieu où l'on opère; il

(7) J. HARTMANN : Die astronomischen Instrumente des Nicolaus Cusanus
 Abh. d. Kgl. Ges. der Wissenschaften zu Göttingen, 1919

est ainsi parallèle au plan de l'Equateur. Ce plateau est gradué en heures et en degrés.

Le troisième plateau pivote sur un axe perpendiculaire au plan du second. Il est plus complexe : sa base (*Basilica*) repose sur la Table équinoxiale ; elle porte une graduation zodiacale, et un index (*almuri*) est fixé au point initial de cette graduation (zéro du Capricorne). La plupart des auteurs n'ont pas remarqué que cette graduation n'est pas régulièrement espacée : c'est, en effet, la projection de l'Ecliptique sur le plan de l'Equateur. Ses degrés marquent les ascensions droites des divers points du Zodiaque. Apianus est le seul qui ait tenu compte de cette observation ; elle semble avoir échappé à Schoner et même à Bailly ; ou du moins elle est passée sous silence par eux.

Sur cette *Basilica* repose, par l'intermédiaire de deux supports en forme de trapèzes, le plateau écliptique (*Rotula Ecliptica*), dont le plan fait avec celui de la *Basilica* un angle de $23^{\circ}30'$. Le plateau écliptique est gradué selon les 12 signes du Zodiaque et leurs subdivisions. Il porte en outre un calendrier zodiacal indiquant, jour par jour, la position du Soleil au cours d'une année (8).

Les graduations de la *Rotula Ecliptica* et de la *Basilica* sont évidemment axées de façon que les diamètres Capricorne-Cancer de ces deux plateaux soient dans le même plan : le plan du Colure des Solstices ; et ce plan est perpendiculaire à l'intersection des plans des plateaux ; le Capricorne est vers le sommet, le Cancer vers l'ouverture de leur angle.

Sur un axe et dans un plan perpendiculaires au plateau écliptique est fixé un quatrième plateau circulaire : la *Crista*. Solidaire de ce plateau et à son pied, une première alidade à pinnules permet de mesurer, sur la *Rotula Ecliptica*, les longitudes. Elle porte en conséquence le nom de *Regula longitudinis*.

La *Crista* est graduée en $4 \times 90^{\circ}$; elle porte en son centre un axe sur lequel pivote une seconde alidade à pinnules, nommée *Regula latitudinum* (Règle des latitudes).

Enfin, à cette alidade est suspendu un *Semis* ou *Semicirculus* ; c'est un demi-cercle divisé en $2 \times 90^{\circ}$, qui constitue un niveau ou un clinomètre. Aux extrémités de son diamètre, où se trouvent les degrés 90, deux oreilles le suspendent à l'alidade par l'entremise de deux petits pivots. Le *Semis*, par son poids, tend ainsi à pendre dans un plan vertical, quelle que soit l'orientation de l'alidade. En son centre, s'attache un fil à plomb.

On grave parfois sur le *Semis* des lignes horaires, lieux géométriques des hauteurs du Soleil aux diverses heures (inégaux ou temporaires) du jour et aux diverses époques de l'année. Mais ceci est accessoire (9).

Usage du Torquetum.

La plupart des historiens de l'astronomie ont pensé que le *Torquetum* était destiné à convertir les coordonnées équatoriales ou horizontales en coordonnées écliptiques. C'est perdre de vue l'état des connaissances mathématiques au XI^{me} siècle ; c'est appliquer notre astronomie de position, nos notions trigonométriques, à un objet qui, tout au contraire, devait suppléer à l'igno-

(8) Nous donnerons dans notre ouvrage sur l'Astrolabe (à paraître prochainement) la théorie du tracé de ce calendrier.

(9) Nous donnerons la théorie de ce tracé dans notre ouvrage sur l'Astrolabe.

rance de ces notions. Le Moyen-Age ne connaissait pas nos formules élémentaires de trigonométrie sphérique, et n'avait même qu'une notion fort confuse de la trigonométrie en général. L'idée ne serait pas venue aux astronomes de cette époque de construire un instrument pour des mesures aussi inusitées.

En étudiant les anciens manuscrits, nous trouverons l'application du *Torquetum* à des problèmes d'intérêt plus immédiat, et néanmoins fort subtils.

Donnons-en quelques exemples :

Mettons d'abord l'instrument en position de travail. Il est aisé de placer le plateau horizontal avec sa ligne de foi dans la direction du méridien, et d'incliner ensuite la table équinoxiale parallèlement au plan de l'Equateur. Il faut maintenant orienter l'équipage supérieur jusqu'à ce que le plateau écliptique soit parallèle au plan de l'Ecliptique.

Il suffira de disposer l'alidade des longitudes de façon qu'elle indique, sur le plateau écliptique, le jour où l'on opère. Elle marque en même temps, sur la graduation zodiacale, la longitude λ_s du Soleil. L'alidade restant fixée dans cette position, on fera pivoter la *Basilica* avec tout son équipage jusqu'à ce qu'un rayon de soleil traverse les deux pinnules de la *Regula longitudinis*.

A ce moment, le plateau écliptique est évidemment parallèle au plan de l'Ecliptique.

Si nous avons eu soin de placer l'alidade des latitudes sur les zéros de la *Crista*, elle sera parallèle à l'alidade des longitudes; le fil à plomb, sur le *Semis*, indiquera alors la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.

Toute la partie supérieure ainsi disposée, faisons tourner la *Basilica* et tout son équipage jusqu'à ce que le fil à plomb indique zéro, c'est-à-dire une hauteur nulle au-dessus de l'horizon. Deux positions de la *Basilica* répondent à cette condition : l'une correspond au lever du Soleil, l'autre à son coucher; l'angle entre ces deux positions, marqué par l'*almuri* sur le plateau équinoxial, nous donne l'arc diurne et la durée du jour.

L'angle parcouru par l'*almuri* depuis la position correspondant au lever du Soleil jusqu'à celle où le rayon du Soleil traverse les deux pinnules, nous donne le temps écoulé depuis le lever du Soleil jusqu'au moment de l'opération, c'est-à-dire l'heure *ab ortu*.

La position de l'*almuri* à midi est aisément lisible : il suffit d'amener le degré λ_s de la *Basilica*, qui marque, comme nous l'avons dit, l'ascension droite du Soleil au jour de l'opération, en regard du zéro de la Table équinoxiale, qui marque le méridien. On en déduit l'heure de l'observation, en temps civil ou en temps astronomique, ainsi que les heures du lever et du coucher du Soleil, en mesurant l'angle parcouru par l'*almuri* entre les diverses positions se rapportant à ces circonstances.

On opérera avec une étoile comme avec le Soleil, en disposant la *Crista* de telle sorte que l'alidade des longitudes marque la longitude λ_e de l'étoile, et l'alidade des latitudes, sa latitude β_e .

Inversément, si l'on place le plateau écliptique en position de travail, on pourra observer les longitudes et les latitudes des étoiles. Pour disposer ainsi la *Rotula Ecliptica* pendant la nuit, il suffit d'opérer comme nous l'avons dit au début de cet exposé, mais au moment du coucher du Soleil; on mesurera à ce moment la longitude d'une étoile-repère ou celle de la Lune, et on continuera au cours de la nuit en orientant la *Basilica* sur la base de cette dernière longitude auxiliaire, exactement comme on l'aurait fait pendant le jour sur la base de la longitude du Soleil.

Nous n'avons pas mentionné d'autres applications du *Torquetum*, qui sont

aussi nombreuses que celles de l'astrolabe. En substance cet instrument constitue une figuration objective des éléments de la sphère céleste, tout comme la sphère armillaire et l'astrolabe. Il permet, toutefois, des opérations plus faciles; il est plus aisé à construire et beaucoup moins coûteux.

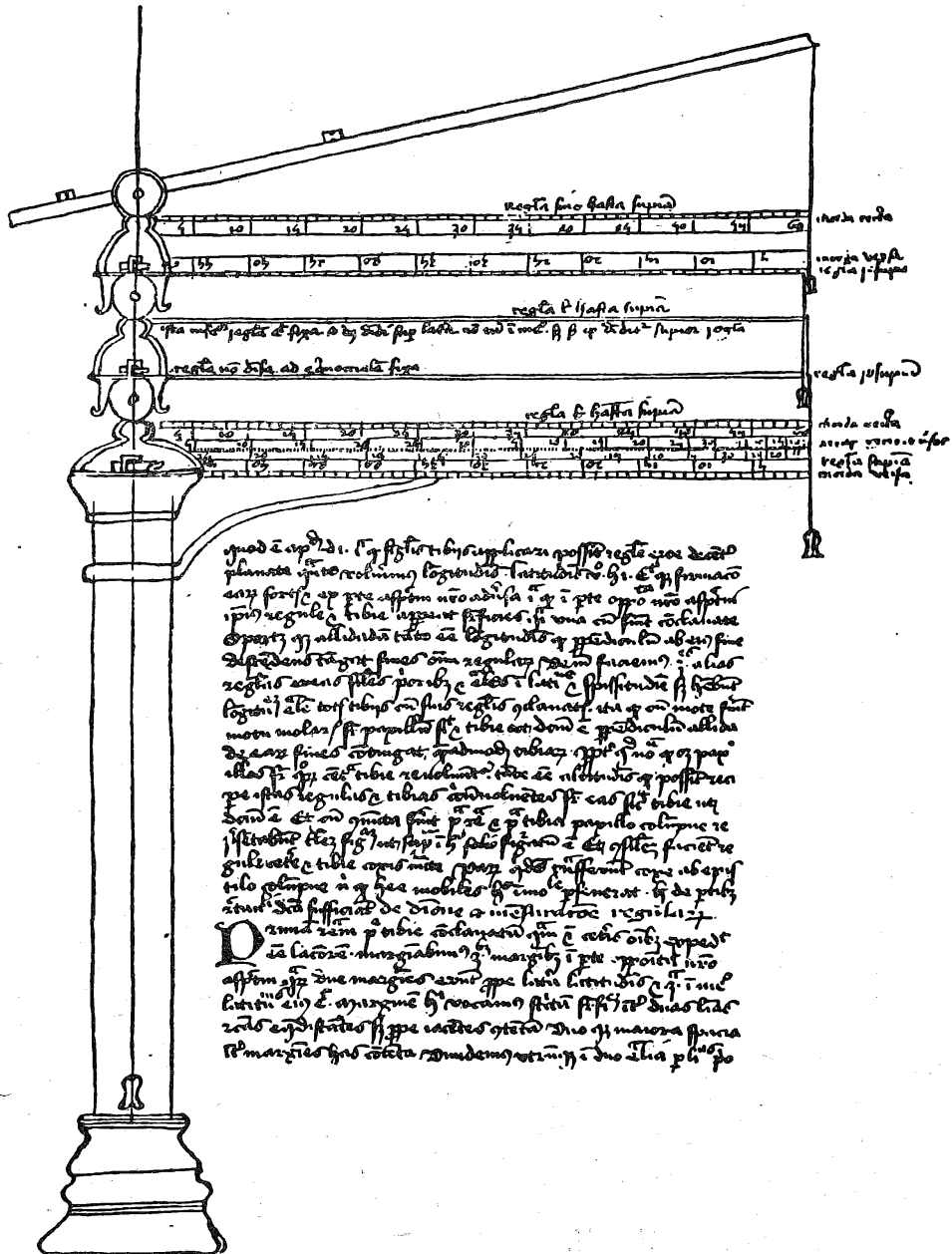
Construction du Rectangulus.

Abordons à présent l'étude du *Rectangulus*.

Nous pouvons imaginer un *Torquetum* dont les plateaux successifs seraient réduits chacun à un de leurs secteurs, et nous pouvons même aller jusqu'à schématiser ce secteur par les deux rayons qui le limitent. Nous mesurerons l'angle que font entre eux ces rayons en mesurant la corde qui le sous-tend; méthode usuelle dans l'antiquité et le Moyen-Age.

Les plateaux successifs du *Torquetum* seront ainsi remplacés par une série de compas, de bras articulés que nous allons décrire.

Nous reproduisons ici (Fig. 2) le dessin qui illustre un des manuscrits



traitant du *Rectangulus*. Ce croquis est très inexact. Cependant, grâce à la description minutieuse que comporte le texte, il n'est pas difficile de reconstituer l'instrument (Fig. 3).

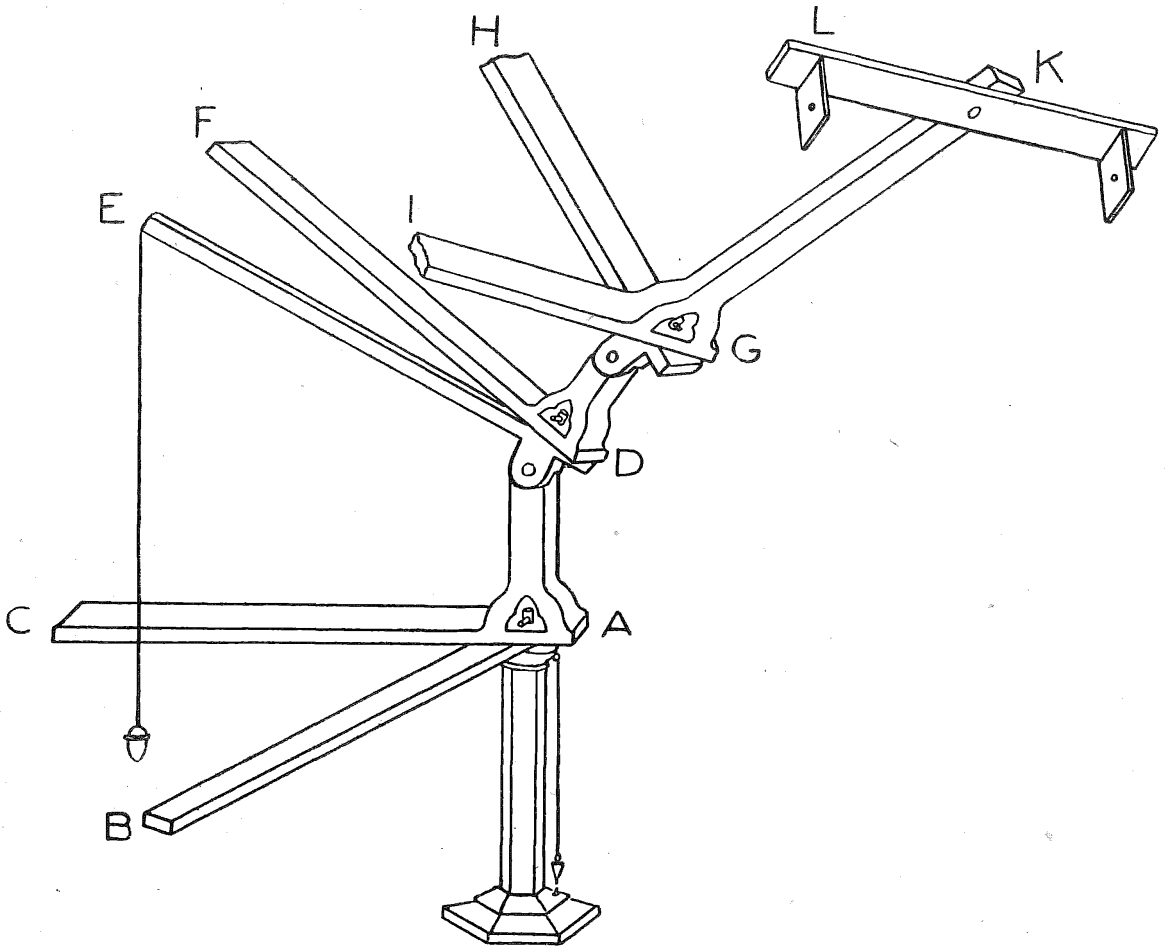


FIG. 3.

L'ensemble de celui-ci est porté par une colonnette verticale munie d'un fil à plomb. Au sommet de cette colonne, sur un axe vertical, pivotent deux barres horizontales superposées, dont l'inventeur appelle la première : règle (*regula*) et la supérieure : tige (*tibia*). Nous conserverons ces dénominations pour la clarté de notre exposé. La face supérieure de la règle et la face inférieure de la tige sont dans un même plan horizontal, et ces deux pièces peuvent faire entre elles un angle quelconque dans ce plan, comme les branches d'un compas.

La face supérieure de la tige porte, à l'aplomb du pivot de la colonnette, une charnière (*coxa*) dont l'axe est horizontal. L'autre branche de cette charnière porte un pivot, perpendiculaire à l'axe de la charnière, et identique au pivot qui surmonte la colonnette.

Sur ce pivot tourne un nouvel équipage règle-tige, identique au premier. Nous l'appellerons *l'équipage équinoxial*; en effet, en ouvrant la charnière d'un angle égal au complément de la latitude géographique, le plan règle-tige n° 2 sera parallèle au plan de l'Equateur.

La face supérieure de la tige n° 2 porte à son tour, dans l'axe du pivot n° 2, une charnière identique à la première, et la seconde branche de cette charnière porte un troisième pivot. Sur celui-ci s'articule un troisième équipage règle-tige, identique au premier. Nous l'appellerons *l'équipage*

1944C&T...60...196M

écliptique. En effet, en ouvrant la charnière n° 2 d'un angle de 23°30', le plan règle-tige n° 3 sera incliné de 23°30' sur le plan équinoxial et pourra être ainsi disposé parallèlement au plan de l'Écliptique.

La face supérieure de la tige n° 3 ne porte plus de charnière, mais simplement un axe, sur lequel pivote, dans un plan perpendiculaire au plan de l'équipage écliptique, une alidade.

Nous avons figuré ici en perspective (Fig. 3) un *Rectangulus* dans la même orientation que le *Torquetum* de la Fig. 1. Pour rendre les deux dessins comparables et même superposables, nous avons allongé les proportions des charnières, et raccourci les tiges et les règles.

L'équipage horizontal se compose de la règle AB et de la tige AC.

La règle AB est, dans le cas présent, inutilisée.

La tige AC est orientée dans le plan du méridien.

L'équipage équinoxial se compose de la règle DE et de la tige DF.

La règle DE est dans le plan méridien, et inclinée de 90° — φ sur AC.

La tige DF fait avec DE un angle égal à l'angle horaire du solstice d'été.

L'équipage écliptique se compose de la règle GH et de la tige GI.

La règle GH est dans le plan du colure des solstices et inclinée de 23°30' sur DF.

La tige GI fait avec GH un angle égal à la longitude de l'étoile visée (comptée à partir du solstice d'été).

L'alidade KL se meut dans le plan IGK et fait avec GI un angle égal à la latitude de l'étoile visée.

Comme on le voit, le *Rectangulus* est un véritable *Torquetum* schématisé.

Usage du Rectangulus.

Pour mesurer les angles que font entre elles la tige OE et la règle OC d'un même équipage, chaque tige est graduée; chaque règle porte à son extrémité un fil. La mesure consiste à tendre le fil perpendiculairement à la tige, et à mesurer, soit la partie CD du fil comprise entre son point d'attache et la

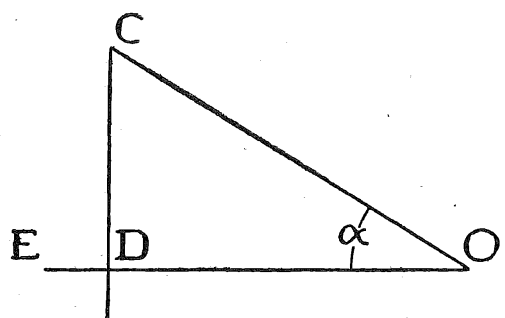


FIG. 4.

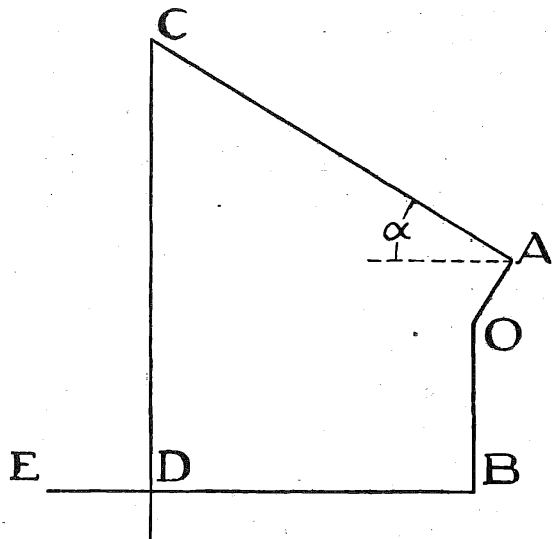


FIG. 5.

tige, soit la partie ED de la tige qu'intercepte le fil (Fig. 4). CD est proportionnel au sinus de l'angle COE (appelé à l'époque; corde droite); ED est

proportionnel à $(1 - \cos \text{COE})$ (flèche ou corde verse). Des tables donnent les angles correspondant aux cordes droites et verses, qui étaient les lignes trigonométriques usuelles au Moyen-Age.

Pour assurer la perpendicularité du fil CD sur la tige OE, cette dernière est graduée sur les deux arêtes que coupe le fil. Celui-ci sera perpendiculaire à la tige s'il coupe les deux graduations au même degré.

On peut se demander pourquoi passer par cet artifice, au lieu de mesurer simplement la corde totale CE, comme d'usage dans la trigonométrie ancienne. La chose s'explique lorsqu'on analyse la mesure des angles dans un plan vertical :

Supposons par exemple que nous voulions disposer l'équipage équinoxial dans un plan qui fasse avec l'horizontal un angle α (complément de la latitude géographique φ). La charnière AOB (Fig. 5) est loin d'avoir une hauteur négligeable. Le fil CD ne mesure donc plus le sinus de l'angle α , mais on a :

$$\text{CD} = \text{AC} \sin \alpha + \text{AO} \cos \alpha + \text{OB}$$

C'est pour éviter cette erreur que la mesure de l'angle se prend, dans ce cas sur la corde verse ED. On a :

$$\begin{aligned} \text{ED} &= \text{BE} - \text{BD} = \text{AC} - \text{BD} = \text{AC} - (\text{AC} \cos \alpha - \text{AO} \sin \alpha) \\ &= \text{AC} (1 - \cos \alpha) + \text{AO} \sin \alpha \end{aligned}$$

L'erreur, dans ce cas, n'est plus que de $\text{AO} \sin \alpha$, et comme la construction permet de faire AO très petit par rapport à AC, le second terme est négligeable (10).

Remarque : Pour mesurer la hauteur d'une étoile au-dessus de l'horizon, on visera l'étoile au moyen de l'alidade; on amènera la règle horizontale à l'aplomb de celle-ci, et on mesurera la corde verse que le fil à plomb issu du bout de l'alidade intercepte sur cette règle.

A l'examen de la Fig. 3, on voit que dans ce cas, les erreurs $\text{AO} \sin \alpha$ résultant de la hauteur des charnières successives s'accroissent. Aussi ne fait-on cette mesure qu'après avoir ramené tous les équipages dans des plans horizontaux, et tous les pivots verticalement l'un au-dessus de l'autre. L'instrument est alors un simple théodolite schématique et très peu pratique.

Nous n'entrerons pas dans le détail fastidieux des nombreux problèmes que le *Rectangulus* résout élégamment. Ce sont les mêmes que pour le *Torquetum*.

Antiquité du *Rectangulus*.

Venons-en à l'inventeur du *Rectangulus*.

Le manuscrit de la Bibliothèque Royale de Bruxelles (11) fait partie d'un important recueil d'ouvrages astronomiques, et peut être daté entre 1400 et 1420. C'est la copie presque textuelle du manuscrit du Corpus-Christi College d'Oxford, dont Gunther a publié le texte intégral (12), qu'il considère comme très voisin du texte original de l'auteur.

(10) Dans le croquis très médiocre qui illustre le manuscrit de Bruxelles, il semble même que AO soit nul, et l'erreur serait ainsi réduite à zéro. Mais on ne voit pas bien comment cette construction est réalisée.

(11) Ms. Brux. 1039 : *Rectangulum in remedium tediosi...*

(12) Ms. C. C. C. 144 : *Rectangulum in remedium tediosi...* (Reproduit dans GUNTHER : *Early Science in Oxford*; vol. II, pp. 337-348.

Diverses autres copies du Traité du *Rectangulus* sont citées par Gunther (13). Leurs textes sont pratiquement identiques. D'après eux, l'invention date de 1326 et est due à l'abbé Richard de Wallingford.

Cet astronome naquit à la fin du XIII^{me} siècle et mourut vers 1336. Fils d'un forgeron, il apprit à travailler habilement de ses propres mains. Après six années de collège à Oxford, il devint abbé de St-Albans et restaura cette abbaye, pour laquelle il construisit une horloge astronomique vers 1320.

Son *Rectangulus* est rédigé avec un remarquable souci de méthode. Contrairement aux traités habituels du Moyen-Age, pour qui le « Magister dixit » suffit généralement, Wallingford donne de la théorie du *Rectangulus* une démonstration soigneuse, encore que succincte. Son latin est extrêmement simple, clair et dépouillé des élégances qui rendent si difficile la lecture de certains ouvrages de la Renaissance.

Le manuscrit de Bruxelles se termine par la phrase que nous traduisons comme suit :

« Ici se termine le traité de l'usage du *Rectangulus*, composé par l'illustre Symon Tunscete, docteur en théologie, qui construisit aussi l'*Albion* en l'an du Seigneur 1326. »

D'après ce texte, l'invention du *Rectangulus*, comme celle de l'*Albion*, un autre instrument contemporain, serait due à Simon Tunsted. Mais le manuscrit d'Oxford, Laud 657, est plus explicite : une note précise que la construction de l'instrument et la rédaction du traité sont dues à Richard de Wallingford, mais que plus tard un certain « Symon Tounstede » fit, à l'ouvrage comme à l'instrument, certains changements et additions.

Simon Tunsted (Donostadius), régent des Minorites à Oxford en 1351, mourut en 1369. Il est difficile de croire qu'il ait collaboré dès 1326 à l'établissement du *Rectangulus*.

Le *Rectangulus*, s'il est plus simple qu'une sphère armillaire, est plus difficile à construire qu'un *Torquetum*, et son emploi est beaucoup moins aisé. Pour nous en assurer, nous avons reconstitué les deux instruments, et constaté que le *Rectangulus* n'est ni moins coûteux, ni plus pratique, quoi que son inventeur puisse affirmer.

Il n'en existe aucun exemplaire dans les collections qui nous sont connues. Cet appareil étrange et peu décoratif n'aura guère retenu l'attention des curieux. On peut se demander s'il fut très répandu. Cependant, le nombre des manuscrits que nous venons de citer prouve que le monde savant, jusqu'au premier tiers du XV^{me} siècle au moins, s'intéressa vivement à un instrument aujourd'hui oublié.

Henri MICHEL, ingénieur.

(13) Mss. Laud. Misc. 657. — Digby. 168, à Oxford. — Ee III 61, à Cambridge. Harley. 80, au British Mus.