

tion diurne possible de l'azimut de la ligne des mires qui se reporte sur sa détermination à l'aide de la Polaire. Finalement, en appelant $\Delta\alpha_s$ et $\Delta\alpha_i$ la moyenne mensuelle des erreurs sur les ascensions droites des circumpolaires, on trouve que $\Delta\alpha_s - \Delta\alpha_i$ présente nettement une variation périodique de six mois environ allant d'un équinoxe à l'autre.

ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ. — Sur l'instrument en cuivre dont des fragments se trouvent au Musée Archéologique d'Athènes et qui fut retiré du fond de la mer d'Anticythère en 1902, par Jean Théofanidis.*

De cet instrument, dont une brève description a été donnée par M. C. Maltézos¹, ont été retirés de la mer quelques fragments, se composant :

De 3 pièces en cuivre représentées par les fig. 1, 1 bis, 2 et 3; de quelques fragments de lames également en cuivre qui portent des graduations et d'autres qui portent des inscriptions (fig. 4 et 5), et de tout petits fragments, dont la plupart se trouvent à l'état de poussière.

Fig. 1 et 1 bis. — Le plus grand de ces fragments est une plaque d'horloge, portant sur chaque face un système d'engrenages; et sur l'une de ces faces au-dessus des engrenages, se conserve un morceau de lame métallique, fixée à une hauteur de 14^m au-dessus de cette face de la plaque. Sur cette lame on voit d'autres fragments témoignant l'existence d'autres lames en cuivre superposées qui assurent les mouvements excentriques des quelques anneaux (commandés par des systèmes d'engrenages) desservant les mouvements excentriques sur cette face (v. la légende fig. 1).

On voit parmi ces fragments de lames des restes de roues dentées. Parmi ces mêmes lames on remarque aussi les débris d'un mécanisme supprimant tout jeu des roues dentées.

Au-dessus de ces lames mentionnées, se conserve le reste d'un disque indépendant portant des traces d'une circonférence graduée et, à un certain endroit de cette graduation, existent des vestiges d'inscriptions gravées probablement à posteriori par celui qui employait l'appareil.

Sur l'autre face (fig. 1 bis) se conserve un engrenage (diamètre 131^{mm}) portant quatre bras en croix, sur lesquels il y a des pôles d'axes (ψ, ρ) d'autres engrenages, entraînés pendant le mouvement rotatif de cette grande roue.

La roue de 131^{mm} était actionnée par une vis sans fin, dont on aperçoit sur la même face et à la place convenable, l'anneau (ω) (en projection horizontale) du support de sa manivelle (v. la légende, fig. 1 bis).

Fig. 2. — Le deuxième fragment porte aussi sur l'une de ses faces des restes du

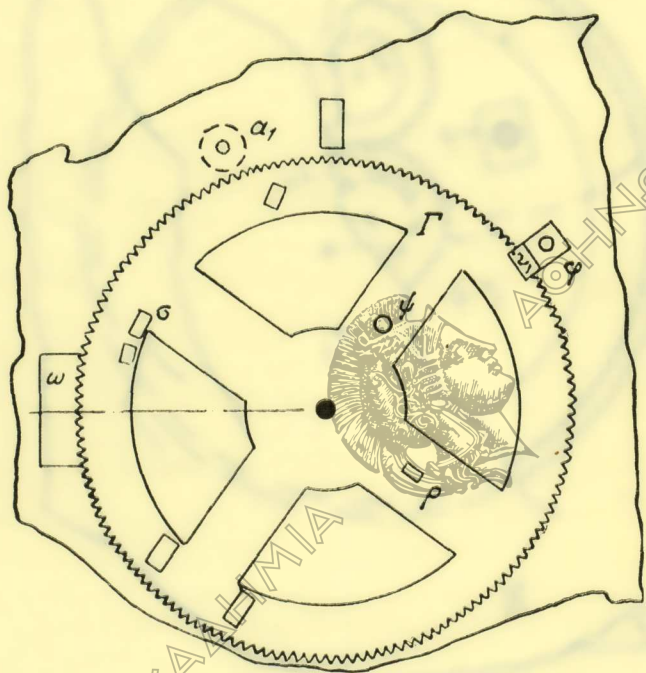
* 'Ανεκoinώθη κατά την συνεδρίαν τῆς 8 Μαρτίου 1934.

¹ *Praktika*, 1934, p. 130.

système supprimant le jeu entre les dents des engrenages. Ce système se compose de bras métalliques portant des dents qui rentrent dans des rainures circulaires correspondantes, existant encore sur la pièce.

Les mouvements circulaires ou les balancements des bras se faisaient par frottement. Le même fragment porte sur la même face des restes d'engrenages. (V. la légende de la fig. 2, les fig. B et C et leurs légendes).

Sur l'autre face, il existe, sur l'incrustation formée par les sels de l'eau de mer, une empreinte inverse, empreinte incomplète d'une feuille de cuivre perdue, portant



Γ roue de 131 mm.— ω support de la manivelle.— ψ axe du satellite (voir la légende de la fig. (B) et la fig. (2)).— ϕ , σ , σ etc. supports de l'armature.— φ un des ergots servant à l'immobilité de la roue de 131 mm.— α_1 axe de la roue s'engrenant avec Γ. (Voir la légende de la figure 1).

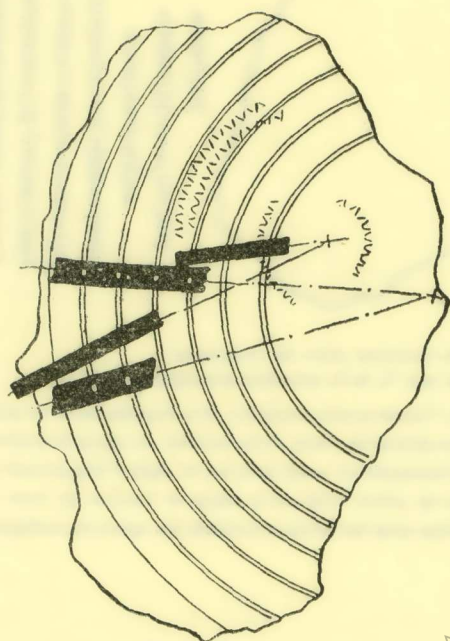
Fig. 1bis.—Face inférieure de la première pièce du fragment.
(Dimensions 0,5 de la grandeur naturelle)

des inscriptions. (v. la fin de la seconde communication sur la «navigation» astronomique des anciens Grecs).

Fig. 4.—Le troisième fragment porte, sur l'une de ses faces, un tambour d'un diamètre de 66 mm à l'intérieur duquel se conserve l'empreinte d'un anneau excentrique d'excentricité égale à 3 mm. A l'intérieur aussi du tambour, et près de sa circonférence, se conserve nettement le tracé de la lettre «J» qui était, comme on sait, le symbole de Lycavas, c. a. d. de la durée de l'année solaire tropique. Sur l'autre face, on distingue encore une partie du système, qui supprime le jeu entre les dents et au-dessus de celui-ci on remarque aussi fixée, une pièce en cuivre portant également des inscriptions. Evidemment, cette dernière pièce en cuivre, ainsi que le disque

indépendant, mentionné déjà, se sont collés par le temps avec d'autres pièces portant des inscriptions qui ont été détériorées. Avant le nettoyage de ces fragments il existait une autre feuille mince portant une inscription qui a été déchiffrée et publiée en 1903.

Cette feuille détériorée, ainsi que celle qui est encore aujourd'hui en bon état de



ΤΩΙΤΗΝΔ	1
ΔΙΔΥΠΟΔ	
ΥΠΟΔΕ	
Α	
Ε	
Σ	6
.. ΟΥΔ	13
ΠΡΟΕΧΟΝ . . ΣΤ	
ΦΕΡΕΙΩΝΝ[Μ]	
ΤΟΣΤΟΔΕ . Δ	
ΤΗΣΑΦΡ	
ΤΟΥ	
ΓΝΩΜΟ' ΥΣ	
ΗΛ . . ΑΚΤΙΝ . . ΙΤΗΛ[Ι]ΟΝ	
ΥΔΡ ΙΑ . . ΑΠΟ	
.. ΜΕΝ	22
Ε	24
.. ΜΕΝΔ(Δ)	

Fig. 2.— Face supérieure de la deuxième pièce du fragment sur lequel on voit un système de frein à friction contre le jeu des roues dentées. (Dimension demi grandeur naturelle environ).

La face inférieure de cette pièce porte des restes de l'inscription ci-dessus qui est une empreinte incomplète inverse—sur l'incrustation formée par le sels de l'eau de mer—d'une feuille de cuivre non existante (p. 152 [4^o]).

conservation, portait des inscriptions d'instructions. (v. la seconde communication sur «la navigation astronomique des anciens Grecs»).

En général, les pièces portant des inscriptions étaient des pièces indépendantes de l'appareil. Il paraît aussi que leurs inscriptions n'ont pas été tracées par la main d'un ouvrier. On peut déduire qu'elles le furent par le commandant du bateau qui avait recopié, pour son usage personnel, des instructions et des règles.

Il existe un quatrième fragment qui se compose de 4 à 5 petites roues dentées, de petit diamètre, entassées et collées par le temps l'une sur l'autre et sur une autre roue de 35mm de diamètre.

Cet appareil donnait directement les coordonnées écliptiques et équatoriales du soleil, de la lune et de quatre planètes (parmi les cinq qui étaient connues à cette époque).

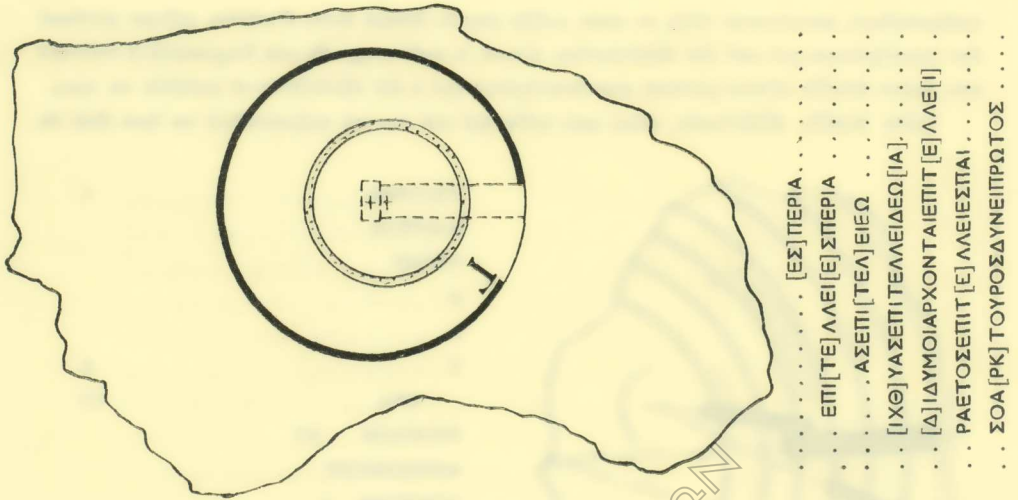


Fig. 3.—Face supérieure de la troisième pièce du fragment.
 (Dimensions équivalant à peu près aux $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle).

Il représente le tambour de Lycavas, (la durée de l'année solaire tropique) ; Son diamètre est de 66 mm. ; sa hauteur, de 7 mm. Le cercle intérieur est la trace d'un anneau de 3 mm. d'excentricité. Le rayon du tambour de cet excentrique était de 72 mm., pour donner à l'anomalie du soleil (suivant la règle d'Hipparque). La face inférieure porte, sur un fragment de mince lame en cuivre collé par le temps et l'action de l'eau de mer, les restes de cette inscription, qui est une instruction pour les levers et couchers des astres du Zodiaque..

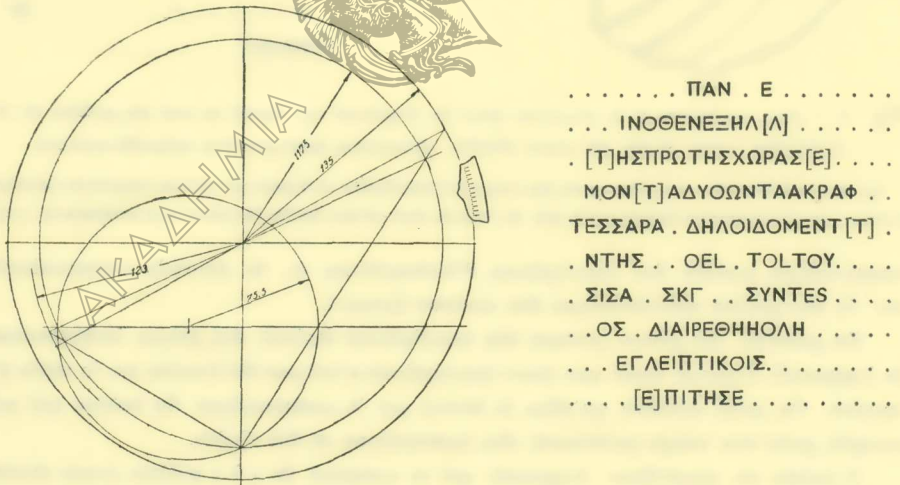


Fig. 4.—Schéma de la projection stéréographique d'une sphère céleste.

Le rayon de 135 mm. de cette sphère est déduit de celui de la circonférence (de la graduation) d'un fragment de disque, ayant une épaisseur d'un millimètre. Ce fragment existe parmi les autres pièces trouvées.

Étant donné qu'un autre fragment de lame porte les restes d'inscriptions qu'on voit à côté et que celles-ci donnent des nombres exactement correspondant aux dimensions d'une projection stéréographique, ayant comme rayon du méridien 135 mm., de là, on peut déduire que ce disque était employé par le navigateur pour la solution (par la règle et le compas) du triangle de position (selon la méthode d'Hipparque).

avec la vitesse du soleil tandis que le tambour tournait en sens inverse. (v. la légende de la fig. B de reproduction du mécanisme sur cette face).

Les mouvements pour les planètes inférieures ne suivaient dans cet

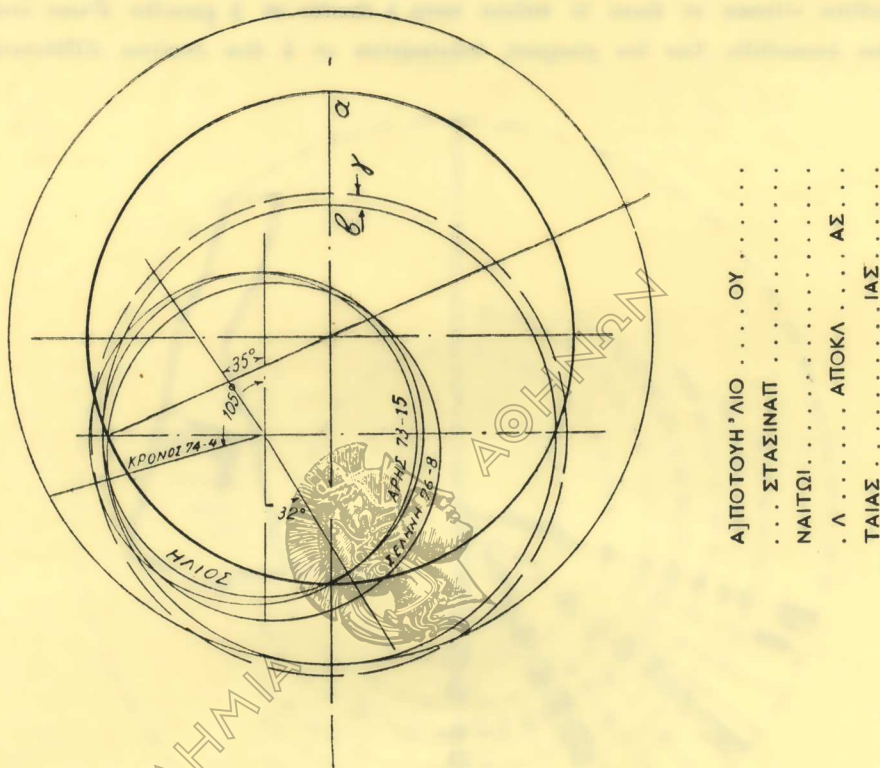


Fig. A. — *Schema théorique sur lequel est basée la construction de l'instrument d'Anticythère. Projection stéréographique des écliptiques de quelques corps du système solaire sur le plan de Capricorne (tropicque d'hiver).*

α méridien de la sphère céleste.— β dimension du tropique d'hiver.— γ circonférence encerclant les projections sur ce tropique des différents corps.— L'instrument donne un mouvement circulaire aux centres de ces diverses projections excentriques, de l'est à l'ouest, avec la vitesse du soleil; et en même temps donne à leurs rayons un mouvement rotatif, qui est inverse seulement pour les planètes supérieures; dans ce but, deux plaques tournent sur une troisième parallèle et immobile—représentée sur le plan γ par H—une plaque à chacune de ses faces. Et ceci pour obtenir la construction d'un appareil moins volumineux.

Les vestiges d'inscription à droite de la figure, avec quelques autres, presque complètement effacées, montrent comment, par cette projection, se trouvaient les coordonnées équatoriales par les écliptiques.

instrument, aucune règle connue. Ils s'obtenaient moyennant des tambours, placés excentriquement sur une autre plaque immobile, superposée à la plaque mobile desservant les mouvements correspondant à ces planètes. Ces tambours tournaient dans le sens normal (de l'Ouest vers l'Est).

ΑΙΠΟΤΟΥΗ'ΑΙΟ ΟΥ
 ΣΤΑΣΙΝΑΠ
 ΝΑΙΤΩΙ
 . Λ ΑΠΟΚΑ ΑΣ
 ΤΑΙΑΣ ΙΑΣ

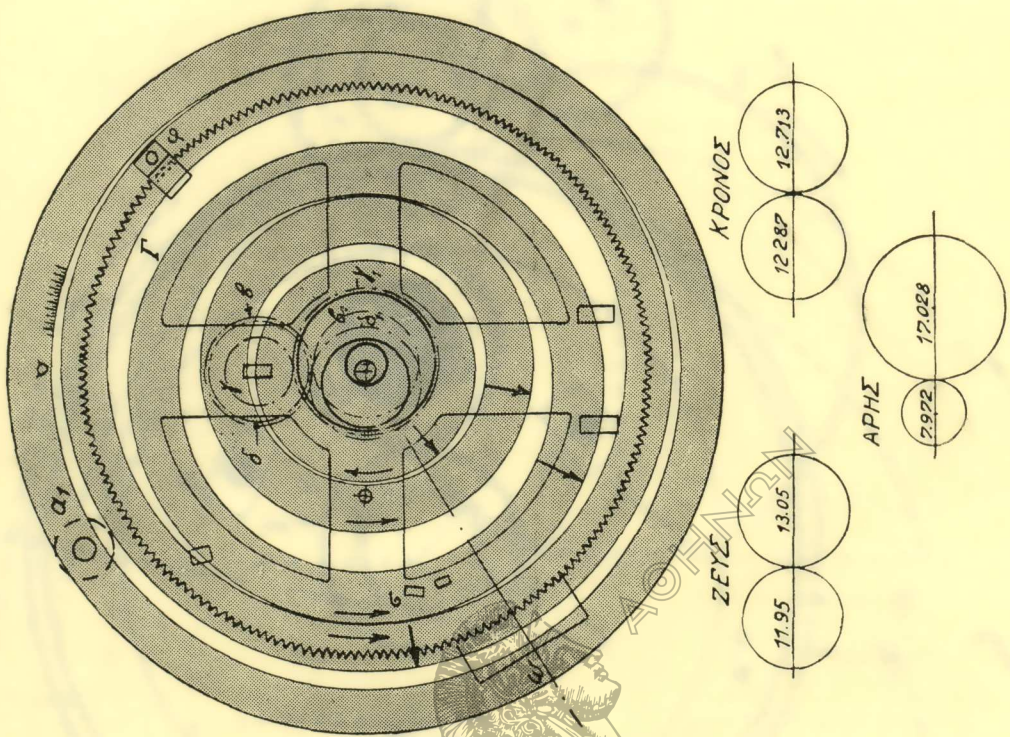
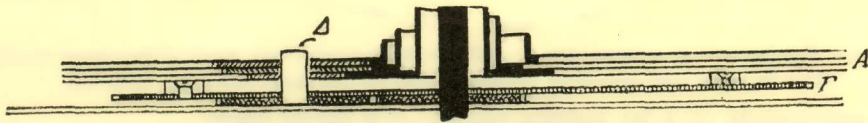


Fig. B. — Représentation de la face inférieure de l'instrument.

ω support de la manivelle. — φ un des ergots assurant l'inamovibilité du plan de la roue de 131 mm. — α pôle d'axe d'une roue non conservée qui s'engrenait avec la roue de 131 mm. Cet axe se conserve sur le revers de la plaque immobile et porte le système des roues dentées pour la transmission des mouvements sur l'autre face de l'instrument. — γ, δ, β, roues dentées (d'un rayon de 7,972 mm.-11,95 mm.-12,287 mm.) s'engrenant avec γ₁, δ₁, β₁ (des dimensions correspondant aux règles d'Apollonius), dont les axes sont excentriques. (Voir les dimensions des différents rayons à droite du plan d'après calcul). Les centres des excentriques s'entraînaient avec le système d'ensemble de la roue de 131 mm., dont la vitesse était celle du soleil et se transmettait sur l'axe portant les β, γ, δ, au moyen d'une roue satellite (voir cette roue sur la coupe [a]). Ainsi, les anneaux attachés aux excentriques prenaient, chacun, un mouvement inverse à celui du soleil. Les sens inverses des tambours indicateurs (attachés aux anneaux), sont indiqués par des flèches. Les tambours à graduation ne sont pas représentés sur la figure.



[a]. — Coupe représentative du système mécanique — expliquant par quel intermédiaire on obtenait sur cette face de l'instrument les mouvements excentriques de différents tambours.

Γ roue de 131 mm. — Δ axe portant à son bout inférieur le satellite de la roue de 131 mm et, autour de lui, les roues β, γ, δ. En réalité la hauteur de Δ est à peu près quatre fois plus grande que celle représentée sur la coupe en rapport du diamètre de Γ. — A, lamelles attachées à la roue Γ, servant de plan de séparation des roues dentées et en même temps faisant armature, aux différents excentriques.

L'axe excentrique Δ se voit sur la figure 2 au centre du satellite et des roues β, γ, δ qui sont marquées par les vestiges de leurs engrenages.

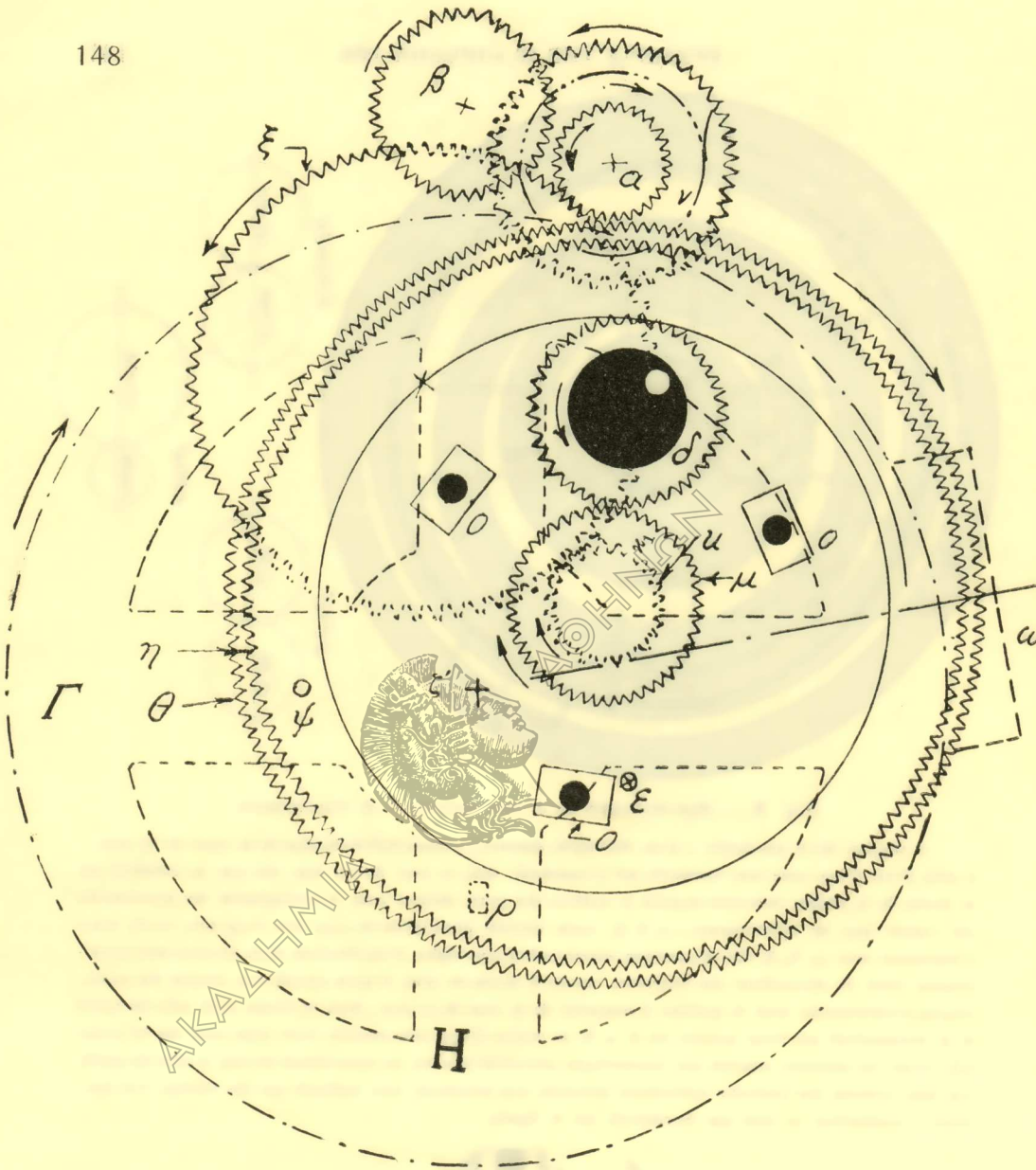


Fig. C—Représentant la transmission de quelques mouvements d'une partie d'engrenages de pièces dont les restes sont conservés, (première pièce du fragment, grandeur naturelle).

Le système de roues conservées sur la face supérieure (Voir fig. 1 et sa légende) dessert :

- 1.— La vitesse des η et θ (égale à celle du soleil).
- 2.— La vitesse de κ_1 , double de celle de l'axe α . Par les rapports des diamètres des roues de 131 mm. et 105 mm. et des di de leurs centres à l'axe α , il est clair que l'axe α prend exactement la moitié de la vitesse de la lune et que la roue κ_1 prend la vitesse de la lune.
- 3.— Celle de κ , (moindre d' $1/19$ que celle du soleil) transmise inversement par μ à δ . Ceci est obtenu au moyen de la roue μ (sur la plaque H, faisant corps avec celle de 131 mm.) et celle de transmission ϵ , dont le pôle est seulement conservé.

Ainsi la roue δ acquiert une vitesse inverse et égale au $18/19$ de celle de θ (du soleil). Un bouton sur δ , joue dans une fure radiale entaillée sur le disque de la base du tambour indicateur de la lune (le tambour portant graduation) et l'oblige à balancer à droite et à gauche, c.-à.-d. à décrire le secteur formé par les tangentes de centre de μ au cercle que décrit le bouton pendant un balancement complet se fait en 19 tours de θ (soleil). La roue κ , fait corps avec l'anneau du tambour de la vitesse de la lune (le tambour portant index), qui tourne dans ce tambour indicateur—dont le mouvement angulaire alternatif donne les indices de la longitude de la lune (l'anomalie) d'une période de 19 ans.

Les mouvements de la face inférieure sont expliqués sur les figures 1 bis et B.

Pour obtenir les anomalies longitudinales, chacune des plaques tournantes était munie d'un système permettant le balancement des lignes des absides. (v. la légende de la fig. C).

Le mouvement de Lycavas (du tambour du soleil) s'obtenait suivant la règle d'Hipparque, c.à.d. que la distance entre le centre du tambour et le centre de l'excentrique était $\frac{1}{24}$ du rayon.

Le constructeur réalisait le degré de précision désiré en diminuant ou en augmentant d'une le nombre des dents déterminées d'après le calcul.

Les indications données par les tambours étaient d'une précision absolue. (v. dans la fig. A, la projection suivant laquelle a été poursuivi le projet de construction de l'appareil; v. aussi sa légende).

Le fonctionnement de l'appareil est expliqué clairement par les légendes des fig. B et C.

ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ. — Sur la navigation astronomique des anciens Grecs, par *Jean Théofanidis*.*

Gosselin, dans son ouvrage classique¹, écrit:

1 — Que le géographe Ptolémée (Claudé, 2^{me} siècle de notre ère) avait appliqué à sa projection les données des cartes de Marin de Tyr.

2. — Que Marin (1^{er} siècle av. J.-C.) avait appliqué à son système de projection les données des cartes d'Hipparque, en admettant, comme mesure de l'arc du méridien terrestre, celle de Posidonius, astronome de l'école d'Alexandrie, son contemporain, mesure très inexacte et différente de la mesure d'Hipparque. C'est de cette erreur de Marin que résulta une véritable confusion sur les distances et les coordonnées.

3. — Qu'Hipparque (2^{ème} siècle avant notre ère) avait appliqué à sa projection les données des cartes d'Eratosthène, sans réduire pour ses cartes les coordonnées à sa mesure de l'arc du méridien. Et cette erreur d'Hipparque eut comme conséquence une différence capitale dans les coordonnées géographiques.

4. — Que la mesure de l'arc du méridien d'Eratosthène était d'une précision absolue, mais que, dans ses cartes, il y avait des différences sur les distances, dues à la faute impardonnable d'application des données des navigateurs, sans réductions préalables de leurs échelles de mesure à la mesure admise de l'arc terrestre.

5. — Que les données des cartes d'Eratosthène, une fois réduites à la mesure d'arc, sont d'une exactitude surprenante et nous prouvent la précision absolue des observateurs anciens.

* Άνεκoinώθη κατά την συνεδρίαν τῆς 8 Μαρτίου 1934.

¹ GOSSELIN - JOSEPH. La Géographie des Grecs analysée, ou les Systèmes d'Eratostènes, de Strabon et de Ptolemée comparés entre eux, 1790.