

τετάρτη μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τοῦ Μ. λογοθέτου, τοῦ Μ. Χαρτοφύλακος, τοῦ Μ. ρήτορος καὶ πρὸ τῶν ὑπογραφῶν τοῦ πρωτεκδίκου καὶ τῶν ἄλλων ὑπογραψάντων τὸ γράμμα ἀξιωματικῶν. "Ὁρα Π.Ε., 2, σ. 442.

<sup>7</sup> Οὕτως εἰς τὸ ἀπὸ Ἰουλίου 1575 περὶ τοῦ προνομίου τοῦ Σινᾶ συνοδικὸν γράμμα τοῦ Π. Ἱερεμίου τοῦ Β' τὸ ὑπογραφὲν καὶ ὑπὸ τῶν Πατριαρχῶν Ἀντιοχείας Ἰωακείμ καὶ Ἱεροσολύμων Γερμανοῦ καὶ τοῦ ἀρχιεπισκόπου Κύπρου Τιμοθέου καὶ ἄλλων ἀρχιερέων, ἀπαντᾷ μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τῶν ἀρχιερέων ἢ ὑπογραφή τοῦ Μ. ἐκκλησιάρχου πέμπτη μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τοῦ Μ. Οἰκονόμου, τοῦ Μ. λογοθέτου, τοῦ Μ. σακελλαρίου, τοῦ Μ. σκευοφύλακος καὶ τοῦ Μ. χαρτοφύλακος, καὶ πρὸ τῆς τοῦ Μ. πρωτοσυγκέλλου καὶ τῶν ἄλλων ὑπογραψάντων ἀξιωματικῶν. "Ὁρα Π.Ε., 2, σ. 337 Α.Δ., 5, σ. 245 καὶ Κ. Δ. Π. Θ. Ι. σ. 90.

<sup>8</sup> Οὕτως ἐν τῇ ἀπὸ Ἰουλίου 1668 κατὰ τῶν νεωτερισμῶν τοῦ Σιναίου Ἀνανίου συνοδικῷ γράμματι τοῦ Π. Μεθοδίου τοῦ Γ' ἀπαντᾷ μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τῶν ἀρχιερέων ἢ ὑπογραφή τοῦ Μ. ἐκκλησιάρχου Νικολάου ἐν ταῖς τῶν ἀξιωματικῶν ὑπογραφαῖς ἕκτη καὶ δῆ, μετὰ τὰς τοῦ Μ. λογοθέτου, τοῦ Μ. χαρτοφύλακος, τοῦ πρωτεκδίκου καὶ τοῦ Μ. ρήτορος καὶ πρὸ τῆς ὑπογραφῆς τοῦ δικαιοφύλακος καὶ τῶν ἄλλων ἀξιωματικῶν τῶν ὑπογραψάντων. Π. Ε., 3, σ. 373 καὶ Κ. Δ. Π. Θ. Ι. σ. 401, ἐν τῇ ἀπὸ Μαΐου 1641 καταργητικῇ τῶν ζητειῶν τοῦ κλήρου τόμῳ τοῦ Π. Παρθενίου τοῦ Α' μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τῶν ἀρχιερέων ἀπαντᾷ ἐν ταῖς ὑπογραφαῖς τῶν ἀξιωματικῶν ἢ τοῦ Μ. ἐκκλησιάρχου Μιχαὴλ ἕκτη μετὰ τὰς ὑπογραφὰς τοῦ Μ. λογοθέτου, τοῦ Μ. οἰκονόμου, τοῦ Μ. σακελλαρίου, τοῦ Μ. σκευοφύλακος καὶ τοῦ Μ. ρήτορος, πρὸ δὲ τῆς τοῦ Μ. πρωτεκδίκου Π. Ε., 3, σ. 292.

#### ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ. — Contribution à la recherche des dimensions des clepsydres des tribunaux chez les Grecs\*, par C. Maltézos.

Nos connaissances sur les dimensions des clepsydres des tribunaux chez les Grecs sont très limitées. Par dimensions de la clepsydre nous comprenons: la forme et les dimensions du vase, le nombre, l'espèce et les dimensions des ouvertures d'écoulement (trous ou tubulures).

Pour leur forme, j'ai déjà montré, que pendant les premiers temps de leur introduction, d'abord à Athènes, c'étaient des amphores construites suivant le principe des clepsydres-pipettes, mais avec certaines particularités de construction leur permettant de s'adapter à cet usage spécial. Plus tard leur forme se simplifie, et vers la fin du IV<sup>e</sup> siècle av. J. C. devient, d'après nous, celle d'un simple vase cylindrique; elle était posée sur un trépied par une anse ou par des oreillettes, afin d'être visible de toute l'assemblée.

Dans mon étude «*Ἡ δικαστικὴ κλεψύδρα καὶ ἡ διαμετρομημένη ἡμέρα*» (Ἐφ. Ἀρχ. 1920), j'ai discuté la question si le fond de la clepsydre des tribunaux portait un ou plusieurs trous ou tubulures, et j'avais conclu qu'il

\* Κ. ΜΑΛΤΕΖΟΣ. — Συμβολὴ εἰς τὴν ἔρευναν τῶν διαστάσεων τῶν δικαστικῶν κλεψυδρῶν παρὰ τοῖς Ἑλλήσιν.

devait porter une seule tubulure (suivant Aristote: Ἀθην. Πολιτ., d'après l'édition des Kaibel et Willamowitz, 1898 et celle de Fr. Blass, 1914), et dans mes plus récentes recherches, qu'il portait, du moins dès la fin du quatrième siècle un seul trou<sup>1</sup>.

Dans la présente communication je m'occupe spécialement de rechercher approximativement les dimensions du vase, supposé cylindrique et le diamètre de la tubulure ou du trou, supposé circulaire. Les difficultés que nous rencontrerons dans notre recherche deviendraient insurmontables, si le vase avait la forme d'une amphore.

Pour cela, il nous faut déterminer en premier lieu, la durée de vidange d'une telle clepsydre, contenant une quantité d'eau donnée. D'après Aristote (Ἀθην. Πολιτ. 67), l'unité de la durée des plaidoiries dans les affaires à eau était le temps de la vidange d'une clepsydre d'un chous, ou simplement un chous ou une mesure. P. ex., pour les causes de plus de 5000 drachmes, il était donné à chacun des adversaires, d'après Démosthène (Πρὸς Μακάρ. 78. Περὶ κλήρου διαδικασίας) une amphore-métrète (= 12 mesures) et trois mesures pour la réplique; et d'après Ἀθην. Πολιτ., pour les mêmes causes on donnait une clepsydre de dix mesures et une autre de trois mesures pour la réplique<sup>2</sup>. Et pour les causes de moindre importance il était donné des clepsydres de moindre nombre de mesures<sup>3</sup>.

Il nous faut donc préciser en premier lieu, le temps nécessaire pour la vidange d'une clepsydre de 12 choées, dont le douzième est égal à l'unité légale du temps, celle d'un chous ou d'une mesure.

Ce temps a été d'abord calculé par Bruno Keil<sup>4</sup> au moyen de l'estimation des durées de la déclamation par les orateurs attiques des plaidoiries qui nous sont parvenues, et dans la même année par moi<sup>5</sup>, l'ayant calculée d'une part par la même méthode que Bruno Keil, d'autre part par la durée de la plus courte journée de l'année à Athènes (la journée étalon); puis,

<sup>1</sup> ΗΡΩΝΔΑΣ. Πορνοβοσκός v. 42, ΗΡΩΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΥΣ, Πνευμ. Β. XXVII, Περὶ Ὑδρίων ὠροσκοπίων ex Πράκτου Διαδόχου, Περὶ Ὑδρίων ὠροσκοπίων ex Πράκτου Διαδόχου, Περὶ Ὑδρίων ὠροσκοπίων ex Πάππου, in Theonis in Ptolem. magn. const. comment., ΣΟΥΪΔΑ m. Κλεψύδρα. PLINII e. s. Epistolae (note 36).

<sup>2</sup> J'ai discuté dans mon étude précitée l'explication de cette différence.

<sup>3</sup> Ἀθην. Πολιτ. 67.

<sup>4</sup> Zum athen. Gerichtswesen. Anonymus Argentinensis, 1902.

<sup>5</sup> Η κλεψύδρα παρὰ τοῖς ἀρχαίοις, Ἐφ. Ἀρχ., 1902.

deux ans plus tard, par P. Photiadès<sup>1</sup>, en usant de la seconde de mes méthodes; enfin, de nouveau par moi en 1920<sup>2</sup>, par chacune des deux méthodes, la première modifiée, et la seconde, où j'ai pris comme durée de cette journée-étalon le temps durant lequel le soleil se trouve à Athènes au dessus des montagnes de l'Attique.

D'après ces calculs, la durée de vidange d'une clepsydre des tribunaux d'une amphore, a été trouvée:

par Bruno Keil (1902)	}	dans le temps de Lysias	: 54 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup>
		» » » »	» Démosthène: 48 <sup>m</sup>
C. Maltézos (1902)			51 <sup>m</sup>
» C. Maltézos (1920)			49 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup>
» P. Photiadès (1904)			51 <sup>m</sup> ,4

d'où l'unité du temps légal, ou la mesure du temps, dans les affaires à eau à Athènes,

d'après Bruno Keil (1902)	}	dans le temps de Lysias	: 4 <sup>m</sup> ,57
		» » » »	» Démosthène: 4 <sup>m</sup>
» » C. Maltézos (1902)			4 <sup>m</sup> ,25
» » C. Maltézos (1920)			4 <sup>m</sup> ,1
» » P. Photiadès (1904)			4 <sup>m</sup> ,3

Nous prendrons donc comme temps probable de vidange d'un vase cylindrique contenant une amphore d'eau, à Athènes, 49<sup>m</sup>5<sup>s</sup>, soit 2945<sup>s</sup>.

Une telle clepsydre, modifiée, se remplissait par versement de l'eau par l'ouverture supérieure; elle avait donc certainement une ligne tracée près du bord, la ligne du niveau primitif de l'eau désignant une quantité d'eau d'une amphore, soit lit. 38,88 (d'après W. Dörpfeld: lit. 38,79; plus tard, vers le III<sup>e</sup> siècle, l'amphore a été augmentée à lit. 39,3).

Donc, notre problème consiste à trouver les dimensions d'un vase cylindrique, d'une contenance jusqu'à la ligne de niveau primitif  $Q = 38880$  cm. c., lequel se vide dans le temps  $T = 2945^s$  et, par analogie, de même pour les clepsydes de moindre durée. On demande, par conséquent, le diamètre interne  $D$  du vase cylindrique, la hauteur  $H$  de la ligne de niveau depuis le fond du vase et le diamètre  $d$  du trou ou de la tubulure d'écoulement, supposée circulaire.

Pour les deux premiers éléments on a la relation:

$$(1) \quad Q = \Sigma \cdot H$$

avec  $\Sigma = \pi \frac{D^2}{H}$

<sup>1</sup> Περὶ τῆς διαμετρημένης ἡμέρας καὶ τῆς δικαστικῆς κλεψύδρας, Ἀθηναῖ, 16, 1904.

<sup>2</sup> Ἡ δικαστικὴ κλεψύδρα καὶ ἡ διαμετρημένη ἡμέρα, Ἐφ. Ἀρχ., 1920.

D'autre part, pour le cas d'un trou en mince paroi, nous avons la relation hydrodynamique :

$$(2) \quad T = \frac{\Sigma}{\mu\sigma} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{1}{\mu} \left(\frac{D}{d}\right)^2 \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

$\sigma$  désignant l'aire de l'ouverture d'écoulement,  $\mu$  le coefficient d'écoulement, qui, dans le cas où la hauteur  $H$  est assez grande par rapport au diamètre de l'ouverture<sup>1</sup>, est égal au coefficient de contraction de la veine, et  $g$  l'intensité de la pesanteur, égale à Athènes à  $980 \frac{\text{cm}}{(\text{sec})^2}$ . Le coefficient  $\mu$  est pris en moyenne égal à 0,62 et par d'autres égal à 0,64<sup>2</sup>.

Les deux relations (1) et (2) donnent :

$$(3) \quad T = \frac{2Q}{\mu\sigma\sqrt{2gH}}.$$

Pour une tubulure d'écoulement ou *ajutage cylindrique*, on sait que la vitesse moyenne à la sortie de la tubulure est donnée par la formule  $V = \mu_1 \sqrt{2gH}$ , d'où, pour  $H$  constante :

$$(4) \quad Q = \mu_1 \sigma \sqrt{2gH},$$

<sup>1</sup> Vgl. U. MASONI, Corso d'Idraulica, 1908, p. 237.

<sup>2</sup> Pour la valeur de  $\mu$  plusieurs expériences ont été exécutées par les meilleurs hydrauliciens (U. MASONI, *Loc. Cit.* p. 246). On a trouvé pour une ouverture circulaire, en mince paroi, de diamètre de 0,020 m. à 0,160 m. et de  $H > 0,30$  m.,  $\mu = 0,61$ ; mais si le diamètre  $d$  devient plus petit et la hauteur  $H$  inférieure à 0,30, on trouve en moyenne  $\mu = 0,64$ . Dans la table II de Masoni (p. 250) on lit des valeurs de  $\mu$  pour  $d = 0,010$  m.,  $\mu = 0,649$  (Hachette); 0,654 et 0,673 (Castel).

De même, pour les très petits trous et de petites hauteurs de niveau, d'après J. Hachette et H. Buff (v. PHILIPP FORCHHEIMER, *Hydraulik*, 1914, p. 225),  $\mu$  devient de beaucoup supérieur à ce qu'il est pour les valeurs moyennes des trous.

De plus pour des valeurs de  $d$  entre 10 m.m. et 1 m.m. le rapport du diamètre de la section contractée de la veine à  $d$  peut augmenter jusqu'à 0,83, d'où le coefficient  $\mu$  peut s'élever jusqu'à 0,69 (J. HACHETTE, *Annales de Chimie et de Physique* (2) III, 78, 1816).

D'après L. BERGERON (*Machines Hydrauliques* 1928) le coefficient  $\mu$  « a une valeur bien difficile à connaître d'une manière certaine; si c'est un orifice à mince paroi, il varie de 0,6 à 0,68 suivant la charge et le diamètre; si c'est un ajutage à entrée convenablement arrondie, il varie encore de 0,96 à 0,99 suivant le poli des parois. On peut donc commettre une erreur très grande dans l'estimation de ce coefficient ».

$\mu_1$  étant le coefficient de l'affaiblissement de la vitesse d'écoulement, donné par la formule<sup>1</sup>:

$$(5) \quad \mu_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\mu} - 1\right)^2 + \frac{10}{9}}}.$$

La longueur de l'ajutage, surtout pour les petits diamètres, ne doit pas être supérieure, d'après Masoni, à cinq fois son diamètre interne, si l'on veut que l'action retardatrice de la résistance due à la paroi du tube reste négligeable.

De la relation (5) on calcule; pour  $\mu = 0,62$ ,  $\mu_1 = 0,82$ ; pour  $\mu = 0,64$ ,  $\mu_1 = 0,837$  et pour  $\mu = 0,69$ ,  $\mu_1 = 0,872$ .

Pour le temps de vidange à travers l'ajutage cylindrique nous pouvons aussi appliquer, *approximativement*, la formule:

$$(6) \quad T_1 = \frac{\Sigma}{\mu_1 \sigma} \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

laquelle, par la relation (1), devient

$$(7) \quad T_1 = \frac{2Q}{\mu_1 \sigma \sqrt{2gH}},$$

où  $\mu_1$  est supposé constant pendant toute la durée de l'écoulement. La formule (7) n'est donc vraie qu'en une approximation assez grossière.

Les relations (3) et (7) contiennent deux inconnues, la hauteur H et le diamètre d de l'ouverture d'écoulement, en supposant les valeurs de  $\mu$  et de  $\mu_1$  données expérimentalement. Il nous faudrait donc, pour la solution de notre problème de la détermination des dimensions de la clepsydre des tribunaux, une autre relation de plus entre les deux éléments cherchés, indépendante de (3) ou de (7). Mais, une telle relation n'existant pas, nous essaierons de calculer directement l'un de ces deux éléments, en nous basant sur des données archéologiques.

Une de ces données peut être déduite de la hauteur des grandes amphores *panathénaïques*. Si, en effet, conformément aux conclusions de mon étude «*Du temps de l'introduction de la clepsydre des tribunaux à Athènes et de son inventeur éventuel*» (Πρακτικά 'Ακ. 'Αθ. 1931), dans les premiers temps de leur introduction, les clepsydres avaient la forme des

<sup>1</sup> U. MASONI, Loc. cit. p. 272.

amphores, leur hauteur pour la contenance d'une amphore-métrète d'eau, ne devait différer de beaucoup de la hauteur moyenne des grandes amphores panathénaïques. Quand, plus tard, les clepsydres étaient devenues cylindriques, elles ne devaient pas, probablement, varier beaucoup en hauteur.

Les deux plus grandes amphores panathénaïques du Musée National archéologique d'Athènes ont pour hauteur l'une 55 cm., l'autre 51 cm. En supposant donc que la hauteur de la ligne du niveau primitif d'une clepsydre cylindrique de révolution ne diffère pas beaucoup de ces hauteurs, et en prenant, provisoirement,  $H=50$  cm., nous calculons des relations (3) pour le cas du simple trou en mince paroi: pour  $\mu=0,62$ ,  $d=4,163$  mm.; pour  $\mu=0,64$ ,  $d=4,097 \sim 4,10$  mm. et pour  $\mu=0,69$ ,  $d=3,95$  mm.; et dans le cas d'un ajutage cylindrique, pour  $\mu_1=0,82$ ,  $d=3,62$  mm.; pour  $\mu_1=0,837$ ,  $d=3,58$  mm. et pour  $\mu_1=0,872$ ,  $d=3,51$  mm. Dans les deux cas le diamètre interne du vase est de 31,47 mm., puisqu'on a  $Q=38880$  cmc.  $=50$ .  $\Sigma$ .

Les diamètres de l'ouverture d'écoulement ainsi calculés paraissent très petits; mais tous les anciens auteurs parlent d'un trou minime. Néanmoins cette méthode est par trop incertaine.

Il existe pourtant un autre renseignement archéologique pour l'estimation du diamètre cherché; il nous est fourni par l'inscription de Iasos, trouvée par Haussoulier dans l'île de Tarandos (B. C. H. 1884, VIII, p. 218-222). Nous y lisons: «ἐκάστου μηνὸς ἕκτῃ ἰσταμένου καὶ ταῖς [συγκληῆτοις ἐκκλη]σίαις ἐκτιθέναι ἄμα τῇ ἡμέρᾳ κεράμιον μετρητῆριον [ὑδατο]ς πλήρες, τρύπημα ἔχον κυμμαῖον, ἀπέχον δὲ ἀπὸ τῆς γῆς |ἐ|φ'|ε|σον ποδῶν |ἐ|πτά· ἀφέσθαι δὲ τὸ ὕδωρ ἄμα τῷ ἡλίῳ |ἀν|ατέ|λλ|οντι.»

Cette inscription, d'après Hicks (*Journal of Hell. Stud.* 8, p. 103, 110), est de l'an 168 av. J. C., tandis que d'après Photiadès<sup>1</sup>, ne justifiant pas suffisamment son opinion, elle est très antérieure, peu postérieure aux temps d'Aristote.

Comme très justement Photiadès l'a observé<sup>2</sup>, par le mot κυμμαῖος on doit entendre une longueur déterminée, fixant le diamètre du trou, et probablement, d'après lui, la plus petite subdivision du doigt. «Et puisque les Iasiens avaient sous les yeux pour la rédaction du décret trouvé les lois attiques, la détermination de cette mesure Iasienne nous amènera à la

<sup>1</sup> L. c. p. 61.

<sup>2</sup> L. c. p. 62.

détermination éventuelle du diamètre de l'ouverture de la clepsydre des tribunaux, de contenance d'une amphore, chez les Athéniens.»

Je suis tout à fait de l'avis de Photiadès que dans l'inscription Iasienne le mot *κναμαῖος* ne correspond pas au diamètre de la fève (*κύαμος*, vulg. *κουκκί*) d'aujourd'hui, puisque, s'il en était ainsi, le diamètre du trou serait par trop grand et le temps de vidange de l'amphore extrêmement bref.

J'ai donc cherché à quel grain comestible correspond le *κύαμος* de l'inscription. D'après le *Dictionnaire Phytologique* de P. Gennadios: «*Κύαμος ὁ κοινὸς* (Faba vulgaris, la vicia Faba), le *κύαμος* des anciens, vulgairement appelé *κουκκία*—et de ces *κύαμοι* vulgaires parlent communément les anciens, quand il s'agit des élections des archontes etc.»

Mais, comme très justement a observé Eug. Fournier (in Saglio et Daremberg: m. *Cibaria. Les aliments*): «En lisant les auteurs anciens il importe de ne pas se laisser tromper par l'imperfection de leur nomenclature et de se rappeler que les noms de *κύαμος* et de faba désignent quelques fois chez eux tout autre chose que la fève. Le terme de *κύαμος* paraît avoir eu le sens général de grain comestible... Lorsqu'Aristote reconnaît que l'œil d'un poulet de dix jours, dans l'œuf, est plus grand qu'un *κύαμος*<sup>1</sup>, il a en vue une légumineuse qu'un passage de Galien permet de déterminer. C'était la vesce, le vicia des Romains, aujourd'hui encore *βῆκος* en Grèce, appelée *βικίον*<sup>2</sup> par Galien, et par les Attiques, dit-il, *ἄρακος ἢ κύαμος ἑλληνικός*.»

D'après cela, j'ai mesuré les diamètres du *cicerole* (*ἀρακῆ*) sec du commerce (à Athènes), du cicerole attique desséché variété appelée vulg. *sauvage*, qui, desséché, donne, pour la plupart, des sphérules lisses, enfin celui de la vesce sèche du marché (à Athènes).

Voici les nombres trouvés des diamètres en millimètres:

*Cicerole sec (du commerce)*

*Maxim.* — 6,73 — 7,55 — 6,56 — 5,77 — 5,46 — 6,79 — 7,30 — 5,35 — 5,30 — 7,10 — 6,90

*Minim.* — 6,48 — 5,18 — 6,15 — 5,50 — 5,37 — 6,60 — 6,05 — 4,95 — 5,28 — 6,53 — 6,20

et en moyenne diamètre max.: 6,43 mm., min.: 5,84 mm. et sphérique 6,18 mm.

<sup>1</sup> ARIST., Περὶ τὰ ζῷα ἱστορίαι: Γίνονται δ' οἱ ὀφθαλμοὶ περὶ τὸν χρόνον τοῦτον ἐξαιρόμενοι μεῖζους κυάμων καὶ μέλανες.

<sup>2</sup> GALIEN dans *les Poids et Mesures* enregistre aussi le *κύαμος* comme un poids déterminé, sans aucun rapport avec la mesure de longueur cherchée.

*Cicerote desséché (sauvage)*

*Maxim.* — 5,10 — 4,67 — 5,50 — 5,60 — 4,58 — 6,25 — 7,15 — 5,80 — 5,30 — 5,48 — 5,00  
*Minim.* — 4,35 — 4,48 — 5,25 — 5,20 — 4,47 — 5,55 — 6,35 — 5,35 — 5,22 — 5,16 — 4,10  
*Maxim.* — 4,90 — 5,10 — 5,65 — 4,00 — 5,04 — 4,20 — 3,90 — 4,44 — 7,10  
*Minim.* — 4,80 — 4,80 — 5,58 — 4,00 — 4,58 — 3,54 — 3,90 — 4,06 — 5,00,  
 soit, en moyenne, diamètre max : 5,24 mm., min : 4,79 mm. et sphérique 5 mm.

*Vesce (Βίκος)*

*Maxim.* — 3,77 — 4,55 — 4,63 — 4,25 — 4,68 — 4,84 — 4,72 — 4,45 — 4,37 — 3,27 — 4,58  
*Minim.* — 3,74 — 3,70 — 4,49 — 3,72 — 4,50 — 4,00 — 4,39 — 4,20 — 3,20 — 3,14 — 4,58  
*Maxim.* — 5,39 — 4,80 — 4,58 — 3,80 — 4,18 — 4,10 — 5,93 — 3,57 — 4,69  
*Minim.* — 4,80 — 4,77 — 4,27 — 3,00 — 3,98 — 3,90 — 3,70 — 3,52 — 4,60,  
 soit, en moyenne, diamètre max. : 4,46 mm., min. : 4,01 et sphérique 4,23 mm.

Ces mesures nous conduisent à préférer pour le diamètre de l'ouverture d'écoulement des clepsydres les nombres *de la vesce*, conformément, d'ailleurs, à l'opinion citée d'Eug. Fournier sur la désignation, rencontrée quelquefois, de la vesce par le mot *κύαμος*. Et, digne de remarque, *ces deux méthodes nous conduisent pour l'estimation des diamètres cherchés à des nombres compris entre 3,5 mm. et 5 mm.*

Pour pousser plus loin la recherche expérimentale de la solution de notre question, j'ai d'abord fait construire un vase cylindrique métallique, de hauteur de 60 cm. et de diamètre interne de 32,9 cm.<sup>1</sup> avec un fond de bronze poli, percé au centre d'un trou circulaire, de diamètre de 4,25 mm., en mince paroi — l'épaisseur de la lèvre était de 0,2 mm. — et, en plus, symétriquement à son centre, deux autres ouvertures circulaires égales au trou central, avec des ajutages cylindriques de longueur, l'un de 8,25 mm., l'autre de 15 mm. Chaque ouverture se fermait par une tôle en caoutchouc, supportée par un levier.

A chaque essai, nous posions d'abord horizontalement le fond du vase, et puis nous ôtions la tôle, après avoir laissé l'eau devenir tout à fait tranquille dans le vase.

L'eau versée chaque fois avait une hauteur de près de 46 cm., d'où la quantité totale était de 39 lit. (à peu près une amphore-métrète). Par ces données, la formule (3) donne pour  $\mu = 0,62$ ,  $T = 2955$  s. = 49 m. 15 s.; pour  $\mu = 0,64$ ,  $T = 2862$  s. = 47 m. 42 s. et pour  $\mu = 0,69$ ,  $T = 2655$  s. = 44 m. 15 s. Pour les ajutages cylindriques, d'égal diamètre, la formule (7) donnerait

<sup>1</sup> Égal au pied égino-attique ou phidonien.

pour  $\mu_1 = 0,82$ ,  $T_1 = 2234$  s. = 37 m. 14 s.; pour  $\mu_1 = 0,837$ ,  $T_1 = 2189$  s. = 36 m. 29 s. et pour  $\mu_1 = 0,872$ ,  $T_1 = 2101$  s. = 35 m. 1 s.

Les mesures effectuées avec ce dispositif, avec de l'eau de la ville, sous un niveau primitif de 46 cm., en des jours différents, nous ont fourni les valeurs suivantes:

Trou			Ajustage n° 1		Ajustage n° 2		Observations
Tempér.	T	$\mu$	Tempér.	$T_1$	Tempér.	$T_2$	
25,8-26,2	39 11	0,778	25,4-25 6	29 3	25,3	29 2	1. L'écoulement se termine par des gouttes. Les nombres du tableau des colonnes T, $T_1$ donnent les temps d'écoulement jusqu'à l'apparition de la première goutte. 2. La quantité d'eau de l'ensemble des gouttes avec celle qui reste dans le vase, après les gouttes, a été mesurée, pour les cas du trou, 70 gr. et pour les ajustages 140 gr. 3. Durant les quatre dernières minutes de l'écoulement la veine devenait oblique, et vers la fin un mouvement giratoire s'était déclaré.
15,7	39 35	0,770	15,5	29 14	15,7	29 33	
18,4	40 15	0,757	17,9	29 3	16,4	29 27	
19,2	39 11	0,778	—	—	18,6	29 11	
14,2-15	40 3	0,761	—	—	14,2	29 35	
15,1	40 30	0,753	—	—	—	—	

Nous remarquons que les valeurs de  $\mu$  sont trop grandes; de plus les valeurs de  $\mu_1$ , pour les ajustages, sont supérieures à l'unité, ce qui, en combinaison avec la troisième observation ci-dessus, montre clairement que la construction était défectueuse, et que, pour ces ajustages, la formule (7) n'est pas applicable.

A cause de cela, j'ai remplacé le fond composé du vase par un autre, dont la partie centrale est constituée d'un disque de bronze circulaire, de 8 cm. de diamètre, pouvant s'y visser de façon à constituer avec le reste un fond plan et uni, et portant à son centre le trou ou l'ajutage cylindrique.

Un premier mesurage avec le disque à trou, de diamètre, maintenant, de 4,325 mm., a donné, pour  $t = 14^{\circ},7$ ,  $T = 2502$  s. = 41 m. 42 s.; un deuxième mesurage, pour  $t = 15^{\circ},1-15^{\circ},2$ , donna  $T = 2498$  s. = 41 m. 38 s.; et, en moyenne, à  $15^{\circ}$ ,  $T = 2500$  s. Le poids restant de l'eau était de 148 gr. De ces données, avec  $Q = 39000 - 148 = 38852$  gr., la formule (3) nous donne  $\mu = 0,705$ . En remplaçant ce disque par un autre muni à son centre d'un ajustage cylindrique de diamètre 0,435 mm. et de longueur 23,8 mm., nous avons mesuré successivement (pour  $t = 15^{\circ}-15^{\circ},2$ );  $T_1 = 31$  m. 44 s.; 31 m. 46 s.; 31 m. 41 s.; et le poids de l'eau restante 165 gr. On a donc trouvé en moyenne  $T_1 = 31$  m. 44 s.; et de la formule (7), *supposée valable*, on tire  $\mu_1 = 0,915$ .

Depuis, nous avons fait fabriquer un autre disque vissé, portant un trou, de fabrication très soignée, de diamètre de 4,07 mm., avec lequel nous avons aussi exécuté une série de mesures. Maintenant le phénomène

des gouttes n'a pas lieu, l'écoulement se terminant d'une façon brusque.

Dans un premier mesurage, la température de l'eau étant  $20^{\circ},7$ , on a trouvé  $T=47\text{m. }8\text{ s.}$ , le restant de l'eau dans le vase étant de 189 gr. Un second mesurage, avec  $t=20^{\circ},5$ , a donné  $T=46\text{ m. }57\text{ s.}$ , avec un reste d'eau de 190 gr. Un troisième mesurage, avec  $t=22^{\circ}$ , a donné  $T=46\text{ m. }58\text{ s.}$ , et quantité restante de 200 gr. Par ces données, la formule (3) nous donne  $\mu=0,708-0,703$ . Un quatrième mesurage, avec  $t=21^{\circ},7$ , nous a donné  $T=46\text{ m. }50\text{ s.}$ , et le restant 184 gr. Dans cette épreuve, nous avons mesuré directement la quantité de l'eau écoulée, et nous l'avons trouvée égale à 38847 cm. c. tandis que sa valeur calculée était de 38816; l'erreur donc était inférieure à 0,001. Ce dernier essai nous a fourni  $\mu=0,708$ .

On voit donc qu'avec les précautions prises de fabrication soignée on arrive de nouveau à des valeurs expérimentales de  $\mu$  (valeurs moyennes pour la vidange complète) égales à 0,70-0,71. D'où, inversement, en prenant pour la valeur moyenne de  $\mu$  durant la vidange 0,70-0,71, avec un vase cylindrique de révolution, de diamètre égal à 32,9 cm. et avec quantité d'eau de 39 litres, nous évaluons par la formule (3), pour  $T=2945\text{ s.}$  (temps légal de douze choes), le diamètre du trou d'écoulement égal à  $3,98 \cong 4\text{ mm.}$

Sur d'autres disques semblables, nous avons vissé des ajutages cylindrique. Voici les valeurs trouvées:

Ajutage		Eau restante	Tempér. de l'eau	Temps d'écoulement	$\mu_1$ d'après (7)
Diamètre	Longueur				
mm. 4,35	mm. 23,8	gr. 165	$^{\circ}$ 15,2	$\text{m}^{\text{ s}}$ 31 44	0,914
3,65	11	133	19,7-19,9	43 43	0,9425
»	»	125	20,2	44	0,9377
3,55	12	110	24,6	46 52	0,93
3.305	»	105	23,1	56 5	0,897

De tout cela nous concluons en premier lieu qu'il est impossible de déterminer *exactement* les diamètres des ouvertures d'écoulement, pas plus que le diamètre du vase de la clepsydre, supposé de révolution, par des expériences actuelles; *mais on peut estimer que le diamètre du trou circulaire ne différerait pas beaucoup en moyenne de 4 mm., pour les clepsydes de contenance d'une amphore, et que celui de l'ajutage cylindrique était inférieur à 4 m.m. et si la formule (7) est valable, le diamètre interne de l'ajutage ne saurait être inférieur à 3,35 m.m. (en posant  $\mu_1=1$ ).* Mais en tout cas, un faible

changement du diamètre de l'ouverture d'écoulement emmène, les autres éléments restant les mêmes, un changement considérable du temps de vidange. Il fallait donc, d'une part, que les anciens eussent les moyens de pratiquer l'ouverture dans la mesure voulue, aussi exactement que possible; cela pouvait être obtenu soit par la fabrication de l'ouverture au moyen d'un *clou* de diamètre voulu et bien déterminé, soit par l'usage, dans le cas de l'ajutage, d'une clef d'ouverture aussi bien déterminée. D'autre part, il fallait que l'eau ne coutînt pas de matières solides en suspension, qui, en s'y déposant ou simplement en s'interposant, auraient changé le diamètre de l'ouverture et auraient rendu l'écoulement irrégulier et turbulent.

Dans les premiers temps de l'invention des clepsydras des tribunaux, quand l'eau y était amenée par un conduit ouvert, ou quand elle était apportée du dehors, on devait éviter cette cause d'irrégularité, comme j'ai déjà écrit ailleurs<sup>1</sup>, par l'adaptation à la partie supérieure du vase d'une passoire qui remplaçait alors la ligne de niveau primitif. Mais plus tard, en y conduisant de l'eau limpide, par conduit fermé, à une fontaine spéciale<sup>2</sup>, à l'intérieur de laquelle l'eau devait se tamiser<sup>3</sup>, cette cause était écartée, et la passoire était remplacée par la simple ligne de niveau.

Après un long usage la grandeur de l'ouverture d'écoulement change, soit mécaniquement pour le trou, ses lèvres s'usant par l'écoulement de l'eau, soit chimiquement dans les clepsydras métalliques; il s'en suit que le temps de vidange peut varier considérablement<sup>4</sup>. Et puisque les eaux naturelles

<sup>1</sup> Η κλεψύδρα παρά τοῖς ἀρχαίοις, *Ἐφ. Ἀρχ.* 1902; voir aussi «Du temps de l'introduction de la clepsydre des tribunaux à Athènes etc.» *Πρακτικὰ Ἀκ. Ἀθ.* 1931.

<sup>2</sup> Pollux. Ὀνομ. H. 118.

<sup>3</sup> Dans ma communication précitée (*Du temps de l'introduction etc.*), en combattant en général une opinion préconisée par J. Svoronos (*La Tholos d'Athènes*. Num. Zeitschr. 55. 1922), d'après laquelle l'inventeur des clepsydras fut Méton, j'avais admis que c'est à Méton, probablement, qu'on doit la canalisation de l'eau de la source de l'Acropole Empédô (depuis connue sous le nom de Clepsydre) jusqu'au tribunal pour le remplissage des clepsydras judiciaires, à travers une fontaine, inspectée par le préposé spécial.

Nous pouvons aujourd'hui ajouter que Méton avait, sans doute, inventé cette fontaine mécanique, munie probablement à l'intérieur d'un tamis pour l'eau. En effet, d'après un ScoliaSTE d'Aristophane, (Ὀρνιθες σ. 997): «Ἴσως ἐν Κολωνῶν κρήνην τινὰ κατεμηχανήσατο». Le mot, d'ailleurs, κατεμηχανήσατο montre qu'il ne s'agissait pas d'une fontaine ordinaire, mais d'une fontaine de construction compliquée et ingénieuse.

<sup>4</sup> Les anciens auteurs citent de telles influences. Vitruve (L. IX, C. IX. Traduction française de Perrault) écrit sur l'horloge hydraulique de Ctésibius: «Pour faire réus-

contiennent en dissolution des sels, qui peuvent provoquer, dans un temps plus ou moins bref, l'oxydation du métal, on ne peut pas exclure, comme je le supposais antérieurement, la construction de clepsydres des tribunaux en terre cuite. En tout cas on devait prendre soin de la conservation en bon état des clepsydres des tribunaux; et sûrement, le préposé à l'égalité de la clepsydre (ὁ ἐπιμελητής ἐφ' ὕδαρ<sup>1</sup>) devait examiner à chaque audience l'état de l'ouverture de l'écoulement.

#### ΠΕΡΙΛΗΨΙΣ

Ὁ κ. Μαλτέζος συνεχίζων τὰς ἐρεῦνας του ἐπὶ τῶν κλεψυδρῶν ἀνεζήτησε τὰς διαστάσεις τῆς δικαστικῆς κλεψύδρας, ἀφ' ὅτου αὕτη εἶχεν ἀποβῆ κυλινδρική. Πρὸς τοῦτο ἐστηρίχθη ἀφ' ἑνὸς ἐπὶ τῶν σχέσεων τῆς Ὑδροδυναμικῆς (τῆς ροῆς δι' ὀπῆς λεπτοχειλίου ἢ διὰ κυλινδρικοῦ ἐπιστομίου), ἀφ' ἑτέρου ἐπὶ ἀρχαιολογικῶν τινῶν στοιχείων τὰ ὁποῖα συζητεῖ, ὡς καὶ ἐπὶ σειρᾶς μετρήσεων ἐπὶ τῆς ροῆς ὕδατος, τὰς ὁποίας ἐξετέλεσε δι' ἰδίας συσκευῆς. Συμπεραίνει δ' ὅτι, ἂν καὶ εἶναι ἀδύνατον νὰ προσδιορίσωμεν ἐπακριβῶς τὴν διάμετρον τοῦ ἐκ περιστροφῆς ἀγγείου τῆς κλεψύδρας ὡς καὶ τὴν διάμετρον τῶν ὀπῶν ἐκροῆς διὰ σημερινῶν πειραμάτων, ἐν τούτοις διὰ τὰς μεγάλας κλεψύδρας διὰ μὲν τὴν διάμετρον τοῦ ἀγγείου δέχεται τὸν φειδῶνειον πόδα, διὰ δὲ τὴν διάμετρον τῆς ὀπῆς ἐκροῆς, εὐρίσκει αὐτὴν κατὰ μέσον ὄρον κατὰ τι μικροτέραν τῆς μέσης διαμέτρου τοῦ ξηροῦ βίκου, ἥτοι περὶ τὰ 4 χτμ. τέλος διὰ τὴν ἐσωτερικὴν διάμετρον τοῦ σωληνίσκου ἐκροῆς ἔτι μικρότερον μέγεθος, ἀλλ' οὐχὶ κατώτερον τῶν 3,35 χτμ.

Ἐπειδὴ δὲ ἐλαφρὰ μεταβολὴ τῆς διαμέτρου ἐπιφέρει, τῶν λοιπῶν στοιχείων μενόντων τῶν αὐτῶν, μεγάλην μεταβολὴν τοῦ χρόνου τῆς ἐκκένωσης, ἢ κατασκευὴ τῆς ὀπῆς θὰ κατωρθοῦτο διὰ κυλινδρικοῦ ἡλίσκου διαμέτρου καθωρισμένης ἐπακριβῶς, ἢ ἐν τῇ περιπτώσει τοῦ αὐλίσκου καὶ διὰ τῆς χρήσεως κλειδῶς ἀνοίγματος ἐντελῶς καθωρισμένου.

Ἀφ' ἑτέρου τὸ ὕδωρ δὲν ἔπρεπε νὰ περιέχη ἐν αἰωρήσει στερεὰς οὐσίας, αἵτινες παρεντιθέμεναι ἢ καὶ κατακαθήμεναι θὰ μετέβαλλον τὴν διάμετρον τῆς ὀπῆς. Κατὰ τοὺς πρώτους χρόνους τῆς ἐφευρέσεως τῶν δικαστικῶν κλεψυδρῶν, ὅταν τὸ ὕδωρ ἐφέρετο εἴτε δι' ἀνοικτοῦ ὀχετοῦ εἴτε δι' ἀγγείων ἔξωθεν τοῦ δικαστηρίου, τὸ ἄτοπον

sur ces machines, il (Ctésibius) perça une lame d'or ou une pierre précieuse, et il choisit ces matières parce qu'elles ne sont pas capables d'être usées par le passage continu de l'eau, ni sujettes à engendrer des ordures qui puissent boucher l'ouverture.» Voir aussi : Ἀθήναιος (B. 46 β, B. 42 α) «Ἐὶ δὲ ὕδωρ λεπτόν καὶ γλυκὸ οὐ ποιεῖ τὸ ἰώδες», ainsi que Plin. 31, 21 et Παυσανίας IV, XXXV, 12.

<sup>1</sup> ΠΟΛΥΔ. Η. 13. «Ἦν μὲν τοι καὶ κρηνοφυλάκιον ἀρχή, δηλοῦσης τὸ ἔργον αὐτῆς τῆς ἐπικλήσεως, καὶ λέων δὲ τις ἐκαλεῖτο κρηνοφύλαξ, χαλκοῦ πεπονημένος, ἐπὶ κρήνης τινός, δι' οὗ τὸ ὕδωρ ἐφέρετο ἐν ταῖς πρὸς ὕδωρ δίκαις. Ἐπιμελητὴς δὲ τις κληρωτὸς ἐγένετο, ὃς καὶ ἐκαλεῖτο ἐφ' ὕδαρ, παραφυλάττων τὴν ἰσότητα τῆς κλεψύδρας.

τούτο θὰ ἀπεφεύγετο διὰ τῆς προσαρμογῆς κατὰ τὸ ἄνω μέρος καὶ ἐντὸς τῆς κλεψύδρας ἡθμοῦ, ὅπως ἄλλωστε ὁ κ. Μαλτέζος εἶχε προτείνει ἄλλοτε. Ἀλλὰ βραδύτερον τὸ ὕδωρ ἐφέρετο εἰς τὸ δικαστήριον, καὶ δὴ ἐν Ἀθήναις τὸ ὕδωρ τῆς πηγῆς τῆς Ἀκροπόλεως τῆς κληθείσης κλεψύδρας, διὰ κλειστοῦ ἀγωγοῦ εἰς εἰδικὴν κρήνην, εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς ὁποίας πιθανὸν διηθεῖτο, τότε δὲ ὁ ἡθμὸς τῶν κλεψυδρῶν δὲν ἐχρειάζετο πλέον.

Μετὰ μακροχρόνιον χρῆσιν τὸ μέγεθος τῆς ὀπῆς τῆς ἐκροῆς ἀλλάσσει, εἴτε μηχανικῶς διὰ τὴν ὀπήν, τῶν χειλέων τῆς παρατριβομένων ὑπὸ τοῦ ρέοντος ὕδατος, εἴτε καὶ χημικῶς διὰ τὰς μεταλλικὰς κλεψύδρας. Τοῦτο εἶχον παρατηρήσει καὶ οἱ ἀρχαῖοι, ὡς μαρτυροῦσι τὰ παρατιθέμενα χωρὶα ἀρχαίων συγγραφέων. Ἀσφαλῶς δὲ ὁ ἐπιμελητὴς ἐφ' ὕδωρ θὰ ἐξήλεγχε κατ' ἐκάστην συνεδρίασιν τοῦ δικαστηρίου τὴν κατάστασιν τῆς ὀπῆς ἢ τοῦ αὐλίσκου τῆς ἐκροῆς.

#### ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΜΗ ΜΕΛΩΝ

**ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ.—Die Bestimmung des Bilirubins in hämoglobinhaltigen Serumproben nach Van der Bergh\*, von L. Katzi-lambros.** Ἀνεκινώθη ὑπὸ κ. Γ. Ἰωακείμωγλου.

Bei hämoglobinhaltigen Serumproben lässt sich die Van der Bergsche Methode nicht anwenden. In der Literatur<sup>1</sup> wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass man Blutserum aus nicht hämolysiertem Blut verwenden muss.

Diese Schwierigkeit kann man umgehen, wenn man zu dem Serum an Stelle des 96%igen Alkohols, Aceton zusetzt. Durch Aceton wird das Hämoglobin gefällt und auf diese Weise unschädlich gemacht. Wir verfahren wie in der Originalmethode<sup>2</sup>. Es wird nur zu dem Serum an Stelle des doppelten Volumens 96% Alkohol, Acetonum purissimum (Merck) in der gleichen Menge zugesetzt und zentrifugiert.

Bei einer Reihe von Doppelbestimmungen mit 3 nicht hämolysierten Blutproben deren Bilirubingehalt zwischen 0,045 und 0,35 mg% schwankte, haben wir mit beiden Methoden gut übereinstimmende Resultate erhalten.

\* Δ. ΚΑΤΣΙΑΜΠΡΟΥ.—ᾠ προσδιορισμὸς τῆς χολερυθρίνης αἰμοσφαιρινούχων ὀρῶν κατὰ Van der Bergh.

Aus dem Biochemischen Laboratorium des Krankenhauses «Evangelismos». Vorstand: Prof. Dr. G. Joachimoglu.

<sup>1</sup> Vgl. z. B. P. RONA u. H. KLEINMANN, Praktikum der physiol. Chemie, 2. Teil, S. 232. Berlin, 1929.

<sup>2</sup> Vgl. H. K. BARRENSCHEN u. R. WILHELM, Die Laboratoriumsmethoden der Wiener Kliniken, 1928, S. 238.