



HAL
open science

L'odomètre d'Héron d'Alexandrie, complément de la dioptre

Philippe Fleury

► **To cite this version:**

Philippe Fleury. L'odomètre d'Héron d'Alexandrie, complément de la dioptre. Colloque International : Autour de la Dioptre d'Héron d'Alexandrie, Jun 1999, Saint-Etienne, France. pp.345-361. hal-01609497

HAL Id: hal-01609497

<https://hal.science/hal-01609497>

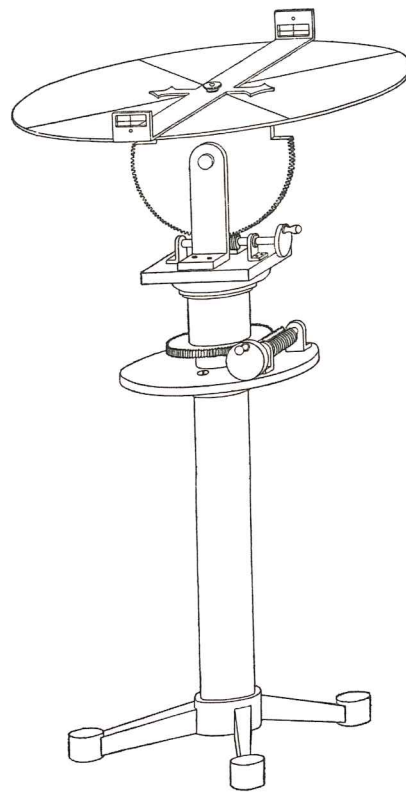
Submitted on 3 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CENTRE JEAN-PALERNE

Autour de LA DIOPTRE d'Héron d'Alexandrie



 Publications de l'Université de Saint-Étienne

L'odomètre d'Héron d'Alexandrie Complément de la dioptre

Philippe Fleury

Au chapitre 34 de la *Dioptre*, Héron d'Alexandrie traite de la mesure des distances sur terre au moyen d'un appareil nommé « odomètre »¹ et il introduit ce chapitre comme étant ἀκόλουθον, c'est-à-dire « ce qui accompagne », « ce qui suit » la pratique de la dioptre². Il ajoute un peu plus loin que d'autres méthodes ont été proposées avant lui mais qu'on jugera entre l'appareil qu'il va décrire et ceux des prédécesseurs³. Nous allons donc d'abord voir ce qu'était l'appareil d'Héron et son mode de fonctionnement. Nous le comparerons ensuite à l'un de ses « prédécesseurs », celui de Vitruve, et comme Vitruve dit que lui-même décrit un appareil « transmis par les anciens », nous nous interrogerons sur l'origine de cette machine et sur son utilisation. Nous laisserons de côté la question de l'odomètre maritime, d'abord parce qu'il s'agit chez Héron d'un passage lacunaire artificiellement rattaché au traité de la *Dioptre*, ensuite parce que son mode de fonctionnement est fondamentalement le même que celui de l'odomètre terrestre.

1. Nous adoptons, sans conviction, l'orthographe sans « h » initial des dictionnaires modernes, malgré l'esprit rude d'ὀδός.

2. Héron, *Dioptre*, 34 (début):

Ἄκόλουθον δὲ εἶναι νομίζομεν τῆ διοπτρικῆ πραγματεία καὶ τοῦ καλουμένου ὀδομέτρου τὰ ἐπὶ γῆς μετρεῖν διαστήματα.

3. Οἱ μὲν οὖν πρὸ ἡμῶν ἐξέθεντό τινος μεθόδους δι' ὧν τοῦτο γίνεται, ἐξέσται δὲ κρίνειν τό τε ὑπὸ ἡμῶν γραφόμενον ὄργανον καὶ τὰ ὑπο τῶν προτέρων.

1 - Description et explication de l'odomètre d'Héron

La description d'Héron procède par paliers successifs, du principe général aux perfectionnements particuliers. Nous allons décrire ici la machine dans son état d'achèvement.

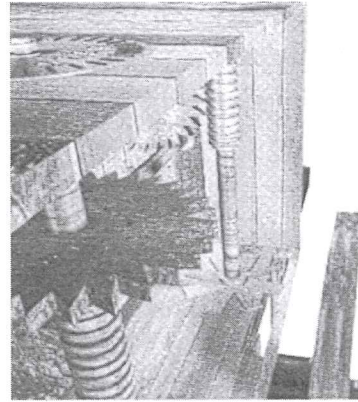


Fig. 1 - Odomètre d'Héron

Le principe est celui d'un système d'engrenages entre des vis sans fin et des roues dentées mu par une des roues d'un véhicule en mouvement. Héron ne précise pas le nombre de roues dentées nécessaires, il se contente d'abord d'une évidence: « plus les roues et les vis seront nombreuses, plus longue sera la route que l'on pourra mesurer » et il ajoute plus loin « il convient de se servir d'un appareil construit de telle manière que le chemin qu'il pourra indiquer ne dépasse pas de beaucoup celui que l'on peut faire en un jour avec la voiture, parce qu'on peut tous les jours, après avoir mesuré la route de la journée, recommencer de nouveau pour la route suivante ».

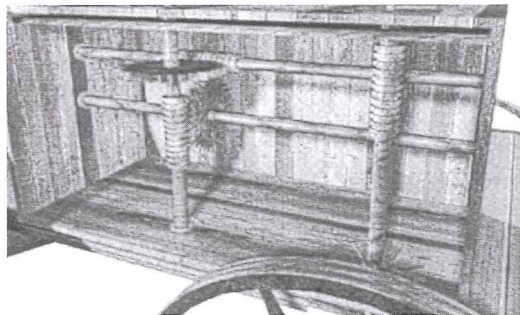


Fig. 2 - Odomètre d'Héron

Nous avons choisi de reconstituer un appareil à trois vis et quatre roues dentées qui va au-delà de cette dernière prescription d'Héron puisqu'il peut totaliser en théorie jusqu'à 5400 stades, soit près de 1000 km⁴. Mais un système à deux vis et trois roues dentées serait insuffisant car il ne totaliserait que 180 stades en théorie (un peu plus de 33 km) et encore moins en pratique avec l'étalonnage envisagé par Héron.

Cela dit, même avec une capacité de totalisation aussi importante, le système est aisé à construire et à mettre en œuvre. Il se présente sous une forme de caisse fermée⁵ adaptée au-dessus d'une des roues du véhicule. Nous la représentons avec un des côtés ouverts afin de faire comprendre le mécanisme intérieur⁶.

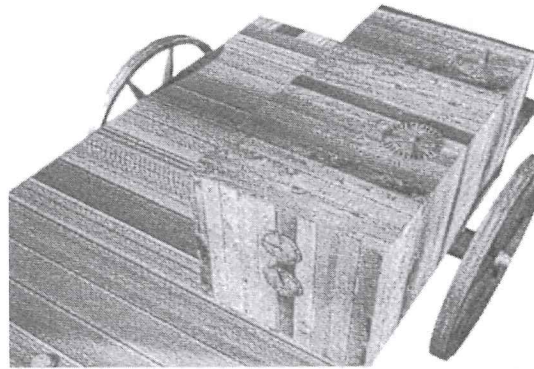


Fig. 3 - Odomètre d'Héron

Sur le moyeu d'une des roues est fixée une tige. A chaque tour de roue cette tige passe dans une fente ménagée au fond de la caisse. Elle entraîne de 1/8 de tour une roue en bronze à huit ergots fixée au fond de la caisse. L'axe de cette roue porte une vis sans fin qui entraîne une roue dentée. L'axe de cette roue dentée porte lui-même une vis sans fin qui entraîne une autre roue dentée et ainsi de suite. A l'une des extrémités de chaque axe est adapté un index qui tourne sur un cadran. Chaque cadran

4. Dans le tableau du haut de la p. 215 de notre livre, *La mécanique de Vitruve* (Presses Universitaires de Caen, 1993), nous avons malencontreusement écrit « une graduation » au lieu de « l'ensemble des graduations » dans la colonne du milieu. Cela fausse bien entendu le raisonnement du paragraphe suivant et pour arriver à la capacité totalisable de 28000 km que nous donnons, il faudrait ajouter une vis et une roue dentée.

5. Πήγμα, καθάπερ κιβώτιον (Héron, *Dioptre* 34).

6. Les modélisations présentées pour illustrer cet exposé ont été commencées par Nicolas Renault et Jean-Michel Marion, élèves-stagiaires de l'IFAM, sous la direction de Jean-Paul Gosset, ingénieur au Centre de Ressources Informatiques de l'Université de Caen. Elles ont été terminées par J.-P. Gosset qui a réalisé les images finales.

porte un nombre de graduations égal au nombre de dents de la roue dentée qui lui correspond. Le cadran correspondant à la roue primaire à 8 ergots comporte donc 8 graduations, tous les autres en comportent 30 puisque Héron est parti de l'hypothèse de roues à 30 dents. Partant de ces données il serait possible d'associer mathématiquement une mesure de distance parcourue à chaque graduation en connaissant la circonférence de la roue du chariot et en admettant que chaque tour de vis correspond exactement à l'échappement d'une dent des roues dentées. Héron reconnaît qu'à son époque il est impossible d'obtenir un ajustement aussi précis⁷.

Il faut donc étalonner le système pour fixer la valeur des graduations sur chaque cadran. Pour le cadran correspondant à la roue primaire à 8 ergots, les choses sont simples: chaque graduation représente un tour de la roue du chariot soit 10 coudées dans l'hypothèse d'Héron. Quand la roue du chariot a fait huit tours complets, ce compteur revient donc à 0. Pour les engrenages des vis sans fin avec les roues dentées, les choses sont un peu plus compliquées. Héron propose de tourner une première fois manuellement la vis jusqu'à ce que la roue dentée correspondante fasse une révolution complète et de compter le nombre de tours de vis correspondant. Il prend l'exemple d'un engrenage dans lequel 20 tours de vis correspondent à 1 tour de roue dentée. Nous allons garder cet exemple pour les trois roues dentées afin de simplifier les calculs tout en sachant que dans la réalité la résolution du calcul pour chaque engrenage pouvait être différente et bien sûr ne pas tomber juste...

Nous avons numéroté les quadrans de I à IV dans le sens de la lecture (de la dernière roue dentée à la roue à ergots primaire), mais la progression du mouvement se fait naturellement en sens inverse:

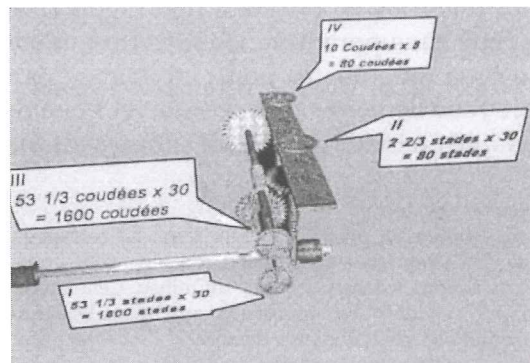


Fig. 4 - Vue éclatée de l'Odomètre d'Héron

7. C'est là un indice de l'aspect pratique de la description héronienne et de son ancrage dans la réalité, à la différence de celle de Vitruve que nous verrons plus loin.

- Cadran IV: l'index de ce quadrans avance d'une graduation, c'est-à-dire d'un huitième de circonférence, chaque fois que la roue du chariot fait un tour complet. Héron prend l'hypothèse de roues d'une circonférence de 10 coudées soit 4,62 m (cela correspond à un diamètre de 1,47 m)⁸. Chaque graduation correspond donc à ce chiffre.

Le tour complet du cadran correspond à 80 coudées.

- Cadran III: 20 tours de vis du cadran IV font avancer l'index de ce cadran d'un tour complet: cela correspond à $20 \times 80 = 1600$ coudées. Chaque graduation correspond donc à $1600 : 30 = 53 \frac{1}{3}$ coudées, soit 24,66 m.

Ensuite il suffit de multiplier les résultats par 20 chaque fois que l'on ajoute une vis et une roue dentée:

- cadran II: 1 graduation = $53 \frac{1}{3}$ coudées $\times 20 = 1066 \frac{2}{3}$ coudées = $2 \frac{2}{3}$ stades, soit 493,22 m.
- cadran I: 1 graduation = $2 \frac{2}{3}$ stades $\times 20 = 53 \frac{1}{3}$ stades soit 9,864 km.

Cadran n°	Valeur d'une graduation				Valeur d'un tour de quadrans complet			
	coudées	stades	m	km	coudées	stades	m	km
I		53 1/3		9,864		1600		295,936 ⁹
II	1066 2/3	2 2/3	493,22		32000	80		14,797
III	53 1/3		24,65		1600	4	739,84	
IV	10		4,62 ¹⁰		80		37	

8. La précision des mesures que nous donnons dans le système métrique n'a qu'une valeur relative avec pour seul objectif de donner un ordre de grandeur. Nous nous appuyons sur le système de mesures suivant:

Héron: 1 coudée = 46,24 cm / 1 stade = 400 coudées = 184,96 m.

Vitruve: 1 pied = 29,57 cm / 1 mille = 5000 pieds = 1478,5 m.

Mais chacun sait qu'il y a toujours un degré d'incertitude sur le système référentiel utilisé. Voir, au chapitre suivant de la *Dioptra*, l'allusion à la mesure de la circonférence de la terre d'Eratosthène, où le chiffre de 252000 stades repris par Héron peut renvoyer au stade de 157,5 m.

9. Maximum totalisable pour cette hypothèse d'odomètre.

10. Minimum mesurable pour cette hypothèse d'odomètre, qui est donc beaucoup plus précis qu'un compteur de voiture moderne (la plus petite mesure est généralement de 100 m) mais moins précis que les odomètres modernes d'arpentage auxquels il faut en fait le comparer.

2 - Comparaison avec l'odomètre de Vitruve

A la fin de son introduction, au chap. 34 de la Dioptré, Héron écrit: « D'autres, il est vrai, ont exposé avant nous quelques méthodes pour arriver au même but; mais chacun pourra décider entre l'instrument décrit ici par nous-même et ceux de nos prédécesseurs ». C'est ce que nous allons faire en effectuant la comparaison avec le seul autre texte antique sur l'odomètre qui nous ait été conservé, celui de Vitruve¹¹. L'architecte latin est antérieur à Héron d'environ trois quarts de siècle et force est de constater que l'instrument grec est nettement supérieur à l'instrument latin du point de vue de la précision (mais nous verrons que sous cet aspect les perspectives d'utilisation ne sont pas les mêmes) et de la mise en œuvre.

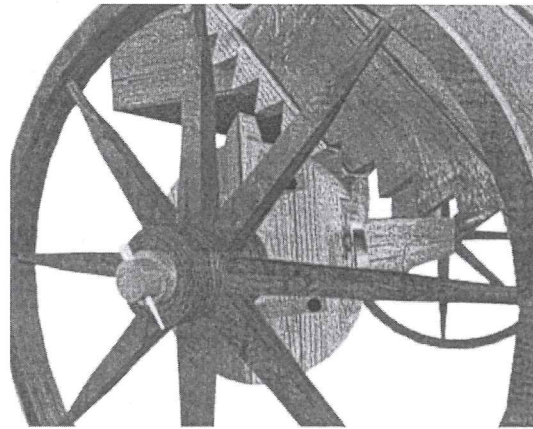


Fig. 5 – Odomètre de Vitruve

Vitruve part d'un principe à trois roues dentées. Une première petite roue, avec une seule dent, est adaptée sur le moyeu de la roue d'un chariot, du côté intérieur. Au-dessus de cette première roue est adaptée une grande roue à 400 dents, plus une dent latérale dépassant les autres. Les 400 dents engrènent avec la dent de la roue inférieure. Enfin une troisième roue est placée horizontalement au-dessus de la grande roue. Elle engrène avec la dent latérale de cette dernière. Le nombre de dents de cette troisième roue est indifférent: Vitruve conseille de faire un nombre de trous (donc un nombre de dents) équivalent à celui des milles qu'un chariot peut parcourir en une journée; nous avons choisi arbitrairement le chiffre de 50¹², soit environ 74 km.

11. Vitr. 10,9,1-4.

12. C'est aussi le chiffre choisi par O. Lendle, « Vitruvs Meilenzähler », *Pratum Saraviense*, Festgabe für P. Steinmetz, her. Von W. Görler und S. Koster, Stuttgart, F. Steiner Verlag, 1990, p. 84.

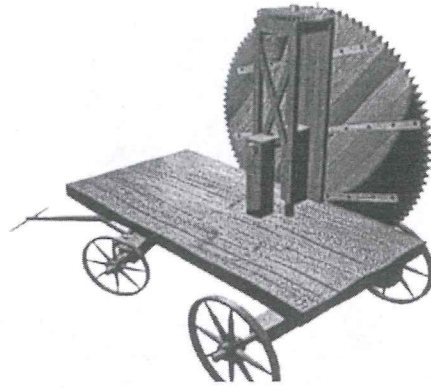


Fig. 6 - Odomètre de Vitruve

A la différence d'Héron qui étalonne son système et marque sur roues dentées et quadrans les valeurs obtenues, Vitruve propose un système à mesures fixes en partant d'une circonférence bien précise de la roue du chariot. Le système d'Héron peut compter par fraction d'unités de longueur (dans l'exemple que nous avons choisi la plus petite longueur mesurable est 4,62 m - cf. tableau *supra*), le système de Vitruve ne peut compter que mille par mille.

Vitruve impose aux roues du chariot une circonférence précise de 12 1/2 pieds soit un diamètre de 4 pieds (1,18 m: nous ne sommes pas très loin de l'exemple choisi par Héron avec un diamètre de 1,47 m). Quand la roue du chariot qui porte la petite roue à une seule dent a tourné 400 fois, elle a fait faire à la grande roue à 400 dents un tour complet et celle-ci avec sa dent latérale a fait avancer d'une dent la roue horizontale. 400 fois 12 1/2 pieds font 5000 pieds, soit exactement 1 mille. Donc l'avancement d'une seule dent de la roue dentée horizontale correspond à la distance parcourue d'un mille. Pour totaliser le nombre de milles parcourus, il y a, sur la roue horizontale, un trou correspond à chaque dent. Sous la roue il y a un plateau ne portant, lui, qu'un seul trou, correspondant précisément à un des trous de la roue. Dans chaque trou est placé un petit caillou; à chaque déplacement d'une dent de la roue horizontale, le trou qui correspond à l'ouverture du plateau perd son caillou. Celui-ci tombe dans un petit vase en bronze. Le bruit du caillou qui tombe avertit l'opérateur qu'un mille a été parcouru et, en fin de parcours, il suffit de compter le nombre de cailloux dans le vase pour connaître le nombre de milles parcourus.

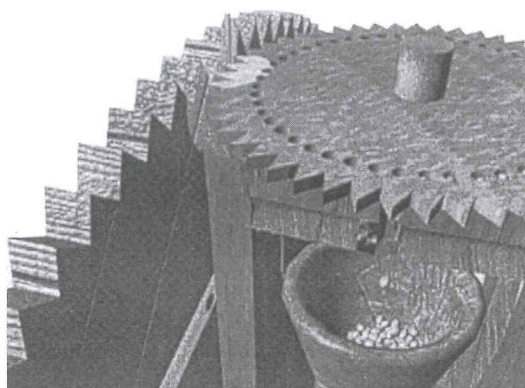


Fig. 7 - Odomètre de Vitruve

La première conclusion que l'on peut tirer de la confrontation Héron - Vitruve est que le système d'Héron, nous l'avons vu, est beaucoup plus précis que celui de Vitruve: 4,60 m environ de mesure minimale d'un côté, 1478 m de l'autre. D'un autre côté nous pourrions dire que le système de Vitruve, plus rudimentaire, est plus simple à mettre en œuvre et donc plus communément utilisable. Or, précisément, la question de la mise en œuvre du système de Vitruve soulève un certain nombre d'interrogations. Nous n'entrerons pas ici dans les détails puisque l'odomètre de Vitruve n'est pas le sujet de l'exposé, voici simplement trois éléments du débat dans l'ordre croissant d'importance:

- Le matériau de fabrication des roues dentées. Vitruve n'en dit rien et, quand il ne dit rien du matériau de fabrication d'une machine dans son livre X du *De architectura*, c'est que celle-ci est en bois, par défaut pourrions-nous dire¹³... Or pour fabriquer une roue dentée en bois, il faut bien compter au minimum un intervalle de 2 cm entre le sommet de chaque dent afin que l'objet ait quelque solidité: une roue de 400 dents a donc au moins une circonférence de 8 m, soit un diamètre de 2,55 m¹⁴. Est-ce bien réaliste? Admettons, comme A. W. Sleeswyk et O. Lendle¹⁵, que Vitruve ait omis de dire que les roues étaient en métal, pourquoi donc faire une

13. Voir la définition donnée par Vitruve au début du livre X: une machine est un « assemblage de pièces de bois ». Cette question du matériau des machines est très importante à prendre en compte pour proposer une restitution et comprendre le fonctionnement. Voir dans le même recueil, le problème posé par M. Feyel pour la dioptré.

14. Nous avons respecté ces proportions sur les figures, mais augmenté la taille des dents (et donc réduit leur nombre), pour que le principe d'engrenage reste visible.

15. A.W. Sleeswyk, « Vitruvius' Waywiser », *Archives internationales d'Histoires des Sciences*, 1979, 29,104, pp. 11-22; O. Lendle, *op. cit.*, pp. 75-88.

grande roue de 400 dents qui, même en métal, aura un diamètre minimal d'environ 60 cm, alors que 2 petites roues de 20 dents rempliraient le même rôle? Pour simplifier l'ensemble du montage et des ajustements? Peut-être...

- Des systèmes d'encliquetage sont absolument nécessaires pour la deuxième et la troisième roue dentée car, entre les passages des dents uniques qui les font se mouvoir, elles sont totalement libres de tourner d'un sens ou de l'autre. L'intérêt du système d'Héron est qu'hormis entre la tige du moyeu et la roue à huit ergots, les engrenages sont toujours en contact: l'inertie de frottement de l'ensemble du système rend inutile un système d'encliquetage, ce qui n'est pas le cas dans le système de Vitruve. L'auteur latin a donc oublié ce point¹⁶.

- O. Lendle, dans un article de 1990, a précisément démontré que les systèmes d'engrenage que nous proposons dans notre schéma de l'édition des Belles Lettres en 1986¹⁷ ne pouvaient fonctionner pratiquement. Nous nous rallions facilement à son hypothèse pour l'engrenage entre la grande roue dentée et la roue horizontale, sans avoir à forcer le texte latin, bien au contraire¹⁸: c'est la solution que nous représentons ici. Mais pour l'engrenage entre la petite roue à dent unique et la grande roue à 400 dents, sa solution de deux roues placées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre n'est pas vraiment appuyée sur le texte latin: Vitruve parle bien de deux roues placées l'une au-dessus de l'autre (*insuper*) et nous ne pouvons suivre O. Lendle dans son interprétation de *in cultro*.

16. A.W. Sleeswyk (*op. cit.*, p. 19), propose un astucieux mode d'engrenage en contact permanent, qui rend inutile un encliquetage, mais rien, dans le texte latin, ne permet d'appuyer sa reconstitution.

17. Vitruve, *De l'architecture, livre X*, éd., trad. et com. par L. Callebaut, avec la collaboration de Ph. Fleury, Collection des Universités de France, Paris, Les Belles Lettres, 1986, p. XXV-XXVI et pp. 187-199.

18. Son idée de faire la saillie de la dent unique dans le sens vertical et non horizontal correspond mieux au texte latin *prominens extra dentes* et elle permet de placer vraiment la roue horizontale au-dessus (*super*) de la roue verticale.

La question de la réalité pratique de l'appareil décrit par Vitruve reste donc, à notre avis, posée¹⁹ et c'est ce qui a ouvert la voie aux reconstitutions les plus extravagantes depuis les premières éditions de Vitruve.



Fig. 8 - L'Odomètre de Vitruve dans l'édition de Barbaro (1556)

Cela nous amène naturellement à notre troisième partie sur les origines et l'utilisation de l'appareil décrit par Héron d'Alexandrie.

3 - Les origines et l'utilisation de l'appareil

La question de l'origine d'un système mécanique est toujours difficile et souvent vaine à poser, car, surtout pour l'Antiquité, nous ne disposons que rarement des éléments permettant de dater précisément l'apparition d'une nouvelle machine. De plus une machine en elle-même n'est généralement pas une invention globale mais le résultat de l'évolution d'un ou plusieurs systèmes progressivement perfectionnés. Sans compter que cette évolution peut se réaliser concurremment et indépendamment dans des lieux différents.

Le philologue commence toujours son enquête par les mots et de ce point de vue le tour est vite fait: en grec le mot *ὀδομέτρον* (ou - *τρος* ?) apparaît pour la première fois avec Héron dans ce chapitre 34 de la *Dioptra*²⁰, et dans le suivant (Schöne - 36 Vincent). Ensuite le mot ne réapparaît que chez quelques commentateurs, lexicographes et grammairiens tardifs, aux VI^e, X^e et XII^e siècles après J.-C.²¹ En latin il n'y a pas de mot

19. Cf. Ph. Fleury, *La mécanique de Vitruve*, op. cit, pp. 205-218.

20. L'expression même qu'il utilise: τοῦ καλουμένου ὀδομέτρον montre que le mot n'était pas courant.

21. Simplicius, in *Cael.*, vol. 7, p. 549, l. 8; Suidas, I 4, Π - Ψ, 144; Tzetzes, H. 11, 603.

pour désigner l'appareil et nous n'avons repéré que deux périphrases, celle de Vitruve :

*Transfertur nunc cogitatio scripturae ad rationem non inutilem sed summa solertia a maioribus traditam, qua in uia raeda sedentes uel mari nauigantes scire possimus quot milia numero itineris fecerimus*²²

et une périphrase employée dans l'*Histoire Auguste* à propos de la vente des biens de Commode en 193 après J.-C. :

[uehicula] ...iter metientia²³

(Nous reviendrons sur ce passage un peu plus loin). Ces deux citations latines forment le *terminus post quem* et le *terminus ante quem* pour ce que nous appelons l'Antiquité Classique, Héron se situant entre les deux. Plus tard, outre les mentions littéraires tardives auxquelles nous avons déjà fait allusion, l'odomètre réapparaît en Occident parmi les dessins de Léonard de Vinci, « librement inspirés » de la description vitruvienne²⁴.

Revenons à la première mention littéraire: elle date donc des environs de 25 avant J.-C., mais Vitruve dit qu'il tient ce système « des ancêtres » (*a maioribus*). A quand faire remonter ces ancêtres? Il est tentant, et cela a déjà été dit²⁵, de remonter jusqu'aux premières bornes milliaires connues. Nous arrivons ainsi au milieu du III^e siècle avant J.-C. pour le monde occidental où le plus ancien milliaire actuellement identifié date de 252 avant J.-C. et vient de la Via Appia²⁶. Deux autres indices viennent corroborer, à notre avis, cette période du milieu du III^e s. avant J.-C. pour l'apparition des premiers odomètres. D'abord c'est à la fin du III^e siècle que nous trouvons la première estimation proche de la réalité pour la circonférence de la terre: 252000 stades (soit 39690 km pour un stade de 157,5 m). Elle a été obtenue par Erathosthène en extrapolant à partir d'une mesure d'arc de méridien relativement précise: la distance d'Alexandrie à Syène²⁷. Il est fort peu probable qu'Ératosthène ait fait mesurer cette distance avec un odomètre spécialement pour son calcul, mais l'estimation qu'il donne (5000 stades) est peut-être issue de calculs élaborés à partir de portions du trajet précisément mesurées.

22. Vitr. 10,9,1.

23. Capitol., *Pert.* 8,7.

24. Cod. Atl. fol. 1r. On en trouvera par exemple une reproduction dans A.W. Sleeswyk, « Archimedes' Odometer and Waterclock », in *Ancient Technology*, actes du Colloque du Finnish Institute at Athens (30-3-4.4.1987), Helsinki, 1990, p. 23.

25. A.W. Sleeswyk, « Vitruvius' Waywiser... », *op. cit.*, p. 14.

26. Cf. R. Chevallier (*Les voies romaines*, Paris, Colin, 1972, p. 38) qui fait remarquer cependant qu'« on trouve des bornes dans d'autres contextes géo-historiques, cf. Strabon, 15,1,50 (708) (d'après Mégasthène): dans le royaume des Indes, on érige tous les dix stades des colonnes qui font connaître les embranchements et les distances ».

27. Cf. Ph. Fleury, *Vitruve, Livre I*, Paris, Les Belles Lettres, 1990, comment. pp. 175-178.

Un deuxième indice vient du texte de Vitruve. Le chapitre 9, consacré à l'odomètre, forme avec les deux chapitres précédents du livre X du *De architectura* (le 7 consacré à la pompe de Ctésibios, le 8 consacré à l'orgue hydraulique) une suite de descriptions manifestement issues d'une source livresque. Cette série est encadrée par des chapitres que nous verrions plutôt issus d'une documentation personnelle: les chapitres 4 et 5 sur les roues pour élever l'eau et le moulin à eau et les chapitres 10 à 12 sur les machines de jet²⁸, sachant que, chez Vitruve, il y a toujours des interférences entre « documentation livresque » et « documentation personnelle ». Le chapitre 7 a pour source explicite Ctésibios, le chapitre 8 vient probablement de la même source. Pour le chapitre 9 nous n'avons aucune preuve certaine, mais il ne serait pas impossible qu'il vienne avec les deux précédents de commentaires, sinon écrits par Ctésibios lui-même, tout au moins rédigés autour de l'œuvre de Ctésibios. Or Ctésibios nous renvoie encore au III^e siècle avant J.-C. (*floruit* vers 270 avant J.-C.).

Admettons donc une origine de l'appareil aux environs du III^e siècle avant J.-C. et voyons maintenant quelle pouvait être son utilisation. C'est peut-être là que les choses sont les plus confuses dans la littérature moderne sur l'odomètre (qui n'est du reste pas très importante) car il n'a pas été suffisamment vu que les trois mentions « classiques » de l'odomètre: Vitruve, Héron et Capitolinus renvoient en réalité à trois utilisations différentes.

1. L'odomètre de Vitruve est un compteur de milles et il ne peut faire que cela, c'est-à-dire qu'il ne peut être plus précis²⁹. Ce devait être ce type d'appareil qui était utilisé pour poser les bornes milliaires sur les grandes voies de circulation. Vitruve décrit probablement un système qu'il n'a pas fait construire lui-même et qu'il n'a pas étudié précisément *de visu*, mais le principe est correct et simple et une adaptation telle que celle proposée par O. Lendle³⁰ est parfaitement utilisable.

28. Cf. Ph. Fleury, *La mécanique de Vitruve... op. cit.*, pp. 323-325.

29. Les lecteurs modernes se laissant abuser par l'explication donnée par Vitruve au début de son chapitre (10,9,1): « [grâce à cet appareil] nous pouvons savoir tout en étant assis dans un char sur une route ou en navigant sur la mer, la distance en milles que nous avons parcourue » (cf. citation latine *supra*). Le *sedentes* et le *navigantes* ne s'adressent pas à tout un chacun pour connaître la distance parcourue dans un voyage: ils s'adressent en fait aux « arpenteurs » chargés de mesurer les itinéraires terrestres et maritimes. Sur terre l'odomètre leur permet de rester assis dans un char au lieu de mesurer à pied, sur mer il leur évite les difficiles calculs de triangulation ou les estimations à partir de la vitesse et du temps de parcours.

30. Cf. *supra* n. 9.

2. L'odomètre d'Héron sert, comme le dit l'auteur, à mesurer les distances sur la terre et il vient en complément de la dioptré³¹. Il peut, bien entendu, être utilisé pour poser des bornes le long des voies, mais ses services sont dans le même esprit que ceux de la dioptré. Il s'agit de mesurer n'importe quelle longueur de terrain, que ce soit pour délimiter un territoire (voir les centuriations des colonies), mesurer un terrain, calculer un devis de réfection ou de construction pour une route, un aqueduc, une muraille etc. La dioptré définit des angles et des niveaux, l'odomètre évite les mesures à la chaîne ou au cordeau sur les longues distances³².

3. L'odomètre mentionné dans l'*Histoire Auguste* fait partie d'une liste de biens de Commode vendus aux enchères par son successeur Pertinax. Il s'agit de produits de luxe vendus d'une part pour faire un bénéfice permettant de payer un *donativium* aux soldats, d'autre part pour donner l'exemple de l'austérité après les débordements du règne de Commode: « Dans cette vente aux enchères se remarquaient particulièrement un vêtement tissé de soie et rebrodé d'or, ainsi que des tuniques, pèlerines, manteaux, dalmatiques, tenues militaires bordées de franges, chlamydes de pourpre à la grecque et servant de tenues de campagne, capuchons dans le style des Bardiens, casques et armes de gladiateurs rehaussées de gemmes et d'or. Il vendit des épées dignes de celles d'Hercule, des colliers de gladiateurs, des vases rehaussés d'ambre, d'or, d'ivoire, d'argent et de verre et aussi des coupes en forme de phallus, de même matière, des pots samnites pour faire chauffer la résine et la poix destinées à épiler les hommes et à leur lisser la peau, et aussi des voitures à la dernière mode, avec des roues cerclées d'entrelacs variés et des sièges capables de pivoter astucieusement tantôt pour éviter le soleil, tantôt pour profiter de la brise. Il y avait d'autres voitures avec des systèmes pour mesurer les distances parcourues (*alia iter metentia*) et indiquer le temps passé, enfin tout ce qui convenait pour lui permettre de se livrer à ses vices »³³.

Que viendraient faire les objets utilitaires décrits par Héron et Vitruve dans cette liste? On peut certes imaginer que l'administration impériale possédait de tels appareils pour les services du *cursus publicus* ou de l'annonne militaire; sous Trajan apparaissent les premiers fonctionnaires préposés aux véhicules (*a uehiculis*³⁴) et Commode, précisément, rattache la charge du ravitaillement de l'armée à la préfecture des postes. Une

31. Pour la mesure sur la mer, Héron propose le calcul à partir des éclipses et non la mesure matérielle (chap. 35 Schoene - 36 Vincent).

32. Cf. début du chapitre 34 d'Héron: « Muni de cet instrument, au lieu d'être obligé d'arpenter lentement et péniblement avec le cordeau, on peut voyageant en voiture, connaître les distances parcourues ».

33. Capitol., *Pert.* 8,1-7, trad. A. Chastagnol.

34. C.I.L. VI, 8542,8543. Sur ces questions, voir R. Chevallier, *op. cit.*, pp. 207-217.

connaissance précise des distances était utile pour ces services, mais de là à retrouver les odomètres de l'administration parmi les biens de luxe de l'empereur... La solution de cette énigme nous paraît venir d'une confrontation avec l'extrême-orient. L'odomètre est en effet mentionné dans plusieurs histoires dynastiques officielles de la Chine du VII^e au XII^e siècle après J.-C. L'appareil pourrait même avoir été connu dès l'empire des Han (206 avant J.-C. - 220 après J.-C.)³⁵. La plus ancienne description date de 635 après J.-C. (si l'on met de côté un texte peu sûr des environs de 300):

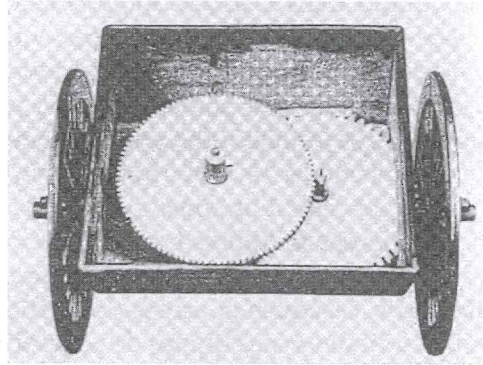


Fig. 9 - Mécanisme d'un odomètre de l'époque des Han
(Needham, fig. 526)

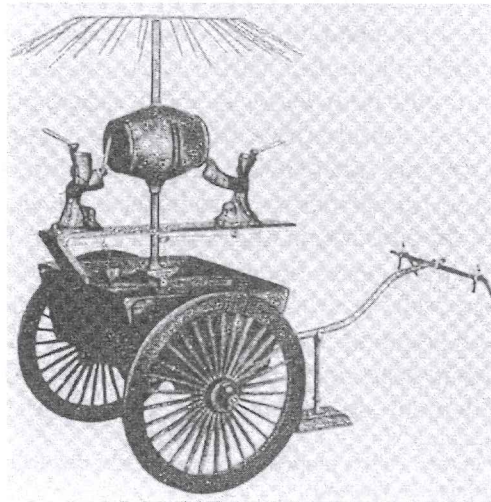


Fig. 10 - Maquette d'un odomètre de l'époque des Han
(Needham, fig. 525)

35. Voir J. Needham, *Science et Civilization in China*, IV, 2: *Mechanical Engineering*, Cambridge Univ. PR., 1965, pp. 281-286.

« Le chi li ku chkê (chariot à tambour mesurant les li) est tiré par quatre chevaux. Sa forme est la même que celle du chariot qui marque le sud. En son milieu il y a une statue d'homme en bois qui tient une baguette devant un tambour. A chaque li parcouru, la statue frappe un coup sur le tambour »³⁶. Nous disposons d'une description technique datant du XI^e siècle³⁷. On y voit que l'appareil repose sur le même principe que celui de Vitruve, avec une mesure déterminante de la circonférence de la roue du chariot qui porte la roue dentée primaire, mais avec davantage de roues dentées et un double système à la fois pour compter les li et les dizaines de li. Quand la roue horizontale intermédiaire a fait un tour complet, c'est que l'ensemble du chariot a parcouru un li: une figurine en bois frappe alors un tambour. Quand la roue supérieure a fait un tour, le chariot a fait 10 li et une figurine au-dessus de la précédente frappe une cloche. Une reconstitution d'odomètre de ce type a été effectuée par Wang Chein-To en s'inspirant librement d'un relief funéraire³⁸.

L'appareil n'est donc pas construit dans le même esprit que celui de Héron³⁹ et il n'est pas capable de mesurer avec précision en fractionnant les li, même si cette mesure (un peu plus de 500 m) est inférieure au mille romain. Mais, au-delà de la description technique, ce qui nous intéresse ici, c'est l'utilisation de l'appareil chinois. Les « chariots à tambour » étaient connus dans la dynastie des Han et peut-être même avant.

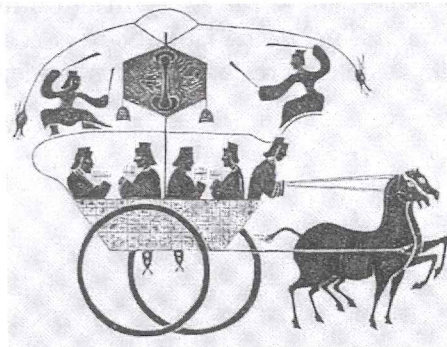


Fig. 11 - Chariot à tambour de la dynastie des Han (Needham, fig. 524)

36. *Chin Shu*, chap. 25, p. 3b; texte anglais dans H.A. Gilles, *Adversaria Sinica*, Ist. Series, n° 7, Shanghai, Kelly & Walsh, 1909, p. 223, reproduit avec de légères modifications dans J. Needham, *op. cit.*

37. Cité dans *Sung Shih* chap. 149, p. 16b sqq; texte anglais dans H.A. Gilles, *op. cit.*, p. 224, reproduit avec des modifications dans J. Needham, *op. cit.*

38. Le relief funéraire représente un chariot à tambour de la dynastie des Han, utilisé dans les processions impériales. Il vient des tombes de Hsiao Thang Shan (vers 125 après J.-C.). La sculpture se trouve au Musée du Palais Impérial à Pékin. Nous avons extrait le dessin de J. Needham, *op. cit.*

39. Contrairement au rapprochement effectué par J. Needham qui confond du reste les descriptions de Vitruve et de Héron.

Au départ, il s'agissait simplement, semble-t-il, de chariots portant des musiciens et des percussionnistes, faisant partie des processions officielles. Comme dans les histoires dynastiques nous trouvons ces chariots associés aux eunuques, aux personnages officiels, mais aussi aux acteurs, aux acrobates, aux prestidigitateurs..., il n'est pas impossible que ces processions aient aussi donné lieu à la présentation de « merveilles mécaniques » et qu'à la place ou à côté des chariots avec des « musiciens vivants » nous ayons eu aussi des chariots musicaux mécaniques. Le passage à l'odomètre n'est ensuite qu'une simple question technique. Les chariots mesurant les distances de Commode et ceux des empereurs chinois avaient donc probablement la même utilisation : une fonction d'apparat, une démonstration de luxe et d'ingéniosité. Une évolution technique et sociale, parallèle entre l'orient et l'occident, suffirait à justifier le rapprochement que nous venons de faire mais il peut aussi y avoir eu un rapport d'influence entre l'apparat chinois et l'apparat impérial romain. Nous connaissons les rapports entre Romains et Chinois liés au commerce de la soie⁴⁰ (les premières mentions de la soie dans les textes latins viennent d'Horace et Virgile). Le fait qu'Alexandrie ait été une plaque tournante importante du commerce de la soie, le fait que les Chinois soient intéressés par les « curiosités » qui viennent de l'Occident, le fait que dans le texte de l'*Histoire Auguste* soit mentionné aussi « un vêtement tissé de soie » (*vestis subtegmine serico*) font penser qu'une relation directe est imaginable entre l'odomètre de Commode et ceux des empereurs chinois sans qu'il soit possible du reste de déterminer le sens du transfert.

40. Voir à ce sujet l'excellent article de J.-M. Poinssotte, « Les Romains et la Chine: réalités et mythes », *MEFRA* 91, 1979, 1, 431-479.

Quatre conclusions se dégagent de cette étude :

1. Comme Micheline Decorps l'a déjà suggéré dans son panorama de la tradition manuscrite, le chapitre 34 sur l'odomètre a une place cohérente dans l'ensemble du texte de la *Dioptra*. Il s'inscrit dans une des problématiques du traité, annoncée dès l'introduction : la mesure des distances. La dioptra est un instrument de visée qui permet de calculer des longueurs inaccessibles en extrapolant à partir de mesures connues. L'odomètre est un des moyens pour obtenir ces mesures à côté de la chaîne ou du cordeau.
2. L'appareil décrit par Héron est fiable, précis. Le texte est clair, cohérent et semble témoigner d'une connaissance directe du système et de sa mise en œuvre (voir la question de l'étalonnage).
3. Les trois mentions « antiques » (au sens classique pour désigner la période qui va d'Homère à la chute de l'Empire romain) de l'odomètre font référence à trois utilisations tout à fait différentes (c'est là, modestement, la conclusion la plus originale).
4. Paradoxalement, ce n'est peut-être pas le système décrit par Héron qui a été le plus utilisé, mais le principe présenté par Vitruve. Les deux machines fonctionnent en effet en sens inverse pourrait-on dire. L'odomètre d'Héron mesure une distance entre deux points repérés : l'appareil est mis à zéro ou relevé au point de départ et lu au point d'arrivée. L'odomètre de Vitruve, lui, signale qu'une certaine distance a été parcourue à partir d'un point donné, charge à l'utilisateur de poser ou de ne pas poser de repère au deuxième point. Or, si l'on s'accorde à reconnaître que la pose de bornes milliaires est l'utilisation la plus évidente, c'est l'odomètre de Vitruve qui est le plus adapté à cette opération. Rien n'empêche, bien sûr, d'installer un signal sonore sur l'odomètre d'Héron, mais la sophistication de ses mesures intermédiaires est inutile et la difficulté de dessiner précisément les spires des vis sans fin rend pratiquement impossible un calcul par unités simples. Toutefois, l'appareil décrit par Héron est précurseur car il est « à deux doigts » du compteur métrique moderne procédant par déroulement des dixièmes, des unités, des dizaines, des centaines, etc. La question de son utilisation effective rejoint celle, plus générale, évoquée pour la dioptra tout au long de ce colloque.