

# L'arbalestrille ou bâton de Jacob

Alain Brémond  
Société Astronomique de Lyon

## Pourquoi le nom de bâton de Jacob ?

Parce que, dans la Bible, il est dit que Jacob a traversé le Jourdain avec un bâton... et qu'il en est revenu avec des troupes (?!). L'instrument est encore appelé bâton de Levi du nom du savant juif avignonnais, Levi Ben Gerson qui a écrit vers 1342 un *Traité de trigonométrie*. Il porte aussi le nom d'arbalestrille, d'arbalète, de verge d'or et de tire-pied à cause de sa forme.

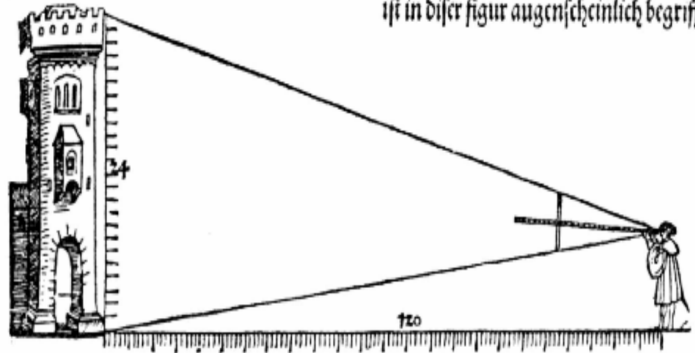
Il est utilisé à terre pour mesurer des hauteurs de montagnes ou de bâtiments, ou encore des distances angulaires entre deux points. En mer il sert à mesurer des hauteurs d'astres.

Il est apparu dès le XV<sup>e</sup> siècle mais un traité de navigation<sup>1</sup> de 1577 ne le mentionne pas : c'est l'astrolabe de mer qui est préconisé. Dans le traité de cosmologie de Pierre Apian (1495-1551), datant de 1524 et revu par Frison on trouve une description détaillée de l'utilisation de l'arbalestrille, aussi bien pour l'usage des architectes que de celui des marins (la figure ci-dessus en est tirée).

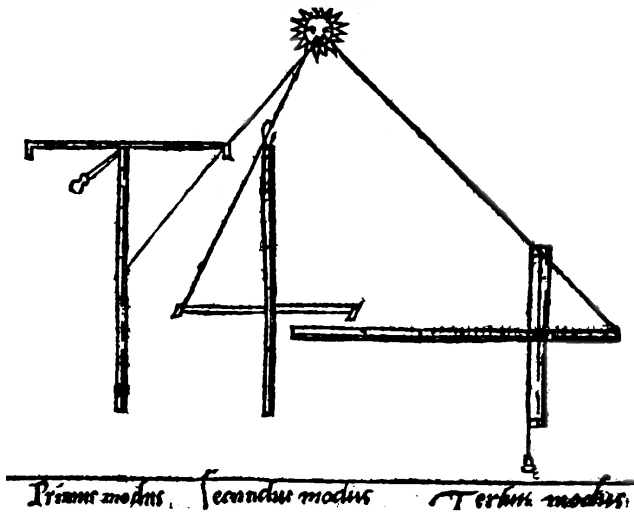
Il sera encore utilisé vers 1768 dans un traité de navigation.

## Das Fünfft Cap. wie du die höch eines thurns messen solt / mit einem standt durch den schlechten Stab.

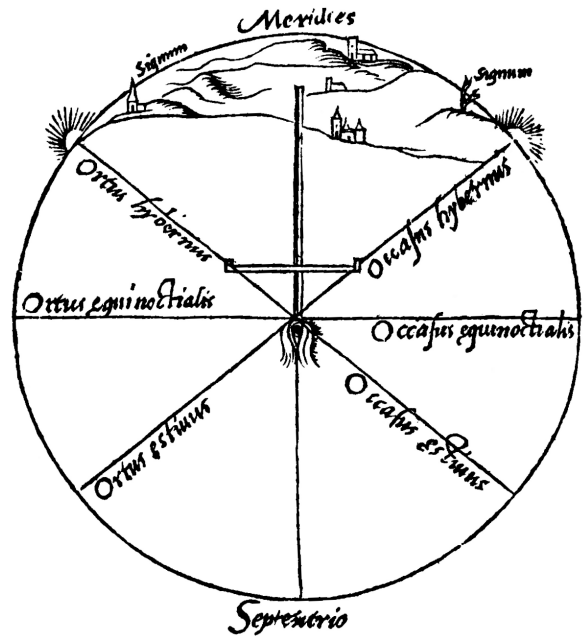
**N**iderweylen siehet ein Thurn auff einer eben / das man darzu vnd dauon gehen mag : der selbig thurn mag gar leichtlich abgemessen werden / also / thrit an den Thurn / vnd misß daruon ettlich schrit oder ellen / als wech vnd vil du wilt. Ich seß du gehest dauon 120 klafftern / mit vleysß gemessen / vnd siehest stille : vnd wann du den grundt vnd spiß des thurns abgesehen hast / so findest du vom auß zu dem leüßer 60 punct / vnd der leüßer ist langk 12 punct. Setz in die regel / 60 geben 12 was geben 120 klafftern. Macht nach der regel detri 24 klafftern / so hoch ist der Thurn. Merck mit vleysß / das alle mal die punct / als vil der leüßer langk ist / in die mitte der Regel Detri sollen gesetzt werden.. Das obgesetzte Exempel ist in diser figur augenscheinlich begriffen.



<sup>1</sup> L'art de naviguer par Pierre de Médine, marin espagnol. Rouen chez Robert Mallard. 1577.



Les trois modes d'utilisation de l'arbalestrille selon Apian.  
Mesure des amplitudes occase et ortive Nord et Sud avec l'arbalestrille (Apian).



Mesure des amplitudes occase et ortive Nord et Sud avec l'arbalestrille (Apian).

## 1- Description de l'instrument

Fabriqué en bois de buis, de poirier ou d'ébène., il comporte une flèche et des marteaux: jusqu'à quatre; le plus petit s'appelle le *Gabet*.

La flèche est de section carrée, mesurant jusqu'à 1,3 m de longueur. Elle est graduée en degrés sur chacune de ses faces. Chaque face correspond à un marteau particulier.

Les marteaux sont de longueurs différentes, permettant de calculer avec précision des angles de grandeurs différentes.



## 2- Notre construction

De préférence en bois, on peut réaliser un exemplaire en carton, plus petit, pour les calculs et la démonstration.

### Matériaux :

Planchette de 4 cm x 1,8 cm et de longueur totale d'environ 2 m.

Pièce de section carrée de 1,8 x 1,8 cm et de longueur 1,5 m.

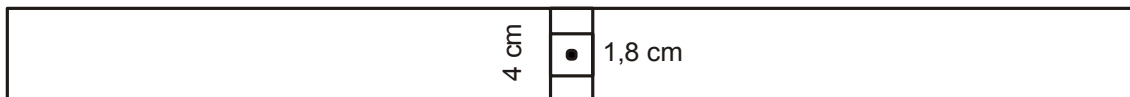
### Outils :

Règle  
Équerre  
Ciseau à bois

Scie  
Lime  
Papier de verre

### Les marteaux

Ils sont de section rectangulaire. On les perce en leur milieu avec un trou de section carrée correspondant à celle de la flèche soit 1,8 x 1,8 cm.



Ils sont renforcés par des coins qui limitent le risque de déviation du marteau sur la flèche et maintiennent l'angle droit entre ces deux pièces.

### Construction des marteaux

Prendre des planchettes de bois de 4cm X 1,8 cm.

Les couper aux dimensions voulues (par exemple) :

50 cm, 40 cm, 20 cm, 10 cm

Mesurer précisément leur centre, le marquer et dessiner un carré de côtés 1,8 cm centré sur ce point.

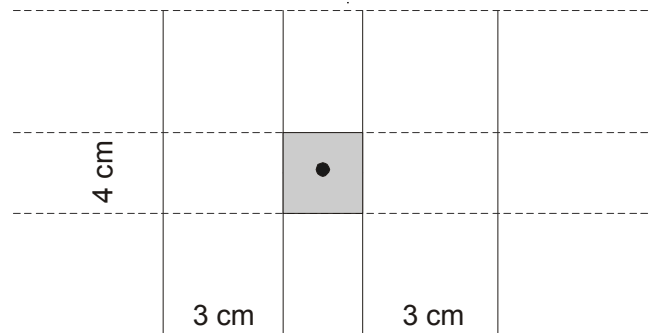
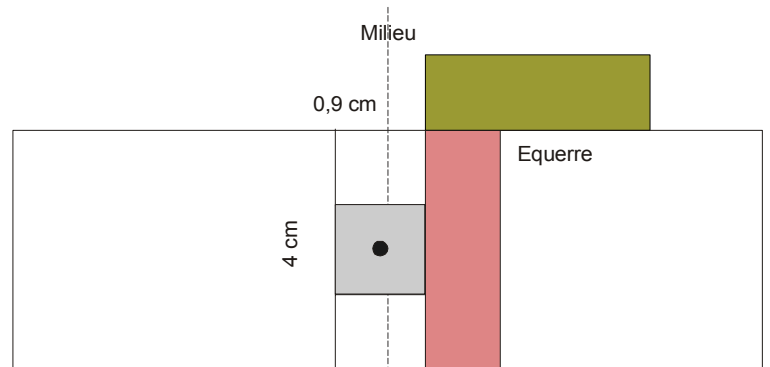
Avec le ciseau à bois évider le carré central: attention à ce que les faces soient bien perpendiculaires.

Essayer d'y faire pénétrer la règle: elle doit rentrer à frottements durs.

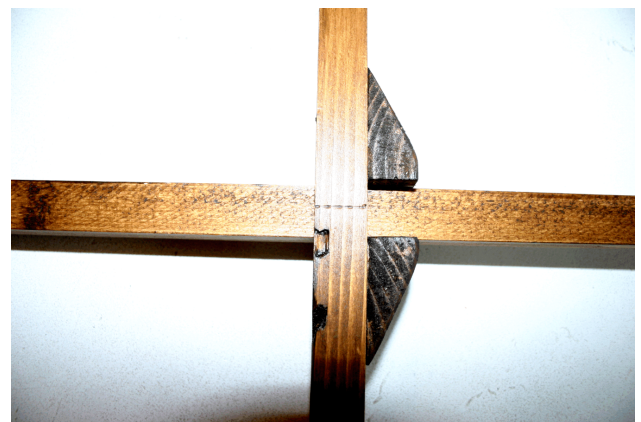
Si l'entrée force trop, finir d'agrandir délicatement le trou avec une lime douce et faire des essais: ne pas trop élargir l'orifice.

Découper deux morceaux de la même planchette mesurant chacun environ 3 cm. Ils serviront de renfort au marteau. On les collera de part et d'autre du trou (en rose).

Pour finir: tailler en biseau les deux extrémités du marteau: pan coupé du côté de l'œil.



Renforts des marteaux



## Graduations de la règle.

Il faut calculer les graduations pour chaque marteau et les reporter sur une des faces de la règle.

N'oubliez pas de noter sur la règle la longueur du marteau auxquelles les graduations s'appliquent (on peut retrouver le bon bateau avec la graduation  $90^\circ$ ).



## Méthode

Les graduations seront portées à partir de l'extrémité où l'œil observe (le noter sur la règle).

Le calcul trigonométrique fait appel à la fonction tangente.

$$AOM = AOB / 2 = \alpha / 2$$

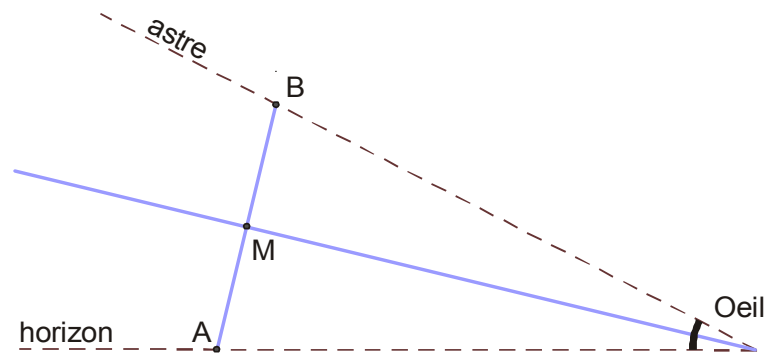
Placer la première graduation pour  $AOB = 90^\circ$  ( $OM=AM=BM$ )

Ensuite, on a  $OM = AM / \tan AOM$ .

Mais noter sur la règle la valeur de  $AOB$  soit  $2 \times AOM$ .

Utiliser Excel pour faire quatre feuilles de calcul, une pour chaque marteau.

Remesurer précisément les longueurs des marteaux lorsqu'ils sont terminés. Ce sont ces mesures exactes que vous placerez dans la feuille de calcul Excel comme longueur des marteaux et non les valeurs théoriques.



Longueur du marteau	Demie longueur	Angle AOM	En radians	Angle AOB	Distance OM
20	10	20	$20 * \text{PI}() / 180$	40	27,5
20	10	19,5	$19.5 * \text{PI}() / 180$	39	28,3
20	10	19	$19 * \text{PI}() / 180$	38	29,0

## Quels intervalles entre les graduations ?

Le domaine où les graduations sont les plus espacées dépendent de chaque marteau.

C'est dans ces zones que le marteau sera choisi pour un domaine angulaire à mesurer déterminé.

Dans ces zones, les graduations peuvent descendre au  $1/12^\circ$  de degré soit 5 minutes d'arc.

### 3 - Utilisations

**3.1. De face :** viser l'astre (par exemple la Lune) et l'horizon: la mer.

Déplacer le marteau jusqu'à ce que l'œil voit dans la même ligne :

- d'un côté: le bord de la règle, le bord du marteau et l'objet céleste
- de l'autre côté le bord opposé de la règle, le sommet du marteau et l'horizon.

Où placer l'œil ?

L'œil se positionne naturellement à la « bonne place »

La règle n'a pas à tenir compte de la place de l'œil car les angles de sommets L et C sont égaux.

Les graduations en degrés qui seront prises en compte pour la lecture sont celles qui sont marquées par le bord du marteau opposé à l'œil: au point marqué « lecture ».

\* **Sur Terre**, on peut viser le bord de la règle pour être horizontal mais on peut aussi s'aider d'un support et d'un niveau. On fixe la règle sur un pied et, avec le niveau, on la maintient horizontale. Il suffit d'orienter la règle en direction de l'astre et d'ajuster le marteau sur la règle pour faire coïncider l'œil, le sommet du marteau et l'astre. Il faut alors diviser par deux l'angle lu sur la règle pour avoir la hauteur de l'astre sur l'horizon.

On peut aussi, comme Apian, placer un fil à plomb sur le marteau.

### 3.2. De l'arrière (pour le Soleil).

3.2.1. Placer un petit écran à l'extrémité de la règle.

Tourner le dos au Soleil et faire coïncider l'ombre du marteau avec le bord de la règle, tout en visant l'horizon !

3.2.2. Il existait pour l'observation par derrière, un autre système où c'était l'écran qui coulissait sur la règle. Il est décrit dans le *Nouveau Traité de Navigation* de Bouguer (1753)

Dans ce cas, les graduations doivent être portées à partir de l'extrémité P de la règle.

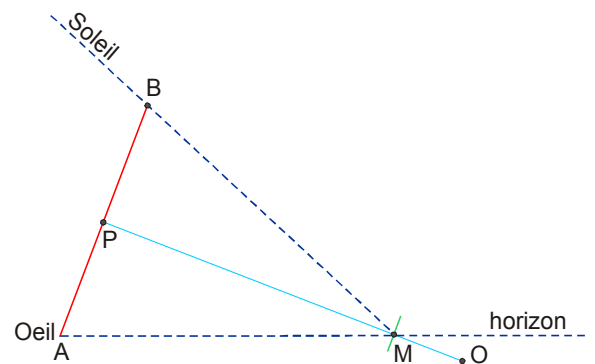
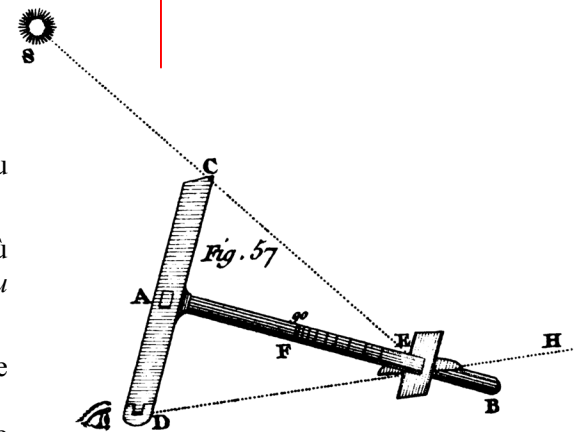
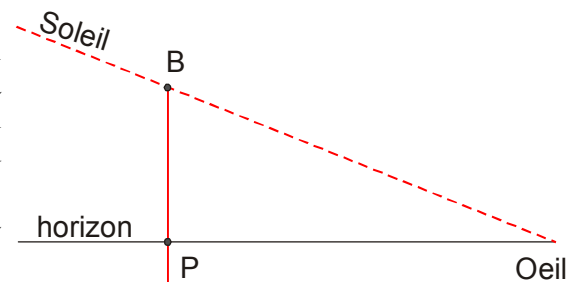
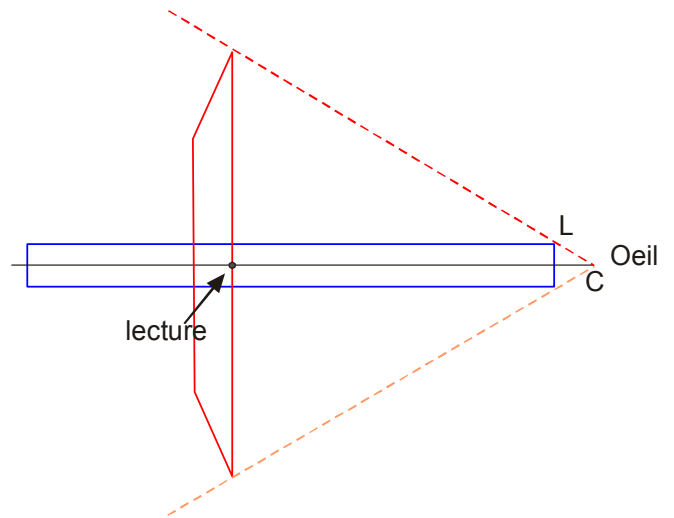
Il y avait une double graduation donnant l'une la hauteur, l'autre son complément à 90°: la distance polaire.

Mais l'arbalestrille va être supplantée par le quartier de Davis, l'octant puis le sextant et les complications proposées par les Académiciens des Sciences ne seront pas appliquées.

### Références

J. Randier. *Instruments de marine*. La Falaise, Maître du vent, 1977.

J.-B. Denoville, voir paragraphe: la graduation de l'arbalestrille chez Jean-Baptiste Denoville par E. Hébert. <http://asrouen> L'octant et la plume: Grandjean de Fouchy, astronome et secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. *Revue d'Histoire des Sciences* 2008; 61: numéro entier. P. Bouguer. *Nouveau traité de navigation*. Paris, Guérin et Delatour, 1753. *Le texte concernant l'arbalestrille est donné en annexe.*



## Annexes

Pierre Bouguer : Nouveau Traité de Navigation , contenant la théorie et la pratique du pilotage. A Paris chez Hyppolite- Louis Guérin et Louis-François Delatour, 1753

### LIVRE IV. CHAP. II.

235

20 degré de complément vis-à-vis de 70 , &c. La marche des deux rangées de chiffres se fait en sens contraire ; il faut bien que cela soit ainsi , puisque l'Astre ne peut pas monter ou s'éloigner de l'Horizon sans approcher du Zénith.

22. Chaque face de la Flèche ayant sa graduation particulière , elle a aussi son marteau. On reconnoît le marteau qui appartient à chaque face , en voyant si la moitié de sa longueur est égale à la distance qu'il y a sur la Flèche depuis le bout de l'œil jusqu'à 90 degré de hauteur ou zéro de complément. On doit toujours dans les observations préférer les plus grands marteaux ; mais lorsque l'Astre est fort bas , il faut nécessairement avoir recours aux plus petits , comme les Lecteurs vont s'en convaincre.

### Manière de prendre Hauteur par devant avec l'Arbalestrille.

23. Après avoir choisi la face , & fait passer la Flèche dans le marteau , dont le plat doit être tourné vers le bout de l'œil , on applique l'œil à ce même bout , on se tourne vers l'Astre , & on éloigne ou on rapproche le marteau jusqu'à ce qu'on voye en même tems par son extrémité d'en-bas , l'Horizon ou la séparation apparente de la Mer & du Ciel , & l'Astre par l'extrémité d'en-haut. Si c'est le Soleil qu'on observe , on tempère la vivacité de ses rayons , en se servant d'un verre coloré ou enfumé qu'on met devant l'œil. La hauteur de l'Astre se trouvera ensuite marquée sur la graduation de la Flèche , dans l'endroit où sera arrêté le marteau.

24. La Figure 56 représente l'Arbalestrille entièrement disposée pour l'observation. La hauteur de l'Astre S est représentée par la grandeur de l'angle SAH : car la ligne AH marque ici le rayon visuel qui étant prolongé vers H , iroit se rendre à l'Horizon. La hauteur est marquée en E sur une des deux rangées de chiffres , sur celle qui finit

Fig. 56

### Description de l'Arbalestrille.

20. Les Pilotes se font servi pendant très-long-tems & ils se servent encore actuellement de l'Arbalestrille , qui est un instrument composé de deux pièces principales , qui forment une espèce de croix. L'une de ces pièces , qui est ordinairement d'ébène ou de quelq' autre bois dur , se nomme la *Flèche*. C'est un bâton quarré qui a deux pieds & demi ou trois pieds de longueur , lequel passe perpendiculairement au travers de l'autre pièce qu'on nomme le *Marteau* , qui est percée d'un trou quarré. La Flèche doit glisser librement dans ce trou , mais ne doit pas y jouer ; & il faut que les deux pièces fassent toujours des angles exactement droits , ce qui oblige de rendre le marteau beaucoup plus épais vers le milieu.

21. La Flèche est graduée sur chacune de ses quatre faces ; on voit sur chacune deux rangées de chiffres , l'une vient en augmentant vers le bout de la Flèche , qui est plat , & qu'on nomme le *Bout de l'œil* , par la raison qu'on verra dans un instant. Cette rangée ou colonne de chiffres finit à 90 degré , qui est la plus grande hauteur , & l'autre colonne marque le complément ou les distances de l'Astre au Zénith. Celle-ci commence par zéro qui est marqué vis-à-vis de 90 degré de hauteur ; on trouve 10 degré de complément vis-à-vis de 80 degré de hauteur ;

**236 NOUVEAU TRAITE DE NAVIGATION.**  
 en *F* par 90 degrez; & on aura dans le même point *E* le complément de la hauteur ou la distance de l'Astre au Zénith, sur l'autre colonne ou celle qui commence par zéro. Si l'on jette les yeux sur la graduation d'une Flèche, on verra que les degrez y sont représentés par des espaces fort inégaux entr'eux; mais malgré leurs inégalités, ils répondent exactement à des degrez égaux qui seroient marqués sur un arc de cercle qui auroit le point *A* pour centre, & qui seroit décrit entre les lignes *AS* & *AH*.  
 25. La méthode de prendre hauteur par devant, ou en se tournant vers l'Astre avec l'Arbalestrille, est si défectueuse qu'on ne doit jamais y avoir recours dans la pratique. L'observation pécheroit en excès sur la hauteur, & en défaut sur le complément: car la graduation de l'instrument suppose que la pointe de l'angle *SAH* se trouve exactement dans le point *A*; & elle ne s'y trouve pas réellement, puisqu'il est toujours un peu éloigné du bout de la Flèche. On est encore sujet à un autre inconvénient, & auquel il y a moins de remède, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, en observant la hauteur par devant; on est obligé de viser en même tems à l'Horizon & à l'Astre, quoique notre vûe n'ait pas assez d'étendue pour comprendre du même coup d'œil deux objets qui forment un grand angle, & pour les voir d'une manière assez distincte.

### *Prendre Hauteur par derrière avec l'Arbalestrille.*

26. On s'est donc trouvé dans la nécessité d'imaginer un autre moyen de se servir de l'Arbalestrille: on y a recours lorsque l'Astre qu'on observe, répand assez de lumière pour que les corps qui y sont exposés, jettent de l'ombre. Après avoir choisi la face de la Flèche, on met le marteau à l'extrémité, au bout de l'œil, en faisant en sorte que le plat de ce marteau *CD* & le bout *A* de la Flèche

**LIVRE IV. CHAP. II. 237**  
 Flèche (Figure 57.) forment un plan exact. On passe après cela sur la Flèche le plus petit des quatre marteaux *E* en le faisant répondre à la même face que l'autre. Ce petit marteau qu'on nomme *Gabet*, est un peu différent des trois plus grands; il a une traverse comme le représente la Figure 58. On tourne ensuite le dos à l'Astre; on vise à l'Horizon ou à la séparation apparente de la Mer & du Ciel par l'extrémité d'en-bas *D* du grand marteau, & par la traverse du petit *E*; & on éloigne ou on approche ce petit marteau jusqu'à ce que sa traverse reçoive exactement l'ombre de l'extrémité supérieure *C* du grand marteau. Pourvu que ces deux choses concourent parfaitement, que la traverse du Gabet paroisse toucher l'Horizon, & qu'elle reçoive l'ombre de l'extrémité supérieure *C* du grand marteau, on a la hauteur du Soleil dans l'endroit où est arrêté le petit marteau. Elle est marquée en *E* sur la rangée de chiffres qui vient en augmentant jusqu'à 90 degrez vers le bout de l'œil, & on a le complément de la hauteur ou la distance de l'Astre au Zénith dans le même point *E* sur l'autre rangée de chiffres qui se termine à zéro en *F*.

27. Si la hauteur du Soleil augmente, il arrivera que lorsque le Pilote visera à l'Horizon par la traverse du petit marteau ou du Gabet, l'ombre du grand marteau ne tombera plus sur la même traverse, mais un peu plus bas; ainsi il faudra nécessairement tirer le Gabet à soi; ce qui fera trouver un plus grand nombre de degrez pour la hauteur, & un moindre pour le complément.

28. On doit toujours être extrêmement attentif dans toutes les observations à ne pancher l'instrument ni vers la droite ni vers la gauche; puisque la hauteur qu'on veut mesurer est l'élevation du Soleil prise en arc de cercle, mais perpendiculairement à l'Horizon. On a une facilité de plus lorsqu'on observe par derrière ou de la manière qui est représentée dans la Figure 57. Pour peu qu'on inclinât le marteau dans l'un ou dans l'autre sens, la traverse

H h

Figure 57.

du Gabet ne paroitroit plus toucher parfaitement l'Horizon, ou les limites apparentes les plus éloignées de la Mer.

29. On ne manque aussi jamais de mettre une pinnule ou visière au bas du marteau en *D*, afin de s'assurer qu'on ne place pas l'œil trop bas. Cette visière est formée par un morceau de métal dont les deux extrémités sont recourbées. Elles faisoient le bout du marteau; mais il reste une fente qui a la largeur d'une épingle.

### *Moyens de rendre l'usage de l'Arbalestrille beaucoup plus exact.*

30. La visière dont nous venons de parler, est toujours mal placée lorsqu'on se conforme à l'usage ordinaire: car l'extrémité d'en-bas du marteau forme un des bords de la fente; & si cette fente a un tiers de ligne de hauteur, son milieu sera trop bas d'un sixième de ligne; ce qui peut produire une erreur très-sensible. Heureusement il est facile de corriger ce défaut: on fera simplement un petit trou dans un morceau de métal qu'on mettra en place comme on le fait ordinairement; & on fera une petite échancrure à l'extrémité du marteau vis-à-vis du petit trou. Mais il faudra faire quelque marque ou repaire qui indique la quantité précise dont il faudra enfoncer le petit morceau de métal. La *Figure 59* représente l'extrémité d'en-bas du marteau, & la pinnule qui n'est pas encore placée.

31. L'Arbalestrille est encore sujette à un autre défaut très-considérable. Les rayons du Soleil qui terminent l'ombre de l'extrémité *C* du marteau (*Fig. 57.*) & qui viennent tomber en *E*, ne partent pas du centre de l'Astre. Car les rayons qui sortent de quelque point plus haut du Soleil, & qui razent le haut du marteau, viennent tomber plus bas sur la traversé du Gabet, & effacent l'extrémité de l'ombre. D'un autre côté ce ne sont pas tout-à-fait

les rayons qui partent du haut du bord du Soleil, qui terminent l'ombre; car ils ne répandent pas une lumière assez vive lorsqu'ils sont seuls, pour que l'Observateur puisse la distinguer. Il suit de-là que, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, comme on le fait actuellement, on n'observe ni le centre du Soleil, ni son bord supérieur; & à proprement parler, on ne sçait de quel point on prend la hauteur, tant l'observation est grossière.

32. Il suffiroit, pour réparer tout le mal, de mettre une espèce de traversé au haut du marteau. Cette traversé s'étendrait un peu d'un côté & de l'autre; elle auroit 7 à 8 lignes de faillie, & 5 à 6 lignes dans l'autre sens, ou de haut en bas. Cette petite traversé seroit foudée à un morceau de cuivre qu'on seroit entré sur le bout du marteau; & il y auroit quelque marque ou repaire pour servir de terme à l'enfoncement. La *Figure 60* représente le bout d'en haut du marteau, avec la pièce de cuivre qui n'est pas encore mise en place. L'ombre de la traversé seroit reçue sur la traversé du Gabet, qu'il faudroit rendre plus grande qu'à l'ordinaire, afin de pouvoir tracer dessus, comme on l'a fait dans la *Figure 58*, les deux petits espaces à droit & à gauche qui doivent recevoir l'ombre. Ces espaces seroient réglés sur la grandeur de l'ombre: mais on pourroit les rendre un peu plus grands, sans que cela tirât à conséquence, pourvu qu'on les augmentât autant par en-haut que par en-bas, & que pendant l'observation on fit tomber l'ombre au milieu.

33. L'Arbalestrille est très-facile à construire; elle coûte très-peu, & elle n'est pas embarrassante dans le transport. Si l'on adoptoit dans la Pratique les petites corrections que nous venons de proposer, cet instrument deviendroit d'un usage fort exact. On lui reproche quelquefois des défauts qui ne tirent pas à conséquence. Il ne faut pas que les marteaux se courbent; la pinnule que nous mettons en-bas du marteau, & la traversé que nous appliquons en-haut, doivent être placées avec pré-

H h ij



## Méthode de graduer la Flèche.

## 240 NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.

» sion, & se bien trouver dans le prolongement du plat  
 » du marteau. Mais quant à la courbure de la Flèche, il  
 » faudroit qu'elle allât fort loin pour rendre l'instrument  
 » déféctueux. Si la Flèche se courbe un peu vers le bas  
 » par l'extrémité *B* (Fig. 57.) il semble qu'elle doit ren-  
 » contrer un peu plus loin les rayons *SCE* de l'Astre,  
 » mais d'un autre côté elle rencontrera un peu plutôt la  
 » ligne droite *DH* tirée de l'œil de l'Observateur à l'Ho-  
 » rison; ce qui corrige presque entièrement l'autre défaut.

Méthode de se servir de l'Arbalestrille à terre  
pour avoir la hauteur du Soleil.

34. » Lorsqu'on veut observer à terre la hauteur du So-  
 » leil en se servant de l'Arbalestrille, & qu'on n'a pas la  
 » liberté de voir l'Horison du côté opposé, on peut em-  
 » ployer le moyen suivant. On disposera un des grands  
 » marteaux & le Gabet, comme si on vouloit prendre  
 » hauteur par derrière; on suspendra ensuite l'instrument  
 » par le bout de l'œil, comme le représente la Figure 61;  
 » & on fera monter ou descendre le Gabet jusqu'à ce que  
 » sa traversé reçoive exactement l'ombre de la petite tra-  
 » versé appliquée à l'extrémité *C* du grand marteau. Com-  
 » me la pesantéur des traversés peut empêcher la Flèche  
 » de se mettre exactement à plomb, on peut mettre un  
 » petit contrepoids vers *D*, & on vérifiera avant l'obser-  
 » vation, la situation de la Flèche, en mettant à côté un  
 » fil chargé d'un plomb. Enfin le Gabet étant bien placé,  
 » on aura en *E* sur la colonne des 90 degrez, non pas  
 » la hauteur, mais le double de la distance de l'Astre  
 » au Zénith. Si l'on trouve en *E*, par exemple, 54 de-  
 » grez 30 min. ce sera une marque que l'angle *CED*  
 » est de ce nombre de degrez. La moitié 27 deg. 15 min.  
 » sera l'angle *SEZ*, distance du Soleil au Zénith; &  
 » prenant le reste à 90 degrez, on aura 62 deg. 45 min.  
 » pour la hauteur.

Figure 57.

35. Nous pouvons imaginer très-aisément la méthode  
 de graduer la Flèche, en considérant la manière dont  
 on se sert de cet instrument lorsqu'on observe par derriè-  
 re. L'angle *CED* (Fig. 57.) exprime la hauteur du So-  
 leil, & cet angle est partagé par la moitié par la Flé-  
 che: c'est-à-dire, que l'angle *AEC* est égal à la moi-  
 tié de la hauteur. Mais dans le triangle *CAE* qui est  
 rectangle en *A*, l'angle en *C* est le complément de l'an-  
 gle *E*: ainsi l'angle en *C* est le complément de la moi-  
 tié de la hauteur; & il suit de-là, que si on nous pro-  
 pose de trouver le point *E* où nous devons marquer un  
 certain nombre de degrez de hauteur, nous n'avons qu'à  
 prendre la moitié de ce nombre, prendre le complé-  
 ment de cette moitié, & faisant ensuite l'angle *ACE*  
 égal à ce complément, la ligne *CE* viendra rencon-  
 trer la Flèche dans le point requis *E*.

36. Si l'on s'agit, par exemple, de trouver le point *E* où  
 on doit marquer 25 degrez de hauteur, je dis: La moitié  
 de 25 deg. est 12<sup>d</sup>. 30<sup>m</sup>. pour la valeur de l'angle *AEC*.  
 Mais si on veut que l'angle *AEC* soit effectivement de  
 12<sup>d</sup>. 30<sup>m</sup>. il faut que l'angle *ACE* soit de 77<sup>d</sup>. 30<sup>m</sup>. Je  
 fais donc l'angle *ACE* de ce dernier nombre de degrez,  
 & la ligne *CE* viendra me marquer le point *E* de 25<sup>d</sup>.  
 37. Cette opération se peut faire aisément en tirant  
 sur une table une ligne droite *AC*, assez longue pour  
 représenter la Flèche (Fig. 62.). On élève une perpen-  
 diculaire *AC* à l'extrémité *A*, qui représente le bout de  
 l'œil, & on fait cette perpendiculaire égale à la moi-  
 tié du marteau: on décrit ensuite du point *C* comme  
 centre, un quart de cercle *AG* qu'on divise en degrez,  
 en commençant au point *A*. Si l'on s'agit après cela de  
 marquer sur la Flèche le point *E*, par exemple, de 40  
 deg., on tire une ligne droite *CE* par le point *F* de 70<sup>d</sup>.

Fig. 57.

Fig. 62.

Figure 61. » du quart de cercle ; parce que 70 degrez est le complément de 20 degrez moitié de 40. Si on veut de même trouver le point *H* où tombe 80 degrez de hauteur, il faut que l'angle *CHA* soit de 40 degrez, & ce dernier ne peut se trouver de ce nombre de degrez, que lorsqu'on l'angle *ACH* est de 50. Ainsi en tirant la ligne *CH* par 50 degrez du quart de cercle, on aura le point *H* de 80 degrez. L'opération fera beaucoup plus exacte si l'on rend le quart de cercle plus grand, si on le fait, par exemple, de la grandeur représentée par *MN*, en lui donnant toujours le même point *C* pour centre. La ligne *AB* étant divisée en degrez, il n'y aura plus ensuite qu'à transporter tous ses intervalles sur la Flèche même.

### Méthode plus exacte de graduer la Flèche.

38. » On graduera la Flèche encore plus exactement avec le secours des Tables des Tangentes, après avoir fait une échelle de même longueur que la moitié du marteau, qu'on pourra se contenter de diviser en 1000 parties égales. Lorsqu'on prend la moitié *AC* du marteau pour rayon ou Sinus total, les distances comme *AE* du bout de l'œil *A* à chaque point comme *E* de la graduation de la Flèche, sont les Tangentes de complément de la moitié des hauteurs. Ainsi si on partageoit la moitié *AC* du marteau en cent mille parties égales, il n'y auroit aucune réduction à faire aux Tangentes des Tables : il suffiroit de prendre la moitié de chaque nombre de degrez de hauteur, de prendre le complément de cette moitié, & cherchant dans les Tables la Tangente de ce complément, on auroit le nombre de parties égales qu'il faudroit porter depuis le bout de l'œil jusqu'à chaque point *E* de la graduation.

39. » Il suffit dans la Pratique, de diviser le bout de marteau en 1000 parties égales ; mais pour opérer avec plus de précision, on fera une échelle de dixmes, sembla-

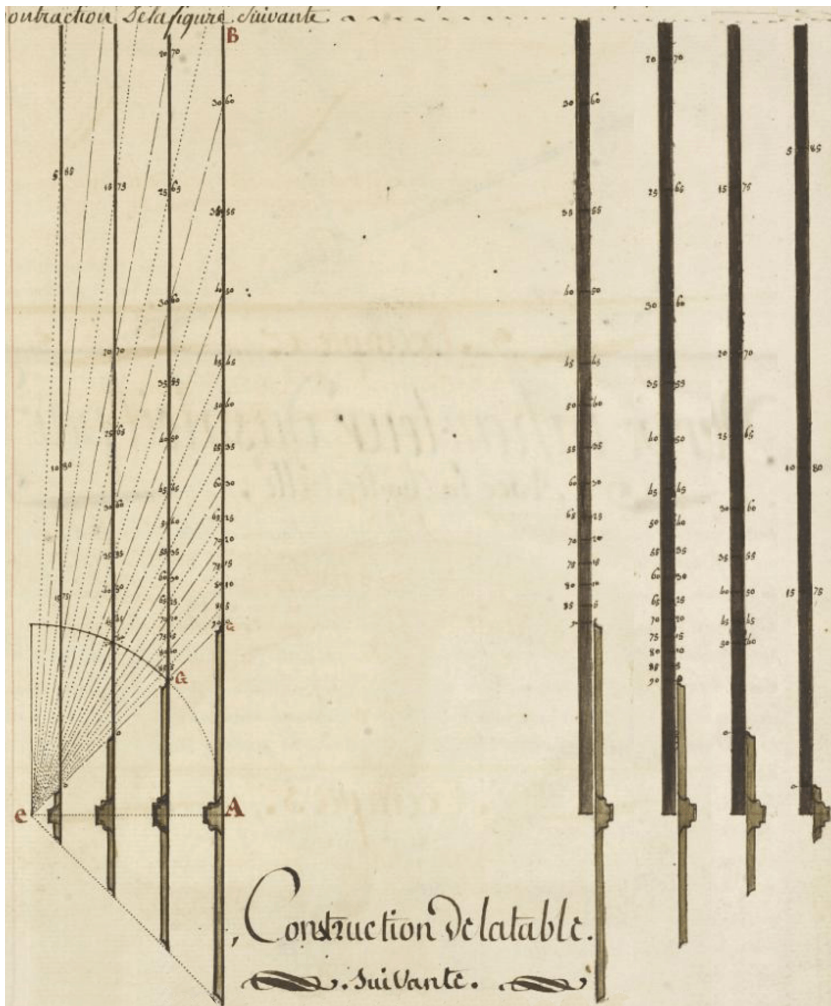
ble à celle qui est au bas de notre troisième Planche: il en faudra même quatre, à cause de la différente grandeur des quatre marteaux. L'échelle de 1000 parties étant faite, si on veut marquer le point de 40 degrez, je cherche la Tangente de 70 ; parce que ce nombre est le complément de 20 qui est la moitié de 40. Je trouve dans la Table qui est à la fin du premier Livre, 274748 pour la Tangente de 70 degrez ; mais il faut en retrancher deux figures du côté droit, parce que nous n'avons divisé la moitié du marteau qu'en 1000 parties. Il vient donc 2747 parties presque & demie ; je dis presque & demie, parce que les deux chiffres retranchés ne diffèrent guère de 50. Si ces mêmes chiffres étoient 25 ou 75, ils marqueroient un quart ou trois quarts à proportion de 100. Il faut selon cela porter deux fois le long de la Flèche, à commencer du bout de l'œil, la longueur de la moitié du marteau ; ce qui fera 2000 parties, & en mettant de plus 747 parties, on aura le point où il faut marquer 40 degrez.

40. Si on veut trouver le point de 45 degrez : la moitié de ce nombre est 22<sup>d</sup>. 30<sup>m</sup>. dont le complément est 67<sup>d</sup>. 30<sup>m</sup>. Je cherche la Tangente de ce dernier nombre ; & retranchant deux figures à droite, il me vient 2414. Ainsi il faut porter sur la Flèche le double de la longueur de l'échelle pour avoir 2000, & mettre de plus 414 parties ; ce qui donnera le point requis de 45 degrez. »

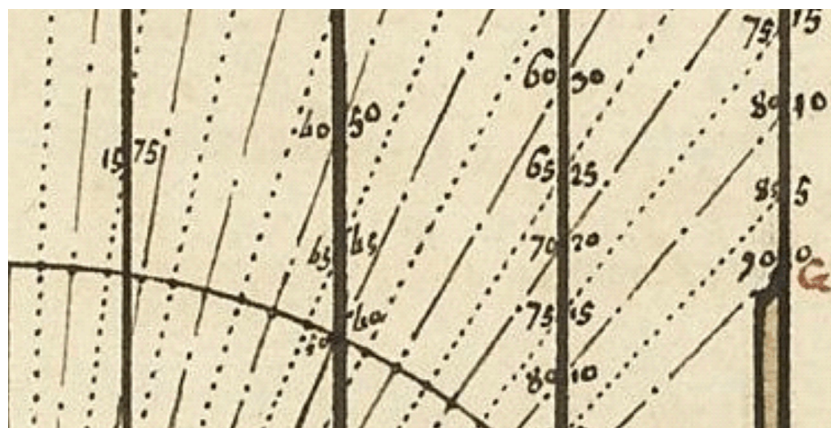
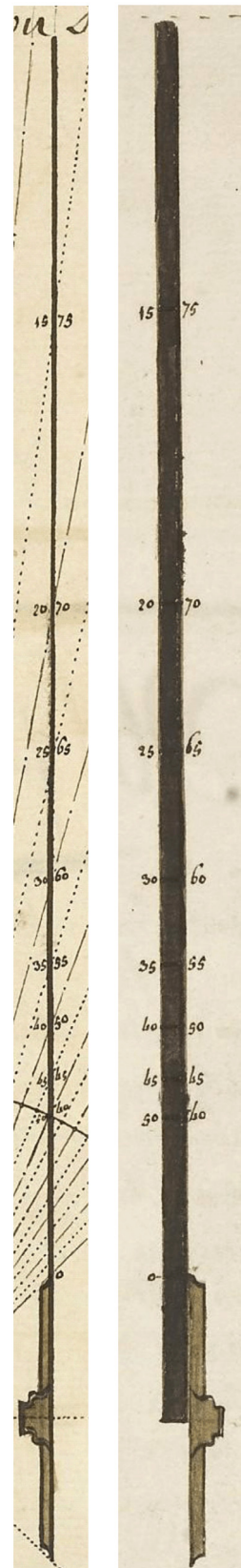
TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

Table with 12 columns: Sinus, Tang., Secan., Log. Sin., Log. Tang., Log. Secan., T. ANG., S.E.C.A.N., Log. Sin., Log. Tang., Log. Secan., D.M. SINUS. The table contains numerical data for trigonometric functions and their logarithms across various angles.

Illustrations des méthodes pour graduer l'arbalesrille de Jean-Baptiste Denoville.



A gauche construction géométrique  
A droite : construction par les tables trigonométriques.



Construction des graduations.

Denoville p. 63

## L'arbalestrille dans l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert

Encyclopédie de Diderot et d'Alembert

**ARBALESTRILLE**, sub. f. est un instrument qui sert à prendre en mer les hauteurs du soleil & des astres.

Cet instrument forme une espèce de croix ; il est composé de deux parties, la flèche & le marteau, voyez *Planche. Navig. figure 12* ; la flèche  $AB$  est un bâton quarré, uni, de même grosseur dans toute sa longueur, d'un bois dur, comme d'ébène, ou autre, ayant environ trois piés de long & six à sept lignes de grosseur. Le marteau  $CD$  est un morceau de bois bien uni, aplani d'un côté, & percé parfaitement au centre d'un trou quarré de la grosseur de la flèche ; au moyen de ce trou, il s'ajuste sur la flèche où il peut glisser en-avant ou en-arriere ; il est beaucoup plus épais vers le trou, afin qu'il soit ferme sur la flèche, & qu'il lui soit toujours perpendiculaire. On pourroit en cas de nécessité, se contenter d'un seul marteau : mais, comme on verra plus bas, il est bon d'en avoir plusieurs ; ils sont au nombre de quatre. Voici la manière d'observer. On fait entrer le marteau sur la flèche, de façon que le côté uni regarde sa partie  $A$  où l'on pose l'œil ; l'oeil étant au point  $A$ , on regarde ensuite l'astre par l'extrémité supérieure du marteau ; & par l'extrémité inférieure  $D$ , l'horison : si l'on ne peut les voir tous les deux à la fois, on fait avancer ou reculer le marteau jusqu'à ce qu'on en vienne à bout. Ceci une fois fait, l'observation sera achevée, & les deux rayons visuels qui vont de l'oeil à l'astre & à l'horison, formeront un angle égal à la hauteur de l'astre. On observe de la même manière l'angle que font deux astres entre eux, en pointant à l'un par l'extrémité du marteau  $C$ , & à l'autre par l'extrémité  $D$  ; en conséquence de cette façon d'observer, on divise la flèche de la manière suivante. On la place sur un plan, *figure 13* ; & par l'extrémité  $A$ , qui est celle où on applique l'oeil, on élève une perpendiculaire  $AP$  égale à la moitié du marteau : du point  $P$ , comme centre, & du rayon  $AP$ , on décrit un quart de cercle, que l'on divise en demi-degrés, & on tire depuis le 45d jusqu'au 90d, par tous les points de division, des rayons, du centre  $P$  à la flèche  $AF$  ; les points où ces rayons la couperont, seront autant de degrés. On marquera les 90d à une distance du point  $A$  égale à la moitié  $CE$  du marteau ; les autres angles se trouveront successivement, en marquant sur la flèche le nombre de degrés d'un angle double du complément de l'angle  $EPA$  ; alors le marteau se trouvant sur un de ces degrés indiquera la hauteur de l'astre : car si on le suppose en  $E$ , & que du point  $A$ , & par les points  $C$  &  $D$ , on tire des rayons visuels qu'on suppose dirigés vers l'astre & à l'horison, il est clair que l'angle  $CAD$  sera double de l'angle  $CAE$  : mais cet angle  $CAE$  est égal à l'angle  $PEA$  ; puisque les triangles  $PAE$ ,  $ACE$  sont égaux & semblables, les angles  $PAE$ ,  $AEC$  étant

droits, le côté  $AE$  commun, & les côtés  $AP$ ,  $CE$  égaux ; ainsi l'angle  $CAD$  sera double de l'angle  $PEA$  : mais cet angle  $PEA$  est le complément de l'angle  $APE$  ; par conséquent l'angle marqué sur la flèche sera toujours égal à l'angle formé par les rayons visuels. De plus, on voit qu'il falloit diviser le demi-cercle en demi-degrés, puisque chaque angle formé par les rayons visuels est double du complément de l'angle  $EPA$  ; il est clair par cette façon de diviser la flèche, qu'en approchant des 90d, les degrés deviennent plus petits ; & qu'au contraire, en s'en éloignant ils deviennent plus grands, conséquemment qu'il faut donner au marteau une certaine longueur, pour que les degrés vers  $E$  soient distincts : mais si le marteau est grand, cela donnera une trop grande longueur à la flèche ; c'est pourquoi au lieu d'un seul marteau, on en a quatre, comme on a dit plus haut, autant que de faces : & ces marteaux étant plus grands les uns que les autres, servent à observer les différens angles. Par exemple, le plus grand sert pour les angles au-dessus de 40d ; celui d'ensuite pour ceux au-dessus de 20 ; le troisieme pour ceux au-dessus de 10 ; & enfin le quatrieme, pour les plus petits angles. Il est inutile de dire que chaque marteau a sa face particulière, & qu'elle est divisée comme nous venons de l'expliquer. Il y a encore une autre façon d'observer avec cet instrument, qui est plus sûre & plus exacte, parce que l'on n'est obligé que de regarder un seul objet à la fois ; cela se fait de la manière suivante. On ajuste le plat du grand marteau dans le bout de la flèche  $A$  (*figure 14.*), de sorte que le tout soit à l'uni ; ensuite on passe dans la flèche le plus petit des marteaux qui a une petite traverse  $M$  d'ivoire, son côté plat étant tourné aussi vers le bout  $A$  ; & l'on ajoûté une visière au bout d'en-bas  $D$  du marteau  $C$ , c'est-à-dire une petite piece de cuivre, ou autre métal, qui ait une petite fente.

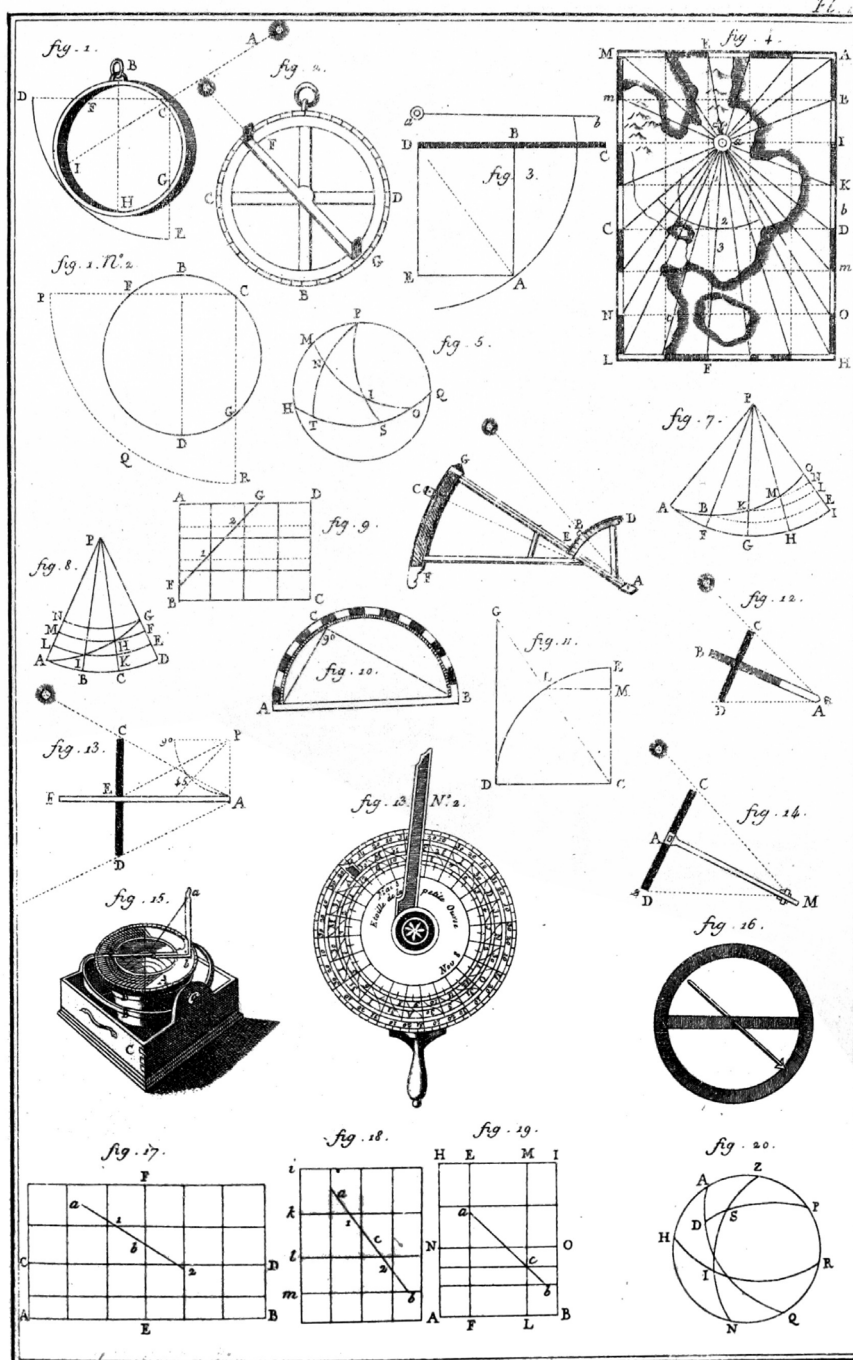
L'arbalestrille ainsi préparée comme le montre la *figure*, on tourne le dos à l'astre, & on regarde l'horison sensible par la visière  $D$ , & par-dessous la traverse  $M$  du petit marteau : en regardant ainsi par le rayon visuel  $DM$ , on approchera ou on reculera le petit marteau jusqu'à ce que l'ombre du bout  $C$  du grand se termine sur la traverse  $M$ , à l'endroit qui répond au milieu de la grosseur de la flèche. Alors le petit marteau marquera sur la flèche les degrés de hauteur du soleil, ce qui est sensible ; puisque l'angle formé par l'ombre qui tombe sur le petit marteau, & par le rayon visuel  $DM$ , est égal à l'angle que l'on auroit si observant par-devant, l'oeil étant en  $A$ , le grand marteau se trouvoit au point  $M$ .

Tel est l'instrument dont on s'est servi long-tems en

mer malgré tous ses défauts. Car, 1°. sans les détailler tous, il est sûr que quelque attention que l'on apporte dans la division de l'instrument, elle est toujours fort imparfaite. 2°. Etant de bois & d'une certaine longueur, il est toujours à craindre qu'il ne travaille & ne se déjette ; & enfin il est fort difficile de s'en servir avec précision : on compte même généralement qu'il ne vaut rien pour les angles au-dessus de 60d. Ainsi on doit absolument l'abandonner, surtout depuis l'instrument de M. Hadley, si supérieur à tous ceux qui l'ont précédé. *Voyez INSTRUMENT de M. Hadley.*

L'*arbalestrille* a eu différens noms, comme *radiomètre*, *rayon astronomique*, *bâton de Jacob*, & *verge d'or* ; mais *arbalestrille* est aujourd'hui le plus en usage.

Comme les observations qui se font sur un vaisseau donnent la hauteur du soleil tantôt trop grande, tantôt trop petite, selon qu'elles se font par-devant ou par-derrière, & cela à cause de l'élévation de l'observateur au-dessus de l'horison, on est obligé de retrancher plusieurs minutes de l'angle trouvé par l'observation, ou au contraire d'en ajouter à cet angle.



*Navigation.*

ARBALÈTE, qu'on nomme aussi ARBALÈTRILLE, BÂTON DE JACOB, RAYON ASTRONOMIQUE, CROIX GÉOMÉTRIQUE, VERGE D'OR OU RADIOMETRE. Instrument dont on se servoit autrefois sur mer pour observer les astres. Il est composé de trois ou quatre pieces de bois, dont la plus longue s'appelle *Fleche* ou *Verge*, & les autres *Marteaux* : l'un grand, & l'autre petit. La fleche est quarrée en tout sens, & chacune de ces faces a une graduation particulière en degrés & en minutes. Le grand & le petit marteau ont un trou, au travers duquel passe la fleche. Le grand marteau se place à l'extrémité de la fleche, & le petit glisse le long d'elle.

On prend ainsi la hauteur d'un astre avec cet instrument. On met l'œil à l'extrémité de la fleche opposée au marteau, & l'on approche ou l'on éloigne le marteau jusqu'à ce qu'on voie l'astre par un rayon qui, passant par son bord, vienne aboutir à l'œil, sans perdre de vue l'horizon de la mer, par une ligne qui passe à l'extrémité inférieure de ce marteau, & au point de l'œil. L'angle formé par ces deux rayons visuels est égal à celui de la hauteur de l'astre sur l'horizon, & la valeur de cet angle est indiquée sur la fleche par la situation du marteau sur les degrés qui lui conviennent.

Dans cette observation on regarde l'astre ; ce qui est assez incommode, surtout par rapport au soleil, dont la vivacité des rayons blesse la vue. On peut éviter cet inconvénient, en tournant le dos à l'astre, c'est-à-dire, en observant pardierrere. À cette fin on place le grand marteau à l'extrémité de la fleche, où commence la division ; on passe ensuite dans la fleche un petit marteau, pour servir de pinnule (on le nomme alors *Traversier*), & on tourne le dos au soleil. L'*arbalète* ainsi disposée, on place l'œil au bord

du grand marteau, & on approche ou l'on éloigne le petit marteau jusqu'à ce que l'ombre de l'extrémité supérieure, qui est opposée à celle de l'œil, tombant sur le petit, on puisse voir l'horizon de la mer par un rayon qui passe par ce marteau, lequel marteau que alors sur la fleche les degrés du soleil au zénith, & ceux de sa hauteur. Cette observation pardierrere est préférable à l'autre, où il faut viser en même temps, & à l'astre, & à l'horizon, ce qui n'est point facile.

Cet instrument est si défectueux, qu'il n'est presque plus en usage. Premièrement, parce que les divisions ne sont pas assez sensibles, & qu'il est très-difficile de les bien faire ; & en second lieu, parce que, pour peu que la fleche se déjette, il induit dans des erreurs considérables. Ces défauts ne sont point dans le quartier Anglois (voyez ce mot), qu'on préfère avec raison à l'*arbalète*, qui est encore bien inférieure aux autres. Voyez OCTANT.

On attribue l'invention de l'*arbalète* aux Chaldéens, qui l'appelloient *Bâton de Jacob*. On lui a donné ensuite le nom d'*arbalète*, parce que cet instrument ressemble à une *arbalète*, qui est une espee d'arme dont on faisoit usage avant la découverte de la poudre à canon.

On simplifie l'*arbalète*, en supprimant un des bras du marteau, & on la nomme alors *Demi-arbalète*. Il paroît que c'est aux Hollandois qu'on doit cet instrument : car la premiere description qu'on en ait vu, se trouve dans des Routiers Hollandois. Le P. *De-challes* en a donné la figure & l'usage dans son *Art de naviger*, liv. II, prop. XXVII ; & c'est de tous les Auteurs qui ont écrit sur la navigation, le seul qui en ait parlé.

# Cosmographie, ou description des quatre parties du Monde, contenant la Situation, Diuision, & Estendue de chascune Region & Prouince d'icelles, Escrite en Latin par Pierre Apian.

Corrigée & augmentée par GEMMA FRISON, excellent Geographe & Mathématicien, avec plusieurs autres Traittez concernans la mesme matiere, composez par le susdit GEMMA FRISON, & autres Autheurs, nouvellement traduits en langue Françoisse.

Version imprimée en 1581. Mais le Traité en latin date de 1524.

328

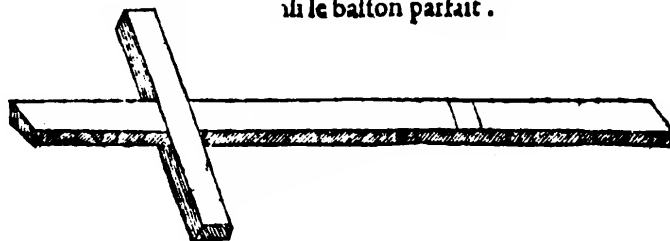
## La Fabrique du *LA FABRIQUE DV BASTON* *Astronomique, par le vulgaire* de *Jacob, escrite en Latin par*

De l'Art de mesurer .

*OMME se mesure la hauteur, largeur, ou rondour de quelque tour, ou d'autre chose? Cela se peut faire par diuers instrumens, a scauoir par l'Anneau Spherique, par le Cylindre, le Quarre Geometrique, le Quadrant, & le Baston de Iacob.*

De la fabrique du Baston de Iacob.

*on de Iacob? & comment se fait-il? Prenez vn que longueur, d'vn auline ou deux. Puis prede la longueur d'vne paume, & marquez la baston sur le grand ou plus long baston, aupeut faire, & autour des entrecoupures ou rtuis, auxquels sera mis le petit baston en si le baston parfait.*



Pour mesurer la hauteur .

**C**omment se mesure la hauteur d'vne chose? Mettez le petit Baston en aucun des trous du grand Baston en forme d'vne croix, & tournez le petit Baston avec les coings & bouts hault & bas, regardant par les deux extremittez d'iceluy, la hauteur de la chose qui est a mesurer, & l'ayant veü, marquez le lieu de vostre station. Apres mettez le petit Baston en vn autre cren ou trou du grand Baston, & marchez auant ou arriere, tant que vous voyez de rechef par les extremittez dudit Baston la hauteur de la chose: Lors la distance qui sera entre les deux statiôs, sera la hauteur de la chose mesurée.