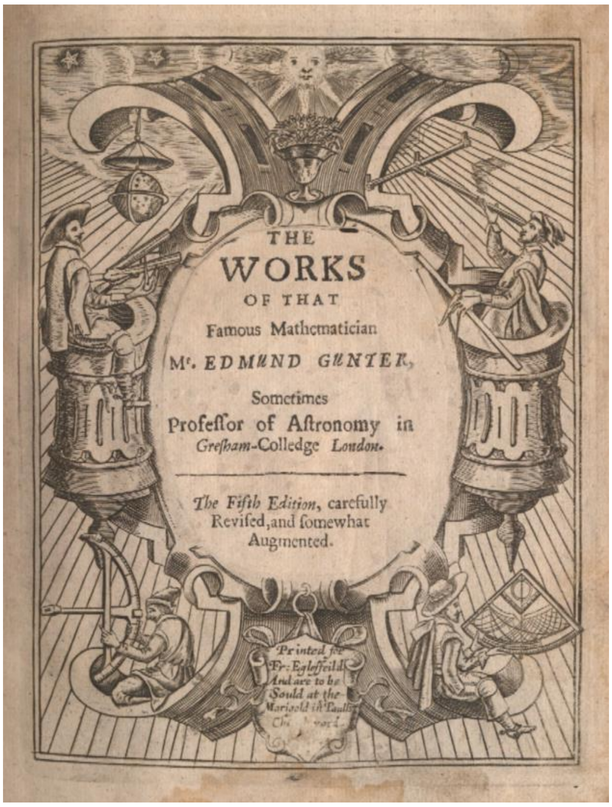


1 : *Gunter, xxxvii, 1673, frontispice. Le personnage en haut, à gauche, effectue un calcul avec le compas.*

Le compas de proportion

Serge Savoysky, Dr ès Sc

ndlr : Dans le texte, les chiffres romains renvoient vers la bibliographie, les chiffres arabes vers les notes de bas de pages.

AVANT-PROPOS

Même limitée à quelques pages, cette monographie impose l'examen méticuleux de documents et d'instruments ; tout examen apporte ses résultats mais aussi de nouvelles questions dont la complexité croît avec la progression de la recherche, certaines, rebelles, restant obstinément à l'état d'interrogations. Cette sensation continuelle d'inachèvement incite à différer sempiternellement la publication en chantier. Il convient alors d'éviter le perfectionnisme, de savoir lever la plume et de soumettre le travail au verdict des lecteurs.

Ensuite l'esprit associatif doit poindre : à l'initiative personnelle devrait succéder un travail collectif visant à améliorer l'acquis ; une association signifie l'existence de trésors d'information nombreux et divers, parfois insoupçonnés. L'élan étant donné, cette faculté collective devrait alors se manifester, entraînant l'enrichissement du travail initial.

1 INTRODUCTION

La bureautique, malgré la jeunesse du néologisme, est l'une des plus vieilles et fructueuses techniques de l'humanité. Dans cette longue histoire, l'usage fugace du compas de proportion nous plonge dans un univers de calculateurs aux usages surprenants aujourd'hui.

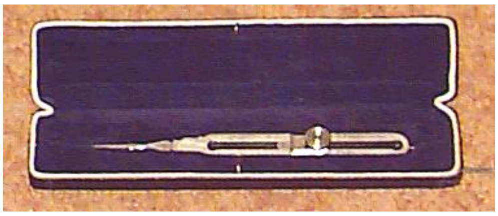
Jusqu'à l'apparition des machines numériques et même jusqu'à l'apparition de l'informatique, de nombreux travaux restaient hors de portée des calculateurs humains. L'analogie, en particulier le calcul graphique, permettait – et permet encore - de concevoir des méthodes et moyens rapides de travail en substitution des pénibles calculs numériques. Cette méthode comme toute autre avait des limites pratiques : nous en découvrirons certaines ; en dépit de cette réserve, l'imagination humaine produisit en la matière de petites merveilles ; le compas de proportion en est une.

Ce fut un instrument de calcul utile, précurseur de la règle à calcul et de toutes les méthodes de calcul fondées sur l'analogie géométrique formant la nomographie. Comme pour de nombreux objets scientifiques, ses racines remontent loin dans le passé, mais c'est essentiellement vers la fin du XVI^e siècle qu'il atteint l'aspect que nous examinons ici. Son apogée, sous sa forme la plus achevée, couvre les XVII^e et XVIII^e siècles. Son déclin, puis son abandon durant le XIX^e siècle résultèrent du succès grandissant de la règle à calcul.

C'est aujourd'hui un bel objet que de nombreux collectionneurs acquièrent parfois pour cette seule qualité : par sa facture il honore indubitablement les arts mécaniques.

2 : *Deshayes, xiv, Frontispice. Le personnage, astronome (globe) ou ingénieur (plan de fortification) manipule un compas de proportion.*

Le chapitre **Éléments théoriques** explique ce qu'est un compas de proportion et quelle fut sa genèse dans la manière de penser des chercheurs, il y a quatre siècles et plus. Une **Morphologie du compas de réduction** et une **Morphologie du compas de proportion** décrivent les échelles de calcul les plus courantes des deux catégories d'instruments fondées identiquement sur les éléments précédents, mais distincts surtout dans le vocabulaire. Un **Historique** cite sommairement les savants impliqués dans son histoire inachevée. Enfin deux



3 : Compas de réduction. Coll. SS. n°293.

Exemples illustrent ce que fut l'aspect de cet objet, familier des poches de géomètres, d'architectes, d'artilleurs, de négociants, de navigateurs, et de bien d'autres personnes obligées professionnellement de se livrer à de pénibles calculs et trouvant, avec le compas de proportion un moyen d'alléger leur tâche.

Bien évidemment, cette monographie est limitée aux aspects essentiels de l'objet et de son histoire : une étude exhaustive justifierait vraisemblablement plusieurs éditions spéciales et volumineuses d'Arts Mécaniques !

2 ÉLEMENTS THEORIQUES

Importance de la géométrie pour le calcul au XVIᵉ siècle

Nous disposons aujourd'hui d'un système de notations mathématiques, véritable code international simplifiant le travail de communication du chercheur, d'abord avec lui-même, c'est à dire avec ses notes, et bien évidemment avec ses confrères. Au XVIᵉ siècle, cette facilité ne faisait que poindre avec l'œuvre de François Viète (1540 – 1603). Les langues naturelles inévitables mais inadaptées à l'usage scientifique étaient alors incommodes, à la fois pour supporter l'investigation et exprimer ses résultats, particulièrement en mathématique ; en contrepartie, depuis l'antiquité grecque, le dessin constituait un moyen banal d'expression mathématique : de nombreux éléments de la théorie fort abstraite des nombres furent établis avec son aide. C'était une façon commode de s'exprimer et même parfois de penser des mathématiciens de ces époques révolues. Le succès des œuvres d'Euclide s'explique ainsi, particulièrement le cinquième livre sur les proportions.

Le principe du compas de proportion, ainsi que de divers autres instruments apparentés, repose donc sur l'analogie entre des propriétés arithmétiques et des propriétés géométriques élémentaires : on substitue ainsi au calcul de grandeurs numériques avec ses longues séquences opératoires, le relevé quasi immédiat de grandeurs géométriques figurées, généralement des segments.

D'autres circonstances confortèrent l'intérêt de ce procédé, la mathématique étant étroitement mêlée comme aujourd'hui à bien d'autres disciplines.

Le dessin manuel, le seul possible naguère, avait dans les activités de nombreuses autres professions, une importance également considérable : anatomies de machines[1], cartographie, plans d'architecture, etc… Les ingénieurs et chercheurs possédaient alors une remarquable maîtrise de l'expression graphique de leurs observations et de leurs idées ; le tour de main de nos prédécesseurs était remarquable : musées et bibliothèques conservent de multiples témoignages de cette façon de s'exprimer ; certains sont même de véritables chefs d'œuvres du dessin technique. Le dessin était donc un moyen quasi universel de communication.

Enfin, la diversité des systèmes de mesures et des rapports entre unités compliquait tout calcul : calculer le tiers d'une longueur exprimée en mètres et centimètres n'offre aucune difficulté mais la même opération en utilisant des toises, des pieds et des pouces, voire des lignes, est pour le moins laborieuse. Tout procédé permettant d'effectuer une opération sur une grandeur géométrique, sans même s'intéresser à son expression numérique, et d'en reporter directement le résultat sur le papier était grandement apprécié de l'opérateur (fig. 2). Cette attitude est d'autant plus naturelle qu'une grandeur est concevable indépendamment des conventions numériques choisies ultérieurement pour la représenter[2].

Ces faits expliquent la présence systématique du compas de proportion dans la plupart des nécessaires à dessin, depuis son invention jusqu'à la fin du XIXᵉ siècle.

Principe du compas : proportionnalité des côtés homologues de triangles semblables

Les notations mathématiques utilisées dans cette note pour décrire les propriétés des instruments sont contemporaines mais ces propriétés sont connues depuis l'Antiquité grecque[3].

Soient deux droites Δ_1 et Δ_2 que l'on suppose ici toujours sécantes en O (fig. 4). Des droites parallèles D_i, D_j, D_k, etc., sécantes à Δ_1 (resp. Δ_2), coupent Δ_1 (resp. Δ_2) en des points A_i A_j A_k etc., (resp. B_i, B_j, B_k, etc.).

Les triangles OA_iB_i et OA_jB_j sont semblables ; leurs éléments homologues sont proportionnels[4] :

---

1 Sans oublier l'anatomie humaine ou animale.

2 Voir dans l'historique le commentaire sur Eudoxe de Cnide.

3 L'étude des textes hérités de l'Antiquité au travers de multiples copies est laborieuse. Les manuscrits sont souvent uniques et la possibilité de consulter ces reliques dispersées n'est accordée que parcimonieusement par les bibliothèques qui ont le devoir d'en assurer la pérennité. Lorsque l'autorisation est accordée, une solide connaissance du latin, du grec, éventuellement de l'arabe et quelques autres langues anciennes européennes ou orientales dans leurs multiples avatars est préférable, avec en outre un sérieux entraînement pour la lecture d'anciennes écritures… ce n'est pas le cas de l'auteur de cette monographie !
La multiplication des enregistrements numériques libéralise heureusement l'accès à ces documents mais ne diminue pas la difficulté du travail : finalement, seuls quelques spécialistes ayant consacré leur existence à ces travaux en sont capables. Leurs ouvrages constituent nos sources. Ces savants sont peu nombreux et, en France, Paul Tannery est particulièrement exemplaire par l'intérêt de ses découvertes et la précision de ses références.
Les sources citées dans cette monographie sont donc relativement récentes : mathématiciens érudits de la Renaissance ou d'époques ultérieures, historiens modernes.

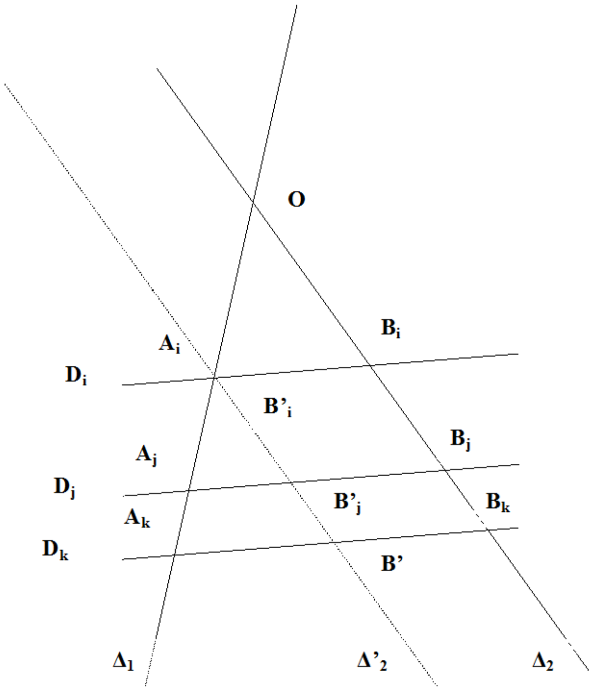
(a) $$\frac{OA_i}{OA_j} = \frac{OB_i}{OB_j} = \frac{A_i B_i}{A_j B_j}$$

Puis, en généralisant par translation de O en n'importe quel point A_i, quelles que soient D_i, D_j, D_k parallèles[5] :

(b) $$\frac{A_i A_j}{B_i B_j} = \frac{A_i A_k}{B_i B_k}$$

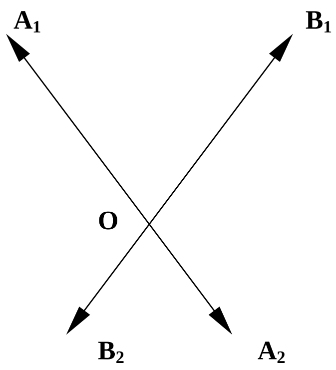
3 Morphologie du compas de réduction (E : Proportional sector)

Le compas de réduction permet en fait de calculer des proportions. De ce point de vue, le terme anglais : proportional sector, est pertinent. Sa traduction en : compas de proportion, est assez fréquente ce qui peut entraîner une confusion avec l'instrument ainsi nommé en français, décrit dans le chapitre suivant.



4 : *Avatars du théorème de Thalès[5]. On passe de la relation (a) à la relation (b) en utilisant une droite Δ'_2 parallèle à Δ_2.*

Chaque branche A_1A_2 et B_1B_2 (fig. 5) est terminée à ses deux extrêmités par une pointe. Elles sont assemblées par un axe O mobile le long de chacune d'entre elles. Elles portent l'une et l'autre la même échelle.



5 : *Principe du compas de réduction.*

Lorsque l'axe est positionné sur la même graduation de chacune des échelles, selon (a) la proportion des deux écartements de pointes est constant quelque soit l'ouverture de l'instrument :

(c) $$\frac{A_1 B_1}{A_2 B_2} = \frac{OA_1}{OA_2} = \frac{OB_1}{OB_2}$$

Cette propriété permet de relever une longueur sur une figure et d'en reporter ailleurs la valeur proportionnelle selon un rapport donné. Cet instrument, fort simple et pratique précéda le compas de proportion ; la plus ancienne description retrouvée pour cette monographie est de Jacques Besson en 1571[44]. En 1835, le baron de Prony proposait encore des améliorations pour cet instrument[6]. Le compas de réduction survécut au compas de proportion puisqu'il est encore possible d'en trouver de modernes exemplaires.

4 Morphologie du compas de proportion (E : Sector)

4.1 Généralités sur les échelles

Dans sa forme la plus élémentaire, le compas de proportion est composé de deux bras : plaques en laiton, ivoire ou bois, symétriques et articulées entre elles à l'une de leurs extrémités. L'axe de l'articulation définit le point O. Chaque plaque porte des lignes gravées. Sur chacune de ces lignes est gravée une échelle représentant une fonction $i = f(\Omega A_i)$ [7] ou inversement $\Omega A_i = f^{-1}(i)$, Ω étant l'origine de la ligne, A_i étant le point courant d'abscisse ΩA_i.

Les valeurs de i gravées sur le compas sont des valeurs entières accompagnant généralement les graduations principales ; afin de rappeler cette particularité, i est nommé indice dans la suite du texte ; imax représente la valeur maximum de i pour l'échelle considérée : c'est l'indice de pleine échelle ; λ est l'abcisse de

---

4 Ce théorème est énoncé sans démonstration. Il est l'un des cinq théorèmes de géométrie attribués à Thalès de Millet, aucun d'entre eux ne portant le nom de leur inventeur dans les publications modernes. La démonstration la plus ancienne qui nous en soit parvenue appartient au cinquième livre des Éléments d'Euclide ; cette démonstration classique, dite des aires, a au moins dix-huit siècles d'existence ; elle figure dans la traduction des Éléments de Denis Henrion (fig. 18).

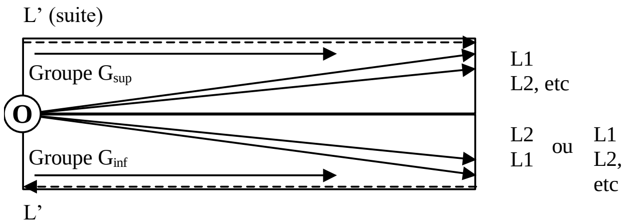
5 Ce théorème, déduit du précédent et qui porte le nom de Thalès, dans la tradition universitaire française, est par contre difficilement attribuable à ce géomètre, selon les spécialistes de l'histoire de la mathématique grecque. Dans leur cours, C. Lebossé et C. Hémery commencent d'emblée par son énoncé suivi de sa démonstration adaptée aux jeunes élèves des lycées et collèges, dans le chapitre 16 portant le tire : Théorème de Thalès ; la similitude des triangles n'est abordée qu'ensuite. Le lecteur soucieux de rafraîchir ses souvenirs scolaires d'il y a quelques décennies a tout avantage à se plonger à nouveau dans l'inoubliable Lebossé – Hémery, classe de seconde : xxxv, pp.132 et suivantes.

6 Il existe une note du baron de Prony sur les "Moyens de perfectionner le compas de réduction…" (Carilian-Goeury, Paris, 1835) ; cette note n'a pas été consultée pour cette monographie.

7 Pour simplifier, on utilise systématiquement la même notation pour désigner un segment et sa longueur, aucune ambiguïté n'étant à craindre ici.

la pleine échelle : $\lambda = \Omega A_{imax}$. La notation décimale moderne n’est apparue que progressivement durant la vie active du compas de proportion : elle est donc généralement absente sur ces instruments et dans les ouvrages qui les concernent, en dépit du fait que des graduations sur certaines échelles peuvent éventuellement correspondre à des valeurs non entières de i. La notation moderne dans cette monographie est donc anachronique mais indubitablement simplificatrice.

Sur chaque face du compas (fig. 6), les lignes sont disposées de plusieurs manières :



6 : Disposition générale des lignes sur chaque face.

- toujours par paires de lignes identiques, l’ensemble des paires convergeant en O et étant disposé symétriquement par rapport à l’axe de symétrie du compas (L1, L2… puis L2, L1… disposition usuelle des compas français), ou…
- par paires de lignes identiques, l’ensemble des paires convergeant en O et étant ordonné de la même manière sur chaque banche d’un côté à l’autre du compas fermé (L1, L2… puis L1, L2… disposition usuelle des compas anglais),
- éventuellement par groupes de lignes différentes sur les parties des branches laissées disponibles par les précédentes (groupes G_{sup} et G_{inf}),
- éventuellement une ligne unique L’ sur le bord extérieur du compas totalement déployé.

L’origine Ω commune des lignes L1, L2… est, à quelques exceptions près, le point O. En ouvrant le compas d’un angle quelconque, chaque paire de lignes identiquement graduées matérialise les côtés de triangles semblables permettant d’appliquer la relation (a).

Pour les lignes des groupes G_{sup} et G_{inf} et pour la ligne L’, le théorème de Thalès est évidemment inapplicable.

Le champ latéral extérieur du compas porte parfois une échelle, le plus souvent de longueur ; cette échelle intéresse le collectionneur car l’unité utilisée révèle éventuellement la nationalité ou l’âge approximatif de l’instrument pour des compas anonymes[8] ; par exemple si l’échelle est centimétrique et de facture apparemment homogène à celle des autres échelles, alors le compas est probablement du XIX^{e} siècle ; une facture différente, voire grossière signifie un ajout tardif.

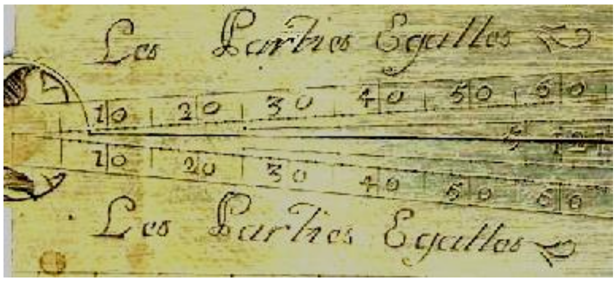
L’idée de normalisation étant pratiquement inexistante à cette époque, ces quelques spécifications constructives furent diversement appliquées par les auteurs d’instruments selon l’époque et le lieu. L’article de l’Encyclopédie Méthodique est significatif à cet égard : la variété des lignes est détaillée scrupuleusement avec une rigueur parfaitement encyclopédique ce qui en rend la lecture ardue[9]. Notre description s’appuie principalement sur le travail moins exhaustif mais plus pragmatique du français Nicolas Bion[10], continuateur en France, des travaux de Denis Henrion et Deshayes ainsi que sur celui de l’anglais Edmund Gunter.

Selon Nicolas Bion, la longueur d’un compas de proportion est généralement de six pouces ; il en existe de plus longs pour les travaux sur le terrain, d’autres plus courts, généralement quatre ou trois pouces pour les trousses de poche. Les compas anglais sont également le plus souvent de six pouces, le pouce insulaire étant un peu différent des pouces continentaux.

4.2 Lignes arithmétiques

Ligne des parties égales[11]

(E : Line of lines)



7 : Ligne des parties égales. Les indices 10 à 60 sont visibles. L’indice 0 coïncide avec l’axe du compas. L’indice de pleine échelle, ici 200 est à l’extrémité de la branche.

Deux lignes, portent chacune des graduations équidistantes avec pour tout i :

(d) $$i = i\max \frac{OA_i}{\lambda},$$

soit pour tout couple i, j :

(e) $$\frac{OA_i}{OA_j} = \frac{i}{j}$$

Généralement imax = 200 pour un compas de six pouces.

Si A_i, A_j (resp. B_i, B_j) sont les points de graduations i et j sur la ligne Δ_1 (resp. Δ_2), pour toute ouverture du compas on établit ensuite en appliquant (a) :

8 Une signature désigne le fabricant et avec plus ou moins de patience, l’origine et la date ; il existe certainement des contrefaçons… mais leurs prix de revient doivent être difficilement inférieurs à ceux d’instruments courants mais signés et authentiques.

9 Encyclopédie Méthodique, i, pp.379/385.

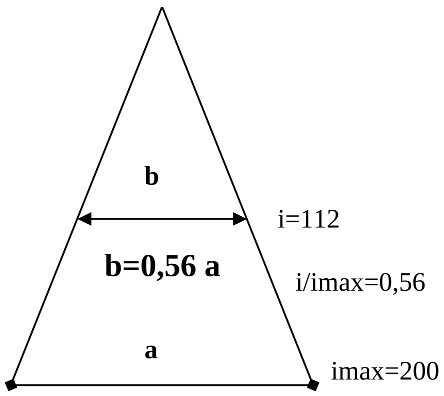
10 Bion, 1752, ix, pp. 24/62, planche 6. L’intérêt de ce travail est sa clarté.

11 Henrion, 1637, xxviii, pp. 1/ 2 ; Bion, 1752, ix, pp. 25/26.

(f) $\dfrac{A_i B_i}{A_j B_j} = \dfrac{i}{j}$

La relation (f) permet de déterminer graphiquement un segment dont la longueur b est une fraction de la longueur d'un segment donné[12] a ou de déterminer le rapport des longueurs de deux segments donnés.

Ces lignes figurent sur pratiquement tous les compas de proportion. Pour les architectes d'antan, soucieux de respecter certaines proportions dans toutes les parties de leur ouvrage, comme par exemple celle fondée sur le nombre d'or ○ [13], l'usage des lignes de Parties égales était certainement fréquent ; avant l'apparition de l'Euro, la Banque Fédérale Allemande popularisait ce fait avec son billet de 50DM (fig. 29) orné de l'effigie de l'architecte Balthasar Neumann associée à une discrète image du compas de proportion.



8 : Usage des parties égales. On souhaite dessiner un segment égal à 0,56a, a étant la longueur d'un segment déjà dessiné, par exemple le diamètre d'un bassin. On relève sur un plan avec un compas à pointes sèches la longueur a. On ouvre ensuite le compas de proportion de manière que l'écartement des graduations imax soit celui du compas à pointes sèches ; le choix de imax est facultatif mais facilite la suite des opérations. On relève ensuite avec les pointes sèches l'écartement des graduations 112 (=0,56×200) que l'on reporte immédiatement à l'endroit désiré sur le plan.

Ligne des plans[14] (E : Line of superficies)

Deux lignes portent des graduations telles que :

(g) $i = i\max \dfrac{OA_i^2}{\lambda^2}$

imax a différentes valeurs selon les mathématiciens ou fabricants. Chez Nicolas Bion imax = 64 pour un compas de six pouces, valeur que l'on retrouve sur de nombreux compas français ; chez Edmund Gunter imax=10.

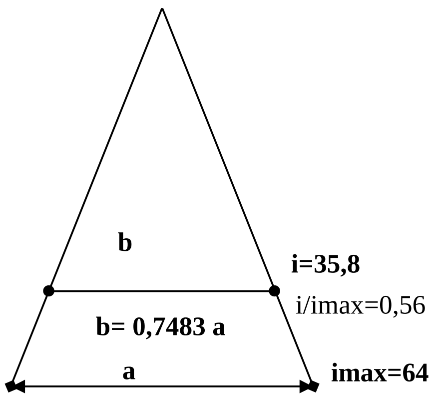
Pour tout couple i, j :

(h) $\dfrac{i}{j} = \dfrac{OA_i^2}{OA_j^2}$ ou $\sqrt{\dfrac{i}{j}} = \dfrac{OA_i}{OA_j}$

Si A_i, A_j (resp. Bi, B_j) sont les points de graduations i et j sur la ligne Δ_1 (resp. Δ_2), pour toute ouverture du compas on établit ensuite en appliquant (a) :

(i) $\dfrac{A_i B_i}{A_j B_j} = \sqrt{\dfrac{i}{j}}$

Deux figures étant homothétiques et le rapport ρ de leurs surfaces étant donné, le rapport des éléments homologues est $\sqrt{\rho}$. Ces échelles permettent donc de dessiner une figure homothétique d'une figure donnée, le rapport de leurs surfaces étant donné. Par exemple, un architecte du XVIII[e] siècle pouvait déterminer directement sur son épure les dimensions d'un bassin dont la surface représente 56% de celle d'un bassin de même forme déjà dessiné (fig. 9). Un autre exemple est le calcul du poids par unité de longueur d'un cordage : il suffit de comparer son diamètre à celui d'un cordage dont le poids par unité de longueur est connu.



9 : S'agissant toujours de bassins, ce sont maintenant les surfaces qui doivent être dans le rapport 0,56. Un rapide calcul, éventuellement avec les lignes de parties égales, montre que 0,56×64 ≅35,8. Ouvrant le compas comme précédemment avec un écart de a entre les graduations 64 de pleine échelle de chaque ligne des plans, on relève b avec les pointes sèches entre les graduations i≅35,8 pour le reporter sur le plan à l'endroit désiré. Si - mais cela n'est pas nécessaire pour le dessin - on calcule b/a=0,7483…, on peut vérifier alors que $0{,}7483^2$=0,5599…, soit 0,56 à une petite erreur près acceptable pour un plan.
Supposons, pour l'exemple des cordages qu'un bout de 3 pouces de diamètre et de trois pieds de long pèse 5,5 livres. On ouvre le compas de manière que la distance entre les graduations 55 sur les lignes des plans soit 3 pouces. Le cordage de poids inconnu a un diamètre de 2 pouces. On cherche les graduations ayant cet écart et on trouve un peu plus de 24 : pour la même longueur que le précédent cordage celui de 2 pouces pèse entre 2,4 et 2,5 livres.
Vérifions avec une calculette :

$\sqrt{2{,}4/5{,}5} = 0{,}6605\ldots \cong 2/3$

Ligne des solides (E : Line of solids)

Deux lignes portent des graduations telles que :

(j) $i = i\max \dfrac{OA_i^3}{\lambda^3}$ soit, pour tout couple i, j :

(k) $\dfrac{i}{j} = \dfrac{OA_i^3}{OA_j^3}$ ou $\sqrt[3]{\dfrac{i}{j}} = \dfrac{OA_i}{OA_j}$

12 Pour cette opération, le compas de réduction est mieux adapté.

13 ○ = $\lim_{n\to\infty} u_n$, avec u_1= 1 et $u_{n+1} = \sqrt{1+u_n}$ pour tout n ; la suite u_n a une limite solution de x^2-x-1 = 0 ; tous calculs faits, ○ = 1,61803399.

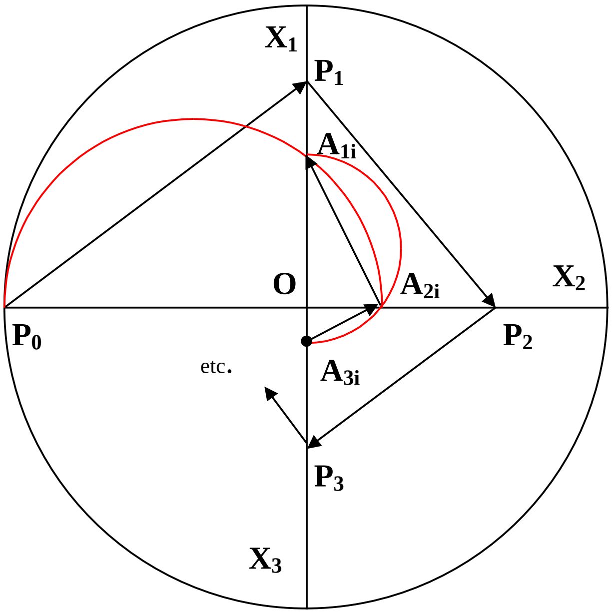
14 Henrion, 1637, xxviii, pp. 4/5 ; Bion, 1752, ix, pp. 26/28.

Deux figures étant homothétiques et le rapport ρ de leurs volumes étant donné, le rapport des éléments homologues est $\sqrt[3]{\rho}$.

Ces échelles permettent d'évaluer une forme homothétique d'une forme donnée, le rapport de leurs volumes étant donné. Elles furent également utilisées pour la jauge des boulets : le diamètre d'un boulet de volume inconnu étant mesuré, sa comparaison avec le compas au diamètre d'un autre boulet de volume connu permet de déterminer rapidement le volume cherché.

Constructions géométriques de la ligne des plans et de la ligne des solides

Les auteurs de manuels pour la construction et l'usage des compas de proportion proposent souvent mais avec plus ou moins de bonheur, des procédés géométriques pour la construction des lignes déconcertant le calculateur moderne. C'est le cas des lignes arithmétiques. La géométrie plane élémentaire permet en théorie de déterminer graphiquement la valeur de n'importe quelle puissance n entière ou fractionnaire d'un nombre quelconque i ; cette propriété théorique fut utilisée par les concepteurs de compas de proportion ; mais dans la pratique cette méthode présente des limites : celle de l'habileté du dessinateur, celle de la finesse de ses instruments, enfin la complexité du tracé.



10 : Construction graphique de la ligne des plans et de la ligne des solides. Partant de P_0, la construction de P_1 puis P_2 etc… est facile. Partir de A_{3i} pour construire A_{2i} puis A_{1i} est difficile.

La démonstration par récurrence ci dessous établit la propriété en général.

Soit $OP_0 = \lambda$. X_0 est le rayon portant P_0. Considérons maintenant la suite infinie de points : P_1, P_2, P_3, …, P_n, P_{n+1}…, tout P_n étant porté par le rayon X_n obtenu par une rotation de $n\pi/2$ de X_0. Soit P_1 sur X_1 tel que $OP_1 = x\lambda$ avec $x = i/imax$; Plaçons P_2 sur X_2 tel que P_1P_2 soit perpendiculaire à P_0P_1 et ainsi de suite : P_{n-1}, P_n, P_{n+1} étant respectivement sur X_{n-1}, X_n, X_{n+1}, P_nP_{n+1} est perpendiculaire à $P_{n-1}P_n$.

Pour n=1 nous avons de toute évidence :

(l) $OP_0 = \lambda = x^0\lambda$ et $OP_1 = OP_1^1 = x^1\lambda$.

Pour n=2, considérons le triangle $P_0P_1P_2$; sa hauteur OP_1 est moyenne proportionnelle entre les côtés qu'elle détermine sur l'hypothénuse, donc :

(m) $OP_2 = OP_1^2 / OP_0 = x^2\lambda$

Supposons ensuite que pour n-1 et n nous ayons respectivement :

(n) $OP_{n-1} = OP_1^{n-1} = x^{n-1}\lambda$ et $OP_n = OP_1^n = x^n\lambda$, alors :

(o) $OP_{n-1} \times OP_{n+1} = OP_n^2$ et

(p) $$OP_{n+1} = OP_1^2 n \times OP_1^{-(n-1)} = OP_1^{n+1} = x^{n+1}\lambda = \left(\frac{i}{i\max}\right)^{n+1}\lambda$$

Si P_1 est à l'intérieur du cercle, la suite P_n forme une spirale polygonale convergente vers O. Le calcul graphique ayant été fortement développé jusqu'au XIX^e siècle[15].

Substituons à P_1 une ligne de parties égales : A_i. La construction précédente répétée produit pour tout n une ligne A_{ni}, telle que, tenant compte de (p) :

(q) $$\frac{OA_{ni}}{OA_{nj}} = \left(\frac{i}{j}\right)^n$$

L'expression (q) est généralisable pour des exposants fractionnaires. Choisissons en effet, non plus le rayon X_1 mais un rayon X_m quelconque comme support de la ligne de parties égales A_{mi}. Les spirales passant par les points de A_{mi} déterminent sur tout X_n une ligne A_{ni} telle que :

(r) $$\frac{OA_{ni}}{OA_{nj}} = \left(\frac{i}{j}\right)^{\frac{n}{m}}$$

15 Lire en particulier, Favaro, 1885, xix, p.40. Maurice d'Ocagne nomma ces techniques : nomographie.

Ces propriétés connues au XVII^e siècle furent appliquées avec un succés inégal au début de ce siècle pour les échelles des plans et des solides. En effet la construction des spirales répondant à la relation (r) est ardue pour tout m>2. Nous allons le constater immédiatement avec la construction de la ligne des plans (m=2 et n=1) puis avec la ligne des solides (m=3 et n=1). Pour obtenir dans l'expression (r) des puissances fractionnaires conformes aux expressions (h) pour la ligne des plans et (j) pour la ligne des solides, le dessinateur doit construire les débuts de spirales P_0, P_1, P_2 et P_0, P_1, P_2, P_3 mais à l'envers.

Pour l'échelle des plans la construction est simple. On dessine sur X_2 une échelle de parties égales A_{2i}. Pour cette échelle, la relation (d) est vraie ; ensuite le cercle de diamètre P_0A_{2i} coupe X_1 en A_{1i}. Cette construction répétée pour tous les points A_{2i} produit sur X_1 une échelle A_{1i} telle que pour tout i :

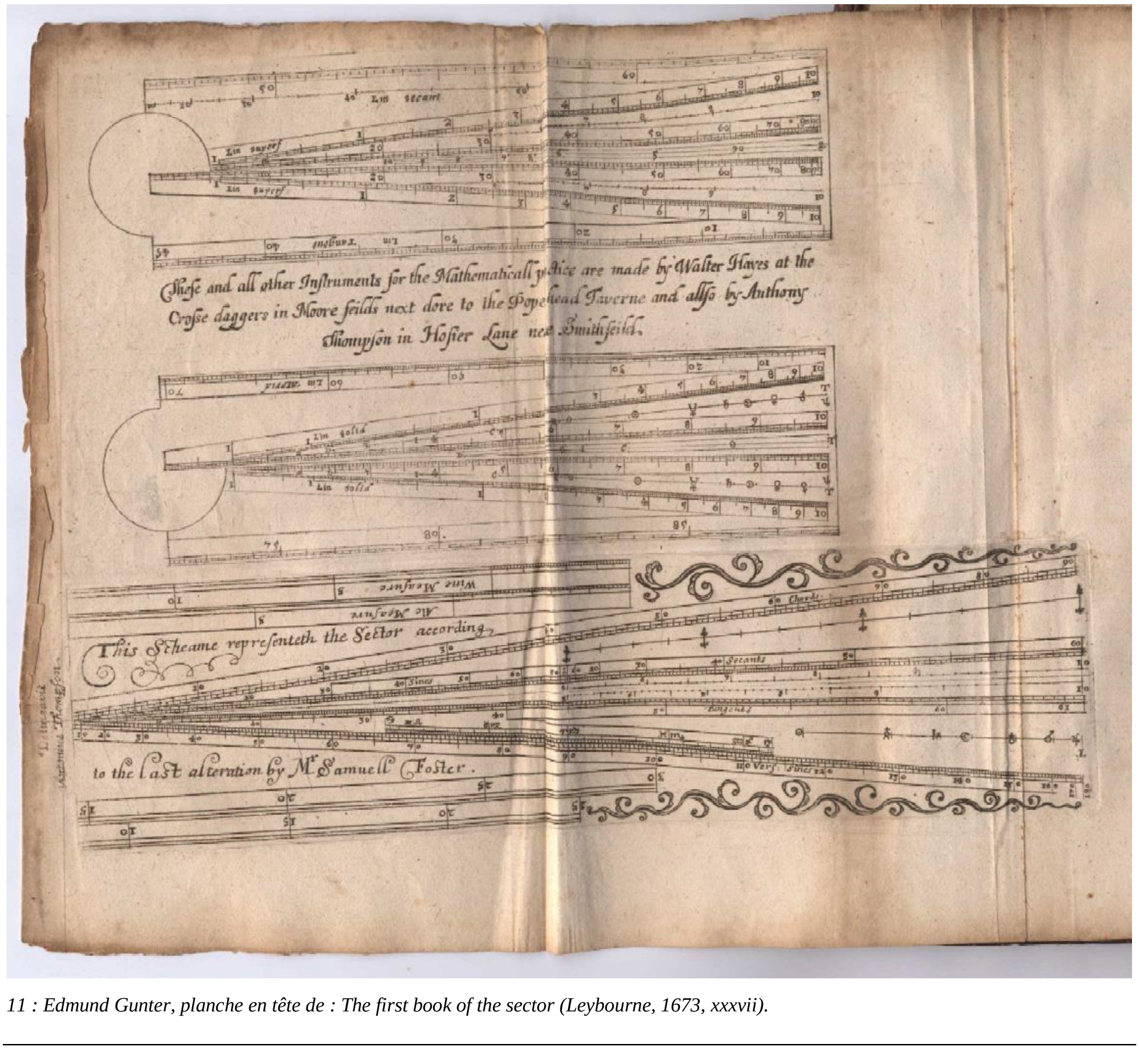
(s) $OA_{1i}^2 = OA_{2i} \times \lambda = \frac{i}{i\,max} \lambda^2$ et, pour tout i, j

(t) $\frac{OA_{1i}}{OA_{1j}} = \sqrt{\frac{i}{j}}$

Pour l'échelle des solides, la suite de parties égales A_{3i} est portée sur X_3 et pour tout A_{3i}, il faut construire à rebours A_{2i} sur X_2 puis A_{1i} sur X_1, ce qui est malaisé[16]. Supposant que cela soit fait :

(u) $OA_{1i}^2 = OA_{2i} \times \lambda$ et $OA_{2i}^2 = OA_{1i} \times OA_{3i}$ d'où,

(v) $OA_{1i}^3 = OA_{3i} \times \lambda^2 = \frac{i}{i\,max} \lambda^3$, soit pour tout i, j :

(w) $\frac{OA_{1i}}{OA_{1j}} = \sqrt[3]{\frac{i}{j}}$

11 : Edmund Gunter, planche en tête de : The first book of the sector (Leybourne, 1673, xxxvii).

16 Remarquons que dans cette construction la ligne A_{2i} n'est pas une ligne des plans.

La méthode est donc simple d'emploi pour la ligne des plans ; mais étendue à la ligne des solides, elle devient effectivement ardue ; citons l'explication proposée par Edmund Gunter pour conforter cette opinion[17] :

Seeing like Solids do hold in the Proportion of their homologal Sides triplicated, if you shall find two mean Proportionals between the whole Side and each thousandth part of the like Side : all of them cutting the same two right Lines, the former of those Lines so cut, shall contain the Divisions required.

La prudence d'Edmund Gunter (*if you shall find*…) montre que l'analogie géométrique présente dans certains cas des difficultés d'application[18]. Conscients de ces limites, Edmund Gunter et ses contemporains et successeurs proposèrent à cet effet des tables numériques de carrés et de cubes. Par exemple, les entrées des tables d'Edmund Gunter (valeurs i des graduations) sont formées d'une suite de nombres entiers de 1 à 100. Ensuite pour chaque table, cet auteur donne les valeurs des racines dans une échelle arbitraire de 1 à 10000, palliant ainsi l'absence de notation universelle pour les suites décimales. Le graveur lit donc directement la valeur numérique x_i de la racine carrée ou cubique de i, exprimée en 10000^e de la pleine échelle ; la table est utilisable pour toute valeur de λ au prix de quelques multiplications :

$OA_i = x_i \times \lambda/10000$.

λ étant de l'ordre de six pouces pour les compas les plus courants, on reste sceptique quant à la possibilité de traduire par la gravure une telle finesse[19].

La plupart des lignes décrites plus loin bénéficient également de tables similaires, pratiques à utiliser par le graveur, car précises même si la précision paraît parfois illusoire pour le début du XVII^e siècle.

4.3 Lignes trigonométriques

Ligne des polygones[20] (E : POL) [21]

Le compas porte deux lignes nommées : Les polygones (fig. 12 et 13), avec des orthographes variables. Considérons une suite de polygones réguliers P_i, i étant le nombre de côtés, tous inscrits dans la même circonférence. Chaque segment OA_i sur une ligne représente le côté du polygone P_i. La pleine échelle λ correspond souvent au côté du triangle équilatéral P_3 ; le rayon r du cercle circonscrit est alors égal à $\lambda/\sqrt{3}$.

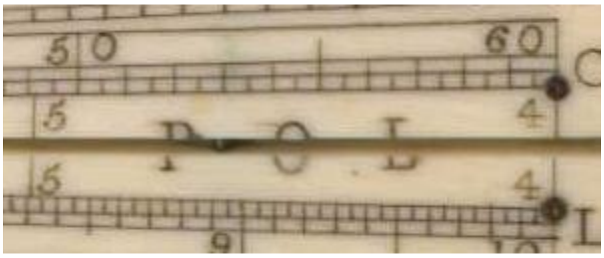
Dans ces conditions[22], pour tout i puis pour tout couple i, j :

$$\text{(x)} \quad OA_i = \frac{2\lambda}{\sqrt{3}} \sin\frac{\pi}{i}$$

et…

$$\text{(y)} \quad \frac{A_i B_i}{A_j B_j} = \frac{\sin\frac{\pi}{i}}{\sin\frac{\pi}{j}}$$

Cette dernière formule (y) est la plus intéressante : connaissant le rayon r de la circonférence circonscrite, le dessinateur ouvre le compas de manière telle que A_6B_6 = r (cas de l'hexagone) ; il dispose alors de la valeur du côté de tout polygone P_i inscrit dans la même circonférence, soit A_iB_i. On remarque à ce propos que les lignes des polygones ne portent aucune subdivision. Ce fait est curieux car, subdivisées, elles



12 : Extrémité de la ligne des polygones dans le compas de Gilkerson. L'indice de pleine échelle est 4 (carré). L'indice croît vers l'origine. La formule (x) établie pour une ligne de pleine échelle 3 est inapplicable dans ce cas. Par contre la formule (y), qui est un rapport, reste applicable.
Sur cette image agrandie, on distingue les petites cuvettes en laiton servant à positionner les pointes du compas à pointe sèches afin de régler l'ouverture du compas de proportion ; cela montre le soin apporté à la fabrication de ces instruments.

13 : Extrémité de la ligne des polygones. L'indice 4 (carré) est visible. La graduation de pleine échelle est 3 (triangle équilatéral) ; la valeur de cet indice n'est pas gravée.
La ligne immédiatement en dessous est celle des plans, l'indice de pleine échelle, qui n'est pas gravé, est 64

---

17 Leybourne, 1672, xxxvii, pp. 6/7 : The first book of the sector (E. Gunter).

18 Dans ce cas particulier une transformation logarithmique aplanit la difficulté. Mais au début du XVIIe siècle les logarithmes étaient encore dans leur jeunesse.

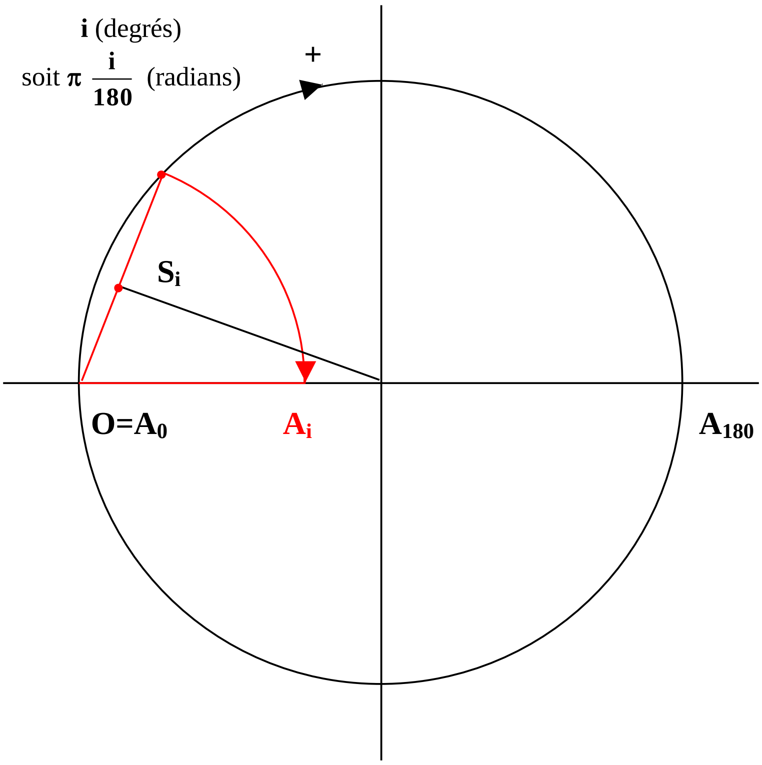
19 Nous ignorons pour l'instant la date d'apparition des machines à diviser les règles, lesquelles rendent possibles une telle opération. Daumas, 1951, xiii, pp.260/261, cite la machine à diviser les cercles de Henry Hindley, vers 1739, puis la machine à diviser les droites du duc de Chaulnes "imaginée" entre 1765 et 1768. Le catalogue (Mécanique, section B) du CNAM cite une machine construite par Fortin pour la division des droites en 1787 (inv. 8.795) et deux instruments à diviser les compas de proportion de la fin du XVIIIe siècle permettant seulement de copier une échelle existante (inv. 6.589). Des machines très précises existaient au XIX^e siècle utilisées pour la gravure de réseaux de diffraction en optique. Mais qu'existait-il au début du XVII^e siècle ?

20 Bion, 1752, ix, pp. 29/30.

21 Cette abréviation n'est évidemment pas la traduction en langue anglaise qui est le même mot qu'en français. Elle est gravée assez généralement sur les compas anglais.

22 Il s'agit d'un calcul élémentaire de trigonométrie ; pour i=6 (hexagone) on vérifie rapidement que OA_i=r.

permettraient de calculer la longueur de toute corde d'un arc donné, les formules (x) et (y) n'étant pas limitées aux seules valeurs entières des graduations i et j.



14 : Construction géométrique de la ligne des cordes. Cette méthode apparaît dans la plupart des manuels (fig. 25). La longueur de la demi-corde OS_i est le produit du sinus de son angle au centre par la longueur du rayon $\lambda/2$. La demi-corde était autrefois désignée par sa propriété « semi-inscripta », expression latine qui évolua ensuite vers l'abréviation "sin", vraisemblablement déclinée au génitif soit : "sinus"
Cette méthode géométrique évidente est décrite dans pratiquement tous les manuels. Voir en particulier la planche du manuel de Nicolas Bion de 1752 (ix) reproduite fig. 25.

Ligne des cordes[23]
(E : Line of chords)

Le compas comporte deux lignes symétriques nommées : Les cordes. Chaque ligne est graduée en degrés sexagésimaux de 1 à 180 (pleine échelle) ; λ est la longueur en pouces de cette pleine échelle donc du diamètre à prendre en considération. Pour chaque valeur i, OA_i représente la corde de l'arc d'angle i au centre exprimé en degrés. Le rapport de la longueur de toute corde à celle du diamètre est égal au sinus du demi-angle au centre. Dans ces conditions, pour tout i et pour tout couple i, j[24] :

$$\text{(z)} \quad OA_i = \lambda \sin \frac{\pi i}{360}$$

Si i=180 on a bien $OA_i=\lambda$.

$$\text{(aa)} \quad \frac{A_i B_i}{A_j B_j} = \frac{\sin \frac{\pi i}{360}}{\sin \frac{\pi j}{360}}$$

Connaissant le rayon r d'une circonférence, le dessinateur ouvre le compas de manière que $A_{180}B_{180} = 2r$; ensuite, pour tout i, A_iB_i est la longueur de la corde ayant i comme angle au centre, exprimé en degrés.

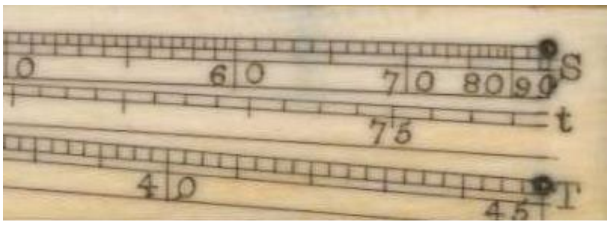
Ligne des sinus
(E : Line of sines)

L'indice de pleine échelle graduée en degrés est souvent imax= 90°(fig.15).

$$\text{(bb)} \quad OA_i = \lambda \sin \frac{\pi i}{180}$$

Si i=90 on a bien OAi=λ.

$$\text{(cc)} \quad \frac{A_i B_i}{A_j B_j} = \frac{\sin \frac{\pi i}{180}}{\sin \frac{\pi j}{180}}$$



15 : Extrémités de la ligne des sinus et des deux lignes des tangentes (compas de Gilkerson).

Autres lignes trigonométriques

Certains compas, souvent anglais, portent d'autres lignes trigonométriques : tangente, sinus complémentaire, sécante, etc. Le sinus complémentaire (versed sine), est notre cosinus moderne et la sécante, inverse du cosinus est désuète aujourd'hui mais d'un usage assez courant à l'époque de Gunter. L'usage de la pleine échelle pour chacune de ces lignes peut varier d'un compas à l'autre, d'autant mieux qu'en ce qui concerne la tangente et la sécante dont les valeurs varient jusqu'à l'infini, il est nécessaire de fixer une graduation maximum.

23 Bion, 1752, ix, pp. 30/31.

24 Autre calcul de trigonométrie : la longueur de toute corde est le double du produit du rayon du cercle par le sinus du demi-angle au centre.

Lignes logarithmiques

Elles figurent timidement sur quelques compas, principalement anglais. Ces lignes sont oubliées dans la plupart des monographies traitant des instruments logarithmiques ; leur usage malaisé, comparé à la facilité d'emploi des instruments logarithmiques qui se répandaient alors irrésistiblement surtout en Angleterre, explique cette défaveur.

4.4 Lignes spéciales

16 : La ligne des métaux est caractérisée par l'emploi des symboles des métaux à la place des valeurs d'indice : or, plomb, argent, cuivre, fer, étain. Cette ligne est en correspondance avec la ligne des solides, immédiatement en dessous, laquelle est graduée jusqu'à 64. Les deux lignes de la figure sont symétriques de celles situées sur l'autre branche.

Ligne des métaux

Deux lignes symétriques nommées : Les métaux, complètent les lignes des solides. Leurs graduations, solidaires de celles des lignes des solides, permettent d'établir les rapports entre des solides homothétiques de même masse mais formés de métaux différents. Leur détermination dépend d'une connaissance purement empirique des densités moyennes admises par le constructeur pour chacun des différents métaux représentés : or, plomb, argent, cuivre, fer, étain. Les possibilités de calcul sont ensuite les mêmes qu'avec les lignes de solides.

Ces lignes furent vraisemblablement utilisées pour déterminer approximativement des poids de lingots ; la répartition du fret dans une cale avait autrefois autant d'importance qu'aujourd'hui et une telle évaluation, qui serait insuffisante pour une transaction commerciale, était toutefois suffisante à cet effet.

Ligne des poids des boulets[25]

La ligne du poids des boulets repose sur le même principe que la ligne des solides. Toutefois, elle est généralement gravée le long des bords extérieurs des deux branches d'une même face du compas. Elle forme une ligne continue lorsque le compas est totalement ouvert.

17 : Poids des boulets. Ligne gravée sur le bord extérieur du compas (B). Son origine est la graduation, discrètement située entre les mots " poids" et" des". Vers la droite, la première graduation est i = ¼ livre, ensuite ½, etc.

Selon Nicolas Bion, la graduation 4, représente le poids de quatre livres d'un boulet en fer de trois pouces de diamètre. L'origine Ω de la ligne est telle que ΩA_4 = 3 pouces (fig. 17) ; Toute graduation i de cette ligne représente le poids d'un boulet toujours en fer exprimé en livres, les abscisses étant en pouces ; avec ces conventions, l'expression moderne de cette ligne est :

$$\text{(dd)}\quad \Omega Ai = 3\sqrt[3]{\frac{i}{4}}$$

La description par Nicolas Bion de la construction de cette ligne, strictement définie par la formule ci-dessus, montre combien est difficile la lecture et la compréhension des ouvrages de cette époque. Il convient en outre de se souvenir que ce parti constructif n'est pas une norme, même s'il se retrouve sur des compas d'autres origines[26].

L'usage de cette ligne est simple. Il suffit de refermer un compas à pointes courbes de manière à ce que l'écartement de ses pointes corresponde au diamètre du boulet, puis de reporter cet écartement sur la ligne des boulets ; l'une des pointes étant en Ω, la seconde désigne la graduation indiquant directement le poids du boulet à la condition qu'elle coïncide avec une graduation ; dans le cas contraire une interpolation est nécessaire, ce qui ne devait pas trop embarrasser les artilleurs de l'époque. Par exemple, le report d'un diamètre de six pouces donne un poids de 32 livres.

---

25 Bion, 1752, ix, pp. 47/48.

26 Dont l'exemplaire de Langlois présenté figures 17 et 20 qui correspond strictement à cette définition.

Ligne de calibres des pièces[25]

La ligne des calibres des pièces résulte empiriquement de la précédente, le diamètre de l'âme de la pièce pour un boulet de poids i étant un peu supérieur au diamètre de ce boulet (trois lignes pour les plus grosses pièces). L'usage de cette ligne est également simple. Connaissant le poids i du boulet, la cote ΩAi donne directement le diamètre de la pièce.

Autres lignes

Il est possible de trouver sur certains compas, notamment anglais des lignes simples utilisant la place laissée disponible par les lignes précédentes. On trouve ainsi des lignes pour la jauge des barriques utiles pour les négociants en boissons, vin ou bière, ou des lignes pour la projection plane de la sphère, utiles pour les cartographes ou navigateurs.

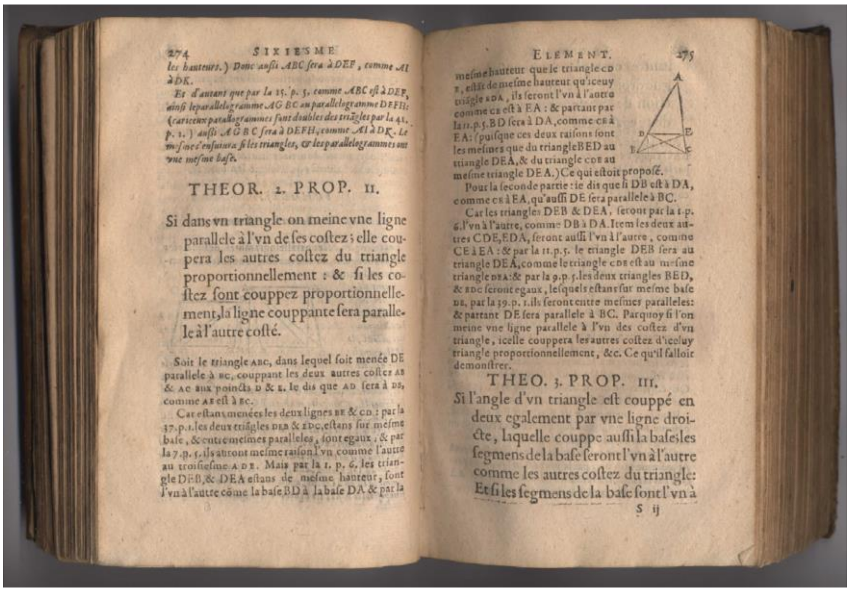
Nous n'avons pas trouvé jusqu'à présent de compas portant des lignes pour la jauge des barriques. Cependant ces lignes sont visibles dans le schéma du compas figurant en tête des oeuvres de Gunter (fig. 11) ; elles sont décrites par ailleurs dans le même recueil[27]. Ces lignes existent communément sur d'autres instruments de l'époque et c'est dans les manuels concernant ces instruments qu'il convient de rechercher les explications les concernant.

5 HISTORIQUE DES COMPAS

Nous avons insisté sur l'ancienneté de l'analogie comme moyen systématiquement mis à contribution pour effectuer des calculs. Ce devait même être quasiment instinctif, surtout lorsqu'il s'agissait ensuite de reporter directement le résultat de la manipulation sur le papier pour un plan, une carte ou un dessin

Les ancêtres

Quelques tablettes indiquent que des scribes babyloniens utilisèrent la similitude de triangles pour déterminer le côté d'un triangle par des calculs de proportion[28]. Vraisemblablement, il s'agit de procédés imaginés pour des problèmes particuliers et enregistrés pour être imités par la suite. Toute généralisation sous la forme d'un théorème semble exclue des préoccupations de l'époque ; cette présomption repose sur l'absence de document indiquant l'existence d'une théorisation ; en outre, l'une des tablettes montre à l'évidence qu'un scribe commit une erreur en réutilisant de manière inappropriée une démarche utilisée avec succès antérieurement[28]. Probablement, nous devons ces vestiges au désir de leurs auteurs de conserver les résultats de calculs fastidieux dans le système sexagésimal afin de ne pas avoir à les recommencer le cas échéant. Toutefois, ces balbutiements prouvent que la notion de proportion dans des triangles semblables était connue et utilisée au cas par cas et plus ou moins habilement en l'absence de théorie, par des scribes babyloniens.


274 SIXIESME

les hauteurs.) Donc aussi ABC sera à DEF, comme AI à DK.

Et d'autant que par la 15. p. 5. comme ABC est à DEF, ainsi le parallelogramme AGBC au parallelogramme DEFH: (car iceux parallelogrammes sont doubles des triãgles par la 41. p. 1.) aussi AGBC sera à DEFH, comme AI à DK. Le mesme s'ensuivra si les triangles, & les parallelogrammes ont vne mesme base.

THEOR. 2. PROP. II.

Si dans vn triangle on meine vne ligne parallele à l'vn de ses costez; elle couppera les autres costez du triangle proportionnellement : & si les costez sont couppez proportionnellement, la ligne couppante sera parallele à l'autre costé.

Soit le triangle ABC, dans lequel soit menée DE parallele à BC, couppant les deux autres costez AB & AC aux poincts D & E. Ie dis que AD sera à DB, comme AE est à EC.

Car estans menées les deux lignes BE & CD : par la 37. p. 1. les deux triãgles DEB & EDC, estans sur mesme base, & entre mesmes paralleles, sont egaux ; & par la 7. p. 5. ils auront mesme raison l'vn comme l'autre au troisiesme ADE. Mais par la 1. p. 6. les triangle DEB, & DEA estans de mesme hauteur, sont l'vn à l'autre cõme la base BD à la base DA & par la

ELEMENT. 275

mesme hauteur que le triangle CDE, estãt de mesme hauteur qu'iceluy triãgle EDA, ils seront l'vn à l'autre comme CE est à EA : & partant par la 11. p. 5. BD sera à DA, comme CE à EA: (puisque ces deux raisons sont les mesmes que du triangle BED au triangle DEA, & du triangle CDE au mesme triangle DEA.) Ce qui estoit proposé.

A D E B C

Pour la seconde partie : ie dis que si DB est à DA, comme CE à EA, qu'aussi DE sera parallele à BC.

Car les triangles DEB & DEA, seront par la 1. p. 6. l'vn à l'autre, comme DB à DA. Item les deux autres CDE, EDA, seront aussi l'vn à l'autre, comme CE à EA : & par la 11. p. 5. le triangle DEB sera au triangle DEA, comme le triangle CDE est au mesme triangle DEA: & par la 9. p. 5. les deux triangles BED, & EDC seront egaux, lesquels estans sur mesme base DE, par la 39. p. 1. ils seront entre mesmes paralleles: & partant DE sera parallele à BC. Parquoy si l'on meine vne ligne parallele à l'vn des costez d'vn triangle, icelle couppera les autres costez d'iceluy triangle proportionnellement, &c. Ce qu'il falloit demonstrer.

THEO. 3. PROP. III.

Si l'angle d'vn triangle est couppé en deux egalement par vne ligne droicte, laquelle couppe aussi la base; les segmens de la base seront l'vn à l'autre comme les autres costez du triangle: Et si les segmens de la base sont l'vn à

S ij

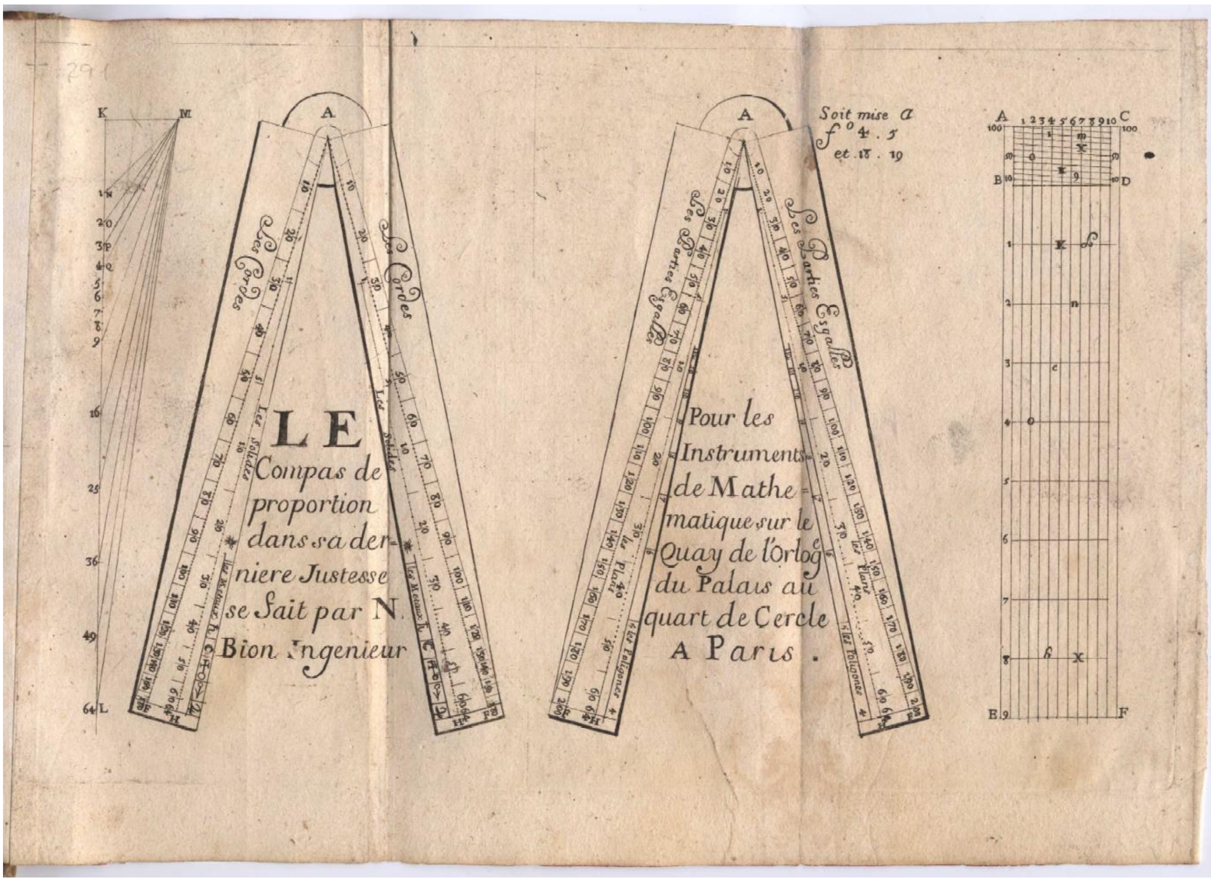
18 : Extrait des Éléments d'Euclide dans leur traduction en Français par Denis Henrion.(xviii) *L'ouvrage est ouvert à la page de l'énoncé et de la démonstration par la méthode des aires de la relation (a).*

Le miracle Grec

Le miracle grec, fut le besoin impérieux et soudain de toute une société de dépasser le simple enregistrement d'expériences particulières en cherchant à les comprendre, les expliquer, enfin les intégrer dans un système général les légiférant. Nous sommes ainsi redevables à la Grèce antique de nombreuses bases de notre culture occidentale, particulièrement en mathématique.

27 Leybourne, 1673, xxxvii, The sector altered and other scales… pp.188/191.

28 Taton, lix, pp.121/122. Taton décrit deux tablettes babyloniennes portant de tels calculs de proportion. Dans l'une d'entre elles, selon Taton, le scribe calculant la surface d'un trapèze isocèle, confondit le côté et la hauteur.



19 : 1682, Henrion, xxix. Six lignes apparaissent, les plus classiques : la ligne des cordes, des solides, des métaux (1e face), la ligne des parties égales, des plans, des polygones.

La proportionnalité des côtés homologues de triangles semblables est un théorème attribué à Thalès. Notons au passage que le théorème qui porte son nom dans de nombreux ouvrages scolaires français de géométrie est un autre théorème corollaire du précédent. Or Thalès ne nous est connu que par des écrits de contemporains ou successeurs : il ne reste aucune trace de ses propres travaux. Malgré cela, il demeure un mathématicien bien connu, parmi d'autres philosophes, d'une époque couvrant la charnière des VIIe et VIe siècles avant J.-C. encore voilée par bien des ombres. Cela signifie aussi que toute référence à l'œuvre de ce savant nécessite la prudence, les historiens spécialistes œuvrant continuellement à rectifier ou parfaire nos connaissances à son sujet. Ce que nous devons retenir pour l'instant de ces analyses d'experts[29] est, que dans tous les cas, la connaissance de la proportionnalité des côtés homologues de triangles semblables date incontestablement au moins du VIe siècle avant J.-C. Remarquons à ce propos que cette propriété a pu être admise comme générale avant d'être démontrée.

Eudoxe de Cnide (408 – 355 B.C.), connu grâce à Archimède, imagina la notion de grandeur géométrique dont l'acception est proche de celle que nous attribuons aujourd'hui à la notion de grandeur physique quantifiable, concept de modélisation différent de celui purement abstrait de nombre[30]. Cette découverte est importante car elle introduisit la notion d'aire reprise ensuite par Euclide dans la démonstration de la proportionnalité des côtés homologues de triangles semblables.

Le Livre V des Éléments d'Euclide (env. –300) expose magistralement les connaissances de l'époque sur les similitudes et les proportions : ce fut le premier écrit développant ce sujet comme élément d'une théorie géométrique complète. Ajoutons que dans leur ensemble, les Éléments d'Euclide constituèrent ensuite durant plus de deux millénaires l'ouvrage mathématique le plus traduit, copié, puis imprimé (fig. 18) et lu[31].

En raison de l'analogie entre des figures géométriques et des grandeurs mesurées par des nombres, les nombreux théorèmes des Éléments d'Euclide apparurent immédiatement comme autant de procédés généraux applicables à des classes de problèmes de calculs ; en cela ils précèdent la création du concept d'algorithme par Al Kwarismi. Cette analogie fut exploitée continûment par des générations de calculateurs jusqu'à une date récente ; sa forme la plus évoluée la nomographie, véritable théorie de calcul pratique, fut développée à la fin du XIXe ; le compas de proportion en fut l'un des premièrs aspects durant la Renaissance.

29 Heath, xxvi, Sarton, liii, Tannery, lvii.
30 Le nombre pouvant toutefois exprimer la mesure d'une grandeur.
31 Dans la préface de sa traduction des Éléments, Denis Henrion reconnaît qu'il n'est pas le premier traducteur de l'illustre géomètre Grec ; mais il ajoute que son travail est bien meilleur que celui de son prédécesseur qu'il ne nomme pas. Ce devait être Pierre Forcadel qui publia en 1564 et 1565 une traduction en Français des Éléments.

20 : Compas Langlois, coll. SS. n°512

Ainsi, la géométrie euclidienne inspira de nombreux inventeurs d'instruments durant près de dix huit siècles, avant l'essor du compas de proportion à la fin du XVIe siècle dont les racines plongent dans cette histoire. Identifier ces racines est une quête laborieuse[32].

5.1 Précurseurs possibles de la Renaissance et contemporains de Galileo Galilei

Galileo Galilei[33] (1564 – 1642) est considéré comme le père de la physique. Cette qualité que lui attribuent de nombreux auteurs et que les lecteurs ne contestent pas est la marque d'une notoriété indiscutable ; cette notoriété relègue malheureusement dans l'ombre bon nombre de savants de son époque. C'est ainsi que l'invention du compas de proportion lui est souvent attribuée alors que cette paternité est discutable. Cette situation incite à séparer l'histoire de l'instrument en trois parties : avant, pendant et après Galileo Galilei.

Galileo Galilei eut des prédécesseurs ; le goût du secret chez certains ou leur lenteur à communiquer, la difficulté de publier et de correspondre à cette époque handicapent la recherche de ces inventeurs et rendent assez floues les antériorités. Les mathématiciens de la Renaissance connaissaient tous Euclide ; ils en appliquaient tous les méthodes avec le même besoin d'en améliorer l'efficacité. Ces conditions favorisèrent certainement l'émergence indépendante de la même idée à différents endroits dans un court laps de temps ; est-il bien nécessaire de s'obstiner à prouver l'antériorité de l'un d'entre eux ?

Nous nous limitons par conséquent et avec un sentiment d'inachèvement à un simple inventaire des travaux dont la contribution à cette invention est avérée ; il n'est donc pas exhaustif et souvent incertain pour les dates.

Errard de Bar le Duc (1554 - 1610)[34], ingénieur français de la Renaissance, présente un instrument ressemblant à un pantographe permettant de réduire un autre dessin ou la vue d'un objet, "une nouveauté venue d'Allemagne et employée pour la première fois par le peintre Georges de Dillingen à la fin du XVIe siècle"[35]. Un pantographe est un double compas de réduction produisant directement toute longueur inconnue proportionnelle à une autre donnée selon un rapport également donné.

Les artilleurs travaillèrent dans ce domaine car la balistique fut rapidement un sérieux motif d'explorer les mystères de la gravité. Pour atteindre une cible, ces militaires cernèrent donc empiriquement la nature des grandeurs qu'il leur fallait mesurer ou calculer, particulièrement l'angle de hausse pour le tir et le poids du boulet. Deux instruments apparurent ainsi relativement tôt permettant de régler la hausse et de calculer le poids du projectile connaissant son diamètre et son matériau : le quadrant avec fil à plomb et le compas d'épaisseur ; bien

32 Trop inachevée pour être publiée.

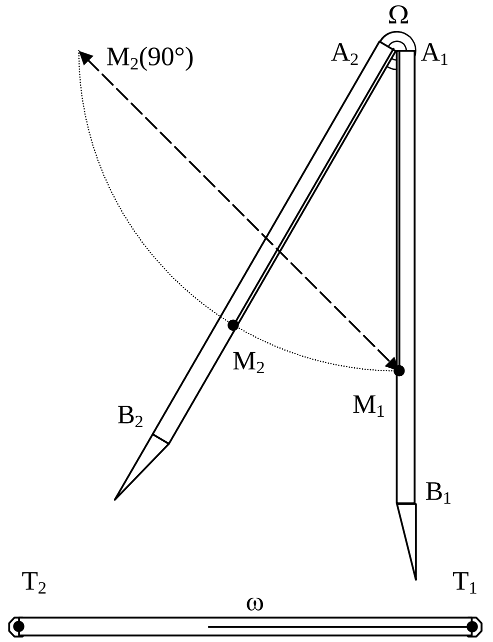
33 Tout nom propre est cité avec son orthographe la plus courante dans la langue du pays d'origine, l'Italien Galileo Galilei pour Galilée.

34 Sa biographie est donnée dans l'introduction de la réédition du « Premier livre des instruments mathematiques mechaniques », xvii, pp.ix/xii. Biographie et bibliographie dans : Nouveau Larousse Illustré. E-G. Paris, Librairie Larousse, <1914. p.226.

35 xvii, Introduction, p.xiv, planche 36. Il eut un neveu, A. Errard, qui continua son oeuvre.

noter toutefois que ces premiers instruments furent des instruments de mesurage et non pas de calcul ;. toutefois l'art de jeter les bombes motiva ensuite une production d'instruments innovants nombreux et variés parmi lesquels il est bien délicat de tracer la filiation exacte du compas de proportion probablement issu du quadrant d'artillerie par l'introduction sur les branches rendues mobiles de graduations permettant divers calculs Dans ce courant de recherches, **Tartaglia** (1499 – 1557)[36] décrivit un compas pour régler la hausse des pièces[37] ; la notoriété de Tartaglia à son époque permet de supposer avec force qu'il inspira ses contemporains ou successeurs.

Jacques Besson (vers 1540 - 1576)[38] est un mathématicien méconnu de la seconde moitié du XVI[e] siècle. Quelques ouvrages nous en sont parvenus. Le plus ancien publié en 1567, décrit un instrument qu'il souhaita universel pour les calculs de navigation et de topographie : Le Cosmolabe[39]. Ce curieux instrument avait toutefois un grave inconvénient pour les marins : il fallait lui assurer une assiette stable ce qui incita Jacques Besson à inventer et dessiner une sorte de cage anti roulis[40]… Même fort éloignées du compas de proportion, les méthodes de calcul décrites par Jaques Besson pour utiliser son Cosmolabe prouvent que les mathématiciens de son époque maitrisaient les procédés purement géométriques, fondés en particulier dans le cas de cet instrument, sur les propriétés des triangles semblables et *sans aucun empeschement de nombres*.



21 : Essai de reconstitution du compas euclidien. Pour l'essentiel, chacune des branches A_1B_1 et A_2B_2 a six pouces de longueur sans leurs pointes de 1 pouce. La première porte à l'extérieur une graduation en pouces subdivisée en tiers, sixièmes et douzièmes de pouce, la seconde en demis, quarts, huitièmes de pouce. Totalement ouvert le compas forme donc une règle de un pied. Ces branches sont percées respectivement en M_1 M_2, positionnés tels que M_1M_2=6 pouces lorsque le compas et ouvert à angle droit. Elles portent enfin à l'intérieur, entre l'axe et M_1 ou M_2, 12 graduations équidistantes subdivisée en tiers.
Une bande de six pouces porte un axe à chaque extrémité : T_1 et T_2. T_1 et T_2 insérés dans M_1 et M_2 assurent la position en équerre du compas. Enfin, T_1 seul étant fiché dans M_1, T_1 et T_2 restant alignés avec M_1et M_2, une double graduation ω de 0 à 45° repliée de 45° à 90° permettant de régler l'ouverture du compas.
La tête du compas porte également des graduations divisant semble-t-il chaque quadrant en six et huit parties.

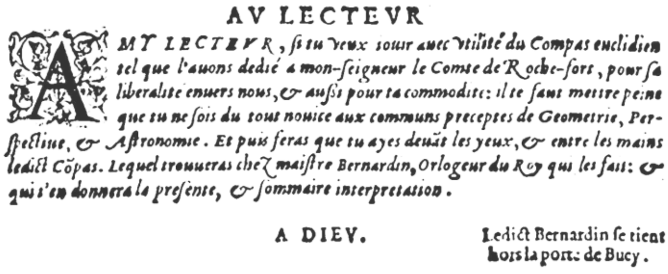
En 1571 il perfectionna un compas ordinaire[41], fabriqué et vendu par un mécanicien horloger. Un petit livret, préfigurant les notices d'utilisation de nos instruments modernes, était remis à tout acheteur[42] ce qui explique sans doute l'absence de figure éclairant un texte désespérément abscons.

La fabrication et les usages y sont décrits sommairement en quatre pages : selon l'auteur, le premier usage est *abstrait et euclidien*, l'autre *pratique et géométrique*. Le premier consiste à faciliter le dessin de tout triangle rapporté à un cercle circonscrit, inscrit ou exinscrit, lorsqu'un angle ou un angle et un côté sont connus, selon les cas. Le second est un ensemble de procédés de relevés et calculs pour dessiner des cartes terrestres ou célestes : les propriétés des triangles semblables y sont systématiquement exploitées pour représenter des configurations de points inaccessibles, par leurs images homothétiques sur un plan et calculer éventuellement les distances inconnues les séparant[43]. Ce texte du XVI[e] siècle est difficile à comprendre et la tentative de reconstitution ci-contre (fig. 21) reste encore incertaine. Néanmoins il semble que cet instrument possède déjà les éléments que nous trouverons dans l'instrument de Thomas Hood sans toutefois que son auteur en ait perçut toutes les possibilités. <u>En particulier, les échelles situées à l'intérieur des branches sont véritablement des échelles de parties égales mais Jacques Besson n'en fait pas usage en tant que telles</u> : elles sont utilisées uniquement pour des relevés cartographiques. ; si l'on tient compte de sa profonde connaissance du V[e] Livre des Eléments d'Euclide, il est stupéfiant de constater que ce mathématicien averti ait négligé les possibilités de ces échelles pour les usages *abstraits et euclidiens* alors qu'il se les était lui-même placées sous les yeux et qu'il les utilisait avec le compas de réduction !

Son ouvrage le plus important fut le *Theatrum Instrumentorum et Machinarum*[44] décrivant des machines de la Renaissance, certaines de son invention ; la présence d'exemplaires dans des bibliothèques réputées telles que : *The Smithonian Institution*, *The British Museum*, *The Library of Congress* et bien évidemment la Bibliothèque Na-

36 Encyclopaedia Britannica, Premium Service, article 73183.
37 Tartaglia, 1606, lviii. Publiée en 1606, cet exemplaire de la BNF est posthume. C'est un recueil de travaux de Tartaglia et le quadrant y figurant est donc nécessairement antérieur à 1557, année du décés de l'auteur.
38 Encyclopaedia Britannica, Premium Service, article 81074.
39 Besson, 1567, vi.
40 Tout cela suscita de jolies gravures qu'il est possible de contempler en feuilletant l'ouvrage original à la BN.
41 Besson, 1571, vii.
42 Ainsi que l'indique l'adresse de Jacques Besson à ses lecteurs.
43 Nous reviendront sur ce que Jacques Besson considère comme son ivention dans une autre monographie sur le calcul des distances.
44 Besson, viii.

tionale montre néanmoins par la variété des éditions conservées que cet ouvrage fut largement diffusé en Europe et traduit à son époque en plusieurs langues européennes ; il contribua donc largement à la propagation des idées novatrices de son temps, suscitant ou encourageant comme Tartaglia d'autres productions originales, chacune constituant une pierre de l'édifice en construction… Les deux premières planches de cet ouvrage concernent des instruments de dessin, en particulier deux compas. Le premier est un compas ordinaire avec pointes et portant sur chacune de ses branches trois groupes de graduations permettant de diviser vraisemblablement un intervalle de un pouce en n intervalles de 1/n pouces, (n=2,4, 6, 8, 10, et 12). Cet instrument préfigure tous ceux qui lui succéderont portant sur leurs branches des échelles diverses pour le dessin ou le calcul ; il correspond partiellement à la description du compas euclidien précité sans en reprendre curieusement l'essentiel : les échelles de parties égales. Le second est incontestablement un compas de réduction formé de deux règles graduées et assemblées en croix par un système de serrage, déplaçable indépendamment le long de chacune et permettant de choisir leur ouverture.



AV LECTEVR

AMY LECTEVR, si tu veux iouir avec utilité du Compas euclidien tel que l'avons dedié a mon-seigneur le Comte de Roche-fort, pour sa liberalite envers nous, & aussi pour ta commodite: il te faut mettre peine que tu ne sois du tout novice aux communs preceptes de Geometrie, Perspective, & Astronomie. Et puis feras que tu ayes devãt les yeux, & entre les mains ledict Cõpas. Lequel trouveras chez maistre Bernardin, Orlogeur du Roy qui les fait: & qui t'en donnera la presente, & sommaire interpretation.

A DIEV.

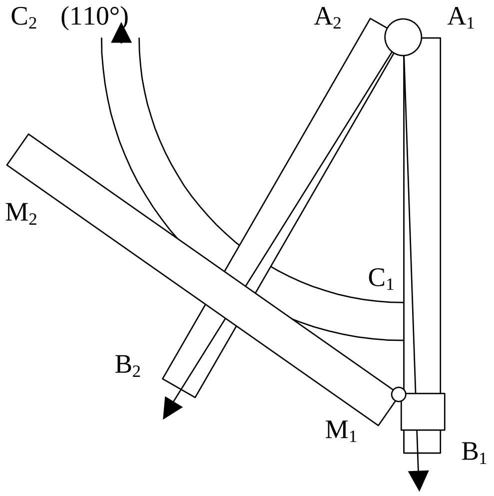
Ledict Bernardin se tient hors la porte de Bucy.

22 : Jacques Besson, 1571, vii, Avis au lecteur

Guidobaldo del Monte (1545 – 1607)[45] fut un ami mathématicien de Galileo Galilei. Divers auteurs lui attribuent l'invention d'un compas de proportion dont se serait inspiré Galileo Galilei[46]. L'un de ses ouvrages sur la mécanique expose de nombreux calculs de proportions ; dans cet ouvrage, le principe du compas apparaît dans de nombreuses figures illustrant ces calculs ; que Guidobaldo del Monte ait eu l'idée, afin de faciliter ses calculs, de transposer ses figures sous la forme d'un modèle matériel est plausible : en l'absence de preuve, l'idée du compas est tellement omniprésente dans l'ouvrage que cette hypothèse s'installe avec insistance au fil de la lecture ; il est un exemple de noble fortuné et éclairé, passionné de mathématique et de mécanique ; il imagina, fabriqua certainement et présenta comme beaucoup de ses contemporains, ses propres instruments d'investigation et de calcul, mais négligea de les commercialiser[47].

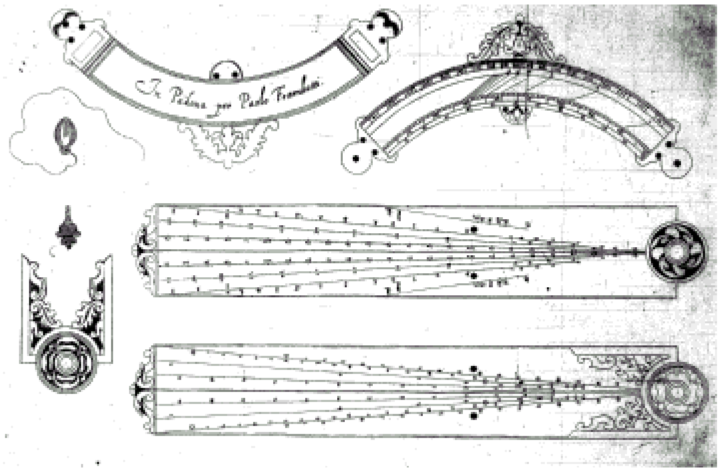
Thomas Hood, contemporain[48] de Galileo Galilei, décrivit en 1598 un compas de proportion fabriqué par Charles Whitwell[49]. Outre les deux branches ordinaires, il comporte un arc pour mesurer son ouverture et une branche supplémentaire articulée sur un manchon coulissant lui-même sur l'une des branches précitées ; cette branche permet le calcul direct des cordes, des sinus et des cosinus pour tout angle d'ouverture du compas. Le livre de Thomas Hood constitue non seulement un manuel de construction et d'utilisation de l'instrument mais aussi un véritable cours de géométrie[50]. En dépit d'un style encore bien éloigné de la concision de l'anglais moderne et d'une typographie propre à écorcher les yeux, c'est pour le moment l'ouvrage le plus ancien décrivant avec précision le compas de proportion sous une forme bien plus sophistiquée que celle généralisée par la suite. Ajoutons que l'arc gradué est probablement à l'origine du nom anglais de l'instrument : *sector*.

Selon E. Thomash et M. R. Williams, la qualité de l'ouvrage de Thomas Hood et celle des instruments décrits témoignent de longs travaux précédant ces productions ; cette remarque pertinente est néanmoins insuffisante pour conforter l'antériorité de l'invention car il en fut de même pour tous les mathématiciens de cette époque.



23 : Croquis sommaire de la planche n°2 de l'ouvrage de Thomas Hood.
Les branches A_1B_1 et A_2B_2 ont environ 6 pouces de long sans les pointes, de même la branche articulée M_1M_2.
La face supérieure comporte deux couples de lignes proportionnelles, graduées de 0 à 110 avec des subdivisions au pas de 1, sur les bords intérieurs et en alignement avec les pointes. L'autre face comporte un couple de lignes pour les cordes et un couple pour les carrés.
La branche articulée est graduée de 0 à 120 avec des subdivisions au pas de 1, équipollentes des précédentes.
Le limbe C_1C_2 est gravées de six échelles proportionnelles concentriques permettant de mesurer l'ouverture du compas à 10 minutes de degré prés.

45 Encyclopaedia Britannica, Premium Service, article 108035.
46 Michel, xli, p.22.
47 Guidobaldo del Monte avait de la fortune.
48 Thomash, Williams, lx.
49 Hood, 1598, xxxii
50 Selon Hambly, 1991, xxv, cet instrument aurait été destiné à l'artillerie ; cette hypothèse restrictive résiste mal à la lecture de l'ouvrag de Thomas Hood lequel témoigne d'une grande largeur de vue de l'auteur en ce qui concerne les applications de son instrument. En outre, les compas utilisés pour régler la hausse possédaient pour la plupart un bras allongé pour être glissé dans l'âme de la pièce, inexistant ici.



24 : *Dessin figurant dans différentes éditions de l'ouvrage de Galileo Galilei. Cet instrument, muni d'un secteur et d'un fil à plomb était également utilisable pour régler la hausse des canons.*

Un compas daté de 1597 de Whitwell est présenté par la *Scientific Instrument Society*[51]. Un autre instrument signé Robert Beckett est également daté de 1597. Edmund Gunter (1581 - 1626)[52] précédemment cité à diverses reprises se serait inspiré du travail de Thomas Hood.

Joost Burgi, concurrent malheureux de John Napier dans l'invention des logarithmes est cité sans référence par deux auteurs néanmoins réputés, J. Rambosson et F. Hoefer[53], comme l'inventeur du compas de proportion.

Ces quelques précurseurs ainsi présentés avec bien des réserves, hypothèse invérifiables et certitudes provisoires laissent supposer que l'histoire des origines du compas de proportion est loin d'être achevée.

Galileo Galilei et Capra

Galileo Galilei et son élève Baldassar Capra occupent une place notoire dans l'histoire du compas de proportion en raison de la dispute qui les opposa concernant la paternité de cet instrument.

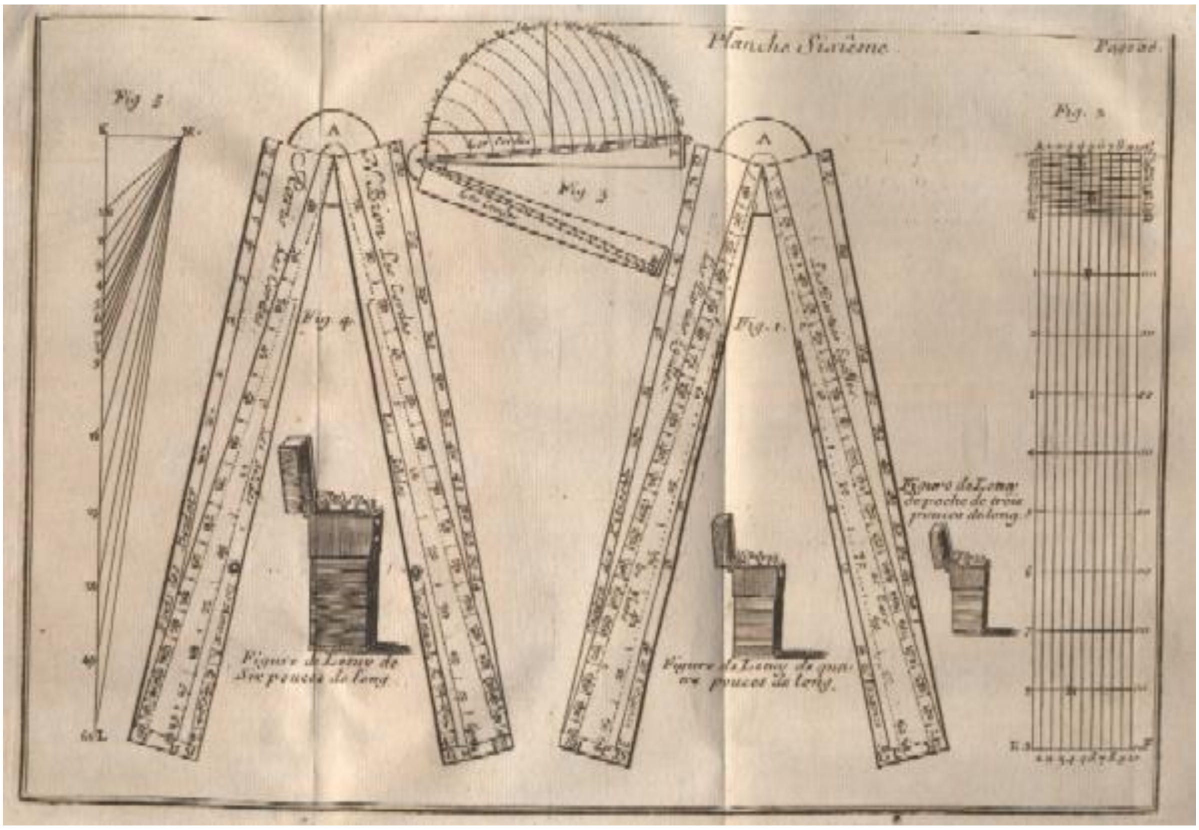
Perdue dans l'immensité de son œuvre féconde, la dispute qui opposa Galileo Galilei à son élève, Baldassar Capra, au sujet du compas de proportion relève de l'anecdote ; pourtant on en parle encore… Baldassar Capra publia en 1607 un opuscule sur le compas de proportion[54]. Galileo Galilei s'estimant plagié et ayant d'autres motifs de mécontentement envers ce personnage, s'empressa de le poursuivre en justice, alléguant que son élève, connaissant ses travaux avait commis une indélicatesse. Il en résulta une procédure que Galileo Galilei gagna[55].

La Bibliothèque Nationale Centrale de Florence possède un manuscrit de Galileo Galilei dont la rédaction précéda vraisemblablement de quelques années sa première publication, limitée à quelques exemplaires, en 1606 selon Galuzzi[56], en 1607 selon Tomash[57] ; la Bibliothèque Nationale de France possède une édition 1617[58]. Le catalogue du Musée de l'Histoire des Sciences à Florence cite un compas dû à Galileo Galilei de 1597[59].

5.2 Après Galileo Galilei

Edmund Gunter (1581-1626), connu comme astronome du Gresham College à Londres[60] publia un ouvrage détaillé sur le compas de proportion (*sector*) tel que fabriqué en Grande Bretagne. L'ouvrage consulté est une édition posthume de ses travaux, publié en 1673 par William Leybourne ; les trois premiers livres de cet ouvrage concernent le compas de proportion[61]. Le premier livre traite des lignes classiques du compas : Parties égales, Plans, Solides, Cordes[62] ; Edmund. Gunter, comme son contemporain Denis Henrion, cite Euclide

51 Scientific Instrument Society, 1993, liv.
52 Encyclopaedia Britannica, Premium Service, article 39324.
53 Rambosson, 1857, li, pp. 251/253 ;.Hoefer, 1874, xxx, p.371.
54 Capra, 1607, xi. J'eus la chance, durant les années 70-80 de consulter ce livre, en vente chez Van Loo, libraires à Bruxelles. Ce que j'eus entre les mains était un petit opuscule de quelques pages, au prix modique (environ 1000FB) mais hélas déraisonnable pour le jeune père de famille impécunieux que j'étais alors. Ce livre est resté longtemps en rayon. J'étais un client assez fidèle de Van Loo que je fréquentais régulièrement. Je pouvais rester seul, tant que je le souhaitais au quatrième étage, domaine des vieux livres scientifiques dans cette vénérable librairie, pour consulter les ouvrages comme dans une bibliothèque. Je m'étais habitué à cela et surtout à retrouver à chaque visite cet ouvrage inaccessible que je convoitais. Et puis, un jour, il disparut, acquis par une bibliothèque allemande, évidemment bien plus riche que ma modeste personne. Je l'ai bien regretté, d'autant plus que les Van Loo, père et fils m'auraient consenti toutes sortes de facilités de paiement : nous bavardions souvent longtemps et seul le départ proche de mon TEE pour Paris m'obligeait à quitter ces sympathiques libraires.
55 Article biographique d'Antonio Favaro. *in* : Galuzzi, 1990, xxiv, p.233 ; Stilman Drake, 1986, xv, p.62, conte cette dispute en détails.
56 Galuzzi, 1990, xxiv, p.16/17 avec la reproduction de la page de frontispice du manuscrit. Admirer en particulier page 23 la photographie de l'exemplaire décrit par Galileo Galilei, démonté et posé sur le dessin le représentant, et page 25 la photographie de l'exemplaire vraisemblablement offert par Galileo Galilei à Cosime de Médicis.
57 Tomash, lx.
58 Édition numérisée accessible sur Gallica, (xxiii).
59 Museo di Storia della Scienza, 1968, xliii, p.151 : Compasso Geometrica e Militare, inv. N°2430. Le catalogue présente d'autres exemples de compas et de boîtes d'instruments de mathématique comportant des compas.
60 Encyclopaedia Britannica. 2003. Premium Service. Article 39324.
61 Leybourne, xxxvii, 1673, pp.1/157.
62 En dépit d'une lecture attentive, aucune date n'apparaît pour situer ces travaux.



25 : Bion, 1752, ix, pl.6.

comme référence théorique pour cet instrument. Le second livre semble être de 1623 ; ses applications appartiennent à la trigonométrie sphérique, utiles à la navigation, ce qui semble normal dans un pays de marins ; ces ajouts distingueront les compas anglais des français. Le troisième livre est un ajout de 1673 aux travaux d'Edmund Gunter, dû à l'un de ses successeurs au Gresham College, Foster Samuel.

En France, Denis Henrion, pseudonyme du baron Clément Cyriaque de Mangin (- 1642)[63] témoigne[64] avoir eu connaissance du compas de proportion vers le début du XVII^e siècle[65], l'ayant vu utilisé par un ingénieur, le Sieur Alleaume ; l'origine de cet instrument n'est pas indiquée. Ce compas comportait des pointes qu'il fit supprimer et ne portait que deux lignes, sans préciser lesquelles, vraisemblablement les Parties égales et les Plans. Denis Henrion décrivit explicitement l'instrument en 1616[65]. Il précise dans son livre de 1637 que les lignes, qu'il ajouta au compas que lui montra le Sieur Alleaume, sont de son invention, leurs principes étant extraits de ses Mémoires Mathématiques imprimées en 1612 ; l'exposé de ces principes serait donc antérieur aux travaux d'Edmund Gunter sur ce sujet. Deshayes continua les travaux de Denis Henrion. Il confia vraisemblablement la fabrication de compas à Nicolas Bion[66]. Nicolas Bion (1652-1733) acquit en octobre 1680 de Deshayes[67] le privilège de publier ses écrits pour ce qui concerne les instruments de mathématique, ce qui explique la remarquable continuité des travaux de ces trois mathématiciens. Nicolas Bion explique la construction et l'usage de l'instrument, tel qu'il existait à son époque, en France. Ses explications se réfèrent souvent aux Éléments d'Euclide.

Jacob Leupold[68], au début du XVIII^e siècle, énumère vingt fonctions pouvant être réalisées à l'aide de différents compas de proportion.

Le XVII^e et le XVIII^e siècles forment la grande époque du

AV LECTEVR.

IL y a cinq ans ou enuiron, que mettant en lumiere le premier volume de mes memoires Mathematiques, ie traitté en iceluy de l'vsage du compas de proportion; mais fort brefuement, voire mesme sans rien dire de sa construction, en esperance que Monsieur Alleaume (par l'industrie duquel nous auons ledit compas) donneroit au public, tant l'vsage d'iceluy compas, qu'autres inuentions dignes de luy : mais voyant que les affaires, ausquelles le deub de sa charge d'ingenieur de sa Maiesté l'obligent, ne luy donnent le loisir de ce faire, pour satisfaire aux prieres de plusieurs de mes amis, & Gentils-hommes mes disciples, i'ay extraict de mesdits memoirs Mathem. & rapporté en ce liuret les plus vtiles & necessaires operations dudict compas de proportion, & icelles expliquees le plus clairement & intelligiblement qu'il m'a esté possible, afin que ceux à qui plaist ledict instrument trouuent plus aisément ce dont ils auront besoin: au prealable desquelles operations, i'ay mis la construction dudict compas. Or quand i'entrepris de faire cet extraict, mon dessein estoit d'y entremesler plusieurs demonstrations que i'estimois necessaires pour l'accomplissement & perfection de l'œuure : mais i'ay depuis esté dissuadé de ce faire, par la plus part de ceux à la priere desquels i'entreprends ce liuret, disant que les demonstrations, & plusieurs operations que i'y vou-

Figure 26 : Bion, 1618, , Au lecteur.

---

63 Il publia également sous un autre pseudonyme : Pierre Hérigone.

64 Henrion, 1618, xxvii, 1637, xxviii, Au lecteur.

65 Un anonyme, probablement Ozanam, nomme Denis Henrion Don Henrion, et précise la date de cette rencontre : 1598. 1794, v, chapitre premier.

66 Henrion, Deshayes, 1682, xxix, planche hors-texte signée Bion.

67 Henrion, Deshayes, 1682, xxix, Extrait du Privilège.

68 Leupold, 1727, xxxvi.

compas de proportion si l'on tient compte du nombre des publications qui lui furent consacrées. Expliquant sa fabrication et ses usages, l'ouvrage de Nicolas Bion (ix) où il figure en bonne place fut réédité et traduit au moins en allemand et en anglais. Des mathématiciens réputés publièrent des manuels pour son usage. Nous avons déjà signalé les ouvrages de plusieurs mathématiciens, sans être exhaustif : Thomas Hood (xxxii), Edmund Gunter (xxxvii), Cyriaque de Mangin alias Denis Henrion (xxviii, xxix), etc. Ajoutons Jacques Ozanam (1640 - 1717) géométre enthousiasmé par cet instrument : il en parla dans son dictionnaire de mathématique (xlix), publia en cascade dès 1688 plusieurs manuels (xlv, xlvi) pour son usage à l'intention des géomètres, pour lequels il fit immédiatement de la publicité dans la République des Lettres (xliv) ; de nombreuses rééditions suivirent même sa disparition, au moins jusqu'en 1781, peut-être même en 1794 (l, v)[69]. À ces ouvrages de mathématiciens, il faut ajouter ceux d'auteurs exerçant des professions diverses, dissertant de leurs techniques et ajoutant des commentaires sur l'usage du compas de proportion. Le capitaine d'artillerie Dulacq par exemple, dans un ouvrage de balistique décrit la "Construction et [l'] usage d'un Instrument nouveau qu'on peut nommer à juste titre universel pour le jet des Bombes, …" ; après avoir expliqué comment construire les lignes selon sa théorie, il décrit différents usages adaptés aux circonstances de tir[70].

Le compas de proportion figure dans les nécessaires d'instruments de mathématiques, pratiquement jusqu'à la fin du XIXe siècle. Certains de ces nécessaires appartinrent à des personnages illustres : un prince de Lorraine publia un manuel et nous pouvons supposer qu'il possédait un matériel de qualité.

En Allemagne, un billet de 50DM popularisa le souvenir d'un grand architecte d'Outre Rhin, Balthazar Neumann, connu pour son respect des proportions, en particulier du Nombre d'Or, dans ses réalisations. Un compas de proportion côtoie le portrait de l'architecte, rappelant la place importante qu'occupait cet instrument dans les travaux d'architecture.

6 EXEMPLES D'INSTRUMENTS

6.1 Compas français

Ce compas est signé : `Langlois aux Galleries Paris`. Langlois, Ingénieur, exerça de 1730 à 1750[71], ce qui situe l'époque de cet instrument.

27 : Signature de Langlois.

Lignes de proportion

Les lignes de proportion sont gravées symétriquement. On trouve de l'extérieur vers l'intérieur :

- Sur la première face, la lignes des `Parties Egalles` (200 pour la pleine échelle), `Les plans` (64 pour la pleine échelle), `Les poligones` (triangle équilatéral pour la pleine échelle) ;
- Sur la seconde face, `Les cordes` (180 degrés pour la pleine échelle), `Les solides` (64 pour la pleine échelle), `Les Metaux` (même pleine échelle).

Lignes simples

Deux lignes nécessitant d'ouvrir complètement le compas : `Calibre des pièces` sur la première face, `Poids des boulets` sur la seconde.

Ces dispositions sont présentes, à quelques variantes près, sur de nombreux compas. En particulier la présence fréquente des lignes `Calibre des pièces` et `Poids des boulets` semble indiquer une prédilection des artilleurs français pour cet instrument. Il existe évidemment bien d'autres présentations.

6.2 Compas anglais (fig. 28)

Ce compas, de six pouces anglais, est signé `Gilkerson, Tower Hill` ; il fut fabriqué vers 1770[72]. De facture assez soignée il devait probablement appartenir à une boîte d'instruments de dessin ou, selon l'expression de l'époque, d'instruments de mathématique. Il présente des lignes de proportion et des lignes simples ; quelques lignes témoignent de son utilité pour les navigateurs.

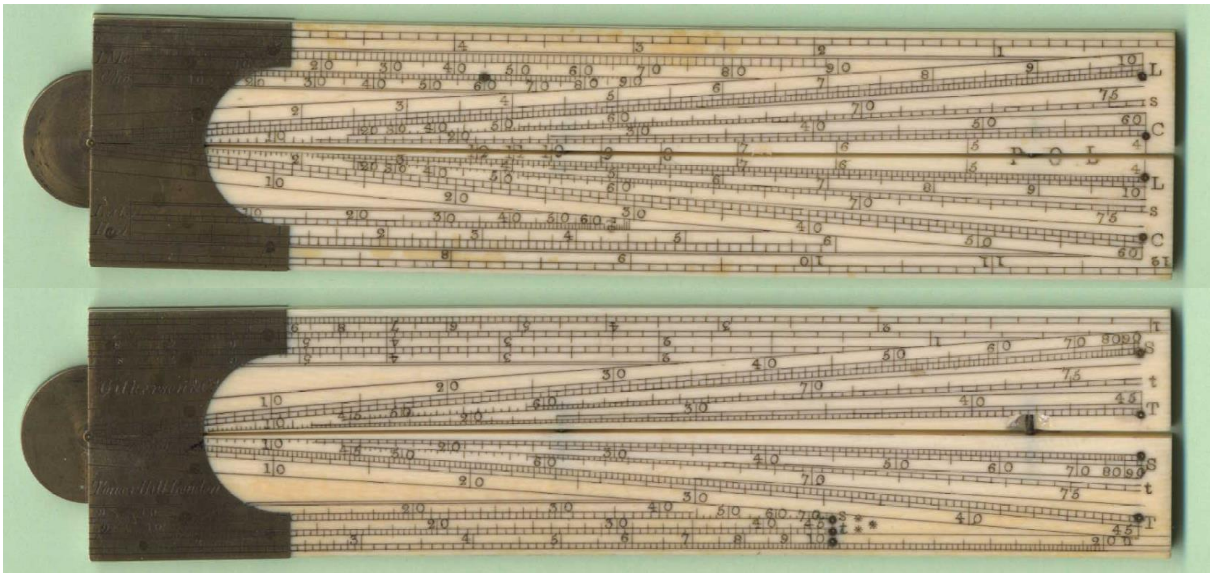
---

69 Ouvrage retrouvé en piteux états, sans page de titre, mais qui semble être une réédition du traité de Jacques Ozanam. Le catalogue de la B.N. ne cite aucun ouvrage de J. Ozanam à cette date, le plus tardif avant les rééditions modernes étant de 1779.

70 Dulacq, 1741, xvi, pp.170/177.

71 Daumas, xiii. Nombreuses citations, en particulier : Les Lemaire et l'atelier des Langlois, pp.340/346.

72 Daumas, xiii, p.310.



28 : Compas Gilkerson. Coll. SS. n°247.

Lignes de proportion

Contrairement aux compas français, ces lignes sont placées dans le même ordre sur chaque branche et non pas symétriquement. Regardant chaque face, on trouve sur chaque branche, du haut vers le bas :

- sur la première face la ligne des parties égales `line of lines`, (notée : L, pleine échelle : 10), la ligne des sécantes ou inverse des cosinus (notée : s, pleine échelle :76 degrés), la ligne des cordes `line of chords`, (notée : C, pleine échelle : 60 degrés), la ligne des polygones (notée : POL, pleine échelle : 4) ;
- sur la seconde face, la ligne des sinus `line of sinus`, (notée : S, pleine échelle 90 : degrés), deux lignes des tangentes `line of tangent`, (notées : t, T, pleine échelle 75 et 45 degrés) ; on note que la ligne t n'est graduée qu'à partir de 45 degrés.

Lignes simples

On observe sur la première face :

- une ligne graduée en pouces anglais de 1 à 12, courant sur toute la longueur du compas complètement ouvert ;
- Quatre lignes, deux sur chaque branche, pour la projection de la sphère terrestre sur un plan.

Le plan de projection est tangent à la sphère au point de latitude 0 et de longitude 45. On observe, dans cet ordre, quatre lignes : la ligne des méridiens `LMe`, des cordes, `Cho`, des latitudes `Lat`, des heures, `Hou`.

29 : Billet de DM50 : Balthasar Neumann et son compas de proportion.

`LMe` est graduée en degrés sexagésimaux de 0 à 90 (pleine échelle). `Hou`, graduée en heures et sixièmes d'heures, de 0 à 6 (pleine échelle), en correspondance avec la ligne précédente donne pour tout i le décalage horaire entre le méridien i et le méridien 0.

`Cho` est une ligne de cordes, conforme à la relation, graduée en degrés sexagésimaux de 0 à 90 (pleine échelle).

`Lat` provoque la perplexité ; sa définition exacte est encore recherchée, l'application des méthodes usuelles de projection, dont celle de Mercator, ne permettant pas de retrouver les abscisses de l'échelle gravée.

Des compas, de même époque, portent sur le champ une ligne divisant toute la longueur du compas en cent parties ;

Les échelles logarithmiques, fréquentes sur les compas anglais sont évidemment utiles pour la résolution numérique de triangles plans ou sphériques ; elles eurent les mêmes usages sur les règles à calcul devenues courantes, surtout en Angleterre. Elles étaient toutefois d'un emploi incommode avec le compas, ce qui explique le succès grandissant des règles à leur détriment.

7 COLLECTIONS

Jusqu'à la fin du XIXe siècle, les nécessaires d'instruments de mathématiques furent parfois richement construits et conservés attentivement car considérés comme des instruments de prestige dans certaines corporations. Certains furent réellement utilisés et d'autres simplement conservés dans les cabinets scientifiques de leurs riches propriétaires. À ces objets produits dès l'origine comme de véritables objets de collection, s'ajoutent les innombrables instruments plus ordinaires mais toutefois soigneusement fabriqués.

Cet attrait maintenu explique la rareté de ces objets que les collectionneurs conservent jalousement et l'existence de nombreuses belles collections privées ou publiques. La liste est restreinte à quelques collections européennes proches, chacune facilement accessibles par une visite, son site Internet, enfin éventuellement son catalogue imprimé.

France

Louvre. Collection d'instruments de mathématiques du Louvre, du XVIe au XVIIIe siècle. Cette collection dépend du Département des objets d'art. Le catalogue, « Les instruments de mathématiques » (xlii) décrit avec précision les objets, notamment les compas : morphologie, origine, etc. Ce catalogue comporte une bibliographie détaillée.

C.N.A.M. Le collectionneur ne peut que regretter la rareté du catalogue de cette vénérable institution. Une liste des instruments détenus par le musée est toutefois disponible sur son site internet.

Bibliothèque Nationale. La Bibliothèque Nationale ne possède apparemment aucun instrument. Par contre les ouvrages cités en bibliographie y sont consultables en quasi-totalité, ce qui est important pour les chercheurs.

Grande Bretagne

Museum of the History of Science, *Old Ashmolean Building. Broad Street. Oxford*. Le musée possède plusieurs compas. Deux de ces instruments sont anciens. Une règle pliante en forme de compas[73] (inv. 49631), de 1575, attribué à Humfrey Cole et utilisable apparemment comme un compas de proportion. Un cercle d'artilleur de1600 (*gunner's sector*, inv. N° 44505), attribué à James Kynwyn de Londres et rappelant le compas de Thomas Hood.

Science Musuem, *Exhibition Road, London*. Le musée possède également plusieurs compas dont un signé C.W., attribué à Charles Whitwell, mécanicien de Thomas Hood. (Banque d'images : MATC100159 et 106).

Italie

Il Museo di storia della scienza (xliii) Dépositaire des anciennes collections des souverains de Toscane, mécènes notoires des sciences, ce musée possède de nombreux instruments, parmi lesquels des objets ayant appartenu à Galileo Galilei, en particulier un compas de proportion[74] correspondant à la description dans son manuscrit.

8 CONCLUSION

Le compas de proportion témoigne donc d'un mode de pensée scientifique par analogie, fondé sur l'intuition géométrique si bien décrite par Henri Poincaré, et presque tombé en désuétude aujourd'hui, époque du tout numérique.

Pratiquement tous les auteurs que nous avons cités, constructeurs ou usagers du compas de proportion, citent Euclide comme l'inspirateur de leurs travaux mathématiques : on mesure ainsi l'estime unanime de ces savants pour le philosophe grec. Or, nous savons aujourd'hui que ses Livres représentent une somme des connaissances mathématiques de son époque et que certains éléments furent certainement imaginés par des prédécesseurs. C'est le cas des propriétés des triangles semblables, sans que l'on soit bien certain de pouvoir les attribuer à Thalès. Il reste que dans tous les cas, Euclide ouvrit la voie en rédigeant les bases de la culture mathématique pour plusieurs générations.

La géométrie et ses applications analogiques nous paraissent désuètes et l'essor de la mathématique moderne et ses multiples déploiements masquent de manière un tant soit peu ingrate ces lointaines origines. Et pourtant…

De la géométrie naquirent d'autres concepts utilisés par d'autres branches de la mathématique. C'est par exemple en utilisant des proportions que John Napier imagina les logarithmes[75] ; si le concept de fonction logarithme a perdu de son intérêt pour le calcul, elle fut tout de même à l'origine du concept de son inverse, la fonction exponentielle ; aujourd'hui, toutes deux sont omniprésentes en analyse théorique et numérique, en physique, en mécanique, en informatique, etc. Ces disciplines possèdent donc au moins toutes une racine qui les rattache à

73 Michel, xli, photo n°20, note p.47.
74 Museo (Il) di storia della scienza, xliii, N°2430 de l'inventaire, illustration n°2 du catalogue.
75 Et il ne fut pas le seul a y avoir pensé de cette manière. Nous en reparlerons.

Euclide. En algèbre, le concept de linéarité, simple ou multiple, généralise la notion de proportion à un point tel que cette constatation passe totalement inaperçue. Mais observons : depuis les calculs d'imposition ou de retenues sociales jusqu'à des calculs complexes en engénirie, les logiciels modernes sont des algorithmes exploitant le plus souvent le concept de linéarité ; ces outils modernes de calcul possèdent donc tous au moins une racine plongeeant également dans le passé jusqu'au même Euclide.

Filiations lointaines mais indubitables. Le souci de la proportion qui se manifesta modestement mais joliment lors de la Renaissance avec le compas de proportion, matérialisant deux triangles semblables, nous imprègne encore et guide donc toujours notre mode de pensée dans le pur respect d'une tradition deux fois millénaire. Bravo Euclide !

9 BIBLIOGRAPHIE

Les notices obtenues par la consultation du catalogue de la BN sont accompagnée de leur référence dans ce catalogue.

i [**Alembert** (d')]. Encyclopédie méthodique. Mathématiques, Par MM. D'Alembert, l'Abbé Bossut, De La Lande, Le Marquis de Condorcet, &c. Tome premier. A Paris, Chez Panckoucke…, A Liège, Chez Plomteux, M. DCC. LIV. 722p.

ii [**Alembert** (d')]. Encyclopédie méthodique. Mathématiques, Par MM. D'Alembert, l'Abbé Bossut, De La Lande, Le Marquis de Condorcet, Charles, &c. Tome second. A Paris, Chez Panckoucke…, A Liège, Chez Plomteux, M. DCC. LV. 788p.

iii [**Alembert** (d')]. Encyclopédie méthodique. Mathématiques, Par MM. D'Alembert, l'Abbé Bossut, De La Lande, Le Marquis de Condorcet, Charles, &c. Tome troisième. A Paris, Chez Panckoucke…, A Liège, Chez Plomteux, M. DCC. LIX. xxviijp., 316p., 16pl.

iv [**Alembert** (d'), Diderot]. Recueil de planches sur les sciences, les arts libéraux, et les arts méchaniques, avec leur explication. Sciences. [fac-similé de l'édition parisienne]. Paris, Inter-Livres, 1994. Pag. mult.

v [**Anonyme**]. Compas de Proportion. De la Division des Champs. sl., présumé 1794. 287p., 4+9+6pl.

vi **Besson** (Jacques). Le Cosmolabe, ou Instrument universel concernant toutes observations qui se peuvent faire par les sciences mathématiques, tant au ciel, en la terre, comme en la mer, de l'invention de M. Jaques Besson,. Paris : P.-G. Deroville, 1567. 287 p., fig. N°FRBNF30100030.

vii **Besson** (Jacques). Description et usaige du compas euclidien. Paris, Galiot du Pré, 1571, N°5ff. FRBNF30100031.

viii **Besson** (Jacques). Theatrum instrumentorum et machinarum. 24p. 60pl. Lyon, 1578. N°FRBNF37254708. Éditionnumérisée : Gallica.

ix **Bion** (N.). Traité de la construction et des principaux usages des instrumens de mathématique. Avec les Figures nécessaires pour l'intelligence de ce Traité. Quatrième édition, revue, corrigée et augmentée par le Sr N. Bion, … A Paris, Chez Charles-Antoine Jombert, …, Nion Fils, …, M. DCC. LII. 448 p., 37 pl. h. -t, table.

x **Blondel**. L'art de jeter les bombes. Chez Langlois, Paris, 1683. Non pag., 445p., table des matières. Gallica : N0083019_TIFF_1_474.

xi **Capra** (Baldassar*). Usus et fabrica circini cuiusdam proportionis, per quem omnia fere tum Euclidis, tum mathematicorum omnium problemata facili negocio resolumtur. Padua, 1607.*

xii **Cyriaque de Mangin** (Clément, pseud. Denis Henrion et Pierre Hérigone). L'Usage du compas de proportion, par Denis Henrion (Cyriaque de Mangin), … [Texte imprimé]. Rouen, J. Boulley, 1637. 5e éd. In-16, pièces liminaires, 148 p., table. Notice n°FRBNF30293842, V- 18995.

xiii **Daumas** (Maurice). Les Constructeurs français d'appareils scientifiques au XVIIIe siècle. 1951.

xiv **Deshayes**, (Jean), **Cyriaque de Mangin**, (Clément, pseud. Denis Henrion et Pierre Hérigone). L'Usage du compas de proportion de Denis Henrion, … nouvellement revu… et augmenté… par le sieur Deshayes, … [Texte imprimé]. Paris, l'autheur, 1681. In-8°, pièces liminaires, 290 p., table, fig., pl. et front. gravés. Notice n°FRBNF30331390, V- 41526, V- 19004.

xv **Drake** (Stillman). Galileo Galilei. Essai traduit de l'anglais par Jean-Paul Scheidecker. Actes Sud, Paris, 1986. 144p. ISBN 2-96969-1161-1.

xvi **Dulacq**. Théorie nouvelles sur le mécanisme de l'artillerie. dédié au roy de Sardaigne. Par M., Capitaine d'Artillerie de Sa Majesté le Roy de Sardaigne. A Paris,., Chez Charles-Antoine Jombert,. M. DCC. XLI. ivp., non pag., xvip., 385p., 4pl., 11pl., table non pag., 24pl

xvii **Errard** de Bar-le-Duc. Le premier livre des instruments mathématiques méchaniques par. Reproduction en fac-similé de l'édition de 1584 avec une introduction d'Albert France-Lanord, conservateur du Musée du Fer, à Nancy. Berger-Levrault, Nancy, 1979. xvip., non pag

xviii **Euclide**. Les Quinzes Livres des Elémens d'Euclide. Traduicts de Latin en François : Par Denis Henrion Mathématicien. Sec. Edition. A Paris, Chez Iean Antoine Ioallin,., M.DC.XXI. 840p.

xix **Favaro** (Antonio). Leçons de statique graphique, … traduit de l'italien par Paul Terrier. Deuxième partie, Calcul graphique. Paris, Gauthier-Villars, 1885. xp., 412p.

xx **Forest-Duchesne** (Nicolas). La Fleur des pratiques du compas de proportion, où sont facilitées toutes les plus belles démonstrations des mathématiques, revue et augmentée par l'auteur, Nicolas Forest Duchesne… [Texte imprimé]. Paris, H. Guenon, 1639. In-8°, VIII-113 p., pl. et fig. Notice n°FRBNF30449429, V- 19006.

xxi **France** (Louis XVI, roi de). Lettres patentes… portant établissement d'un corps d'ingénieurs en instrumens d'optique, de physique et de mathématique… Registrées en Parlement le 19 mai [1787]. Paris, N.-H. Nyon, 1787. 4p.

xxii **Galilei** (Galileo). *Le operazioni del compasso geometrico et militare. Padua, 1607*.

xxiii **Galilei** (Galileo). *D. Galilaei de Galilaeis, ... de Proportionum instrumento a se invento… tractatus… a Mathia Berneggero ex italica in latinam linguam nunc primum translatus… [Texte imprimé]. Argentorati, typis C. Kiefferi, prostant apud J. Carolum, 1612. In-4°, pièces limin. et 104 p., fig. Notice n°FRBNF30476086, V- 7686 (1), RES- V- 1048.*

xxiv **Galluzi** (Paolo), **Micheli** (Gianni), **Porta** (Antonio), **Rosino** (Leonida), **Taborelli** (Giorgio). Galileo Galilei. L'expérience sensible. Traduction, Adaptation ; Liliane Ripert. Paris, Editions Vilo, 1990. 280p. ISBN : 2 7191 0283 0.

xxv **Hambly** (Maya). Les instruments de dessin. 1580-1980. Traduction Dominique Bauthier. Ars Mundi, sl., 1991. ISBN 2.86901.069.9. 206p

xxvi **Heath** (Sir Thomas). *A history of greek mathematics. Volume I. From Thales to Euclid. Dover Publications, New York, 1981 (reprint). xp., 440p. ISBN 0-486-24073-6.*

xxvii **Henrion** (D.). Usage du compas de proportion de D. Henrion, Mathem. A Paris : Chez Michel Daniel, 1618. 90p. Gallica, Notice n°FRBNF30293839.

xxviii **Henrion** (D.). L'usage du compas de proportion de Denis Henrion, Professeur és Mathématiques… A Rouen, Chez Jean Boulley, …, 1637. 148p.

xxix **Henrion** (D.), **Deshayes**. L'usage du compas de proportion de Denis Henrion, Mathematicien… A Paris, Chez l'auteur, au bout du Pont-Neuf, proche le Bureau du Grenier a sel, …, 1682. non paginé, 290p., 1 planche.

xxx **Hœfer** (F.). Histoire des mathématiques depuis leurs origines jusqu'au commencement du dix-neuvième siècle par…. Paris, Librairie Hachette et Cie…, 1874.

xxxi **Hood** (Thomas). *The use of the two mathematical instruments…1596. Theatrum Orbis Terrarum, Amsterdam, Da Capro press, New-York, 1972. A fac simile made from British Museum copy. ISBN 90 221 0468 0. [British Library : 1653/468, Chambre de Commerce de Marseille, Biblihèque : ZC 15883 Fonds patrimonial].*

xxxii **Hood** (Thomas). *The making and use of the Geometricall Instrument called a Sector. London, Printed by John Windet, 1598. 51ff, pl.* N°FRBNF306115509.

xxxiii **Hood** (Thomas). *The making and use of the Geometrical Instrument called a Sector. Johnson Incorporated. (reprint). ISBN : 90-221-0610-1*

xxxiv **Hoste** (Jean L'). Épipolimétrie, ou Art de mesurer toutes superficies, comprenant la manière de bien dessigner, former, transmuer ou changer, mesurer et partager tous plans quelconques… oeuvre nécessaire aux géomètres, arpanteurs, géographes, architectes, sculpteurs et statuaires, peinctres et généralement à tous artisans et ouvriers qui travaillent avec proportion, mesure, règle et compas, par J. L'Hoste, … [Précédé d'une Practique sommaire de l'arithmétique.] [Texte imprimé]. Sainct-Mihiel, par F. Du Bois, 1619. In-fol., pièces limin., XXXII-113 p., fig. Notice n°FRBNF30815619, FOL- V- 1632, RES- V- 136.

xxxv **Lebossé** (C.), **Hémery** (C.). Géométrie plane. Classe de seconde des lycées et collèges. Paris, Fernand Nathan, 1947. 286p.

xxxvi **Leupold** (Jacob). *Theatrum arithmetico geometricum. 1727.*

xxxvii **Leybourne** (William). *The works of Edmund GunterI : containing the Description and the Use of the Sector, Cross-Staff, Bow, Quadrant, And other Instruments. With a Canon of Artificial Sines and Tangent, and the Logarithms from an Unite to 10000 : … The fifth Edition, Diligently Corrected and diverse necessary Things and Matters (pertinent thereunto) added, throughout the whole work, not before Printed ; By… London, Printed by A.C. for Francis Eglesfield…, MDCLXXIII. pag. multiple.*

xxxviii **Lorraine** (Nicolas-François, prince de). La Fleur des plus belles practiques du compas de proportion présentée au sérénissime duc de Lorraine Charles IV, par Monsieur le prince [Nicolas-François] son frère… où toutes les principales parties des mathématiques sont facilitées à l'usage mesme de ceux qui ne sont pas mathématiciens… [Texte imprimé]. Pont-à-Mousson, impr. de J. Appier-Hanzelet, 1625. In-16, XIV-38 p., fig. et pl. gravées. Notice n°FRBNF30834643, V- 19005.

xxxix **Martin** (Benjamin). *The Description and use of a case of mathematical instruments, particularly of all the lines contained on the plain scale, the sector, the gunter and the proportional compasses, by Benjamin Martin [Texte imprimé]. London, P. and J. Dollond, (s. d.). In-8°, 18 p., planche. Notice n°FRBNF30893914, V- 19002.*

xl **Mellanby** (A. L). *James Watt, mathematical instrument maker to the University of Glasgow [Texte imprimé]. An oration, by… A. L. Mellanby… delivered… on commemoration day… Glasgow, Jackson, son and Co. 1936. In-8, 18 p. Notice n°FRBNF32439205, 4- Z- 2519 (40).*

xli **Michel** (Henri). Les instruments des sciences dans l'art et l'histoire. Préface de Maurice Rheims. Albert de Visscher - Editeur, Rhode-St-Genèse (Belgique), 1980. 206p

xlii [**Musées Nationaux**]. Les instruments mathématiques. XVIe-XVIIIe siècle… Louvre, Département des objets d'art, catalogue. Réunion des Musées Nationaux, Paris, 2002. ISBN 2-7118-4459-7. 368p.

xliii [**Museo (Il) di storia della scienza**]. *Il museo di storia della scienza a Firenze. A cura di Maria Luisa Righini Bonelli. Cassa di Risparmio di Firenze, Firenze, 1968. 252p.*

xliv **Ozanam**. Article IV. L'usage du Compas de Proportion, expliqué et démontrés d'une manière courte et facile, et augmenté d'un Traité de la Division des Champs. Par M. Ozanam…, A Paris, chez Estienne Michalet, 1688. [notice bibliogr.]. *in* : Nouvelles de la république des lettres. Mois de juin 1688. A Amsterdam, Chez Henry Desbordes…, M.DC.LXXXVIII. pp.651/660.

xlv **Ozanam** (Jacques). L'usage du compas de proportion expliqué et démontré d'une manière courte et facile et augmenté d'un Traité de la division des champs, par M. Ozanam. Paris : E. Michallet, 1688. 138 p., fig. Notice n° : FRBNF31047549.

xlvi **Ozanam** (Jacques). L'usage du compas de proportion expliqué et démontré d'une manière courte et facile et augmenté d'un Traité de la division des champs. La Haye : H. Van Bulderen, 1691. 216 p. Notice n°FRBNF31047550

xlvii **Ozanam**. Usage du compas de proportion et de l'instrument universel… [Texte imprimé]par M. Ozanam, … Nouvelle édition… Paris, C. -A. Jombert, 1748. In-8. Notice n°FRBNF34000046, FB- 4542.

xlviii **Ozanam** (Jacques). Usage du compas de proportion et de l'instrument universel pour résoudre promptement et très exactement les problèmes de la géométrie pratique… Avec un traité de la division des champs, par M. Ozanam… [Texte imprimé]. Paris, C. -A. Jombert, 1748. In-12, XXIV-240 p., pl. Notice n°FRBNF31047553, V- 19016.

xlix **Ozanam** (M.) Dictionnaire Mathématique, ou idée générale des Mathématiques. Dans lequel on trouve… A Paris…, Chez Estiene Michallet…, M.DC.XCI. Titre, préface et table non paginés, 672p., index non paginé.

l **Ozanam** (M.). Usage du compas de proportion, et de l'instrument universel, Pour résoudre promptement & très-exactement les Problèmes de la Géométrie pratique, tant sur le papier que sur le terrain, sans aucun calcul. Avec un Traité de la Division des Champs. Par… Nouvelle edition. A Paris, Quay des Augustins, Chez Charles-Ant. Jombert, … M. DCC. XLVIII. 240p., xiipl., 12p.

li **Rambosson** (J.). Histoire du calcul. in : La science pour tous, vol.2, 2e année, n°27, 16 juill. 1857. Paris, chez l'éditeur, rue St. Sulpice, 22, 1857. pp. 251/253.

lii [**Rossini** S.A.]. Sciences : livres et instruments. … Paris, Rossini S.A., 2002. 32p.

liii **Sarton** (George). *A History of Science. Ancien Science through the golden age of Greece. Harvard University Press, Cambridge, 1952. xxvip., 646p.*

liv [**Scientific Instrument Society**]. *Bull. of the… n°38. 1993. p.28.*

lv [**Sotheby's**] *Catalogue of clocks, scientific instruments and watches. Including… Sotheby, London, 1976. 40p.*

lvi [**Staatliches Museum Preussischer Kulturbesitz**]. *Winkelmessinstrumente. Von 16. Bis zum frühen 19. Jahrhundert. Bearbeitung : Austlellung im Kunstgewerbermuseum vom 9. November 1979 bis 23. Februar 1980. Franz Adrian Dreier. Berlin, 1979.176p.*

lvii **Tannery** (Paul). La géométrie grecque. Les grands classiques Gauthier-Villars, ISSN 0989-06022-87647-034-9. Fac-sim. de l'éd. de Paris : Gauthier-Villars, 1887. Ed. J. Gabay, Paris, 1995. Notice BNF n° : FRBNF37274840

lviii **Tartaglia** (Nicolo). *Opere del famosissimo Tartaglia… Nova scienta… in Venetia, al segno del Lione, 1606.* 4 parties en un vol. N°FRBNF31434936.

lix **Taton** (René)]. La Science antique et médiévale. Histoire générale des sciences, publiée sous la direction de… Tome 1. Presses Universitaires de France, Paris, 1957. Viiip., 628p.

lx **Tomash** (Erwin), **Williams** (Michael R.). *The Sector : its history, scales and uses. 9p.*

lxi **Torar** (du). Leçons de géométrie pratique… 2de édition reveüe et augmentée du calcul du toisé, du compas de proportion et d'un nouveau traité d'artillerie, le tout démontré par le sieur Du Torar, … [Texte imprimé]. Paris, L. d'Houry, 1691. In-12, XII-330 p., pl. et fig. Notice n°FRBNF30389547, V- 18868.

lxii **Turner** (Gerard l'E.). *Nineteenth-Century Scientific Instruments. Sotheby Publications. University of California Press, Berkeley, 1983. 320p. ISBN 0 85667 170 3 (UK Ed.), 0-520-05160-2 (US Ed.).*

lxiii **Webster** (William). *The Description and use of a complete sett or case of pocket-instruments containing the construction of the several lines laid down on the plain scale and sector, with their application in variety of mathematical problems, by William Webster. 2nd edition… [Texte imprimé]. London, A. Bettesworth and C. Hitch, 1739. In-8, pièces limin., 61 p., pl. Notice n°FRBNF31628646, V- 20415.*