
La gnomonique d’Oronce Fine (1494–1555)

Le Livre I de la partie gnomonique du *Protomathesis* (1532)

par Éric Mercier

*Ses contemporains, et les historiens de sciences, ont exprimé des opinions très contrastées sur l’œuvre scientifique d’Oronce Fine. Dans le domaine de la gnomonique, la principale attaque est venue d’un contemporain : Pedro Nunes (1502-1578), qui est considéré comme l’un des plus grands savants Portugais de l’Histoire. L’objet de cet article est d’évaluer la qualité scientifique du 1^{er} livre de la partie Gnomonique du *Protomathesis*, œuvre majeure de Fine. Il apparaît qu’il s’agit d’une œuvre originale, de bonne tenue scientifique, qui a beaucoup influencé ses successeurs. Les critiques de Nunes sont parfois justifiées, mais plus généralement sa bonne foi peut clairement être mise en doute.*

1 Introduction

Oronce Fine¹, qui fut le premier professeur de Mathématiques au collège de France (fig. 1 [page suivante](#)), est un contemporain de François 1^{er} (1494–1547). C’est donc un personnage de la Renaissance, dont l’œuvre embrasse de nombreuses disciplines : astronomie, gnomonique, astrologie, technologie militaire, science du comput, géographie, optique, alchimie, philosophie des Sciences, musique et mathématiques (algèbre, géométrie)². Le jugement que portent sur lui les historiens des Sciences est assez contrasté, par exemple :

— Montucla (1799, p. 729) en parlant de la gnomonique :

Münster et Oronce Finée (sic) sont ensuite les premiers les traités de gnomonique ont vu le jour . . . Münster se trompe quelque fois, mais Oronce Fine très fréquemment ainsi que lui a reproché Nonius (= Nunes) . . .

1. Réglons tout de suite la question de la prononciation : Fine ? Finé ?, voire Finée ou Fini ? ; la question est délicate. Hillard & Poulle (1971) signalent que la forme latine que Fine a choisi lui-même (*Finæus*) milite pour Finé ; mais les historiens de sa région d’origine retiennent « Fine » qui est encore attesté localement. Par ailleurs, dans un poème d’époque son nom rime avec « doctrine ». La prononciation « Fine » semble donc devoir être préférée.

2. La liste bibliographique des œuvres d’*Oronce Fine* (livres, cartes et manuscrits) qui semble la plus exhaustive est disponible dans les annexes de Hillard & Poulle (1971).



FIGURE 1 – Un portrait d’Oronce Fine (D’après Thévet 1584).

- Lalande (1803, p. 49) nous dit juste que
Münster et Oronce Fini (sic) sont les premiers qui aient donné la description de toutes les espèces de cadrans solaires. Ce sont les plus anciens traités de gnomonique rien de plus. . .
- Delambre (1819, p. 400 & 434-435) ne retient rien de marquant, mais il n’évoque pas la gnomonique qui nous intéresse ici.
- Hockey (2007, p. 368) dans son magistral *Biographical Encyclopedia of Astronomers* ne retient bizarrement, dans l’œuvre astronomique de Fine, qu’une méthode de mesure des longitudes grâce aux éclipses de la Lune. Le principe de cette méthode était pourtant connu des grecs de l’antiquité.
- Eagleton (2009, p. 98) est plus positive :
L’utilisation de matériels (tirés du Livre de Fine sur les cadrans solaires) dans les livres de Münster et Clavius, ainsi que dans d’autres livres sur les cadrans solaires à travers les XVI et XVII^e siècles, montre l’influence de Fine et son importance dans cette discipline. . .
- Goulding (2011) commence sa *review* du recueil d’article qui contient la référence précédente, de la façon suivante :
Le nom d’Oronce Fine, premier Professeur de Mathématiques au Collège Royal, était proverbial d’incompétence même à sa propre époque.

En effet, dès son époque, les jugements étaient divergents; les critiques les plus sévères sont sans doute venue de Nunes (= *Nonius* en latin) dans son livre de 1546 entièrement consacré aux erreurs de Fine *De erratis Orontii Finaei* et qui contient notamment deux chapitres sur la gnomonique (fig. 2 page suivante). Inversement, Thévet (qui était premier Cosmographe du Roy) en 1584 évoque un *second Archimède*, qui ressuscita en l’Université de Paris, la splendeur des Mathématiques (sic) qui pour lors estoient par trop abastardies. Dans le même ordre d’idée il faut signaler l’existence de traduction de ses œuvres, notamment en Italien, jusqu’à la fin du XVII^e siècle. Par ailleurs, ses livres étaient inscrites, d’une manière ou d’une autre, au programme officiel de l’enseignement dans les Universités de Messine, Pise, Cambridge, Valencia, Oxford . . . (Axworthy A., 2020).

Il est certain que Oronce Fine, a commis de nombreuses erreurs dans ses écrits de mathématiques et géographie (voir synthèse dans Leitão 2009). Mais qu’en est-il du domaine de la Gnomonique? Quel est la place de cet auteur dans l’histoire de cette science? C’est ce que je me propose d’essayer d’établir en explorant ses écrits dans ce domaine, et en essayant de les restituer dans la production de l’époque.



FIGURE 2 – Pages de garde des principaux livres évoqués ici : Münster 1531, partie gnomonique (4^e) du *Protomathesis* de Fine 1532, Nunes 1546, Fine 1560. On constate que la partie gnomonique du *Protomathesis* est datée de 1531, mais intégrée dans un ouvrage de 1532.

2 Oronce Fine (sa vie, son œuvre)

Il existe plusieurs biographies de Fine (pour les plus récentes : Escallier 1957, Hillard & Poulle 1971, Drinkwater 1990, Marr 2009, Axworthy 2011), je me contenterai ici de l'essentiel.

- Oronce est né le 20 Décembre 1494, dans une famille riche et cultivée, à proximité de Briançon (Dauphiné).
- assez jeune (aucun biographe ne précise son âge) il commence ses études à Paris et dès 1516, il y enseigne. C'est l'époque de ses premiers livres dont l'édition des œuvres de Peurbach (*Theoricarum novarum textus...*) en 1515, et de Sacrobosco (*Mundialis sphere opusculum...*) en 1516; deux monuments de l'astronomie des débuts de la Renaissance.
- vers 1520–1524 il passe quelques temps en prison, mais sans que les raisons n'en soient établies (trois hypothèses ont été proposées par ses biographes, voir Axworthy (2011) pour une discussion complète).
- en 1526 il publie son premier ouvrage personnel (*Aequatorium planetorum, unico...*)
- en 1531 il est recruté comme « lecteur » de Mathématiques au Collège Royal, poste créé pour lui; il s'agit en fait de la chaire de Mathématiques.
- en 1532 sort son œuvre majeure *Protomathesis* qui comprends quatre parties : arithmétique, géométrie, cosmographie³ et gnomonique. De nombreuses autres livres suivront jusqu'à sa mort en 1555, date à laquelle il était toujours à son poste au Collège (Royal) de France.

Certains des écrits d'Oronce Fine n'ont pas résisté à l'analyse critique, et ce, dès son époque avec, nous l'avons vu, la publication du livre de Nunes⁴ (1546) *De erratis Orontii Finacii*⁵

3. Cette troisième partie doit énormément au livre de Sacrobosco que Fine avait édité quelques années plus tôt (Axworthy 2020).

4. Pedro Nunes (ou Nonius en latin) (1502–1578), il est considéré comme un des plus grands savants portugais de l'Histoire.

5. cet ouvrage a été ré-édité plusieurs fois 1546, 1571 et 1592, ce qui constitue une preuve « en creux » de l'influence de Fine à son époque. Il a été récemment traduit en portugais (Carvalho & Leitão 2005).

puis celui de Borrel (1559) *De quadratur circuli libri duo*. De fait, on ne peut pas nier que les théories mathématiques de Fine sur la quadrature du cercle, la trisection de l'angle, la duplication du cube, et certains aspects du calcul des longitudes, sont intégralement fausses ! En ce qui concerne la gnomonique, elle serait à ajouter dans la liste des erreurs de Fine si l'on en croit Nunes (1546). Montucla (1799), nous l'avons vu, n'est pas loin de penser la même chose. Mais inversement, Eagleton (2009) souligne le rôle déterminant de Fine dans la conception de la seconde version de l'ouvrage de Münster (1533) *Horologiographia* qui deviendra par la suite une œuvre extrêmement influente. Toujours selon Eagleton (2009), Clavius (*Gnomonices*, 1581) et Kircher (*Ars magna lucis et umbrae*, 1646) avouent s'être beaucoup inspiré de Fine, et n'expriment quant à eux, que quelques réserves ponctuelles focalisées sur un ou deux instruments en particulier.

3 L'œuvre gnomonique d'Oronce Fine

Œuvres publiées de son vivant

- *Descriptio partium, et succinta utilitatum elucidatio quadrantis cujusdam universalis. . . Orontio Fineo. . . authore ; Lutetiae Parisiorum impressa* : Nicolaum Savetier, (1527).

Livre sur les usages du *Quadrant novus*.

- *Orontii Finei Delphinatis, liberalium disciplinarum professoris regii, Protomathesis : Opus varium, ac scitu non minus utile quam jucundum, nunc primum in lucem foeliciter emissum. Cujus index universalis, in versa pagina continetur* ; Paris : Gérard Morrhy, Jean Pierre (1532).

Livre majeur d'Oronce Fine, en 4 parties, dont seule la dernière concerne la gnomonique. Cette partie est elle-même divisée en quatre livres. Dans ces quatre livres, Fine présente un panorama couvrant beaucoup de cadrans et selon Eagleton (2009), il s'agit d'un des textes fondateurs de la gnomonique. D'après Dutarte (2006 p. 215), le texte de 1527 est intégré dans les livres 3 et 4 de cette partie, ce qui ne semble pas être exact.

- *Orontii Finei Delphinatis, regii mathematicarum professoris. Quadrans astrolabicus, omnibus Europae regionibus inserviens : Ex recenti & emendata ipsius Authoris recognitione in ampliorem, ac longe fideiorem redactus descriptionem* ; Paris : Simon de Colines (1534).

Ce texte est présenté comme la seconde édition de l'ouvrage de 1527 par Hillard & Poule (1971) ; la comparaison avec le *Protomathesis* montre qu'il s'agit d'un texte, en 57 propositions, très différent de ce dernier (en 7 + 21 propositions).

Œuvres posthumes

Annuli astronomici, instrumenti cum certissimi, tum commodissimi, usus, ex variis authoribus, Petro Beausardo, Gemma Frisio, Ioãne Dryandro, Boneto Hebraeo, Burchardo Mythobio, Orontio Finæo, una cum meteoroscopio per Ioãnẽ Regiomontanum, & annulo non universali M.T. authore ; Lutetiae : apud Gulielmum Cavellat, (1558)

Il s'agit d'un recueil dont un seul chapitre *Compendiaria tractatio de fabrica & usu annuli astronomici* est signé Fine : c'est un extrait de *Protomathesis*.

Orontii Finei Delphinatis, regii mathematicarum professoris, De solaribus horologiis, & quadrantibus, libri quatuor. Sequens pagina summa librorum capita tibi expediet, apud Gulielmum Cauellat, Parisiis, in pingui gallina (1560).

C'est la ré-édition de la quatrième partie du *Protomathesis*, elle fut initiée par les enfants de Fine qui, laissés dans la misère par la mort de leur père, espéraient en tirer quelques ressources financières. Le texte est inchangé, mais les figures sont légèrement différentes (fig. 3). Signalons à ce sujet que généralement Fine réalisait lui-même la gravure de ses figures, il a même réalisé la gravure des figures d'autres auteurs (Hillard & Poulle 1971). Il est probable que Fine avait prévu cette ré-édition⁶, et avait réaliser les matrices des dessins pour cette future édition. Après sa mort, ses enfants auraient utilisé ces figures avec l'ancien texte non modifié pour constituer cet ouvrage.

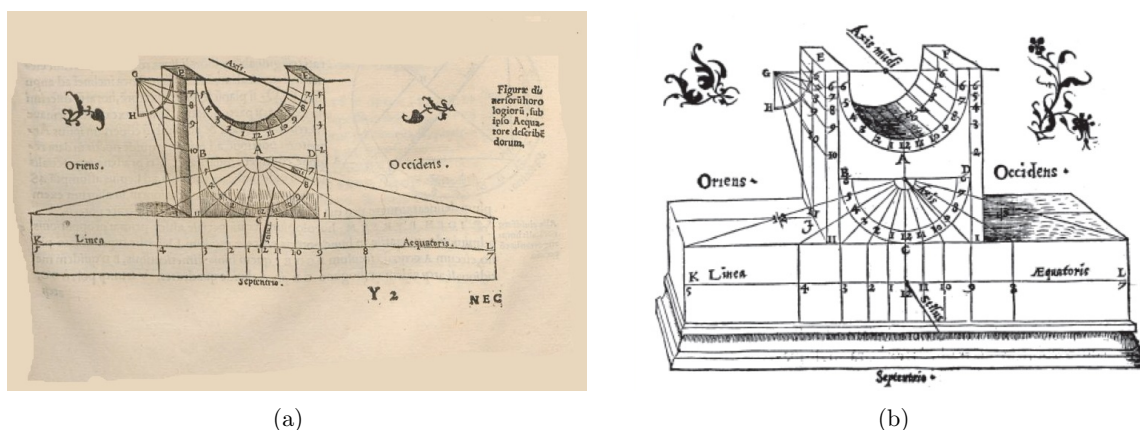


FIGURE 3 – Deux figures équivalentes des ouvrages de 1532 (a) et 1560 (b). Le texte est toujours inchangé.

Opere di Orontio Fineo del Delfinato : diuise in cinque parti - arimetica, geometria, cosmografia, & oriuioli / tradotte da Cosimo Bartoli . . . ; et gli specchi / tradotti dal caualier Ercole Bottrigaro. . . In Venetia : Presso Francesco Franceschi senese, (1587).

Opere di Orontio Fineo del delfinato : diuise in cinque parti; aritmetica, geometria, cosmografia, e oriuioli, tradotte da Cosimo Bartoli,. . . Et gli spechi, tradotti dal caualier Ercole Bottrigaro. . . ; Venetia, presso Gio. Giacomo Hertz (1670).

Les deux traductions en italien du *Protomathesis*.

Le contexte de l'époque

Avant 1520, il n'existait pas d'ouvrage de gnomonique tel que l'on le conçoit maintenant. Cela ne veut pas dire qu'il n'existait pas d'écrits qui circulaient en Europe, mais, si l'on en croit Eagleton (2009), il s'agissait de recueils hétéroclites d'œuvres manuscrites médiévales, apparemment d'origine allemande, en grande majorité très altérées par le processus de copies et re-copies successives. Ces documents étaient, en grande partie, scientifiquement faux ! Curieusement aucun manuel arabe ne semble être parvenu intact, contrairement à ce qui s'est passé à cette époque pour d'autres disciplines (Médecine, Astronomie, Arithmétique. . .). Entre 1520 et 1540, la situation a brutalement changée, et plusieurs auteurs, dans différentes parties

6. Il avait déjà re-publié de façon indépendante les trois premières parties *Protomatheus* en 1542 et 1544.

de l'Europe ont publié des ouvrages imprimés visant à rationaliser et nettoyer la bibliographie ancienne, ainsi qu'à présenter un tableau le plus exhaustif et le plus exact possible de la gnomonique. Il s'agit vraiment d'une période charnière, voire fondatrice. Il faut probablement insister sur le fait que le but principal de ces auteurs était, non pas d'inventer de nouveaux instruments⁷, mais de présenter rigoureusement les anciens⁸.

Parmi ces auteurs on peut citer (liste non exhaustive) :

- Albrecht Dürer qui dans sa géométrie *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheit, in Linien, Ebenen unnd gantzen corporen*, Nürnberg de 1525 présente quelques cadrans solaires (p. 108–114) tracés au compas et à la règle.
- Pierre Apian et son mystérieux⁹ *Liber de umbris ad horologium confectionem*. Landshutt qui semble ne pas nous être parvenu (1524).
- Pierre Apian : *Liber Cosmographicus* (1524) où la gnomonique est secondaire, mais où est présenté le nocturlabe et la célèbre volvelle. Ce livre fut traduit en français dès 1544.
- Georges Hartmann, avec un livre resté manuscrit (1527), qui a été traduit et commenté par Lamprey (2002). Les premiers chapitres doivent énormément à Dürer qui, comme Hartmann était de Nuremberg.
- Sébastien Münster avec *Compositio horologiorum, in plano, muro, truncis, anulo, con concavo, cylindro & variis quadrantibus, cum signorum zodiaci & diversarum horarum inscriptionibus*. Bâle, H. Petri, (1531). Ce livre doit aussi beaucoup à Dürer (fig. 4).

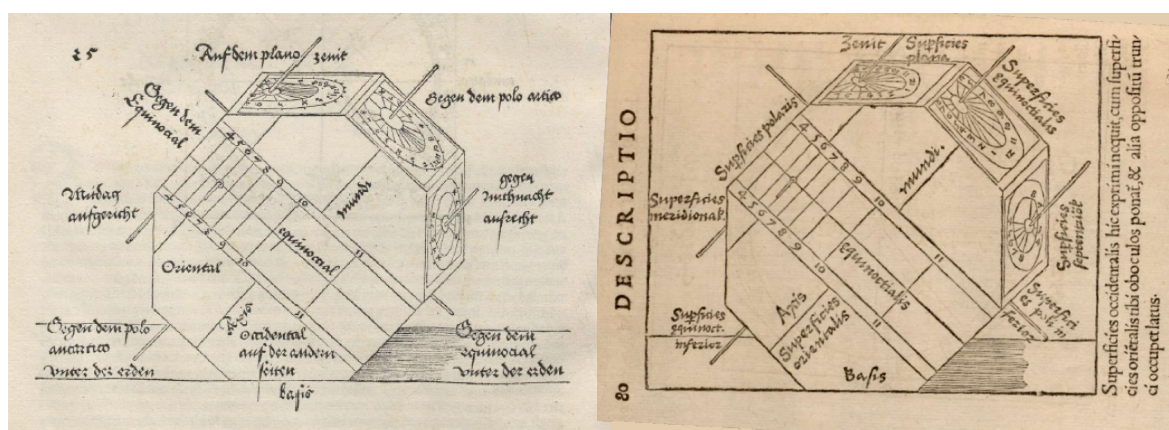


FIGURE 4 – Deux figures équivalentes dans les livres de Dürer (1525) et Münster (1531).

- Oronce Fine et son *Protomathesis* (1532), de facto objet principal de cette étude. En première approximation (comparaison des figures), il ne semble pas avoir été directement influencé, ni par Dürer, ni par Münster, ni par Apian bien que l'on y retrouve la célèbre volvelle de ce dernier, mais avec quelques différences.

7. Fine, dans son introduction à la partie gnomonique de *Protomathesis* revendique des découvertes personnelles, mais il n'en dit pas plus. Il s'agit probablement de l'horloge hydraulique et d'un quadrant particulier qu'il décrit dans les livres II, III et IV.

8. Nicholas Kratzer (né en 1487 à Munich, mort à Londres après 1550), qui a fait toute sa carrière à la cour d'Henri VIII en Angleterre) s'inscrit dans la même démarche. Il ne nous a pas laissé d'ouvrage écrit, mais quelques instruments survivants et les tableaux de Holbein témoignent de son oeuvre (North 2004). Il est connu pour avoir ramené, quand il est arrivé en Angleterre en 1517–18, des copies de manuscrits médiévaux, provenant du monastère de Maurbach situé près de Vienne, qui ont inspiré son travail de gnomoniste (Pattenden 1979).

9. Il est cité dans la *bibliographie internationale de gnomonique* de Nicolas Severino. Je n'ai pas trouvé d'autres informations.

- Sébastien Münster avec *Horologiographia, post priorem aeditionem per Sebast. Munsterum recognita, et plurimum aucta atque locupletata, adjectis multis novis descriptionibus et figuris*. In-n° 4, pièces limin., 336 p., fig., pl., fig. Basileae : excudebat H. Petrus, (1533). Il s'agit d'une reprise du livre de 1531, qui faisait 210 pages environ, enrichi fortement (pour atteindre 400 p. environ), notamment par des reprises importantes du *Promathesis* (fig. 5).

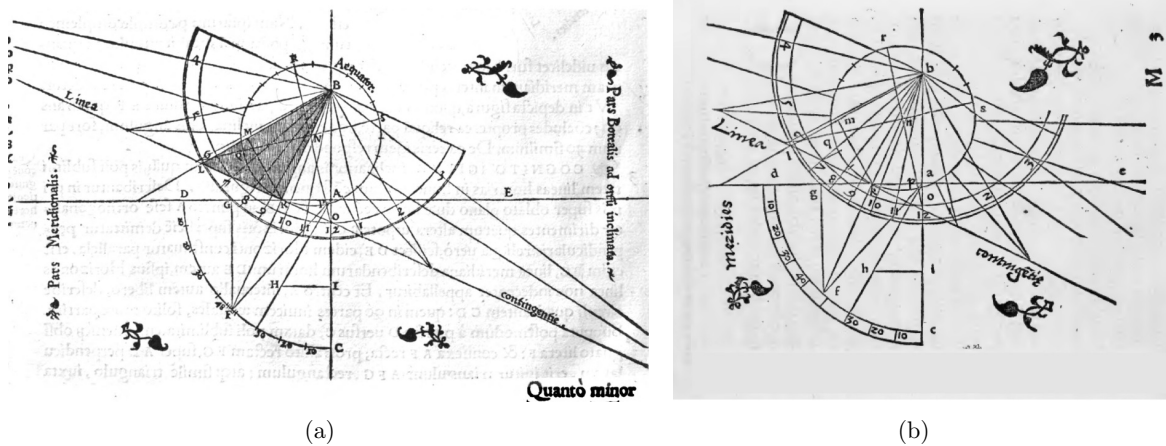


FIGURE 5 – Deux schémas tirés respectivement de Fine (1532) et Münster (1533) illustrant un des emprunts de ce dernier.

4 Le Livre I de la quatrième partie du *Protomathesis*

Nous allons maintenant parcourir et analyser l'ouvrage de Fine. Pour cela, nous disposons de deux aides précieuses : une traduction très simplifiée / commentaire succinct, en anglais, en trois petits brochures totalisant 75 pages (Drinkwater, 1990, 1993a & 1993b) et une traduction des livres III et IV de la version italienne, réalisée par Marie-Agnès Pédaillé et qui était incluse dans le site Web de Philippe Dutarte (Instruments mathématiques anciens), site actuellement disparu. Ce présent article ne traitera que du Livre I qui correspond aux cadrans *classiques* et au *nocturlabe*.

Après une page de titre / sommaire, une courte introduction et le titre du Livre I (*Premier livre sur la composition et l'utilisation des cadrans solaires communs de toutes sortes, où les heures sont marquées par l'ombre d'un Gnomon sur des plans et autres surfaces*), Oronce Fine rentre directement dans le vif du sujet.

Livre I; Proposition 1

Le titre est :

Un diagramme donnant l'information nécessaire pour faire des cadrans solaires horizontaux, verticaux, ceux qui sont (déclinants), ceux qui sont inclinés et ceux qui sont (orientés plein est ou plein ouest).

Ce titre est la seule indication sur le but de cette Proposition, la construction géométrique débute immédiatement, il s'agit de construire un outil intermédiaire qui sera utilisé ensuite

dans la construction géométrique de différents cadrans. L'auteur localise ses premiers exemples à la latitude de 48° N. (Paris). Je vais plutôt utiliser ici 55° N., de façon à ce que, en s'éloignant de 45°, il y ait moins d'ambiguïtés causées par des impressions de symétrie qui n'existent pas.

La construction proposée est résumée à la figure 6. Les lettres sont celles de Fine (sa figure du *fol. 158 v*), les couleurs caractérisent les deux étapes de la construction (noir, puis rouge), r et R représentent les rayons de respectivement du petit et du grand cercle. Notons que le petit cercle n'a qu'une valeur conceptuelle (cercle équinoxial) et ne sera pas utilisé par la suite.

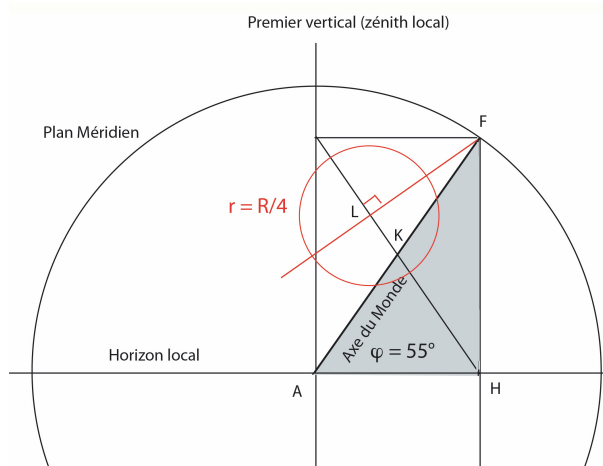


FIGURE 6 – Construction géométrique intermédiaire utilisée par Fine pour une des méthodes de dessin des cadrans horizontaux et verticaux. Le triangle grisé est le triangle gnomonique ; le cercle rouge est le cercle équinoxial.

Livre I; Proposition 2

Il s'agit maintenant d'utiliser ce dessin préparatoire pour dessiner un cadran horizontal. La construction de Fine est synthétisée à la figure 7 (figure originale : *fol. 159 v*). Les étapes de la construction sont indiquées par les couleurs, respectivement noir, rouge, vert. Dans un premier temps on trace le triangle grisé de la figure précédent, mais en faisant en sorte que sa base horizontale (AH) devienne verticale (EF, homologue de AH dans la nouvelle figure).

F est le centre du cercle du futur cadran. Puis on localise G en se servant de la distance EG. Nous reviendrons sur cette valeur qui mérite discussion. À partir de G on trace les rayons espacés de 15° qui recoupent la ligne horizontale passant par E. Ces points d'intersection, joints à F matérialisent les premières lignes horaires du cadran horizontal, les autres sont tracées par symétrie. Fine explique que pour connaître le nombre d'heures à tracer avant 6 h et après 18 h, il faut se référer à sa cosmographie et à la méthode de détermination des heures maximales de lever et coucher du Soleil selon

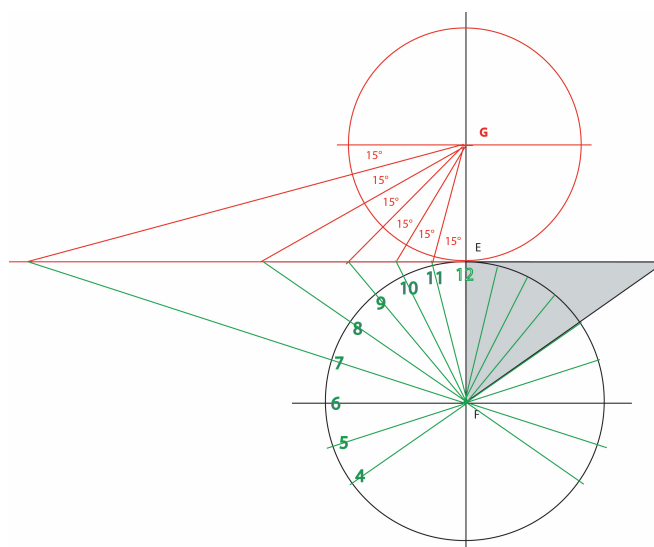


FIGURE 7 – La première méthode de construction du cadran horizontal (voir texte).

la latitude du lieu. Puis il indique comment utiliser la forme du triangle grisé comme porte ombre, précise qu'il peut être rabattable dans le cas d'un cadran portable, auquel cas on peut adjoindre une boussole. Enfin Fine discute des limites de la construction graphique et promet une méthode mathématique dans la suite de son ouvrage (Prop. 5).

Voyons maintenant la question de la valeur du EG de la figure 7 page précédente. Fine, dans son texte dit que cette valeur est égale à FK , ou AK , de la figure précédente (fig. 6). Cette affirmation est reprise aussi bien dans le *De solaribus horologiis, & quadrantibus* que dans les éditions italiennes de *Protomathesis*. C'est clairement une erreur, la bonne valeur est FL (Drinkwater, 1990). Ce n'est probablement pas une erreur typographique : les deux segments FK et AK sont bien indiqués à la place de FL. Ce n'est pas non plus un erreur de raisonnement car FK est égal au demi rayon du cercle de la figure 6 page ci-contre, c'est une constante qui ne dépend pas de la latitude. . . or le fait même que Fine construise cette figure montre qu'il est conscient qu'il faut tenir compte de cette latitude pour dessiner le cadran. Par ailleurs, on constate sur la figure 6 que la seconde étape de la construction (en rouge) serait inutile si la valeur de FK suffisait pour déterminer EG. Il s'agit donc probablement d'une faute d'inattention lors de la rédaction. Ce point n'est pas anecdotique dans la mesure où cette erreur a été utilisée par Pedro Nunes, en 1546, pour rejeter l'ensemble de la gnomonique de Fine.

Le livre de Nunes (1546), *De erratis Orontii Finaei* (Des erreurs d'Oronce Fine, fig. 2 page 83), est présenté comme une critique strictement scientifique du travail de Fine, en fait, et Leitão (2009) l'a très bien montré, d'autres considérations, plus terre à terre¹⁰, président à sa publication. Cet ouvrage¹¹, dont il existe trois éditions (1546, 1571 et 1592) est constitué de 19 chapitres dont les deux derniers sont consacrés à la gnomonique. Le chapitre 18 évoque les erreurs que Fine commet dans sa présentation du *Nocturlabe* (Prop. 18 du Livre I). Le chapitre 19 traite des cadrans solaires horizontaux et verticaux (Prop. 1 à 3 du Livre I); nous verrons plus loin pourquoi, selon moi, Nunes ne présente pas ses critiques dans l'ordre de l'ouvrage de Fine.

Nunes commence son chapitre 19 par cette phrase :

Permettez-nous de parvenir à la conclusion que les descriptions des horloges horizontales et verticales que Oronce décrit dans (son) livre sont toutes deux fausses. Et ce qui deviendra évident lorsque le processus de construction des horloges sera connu.

Puis il commence sa propre démonstration sans avoir essayé de comprendre, ou de corriger l'erreur de Fine. Contrairement à ce dernier, il passe beaucoup de temps à justifier la construction qui viendra ensuite. Cette justification est construite autour d'un schéma 3D (fig. 8 page suivante), pas très habile en ce qui concerne la perspective, mais où l'on reconnaît le cercle équinoxial (en haut) et le futur cadran horizontal (en bas), incliné, l'un par rapport à l'autre, de l'angle complémentaire à la latitude. Le style polaire correspond au segment lc et, lm et cr illustrent un exemple de ligne horaire dans respectivement, le cercle équinoxial et dans le cadran. La démonstration mathématique, sans aucune formule, est lourde et très difficile à suivre, même quand on sait où l'auteur veut nous emmener. Puis il propose sa propre construction qui diffère de celle de Fine avec, notamment, l'absence de construction préliminaire, et le fait que les deux cercles sont construits dans l'ordre inverse; d'abord le cercle équinoxial (dont on fixe arbitrairement le rayon), puis le cadran (dont il faut établir le rayon) (fig. 8 page suivante). Nunes nous dit que le rayon du cercle du cadran (en bas) est égal au segment at , avec l'angle abt , égale à la latitude du lieu. Il est facile de démontrer, par le théorème des triangles

10. À l'époque de la publication, Nunes avait besoin de signer un ouvrage « marquant » pour intégrer le corps enseignant de l'Université de Coimbra, car il n'avait pas les titres Universitaires requis (voir Leitão 2009).

11. Dont Fine ne semble jamais avoir tenu compte, ce qui semble particulièrement énerver certains commentateurs ultérieurs (voir Leitão 2009).

semblables, que la solution de Nunes est absolument équivalente à celle de Fine corrigée de l'erreur mentionnée plus haut. La méthode de Nunes n'en est pas moins plus simple et plus élégante.

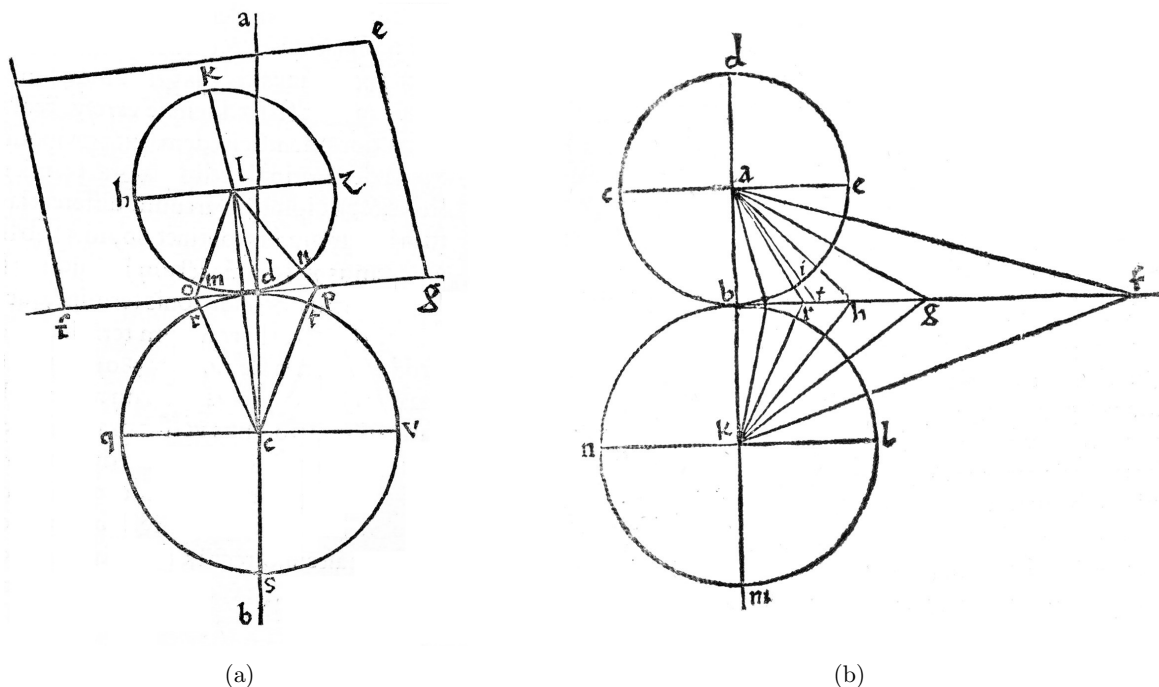


FIGURE 8 – (a) Le schéma 3D explicatif de Nunes (1546), voir texte et (b) construction du cadran horizontal selon Nunes (1546), voir texte.

Après avoir traité les cadrans verticaux, sur lesquels nous reviendrons, il conclut : ce chapitre et ... son livre, par cette condamnation sans appel :

C'est évident d'après ce que nous avons montré ; et donc toutes les horloges qui sont faites selon les règles d'Oronce sont fausses. Il n'est pas opportun maintenant d'examiner ce que Oronce expose au sujet des (autres) horloges ...

Comme nous l'avons vu, l'erreur n'est peut-être pas aussi définitive que l'affirme Nunes, par ailleurs, il semble un peu exagérer de condamner les quatre livres de gnomonique sur la base des 2 ou 3 premières propositions du Livre I. Mais il y a pire (!) et nous verrons lors de l'examen de la proposition 4 que Nunes est très certainement de mauvaise foi dans cette critique.

Il est intéressant de remarquer que Bullant, qui dans son édition de 1561 du *Recueil d'horlogiographie, contenant la description, fabrication et usage des horloges solaires*, premier traité de gnomonique en Français, utilise la méthode de Nunes (dessin initial du cercle équinoxial), alors que manifestement, et il le reconnaît, il emprunte beaucoup au très excellent, et très docte mathématicien Oronce Finé. C'est également la méthode de Nunes qui est utilisée par Vinet en 1564 dans son *La manière de fere les solaires, que communement on apele quadrans* qui, lui, se réfère directement à son grand ami Paro Nunes docteur Portugalois (sic).

Enfin, et ce sera quasiment général dans son ouvrage, Fine ne parle pas de longueur du style, ni de dessin d'arc de déclinaison ; mais cela est bien entendu scientifiquement lié.

Livre I; Proposition 3

Le sujet en est la construction d'un cadran vertical plein sud. La procédure est, classiquement, très proche de celle qui concerne un cadran horizontal. Il suffit, de remplacer la latitude par la co-latitude, de compter les lignes horaires dans le sens anti-horaire, en limitant leur tracé à l'intervalle 6 h–18 h. C'est ce qu'explique Fine; en pratique il utilise de nouveau son dessin préparatoire de la proposition 1, et commet la même erreur en utilisant AK ou lieu de FL pour déterminer le diamètre du cercle du cadran. Bien entendu Nunes considère que toute la procédure est fautive.

Livre I; Proposition 4

Dans cette proposition, Fine nous indique une solution alternative pour tracer les cadrans horizontaux et verticaux sans dessin préparatoire. Son explication englobe les deux types de cadrans (fig. 9(a)), je vais détailler ici la procédure pour le cadran horizontal qui correspond à la moitié basse de son dessin.

Tout d'abord (fig. 9(b)) on trace un cercle équinoxial avec les lignes horaires coupant la ligne horizontale tangente au cercle (en noir). Puis on trace la ligne AF dont l'inclinaison sur l'horizontal est égale à la latitude (co-latitude si on avait choisi de tracer le cadran vertical). On détermine le point G, centre du futur cadran horizontal, tel que $CG = AF$ (en rouge). Puis on trace les différentes lignes horaires du cadran à partir de G (en vert) et les numérote selon les principes énoncés précédemment.

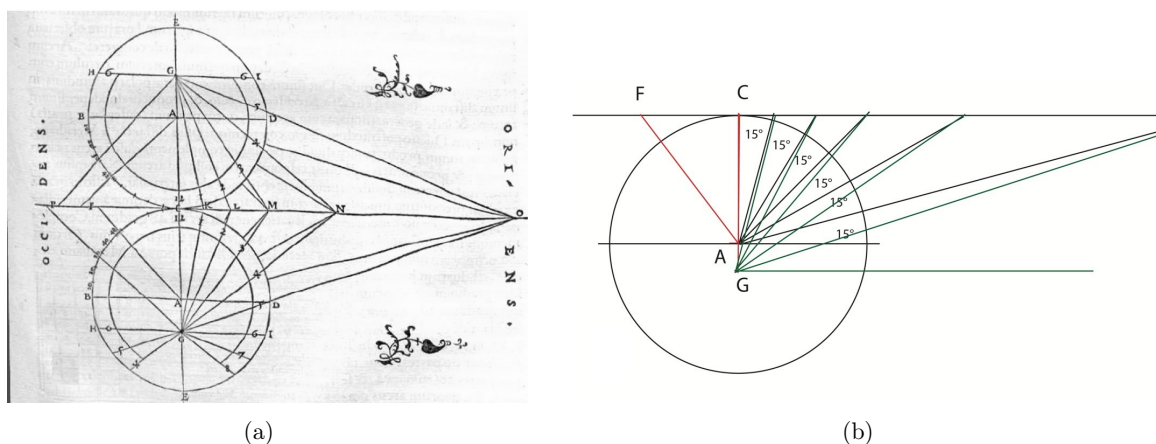


FIGURE 9 – (a) La seconde méthode de Fine pour tracer un cadran horizontal et vertical et (b) les différentes étapes de la construction pour le cadran horizontal. Cette méthode est strictement équivalente à celle de Nunes (1546)!

On remarque que cette procédure est strictement la même que celle de Nunes. La nuance est que les deux cercles (équinoxial et du cadran) sont ici superposés. Qu'en dit Nunes? Rien! Justement car il a arrêté son analyse à la fin de la proposition 3 ce qui lui permet le jugement mentionné plus haut... à mon avis, on peut sérieusement se poser des questions sur son objectivité; ce questionnement apparaît déjà, mais pour d'autres raisons, dans l'analyse de Leitão (2009).

On peut aussi se demander pourquoi Fine n'a pas présenté directement cette méthode qui est nettement plus simple et plus élégante que celle de ses propositions 1 à 3.

Livre I; Proposition 5

Fine tient ici sa promesse de nous donner une méthode mathématique pour définir les lignes horaires. Il s'agit donc d'une méthode trigonométrique. Cette trigonométrie est très éloignée des standards qui sont les nôtres, avec notamment des résultats en fractions sexagésimales (au lieu de l'actuelle valeur décimale inférieure à 1). La figure 10, illustre l'exemple donné par Fine pour illustrer sa méthode : c'est le calcul de la ligne de 10 h (ou 14 h) sur un cadran horizontal à 48° N. de latitude. On remarquera la présentation en tableau qui constitue un progrès pédagogique majeur par rapport aux textes mathématiques de cette époque (mais on est encore loin de la présentation en équation).

Formula calculi arcus Horizontalis.	Arcus.		Sinus recti.	
	Gra.	Min.	pres	mi. / sc.
Altitudo poli arctici data.	48	0		
Complementum eiusdem altitudinis.	42	0	40	8 52
Distancia à Meridiano.	30	0	30	0 0
Arcus primò repertus.	19	33	20	4 26
Complementum distantie à Meridiano.	60	0	51	37 41
Complementum arcus inuenti.	70	27	56	32 27
Arcus productus	66	47	55	8 25
Arcus Horizontalis desideratus.	23	13		

- 1) Prenez la latitude 48° de 90° = 42°.
- 2) Le sinus de 42° est 40 8' 52" (A).
- 3) La ligne de 2 heures est à 30° du méridien.
- 4) Le sinus de 30° est à 30 0' 0" (B).
- 5) Multipliez (A) par (B) et divisez le résultat par 60 = 20 4' 26".
- 6) 20 4' 26" = 19° 33' (C).
- 7) Prenez 30° à partir de 90° = 60°.
- 8) Le sinus de 60° est 51 57' 41" (D).
- 9) Prendre 19° 33' (C) à partir de 90° = 70° 27'.
- 10) Le sinus de 70° 27' est 56 32' 27" (E).
- 11) Multipliez (D) par 60 et divisez-le par (E) = 55 8' 25".
- 12) 55 8' 25" = 66° 47'.
- 13) Prenez 66° 47' de 90° pour obtenir 23° 13' : l'angle de la ligne de 2 heures dans le cercle horizontal requis !

FIGURE 10 – Exemple numérique, choisi par Fine, pour illustrer le calcul du cadran horizontal et traduction, avec les conventions actuelles d'après Drinkwater (1990).

Fine complète cette proposition avec le tableau de lignes horaires pré-calculées pour toutes les latitudes (en degrés entiers) de 35 à 55 (cadran solaire horizontal (colonne 1) et cadran vertical orienté vers le sud (colonne 2)). Ce tableau, dont la figure 11 page suivante propose une retranscription avec un calcul d'erreur (en minute d'angle) par rapport au calcul actuel. On constate que le résultat est excellent. La méthode numérique de Fine, et les tables trigonométriques qu'il a utilisées, sont remarquablement précises. On notera que la seule coquille de ce tableau (5 h/7 h, 38° N.) est recopiée dans la version de 1560 (!).

Livre I; Proposition 6

Dans cette proposition, Fine indique comment transformer le tableau précédent en un abaque auquel il donne la forme d'un quadrant.

Livre I; Proposition 7

Son titre est :

Des cadrans solaires, horizontaux et verticaux, qui sont conçus pour être transportés par les voyageurs, tout en étant adaptés au climat particulier dans lequel ils se trouvent, quelle que soit l'altitude du pôle Nord à cet endroit.

Il ne s'agit pas de proposer un cadran véritablement universel, mais plutôt des cadrans composites, avec plusieurs échelles horaires dépendantes de la latitude (climat dans le langage de l'époque). Fine illustre :

- un cadran horizontal (fig. 12(a) page ci-contre), avec, et c'est implicite, un style unique à inclinaison réglable, ce qui évoque les cadrans Butterfield du XVIII^e siècle.

Cadran Horizontal	Cadran Vertical Sud	11h-13h		erreur (min.)	10h-14h		erreur (min.)	9h-15h		erreur (min.)	8h-16h		erreur (min.)	7h-17h		erreur (min.)	6h-18h		erreur (min.)
Latitude (°)	Latitude (°)	degr.	min.		degr.	min.		degr.	min.		degr.	min.		degr.	min.		degr.	min.	
35	55	8	43	1	18	18	1	29	49	1	44	49	0	64	58	0	90	0	0
36	54	8	57	0	18	46	-1	30	26	1	45	30	1	65	29	1	90	0	0
37	53	9	10	0	19	9	1	31	2	0	46	11	0	66	0	0	90	0	0
38	52	9	22	0	19	34	0	31	37	0	46	50	0	69	29	-180	90	0	0
39	51	9	33	1	19	58	0	32	11	0	47	28	0	66	55	1	90	0	0
40	50	9	45	1	20	21	1	32	44	0	48	4	0	67	21	1	90	0	0
41	49	9	57	1	20	44	1	33	16	0	48	39	0	67	47	0	90	0	0
42	48	10	10	0	21	7	0	33	46	1	49	12	1	68	11	0	90	0	0
43	47	10	22	-1	21	29	1	34	18	0	49	44	1	68	33	0	90	0	0
44	46	10	32	1	21	51	0	34	47	0	50	16	0	68	54	0	90	0	0
45	45	10	43	1	22	12	0	35	17	-1	50	46	0	69	15	0	90	0	0
46	44	10	54	1	22	33	0	35	44	0	51	15	0	69	35	-1	90	0	0
47	43	11	5	0	22	53	1	36	11	0	51	42	1	69	53	0	90	0	0
48	42	11	17	-1	23	13	0	36	37	0	52	9	0	70	11	-1	90	0	0
49	41	11	25	1	23	33	0	37	3	0	52	35	0	70	28	-1	90	0	0
50	40	11	35	1	23	52	0	37	28	-1	53	0	0	70	43	0	90	0	0
51	39	11	45	1	24	9	1	37	52	-1	53	24	-1	70	59	0	90	0	0
52	38	11	55	0	24	27	1	38	15	-1	53	46	0	71	13	0	90	0	0
53	37	12	5	0	24	43	2	38	37	0	54	8	0	71	28	-1	90	0	0
54	36	12	13	1	25	2	0	38	58	0	54	29	0	71	41	-1	90	0	0
55	35	12	22	1	25	18	1	39	19	0	54	49	0	71	54	-1	90	0	0

FIGURE 11 – En noir : retranscription du tableau de Fine des valeurs des angles des lignes horaires pour un cadran vertical et un horizontal construits à des latitudes variant de 35° N 58° N. En rouge, et à droite de chaque valeur, l’erreur commise par rapport à une valeur « moderne ». La seule coquille est entourée en rouge, la bonne valeur est 66° 29’.

- un cadran vertical Sud (fig. 12(b)), mais qui lui possèdent curieusement plusieurs styles (et qui de ce fait devait être illisible, l’ombre utile étant perdue parmi les autres).
- un cadran vertical Nord, c’est le seul mentionné dans tout son ouvrage.

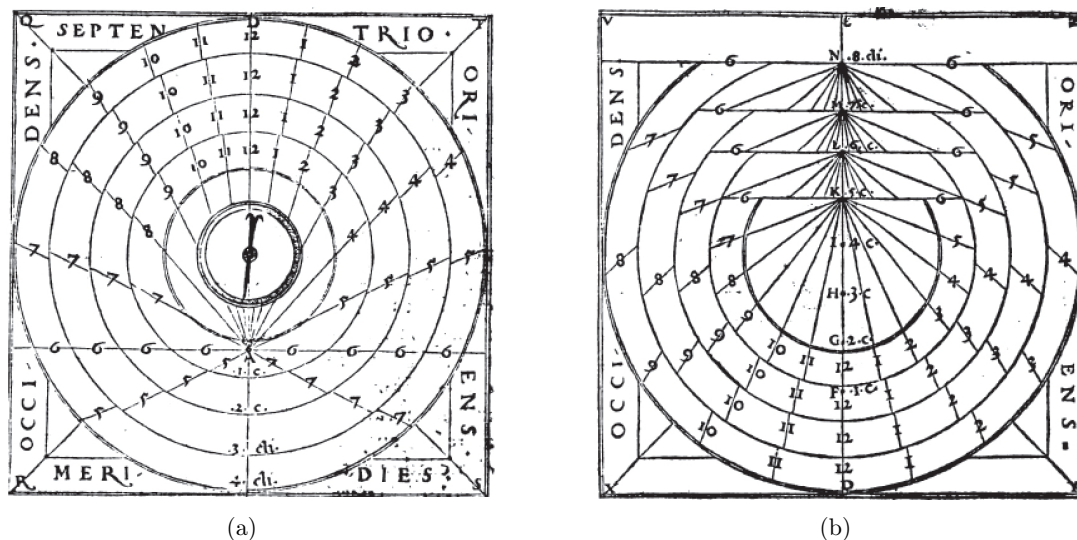


FIGURE 12 – Les cadrans horizontaux (a) et verticaux (b) transportables de Fine.

Livre I ; Proposition 8

Après ces considérations opérationnelles (Fine nous a donné le moyen de construire un cadran) il va s’attaquer à la théorie en discutant des cadrans solaires (théoriques) localisés

à l'équateur et au pôle Nord. La discussion va être menée en commentaire de deux blocs gnomoniques ajustés à ces latitudes extrêmes (fig. 3(a) page 85 et fig. 13(a)). Les vues perspectives de ces blocs sont un peu ratées dans le *Protomatheus*, mais mieux réussies dans le *De solaribus horologiis, & quadrantibus* (fig. 13(a) et 13(b)). En plus de cette amélioration, on note des compléments scientifiques comme les lignes horaires de 12 h sur le cadran plein est et plein ouest de la figure 3(b) page 85.

Le bloc prévu pour l'équateur (fig. 3(a) page 85) comprend, en haut, un cadran équatorial avec le style dans l'axe des pôles (horizontal) un cadran vertical plein nord qui est aussi équatorial (il y en a sans doute un présent sur l'autre face de l'équatorial, de l'autre côté du bloc), un cadran vertical plein est et un plein ouest sur les côtés et enfin un cadran dont le tracé est polaire, mais qui est manifestement très mal dessiné. La figure 14 page ci-contre est une proposition de tracé correct. On remarquera que le porte-ombre de ce cadran est qualifié de *stylus* et non de *axis*, comme ceux des cadrans équatoriaux. Cette distinction, très justifiée sur le plan gnomonique, va se retrouver de façon systématique dans la suite.

Le bloc prévu pour la région polaire (fig. 13(a)) comprend un cadran polaire et un équatorial, mais ici, le dessin est correct et ces deux cadrans sont bien perpendiculaires. Manifestement l'erreur précédente résulte plutôt d'un problème de perspective que d'un problème gnomonique.

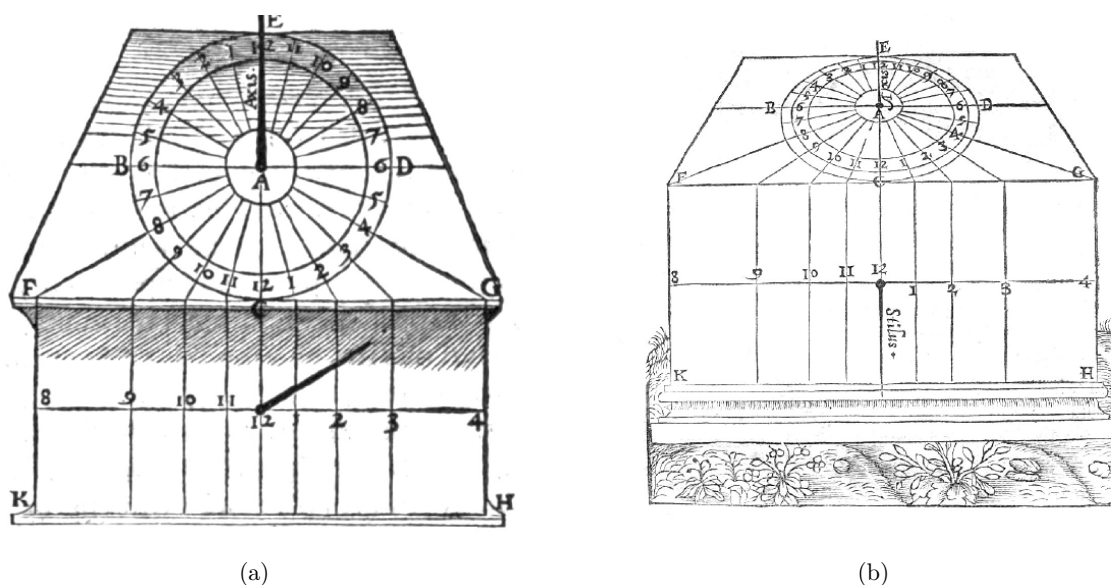


FIGURE 13 – Bloc gnomonique pour le pôle Nord (illustration de 1532 (a) et 1560 (b)).

Puis suivent des explications un peu alambiquées visant à expliquer comment transférer les cadrans précédents sous d'autres latitudes (Drinkwate, (1990, p. 14) dit à ce sujet que cette construction (...) illustre la capacité de l'esprit médiéval à rendre compliqué ce qui est simple !

On remarquera que la longueur du *stylus* est déterminée par la construction. Il aurait donc été possible de tracer des arcs de déclinaison... ce que Fine ne fait jamais, contrairement à Münster (1531) aux pages 91, 107 et 144 pour respectivement les cadrans verticaux, horizontaux et polaires.

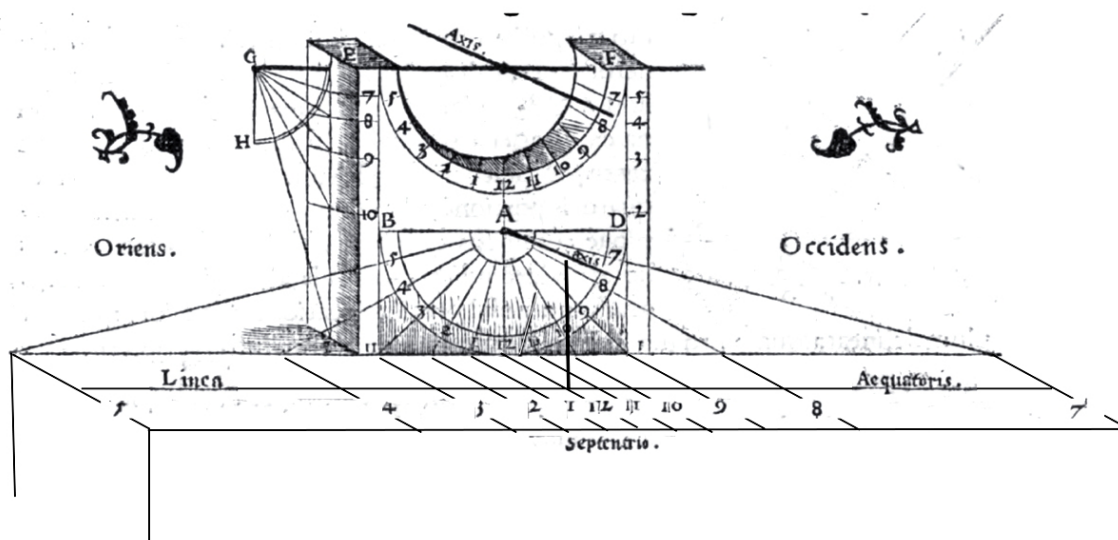


FIGURE 14 – Proposition de correction du bloc gnomonique pour l'équateur (voir fig. 3 page 85) : le cadran polaire doit être horizontal.

Livre I ; Proposition 9

Il s'agit ici de décrire deux cadrans équatoriaux portables. Les dessins (fig. 15 page suivante) souffrent encore d'une perspective défectueuse dans la version de 1532, c'est beaucoup mieux dans celle de 1560. Le premier cadran apparaît comme le prototype de nombreux cadrans que l'on rencontrera pendant tout le XVII^e et XVIII^e siècle. Le second est plus intéressant ; l'échelle de latitude est inversée et c'est le style qui permet de régler l'inclinaison. De plus, on peut provoquer un basculement de 180° de la platine autour de l'axe horizontal de l'étrier. L'échelle horaire de l'hiver se retrouve alors au-dessus, en position été. On obtient ainsi un cadran pour l'hémisphère Sud. Ce cadran est donc vraiment universel (*universum orbe* comme dit Fine en latin). Cette fonction rappelle qu'à l'époque, nous étions en pleine période des *grandes découvertes*, ce genre de préoccupation est révélatrice de l'état d'esprit de l'époque.

Ces deux cadrans portables étaient bien sûr équipés de boussoles. Sur les quatre dessins de la main de Fine dont on dispose (deux pour l'édition de 1532, deux pour celle de 1560), trois ont l'aiguille représentée dans l'axe Nord-Sud. Si on ajoute à cela le fait que Fine ne nous parle jamais de déclinaison magnétique, qui était pourtant d'environ 10° à Paris à l'époque, on doit supposer que Fine ignorait cette particularité. Rappelons que le phénomène était connu, au moins depuis le milieu du siècle précédent et que dès 1451, Georg Peurbach avait réalisé un cadran solaire portatif à boussole qui tenait compte de ce phénomène (voir Mercier, 2015).

Livre I ; Proposition 10

Fine explique ici comment construire un cadran polaire pour une latitude quelconque. Plutôt qu'un dessin en perspective, il nous donne ici un développement du prisme. Curieusement il affirme que le cercle équinoxial utilisé pour la construction des lignes horaires doit avoir le même diamètre que son équivalent dans la proposition 1 ; ce qui est faux et inutile.

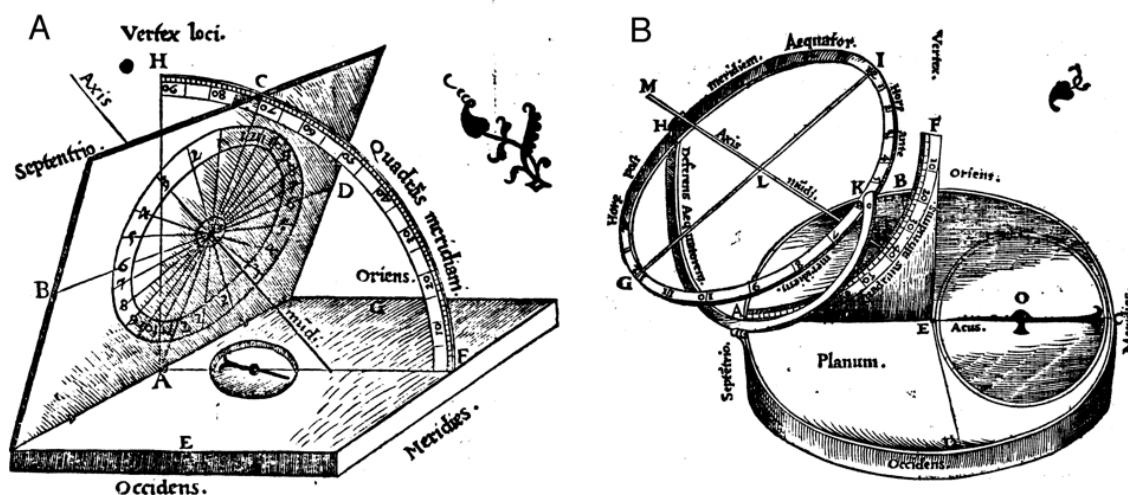


FIGURE 15 – Les deux cadrans équatoriaux portables, il s’agit d’instrument véritablement universels, notamment le second facilement utilisable dans l’hémisphère Sud.

Livre I; Proposition 11

Il s’agit ici d’une nouvelle rédaction de la fin, particulièrement obscure, de sa proposition 8. Les choses sont ici plus claires. Le but est de montrer qu’un cadran incliné plein sud, ou plein nord, est équivalent à un cadran horizontal d’une autre latitude.

Livre I; Proposition 12

On aborde ici le dessin des cadrans verticaux plein est et plein ouest. La méthode est proche de celle que l’on considèrerait maintenant comme classique, mais Fine y ajoute deux complications qu’il faut signaler. Voyons le cadran oriental (fig. 16). Après avoir tracé un cercle et des diamètres correspondants à l’horizon du lieu (à l’horizontal), et à la verticale, on trace la latitude et l’inclinaison de l’écliptique mesurée respectivement à partir l’horizon et de la verticale (en noir). Puis on place un cercle équinoxial du diamètre déterminé à la proposition 1, ce qui permet de tracer une tangente perpendiculaire à la latitude (en rouge). Puis on construit

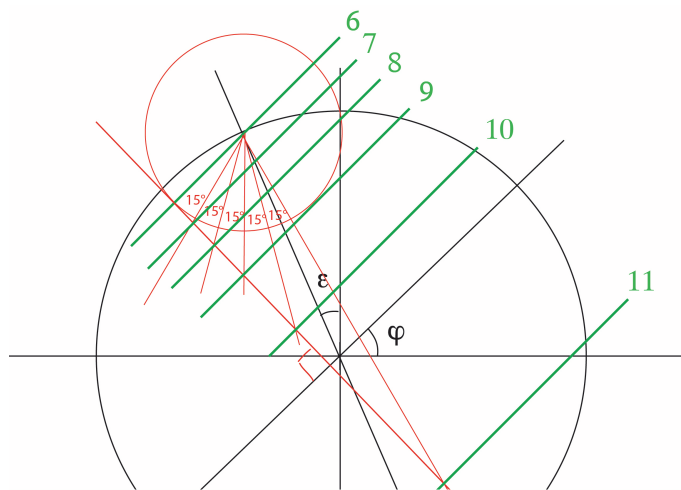


FIGURE 16 – Construction proposée pour réaliser un cadran vertical plein est (voir texte).

les lignes horaires, d’abord de 6 à 11 (12 h serait à l’infini), puis par symétrie les heures d’avant 6 h selon l’heure du lever du Soleil au Solstice d’été (en vert).

Clairement deux anomalies, qui ne remettent pas en cause la justesse du tracé, apparaissent :

- l'utilisation de l'inclinaison de l'écliptique est inutile, le cercle équinoxial peut être placé n'importe où.
- de même, il n'y a aucune raison de fixer le diamètre de ce cercle équinoxial. La seule chose importante c'est que sa tangente soit perpendiculaire à la latitude.

Enfin, et encore une fois, il n'est pas question d'arcs de déclinaison, alors que le fait que la longueur du *stylus* perpendiculaire soit connu (rayon du cercle équinoxial) permettrait leur tracé.

Livre I; Proposition 13

Le titre est :

Comment faire un cadran solaire sur un plan qui se trouve à angle droit de l'horizon, mais qui coupe le méridien à un autre angle qu'un angle droit, à n'importe quelle latitude choisie.

Il s'agit donc de tracer un cadran vertical déclinant. La méthode proposée pour un déclinant oriental est la suivante (fig. 17) (la figure originale est reproduite en fig. 5(a) page 87) ; la solution est symétrique pour le cadran occidental.

Après avoir tracé sur le mur une horizontale et une verticale qui aura valeur de ligne méridienne, on matérialise sur le quadrant, en bas à gauche, la latitude (compté à partir de l'horizontale) et la déclinaison du mur (compté à partir du méridien). Notons que Fine parle d'inclinaison (*inclinacionis angulus*), mais c'est bien de la déclinaison qu'il s'agit. De là, on localise F et G. Puis on trace H tel que $AG = AH$; ce qui permet de localiser K et I. Puis on trace B tel que $BA = GF$. La suite de la procédure est représentée en rouge sur la figure 17. On trace BK, et la grande ligne oblique qui est perpendiculaire à BK, le point O est l'intersection de cette ligne avec le méridien. Puis on localise L tel que $KL = AI$. Le triangle BLK est le triangle gnomonique. On trace KM perpendiculaire à BL et on localise le point N, centre du cercle équinoxial, tel que $KN = KM$. La suite est dessinée en couleur verte. Les axes principaux de ce cercle sont OR, qui passe par N; et QS perpendiculaire, cela permet de définir 4 quartiers qui sont divisés en 6 secteurs de 15° . Les limites de ces secteurs (un seul est dessiner ici pour ne pas encombrer la figure) sont prolongées jusqu'à la grande ligne oblique OKL. Les points d'intersection sont joints au centre B du cadran pour constituer les lignes horaires (seules les lignes 6 et 7 heures sont dessinées ici).

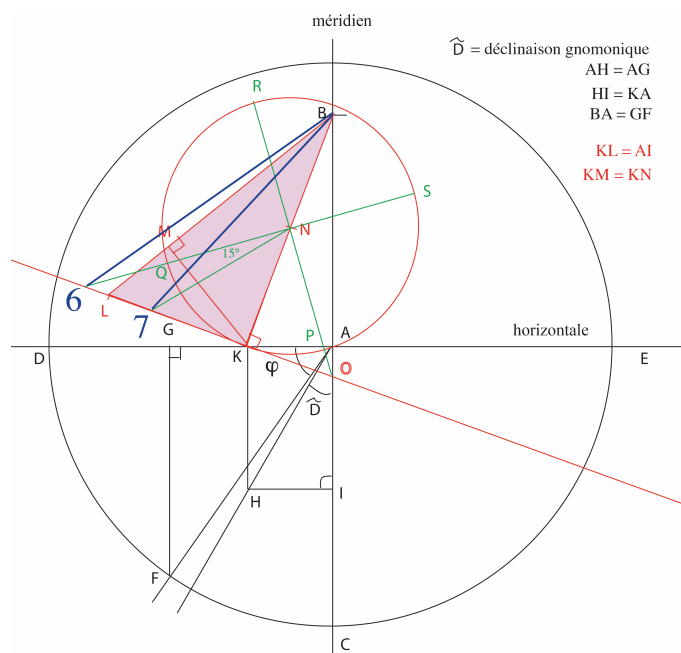


FIGURE 17 – Les étapes de la construction d'un cadran vertical déclinant plein est. Pour la clarté du dessin, seules les lignes horaires 6 et 7 sont dessinées ici (voir texte).

Fine nous dit que le cadran final doit avoir comme rayon la distance LO (Drinkwater, 1990), cela n'a évidemment pas de sens. Ce n'est pas la première fois, cela a déjà été signalé, qu'il

contraint la solution finale sans justification scientifique, sans doute souhaite-t-il accompagner son lecteur jusqu'au bout de la réalisation.

La méthode graphique qui précède n'est pas justifiée, elle semble déjà présente dans Münster (1531, p. 60) mais beaucoup moins détaillée. Le même Münster a repris, en 1533 p. 93, les explications et la figure de Fine (y compris les petites fleurs de décoration et les lettres de la construction géométrique; fig. 5(b) page 87), il faut croire qu'il les a jugés plus satisfaisantes.

Livre I; Proposition 14

Nouvelle preuve des préoccupations pratiques de Fine, il indique ici comment construire un instrument, enfilé sur le style correctement implanté dans un mur selon l'axe du Monde, qui permettra, par projection, de tracer sur le mur les lignes horaires. Cet instrument est évidemment un cadran équatorial. Notons que, pour une fois, le dessin de la version de 1532 est plus réussi que celui de 1560.

Livre I; Proposition 15

Il s'agit ici de réaliser un scaphé, c'est-à-dire un cadran tracé dans une demi-sphère creusée, avec un porte-ombre situé au centre de la sphère. Ce genre de cadran est typique des civilisations gréco-romaines. On est presque surpris de trouver cette référence dans un livre du XVI^e siècle européen.

Le dessin de Fine évoque une projection d'Oughtred (fig. 18). C'est une illusion; ce dessin n'est pas une projection mais une construction en plan de ce qu'il faut faire dans le demi-sphère. Cela ne correspond en aucun cas à une projection de la sphère... mais ce n'est pas ce que cherche à faire Fine. On remarque que, pour la première fois dans ce livre, quelques arcs de déclinaison sont indiqués (Equinoxes et Solstices, nommés équateur et tropiques) et que sont mentionnés à la fois les heures *égales* et les heures *inégales*. Fine nous dit de tracer d'abord, dans la demi sphère, les arcs de déclinaison à l'aide d'un gabarit passant par le centre et correctement incliné (l'équateur selon la latitude du lieu et les deux tropiques à plus et à moins la *maxima solis declinatione* = déclinaison solaire maximale). Puis on divise chacune de ces lignes en segments représentant les heures du jour clair (entre le lever et le coucher du Soleil). Ce chiffre est systématiquement de 6 pour les heures inégales, et dépend des heures de lever et coucher du Soleil pour les heures égales. Puis, il suffit de construire les lignes horaires pour chaque type d'heure.

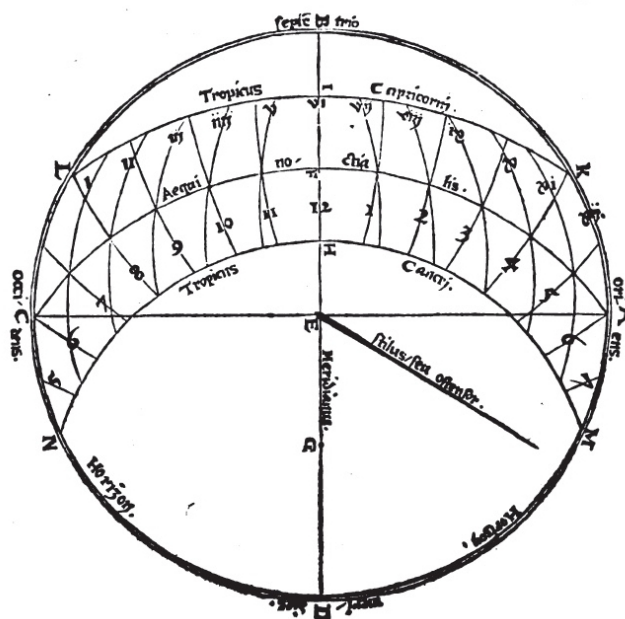


FIGURE 18 – Représentation d'un cadran hémisphérique en heure égales et antiques (inégales). Il s'agit de la transposition directe, à plat, de ce que Fine indique pour réaliser le cadran; ce n'est donc pas une projection rigoureuse.

Ce type de cadran est également décrit par Münster (1531 p. 175). Il semble qu'au début du XVI^e siècle, les cadrans de l'antiquité étaient déjà connus et compris. Jérôme Bonnin¹² m'a, par exemple, indiqué une inscription épigraphique antique relevée par Cyriaque d'Ancône (1392 ?–1452) :

Hodios, fils de Aison, m'a installé ici, moi qui suis divisé par 15 lignes. Il a dessiné ce cadran solaire afin d'honorer Hélios

puis,

L'ombre du gnomon, lorsqu'elle atteint les lignes, indique les heures du jour et les saisons de l'année. La première est celle du solstice d'été, la médiane est celle des équinoxes, la dernière est celle du solstice d'hiver.

On ne peut être plus clair ! Il est donc probable que ce chapitre de Fine soit une allusion directe, mais non explicite, aux cadrans antiques. Dans les siècles suivants ce genre de description restera exceptionnelle dans la littérature gnomonique, ce genre de cadran ne sera plus à la mode.

Livre I ; Proposition 16

Après le cadran semi-sphérique concave, Fine nous propose un cadran convexe construit selon le même principe. Le porte-ombre de longueur quelconque, est cette fois-ci positionné au pôle. Comme le fait remarquer Drinkwater (1990), la pointe cette ombre est incapable de suivre un arc de déclinaison pendant la journée ; seul son azimut est utilisable. En fait, pour être réellement opérationnel, ce genre de cadran demanderait le dessin d'au moins 1 arc de déclinaison par mois (et non par trimestre comme Fine l'indique).

Livre I ; Proposition 17

Comment, à partir de tout ce qu'on vous a enseigné jusqu'à présent, vous pouvez construire un cadran solaire ornemental à multiples facettes pour votre propre latitude.

Il s'agit d'une présentation du bloc gnomonique de la figure 19 page suivante. On note de haut en bas : un cadran hémisphérique convexe, un c. polaire ; un c. vertical plein sud, un c. équatorial, un c. horizontal. Sur la face visible, apparaît un c. vertical plein est (Fine a évidemment prévu le symétrique sur la face cachée, mais apparemment pas de c. vertical plein nord sur la dernière face). On note l'absence de cadran incliné Nord ou Sud (proposition 11), et surtout l'existence d'arcs de déclinaison sur le cadran horizontal dont il ne nous a jamais indiqué la méthode de tracé.

Livre I ; Proposition 18

Fine y décrit la fabrication et l'usage d'un nocturlabe réglé sur l'étoile β UMi. Il illustre la position de cette étoile sur une représentation de la constellation . . . mais le dessin est en miroir par rapport à ce que l'on observe dans le ciel ! Il dit utiliser les données de Regiomontanus pour calculer que cette étoile passe, à minuit, sur la ligne méridienne sous la Polaire, quand le Soleil est au dernier degré de la Balance (soit, à l'époque vers le 13 Octobre Julien) (fig. 20 page suivante). C'est faux, il s'agit en fait du 15^e degré du Scorpion, soit vers le 27 octobre. Évidemment Nunes, s'en est rendu compte et consacre un chapitre à cette erreur. En réalité, il

12. Je remercie ici très sincèrement Jérôme Bonnin, pour sa disponibilité et pour ses précieux renseignements.

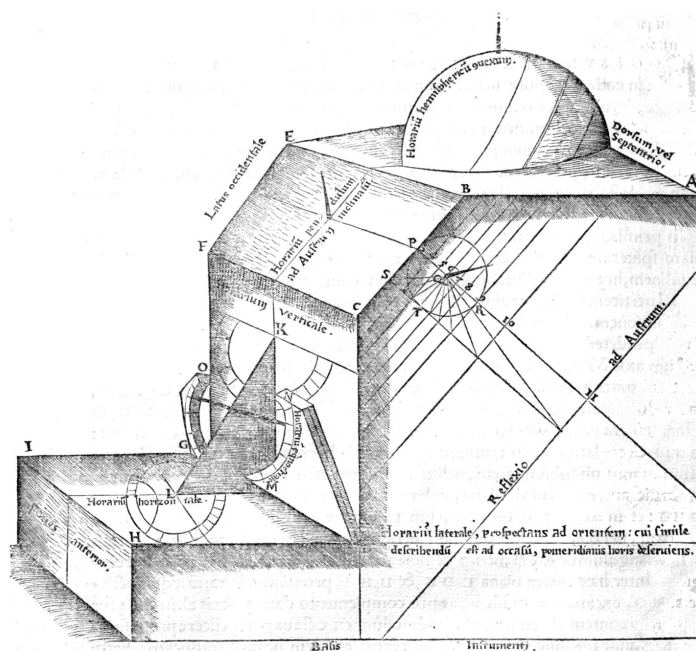


FIGURE 19 – Le bloc synthétique présentant de nombreux cadrans dont le mode de construction a été décrit précédemment par Fine.

signale juste l’erreur en quelques lignes puis consacre un long chapitre (chapitre 18, c’est-à-dire avant le chapitre sur les cadrans horizontaux et verticaux) à une longue démonstration de trigonométrie sphérique pour établir le bon résultat. Une fois encore on a le sentiment qu’il s’agit surtout de démontrer ses propres talents mathématiques.

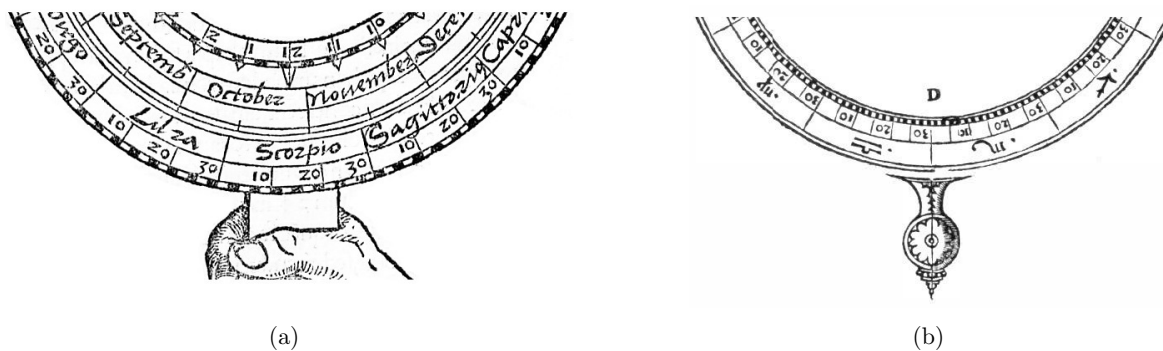


FIGURE 20 – Comparaison de la base du calendrier des nocturlabes de (a) Münster (1531) et (b) Fine (1532) permettant d’illustrer l’erreur de Fine.

Münster (1531) présente également le nocturlabe, mais sans erreur ce qui suggère encore une fois l’indépendance de Fine par rapport à cet auteur. Bullant (1561), que j’ai déjà évoqué, reprend le dessin erroné de Fine, mais avec, dans son texte : la bonne mention du 15^e degré du Scorpion. Quant à Drinkwater (1990), il semble attribuer le décalage entre le nocturlabe de Fine avec un nocturlabe moderne à la seule précession des équinoxes, alors que les 50 minutes de décalage dans le résultat provient surtout de l’erreur de Fine qu’il semble ne pas avoir détecté.

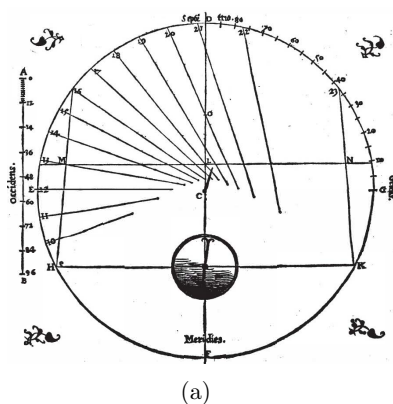
Livre I; Proposition 19

Il s'agit de décrire un cadran à la Lune. Fine reprend le premier des deux cadrans équatoriaux de la figure 15 page 96 et ajoute sur la face supérieure un cercle mobile avec deux graduations concentriques, un divisé en 29,5 jours pour régler l'âge de la Lune, et la seconde, divisée en 24 heures pour lire l'heure *solaire* indiquée par l'ombre du style éclairé par la Lune. Formellement, il faudrait que cet ajout soit également effectué sur l'autre face du cadran équatorial, mais Fine ne semble pas en parler.

Livre I; Proposition 20 (faussement indiquée 19) ¹³

Comment fabriquer des cadrans solaires, horizontaux et verticaux, qui comptent les heures soit à partir du coucher du soleil, soit à partir de l'aube.

Il s'agit de réaliser des cadrans qui utilisent les heures italiennes et les heures babyloniennes, c'est donc d'une bizarrerie du plan, avec un retour sur les cadrans solaires. Fine évoque une série de quatre problèmes plus ou moins équivalents dans leur type de solution. Voyons la construction d'un cadran horizontal italique. Après avoir implanté un gnomon vertical de longueur 12 unités et tracé la ligne méridienne, on calcule la longueur de l'ombre à Midi le jour de l'équinoxe (point L de la figure 21(a)). Cela permet d'implanter la ligne des équinoxes du cadran, perpendiculairement au méridien. Par ailleurs, Fine nous fournit (fig. 21(b)) un tableau (pour la latitude de 48° 40') ¹⁴ donnant la longueur de l'ombre (en unité équivalent au 1/12 du gnomon) au début du Cancer (solstice d'été) et au début du Bélier (Équinoxe de printemps) aux différentes heures de la journée. Comme à ces deux dates la journée dure



(a)

TABULA ARCVVM HORIZONTALIVM A VERTICALI
circulo, qualibet hora diei aestiu maximi, & æquinoctialis contingentium: ad latitudinem 48
graduum, & 40 min. uia cum respondentibus umbra supputata.

Anno me. Post meri.	Arcus ho- rizontalis, ⊙ in ♂.		Vmbra Recta, ⊙ in ♂.		Vmbra Verâ, ⊙ in ♄.		Arcus ho- rizonis. ⊙ in ♀.		Vmbra Recta, ⊙ in ♀.		Vmbra Verâ, ⊙ in ♀.		
	Gr.	Mi.	Par.	Mi.	Par.	Mi.	Gr.	Mi.	Par.	Mi.	Par.	Mi.	
12	90	0	5	38	25	31	90	0	13	28	10	32	
11	59	16	6	20			70	22	14	29			
10	36	3	8	16			52	27	17	13			
9	19	7	11	19			36	34	22	44			
8	5	30	15	51			23	25	34	19			
7	7	29	23	32			11	26	69	59			
6	16	2	38	16			0	0	infinita.				
5	26	48	82	5									
4	37	8	infinita.						Vmbra meridiana Sole in ♄.	37	18	4	0

(b)

FIGURE 21 – (a) Illustration du tracé du cadran horizontal à heures italiennes; voir texte. (b) Tableau des azimuts (à partir de C) et des longueurs d'ombre (en 1/12 de gnomon) aux différentes heures de la journée à l'Équinoxe et au Solstice d'été (voir texte).

respectivement 16 h et 12 h, (à la latitude choisie!), il est facile de calculer l'heure italique équivalente. Les coordonnées polaires permettent de tracer l'amorce des lignes italiques qui doivent être prolongées vers l'extérieur. . . mais de combien? Fine donne une indication précieuse

13. Comme d'ailleurs dans la version de 1560 qui suit à la lettre celle de 1532, erreurs typographiques comprises!

14. Et non 48° comme pour ses premières propositions, ni 48° 30' comme la latitude de Paris dans son Livre de Cosmographie inclus dans le même *Protomathesis* . . . en fait 48° 40' est, d'après sa proposition 7, le milieu du 7^e climat, ce qui lui permet de considérer que la durée du jour le plus long de l'année se compte en un nombre entier d'heures, 16 h 00 min, ce qui simplifie grandement les calculs, dans cette proposition, mais aussi dans de nombreuses autres qui vont suivre dans ce livre et les suivants.

pour déterminer l'ombre maximale du Soleil à Midi (au début du Capricorne), cela pourrait suffire, mais comme d'habitude, il apparait beaucoup plus dirigiste et tient à donner des indications complètes, mais pas forcément nécessaires.

5 Discussion et Conclusion provisoire

Je projette de compléter cette analyse par, à terme, l'étude des 3 derniers livres de la gnomonique du *Protomathesis*. Ces textes ne font pas l'objet de critiques de Nunes. Ce qui ne veut pas dire qu'ils ne contiennent pas d'erreurs, mais il est donc sans doute possible de présenter dès maintenant quelques conclusions provisoires :

- Fine fait preuve de beaucoup pédagogie, il essaye toujours d'accompagner le lecteur dans la réalisation des instruments qu'il présente, notamment les dessins qui représentent l'aboutissement de la construction, conservent souvent les lignes de tracé. Revers de la médaille, le lecteur de base avait sans doute du mal à faire la différence entre les injonctions de Fine relevant d'une vérité scientifique, et celles qui permettent juste de choisir une solution, parmi d'autres, pour avancer dans le tracé.
- conséquence de ce choix, les constructions géométriques ne sont pas ou peu justifiées.
- nous avons vu, tout au long de l'analyse que Fine ne semble jamais avoir plagié les auteurs précédents, son œuvre apparait comme très originale.
- inversement son ouvrage a beaucoup été copié (Münster, Bullant...).
- en dehors du tracé du *Nocturlabe*, les rares erreurs n'apparaissent pas comme des erreurs scientifiques. D'une manière générale le contenu scientifique est excellent... bien loin de l'image qu'en donne certains auteurs.
- la seule faiblesse scientifique notable me semble être le fait qu'il n'évoque pas la construction des arcs de déclinaison, alors qu'à l'époque, Münster (1531) développait cet aspect du tracé (p. 91, 107 et 144 pour respectivement les cadrans verticaux, horizontaux et polaire)¹⁵.

En ce qui concerne les erreurs ou approximations (sans suivre l'ordre de l'ouvrage) :

- l'inclinaison du cadran polaire de la figure 3(a) page 85 est fautive (*cf.* fig. 14 page 95), mais, nous l'avons vu, il s'agit probablement un problème de maîtrise des règles de la perspective et non un problème scientifique.
- la méthode avec construction auxiliaire des propositions 1 à 3 apparaît inutile dans la mesure où Fine propose une méthode plus simple à la proposition 4.
- d'autant que ces 3 premières propositions recèlent une erreur incompréhensible... qui ne peut être ni une erreur typographique, ni une erreur scientifique.
- reste donc l'erreur sur le tracé du *Nocturlabe* qui semble être la seule véritable erreur du Livre I.

Nunes attaque ces deux dernières erreurs, nous avons vu que cela était justifié pour le *Nocturlabe*, mais pour le reste, il utilise les propositions 1 à 3 du Livre I pour condamner l'ensemble des 4 livres

15. Nous verrons, dans un futur article sur le Livre II, que Fine maîtrisait parfaitement les outils théoriques et calculatoires pour tracer des arcs de déclinaison.

(... donc toutes les horloges qui sont faites selon les règles d'Oronce sont fausses. Il n'est pas opportun maintenant d'examiner ce que Oronce expose au sujet des (autres) horloges ...)

Il feint de ne pas se rendre compte que ce n'est pas une erreur scientifique et surtout que dès la proposition suivante on trouve la bonne méthode, celle que lui-même propose dans son livre ! Il est clair que, en ce qui concerne la gnomonique, Nunes n'est pas de bonne foi, Leitão (2009) a expliqué les motivations profondes et l'intérêt qu'avait Nunes de « descendre » Fine ; dans le domaine de la gnomonique il a manifestement été beaucoup trop loin ! Utiliser son analyse pour condamner la gnomonique de Fine, comme le fait Montucla (1799) ou d'autres, est une grave erreur.

À la vue du premier Livre, la gnomonique de Fine apparaît donc comme originale et globalement correcte. Il n'est donc pas surprenant que son œuvre ait ensuite été abondamment plaguée.

Références

- [1] Axworthy A. (2011) : *Le statut des mathématiques en France au XVI^e siècle : le cas d'Oronce Fine*. Thèse Université de Tours.
- [2] Axworthy A. (2020) : *Oronce Fine and Sacrobosco : From the Edition of the Tractatus de sphaera (1516) to the Cosmographia (1532)*. In : Valleriani M. (eds) *De sphaera of Johannes de Sacrobosco in the Early Modern Period*. Springer, Cham.
- [3] Carvalho J. & Leitão H. (2005) : *Pedros Nunes : Obras*; vol. III, *De erratis Orontii Finae. . .*, Fundação Caloste Gulbenkian. 409 p.
- [4] Delambre J.B. (1819) : *Histoire de l'astronomie du Moyen-âge*, Paris, Courcier, 764 p.
- [5] Drinkwater P.I. (1990) : *A first book of Solar Horology : Oronce Fine*, 32 p.
- [6] Drinkwater P.I. (1993a) : *Oronce Fine's Second book of Solar Horology*, 32 p.
- [7] Drinkwater P.I. (1993b) : *Oronce Fine's Third & Fourth books of Solar Horology*, 11 p.
- [8] Eagleton C. (2009) : « Oronce Fine's Sundials : The Sources and Influences of De Solaribus Horologiis », in Alexander Marr (éd.) *The Worlds of Oronce Fine*. Mathematics, Instruments and Print in Renaissance France , Donington : Shaun Tyas, p. 83–99.
- [9] Escallier E. (1957) : *Aspect d'Oronce Fine*, Ophrys ed., 19 p.
- [10] Goulding R. (2011) : Review : « The worlds of Oronce Fine... » by Alexander Marr. *Renaissance Quarterly*, 64, 222–224.
- [11] Hillard D. & Poulle E. (1971) : « Oronce Finé et l'horloge planétaire de la Bibliothèque Sainte-Geneviève », *Science et astrologie au XVI^e siècle*, Paris.
- [12] Hockey T. (2007) : *Biographical Encyclopedia of Astronomers*, Springer Science+Business Media, 1433 p.
- [13] Lalande J. (1803) : *Bibliographie astronomique ; avec l'histoire de l'astronomie depuis 1781* ; Imprimerie de la République.

- [14] Lamprey J. (2002) : *Hartmann's Practika*, 312 p.
- [15] Leitão H. (2009) : « Pedro Nuñez against Oronce Fine : Content and Context of a Refutation », in Alexander Marr (éd.), *The Worlds of Oronce Fine. Mathematics, Instruments and Print in Renaissance France*, Donington, Shaun Tyas, p. 156–171.
- [16] Marr A. (2009) : Introduction, in *The Worlds of Oronce Fine. Mathematics, Instruments and Print in Renaissance France*, Donington, Shaun Tyas, 2009, p. 1–12.
- [17] Mercier E. (2015) : *Cadrans portatifs et déclinaison magnétique (XVI–XVIII^e siècles)*. Cadran Info n° 32, p. 61–76.
- [18] Montucla J.E. (1799) : Supplément au quatrième livre contenant l'histoire de la gnomonique. . . , in *Histoire des mathématiques*, tome 1, nouvelle édition, 772 p.
- [19] North J. (2004) : *The Ambassador's Secret, Holbein and the world of the Renaissance*; Phoenix edt, 462 p.
- [20] Pattenden Ph. (1979) : *Sundials at an Oxford College*, Roman Books, 100 p.

En dehors des livres de gnomonique signés par Fine, et inventoriés dans le texte, voici les références des livres anciens cités (par ordre chronologique) :

- [21] Fine O. éditeur (1515) : *Theoricarum novarum Textus Georgii Purbachii cum utili ac preclarissima expositione domini Francisci Capuani de Manfredonia. Item in eadem reverendi patris fratris Sylvestri de Prierio per familiaris commentatio. Insuper Jacobi Fabri Stapulen. astronomicum. Omnia nuper summa diligentia emendata cum figuris accommodatissimis longe castigatius insculptis quam prius suis in locis adjectis*. Paris : Regnault Chaudière : Michel Lesclancher : Jean Petit.
- [22] Fine O. éditeur (1516) : *Mundialis sphere opusculum Joannis de sacro busto : nuper vigilantissime emendatum una cum figuris accommodatissimis : cumque marginariis annotatiunculis recenter adjectis*. Paris : Regnault Chaudière, Vincent Quignon.
- [23] Dürer A. (1525) *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt, in Linien, Ebenen unnd gantzen corporen*, Nürnberg.
- [24] Münster S. (1531) *Compositio horologiorum, in plano, muro, truncis, anulo, con concavo, cylindro & variis quadrantibus, cum signorum zodiaci & diversarum horarum inscriptionibus*. Bâle, H. Petri.
- [25] Fine O. (1526) *Planetarum aequatorium, unico instrumento comprehensum omnium antehac excogitatoru[m], & intellectu & usu facillimum [. . .] ab Orontio Fineo, Delphinatate, nuper editum*. [Al colophon : Parisiis, in officina Nicolai Calceolarii, Anno [. . .]]
- [26] Fine O. (1532) : *Orontii Finei Delphinatis, liberalium disciplinarum professoris regii, Protomathesis : Opus varium, ac scitu non minus utile quam jucundum, nunc primum in lucem foeliciter emissum. Cujus index universalis, in versa pagina continetur*. Paris : Gérard Morrhy, Jean Pierre.

- [27] Münster S. (1533) : *Horologiographia, post priorem aeditionem per Sebast. Munsterum recognita, et plurimum aucta atque locupletata, adjectis multis novis descriptionibus et figuris.* In-n° 4 , pièces limin., 336 p., fig., pl., fig. Basileae : excudebat H. Petrus.
- [28] Nunes P. (1546) : *De erratis Orontii Finaei regii mathematicarum Lutetiae professoris, qui putavit inter duas datas lineas, binas medias proportionales sub continua proportione inuenisse, circulum quadrasse, cubum duplicasse, multangulum quodcunque rectilineum in circulo describendi, artem tradidisse, & longitudinis locorum differentias aliter quam per eclipses lunares, etiam dato quouis tempore manifestas fecisse, Petri Nonii Salaciensis liber vnus.* — Conimbricæ : ex officina Ioannis Barrerii, & Ioannis Aluari.
- [29] Bullant, J. (1561) : *Recueil d'horlogiographie, contenant la description, fabrication et usage des horloges solaires.* . . , Paris, Jean Bridier & Vincent Sertenas.
- [30] Vinet É. (1564) : *La Manière de fere les solaires, que communément on appelle quadrans (Poitiers).*
- [31] Borrel J. (1559) : *De quadratura circuli libri duo, ubi multorum quadraturae confutantur et ab omnium impugnatione defenditur Archimedes.* Rovillius (Lugduni).
- [32] Clavius C. (1581) : *Gnomonices libri octo, in quibus non solum horologiorum solarium, sed aliarum quoque rerum, quae ex gnomonis umbra cognosci possunt, descriptiones Geometricè demonstrantur.* Auctore Christophoro Clavio Bambergensi Societatis Iesu. Maiorum permissu. Romae apud Franciscum Zanettum.
- [33] Thevet A. (1584) : *Les vrais pourtraits et vies des hommes illustres grecz, latins et payens : recueilliz de leurs tableaux, livres, médalles antiques et modernes.* La Vesve Kervert et Guillaume Chaudière (A Paris) ; 2 tomes en 1 vol. ([23]-664-[35] p.)
- [34] Kircher A. (1646) : *Ars magna lucis et umbrae in decem libros digesta : Quibus admirandae lucis et umbrae in mundo, atque adeò universa natura, vires effectus [que] uti nova, ita varia novorum reconditorum [que] speciminum exhibitione, ad varios mortalium usus, panduntur.* Rome.

