

# IL COMPASSO GEOMETRICO E MILITARE

## Originalità , valore scientifico e utilizzazione economica dell'invenzione

Roberto Vergara Caffarelli

1. Originalità dell'invenzione
2. Valore scientifico del compasso
3. Utilizzazione economica

### 1. Originalità dell'invenzione.

La presentazione di questi brevi trattati<sup>1</sup>, tra cui vi sono i primi due dati alle stampe da Galileo, offre l'occasione per alcune considerazioni, che possono essere raggruppate da un punto di vista logico in tre sezioni: il primo passo da compiere è l'esame della *originalità dell'invenzione del compasso*; solo dopo è opportuno discutere del *valore scientifico dell'invenzione*; infine è interessante mettere in evidenza un altro aspetto che, essendo abbastanza complesso, siamo costretti a sintetizzare con l'indicazione generica della *utilizzazione economica*.

Seguendo l'ordine dato a questa introduzione, esamineremo prima di tutto il problema dell'originalità .

Il compasso fu assai importante per Galileo, e non ci si deve meravigliare per l'acre e puntigliosa protesta contro il plagio fatto da Baldassarre Capra con il suo *Usus et fabrica circini* che porterà alla soppressione di quasi tutte le copie di quel libro<sup>2</sup> e alla redazione della *Difesa*.

Dato che vi fu un'indagine ufficiale che si concluse con una sentenza a favore, è strano che debbano esistere dubbi sull'attribuzione del compasso geometrico a Galileo. In realtà la sentenza riguarda il libro plagiato, e solo indirettamente lo strumento. Inoltre, come capita spesso quando si studia la storia di un'invenzione, anche per il compasso vi sono molteplici attribuzioni, perché vi sono scritture precedenti e perché sono stati trovati antichi compassi, con scale graduate che sono presenti anche nel compasso di Galileo.

Quasi tutte le invenzioni galileiane sono state messe in discussione: così è stato per l'applicazione del pendolo all'orologio, così per il termoscopio e per il microscopio.

Esemplare è ciò che avvenne dopo le scoperte fatte con il cannocchiale: non a caso Galileo per questa invenzione fu paragonato a Cristoforo Colombo, un altro contestato scopritore<sup>3</sup>.

Una osservazione in proposito: se venisse provato che Galileo realizzò il compasso dopo che gli era pervenuta notizia della sua esistenza e del suo uso, non per questo le rivendicazioni e le difese che egli presentò dovrebbero essere giudicate insincere, perché sarebbero state coerenti con il significato che egli dava alla parola *invenzione*.

Ricordate infatti che cosa Galileo racconta circa *l'invenzione* del cannocchiale? Gli era giunta notizia che un certo fiammingo aveva

fabbricare un *occhiale* con il quale si potevano vedere come se fossero vicini gli oggetti lontani. Egli fu spinto a ricercarne le ragioni e a escogitare i mezzi per giungere all'*invenzione* di uno strumento siffatto: «*quod tandem in causa fuit, ut ad rationes inquirendas, necnon media excogitanda, per quae ad consimilis Organi*

*inventionem devenirem me totum converterem*<sup>4</sup> ». Anche per il cannocchiale parlò di invenzione.

Sentiamo come Galileo racconta, a distanza di sedici anni, le circostanze del plagio: Ma non voglio già più lungamente tacere il furto secondo<sup>5</sup>, che con troppa audacia mi ha voluto fare quell'istesso che già molti anni sono mi fece l'altro, d'appropriarsi l'invenzione del mio Compasso Geometrico, ancor ch'io molti anni innanzi l'avessi a gran numero di Signori mostrato e conferito, e finalmente fatto pubblico colle stampe: e siami per questa volta perdonato se, contro alla mia natura, contro al costume ed intenzion mia, forse troppo acerbamente mi risento ed esclamo colà dove per molti anni ho taciuto. Io parlo di Simon Mario Guntzehusano, che fu quello che già in Padova, dove allora io mi trovava, trasportò in lingua latina l'uso del detto mio Compasso, ed attribuendoselo lo fece ad un suo discepolo sotto suo nome stampare, e subito, forse per fuggir il castigo, se n'andò alla patria sua, lasciando il suo scolare, come si dice, nelle peste; contro il quale mi fu forza, in assenza di Simon Mario, proceder nella maniera ch'è manifesto nella *Difesa* ch'allora feci e publicai» .

Poiché la dedica del *Usus et fabrica circini* al Margravio di Ansbach-Brandenburg porta la data del 7 marzo 1607, mentre la dedica del *Compasso* a Cosimo è datata 10 luglio 1606, sappiamo che Baldassarre Capra ebbe al massimo otto mesi di tempo per portare a termine il plagio. Non si può escludere però l'esistenza di un precedente abbozzo di traduzione, fatta utilizzando una delle scritture manoscritte che Galileo distribuiva ai suoi studenti.

Galileo, fin dall'introduzione al *Compasso*<sup>6</sup>, aveva affrontato l'argomento "priorità" adducendo a motivo dell'edizione privata in 60 esemplari la necessità di assicurarsi, con la testimonianza delle stampe, la paternità dell'invenzione del compasso. Per conseguire tal fine fa stampare a proprie spese alcuni esemplari, per farne dono, insieme allo strumento, al giovane principe di Toscana, a cui è dedicato, e ad altri Signori<sup>7</sup>.

Nel memoriale del 9 aprile 1607, con il ricorso contro il Capra, indirizzato ai Riformatori dello Studio di Padova, a cui era affidato anche l'ufficio della censura in materia di stampa, Galileo conferma quanto già aveva scritto nel *Compasso*: essendogli «pervenuto qualche sentore che altri si sarebbe appropriata la mia invenzione, quando non vi havessi fatto provvedimento, mi risolsi fare stampare in Padova alcune copie [...] per tagliare la strada a quelli che volessero attribuirsi le mie fatiche<sup>8</sup> ».

Non è possibile precisare chi erano questi *altri*; ricordiamo solo che nella *Difesa* Galileo nomina il tedesco Giovanni Eutel Zugmesser come la persona che verso il 1603 era apparsa in Padova con uno strumento nel quale aveva trasportate alcune linee cavate dal mio, ed altre tralasciate, ed in luogo di quelle aggiuntevene alcune altre<sup>9</sup> ».

In quell'occasione i suoi emuli e il suo antico avversario, così dice forse alludendo al Capra e a Simon Mayr, vollero insinuare che egli avesse potuto copiare dallo straniero. Per togliersi di dosso queste malignità Galileo dovette arrivare ad un confronto in casa di Giacomo Alvisè Cornaro e, alla presenza di molti gentiluomini, finalmente riuscì a far intendere ai convenuti che era lo Zugmesser che aveva preso l'idea da lui. Lo Zugmesser divenne matematico dell'arcivescovo Ernesto, Elettore di Colonia e fu incontrato più volte nel 1610 da Martino Hasdale, che lo trovò assai ostile a Galileo

perché riteneva di essere stato gravemente offeso nel libro contro il Capra<sup>10</sup>.

L'Hasdale riportò a Galileo che il "Matematico di Colonia" aveva detto «che V.S., in presenza del S.r Cornaro, confessò che lo strumento di lui fosse migliore del suo», e inoltre che nello strumento di V.S. ci era un mancamento che non era nel suo<sup>11</sup>»..

Però queste affermazioni rimasero del tutto screditate perché, trovandosi a Colonia uno dei testimoni di Padova, Pompeo de' Conti da Pannichi<sup>12</sup>, e volendo l'Hasdale istituire un confronto davanti all'Elettore, lo Zugmesser sempre andò fuggendo la scrima di abboccarsi seco» .

E' opportuno approfondire questo primo episodio di contestazione dell'invenzione: infatti occorre sottolineare che lo Zugmesser, a parte alcune lamentele verbali, non reagì alle affermazioni di Galileo, che pur circolavano stampate, e neppure cercò di indicare altre origini allo strumento.

Galileo così aveva scritto di lui: cinque anni sono fu in Padova, e lasciò vedere uno strumento in gran parte cavato dal mio, nel partirsi di qua lasciò all'Illustre Sig. Michele Victor di Vustrou di Bransvich [...] alcuni pochi scritti attinenti alla fabbrica e ad alcuni usi del detto strumento, li quali scritti passorno poi dal detto Signore in mano di M. Gasparo Pignani, esquisitissimo fabricator di ogni sorte di strumento matematico e dell'istessa scienza non vulgarmente intendente; i quali scritti, avendone egli ad altri fatto copia, è necessario che siano venuti in mano del Capra. [...] In oltre non voglio tacere, come in questi scritti, oltre a mancarvi moltissime operazioni, vi manca ancora interamente la descrizione e gli usi delle linee, che io chiamo Aggiunte [...]; vi mancano interamente le Linee Poligrafiche, al modo che le pongo io, la Squadra da bombardieri usata al modo mio, la divisione per misurar le pendenze e la divisione del Quadrante per misurar con la vista: in oltre dal nominarmi che fa il detto Fiammingo più volte in questi brevissimi scritti si vede come egli aveva vedute le scritture mie, benché non ancora stampate, e, con migliore e più civil creanza di quella del Capra non aveva procurato di asconder questa verità<sup>13</sup>» .

Insomma è abbastanza evidente che il "Fiammingo" (come sempre viene chiamato da Galileo lo Zugmesser) aveva solo modificato o, in certi casi, cercato di completare lo strumento galileiano<sup>14</sup>.

Un commento a conclusione dell'argomento "Zugmesser": Galileo al Capra aveva potuto contestare soprattutto il plagio dello scritto, perché il suo avversario si era mantenuto abbastanza nel vago su chi avesse inventato lo strumento. Nell'introduzione, per esempio, il Capra afferma che, mentre altri disputano dell'invenzione e ne fanno copie ad alto prezzo, egli ha deciso di divulgare l'uso e la costruzione di esso per la pubblica utilità di tutti gli studiosi. E' vero che Galileo trova nel libro molte espressioni ambigue che possono convincere il lettore che il Capra pretende per sé l'invenzione dello strumento, ma in concreto nella discussione davanti ai Riformatori l'accusato, che non è in grado di esibire un solo esemplare del suo strumento, non osa neppure sostenere di averne mai costruito uno.

Nel caso dello Zugmesser invece lo strumento c'era e Galileo è costretto a contestarne l'invenzione e fa ciò senza nessuna esitazione.

Che Galileo fosse l'inventore del compasso lo credevano Paolo Sarpi, Gianfrancesco Sagredo, Giacomo Alvisè Cornaro e Giacomo Badouère, che rilasciarono dichiarazioni a suo favore, e certamente lo credevano anche quelli che Galileo avrebbe desiderato presenti a Venezia: a me non manchino infiniti testimoni, dalla deposizion dei quali io pienissimamente posso far constare alle SS.VV come l'opera della quale si tratta, non trovato moderno del Capra, ma è mia antica

invenzione, la quale io non ho usurpato da altri<sup>15</sup>» .

Per i testimoni si veda la lettera che il Cornaro scrive a Galileo il 21 aprile 1607: Io mo' dubito che pochi di questo Studio siano per venire costa : onde direi, che saria bene di procurare un altro simile congresso qua in Padova, con l'intervento de' Sig.ri Rettori della Città . Hieri parlai con il Pilan, il quale m'ha detto d'haver comperato il libro del Capra, et vedutolo diligentemente, trova ch'esso ha rubato da V.S., dal Magini, et da quel tale Tedesco, o Fiammingo, et che non vi è cosa di suo: onde non si può dir a bastanza della sfacciataggine di quel giovane prosuntuosissimo<sup>16</sup>» .

Non è il caso di riportare adesso tutte le vibranti affermazioni di paternità che possono essere facilmente trovate nella *Difesa*, ma per la sua rilevanza è bene qui mettere in evidenza un passo ove per la prima volta appare la possibilità dell'esistenza di autori precedenti: Ad alcuni [il Capra] va affermando quello, che egli ha stampato, esser opera del suo Maestro; ad altri predica, che questo Strumento è invenzione di Tico Brae, e per Padova comunemente va dicendo, che io ho presa questa invenzione da un libro per avanti stampato, e pubblicato in Germania in lingua Tedesca, il quale a confusion mia vuol far venire, e farlo vedere a tutti. [...] Verrà dunque il libro stampato in Alemagna, e per quanto intendo il Gromo ne sarà apportatore; ma bisognerà che il Capra sia di questo secondo miglior custode, che dell'altro, il quale già ebbe (che pur è forza, che egli altra volta l'abbia avuto, poiché fa, come in quello si contiene quanto io ho dato fuori per invenzion mia) per poterlo mostrare a chi non credesse alle sue semplici parole<sup>17</sup>» .

Nonostante l'ironia di Galileo che non crede all'esistenza del libro, il Capra in questo aveva ragione, perché uno con la data del 1604 era stato stampato da Levino Hulsio, un altro l'anno seguente da Filippo Horcher: da entrambi viene descritto, attribuendolo a Joost Burgi, un compasso di riduzione, che tuttavia è altra cosa che il compasso di Galileo.

A questo punto avendo fatto un primo nome, è necessario citare una serie di altri eventuali precursori o inventori: Nicolò Tartaglia con la sua squadra dei bombardieri, Fabrizio Mordente e il Commandino con i loro compassi, Guidobaldo del Monte, Michele Coignet<sup>18</sup>, e poi Thomas Hood e altri ancora.

Giovanbattista Venturi<sup>19</sup> dice che l'Hulsio stampò a Francoforte in tedesco diversi opuscoli intorno ad alcuni strumenti geometrici; dei quali il terzo pubblicato nel 1607, ma annunziato e citato già sino dal 1603, contiene un trattato del compasso di proporzione di Giusto Birgio macchinista dell'Imperatore. Questo è il compasso del Commandino a centro mobile colle faccie piate; una delle faccie porta 1.o la divisione in parti uguali della linea retta, 2.o della linea circolare. Nell'altra faccia sono 1.o *proportiones homologorum planorum augendo vel diminuendo*, cioè le linee *geometriche* del Galileo; 2.o *proportiones homologorum corporum augendo vel diminuendo* sono le *stereometriche*; 3.o il punto a cui è posto il centro, si ha dall'altra la periferia; 4.o i punti per trasformare i sei corpi regolari uno nell'altro, notati G,P,C,O,D,I, cioè *Globus, Piramis, Cubus, Octaedrum, Dodecaedrum, Icosaedrum*. Da ciò si vede che il Birgio non aveva già copiato il Galileo, ma partendo dal compasso del Commandino, ne avea fatto di testa sua diverse utili applicazioni, e tra queste alcune simili a quelle del Galileo. Nè già i principii dei due compassi sono molto diversi tra loro: Nella Figura V.o Tav 1.a EFGH rappresenta il compasso del Commandino e di Birgio; ABC esprime il Galileano. Ora dall'una banda EK:KF = EG:HF, e dall'altra AM:AB = MN:BC. Onde il fondamento geometrico del primo compasso è , si può dire, lo stesso con quello del secondo; se non che il principio del Galileano sembra più naturale e più semplice.

E convien pure che il compasso di proporzione con le sole due coppie

di linee aritmetiche, e dei seni fattevi incidere da Guidobaldo fosse venuto in qualche uso, giacchè un simile istromento così semplice vien ricordato da Speckle nella sua architettura militare; e Clavio dice essersene veduti a Roma nel 1604; ed Henrion racconta che gli ne fu mostrato uno nel 1614.

Sussiste sempre, che, tranne forse le due prime coppie di linee, le *aritmetiche* cioè e le *geometriche*, le altre cinque coppie furono applicate nel compasso di centro fisso, di proprio ingegno dal Galileo. Il quadrante da lui aggiuntovi veniva già comunemente impiegato nel secolo XVI, esso non è che una derivazione di quelli che si costumavano da lungo tempo innanzi. I geometri concordamente riconoscono che il compasso di Galileo va soggetto a meno aberrazioni, e riesce d'un uso più pronto e più esteso, che non quello di Birgio» .

Non ci siamo tuttavia assegnati come tema lo studio delle relazioni di dipendenza storica o logica tra i vari strumenti matematici o misuratori, analoghi al compasso, proposti o costruiti nella seconda metà del cinquecento. Il quesito che ci siamo proposti e a cui vorremmo rispondere, è se Galileo ebbe notizia di un precedente strumento, da cui abbia tratto ispirazione, o se l'invenzione è completamente originale.

Il Favaro, per esempio, non crede a una totale indipendenza: «Non è improbabile che Galileo, il quale fu tanto intimo del Marchese Guidobaldo del Monte<sup>20</sup>, e che verosimilmente lo visitò anche in Pesaro, abbia avuto notizia di tale strumento, e certamente di analoghi egli ne vide che lo guidarono alla invenzione del proprio<sup>21</sup>» .

E' necessario quindi discutere della possibilità che Guidobaldo abbia suggerito lo strumento a Galileo.

Esiste un numero sufficiente di documenti che sembrano escludere che Guidobaldo sia la prima fonte del compasso galileiano, o anche di una rudimentale versione di esso. Guidobaldo sapeva che Galileo aveva costruito il compasso perché suo figlio Orazio ne possedeva un esemplare<sup>22</sup>» . Qualcuno ha detto che Guidobaldo, da gran signore, non si preoccupò di rivendicare l'invenzione. Ma pensiamo a Galileo: non avrebbe dovuto sentirsi imbarazzato verso chi lo aveva tanto aiutato?

Invece non vi fu mai ombra alcuna tra loro e i legami tra Galileo e la famiglia del marchese rimasero strettissimi, anche dopo la morte di Guidobaldo. Il figlio Alessandro così gli scrive l'8 gennaio 1607: «Essendo che V.S. sia stato sempre di tanto affetto verso la persona del S.r Guid'Ubaldo mio padre, non posso restare, ancorchè con infinito mio dolore, avvisarla [...] che hieri l'altro, giorno dell'Epiphania, alle 20 hore et un quarto, se n'è passato da questa all'altra vita migliore [...] avendo lei perduto chi amava tanto V.S., si compiaccia compatire al dolore del caso successo e ricevere me con gl'altri miei fratelli, che in suo loco siamo succeduti, per suoi servitori d'affetti se non d'effetti, che pareggino i meriti di V.S. e lo amore con che l'osservava il sud.o Sig.r nostro padre<sup>23</sup>» .

Infine il 15 giugno 1610 Orazio del Monte scrive: Aspettamo qual cosa sopra l'istromento suo geometrico, perché nelli libretti V.S.Ecc.ma promette un giorno far vedere cose di più<sup>24</sup>» . Quindi Orazio aveva sia il rarissimo *Compasso*, sia la *Difesa*.

In questa lettera, a Galileo viene chiesto di cercare un buon stampatore a Padova, perché Orazio dal Monte vorrebbe pubblicare alcune opere del padre: tra queste un'opera che riguarda «la fabrica di alcuni istromenti ritrovati da lui, delle quali tutte cose vi sono le figure intagliate» .

E' difficile accettare che Orazio, che possedeva e apprezzava il

passo di Galileo, non sapesse se il padre molti anni prima ne aveva fatto costruire uno simile. E' ancora più difficile immaginare che, essendogli noto che la prima idea del compasso risaliva al padre, Orazio affidasse gli scritti sugli strumenti a chi aveva utilizzato per sé una idea che ebbe così grande successo, senza neppure riconoscere a Guidobaldo il dovuto merito.

Favaro, pur conoscendo tutto ciò, davanti alle contestazioni che sorgevano anche ai suoi tempi sulla priorità dell'invenzione, affermò: «a torto da taluni fu detto che Galileo è l'inventore del Compasso di Proporzione<sup>25</sup>», in quanto è lo stesso Galilei che riconosce che «prima del suo altri consimili strumenti erano stati costruiti e correvano per le mani degli studiosi».

A prova delle sue affermazioni il Favaro riporta una frase del *Compasso*, tratta dall'introduzione *Ai discreti lettori*: «Quello, che io abbia con questa mia opera conseguito, non lo dirò io ma lo lascerò giudicare a quelli, che da me sin qui l'hanno appresa, o per l'avvenire l'apprenderanno, e in particolare da chi avrà veduti gli strumenti degli altri in simili propositi ritrovati; benchè la più gran parte dell'invenzioni, e le maggiori, che nel mio strumento si contengono, da altri sin qui non sono state nè tentate, nè immaginate».

E' corretto dare a queste parole il significato che il Favaro volle attribuirgli? Se si interpreta questa dichiarazione come una ammissione dell'esistenza di altri compassi, essa diviene inconciliabile con quella, solenne e formale, che leggiamo nel memoriale ai Riformatori: «Onde, essendo io Galileo Galilei sopradetto, vero, legittimo et solo inventore, sì che altri non ve ne ha parte alcuna, dello strumento et di tutte le sue operazioni già da me publicate».

Sta di fatto che fino al 1607 nessuno a Padova aveva sentito parlare di altri strumenti simili al compasso oltre a quello portato dallo Zugmesser, così miseramente sgominato, tanto è che al Capra, nei contraddittori con Galileo, non riuscì di negare al suo avversario la paternità dello strumento.

Non è possibile sostenere la posizione del Favaro senza nello stesso tempo smentire Galileo, che dichiara davanti alle massime autorità accademiche: «sono già dieci anni, havendo dopo lunghi et assidui studii, ridotto a qualche perfezione un mio strumento matematico, di mia pura imaginazione escogitato, inventato et perfezionato, le utilità del quale et in numero et in qualità essendo grandi in tutte le parti della matematiche, tanto contemplative, quanto civili, militari et mecaniche stimai sin dal detto tempo potere a molti giovare col conferire con loro et li strumenti et il modo dell'usargli, dandone appresso in scrittura chiara et piena istruzione»<sup>26</sup>.

Si tratta anche di non smentire, se è possibile, tutti coloro che presero le parti di Galileo contro il Capra.

A quali strumenti dunque Galileo avrà fatto riferimento? Anche solo limitando l'esame ai cataloghi del Museo di Storia della Scienza di Firenze<sup>27</sup> troviamo alcuni esemplari che hanno una vaga rassomiglianza con il compasso, per la forma (regoli incernierati con scale incise) o per la funzione a cui sono destinati: gli strumenti costruiti da Baldassarre Lanci (tra questi lo strumento per la prospettiva o distanziometro, in cui vi sono inseriti due compassi graduati; un archimetro per triangolazioni; un compasso datato 1557); il compasso distanziometro di Antonio Bianchini datato 1564; il regolo topografico di Haumphrey Cole del 1575, con scale per calcolare superfici e volumi e con giunto che si può bloccare ad angolo retto per essere usato come clinometro.

Vi sono altre considerazioni che possono aiutare a far luce sulla questione della completa originalità dell'invenzione galileiana.

Prima di tutto la lenta evoluzione subita dallo strumento, che è

documentata in maniera oggettiva: il Mercuriale, per esempio, scrive a Galileo nel 1601 «torno a dirgli che in tutti i modi veda di finire quel suo strumento geometrico e militare<sup>28</sup>». Anche Giovanfrancesco Sagredo e Giacomo Badovere attestano i successivi miglioramenti apportati al compasso.

E' significativa l'enfasi data all'uso militare del compasso, utilizzato da Galileo per l'istruzione dei suoi studenti privati. Il *Compasso* termina con una dichiarazione in tal senso: «Ma, come da principio si è detto, la mia presente intenzione è stata di parlar con persone militari solamente, e di pochissime altre cose fuori di quelle che a simili professori appartengono, riservandomi in altra occasione a pubblicare, insieme con la fabrica dello Strumento, una più ampla descrizione de' suoi usi» .

Sappiamo che un suo trattato intitolato *Breve istruzione all'architettura militare* porta la data del 25 maggio 1593 e viene giudicato dal Favaro un sunto di lezioni tenute da Galileo durante il suo primo anno di insegnamento. In esso, come in altri trattati del genere, all'inizio vengono date alcune nozioni pratiche di disegno, soprattutto si insegna a dividere linee, a riprodurre angoli, a costruire poligoni regolari. Oggetto di insegnamento è anche «il modo di descrivere le piante delle fortezze, con quelle misure e proporzioni che pareranno più atte a rendere la nostra fortificazione tale quale si desidera [...] Fa mestiero che quelle braccia, piedi o pertiche, con le quali vogliamo misurare la nostra vera fortezza, si riduchino a misure così piccole, che possano capire nella superficie piccola ch'aremo innanzi»<sup>29</sup>; E qui l'ingegnere militare deve affrontare il problema di dover proporzionalmente crescere o scemare le misure quando si debbano usare unità di paesi diversi e deve affrontare il problema di dichiarare il modo di fare e di usare la scala. Tutte queste operazioni divengono assai semplici con il compasso.

Non era solo Galileo che si sforzava di associare ai suoi trattati e alle lezioni sulle fortificazioni l'uso di opportuni strumenti. Tra molti che hanno descritto strumenti da essi ritrovati, merita di essere ricordato l'autore di un libro che, nel suo genere, è uno dei più belli e istruttivi di quel tempo<sup>30</sup>: *Le fortificazioni di Buonaiuto Lorini, nobile fiorentino* che fu stampato a Venezia nel 1597. Ristampando il volume nel 1609, il Lorini vi aggiunse un sesto libro in cui «mostra l'ordine del misurare le distanze & levare le piante» e descrive<sup>31</sup> accuratamente la costruzione e l'uso di un nuovo strumento per misurar le distanze, a cui dà il nome di mezzo balestrino.

Nel suo strumento vi è un quadrante che fa il servizio della squadra dei bombardieri perché serve «a bombardieri per mettere a segno l'artiglierie a quella elevatione, che gli occorre per ferire il nemico» ; lo strumento è poi segnato in maniera da potersi «sapere il peso delle palle di ferro dell'artiglierie, appresso il vento che se gli doverà dare» ; può essere usato per livellare il terreno e per misurare le distanze, i monti e le profondità delle valli; serve per disegnare i confini di uno stato o levare le piante delle fortezze ecc. Il compasso può fare tutte queste operazioni, eppure è completamente diverso. Ecco un esempio di cosa forse intendeva Galileo quando faceva riferimento a strumenti « *in simili propositi ritrovati*» .

[inizio](#)

## 2. Valore scientifico del compasso.

Il sistema metrico decimale è entrato in uso assai recentemente: al tempo di Galileo il braccio fiorentino era diviso in venti soldi, e il soldo in dodici piccioli o denari; il braccio veneto era diviso in dodici once e l'oncia in dodici punti. Sistemi di partizione non decimale

occorrevano anche nelle misure di peso, di superficie, di volume e nella monetazione; per questo in molti casi era più semplice esprimere sotto forma di frazione la parte non intera.

Così facendo, però, anche le semplici operazioni aritmetiche potevano risultare non troppo facili; le difficoltà poi aumentavano quando si dovevano estrarre radici quadrate o cubiche.

Il volume 72 dei manoscritti galileiani, conservati presso la Biblioteca Nazionale di Firenze, contiene moltissimi fogli con calcoli fatti da Galileo<sup>32</sup>. Vi si trovano anche operazioni molto semplici con risultati sbagliati.<sup>33</sup> Qualche volta l'errore avviene nella manipolazione delle frazioni: per esempio nel foglio 176r Galileo moltiplica  $265 \frac{1}{2}$  per  $254 \frac{3}{5}$  ottenendo 67570. È istruttivo cercare di capire la procedura di calcolo. È assai probabile che Galileo abbia fatto i conti nella seguente maniera: prima ha moltiplicato tra di loro le due parti intere  $265 \times 254$ ; senza sommare i prodotti parziali

$$\begin{array}{r} 265 \\ 254 \\ \hline 1060 \\ 1325 \\ 530 \end{array}$$

poi ha moltiplicato  $\frac{1}{2}$  per 254 e ha scritto il risultato 127 mettendo le unità e le decine nei posti vuoti delle rispettive colonne, aggiungendo una nuova linea non avendo altro posto per scrivere 1 nella colonna delle centinaia.

$$\begin{array}{r} 265 \quad 1/2 \\ 254 \\ \hline 1060 \\ 13257 \\ 5302 \\ 1 \end{array}$$

A questo punto Galileo avrebbe dovuto moltiplicare 265 per  $\frac{3}{5}$ , ma qui si distrae (i suoi errori ovviamente sono sempre di distrazione) e moltiplica 265 per  $\frac{1}{2}$ . Aggiunge poi il risultato arrotondato 133 con il sistema di collocare unità, decine e centinaia negli spazi vuoti delle corrispondenti colonne, e arriva così alla forma che hanno tutte le moltiplicazioni nei fogli del volume 72 dei manoscritti galileiani.

$$\begin{array}{r} 265 \quad 1/2 \\ 254 \quad 1/2 \\ \hline 1060 \\ 13257 \end{array}$$

Nel foglio naturalmente c'è scritto  $254 \frac{3}{5}$  e non  $254 \frac{1}{2}$ . A parte l'errore di distrazione, è interessante notare che qui, come anche in altri casi, Galileo non ritiene importante avere il risultato esatto, per il quale sarebbe stato necessario moltiplicare tra loro le due frazioni.

Ci si può chiedere se il compasso può effettuare moltiplicazioni. La risposta è affermativa: l'operazione di moltiplicare due numeri è implicita in quella che Galileo chiama regola del tre. Perché allora Galileo fa i conti a mano e non usa il compasso?

Per rispondere, facciamo il tentativo di moltiplicare 254 per 265 con un immaginario compasso, cercando di intuire il procedimento.

Le istruzioni potrebbero essere queste: si apra un normale compasso in maniera che le punte distino tra loro quanto 100 punti della linea aritmetica. Si apra il compasso geometrico<sup>34</sup> in maniera che le punte del compasso ordinario coincidano trasversalmente con i punti 254 delle due linee aritmetiche; si restringano poi le punte del compasso ordinario in maniera che distino solo 26,5 punti e lo si usi per determinare sulle linee aritmetiche i due punti che corrispondono alla distanza trasversale di 26,5. Avremo il risultato moltiplicando per mille il numero corrispondente a questi punti delle linee aritmetiche. Per eseguire divisioni il procedimento è analogo.

Si vede subito che si possono conoscere al massimo tre cifre del risultato: ciò spiega perché il compasso non è una macchina moltiplicatrice molto precisa, (a meno che non abbia dimensioni assai grandi) e perché Galileo non discuta il suo uso a tal fine.

Il compasso è invece assai utile per estrarre radici quadrate o cubiche, perché in questo caso i calcoli non sono elementari per chi non ha una buona istruzione matematica. Galileo sfrutta assai bene queste linee per molte operazioni.

A parte alcune utilizzazioni peculiari, come la regola per cambiare le monete o per calcolare gli interessi composti, quasi tutte le applicazioni sono di carattere geometrico. Tra queste hanno abbastanza interesse pratico i diversi modi di misurar con la vista. Lo strumento è quindi utile soprattutto come mezzo didattico per imparare aritmetica e geometria.

Il gesuita Paolo Casati nella sua opera dedicata al compasso<sup>35</sup> ci dice a che cosa può servire : « opera utile non solo a geometri, agrimensori, architetti civili, e militari, pittori, scoltori, et a tutti quelli che usano del disegno, ma anche a bombardieri, sergenti di battaglia, mercanti, et altri, per molte operazioni aritmetiche, fatte con grandissima utilità » . Il Casati nella sua prefazione, dopo aver ricordato quanto fosse difficile trovare libri sull'uso del compasso, fa sapere di non aver «havuto fortuna di vedere mai alcun autore, fuorché il Galilei, di cui ventidue anni sono nella libreria nostra del Collegio Romano mi capitò un picciolo libretto di questa materia da me allhora poco inteso» .

Francesco Maria Gaudio un secolo più tardi scrive<sup>36</sup>: «*Ab eadem doctrina pendet constructio Sectoris Geometrici, qui Circinum proportionum, aut Geometricus, vel etiam Compassus appellari solet*» . Poco più avanti troviamo un'affermazione del Gaudio che ci rivela il valore didattico che ancora veniva attribuito al compasso di Galileo a un secolo e mezzo dalla sua invenzione: «La spiegazione di

questo strumento e il suo uso abbracciano quasi tutta la geometria pratica e questa spiegazione occuperà senza dubbio una notevole parte della nostra *Geometria Pratica*. Sia qui sufficiente accennare al principio da cui deriva e che deve essere stato presente alla mente del suo inventore allorché lo immaginò» .

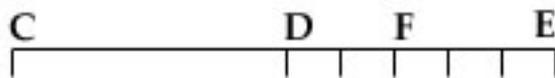
Per quanto concerne il valore scientifico del compasso, non si può negare che le linee di gran lunga più interessanti sono le linee metalliche. Per conoscere i valori delle densità segnate da Galileo lungo queste linee, occorrerebbe avere un compasso di documentata provenienza galileiana, oppure misurare le distanze sull'incisione pubblicata nel 1640 a Padova, con il presupposto che essa lo descriva accuratamente. Nel testo, di esplicito, appare solo il rapporto tra i volumi di due sfere di ugual peso, una d'oro e l'altra d'argento. Il rapporto 0,6 indicato potrebbe essere un valore arrotondato, perché secondo le densità della tabella che usualmente viene associata alla *Bilancetta*, il rapporto è invece 0,54, coincidente con i risultati di misure moderne.

Sono assai interessanti, per quel che dicono a proposito delle linee metalliche, le trattazioni di Mattia Berneggeri e del Capra, che allargano molto la discussione, soprattutto il primo. Lo stesso Galilei si era meravigliato per l'indicazione fatta dal Capra del valore della densità dell'argento vivo, come allora veniva chiamato il mercurio.

Nessuno dei due tuttavia si era accorto di un notevole errore in cui Galileo era incorso.

Pierre Petit in un libricino estremamente interessante pubblicato<sup>37</sup> nel 1634, parte del quale era stata composta fin dal 1625, lo rende pubblico nella proposizione VIII che inizia a pagina 113 ed è intitolata «Erreurs de Galilée, de Berneggerus & de Henrion<sup>38</sup>». Per il suo interesse ne riportiamo un ampio stralcio: «Mathias Berneggerus nella traduzione che egli dice di aver fatto del trattato italiano sull'uso del compasso di proporzione di Galileo, alle pagine 32 e 33 dice che per sapere le grandezze dei corpi misti e composti di differenti metalli, occorre dividere la differenza delle dimensioni dei menzionati metalli semplici secondo la proporzione data dalla lega e prendere il punto di questa divisione.

Per esempio, sia CD la grandezza o diametro del rame (è il suo stesso esempio) e CE sia quello dello stagno, e si debba trovare la grandezza di un corpo misto di tre parti di rame e di due di stagno. Egli dice che per farlo occorre dividere la differenza DE in tal maniera che DF contenga due parti e FE ne contenga tre. Allora la linea CF è la grandezza o diametro del corpo misto di detti metalli,



secondo la menzionata proporzione di 3 di rame ogni 2 di stagno. Per sapere se Galileo stesso l'abbia detto, apparentemente non è molto da crederlo, benché il suo traduttore l'assicuri: ma uno dei nostri scrittori comuni [= *Ecrivains ordinaires*] che prende facilmente dagli

altri quello che vi trova di meglio<sup>39</sup>, non ne ha alcun dubbio e ha dato questa falsa pratica per cosa del tutto sicura secondo Berneggerus. Ecco le sue stesse parole, a pag. 143 dell'uso del compasso di proporzione dell'anno 1626 e 1631: *si può fare la stessa cosa di due metalli mescolati insieme, e di una lega metà d'argento e metà di rame, occorre dividere in due parti uguali la distanza tra i due caratteri [= segni chimici] dell'argento e del rame, in seguito operare con il punto di questa divisione esattamente come con quelli dei metalli semplici. Ma se si vuole la lega di una parte di rame su due d'argento, occorre dividere la detta distanza in tre parti uguali e il punto della prima divisione, cioè di uno che è vicino all'argento, sarà quello da utilizzare per la lega di una parte di rame su due d'argento. Invece per una lega d'una parte d'argento su due di rame,*

occurrerà prendere il punto più vicino al rame. Ecco la bella opinione che occorre rifiutare per mezzo dei suoi stessi numeri: per esempio, avendo dato il diametro dell'oro di 730 parti, e quello dell'argento di 895, egli conclude che il corpo che è una lega metà oro e metà argento avrà certamente il suo diametro a metà della loro differenza, che è 165; cioè che aggiungendo 82 e mezzo, metà di questa differenza, a 730, che è l'oro, si avrà 812 e mezzo, per la grandezza del corpo misto nella detta proporzione e uguale agli altri» .

Pierre Petit ha bisogno di altre due pagine per spiegare l'errore e arrivare alla sua conclusione: nel caso della lega di ugual parti di oro e argento, se le tre sfere d'oro, d'argento e della lega, devono avere ugual peso, allora il cubo del diametro della lega è uguale alla semisomma dei cubi dei diametri delle sfere d'oro e d'argento. Per questo motivo il diametro della lega è 820 e non 812 e mezzo, come asserivano Henrion e Galilei<sup>40</sup>.

Ci si può chiedere se Galileo si sia accorto in seguito di questo errore e, in caso affermativo, perché non abbia cercato di ristampare il *Compasso*, cogliendo così l'opportunità sia per questa correzione sia per render note quelle ulteriori applicazioni da lui non inserite nell'edizione del 1606.

La ragione plausibile sta forse nella gran quantità di pubblicazioni sul compasso che uscirono nel giro di pochi anni. A Galileo doveva esser bastata la disputa con il Capra; certo non voleva essere trascinato in nuove polemiche proprio ora che con la sua notorietà attirava l'interesse di chi con le polemiche poteva sperare di mettersi in luce.

L'Henrion per esempio, che faceva risalire le sue ricerche sul compasso al 1606, si era premurato di proclamare la propria originalità : « Dunque, io chiamo *mio* questo uso del compasso, perché io l'ho fatto senza averne visto alcun altro, e di fatto nessuno ancora aveva messo alla luce nulla, e quelli che subito dopo ne pubblicarono qualcosa, ignoravano le più belle operazioni di detto compasso. [...] Or sono due anni il signor Gunter, professore di astronomia al collegio di Gresham a Londra, ha fatto stampare in inglese un uso di questo compasso, nel quale vi sono alcune di quelle proposizioni, che io avevo messo in luce dodici anni prima» .

Il libro citato dall'Henrion è quello di Edmund Gunter: *The description and use of the Sector* (London 1623).

Possiamo fare un rapido elenco di altre pubblicazioni, di cui ci suggerisce il titolo il Venturi<sup>41</sup>:

1604. Hulsii Levini, *Beschreibung und Unterricht des Jobst Bü rgi proportional-Cirkels*. Frankfurt.

1605. Philippi Horcher, *Libri tres, in quibus primo constructio circini proportionum edocetur. Deinde explicatur quomodo eodem mediante circino, tam quantitates continuæ, quam discretæ, inter se addi, subduci, multiplicari, et dividi, brevissimo compendio posint*. Maguntiae.

1607. Balthasar Caprae. *Usus et fabrica circini cuiusdam proportionis*. Patavii.

1608. Leonhard Zubler, *Nova Geometria Pyrobolia*, Zurich.

1610 Faulhabers. *Proportional-Zirkel*; (nel suo trattato delle nuove invenzioni di geometria e prospettiva) Ulmae.

1610. Georgius Gelgemayers, *Unterricht von proportional cirkel*. Laungingen (ristampe: Augsburg 1610, Ulm 1615 e 1617).

1613. Galilaeis de Galilaeis, *De proportionum instrumento [...]* *Tractatus, [. ..] a Mathia Berneggero ex italica in latinam linguam translatus: adjectis etiam notis illustratus, quibus & artificiosa Instrumenti fabrica, & usus ulterior exponitur*. Argentorati. (Rimesso

in circolazione nel 1635 con nuovo frontespizio).

1615. Christ Laurenbergii, *Clavis instrumentalis; oder arithm.Geom.Proportional-Instrument*. Leipzig.

1618. D. Henrion, *Usage du compas de proportion*. Paris. (Ristampe:1624, ecc. Tra il 1630 e il 1681 furono fatte più di venti edizioni).

1619. Georgius Gelgemayers, *Centiloquium circini proportionum*. Nurnberg.

1623. Adriani Metii, *Praxis nova geometrica per usum circini proportionalis*. Franekeræ. (Ristampe ibid. 1625, Amstelod 1629).

1626. Mich. Cornette, *La géométrie reduite en une facile pratique par deux instruments, dont un est le pantomètre ou compas de proportion*. Paris.

1626. Nicolaus Barthelt, *Instrumentum instrumentorum*[...]. Alten Stettin.

1627. Wolffangus Lochman, *Instrumentum instrumentorum*. Alten Stettin (ristampa: Rostoch 1627).

1634. P. Petit, *Construction et usage du compas de proportion*. Paris.

Per Galileo ce n'era abbastanza per rinunciare a una ristampa del libro: aveva ben altro in mente!

[inizio](#)

### 3. Utilizzazione economica.

Raccogliendo e collegando tra loro le notizie riferibili al compasso geometrico, è possibile far emergere in maniera chiara i motivi economici e scientifici che spinsero Galileo a cercare il Granduca per un conveniente e definitivo ritorno in Toscana. Infatti, la via che trovò per avvicinare il suo sovrano<sup>42</sup>, fu quella dell'istruzione matematica del giovane Cosimo attraverso l'uso del compasso.

Riconosciuto il ruolo importante del compasso nella "strategia del ritorno", risulta più comprensibile anche il motivo della protesta contro il Capra, che, con il plagio dello strumento e della scrittura, poteva compromettere il suo piano.

I contatti, che portarono ad un progressivo avvicinamento, furono avviati da Galileo durante il lungo periodo che andò dal 27 settembre 1604, quando ebbe termine il suo contratto per la Lettura delle Matematiche a Padova, fino al 6 agosto 1606, quando, dopo quasi due anni di attesa, finalmente fu di nuovo confermato.

Nel giugno del 1605 infatti Galileo riuscì a far giungere a Cristina di Lorena la notizia della sua intenzione di dedicare al principe ereditario di Toscana una scrittura sull'uso del compasso. La mossa fu opportuna, perché ne ebbe subito l'assenso e un invito a passare l'estate a corte.

In tal modo stabilì un contatto che seppe poi consolidare, con la stima che si guadagnò presso la famiglia granducale.

Quali sono le motivazioni che gli fecero desiderare un cambiamento radicale di vita? Più importante fra tutte l'esigenza che travagliò Galileo, non più giovanissimo, di portare a termine il grande progetto intellettuale che ormai aveva ben chiaro davanti a sé. Niente più insegnamento, niente lezioni private, non più studenti a dozzina; solo tempo libero per ricercare, sperimentare, scrivere.

Sapeva di aver bisogno di tutto il suo tempo per realizzare la sua scienza nuova, per dare sostanza a quel «concetto immenso e pieno di filosofia, astronomia, geometria» che aveva concepito: non poteva allora prevedere che per realizzarlo avrebbe dovuto attendere ancora trenta anni e superare tante battaglie.

Nella dedica del compasso a Cosimo vi è una promessa molto significativa: Gradirà dunque l'A.V.S. questo mio, dirò quasi, scherzo matematico, ai suoi primi giovanili studii nobilmente conforme; ed avanzandosi con l'età in queste, veramente regie, discipline, aspetti di tempo in tempo dal mio basso ingegno tutti quei più maturi frutti, che dalla Divina Provvidenza m'è stato e mi sarà concesso di raccorre» .

Galileo ritornò con ogni onore alla cattedra di Pisa, lasciata nel 1592; ma solo *pro forma* perché Cosimo, divenuto granduca, tenne presente ogni sua richiesta<sup>43</sup> e lo elesse non solo Primario Matematico dello Studio (perché così fosse lecito provvedere al pagamento dello stipendio con i denari dell'università), senza obbligo d'abitare in Pisa né di leggervi se non honorariamente, quando piacesse a voi o ve lo commettessimo espressa et straordinariamente noi<sup>44</sup>, ma soprattutto proprio Primario Matematico e Filosofo». In vista delle discussioni di principio che si aspettava di dover affrontare, la qualifica di filosofo a Galileo serviva moltissimo, e la richiese esplicitamente durante le trattative per il ritorno, avendo dichiarato di aver studiato più anni in filosofia, che mesi in matematica.

E' sorprendente ravvisare che pubblicando nel 1606 *Le operazioni del Compasso geometrico et militare*, a quarantadue anni e con quasi vent'anni di insegnamento e di ricerca alle spalle, Galileo dava alle stampe la sua prima opera. Un'edizione di soli sessanta esemplari, mai più da lui ristampata. Un'edizione fatta imprimere in casa e destinata prima al Serenissimo principe di Toscana mio Signore e poi ad altri Signori, da i quali so questa mia fatica esser desiderata» .

Quarantadue anni! Del periodo padovano scriverà allora: venti anni ed i migliori di mia età in dispensare, come si dice, a minuto alle richieste d'ognuno quel poco di talento che da Dio e dalle mie fatiche mi è stato concesso nella mia professione»<sup>45</sup>.

E' facile comprendere in quale estremo grado di dolore lo ridusse Baldassar Capra: colui che dell'onore, della fama e della meritata gloria, bene non ereditato, non dalla natura, non dalla sorte o dal caso, ma da i nostri studii, dalle proprie fatiche, dalle lunghe vigilie contribuitoci, con false imposture, con fraudolenti inganni e con temerarii usurpamenti ci spoglia» .

Il Capra, dando alle stampe come parto del suo ingegno il Compasso geometrico e militare, si era fatto autore dello strumento, praticamente tacciando Galileo di usurpatore sfacciato, quel Galileo che solo un anno prima aveva consacrato il compasso al nome del Serenissimo Principe di Toscana suo Signore.

Ed ecco la sua *Difesa contro alle calunnie ed imposture di Baldessar Capra*, primo esempio della splendida e animata prosa galileiana; efficace, polemica e, nello stesso tempo, lucida ed equilibrata; alcune pagine sono un vero capolavoro che preannuncia *Il Saggiatore*; scritta a difesa e reintegrazione del suo onore contro chi aveva cercato di presentare il Compasso come opera propria.

Questi episodi, che potrebbero essere ritenuti secondari, si svolgono

in un momento molto delicato della vita di Galileo e gli avvenimenti che li precedono e li seguono sono in varie maniere collegati a questi scritti e allo strumento che vi è illustrato.

Non è agevole intuire la psicologia di Galileo (a cui alcuni attribuiscono un carattere aggressivo), se non si tengono presenti le difficoltà economiche che pesarono su di lui per quasi mezzo secolo.

Occorre partire da lontano, dalla morte del padre<sup>46</sup>. Se vi è un episodio nella sua vita in cui gli aspetti economici hanno certamente pesato più di quelli scientifici, questo fu il partito preso da Galileo di abbandonare Pisa per la Lettura di Padova, e tale decisione fu certamente dovuta alle necessità della famiglia a cui egli, primogenito, doveva provvedere.

Il Favaro che racconta con molta accuratezza le circostanze della sua andata a Padova<sup>47</sup>, incorre in un errore di una certa rilevanza, perché ritiene che Galileo avesse accettato uno stipendio assai poco superiore a quello percepito a Pisa: ebbe così una ragione di più per ritenere fondati quei motivi dell'andata a Padova, che furono raccontati dai primi biografi di Galileo, il Viviani e l'Arrighini.

Diamo subito alcune informazioni. Nei rotoli dello Studio di Pisa per gli anni 1589 e 1590 si legge che a Galileo erano stati assegnati fiorini 60, e gli estratti dai libri di cassa degli anni 1589-1592 riportano a Mess. Galileo Galilei ducati sessanta di moneta<sup>48</sup>». Quindi Galileo guadagnava a Pisa 420 lire fiorentine<sup>49</sup>.

Non è inutile ricordare che nel rotolo del 1589-90 vengono nominati in tutto 41 professori; di essi ben dieci ricevettero solo 45 ducati di stipendio annuo, mentre la retribuzione massima fu quella dei due professori di diritto civile: quello che insegnava di mattina aveva 650 ducati, quello che insegnava nel pomeriggio riceveva 600 ducati. Per un giovane al primo insegnamento non era perciò trascurabile uno stipendio di 60 ducati, soprattutto se poteva integrarli con i proventi delle lezioni private.

Siamo però sempre ai valori più bassi delle retribuzioni: a Firenze in quegli anni un muratore guadagnava due lire al giorno, cioè da 80 a 90 ducati l'anno, la metà i manovali e i braccianti agricoli.

A Padova Galileo ricevette nella sua prima condotta 180 fiorini, equivalenti a 900 lire veneziane<sup>50</sup>, il doppio rispetto a Pisa.

Si ingannò il Favaro nello stimare il valore della lira veneziana metà di quella fiorentina; in realtà la lira veneta e quella fiorentina sono due monete di conto, cioè fittizie, che vennero utilizzate per secoli nella pratica commerciale e nella contabilità, per regolare il valore delle monete in proporzione alla quantità d'oro e d'argento contenuto e in funzione del valore relativo dei due metalli. Dato che alle monete veneziane e fiorentine contenenti la stessa quantità d'oro o d'argento veniva assegnato lo stesso valore in lire, le due monete di conto hanno mantenuto per lungo tempo approssimativamente lo stesso valore<sup>51</sup>.

E' facile ravvisare dai documenti pervenuti che le ragioni per cui Galileo lasciò Pisa furono essenzialmente economiche, e che i motivi riportati dal Viviani e dal Gherardini non sono quelli che pesarono di più: i loro racconti sembrano fatti apposta per nascondere il reale fattore economico, a cui nessuno dei due biografi accenna neanche di sfuggita.

E' una ipotesi non troppo azzardata supporre che il contenuto dei loro racconti risalga allo stesso Galileo: poteva il matematico e filosofo del Granduca senza imbarazzo confessare che per pochi ducati Ferdinando si era lasciato sfuggire un ottimo professore, che avrebbe potuto portare gran lustro all'università di Pisa? La ragionevolezza di questa ipotesi può trovare un fondamento nella delicatezza e

nell'attenzione che Galileo sempre tenne nei rapporti con i Medici, di cui non dimenticò mai di essere suddito.

Il Viviani narra che molti filosofastri suoi emuli, fomentati da invidia, se gli eccitarono contro; e servendosi di strumento per atterrarlo del giudizio dato da esso sopra una tal macchina d'invenzione d'un eminente soggetto, proposta per votar la darsina di Livorno, alla quale il Galileo con fondamenti meccanici e con libertà filosofica aveva fatto pronostico di mal evento (come in effetto seguì ) seppero con maligne impressioni provocargli l'odio di quel gran personaggio; ond'egli rivolgendo l'animo suo all'offerte che più volte gl'erano state fatte della cattedra di Padova, che per morte di Gioseppe Moleti stette gran tempo vacante, per consiglio e con l'indirizzo del Sig.r Marchese Guidubaldo s'ellesse con buona grazia del Ser.mo Gran Duca di mutar clima avanti che i suoi avversari avessero a godere del suo precipizio<sup>52</sup>».

Sta di fatto che la scontentezza di Galileo si era manifestata subito. Guidobaldo del Monte, che si era adoperato per fargli avere la Lettura di Pisa, scriveva a Galileo il 10 aprile del 1590: la vorrei vedere più contenta e meglio trattata, secondo li meriti suoi. Io non ho avuto per ancora nuov'alcuna da Venetia; ma io cercarò di saper qualche cosa e non mancherò di avvisargliene.» .

Galileo quindi a metà del suo primo anno di insegnamento stava già cercando di spostarsi. Guidobaldo all'inizio del secondo anno accademico chiede: Una delle cose che io desideravo di sapere è se V.S. ha mai avuto accrescimo di provisione, che questo vorrei che fusse secondo il mio desiderio et il merito suo» . Infine abbiamo un'altro intervento sull'argomento il 21 febbraio 1592: Mi dispiace ancora di vedere che V.S. non sia trattata second'i meriti suoi e molto più mi dispiace che ella non habbi buona speranza. Et s'ella vorrà andar a Venetia questa state, io l'invito a passar di qua, che non mancarò dal canto mio di far ogni opera per aiutarla e servirla; che certo io non la posso veder in questo modo. Le mie forze sono deboli, ma, come saranno, io le spenderò tutte in suo servizio<sup>53</sup>».

Dunque le preoccupazioni di Galileo erano allora di ordine economico. Se le difficoltà fossero state quelle supposte dai suoi primi biografi (invidie accademiche e l'ostilità di Giovanni de' Medici), Guidobaldo avrebbe potuto tentare di rimediare, giacché era tenuto in grandissima stima in casa Medici. Più difficile era fargli avere un forte aumento (cioè trattarlo secondo il suo merito) e procurargli eventualmente lezioni private ben remunerate, quali Galileo poteva invece sperare di ottenere a Padova, ove la cattedra era libera.

Il marchese, ormai suo ammiratore, aveva studiato a Padova e nella Repubblica aveva amici influenti; per contro<sup>54</sup> quali altri appoggi aveva a Firenze Galileo?

Galileo a fine agosto del '92 andò a Venezia e Giovan Battista Pinelli, influente amico del Marchese Guidobaldo, in pochi giorni fu in grado di ottenere per lui il posto di Lettore delle Matematiche, che era vacante dal 1588 per la morte di Giuseppe Moletti<sup>55</sup>: mi ha detto che darà alla S.V. li 200 fiorini senz'altro, et sarà costì domani o l'altro senza fallo; si che la S.V. ne potrà star sull'avviso, et subito al suo arrivo andarlo a ritrovar, per ringraziarlo del suo buon animo et così far istanza per la spedizione<sup>56</sup>». La persona a cui Pinelli si riferiva in questa lettera del 9 settembre era il procuratore Giovanni Michiel, uno dei tre Riformatori dello Studio: Galileo doveva sollecitargli la spedizione del decreto, che fu emesso il 26 dello stesso mese.

Galileo, ormai sicuro della nomina, fece arrivare a Ferdinando de' Medici la notizia della sua chiamata a Padova attraverso Giovanni Uguccioni. Ne abbiamo notizia da una lettera che il Residente di Toscana a Venezia scrisse a Belisario Vinta il 15 settembre 1592: Sono in Padova, e sono venutoci con Mess. Galileo Galilei, che legge

la Matematica in Pisa; quale quindici giorni fa venne per vedere Venetia, et in tanto hieri in carrozza, in discorrendo meco, mi disse che in Venetia era stato ricerco di leggere in Padova, e che crede che harebbe 200 scudi incirca di salario l'anno e che ha risposto che, sendo al servitio del Gran Duca, non può risolvere cosa nessuna, onde credo che se ne venga a cotesta per trattare di questo negotio con S.A.S.» .

Il Granduca prese atto di questa offerta, che per l'equivoco dei fiorini trasformati in ugual numero di ducati sembrava triplicare lo stipendio, e non trattenne Galileo, dandogli facoltà di lasciare lo studio pisano, decisione ancor più comprensibile se è vero che il giovane professore era malvisto da alcuni colleghi e da Giovanni de' Medici.

Ma a Padova la situazione economica non fu mai del tutto soddisfacente e Galileo, per tirare avanti, si vide costretto a seguire il tradizionale sistema delle lezioni private. Per alcuni anni, fin quando le forze giovanili lo sorressero, riuscì a trovare anche il tempo per le sue ricerche e per i suoi studi, ma non quanto ne avrebbe avuto bisogno.

Tra le cause delle sue difficoltà vi è certamente il continuo aumento del costo della vita: accenniamo qui solo di sfuggita al fenomeno della cosiddetta *rivoluzione dei prezzi* che si ebbe in tutti i paesi europei nella seconda metà del cinquecento con l'inizio di un movimento inflazionistico, che ebbe il suo acme nel periodo 1590-1610, con forti rincari del costo della vita.

Se in tutti gli stati vi furono turbamenti e malessere economico, le difficoltà di Venezia furono anche maggiori. La Repubblica era ormai entrata in una crisi profonda: prima l'incendio dell'Arsenale (1569), poi la crisi del commercio per la guerra contro i turchi che si concluse con la perdita di Cipro (1571), poi la peste del 1575, che spopolerà l'università di Padova<sup>57</sup>, e infine nel 1606 l'interdetto di Paolo V.

A Firenze invece, morto Francesco de' Medici, la nuova politica granducale sembrava annunciare un periodo di prosperità economica.

Malgrado tutto, Galileo poté far fronte alle strettezze incrementando le sue entrate con le lezioni private e con gli studenti che aveva, a dozzina, in casa sua<sup>58</sup>. Lo scienziato aveva anche avviato una discreta produzione di strumenti scientifici: faceva fabbricare da un bravo meccanico non solo i suoi compassi geometrici, ma anche bussole, strumenti da disegno e persino bilance. Il compasso per lo più veniva dato da lui ai suoi studenti praticamente a prezzo di costo; dai più abbienti spesso riceveva in cambio ricchi doni.

Per contro Galileo dovette affrontare in quegli anni il peso della sistemazione matrimoniale della sorella Livia, come prima aveva fatto per Virginia; così nel 1601 si impegnò gravosamente per la sua dote: 800 ducati subito e 200 ducati all'anno per cinque anni. Fu costretto anche a soccorrere più volte economicamente il fratello Michelangelo. Doveva inoltre pensare alla madre a Firenze, e alla famiglia naturale che era sorta dalla relazione amorosa con Marina Gamba: la primogenita era nata nel 1600; a distanza di un anno la seconda; infine nel 1606 Vincenzo, l'unico figlio che Galileo poté riconoscere.

A Padova e a Venezia, ove spesso si recava, Galileo, con la sua personalità affascinante e il suo carattere socievole, non aveva avuto difficoltà a sviluppare una ampia rete di relazioni, che coinvolgeva conoscenti e amici colti e facoltosi, e che richiedeva un tenore di vita notevolmente dispendioso.

Lo Studio di Padova era il proprio domicilio del suo ingegno» gli aveva scritto dieci anni prima Girolamo Mercuriale<sup>59</sup>. Galileo però non era soddisfatto della situazione economica, che aveva una immediata ripercussione sulla sua produzione scientifica: godeva, è vero, di notorietà di livello internazionale per la sua attività di

professore e per la corrispondenza che manteneva con molti scienziati e personalità ; ma le lezioni private e gli scolari che teneva in casa erano di impedimento o di ritardo ai suoi studi<sup>60</sup>.

Già da tempo aveva iniziato a lavorare su alcuni dei temi intorno a cui costruirà i due grandi capolavori della sua tarda maturità , ma teneva celati i risultati.

Aborriva la servitù meretricia di dover esporre le sue fatiche al prezzo arbitrario di ogni avventore. Desiderava portare a termine le opere che aveva intrapreso, con tutto ciò nè anco la libertà che ho qui mi basta, bisognandomi a richiesta di questo e di quello consumar diverse hore del giorno, et bene spesso le migliori» . Si trovava ad avere diverse invenzioni et molte più ne troverei, quando havessi più otio et più comodità di artefici, dell'opera de i quali mi potessi per diverse esperienze prevalere<sup>61</sup> » . E Galileo mirò a ritornare al servizio del Granduca di Toscana, perché simili comodità non poteva ottenerle solo da un principe assoluto.

Si arrivò ad un episodio estremamente sgradevole, a cui abbiamo già accennato. Fin dal 27 settembre del 1604 era terminata la seconda condotta di Galileo nella Lettura delle Matematiche a Padova<sup>62</sup>. Galileo non riusciva a farsi riconfermare con un congruo aumento. Pochi mesi prima Vincenzo Gonzaga da Mantova gli aveva fatto dire di volerlo al suo servizio, proponendogli 300 ducati all'anno e la spesa per lui e per un servitore. Galileo<sup>63</sup> aveva fatto conoscere le sue pretese: 500 ducati e tre spese. Il Serenissimo Duca di Mantova, che due anni prima aveva voluto sentire da Galileo la spiegazione dello strumento, e gli aveva poi donato una collana e una medaglia con la sua effigie<sup>64</sup>, dovette rinunciare: essendo giusto che ella goda di quella libertà che ha di procurar il suo commodo<sup>65</sup>» . Favaro<sup>66</sup> ritiene che Galileo prestò orecchio a quelle proposte soprattutto per servirsene al fine di ottenere un miglioramento di condizioni, nella occasione della nuova ricondotta.

Soltanto il 5 agosto 1606 - circa un mese dopo aver avuto la licenza di stampare il *Compasso* - giungeva la sospirata riconferma nella Lettura, per altri sei anni (come al solito), ma con un aumento di stipendio di duecento fiorini, merito anche delle raccomandazioni del Granduca<sup>67</sup>: Galileo aveva iniziato con 180 fiorini nel 1592; era passato a 320 nel 1598 e adesso giungeva a 520 fiorini.

Abbiamo avuto modo di illustrare quanto valesse in moneta corrente lo stipendio di Galileo; sta di fatto che non gli era sufficiente, nonostante i periodici incrementi che abbiamo ricordato. Nel 1601 il suo amico Girolamo Mercuriale gli aveva dato un suggerimento prezioso: l'essorto in tutt'i modi ad esporsi di venire, perché il S.r Principe<sup>68</sup> avrà passati gli dodici anni, et tengo certo serà capace di tutte quelle cose matematiche che V.E. gli saprà mostrare; et sappi certo che quel figliuolo ha un felicissimo ingegno e memoria, et sopra il tutto è il più curioso cervello che si possa immaginare: onde credo avrà occasione V.E. di esercitare il suo talento, et chi sa anco che non possa essere qualche sua buona fortuna. Però torno a dirgli che in tutt'i modi veda di finire quel suo instrumento geometrico e militare, acciò possa lei medesima portarlo il seguente anno per San Giovanni a Firenze, dove serò ancor io: et fra tanto con la prima occasione farò quell'ufficio che si deve con le loro AA.SS.me; et se V.E volesse mandarmi un breve ritratto di quello che fa per il S.r Principe, con l'uso et utilità sue, lo mostrarei alle loro AA., et so certo che il Principe ne prenderebbe diletatione<sup>69</sup>».

Non è difficile capire la situazione in cui si trovava Galileo: aveva progetti ambiziosi, giustificati da molti risultati importanti teorici e sperimentali ormai acquisiti, e quindi aveva bisogno di poter dedicare tutto il suo tempo allo studio ma, come dirà , ottenere da una Repubblica, benché splendida et generosa, stipendii senza servire al

pubblico non si costuma, [...] in somma simile comodità non posso io sperare da altri, che da un principe assoluto»<sup>70</sup>.

Con le sue ricerche aveva raccolto materiale sufficiente per scrivere tre opere<sup>71</sup>, di cui già aveva deciso il titolo: due libri *De sistematē seu constitutione universi* concetto immenso et pieno di filosofia, astronomia, et geometria» (diverrà venti anni dopo il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*), tre libri *De motu locali* (inclusi poi nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*) a cui Galileo attribuisce fin d'allora grandissima importanza chiamando il contenuto scienza interamente nuova, non avendo alcun altro, nè antico nè moderno, scoperto alcuno de i moltissimi sintomi ammirandi, che io dimostro essere ne i movimenti naturali et nei violenti, onde io la posso ragionevolissimamente chiamare scienza nuova et ritrovata da me sin da i suoi primi principi» ed infine tre libri delle *Mecaniche*.

Galileo doveva ottenere il favore, anzi la familiarità del Granduca.

Quattro anni dopo Mercuriale, Vincenzo Giugni gli scrive<sup>72</sup>: Et sentendoli lodare il vostro instrumento, et con quanta prestezza e' si può rendere utile a' principi et a' particolari, mi è parso farne passata con Madama Ser.ma nostra Padrona, dicendoli nel meglio modo che ho saputo, la volontà di V.S. essere d'indirizzare detto instrumento et ragion d'esso all'Altezza del Principe nostro; et ho ancora detto di più, che potrebbe fare resolutione di passare qua per questa state per passare le vacanze et fuggire i caldi et rendersi pronto a mostrare al Gran Principe di quant'utilità sia il suo instrumento: la qual Madama m'ha risposto che sia indiritto al Gran Principe, et che passando qua sarà visto come meritano le sue virtù. Però venga allegramente, chè sarà ben vista».

Per valutare questa lettera basta sapere che fin dal 28 ottobre 1604 era arrivato da Galileo il figlio del Giugni, Niccolò, per rimanervi a dozzina. Costui fece ritorno a Firenze nell'aprile dell'anno seguente. Fu lui a lodare il compasso e il suo maestro presso il padre e, dietro suggerimento di Galileo ormai deciso a pubblicare il *Compasso*, a far chiedere dal padre l'assenso per la dedica a Cosimo.

Il 15 agosto 1605 Galileo viene ufficialmente invitato: Desidera Madama Ser.ma la venuta di V.S. qua, sì per il virtuoso trattenimento del Ser.mo Principe, come anco per l'acquisto della sanità di lei in questa felicissima aria di Pratolino<sup>73</sup>. I primi risultati non furono molto incoraggianti all'inizio, se il precettore del principe Cosimo gli scrive alla fine di quell'anno: Circa i studii del Ser.mo Principe nostro, de' quali desidera che io le dia conto, se ella intende delle matematiche, posso dirle assolutamente che dalla partita di V.S. di Fiorenza in qua, non ha pur visto, non che operato, mai l'Istrumento, non perché la scienza non piaccia molto a S.Altezza, ma parte perché non vi è chi si ricordi così bene le operazioni, et parte perché la Corte è andata continuivamente innanzi et indietro, senza altri diversi impedimenti che vi sono stati; ma come saremo in Pisa, si farà intorno a ciò, al sicuro, qualche cosa. Intanto ella mettarà mano, et forse finirà di stampare il libro, che servirà al Sig.r Principe per un gran stimolo, non che per memoriale<sup>74</sup>.

La simpatia e l'apprezzamento del Granduca si manifestarono subito.

Intervenire efficacemente<sup>75</sup> per sollevare Galileo da ciò che lo angustiava allora: il ritardo nella riconferma alla Lettura delle Matematiche.

Per Galileo le parole di Ferdinando I (che gli vennero puntualmente riportate), furono certo una conferma della intravista possibilità del suo non lontano ritorno definitivo a Firenze: molto volentieri vogliamo aiutare il Galileo perché è virtuoso; però di' al Vinta, che in su la lettera che noi scriviamo al Residente, dica che lo raccomandi efficacissimamente<sup>76</sup>.

Il Vinta tre anni più tardi, gli riferiva le parole di Cristina di Lorena: Scrivi al Galileo che essendo egli il primo e il più pregiato matematico della Christianità, che il Granduca e Noi desideriamo che questa estate venga qua, ancorchè gli sia per essere d'incomodo, per esercitare il S.r Principe nostro figliuolo in dette matematiche, che tanto se ne diletta<sup>77</sup>».

Puntò tutto sul *Compasso geometrico*. Di finito e di meglio allora non aveva che quello. Gli altri scritti erano infatti di minore importanza: accanto ad alcuni opuscoli andati perduti, aveva scritto una *Breve istruzione all'architettura militare*, un *Trattato di fortificazione*<sup>78</sup> e un testo, che utilizzava forse per le sue lezioni, *Le Mecaniche*<sup>79</sup>.

*Le Mecaniche* erano un'opera che le sue ricerche avevano ormai reso superata; quanto al *Trattato di fortificazioni*, anche se sappiamo che Galileo aveva avuto in mente di scrivere alcuni libri attinenti al soldato, niente fa supporre che abbia mai pensato di pubblicare il testo nella forma in cui è giunto a noi: esso non regge al confronto con i testi coevi, scritti da ingegneri militari di grande esperienza, ai quali certamente aveva fatto ricorso per documentarsi<sup>80</sup>.

Il Compasso invece aveva avuto un grande successo; Galileo calcolava di averne fatto fabbricare più di 100, che erano stati venduti o donati a Principi e Signori di diverse nazioni, lo strumento era ormai stato portato in tutta l'Europa dai suoi scolari, spesso unito a scritture che dichiaravano il modo di usarlo. Galileo puntò tutto sul Compasso.

Abbiamo già accennato con le stesse parole di Galileo alla sua necessità di avere più tempo disponibile per le sue ricerche e per il compimento dei grandi lavori già ben avviati, ma un altro motivo d'ordine scientifico, di cui Galileo non parla, deve certamente aver pesato assai nella determinazione di lasciare l'università di Padova: il desiderio di portare avanti la diffusione di quella nuova teoria cosmologica di cui egli era ormai convinto assertore, e su cui stava scrivendo un libro, per il quale aveva già deciso il titolo *De sistemate, seu constitutione universi*.

Un proposta che allora non era solo scientifica, ma anche ideologica; un'opera di divulgazione che avrebbe avuto contro non solo tutti i peripatetici, così potenti in molte università, ma anche gran parte dei teologi; un'idea che in piena restaurazione cattolica poteva essere ritenuta stravagante ed erronea.

Galileo voleva che la teoria copernicana fosse accettata dalla gerarchia ecclesiastica; ma non avrebbe potuto ottenere la neutralità della Curia rimanendo nella Venezia dell'interdetto, nella cerchia di Paolo Sarpi e di Gianfrancesco Sagredo, nella repubblica che aveva cacciato i gesuiti dallo stato.

I Medici invece erano strettamente legati alla Chiesa, Paolo V era toscano, Galileo aveva buoni rapporti con l'influentissimo padre Clavio, il più profondo conoscitore della matematica e dell'astronomia che avesse l'Ordine di S. Ignazio.

Anche per questo motivo era arrivato il tempo di tornare in Toscana; soltanto di lì poteva allontanare la malignità dei nemici, falsamente ammantati di zelo e di carità, non più semplice professore, ma eminente scienziato e cortigiano amato dal suo principe.

La pressione a ritornare in patria viene dunque prodotta da molteplici esigenze scientifiche ed economiche, tra cui è difficile identificare quella che operò con maggior forza.

Abbiamo cercato fin qui di mostrare quanto fu importante il compasso, sia lo strumento che il suo manuale, nella realizzazione delle speranze di Galileo. Certo il grande scienziato non poteva immaginare che avrebbe avuto ben presto la sorte di costruire il

telescopio e di fare sconvolgenti scoperte nei cieli.

Dopo le osservazioni astronomiche del 1609 Galileo capì che le sue difficoltà erano finite: Venezia fin dal 25 agosto 1609 gli assegnò a vita 1000 fiorini, ma questo stipendio poteva essere percepito solamente a partire dalla sua ricondotta, cioè dal 19 settembre 1610, e per di più non potendo essa condotta ricever mai aumento alcuno<sup>81</sup> ».

Galileo, non soddisfatto, continuò la sua azione presso il Granduca, che infine decise di richiamarlo con provvigione annua di 1000 scudi, equivalenti a 7.000 lire fiorentine. La notizia gli fu comunicata il 5 giugno da Belisario Vinta, il quale non mancò di far notare gli altri vantaggi che avrebbe in seguito potuto ottenere: «et sì come vivendo appresso all'A.A. loro et con esso loro conversando, conosceranno et proveranno sempre più la sua valorosissima et eminentissima virtù in tanti et tanti conti, così accresceranno al suo merito amore et stima, et alla sua persona favori, honori et gratie. Et se V.S. si contenti di questo, bisogna che la me lo specifichi bene bene con sue lettere, con farsene poi in nome di lei la supplica, et da S.A. il decreto et rescritto, et la pubblicazione quando vorrà la S.V.: et intanto si terrà più segreto che sarà possibile<sup>82</sup>».

Due mila lire di più e tanto tempo libero: a Firenze avrebbe potuto rinunciare ai notevoli guadagni delle lezioni private e dei dozzinanti, perché gli erano promessi *favori, honori et grazie!* Avuto il diploma di nomina, che fu sottoscritto il 10 luglio, Galileo provvide alla partenza che venne ritardata solo dalla malattia e dalla morte di un servitore a lui caro, ma ai primi di settembre già era a Firenze, forse senza essersi neppure congedato dal governo veneto<sup>83</sup>.

Mai più tornò a mettere piede nello stato veneziano. Fra Paolo Sarpi, Gianfrancesco Segredo e gli altri amici veneziani rimasero sdegnati con lui<sup>84</sup>. Galileo aveva veramente chiuso un periodo della sua vita.

[inizio](#)



# IL COMPASSO GEOMETRICO E MILITARE

## The invention's originality, scientific value and economic utilisation

Roberto Vergara Caffarelli

(Translated by Katuscia Mariottini)

1. [The invention's originality](#)
2. [Scientific Value of the Compass](#)
3. [Economic utilisation](#)

### 1. The invention's originality

The introduction to Galileo's brief treatises<sup>1</sup>, including the first two printed by him, gives the opportunity for some considerations, which can be grouped from a logical point of view into three parts: an examination of the originality of the invention of the compass is the first step; only after that can the invention's scientific value be discussed. Finally, it is interesting to mark another aspect which, due to its complexity, can be summed up by referring generically to its economic utilisation.

The compass was extremely important for Galileo, so we should not be surprised by his sharp and cutting words of protest against Baldassarre Capra's plagiarism in *Usus et fabrica circini*, which led to the suppression of almost every copy of that book<sup>2</sup> and to the writing of the *Difesa*.

It is strange that, after a positive verdict concluding an official inquiry, doubts still exist on Galileo's paternity of the geometrical compass. In fact, the verdict refers to the book and only indirectly to the instruments. Moreover, as often happens when studying the history of an invention, the compass too has multiple paternities, because of prior writings and ancient compasses showing the same scale shown by the compass of Galileo as well.

The application of the pendulum to the clock, the thermoscope, and the microscope: almost every Galilean invention has been the object of controversy.

A clear example is what happened after the discoveries he made with the telescope: it was not by chance that he was compared with another debated discoverer, Christopher Colombo<sup>3</sup>.

A remark on the subject: were it proved that Galileo built the compass after having knowledge of its existence and use, his claims and defences should not be judged insincere for this, because they would be coherent with the meaning he gave to the word invention.

Do you remember what Galileo says about the invention of the telescope? He was told that a Flemish man had made an "occhiale" (eye-glass) by which far away objects could be seen as if they were very near. He was driven to look for the reasons and to find out how to reach such an instrument's invention: "quod tandem in causa fuit, ut ad rationes inquirendas, necnon media escogitanda, per quae ad consimilis Organi ionventionem devenirem me totum convertem"<sup>4</sup>.

The telescope as well was called an invention.

After sixteen years, it is Galileo himself who tells of the circumstances of the plagiarism: "Yet I don't want to keep silent anymore and I will tell you about the second theft<sup>5</sup>, which was intentionally committed with too much boldness by the same man who did the first one many years ago, when he claimed the invention of the compass, even if I had already shown it to a great number of Gentlemen, and finally made it of public knowledge by its publication. And please for this time forgive me for my too sharp grudge, which is contrary to my nature, habit and intention, and for my exclaiming what I have been silent about for many years. I am talking of Simon Mario Guntzehusano, who in Padua, where I was at that time, already translated the commentary about the use of my compass into Latin, and claimed its paternity, asking one of his pupils to publish it under his name. After that, perhaps in order to flee any punishment, he immediately went to his country. However, he left his pupil in trouble, because, since Simon Mario was not there, I was compelled to act against him by writing and publishing *Difesa*.

Since *Usus et fabrica circini's* dedication to the Margravio of Ansbach-Brandenburg dates from March 7th 1607, whereas the dedication of *Compasso* to Cosimo dates from July 10th 1606, one knows that Baldassarre Capra had no more than eight months of time to carry out the plagiarism. However, the existence of a previous draft of the translation cannot be excluded.

Galileo had been dealing with the subject of "priority" already in the introduction to *Compasso*<sup>6</sup>, where he claims that the reason for a 60-copy private issue was his need to make himself sure of his attribution of the invention of the compass by the testimony of publication. In order to achieve this target, he published at its own expense a few copies, making a present, together with the instrument, to the young prince of Tuscany (who the treatise is dedicated to) and to other lords<sup>7</sup>.

In his memorial of April 9th 1607, together with a petition against Capra addressed to the "Riformatori dello Studio di Padova", which was a censure office for the press as well, Galileo confirms what he had already written in *Compasso*: since he felt that someone else would attribute to himself all the honour for the invention if he did not take any steps, he decided to publish a few copies in Padua, in order to get in the way of anybody who would assume all the credit of the fruits of his labour<sup>8</sup>.

It is not possible to know exactly who this "someone" was; it may be remembered that Eutel Zugmesser is mentioned in *Difesa* as a German appearing in Padua around 1603 carrying an instrument very similar to his. It was "provided with a few inscribed lines copied from mine, while other lines were omitted and replaced with other ones"<sup>9</sup>.

Referring perhaps to Capra and Simon Mayr, he says that on this occasion his emulators and his old enemy too hinted that he could have copied from the foreigner. As a result, Galileo had to cope with a confrontation at Giacomo Alvise Cornaro's house and, in front of many gentlemen, he finally managed to make the people present understand that it was Zugmesser who had copied from him.

Zugmesser became the mathematician of the archbishop Ernest the Elector of Koln- and several times in 1610 he met Martin Hisdale, who found him rather hostile to Galileo, because he considered himself offended by the text against Capra<sup>10</sup>.

Hasdale told Galileo that " the Mathematician of Koln" had said, " in Sir Cornaro's presence, Your Lordship confessed that his instrument was better than your own" and also that "in Your Lordship's instrument there was a lack which was not shown by his one"<sup>11</sup>.

These assertions remained however totally discredited because, as one of the Padua witnesses, Pompeo de Conti da Pannichi<sup>12</sup> was in Koln and Hasdale wanted to set up a confrontation in the Elector's presence, Zugmesser "went always fleeing any danger".

Indeed, it is appropriate to make a deep analysis of this first episode of objection to the invention. It is necessary to mark that, apart from some verbal complaints, Zugmesser did not react to Galileo's claims, which however were circulating, and he did not even try to indicate any other origin of the instrument.

Galileo wrote about him: "five years ago he was in Padua, showing an instrument which was largely copied from mine; and, while he was leaving, he left illustrious Mr Michele Victor of Vustrou in Branswich () a few writings concerning the instrument's construction and a few of its uses, which, after him, came into M. Gasparo Pignani's possession, who was a very clever builder of any kind of mathematical instrument and an expert in mathematics and, as he made copies of them to somebody else, they went into Capra's possession() Moreover, I want to say that these writings are lacking not only in many operations () but also the whole description and the uses of the lines, called "Aggiunte" () and the poligraphic lines, as well as the bomber's sight and the division to measure inclines and the Quadrant division to measure by sight. Moreover, as my name is mentioned several times in these very brief treatises, it is clear that not only did the Flemish man know my writings, even though they had not been printed yet, but also he did not try to hide the truth, showing a better and more polite nature than Capra's"<sup>13</sup>.

It is fairly clear that the Flemish man (as Zugmesser was always called by Galileo) had just modified or, in some cases, tried to complete Galileo's instrument<sup>14</sup>.

A remark to conclude the "Zugmesser" subject: Galileo could object Capra chiefly the plagiarism of his publication, because of his adversary's vagueness about who invented the instrument. In the Introduction, for instance, Capra marks his decision to divulge both its use and making for the scholars' public utility, whereas at the same time other people are just debating about the invention and making copies for a high price. It is true that many ambiguous expressions, as they were found by Galileo, could persuade the reader about Capra's attribution of the invention of the instrument, but during a debate in front of the Riformatori, the accused does not dare in fact to claim even having ever made one.

The instrument was instead existent in the Zugmesser case, so Galileo was compelled to contest the invention, and he did so unhesitatingly.

Paolo Sarpi, Gianfrancesco Sagredo, Giacomo Alvisè Cornaro and Giacomo Badouere believed and declared that Galileo was the inventor of the compass and surely also those that Galileo expected to come to Venice believed it: "I'm not lacking testimonies, whose declaration confirms that I can rightly demonstrate to Your Lordships that this is one of my old inventions, not stolen from anybody, and not Capra's new discovery"<sup>15</sup>.

Cornaro's letter to Galileo refers to the testimonies: "Since I doubt that anybody from this Studio is coming there, I should suggest setting up another congress here, in Padua in the presence of the Signori Rettori of the Town. I spoke to Pilan, who told me that he bought Capra's book, and having carefully seen it, he found that it was copied from Your Lordship, Magini and that German, or Flemish man, and that there is nothing of himself. Therefore, one never says enough about that proud young man's boldness"<sup>16</sup>.

There is no need to quote all the fervent affirmations of paternity which can be easily found in Difesa, but the possibility of previous

authors is shown in an important passage: "He (Capra) is claiming at the same time what he printed as his Maestro's work as well as Tycho Brahe's invention and he endlessly claims around Padua that I copied this invention from a book, printed in Germany and in the German language, which he is going to receive and show to everybody. () Therefore, this book will arrive and, as far as I know, Gromo will carry it. But it is necessary that Capra should take better care of this second one he will receive () in order to show it to anybody who does not believe just in his simple words"<sup>17</sup>.

Despite the irony of Galileo, who does not believe in the book's existence, in this case Capra was right, because a book had been printed by Levin Hulsio in 1604, another one by Philip Horcher in the following year, and a reduction compass attributed to Joost Burgi is described in both of them. However, it is a different thing from the compass of Galileo.

Now, having mentioned a first one, it is necessary to mention a series of other possible forerunners or inventors: Nicolo' Tartaglia and his bombers' sight, Fabrizio Mordente and Commandino and their compasses, Guidobaldo del Monte, Michel Coignet<sup>18</sup>, Thomas Hood and others.

Giovan Battista Venturi<sup>19</sup> alleges that "a few pamphlets in German concerning geometrical instruments were published in Frankfurt by Hulsio: the third one, published in 1607, but already communicated and mentioned since 1603, includes a treatise concerning Giusto Birgio, the King's machinist's proportional compass. This is Commandino's compass a Centro Mobile colle Facce Piatte; one of its sides shows: 1- the right line's division into equal parts; 2- the circular line's division.

The other side shows:

1-proportiones homologorum augendo vel diminuendo, that is Galileo's geometrical lines;

2- -proportiones homologorum corporum augendo vel diminuendo, that is the stereometric ones;

3- the point corresponding to the centre, the other point is the periphery

4- the points use to transform each one of the six regular bodies into each other, called G, P, C, O, D, I, that is Globus, Piramis Cubus, Octaedrum, Dodecaedrum, Icosaedrum. One can see that Birgio had not copied from Galileo, but, drawing upon Commandino's compass, he had made several useful applications of his own and some of them were very similar to Galileo's. Even the principles of the compasses are not very different from each other: Picture V, Figure 1, EFGH shows Commandino's and Birgio's compass, whereas ABC is the compass of Galileo. At this point, on one side  $EK: KF = EG: HF$  and on the other side  $AM: AB=MN: BC$ . Accordingly, it can be said that the first compass's geometrical base is the same as the second compass; but the principle of the compass of Galileo appears to be more natural and simpler.

And yet, it seems that the proportional compass showing only two couples of arithmetic lines and the sines inscribed by Guidobaldo was actually used, since a similar instrument, as simple as this one, is mentioned in Speckle's military architecture; Clavio declares he saw a few similar instruments in Rome in 1604, and Henrion says that in 1614 he was shown one.

Nevertheless, except perhaps for the first two couples of lines, that is the arithmetic and geometrical lines, five other couples had been applied to the compass *di centro fisso* by Galileo on his own. The quadrant he added was commonly used as early as in the sixteenth century, being just a derivation from those which had been in use for

a long time. Geometricians agreed in acknowledging the compass of Galileo to be subject to fewer aberrations and to have a more immediate and extensive use than Birgio's".

However, the study of relations of historical or logical dependence among different mathematical instruments or measurers similar to the compass suggested or made during the second half of the sixteenth century was not the subject of this paper. This paper is instead concerned with the issue of whether Galileo had full knowledge of a prior instrument that inspired him or his invention is totally original.

For instance, a total autonomy is not believed by Favaro: "It is not so unlikely that Galileo had some knowledge of the instrument. Surely he saw similar ones which led him to construct his own, since he was such an intimate friend of the marquis Guidobaldo Del Monte<sup>20</sup>, and he in fact visited him at Pesaro as well"<sup>21</sup>.

It is therefore necessary to debate about the probability that Galileo's instrument was suggested by Guidobaldo.

A sufficient number of documents seem to exclude Guidobaldo from being the first source of the compass of Galileo or even of any of his rough versions. Guidobaldo had knowledge of Galileo's construction of the compass, because a copy was in the possession of Orazio, his son<sup>22</sup>. It is said that, as a real lord, Guidobaldo was not worried about claiming his priority. But what about Galileo: didn't he have to feel embarrassed towards someone had helped him a lot?

Instead, there had never been any grudge between them, and Galileo's relationship with the marquis's family was very close even after Guidobaldo's death, Alessandro, his son, writes on the 8th January 1607: "Since you're always been a good friend of our father Guid'Ubaldo, I cannot help letting you know that the other day, the day before Epiphany, at a quarter past eight, he passed away So, having lost somebody who loved Your Lordship so much, you will take part in our sorrow. We, me and my brothers, ask you to receive us as your servants with the same love as our father, as Your Lordship deserves"<sup>23</sup>.

Finally, on June 15th 1610, Orazio Del Monte writes: "We are impatient to see anything about your geometrical instrument, as in your writings your Excellent Lordship promised to show something more in future"<sup>24</sup>. One can see therefore that Orazio was in possess of both the extremely rare Compasso and Difesa.

In this letter Galileo is asked to look for a clever printer in Padua, because Orazio dal Monte would like to publish a few of his father's works, including a paper concerning "the construction of an instrument-provided with inscriptions-" he found.

It is difficult to believe that Orazio did not know whether his father had built a similar instrument many years before, since he himself appreciated the compass of Galileo, having a copy. It is even more difficult to imagine that, knowing that the first idea of the compass was his father's, and without receiving any merit for it, Orazio could entrust someone else who had used such a successful idea for himself.

A lot of confusion about the invention's priority was going on even during Favaro's time, and, even if he knew all this, he declared that "It has been wrongly said that Galileo is the inventor of the proportional compass"<sup>25</sup>, as Galilei himself had recognised that "other similar instruments had been made and were circulating among scholars before his one".

A sentence from the introduction to Compasso (Ai discreti lettori) is mentioned by Favaro as proof for his declarations: "I will never say

what has been reached by my work, leaving instead the judgement to those who understood it from me or will understand it in future, and most of all those who will see similar instruments discovered by other scholars, since the majority of the greatest discoveries included in my instrument have never been either experimented or imagined yet".

Is it right to give the se words the meaning Favaro intended? If this declaration is interpreted as an acknowledgement of the existence of other compasses, it will become incongruous with the solemn and formal one which can be read from Galileo's memorial to the Riformatori: "Therefore, I am the sole true legitimate inventor of both the instrument and any text about its operations already publicised, and nobody else has any part in them".

In fact, until 1607 nobody in Padua had any knowledge about any instrument similar to the compass, except for an instrument carried by Zugmesser. He was however defeated in such a miserable way that during his debates with Galileo, that Capra could not deny the attribution of the instrument to his adversary.

It is not possible to assert Favaro's position without belying Galileo, who declares in the presence of the highest academic authorities: "For ten years already, I have been studying very hard and I have reached some perfection in one of my mathematical instruments, thinking it up, inventing and improving it by myself. Its uses are important in number and quality in any domain of mathematics: the contemplative uses as well as the civil, military and mechanical ones. I esteemed it could be very useful to many people if they were given the instruments together with a clear and complete commentary about their uses"<sup>26</sup>.

If possible, also all those who supported Galileo against Capra must not be belied.

What instruments, then was Galileo referring to? Even delimiting our research just to the catalogues of the Museum of Science History of Florence<sup>27</sup> a few instruments vaguely similar to the compass are found: their similarity consisting in their shape (hinged rules showing inscribed scales) or in their function: Baldassarre Lanci's instruments (for instance, a diastimeter, including two graduate compasses, an archimetro for triangulation and a 1557 compass); Antonio Bianchini's 1564 diastimeter compass; Haumphrey Cole's 1575 topographic ruler, whose scales can calculate surfaces and volumes and whose joint can be used as a clinometer, by blocking it and forming a right angle.

The total originality of Galileo's invention can be shown by analysing a few other considerations.

First of all the instrument's gradual evolution, based on objective documents: for instance, in 1601 Mercuriale writes to Galileo: "I must ask you again to finish your geometrical and military instrument at any cost"<sup>28</sup>. The gradual improvement of the compass is asserted by Giovanfrancesco Sagredo and Jacques Badouère as well.

Further evidence for the importance of the compass's military use, applied by Galileo for his pupils' private education, is found at the end of Compasso: "Yet, as is said at the beginning, my actual intention is to speak only to military people and of just a few things other than those belonging to these professors, waiting for another occasion to publish information about the construction of the instrument together with a description of its uses".

His treatise Breve Istruzione all'Architettura Militare (May 25, 1593) is considered by Favaro to be a summary of Galileo's first-year lessons. As in other similar treatises, practical elements are given at the beginning; they consist mostly of how to divide lines, reproduce

angles, construct regular polygons. "The way fortification maps must be described, by the measures and the proportions most suitable to the fortification desires" is part of the teaching program. "It is necessary to reduce those arms, or feet or perches our real fortification is measured by, into very small measures that can be understood from a little sheet of paper in front of us"<sup>29</sup>. At this point, engineers have to cope with a problem consisting of having to increase or decrease measures when using different countries' units and with a problem of declaring how the scale is created and used. All these operations become easier by using the compass.

Not only did Galileo's treatises and lectures on fortifications include commentaries about the use of suitable instruments. Among those who described instruments found by themselves, the author of one of the more beautiful and instructive texts of the genre in his time deserves to be recalled<sup>30</sup>: *Le Fortificazioni di Buonaiuto Lorini, nobile Fiorentino*, published at Venice in 1597. Reprinting it in 1609, Lorini added a sixth book "Showing how to measure distances and survey maps" and carefully describing<sup>31</sup> the construction and use of a new instrument for measuring distances, called *Mezzo Balestrino*.

A quadrant is shown on his instrument: its functions are the same as those of the bombers' sight, since it can be used by "bombers to focus the artillery at the elevation required to hit the target". Its inscriptions are instead useful to "know the weight of the artillery's iron balls, and the depth of the valleys to draw any country's border or survey fortress maps. The original one by Lorini is reproduce in Figure 1, showing a more detailed description of the instrument. All these operations can be performed by the compass, and yet it is completely different. This is an example of what Galileo perhaps was referring to by "similar instruments."

[back to main menu](#)

## 2. Scientific Value of the Compass

The decimal system is quite a recent system: in Galileo's time one *braccio fiorentino* was divided into twenty *soldi* and one *soldo* was divided into twelve *piccioli* or *denari*; one *braccio veneto* was divided into twelve ounces and one ounce into twelve *punti*. Non-decimal systems were used for weight, square, cubic measures and currencies as well; therefore, most times it was simpler to express the non-integer part by means of fractions.

In this way, however, even simple arithmetical operations were not too easy; and difficulties increased when extracting square or cubic roots.

For instance, Galileo's figures shown in Volume 72 of *Manoscritti Galileiani*, kept by the Biblioteca Nazionale of Florence<sup>32</sup>, include very simple operations whose results are wrong<sup>33</sup>. Sometimes an error occurs when fractions are handled: for instance, sheet 176r shows  $265 \_ \times 254 \frac{3}{5} = 67570$ . It is interesting to try to see Galileo's procedure. It is possible that he first multiplied 265 by 264; then, without adding the partial products, he multiplied  $\_$  by 254 and wrote the result 127 writing units and tens in the respective columns' empty space and adding a new line, since there was no space for writing 1 in the hundreds column. Galileo should now multiply 265 by  $\frac{3}{5}$ , but his attention was diverted (his errors are always of carelessness) and he multiplied 265 by  $\_$ . Then he added the round

result 133 by writing units, tens and hundreds into the respective columns' empty spaces: as a result, this calculation presents the same shape shown by as all the multiplications on the sheets of *Manoscritti Galileiani*, vol. 72.

Of course, the sheet shows  $254 \frac{3}{5}$  and not  $254 \frac{1}{5}$ . Except for errors of carelessness, it is interesting to remark that, as well as in other cases, the exact result-which needed the multiplication of two fractions- is not considered important by Galileo.

Can the compass perform multiplication? The answer is yes: the multiplication of two numbers is included in Galileo's *regola del tre*. Why therefore does Galileo not use the compass?

In order to answer, 254 can be multiplied to 265 by an imaginary compass, trying to understand his procedure. These could be the instructions: open any ordinary compass in order that its legs are as distant from each other as 100 points from the arithmetical line.

Open then the geometrical compass<sup>34</sup> in order that the ordinary compass's legs obliquely correspond to the points 254 of the two arithmetical lines; then close the ordinary compass's legs in order that their distance is just 26.5 points and use it to find the points of the oblique distance of 26.5 on the two arithmetical lines. As for performing divisions, the procedure is the same.

It is immediately clear that one cannot know more than three digits of the result: this can explain why the compass is not a very exact multiplying calculator (unless big figures are used) and why Galileo does not claim its use in this direction.

The compass is very useful indeed when extracting square or cubic roots, since in this case the figures are not simple for anybody not having a good mathematical education. These lines are exploited by Galileo for many operations.

Apart from particular uses, such as the rule to change currencies or calculate compound interest, the majority of these applications are geometrical ones, including different ways of measuring by sight, which are interesting from a practical point of view. The instrument is therefore useful when learning arithmetic or geometry.

In his work on the compass, the Jesuit Paolo Casati<sup>35</sup> explains its possible uses: "it is a work useful to geometers, landsurveyors, civil and military architects, painters, sculptors, and anybody using pictures, but also to bombers, sergeants at war, merchants and so on, because of the simplicity of the arithmetical operations". In his *Prefazione*, after having mentioned the difficulty in finding texts concerning the use of the compass, Casati affirms he "had never had any chance of seeing any author except for Galilei: twenty-two years ago, in the *Collegio Romano's* bookshop I found a text concerning this subject, which I could not understand then."

A century later, Francesco Maria Gaudio writes<sup>36</sup>: "Ab eadem doctrina pendet constructio Sectori Geometrici, qui Circinum proportionum, aut Geometricus, vel etiam Compassus appellari solet". A little below, Gaudio's assertion reveals the didactic value still attributed to the Compass of Galileo after a century and a half after its invention: "this instrument's explanation and use embraces almost the whole of geometry and its commentary will consist without any doubt in a very big part of our *Geometria Pratica*. It is enough to allude to the principle it derives from, which had to be in its inventor's mind when he imagined it".

As for the compass's scientific value, one cannot deny that the most interesting lines are the metallic ones. In order to know the density values inscribed by Galileo along them, one could need a compass surely attributed to Galileo, otherwise the distances on the figure printed in Padua in 1640 should be measured assuming that it is a careful commentary. The only explicit thing in this text is the ratio

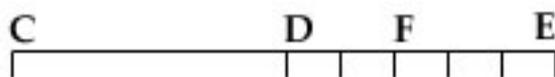
between the volumes of the two spheres of the same weight, one of gold and the other one of silver. The indicated ratio 0.6 could be a round figure, because in the density table associated to the *Bilancetta* the ratio is instead 0.54, the same as in modern measures.

Mattia Bernaggeri's and Capra's treatises are very interesting for what they say about the metallic rules, widening the debate considerably, especially the former. Galilei as well wondered at Capra's indication of the density value of *argento vivo*, as mercury was called.

None of them, however, noticed an important error Galileo had made.

This is publicised by Pierre Petit, in a very interesting little book printed<sup>37</sup> in 1634 even if a part of it had already been written in 1625- in the proposition VII beginning on page 113, under the title: "Erreurs de Galilée, de Berneggerus et de Henrion"<sup>38</sup>. It is worth mentioning a long passage for its interest: "In his translation from an Italian treatise about the use of the proportional compass of Galileo, on pages 32 and 33 Mathias Berneggerus declares that, in order to know the size of mixed bodies composed of different metals, the difference of these simple metals' size should be divided accordingly. The alloy's proportion and this division point should be taken".

For instance, this is his own example: if C is the diameter of copper and CE the diameter of tin, one must find the size of a mixed body composed of three parts of copper and two of tin. He says that in order to do it the difference DE should be divided in such a way that two parts are contained in DF and three parts in BE. Accordingly, the line CF is the size (or diameter) of the mixed body of metals.



According to the proportion of 3 and 2 mentioned before. Even if it is confirmed by his translator, it seems that one should not believe that Galileo really said it, yet, one of our ordinary writers who easily takes the best he finds<sup>39</sup> from other has no doubts and considers this false document real, as Berneggerus says. These are his own words, on page 143 of the 1626 and 1631 texts about the use of the proportional compass: "one can do the same using two metals mixed together, and an alloy composed of one half of silver and the other half of copper: the distance between the two characters (that is, chemical signs) of silver and copper should be divided into two equal parts, then one should operate on this division point exactly on the same way used for the simple metals. Yet, if an alloy composed of one part of copper and two of silver is required, the distance should be divided into three equal parts and the first division point, that is the point nearer to the silver, must be used for the alloy composed of one part of copper every two in silver. For an alloy of one part of silver every two in copper, it is the point nearer to the copper which is required." This opinion can be denied by means of his own numbers: for instance, having given the diameter of gold of 730 parts and the diameter of silver of 895 parts, he concludes that the diameter of a body consisting in an alloy composed of one half of gold and the other one of silver will be the half of their difference, that is 165; that is by adding half of the difference (82.5) to 730 (gold), the result is 812.5".

Two more pages are needed by Pierre Petit for the explanation of the error and his conclusion: in the case of an alloy of equal parts of gold and silver, if three spheres of gold, silver and of the alloy must have the same weight, then the cube of the alloy's diameter is the same as half the sum of the cubes of the diameter of the spheres of gold and silver. That is why the alloy's diameter is 820 and not 812.5, as

was claimed by Henrion and Galilei<sup>40</sup>.

One can ask whether Galileo ever saw this error and, in this case, why he did not try to reprint Compasso, Having the chance to correct it and publicise further applications, which were not included in the 1606 edition.

The big quantity of publications on the compass printed during these years can be a possible reason. The debate with Capra had been enough for Galileo: surely he did not want to be involved in new debates, because his being famous could be useful to anyone wanting to become famous by means of contestations.

For instance, Henrion claimed his priority by dating his researches on the compass back to 1606: "Therefore I declare the use of this compass mine because I did it without having seen any other compass and in fact nobody had published anything yet, and the most useful operations of the compass are not known by these who published anything immediately after it, Two years ago, Mister Gunter, professor of astronomy at Gresham College in London, printed a book in English concerning the use of the compass , showing what I had published twelve years before".

The text mentioned by Henrion is Edmund Gunter, The description and use of the Sector, London 1623.

A brief list of other publications is suggested by Venturi<sup>41</sup>:

1604. Hulsii Levini, Beschreibung und Unterricht des Jobst Burgi proportional-Cirkels, Frankfurt.

1605. Philippi Horcher, Libri tres, in quibus primo constructio circini proportionum edocetur. Deinde explicatur quomodo eodem mediante circino, tam quantitates, continuae, quam discretas, inter se addi, subduci, multiplicari, et divid, brevissimo compendio posint, Maguntiae.

1607. Balthesaris Caprae, Usus et fabrica circini cuisdam proportionis, Patavi.

1608. Leonhard Zubler, Nova Geometria Pyrobolia, Zurich.

1610. Faulhabers, Proportional-Zirkel(in his treatise concerning new discoveries in geometry and perspective), Ulmae.

1610. Georgius Gelgemayers, Unterricht von proportional cirkel. Laugingen, 1610. Reprint:Augsburg 1611, Ulm 1615 and 1617.

1613. Galilaeis de Galilaeis, De proportionum instrumento Tractatus, a Mathia Berneggero ex italica in latinam linguam translatus: adjectis etiam notis illustratus, quibus & artificiosa Instrumenti fabrica, & usus ulterior exponitur, Argentorati. (Circulating again in 1635 with a new title page).

1615. Christ Laurenbergii, Clavis instrumentalis; oder arithm. Geom. Proportional-Instrument. Leipzig.

1618. D. Henrion, Usage du compas de proportion. Paris. Reprint: 1624 and so further. Between 1630 and 1681 more than twenty editions were made.

1619 Georgius Gelgemayers, Centiloqium circini proportionum, Numberg.

1623. Adriani Metii, Praxis nova geometrica per usum circini proportionalis, Franeckerae.

1626 Mich. Cornette, La géométrie reduite en une facile pratique par deux instruments, dont un est le pantometre ou compas de proportion, Paris.

1526. Nicolaus Barthelt, Instrumentum instrumentorum mathematicorum, Berlin. Reprint: Rostoch 1627.

1526. Wolffangus Lochman, Instrumentum instrumentorum, Alten Stettin. Reprint: Rostoch 1627

1534. P. Petit, construction et usage du compas de proportion, Paris.

This was enough for Galileo to renounce reprinting his book: he was thinking of something else!

[back to main menu](#)

### 3. Economic utilisation

Collecting and linking information concerning the geometrical compass can help us to see clearly what economic and scientific reasons caused Galileo's request to the grand duke for a useful final homecoming to Tuscany, since Galileo tried to approach his Prince by means of young Cosimo's mathematical education with the use of the compass<sup>42</sup>.

Having recognised the importance of the role of the compass in the "strategy for his return", even the reason for the criticism of Capra becomes more easily understandable, as Galileo's plan could have been jeopardised by the instrument and his writing's plagiarism.

Galileo started his contacts for a gradual approach over a long period, from September 27th 1604, when the contract for his lectures on Mathematics in Padua was over, until August 6th 1606, when he was conferred his chair again, after almost two years waiting.

In June 1605 Christine of Lorena received Galileo 's news about his intention of dedicating his work concerning the use of the compass to the prince of Tuscany. It was a clever move: he got her approval and an invitation to spend the summer at court.

In this way contact was established and, later, strengthened by the esteem Galileo deserved from the royal family.

What reasons made him wish for a total change in his life? Galileo 's need to carry out a great intellectual project that was clear in his mind, even if he was not young anymore, was the most important of them. He decided not to teach nor to give private lessons to dozens of student anymore and use all his free time for researching, experimenting and writing.

He knew that all this time was required in order to realise his new science, an "immense concept full of philosophy, astronomy and geometry" he had brought to life, but he could not foresee that he had still to wait for thirty years and to face many battles before realising it.

A very meaningful promise is evident in his dedication of the compass to Cosimo: "Your Lordship will enjoy my mathematical joke, as I call it, and it will suit your education, it is one of the fruits which Divine Providence let me pick up from my labour in these really princely domains, and they will increase together with my age".

Galileo came back with full honours to his chair at Pisa which he had left in 1592, but only pro forma, because all his requests was taken into considerations by the new grand Duke Cosimo<sup>43</sup>, who not only conferred on him the title of *Primario Matematico dello Studio*, (so that he was paid using University funds) "without being obliged to live at Pisa nor performing lectures except for when you like to or we explicitly and extraordinarily ask"<sup>44</sup>, but, more important, the title of "truly *Primario Matematico e Filosofo*". Foreseeing the controversies, he would have to cope with, this title was so useful to Galileo that in the negotiations for his return he had asked explicitly for it, having declared a longer period for his studies in philosophy than in mathematics.

It is surprising that Galileo published his first work, *Le operazioni del compasso geometrico e militare*, in 1606, after a twenty-year experience in teaching and researching. It was a two-copy edition, and it was never reprinted by him again. It was an edition printed at home and dedicated "first of all to my Lord, the young Prince of Tuscany, and then to other Lords who were waiting for it".

He printed it after forty-two years! About the Paduan period, he writes: "I have been spending twenty years the best of my life, in giving everybody a little of the ability in my profession that I received from God and my labours" .

It is easy to understand how pained he felt because of Baldassarre Capra's fault: "who is stealing from us by fraud and bold usurpation the honour, fame and glory we deserve, not inherited from nature nor destiny or case, but a fruit of our studies, labours and long eves".

Printing the *Compasso Geometrico e Militare* as the fruit of his labour, Capra attributed the instrument to himself, calling in fact Galileo a bold usurper even if Galileo had dedicated the Compass to his lord The Prince of Tuscany just a year before.

His *Difesa contro alle calunnie ed imposture di Baldessar Capra* is the first example of Galileo's wonderful fervent writing, an effective, polemical, lucid and at the same time well-balanced piece of writing: a few pages are a real chef-d'oeuvre announcing *Il Saggiatore*, written to defend and restore his honour against anybody claiming the attribution of the Compass.

These episodes may be considered unimportant, but they occur in a very important period of Galileo's life and the previous and the following events are related in different ways to these writings and the instruments described.

Galileo's psychology cannot be easily understood without considering his economic difficulties. The starting point is very remote: his father's death<sup>46</sup>. His decision to leave Pisa and go to Padua is a clear example of a period when economic aspects were more urgent than scientific ones: it was certainly due to his family's need, which he had to think about, since he was the eldest son.

The circumstances of his going to Padua are very carefully told by Favaro<sup>47</sup>, but he is wrong in assuming that Galileo accepted a salary just a little higher than what he used to earn at Pisa: he had tone more reason to see as justified Galileo's decision to go to Padua, compared with Viviani and Arrighini, the first Galileo's biographers.

The papers of the *Studio di Pisa* (1589 and 1590) show that Galileo earned 60 florins, and the 1589-1592 cash books show that Galileo received 60 ducats<sup>48</sup>. Therefore, when he was in Pisa, Galileo received 420 Florentine Lira<sup>49</sup>.

It is useful to recall that 41 professors are mentioned in the 1589-1590 paper and a good 10 of them received just 45 ducats per year, whereas the minimum salary was that of two professors of civil law:

the one who used to teach in the morning received 650 ducats, the one who taught in the afternoon 600 ducats. A salary consisting of 60 ducats was not too low for a young teacher at his first experience of teaching, considering that he used to give private lessons as well.

However, these are the lowest salaries: in these years brick-layers at Florence used to earn two Lira per day, that is from 80 to 90 ducats per year, whereas hodmen and farm labourers earned half of that sum.

In Padua instead, Galileo received in his first year 180 Florins, that is 900 Venetian Lira<sup>50</sup>.

Favaro was wrong in calculating the Venetian Lira value as half of the Florentine Lira: in fact, the Venetian Lira and the Florentine Lira were two fictitious currencies, having been in use for ages in accounting in order to know the value of different currencies in proportion to the quantity of gold and silver contained and the value of the two metals. Since the same quantity of gold and silver was contained in both Venetian and Florentine currencies, they received the same value in Lira, and maintained it for a long time<sup>51</sup>.

It is easy to see from these papers that Galileo's reasons for his departure from Pisa were mostly economic, and the reasons mentioned by Viviani and Gherardini were not the most important: it seems that they were hiding the actual economic factor on purpose, since none of them alluded to it.

The supposition that the content of their stories comes from Galileo is not too far wrong: could the grand Duke's Mathematician and Philosopher confess without any embarrassment that Ferdinand and the University of Pisa had missed an illustrious professor just for a few coins? This hypothesis can find some ground in Galileo's carefulness towards the Medici family: he never forgot he was their subject.

Viviani tells that "full of envy, many would-be philosophers, his emulators, acted against him and made a very famous hate him because of his judgement about the invention to empty the wet dock (*Darsena*) of Leghorn: Galileo foresaw a bad event-which occurred in fact- through mechanical grounding and philosophical freedom; thus, he took into consideration the chair at the University of Padua, which had been free for a long time since Giuseppe Moletti's death, and following the marquis Guidubaldo's advice and with the grand Duke's permission he decided to move before that his adversaries started to receive fruits from his fall"<sup>52</sup>.

In fact, Galileo's unhappiness was immediately evident. Guidobaldo del Monte, who helped him in getting a chair at Pisa, wrote to Galileo (April 10th 1590) "I would like to see you happier and considered as you deserve. I do not have any news from Venice, but I will try to have some and I will let you know".

In the middle of his first year of teaching, Galileo was already trying to move. At the beginning of the second academic year, Guidobaldo asks: "I would like to know if you have ever obtained an increase of salary, as I wish and you deserve". Finally, another commentary on the subject (February 21st, 1592): "I regret to see Your Lordship not considered as you deserve and I regret even more that you do not have any hope. If you go to Venice this summer, I will invite you to come and see me. Since I cannot bear seeing you treated in this way I will help you. I will do anything I can"<sup>53</sup>.

Therefore, Galileo's main worries were still economic ones. Had his difficulties been those suggested by his first biographers (that is, his colleagues' widespread envy and Giovanni de' Medici's hostility), Guidobaldo could have helped him, as he was highly esteemed by the Medici family. Yet, a great increase in salary (that is, to be treated as

he deserved) was even more difficult to obtain, as well as well-paid private lessons, which could easily be found instead in Padua, where a chair was free.

The marquis had carried out his studies in Padua, which means that he had very important friends in the Republic; moreover, he was one of his admirers. Yet<sup>54</sup>, what helpful friends had Galileo at Florence?

Giovan Batista Pinelli, one of marquis Guidobaldo's influential friends, was sent to Venice at the end of 1592 and in a few days he obtained the chair of Mathematics for Galileo, free since 1588 because of Giuseppe Moletti's death<sup>55</sup>: "They told me that you will surely receive 200 florins and that "he" will be here tomorrow or the day after: so, Your Lordship can go and see him and thank him for his goodness and application for a move can be made"<sup>56</sup>. The person Pinelli was referring to was Giovanni Michel, a solicitor and one of the three *Riformatori*: Galileo had to hurry up in sending the 26th September verdict.

Being sure of his professorship at Padua Galileo let Ferdinand de' Medici know it through Giovanni Ugucioni. A letter written by the Resident of Tuscany to Belisario Vinta (15th September 1592) says: "I am in Padua, I came here together with Mr Galileo Galilei, a lecturer on Mathematics at Pisa who arrived at Venice fifteen days ago. Yesterday, talking with me in a coach he said that, while he was at Venice, he was offered a chair at the University of Padua where he would earn about 200 scuds each year, but he answered that he cannot decide anything because he is in the grand Duke's service, therefore I think I will come there to discuss about it with Your Kingship".

The grand Duke did not keep Galileo at Pisa, since transforming the quantity of florins into the same number of ducats made the salary appear three times higher; consequently, he left him free to leave the town. This was an easily understandable decision if one considers that the young professor had many adversaries, not only his colleagues, but even Giovanni de' Medici.

Nevertheless, Galileo's economic situation in Padua had never been completely satisfactory and he had to give private lessons in order to make ends meet. During his first few years, when he was still young, he could find time for his research and studies, but not enough.

The endless increase in the cost of living was one of the reasons for his difficulties: one can briefly mention the phenomenon of the price revolution which took place in every European country over the second half of the sixteenth century, with the beginning of an inflation reaching its peak in the period 1590-1610, with big increases in the cost of living.

Each state had its economic problems, but Venice's difficulties were even bigger. A deep crisis had entered the Republic: first a fire at the Arsenal (1569), then a trade crisis after the war against the Turks ended in the loss of Cyprus (1571), then the 1575 pestilence which depopulated the University of Pad<sup>57</sup> and finally the interdiction from Paul V.

After Francesco de' Medici's death, instead, a new policy appeared to foresee a period of economic boom for Florence.

Nevertheless, Galileo faced his economic problems by increasing his earnings by giving private lessons to dozens of students<sup>58</sup>. The production of scientific instruments started as well: Galileo made a good mechanical construction of not only his geometrical compasses, but also *bussola*, instruments for drawing and even balances. His students were given the compass at cost price, but he received rich presents from the wealthier students.

Yet his sister Livia's marriage weighed on his shoulders, as did his sister Virginia as well: in 1601 he had to take care of Livia's dowry: 800 ducats immediately and 200 each year for five years. He was obliged to help his brother Michelangelo as well. Moreover, he was responsible for his mother at Florence and for the natural family that was born from his relationship with Marina Gamba: his first child was born in 1600, the second in the following year, and finally Vincenzo in 1606, the sole son he was able to recognise.

Thanks to his charming personality and his open character, Galileo did not have any difficulty in developing a vast network of relationships in Padua and Venice, involving acquaintances as well as cultivated and wealthy friends: that however required quite an expensive standard of living.

Ten years before, Girolamo Mercuriale wrote: "His talent's home was the *Studio di Padova*"<sup>59</sup>. Galileo's economic situation was a problem, and had an immediate influence on his scientific production. It is true that he was well-known for his professorship and his correspondence with many scientists and famous men, but private lessons were an obstacle for his studies<sup>60</sup>.

For some time already he had started to work on a few subjects which the chef-d'oeuvres of his maturity were built on, but he kept the results hidden.

Galileo abhorred the prostitute slavery of selling his labours' fruits for any adventurer's arbitrary price. He wished to carry out the work he had started "even all the freedom I have here is not enough for me, since many hours and the best ones during the day are spent in satisfying everybody else's requests". He had several intentions "and I would find many other inventions, if I had more rest and freedom to dedicate myself to the most important work"<sup>61</sup>. Galileo aimed to come back to the *Granduca di Toscana*'s services, since he could obtain these facilitations only from an absolute prince.

Unfortunately, on September 27 1604, Galileo's second year as a lecturer on mathematics at Padua came to an end<sup>62</sup>. Galileo did not succeed in obtaining any increase in salary. A few months before he was told that Vincenzo Gonzaga wanted him in his service at Mantova, offering 300 ducats per year plus victuals for him and one servant. Galileo's requests<sup>63</sup> were 500 ducats plus three rations of victuals. The *Serenissimo* Duke of Mantova, who had asked Galileo for the instrument's commentary two years before, and had then given him a necklace and a medal bearing his effigy<sup>64</sup>, had to give up, "since it is right that you are free to do what you want"<sup>65</sup>.

Favaro<sup>66</sup> declares that Galileo took the duke's offer into consideration, most of all in order to get an improvement of his conditions in the case of a new conferring of his professorship.

A month after having received the permission to print *Compasso*, on August 5th 1606, his long-desired nomination for six years more (as usual) arrived, and his increase in salary consisted of two hundred florins, thanks to the grand duke's good offices<sup>67</sup> as well; Galileo had started in 1592 with 180 florins, he obtained 320 florins in 1598, and at this point he arrived at 520 florins.

The actual value of Galileo's salary has already been shown, but in fact, it was not enough for him, even considering periodic increases.

In 1601 he was given a valuable suggestion by his friend Girolamo Mercuriale: "I'm asking you to come at any cost, because the Prince<sup>68</sup> is twelve years old and I think he is able to do any mathematical thing Your Excellency can show him; the boy has got a good intellect and memory and the most curious mind you can imagine: so, I believe Your Excellency can use your talent and

perhaps it will be useful to you. I must remind you again to finish in the meanwhile the military and geometric instrument at any cost, in order to take it to San Giovanni at Florence next year, where I will be, too. On the first occasion I will do that service due to Our Highnesses and, if you were so kind to send me a brief description of what you are going to do to the Prince, together with its use and functions, I would show it to Their Highnesses and I am sure that the Prince will have fun"<sup>69</sup>.

It is not difficult to understand Galileo's situation: his projects were ambitious and justified by many important theoretic and experimental results achieved, therefore he needed to dedicate all his time to his studies but, as he says: "usually one cannot obtain any salary without being a public servant, even in a splendid and generous Republic, () I cannot hope to obtain this sum from anyone other than an absolute prince"<sup>70</sup>.

He had gathered enough information to write three works<sup>71</sup> whose titles he had already decided: two books *De sistemate seu constitutione universi*, "an immense concept full of philosophy, astronomy and geometry" which was called twenty years later *Dialogo sopra ai massimi sistemi del mondo*, three books *De motu locali*, later included in *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*- very important for Galileo, who called the content " a totally new science, since none of the many symptoms of the natural and violent movements , as I demonstrate, by, has been discovered by anybody else,; therefore, I can rightly call it a new science that I have discovered from its very first principles" and, finally, three books: *Le Mecaniche*.

The grand Duke's favour, indeed, his friendship was needed by Galileo. Four years after Mercuriale, Vincenzo Giugni writes<sup>72</sup>: "Hearing the praises our instrument and its usefulness is deserving, I decided to talk about it to our Ladyship, mentioning in the best way I could Your Excellency's intention to dedicate the instrument and its reason to our Highness the Prince; and I added as well that you could decide to come here this summer and be ready to show the grand Prince the great instrument 's uses, madam Her Highness answered that you will be treated as your virtues deserve. So, come, you will be happily received".

In order to give to this letter the right value it is enough to know that on 28th October 1604 Giugni's son, Niccolò, had arrived at Galileo's house in order to stay for a dozen days. He came back to Florence in April of the next year. It was him who praised the instrument and his Maestro in front of his father and, since Galileo had decided to publish *Compasso*, he asked for permission to dedicate it to Cosimo.

Galileo was officially invited on 15th August 1605: "madam Her Highness wishes Your Lordship to come here, for both the Prince's virtuous entertainment and her recovery thanks to the healthy air of Pratolino"<sup>73</sup>. However, at the beginning the results were not very encouraging, so Cosimo's preceptor writes, at the end of 1605: "As for our Prince's studies, since you wanted to know if he knows any mathematics, I can say that after your departure he has not seen or used the instrument, not because he does not like sciences, but because there is nobody who remembers any operations and the Court has been moving to and fro, and other obstacles; but, as soon as we arrive at Pisa something will be done. Meanwhile, please, work at your book and try to finish its printing: this text will be a good help for the Prince and a good memorial"<sup>74</sup>.

The grand duke's appreciation and liking were immediately evident. He acted<sup>75</sup> effectively to help Galileo in what was still worrying him: a delay in conferring his professorship in mathematics.

Ferdinand I 's words confirmed the probability of Galileo's not distant

return to Florence: "I really want to help Galileo because of his talent; therefore, please, ask Vinta to put in good words in the letter to the Resident"<sup>76</sup>.

Three years later, Vinta reported Cristina di Lorena's words: "Since Galileo is the first and the most precious mathematician in the Christian world, the grand Duke and I wish him to spend this summer with us, if it does not disturb him, and help our son the Prince in his exercises in mathematics, that he likes so much"<sup>77</sup>.

Galileo staked everything on *Compasso Geometrico*. He did not have anything else finished or better than that. His other works were less important: apart from a few leaflets which have been lost, he had written *Breve Istruzione all'Architettura Militare, Trattato di Fortificazione*<sup>78</sup> and a text that he probably used in his lessons, *Le Mecaniche*<sup>79</sup>.

At this point *Le Mecaniche* were already overtaken by his research; as for the *Trattato di Fortificazione*, even if it is known that Galileo intended to write books concerning soldiers, nothing shows his intention to print the text in its present form: actually, it seems very different from the contemporary texts written by very experienced military engineers, which composed his documentation<sup>80</sup>.

Instead, great success had been achieved by *Il Compasso*, and more than 100 instruments had been constructed and sold or given as a present to Princes and Lords of different countries, and his pupils spread it across Europe, often together with commentaries about the way it is used. Galileo staked everything on the compass.

His need for more spare time for his research and carrying out great projects already started has been already mentioned, but there is another scientific reason, not mentioned by Galileo, which was surely important for his determination to leave the University of Padua: his desire to divulge his new cosmological theory, which he was a convinced assertor of, and was writing a book about, whose title had already been decided: *De sistemate, seu constitutione universi*.

This proposal was not only scientific, but also ideological; the adversaries of his work would have been not only peripatetics, who were so powerful in all universities, but also great theologians: in a period of Catholic restoration, an idea like this could be considered extravagant and wrong.

Galileo wanted the ecclesiastical authorities to accept the Copernican theory; but the Church's neutrality could not be obtained by staying in the interdicted Venice, in Paolo Sarpi and Giovanfrancesco Sagredo's circle, in a republic which had banished Jesuits.

Instead, the Medici family was bound to the Church, Paolo V was Tuscan and Galileo was in good relations with the very influential father Clavius, the greatest expert in Mathematics and Astronomy in the order of Sant'Ignazio.

For that reason as well, it was time to come back to Tuscany: only from that place could he cope with his adversaries' bad acts, falsely showing zeal and charity, not just as a simple professor anymore, but as a famous scientist and a courtesan loved by his Prince.

It is difficult to identify the most powerful reason among the multiple scientific and economic needs determining his pressure to come back to his country.

Up to this point the importance of the compass both of the instrument and its manual- in the realisation of Galileo's hopes has been shown. Surely, the great scientist could not foresee that his forthcoming destiny was to make a telescope and make astonishing discoveries in the skies.

After his astronomical observations in 1609, Galileo saw the end of his difficulties: Venice offered him a salary of 1000 Florins for all his life, but he could get it only after receiving his professorship, that is from 19th September 1610, and, moreover, with "no possibility of any increase in salary"<sup>81</sup>.

However, because of Galileo's dissatisfaction, his negotiations with the grand Duke went on, and the grand Duke decided to call him back and offered him a salary of 1000 *Scuds* per year, equivalent to 7000 Florentine Lira. Belisario Vinta communicated it to him on June 5th, and he marked other advantages which could later be obtained as well: "by living and talking with Their Highnesses, they will have knowledge and proof of your valuable talent in many domains, and they will add love and esteem to your merit and will give you favours and honours. Yet, if this is enough for Your Lordship, you will have to explicitly express it in your letters, in order to write a petition under your name, and Her Highness's decree and, when your Lordship wants to publish it: in the meanwhile, it will be kept as secret as possible"<sup>82</sup>.

He obtained 2000 Lira more and a lot of spare time: at Florence he could stop giving private lessons and receiving higher earnings- because he was promised "favours and honours"! After his diploma of nomination, signed on July 10th, Galileo was ready for his departure, which was delayed only because of illness and the death of a dear servant of his, however at the beginning of September he was already at Florence, probably without having taken leave of the Venetian government<sup>83</sup>.

He never returned to the Venetian State. Paolo Sarpi, Giovanfrancesco Sagredo and other Venetian friends were disgusted with him<sup>84</sup>. A period of Galileo's life was over.

[back to main menu](#)

