

# Realizzare un orologio a riflessione

*L'autore racconta la sua esperienza nella progettazione e realizzazione di un orologio a riflessione e spiega come, contrariamente a quanto comunemente si ritiene, questo possa essere addirittura più facile della realizzazione di un quadrante tradizionale.*

---

di Gianpiero Casalegno ([gian.casalegno@gmail.com](mailto:gian.casalegno@gmail.com))

**R**ecentemente ho aggiornato il programma Orologi Solari [rif. 1] includendo il progetto di orologi a riflessione. Nulla di nuovo in realtà rispetto a quanto da tempo disponibile con il programma DOS di Gianni Ferrari [rif. 2], salvo alcuni miglioramenti tecnologici: sistema operativo Windows e forte interazione grafica con l'utente per ogni operazione (in [rif. 3] vengono spiegati nel dettaglio tutti i passi del progetto di questi orologi con il programma Orologi Solari).

Volendo verificare quanto gli strumenti a disposizione del progettista siano adeguati ho deciso di realizzare il mio primo orologio a riflessione. È questo un compito che spaventa la maggior parte degli gnomonisti: si dice comunemente che un orologio a riflessione presenti difficoltà doppia rispetto ad un orologio classico in quanto il progetto dell'orientamento dello specchio ed il suo posizionamento sono ben più difficili del posizionamento di uno stilo polare su una parete declinante.

In realtà, anticipando le conclusioni di questo articolo, mi sento di poter affermare che questa realizzazione è alla portata di tutti, anzi ritengo che per alcuni aspetti sia più facile realizzare un orologio a riflessione che un orologio classico.

## Misura della declinazione

La parete destinata ad ospitare il nuovo quadrante è quella della abitazione dove vivo che guarda a nord est, approssimativamente di dimensioni 5 m x 4 m.

Il primo problema che mi sono trovato a dover risolvere è stato la misura della sua declinazione.

Trattandosi di un orologio a riflessione è logico che la parete sia in ombra la maggior parte della giornata rendendo difficile utilizzare i consueti metodi che sfruttano la posizione del sole stesso come riferimento. La mia parete è illuminata al mattino nella stagione estiva e nell'agosto 2014 ho quindi potuto effettuare alcune misure con il classico metodo della tavoletta (pur con la difficoltà di un raggio solare molto angolato) ottenendo un valore medio di 168.2° est.

Ho poi provato, nell'aprile 2015, ad effettuare le misure sulla faccia rivolta a sud ovest di una tavola di legno appoggiata al muro in prossimità dei due spigoli di sinistra e di destra: dopo la somma di 180° ho ottenuto valori compresi tra 167.2° e 168.1° est.

Come valore definitivo da inserire nel progetto ho infine scelto la media di tutti i risultati ottenuti: 167.92° est.

### Posizionamento e dimensionamento del quadrante

È quindi iniziato il progetto con Orologi Solari. Il programma permette di inserire una foto della parete come sfondo della finestra: alla foto viene associata una dimensione in modo che il quadrante possa essere dimensionato e posizionato correttamente sulla parete virtuale.

Nel caso degli orologi a riflessione questa funzionalità diventa ancor più utile in quanto manovrando sull'orientamento dello specchio è possibile deformare il tracciato orario: vedere direttamente l'effetto sulla parete permette di trovare facilmente le impostazioni migliori. Questa operazione si compie tramite il mouse mantenendo contemporaneamente premuti il pulsante sinistro del mouse ed il tasto "maiuscolo" della tastiera. Ad ogni movimento del mouse il programma ricalcola<sup>1</sup> linee orarie e diurne in accordo alla nuova posizione dello specchio e le rappresenta sul video. Inoltre nella barra di stato in fondo alla finestra la casella "mirror" presenta i valori aggiornati di declinazione ed inclinazione.

Il mio obiettivo era ottenere una linea equinoziale orizzontale<sup>2</sup> ed occupare il più possibile la parete verticale (si veda la fig. 1). I valori così ottenuti per lo specchio sono:

declinazione =  $6.3^\circ$  ovest

inclinazione =  $92.3^\circ$

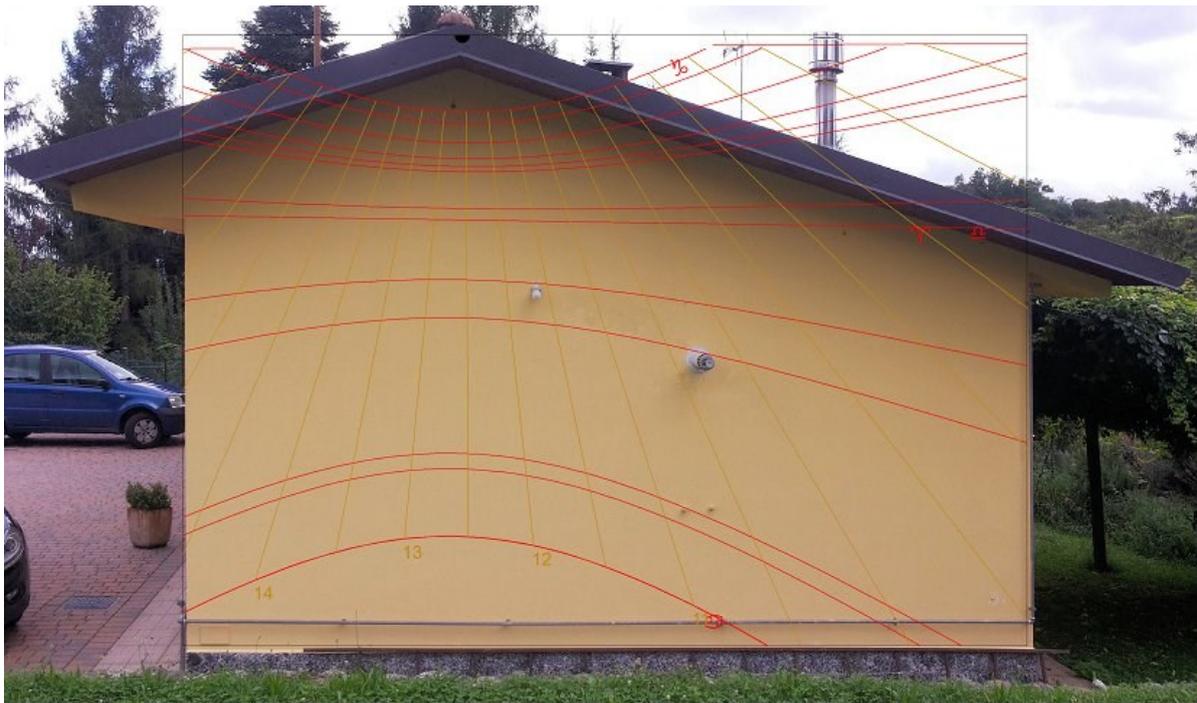


Fig. 1 – Il grafico del progetto.

<sup>1</sup> Questa operazione è molto gravosa per il processore: per avere un aggiornamento fluido del display conviene attivare il minor numero possibile di elementi grafici, ad esempio solamente le linee orarie francesi.

<sup>2</sup> Questo obiettivo poteva essere raggiunto anche analiticamente utilizzando un metodo simile a quello in [rif. 4]. E' stato invece scelto il metodo "empirico" proprio per poterne valutare l'efficacia.

Un altro parametro importante dello specchio è la sua posizione rispetto alla parete: deve essere sufficientemente in alto da non essere oscurato dalla parete stessa, ma se troppo in alto potrebbe riflettere la luce al di sopra della parete stessa.

Orologi Solari permette di valutare l'effetto di tetti, balconi e cornicioni inserendo la posizione di questi manufatti e la loro sporgenza sulla parete: il programma estende i punti inseriti perpendicolarmente alla parete del valore di profondità inserito, per gli orologi a riflessione estende inoltre verso il basso ogni punto in modo da simulare la presenza della parete.

Ho quindi inserito i dati che descrivono la presenza del cornicione e del colmo del tetto presente al centro. Con una posizione dello specchio troppo bassa ho ottenuto ad esempio una situazione di illuminazione come mostrato in fig. 2 dove al solstizio invernale il tetto ostruisce i raggi solari ad alcune ore.

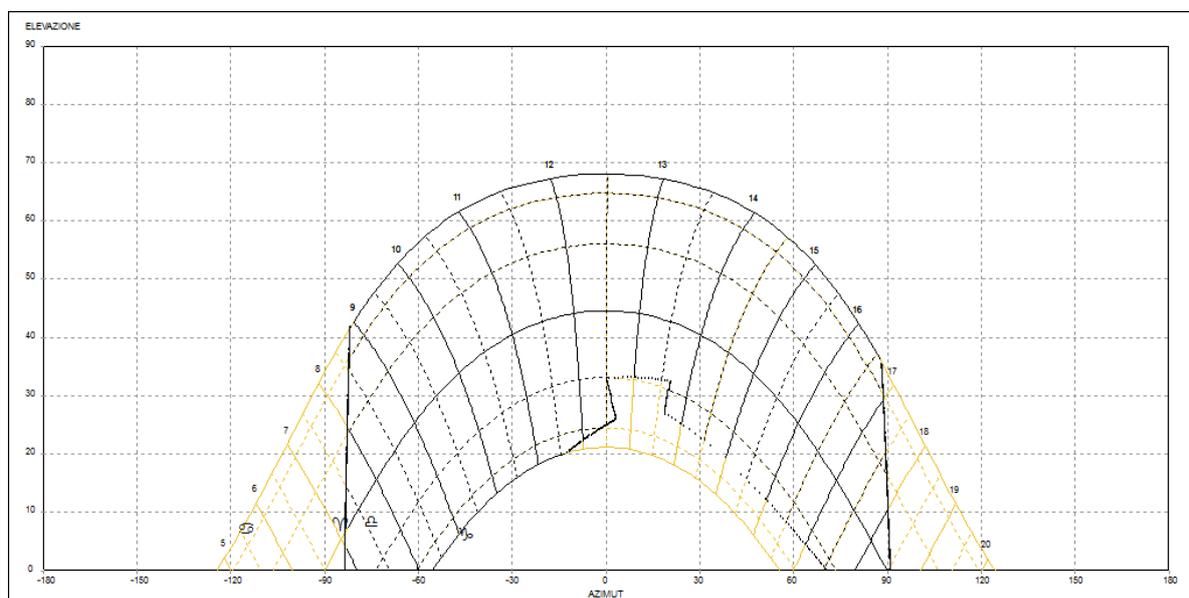


Fig. 2 – Situazione di illuminazione con specchio troppo in basso

Ho quindi posizionato lo specchio più in alto, ottenendo un grafico ottimale, per poi scoprire che purtroppo intorno al solstizio d'inverno il raggio riflesso colpisce il cornicione anziché la parete. Ho così individuato un limite del programma: gli ostacoli inseriti vengono usati per valutare l'intralcio ai raggi solari diretti ma non l'eventuale ostacolo ai raggi riflessi. Una limitazione che cercherò di eliminare in futuro.

La posizione definitiva è stata infine decisa effettuando pochi semplici calcoli trigonometrici.

### Posizionamento dello specchio

Pensavo che questa fosse la parte più difficile del lavoro ed invece si è dimostrata la più semplice.

Anzitutto ho calato un filo a piombo dal centro dello specchio ed ho quindi misurato la distanza del filo dalla parete (valore dell'ortostilo o ortosp specchio) ed ho determinato la proiezione del centro dello specchio sulla parete (origine del sistema di coordinate utilizzate per definire la posizione delle linee orarie e diurne).

Con la funzione "Calcolo punti selezionati" del programma Orologi Solari ho poi calcolato la posizione prevista dell'ellisse riflessa in una successione di ore della giornata ed ho ritoccato leggermente più volte lo specchio fino ad ottenere ellissi il più possibile coincidenti con le posizioni calcolate.

Quando mi è sembrato di non poter fare di meglio ho quindi bloccato lo specchio ed ho usato la funzione "Trova orientamento specchio" per calcolarne l'effettivo orientamento. Ho così trovato i seguenti valori molto vicini ai valori desiderati iniziali:

declinazione =  $6.398^\circ$  ovest

inclinazione =  $92.236^\circ$

### Lo specchio

Seguendo il suggerimento di Luigi Ghia ho provato ad utilizzare come specchio un oggetto particolare: il piatto di un vecchio hard disc (fig. 3). Questo oggetto ha la forma di un disco di 95 mm di diametro con un foro centrale di 24 mm ed è rivestito di un materiale lucido riflettente.

Per fissarlo al muro ho realizzato un traliccio di tondino di ferro a cui ho fissato una testa sferica commerciale, modificata con una vite che ne permette il blocco nella posizione desiderata (fig. 4).

Questa soluzione ha funzionato abbastanza bene eccetto che per un particolare, risultato ovvio a posteriori: il bullone filettato, a cui ho il fissato il disco tramite rondella e dado, sporge dal piano del disco e costituisce un ostacolo per il raggio solare incidente sul disco e da questo riflesso. La conseguenza è una ellisse a cui vengono a mancare due parti (come si evince dalle figure successive). Ad averci pensato prima si sarebbe potuto cercare un fissaggio meno sporgente.

Prima di capire che la deformazione dell'ellisse fosse dovuta al bullone sporgente avevo pensato che il disco si fosse deformato e lo avevo quindi sostituito (con testa sferica bloccata dalla vite e da una colata di resina epossidica) con uno nuovo. Per verificare di non aver modificato i parametri dello specchio, avevo ripetuto le misure di controllo trovando così una variazione di  $0.23^\circ$  nella inclinazione e  $0.25^\circ$  nella declinazione: valori modesti che comunque su una parete così grande causano uno spostamento del raggio riflesso al solstizio estivo pari a circa 7 cm. Ora so quindi che se dovrò un giorno sostituire lo specchio dovrò farlo con la massima delicatezza possibile.

I nuovi valori di progetto sono così diventati:

declinazione =  $6.649^\circ$  ovest

inclinazione =  $92.001^\circ$



Fig. 3 – Lo specchio



Fig. 4 – Il supporto per lo specchio

### Il tracciamento delle linee

Nella scelta tra uno "spolvero" di 5 m x 4 m (e quindi la stampa dal file pdf di almeno 4 o 5 strisce da raccordare insieme) ed il tracciamento punto per punto usando le coordinate x/y calcolate dal programma, ho deciso di procedere con la seconda soluzione.

Ho quindi tracciato sulla parete, partendo dalla proiezione dello specchio sul muro (o meglio da un punto 50 cm più in basso cadendo il punto in questione sul cornicione del tetto), una griglia di 50 cm di lato, utilizzando un filo a piombo per le linee verticali ed una livello a bolla di 60 cm per quelle orizzontali. Quale possa essere stato l'errore introdotto nel tracciamento di una linea orizzontale di 5 m con una livella di 60 cm non so, forse qualche cm... probabilmente sono stato fortunato visti i buoni risultati ottenuti.

Ho quindi riportato sul muro tutti gli incroci tra linee orarie e linee diurne (come da tabelle fornite dal programma). Per le linee diurne, dove i punti risultavano troppo distanti per un corretto tracciamento della curva, ho utilizzato un'utile particolarità del programma: ho ricavato le coordinate dei punti intermedi muovendo il mouse sul grafico del progetto fortemente ingrandito e leggendo le coordinate x/y nella riga di stato nella casella "(x, y) = ....."

Ho infine verniciato la parete e tracciato tutte le linee in modo definitivo (come sempre mi accade le linee appaiono tremolanti e di spessore variabile: la pittura decisamente non è il mio mestiere).

### Risultati

La foto in fig. 5 mostra la parete con l'orologio completato (a meno del motto e di eventuali future decorazioni).



Fig. 5 – Il quadrante terminato.

In occasione del solstizio d'estate ho potuto effettuare alcune foto, riportate nelle figure 6 - 9, alle ore in cui il sole è comparso tra le nuvole.

Come si vede la misura dell'angolo orario risulta essere abbastanza accurata (l'errore che ho misurato è per ora inferiore al mezzo minuto). Non altrettanto buona è invece la posizione sulla linea di declinazione, essendo l'ellisse leggermente più bassa del dovuto.

A cosa possa essere imputato questo errore è difficile dire: potrebbe forse derivare da una errata misura del valore dell'ortospecchio o della posizione dell'origine del sistema di coordinate. Si vedrà in futuro quali saranno i risultati agli equinozi ed al solstizio d'inverno.



Fig. 6 – Ora 11:30 vera del fuso al solstizio d'estate

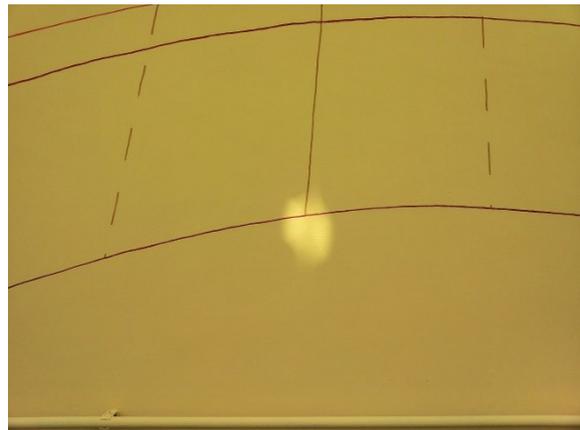


Fig. 7 – Ora 13:00 vera del fuso al solstizio d'estate

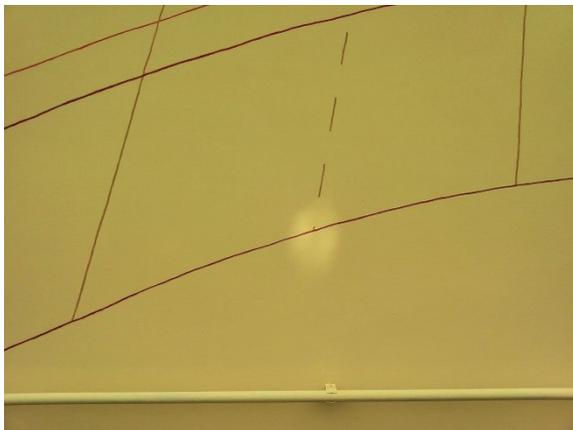


Fig. 8 – Ora 13:30 vera del fuso al solstizio d'estate



Fig. 9 – Ora 14:00 vera del fuso al solstizio d'estate

Comunque, vista la dimensione ragguardevole del quadrante, mi ritengo abbastanza soddisfatto dei risultati ottenuti.

### **Conclusioni**

In conclusione ritengo che con l'aiuto di un buon software la realizzazione di un orologio a riflessione non sia così ardua come comunemente si ritiene. La parte più difficile è stata, almeno per me, la realizzazione meccanica del supporto dello specchio.

L'orientamento corretto dello specchio stesso è invece assolutamente agevole, ancor più dell'installazione di un comune stilo polare.

Invito quindi tutti a provarci: la soddisfazione finale è grande !

### **Riferimenti**

- [1] G. Casalegno, "*Orologi Solari*", programma freeware scaricabile da [www.sundials.eu](http://www.sundials.eu)
- [2] G. Ferrari, "*Reflection Sundials – A New Program*", The Compendium n. 11-1, March 2004
- [3] G. Casalegno, "*Come realizzare un quadrante a riflessione utilizzando il programma Orologi Solari*", [www.sundials.eu/download/riflessioneITA.pdf](http://www.sundials.eu/download/riflessioneITA.pdf)
- [4] G. Casalegno, "*Orologi equatoriali a riflessione*", Orologi Solari n. 7, Aprile 2015