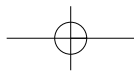
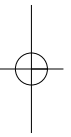


## GLI STRUMENTI

*Dopo tutto, ogniqualvolta gli osservatori adottano un nuovo strumento per analizzare la natura, ciò che in origine avevano sperato di ricavare è sempre piccola cosa se paragonato alla serie di scoperte cui lo strumento stesso dà vita. In questi casi è soprattutto sull'imprevisto che bisogna far conto.*

Il direttore dell'Osservatorio di Parigi dopo la scoperta del dagherrotipo, ai primordi della fotografia.



## Dall'orizzonte alle finestrelle astronomiche

**Uno strumento per sostenere l'osservazione e la registrazione degli spostamenti degli astri. Un sistema di riferimento e un osservatorio**

### L'orizzonte

L'attività sull'orizzonte è nata durante un campo scuola a Cenci nel 1983, come risposta a un problema percettivo.

Erano i primi campi-scuola: stavo lavorando con ragazzi di scuola secondaria di primo grado sulla percezione delle distanze, quando nacque il problema dell'orizzonte. Una ragazza si ostinava a descriverlo come una linea dritta, sostenendo che anche al mare lo vedeva così. Per aiutare lei e tutto il gruppo a vedere che la linea dell'orizzonte locale è continua e si chiude, invitai i ragazzi a ruotare lentamente su se stessi e a osservare la linea frastagliata dell'orizzonte in quel luogo. Poi, per sostenere il loro sguardo, li feci ruotare ancora aiutandosi con un braccio teso e un dito puntato quasi a disegnare nell'aria. Successivamente osservammo l'orizzonte in altri modi, ancora ruotando su noi stessi. Infine pensai di mettere i ragazzi in cerchio, con le spalle al centro e lo sguardo verso l'orizzonte e ne feci disegnare a ciascuno una porzione: poi a terra, unimmo tutti i disegni. Quel lavoro forse non avrebbe avuto nessun seguito se Rosaria Ocello, che lavorava alla documentazione fotografica durante il campo-scuola, non mi avesse riproposto le immagini di quella situazione: nel rivederle ne parlai con gli altri conduttori e dalla cooperazione nacque la ripetizione e l'affinamento di quell'esperienza, nata per caso. Molti hanno poi ripetuto quella proposta e quei gesti in diverse situazioni e con allievi di diverse età. Il lavoro sull'orizzonte locale ha letteralmente viaggiato per il mondo ed è stato ripetuto nelle situazioni più varie e con gli scopi più diversi: per costruire un osservatorio dove segnare il sorgere e il tramontare degli astri; per affinare abilità grafiche e pittoriche; per costituire un'esperienza di osservazione attenta come base per un lavoro di descrizione accurata (dunque un lavoro sulla lingua); per costituire un riferimento geografico.

È utile chiarire le due seguenti definizioni:

- l'orizzonte astronomico è un cerchio massimo della sfera celeste;
- l'orizzonte locale è la linea di separazione e unione tra cielo e Terra,

che all'aperto c'è sempre ed è visibile se l'aria è limpida; esso limita la visuale e offre punti di riferimento; è un luogo di incontro tra spazio e tempo attraverso il movimento degli astri.

### L'osservazione e la costruzione dell'osservatorio

*Quella che poteva sembrare una linea retta, la linea retta per eccellenza, nella rotazione dello sguardo diventa una curva continua e chiusa. Su questa linea indirettamente percepibile anche dove differenze di quota impediscono la visibilità, l'uomo ha iniziato a individuare le leggi cicliche della natura, le direzioni individuate dal movimento del Sole, dei pianeti e delle stelle.*

Paolo Portoghesi, 1998

Il luogo per svolgere questa attività è naturalmente all'aperto, su una terrazza, in un cortile, in un prato (se ci si trova in campagna durante una gita) e in ogni caso in un luogo con un orizzonte il più ampio possibile.

«Lavoreremo sulla linea dell'orizzonte – dice l'animatore o l'insegnante – cerchiamo di seguirla con l'occhio. Vi mostro le azioni che potete fare per guardarla». Il momento dell'osservazione è guidato attraverso le parole e attraverso il consiglio di imitare i gesti, cercando la curva di separazione tra il cielo e la Terra quando si spinge lo sguardo il più lontano e il più in alto possibile. In seguito la raccomandazione è che ciascuno svolga il proprio lavoro in silenzio, per favorire l'attenzione, e che ciascuno segua il proprio ritmo.

Ecco i movimenti che aiutano a guardare: in un primo tempo ciascuno osserva, ruotando lentamente su se stesso, i 360 gradi dell'orizzonte intorno a sé, prova ad alzarsi sulle punte e ad abbassarsi a terra, prestando attenzione a ciò che cambia. «Quando si vede più cielo e meno Terra?». Ciascuno prova a spostarsi di qualche passo: l'orizzonte visibile cambia al cambiare del punto di vista dell'osservatore? Si guarda con i due occhi, dunque con una visione binoculare. Ciascuno può ruotare nel senso orario o antiorario, una o più volte, in piedi o variando il livello di osservazione e cambiando velocità.

In un secondo tempo, per aiutare l'occhio a seguire esattamente la linea dell'orizzonte senza fermarsi sui dettagli del paesaggio, si gira su se stessi con il braccio teso e un dito puntato, guardando con un occhio solo, come se si disegnasse nell'aria con il dito la curva dell'orizzonte.

In un terzo momento si segue ancora una volta la linea dell'orizzonte, girando lentamente su se stessi, ora col braccio piegato, guardando con un solo occhio attraverso l'occhietto fatto dal pollice e dall'indice uniti:

l'orizzonte sarà sempre compreso al centro del piccolo cerchio e ci si accorge che si deve alzare e abbassare il braccio per seguire esattamente un orizzonte accidentato.

Per meglio osservare i dettagli, è molto utile guardare anche attraverso la mano chiusa a tubo, appoggiata a un occhio, per limitare la luce. Relativamente a questo modo di guardare, solo in un secondo momento ho scoperto che ne aveva già parlato Aristotele: «La stessa persona infatti messasi la mano davanti agli occhi o guardando attraverso un tubo non distingue le differenze dei colori né meglio né peggio di prima, mentre vedrà più lontano; e vi sono coloro che dalle caverne o dai pozzi talvolta vedono anche le stelle» (Aristotele, *De generatione animalium*).

Ancora, senza più ruotare, in piedi, il corpo ben diritto, si segue il terreno con lo sguardo, muovendo unicamente la testa in su e in giù, lungo una direzione fissata, dai propri piedi fino al limite dell'orizzonte, davanti a sé, in modo che lo sguardo si spinga lontano. Poi si alza lo sguardo sulla propria testa, verso lo *zenit* (parola araba che indica la direzione delle teste) e lo si abbassa fino a incontrare il terreno: lo sguardo è spinto in alto e segue il cielo fino alla Terra.

In questa fase l'attenzione è soprattutto sui colori e sulle luci, che sono diversi sulla Terra e nel cielo, in ogni direzione.

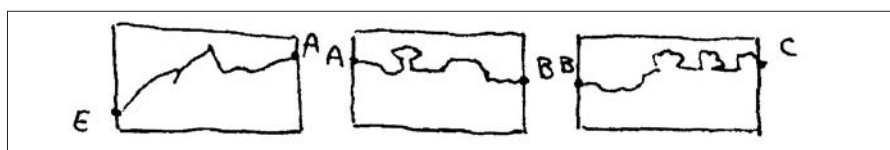
Dopo aver guardato e ascoltato le indicazioni dell'animatore, i partecipanti si sparpagliano e ciascuno sceglie un proprio luogo dove lavorare in silenzio per circa venti minuti. Il lavoro comincia con questo momento individuale di osservazione.

Poi ci si riunisce tutti e si mettono in comune e si confrontano le riflessioni fatte durante l'osservazione individuale. Con quale sistema si è visto meglio o più a fuoco? Qual è il punto più alto dell'orizzonte locale? E il più lontano?

Ci si dispone quindi in un cerchio, le spalle verso il centro; ognuno si trova davanti un settore dell'orizzonte che disegnerà sul foglio che riceve. «Ognuno di noi ha guardato l'intero orizzonte: ora ognuno farà il disegno di una parte per avere un risultato comune». Se si è in 8 ognuno avrà un settore di 45°, se si è in 12... Ognuno può determinare il suo settore misurandolo con le spanne (si veda la *balestra celeste*), in modo da dividere in parti uguali i 360°.

Per il disegno, ogni studente si accorda con i due compagni di destra e di sinistra: «Io disegno da quella collina a quel palo», «Io da quel palo a...». Ciascuno comunica e indica i suoi limiti e si fa attenzione, tutti insieme, che non restino parti dell'orizzonte senza disegnatore.

Occorre ora decidere, sul foglio, l'altezza della linea da tracciare. Una persona comincia: è la persona che ha, nel suo settore, il punto più alto di tutto l'orizzonte locale. Costui sceglie sul suo foglio l'altezza dei punti A e B in modo che tutto il disegno entri nel foglio e li segna. Il suo compagno di destra copia B sul suo foglio e determina C, il compagno di sinistra copia A e determina E. Si continua in questo modo fino a chiudere il cerchio, come mostra il disegno sottostante:



Successivamente, ognuno disegna il tratto di orizzonte stabilito, sul foglio bianco. Il disegno è fatto con la matita nera: prima una linea sommaria di separazione tra il cielo e la Terra e poi qualche dettaglio di oggetti più vicini. È molto utile, dal punto di vista didattico, lavorare in coppia su uno stesso foglio (che può misurare 70 x 50 cm).

Per colorare questo disegno è bene usare colori che permettano le sfumature e quindi è preferibile utilizzare dei gessetti piuttosto che dei pennarelli. Per riunire tutti i disegni le strategie proposte possono essere diverse, ma non tutte corrette.

Di solito nel gruppo vengono a formarsi due opinioni. Per alcuni è evidente che i fogli vadano uniti in corona circolare, con i disegni verso il centro. Se qualcuno propone di unire i fogli in corona circolare ma con i disegni volti all'esterno, entrano in conflitto due sistemi di orientamento: quello solidale con l'osservatore, che definisce la destra e la sinistra, il davanti e il dietro, e quello solidale con lo spazio fuori di noi, che definisce i punti cardinali. Se il "conflitto cognitivo" si apre, è utile affrontarlo, provando e discutendo le possibili soluzioni.

- Ci sono tanti altri modi per eseguire il lavoro sull'orizzonte. Di seguito se ne segnalano alcuni.

- Si può sostituire il foglio bianco con assi di compensato di 80 x 40 cm; il compensato è un supporto inusuale per il disegno e spesso desta maggiore attenzione; è utile usarlo per poter conservare e riutilizzare l'orizzonte costruito.

- Si può usare un cellophane trasparente teso e fissato su alcuni supporti. Il punto di osservazione dovrà essere lo stesso per tutti, dipingendo a turno; questo sistema facilita la registrazione dei punti dell'orizzonte in cui sorge o tramonta un astro e permette facili confronti.

- Si possono eseguire delle fotografie: per fare l'intero giro, la macchina fotografica deve essere poggiata su un cavalletto. Questo è il tipo di lavoro in cui è maestra l'amica spagnola Rosa Maria Ros (Ros, Lanciano, 1995).

- Con la creta o il fil di ferro si può fare un plastico, in cui si rende anche la profondità dello spazio, considerando la distanza dall'osservatore.

- Può essere costruito un grande osservatorio in muratura, tipo una balaustra, più alto dell'orizzonte locale osservato dal punto di vista scelto: tale muro circolare, che si chiama "falso orizzonte", era usato nell'antichità per individuare il nord o il sud durante la notte. Il falso orizzonte si usa nel seguente modo: si segnano sul muro i due punti da cui si vede sorgere e tramontare una stessa stella; il punto centrale dell'arco indica il sud o il nord, secondo la direzione dell'osservatore.

Per introdurre il lavoro sull'orizzonte spesso narro un mito, uno di quelli che raccontano di un tempo in cui cielo e Terra erano uniti tra loro, erano vicini come lo erano Urano, il dio del cielo, e Gea, la madre Terra. Nei miti avviene la separazione tra le cose che sono in alto e le cose che vanno in basso, una sorta di nuovo ordine e di nuova organizzazione dello spazio in cui cielo e Terra sono separati. Ma lo sguardo può ancora an-



L'orizzonte di creta e la registrazione del sorgere del sole.

dare a quel confine "che ricorda il tempo in cui cielo e Terra erano uniti" e a quei legami che uniscono cielo e Terra: la pioggia, la luce e il calore del Sole che dall'alto vengono verso il basso e il fuoco, il suono e lo sguardo che dal basso salgono verso l'alto.

### Uso dell'orizzonte osservatorio

Molte persone, anche tra gli adulti, non hanno mai osservato le stelle sorgere e tramontare: alcuni non sanno neanche che le stelle, proprio come il Sole e la Luna, sorgono e tramontano, cioè si spostano sul nostro

orizzonte facendo un giro ogni giorno. Invero alcune stelle restano sempre sopra l'orizzonte verso nord ruotando intorno alla Stella Polare: sono le stelle dette per questo "circumpolari". Le altre stelle visibili compiono ogni notte un arco tra oriente, sud e occidente. Anzi, osservando spesso rispetto allo stesso orizzonte le stelle ruotare nella notte, ci si accorge che ogni stella sorge sempre nello stesso punto dell'orizzonte: quello che cambia è il tempo del sorgere e del tramontare, perché ogni giorno vi è un anticipo di quattro minuti, in quanto la volta celeste ruota di circa  $1^\circ$  al dì ( $360^\circ$  in 365 giorni) e  $1^\circ$  di spostamento angolare corrisponde a 4 minuti di tempo. Infatti  $24 \text{ ore} \times 60 \text{ minuti} = 1440 \text{ minuti}$  in un giorno e  $4 \text{ minuti per } 365 \text{ giorni} = 1460 \text{ minuti}$ , cioè praticamente la stessa quantità. Per esempio le tre stelle della cintura di Orione, la grande costellazione che caratterizza il nostro cielo d'inverno, che si trovano proprio sull'Equatore Celeste, sorgono esattamente nel punto cardinale est e tramontano proprio a ovest, se l'orizzonte è pianeggiante.

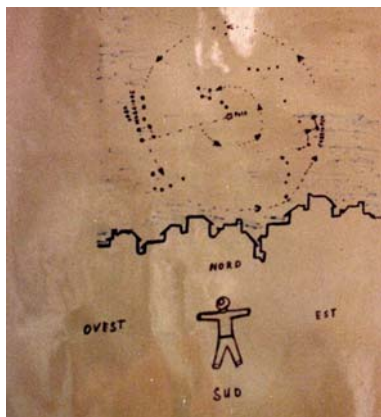
Dunque sul nostro osservatorio-orizzonte è possibile associare a ogni stella il luogo del suo sorgere. In questo caso è opportuno tracciare l'orizzonte o eventualmente solo il settore orientale e non l'intero cerchio, sul compensato e poi con il traforo separare il cielo dalla Terra: in tal modo, lasciando solo la parte della Terra, è possibile traguardare le stelle e registrare, durante la notte, i punti del loro sorgere, quando appaiono sopra l'orizzonte locale. L'attenzione maggiore viene destinata alle stelle delle costellazioni zodiacali: in una notte intera se ne vedono fino a nove, ossia si può vedere almeno un tratto del percorso che il Sole compie per diversi mesi dell'anno, quando viene a trovarsi in ognuna di esse (si veda il *gioco delle costellazioni*).

Affermava Arato di Soli nel suo trattato *I fenomeni e i pronostici*, scritto nel I secolo a.C.: «Non sarebbe invero cosa da gettare [...] l'osservare quando sorga ciascuna delle dodici porzioni dello zodiaco, giacché sempre con una e con una sola di esse, il Sole stesso si leva. È bensì vero che meglio che mai tu le faresti oggetto della tua osservazione guardando a esse direttamente ...» (versi 559-562).

Dopo quattro notti di lavoro per costruire l'osservatorio e osservare ripetutamente il sorgere delle stelle sull'orizzonte orientale, scrivevo: «*Riconoscere* è nel linguaggio un rafforzativo di conoscere, ma la riconoscenza ha un senso giuridico e anche un senso affettivo: il linguaggio non separa dunque un'azione del corpo, guardare e riconoscere, da un'azione della mente, essere in grado di riconoscere, e infine del cuore, essere riconoscenti»

Nel gruppo di insegnanti di Milano coordinate da Enrica Giordano le os-





Le stelle a nord che ruotano intorno alla Polare.

servazioni delle stelle intorno al Polo Celeste nord sono state registrate su un foglio di carta che può ruotare sul suo centro co-stituito dalla Stella Polare. Il foglio è posto sopra la porzione settentrionale dell'orizzonte: in tal modo si osservano le stelle circumpolari nelle varie posizioni assunte al passare del tempo (si veda il *notturnale*). Sopra l'orizzonte disegnato, Lorenzo Lotti, maestro che frequenta i nostri corsi residenziali e formatore di Reggio Emilia, suggerisce di poggiare delle strisce di carta messe "a ponte", "ad arco" da nord a sud e da est a ovest, su cui sono segnate le costellazioni visibili in un dato orario e in un dato momento dell'anno.

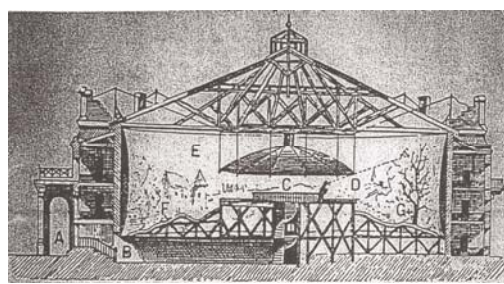
### Dalle riflessioni scritte di un gruppo di adulti, dopo il lavoro sull'orizzonte all'aperto

- *Ricerca dell'orizzonte: un'emozione nel contatto tra Terra e cielo.*
- *Partire dal mito [si tratta del mito di Urano e Gea], dall'aspetto culturale, per passare poi all'osservazione dell'orizzonte locale con occhi nuovi.*
- *L'utilizzo del mito come strategia per introdurre un concetto scientifico ha dato una visione calda delle scienze astronomiche che possono risultare ostiche e incomprensibili.*
- *Le mie mani sull'orizzonte: un modo per toccare il cielo.*

#### Curiosità e notizie storiche

Spesso in montagna o in località turistiche si trovano lunghe foto di una porzione di orizzonte o con un orizzonte a 360°, come ad esempio nella Malga Vaciera sul monte Putia in Val Badia: in un lungo fotomontaggio sono indicate le cime delle montagne principali visibili tutto intorno alla Malga. Indicazioni di questo tipo si trovano anche sulla Tour Mont Parnasse a Parigi, a Castel Sant'Angelo a Roma e in altri siti.

In altri casi, come sulla collina del centro di Graz in Austria, sono indicate a raggiera le direzioni e le distanze in km di alcune città importanti, rispetto al luogo di osservazione (si veda il palo delle direzioni).



### Ma cos'era esattamente un "panorama"?

L'inizio ufficiale di questo particolare genere di veduta a 360° si fa risalire al 1787, anno in cui il pittore e miniaturista inglese Robert Parker depositò il brevetto che enumerava i principi della sua invenzione pittorico-prospettica battezzata in un primo momento la "Natura al colpo d'occhio". Nel 1792 il neologismo *panorama* appariva sul *Times*: una veduta della totalità. Si intendeva così definire una pittura circolare e continua che, montata sulle pareti di un edificio appositamente costruito per accoglierla, doveva provocare negli spettatori l'effetto di una immersione totale in uno spazio diverso da quello reale. Entrando nel Panorama di Milano poteva accadere di sentirsi a Parigi ed entrando in quello degli Champs-Élysées di trovarsi a Praga o a New York. Le tele del "dipinto circolare" erano tutte del medesimo formato (1,40 m di altezza per 1 m di larghezza), mentre il dipinto montato era alto 14 m e lungo 120 m». Ma oltre all'effetto finale, anche il processo per costruirlo aveva delle singolari affinità con il nostro lavoro (che pensavamo di aver inventato...): «Il dipinto del panorama prevedeva una suddivisione del lavoro in équipes ed era pertanto necessaria un'attenta coordinazione degli interventi dei diversi artisti per armonizzare la composizione e unificare lo stile. Un "maestro" responsabile dirigeva un gruppo formato dai diversi specialisti in costruzione prospettica e in figure. Il Panorama [...] fedelmente riprodotto nella immensa tela, dieci volte più grande (del bozzetto), commissionata dalla *Società Anonima Italiana dei Panorama*\*, filiale della multinazionale belga che aveva il monopolio di questi spettacoli in Europa, era un programma iperrealista. Il Panorama di Roma era stato dipinto dal belga Léon Philippet nel 1882 e riproduceva l'assedio di Roma a Porta San Pancrazio ad opera di Garibaldi, avvenuto il 3 giugno del 1849. Offre alla vista l'intera città colle sue adiacenze, mirate dalla piazza di San Pietro in Montorio» (da A. Carrocci, *Il panorama di Roma nel 1849 di Léon Philippet*, in M. Gori Sassoli (a cura di), *Roma veduta. Disegni e stampe panoramiche della città dal XV al XIX secolo*, Artemide, Roma, 2000, pp. 243-251).

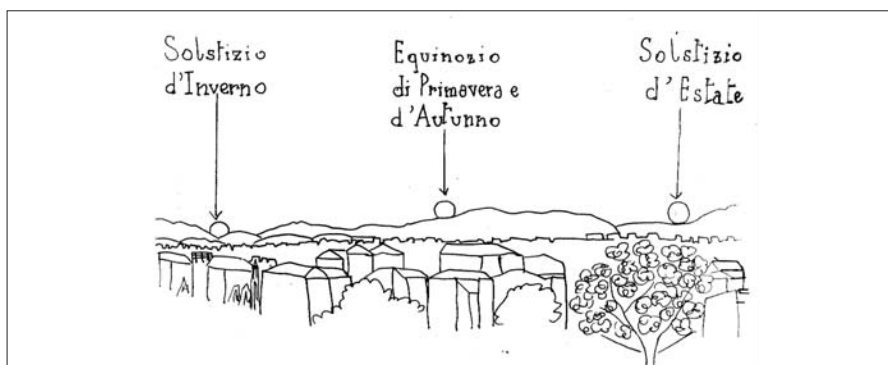
\* Se si fa una ricerca in Internet, la voce *Società Anonima Italiana dei Panorama* rimanda ai titoli storici da 100 lire emessi nel 1883 dalla stessa società, descritta nel seguente modo: «La compagnia era specializzata nell'allestimento di mostre mediante l'utilizzo di pannelli a 60° riproducenti paesaggi, battaglie, avvenimenti e panorami vari esposti specialmente nelle sale da ballo».

### Le finestrelle astronomiche

Le finestrelle astronomiche sono nate nelle classi di scuola primaria di Franco Lorenzoni negli anni successivi all'inizio del lavoro sull'orizzonte (Lorenzoni, 2009) e consistono in un disegno anche molto schematico di una porzione di orizzonte anche piccola, rispetto a cui è registrata la posizione degli astri.

Anche con bambini molto piccoli, abbiamo provato a seguire l'evoluzione di una costellazione o della Luna nel corso di una stessa sera o di sere successive. Franca Gaeta invita da anni i suoi allievi dell'età della scuola materna a fare in questo modo amicizia con il cielo e a conoscere le stelle. Il riferimento è quello dell'orizzonte locale. Scegliamo un oggetto molto facilmente individuabile da tutti come la Luna o la costellazione di Orione nei mesi invernali. Ciascuno è invitato a cercarla in cielo, a riconoscerla e poi a raccontare dove l'ha vista, vicino a quali riferimenti della Terra, del suo orizzonte locale, e a che ora; eventualmente si può chiedere di farne un disegno. Tale richiesta, che può diventare un "compito a casa" che coinvolge i genitori dei bambini più piccoli (o anche i figli degli allievi adulti...), è un modo per darsi un appuntamento nel rivolgere tutti lo sguardo al cielo, a cercare di incontrare il medesimo oggetto nello stesso tempo.

Per i più grandi, si può offrire un cartoncino piegato a organetto, su cui disegnare ogni osservazione, aggiungendo le indicazioni precise della data e dell'ora in cui si è effettuato il disegno. In una stessa sera, se guardiamo rivolti a sud, si osserveranno gli astri andare da oriente a sud a occidente e in sere successive si osserverà il sorgere e tramontare delle stesse stelle sempre più presto. Per i pianeti, il Sole e la Luna si scoprirà che il loro essere "astri erranti" li porta a compiere percorsi meno regolari.



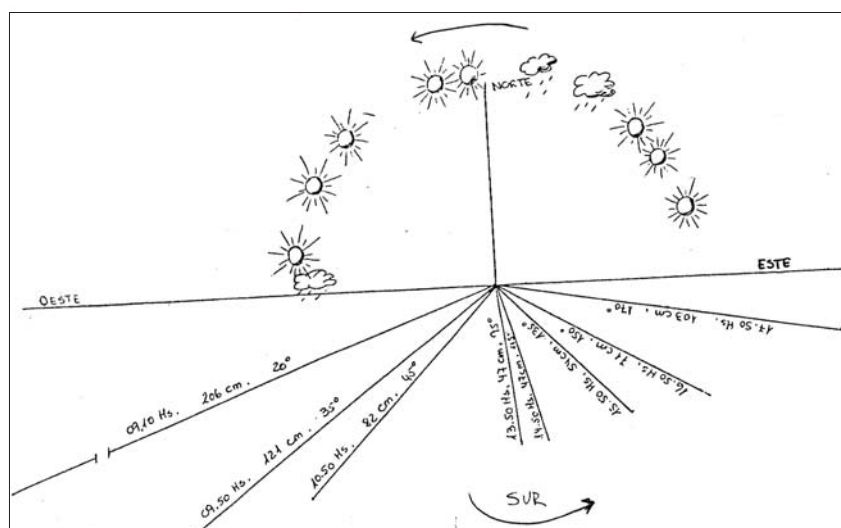
L'orizzonte occidentale con i punti del tramonto del Sole agli Equinozi e ai Solstizi, registrati a Chieti Scalo.

L'importante è fidarsi di ciò che si vede, è registrare ciò che si osserva e non anteporre le conoscenze teoriche all'evidenza della percezione visiva. In un secondo momento si avrà la possibilità di leggere, di confrontare tra loro, di capire e interpretare i disegni, ma è necessario che questi siano il più possibile fedeli rispetto al cielo che si è osservato.

Sull'orizzonte si viene a disegnare una farfalla del sorgere e tramontare del Sole durante l'anno: il Sole agli equinozi sorge nel punto cardinale est; al solstizio d'inverno sorge più a sud e al solstizio d'estate sorge più a nord.

Ma l'angolo letto sull'orizzonte tra i due solstizi per ogni luogo della Terra è diverso, perché dipende latitudine: all'Equatore è minimo, mentre ai Poli è massimo.

Strumenti molto utili per chi voglia guidare questo tipo di attività possono essere un testo di *Effemeridi* (dati sulle posizioni dei pianeti e della Luna, delle stelle visibili in un certo periodo, dei fenomeni celesti quali eclissi o stelle cadenti) che si può trovare, ad esempio, nelle riviste mensili di astronomia, oppure *L'Agenda del Cielo* (edita da New Press ogni anno): con tale strumento è anche possibile programmare le osservazioni dell'anno.



Il percorso del Sole verso nord e le ombre verso sud nell'emisfero sud (Patagonia).  
Che cosa cambia rispetto all'Italia?

**Attenzione!**

Molte persone pensano che l'orizzonte sia visibile solo al mare, dove la terra incontra l'acqua, e lo definiscono "la linea di incontro tra il cielo e il mare"; altri confondono l'orizzonte con il panorama, non sempre presente in un luogo aperto o presente solo in alcune direzioni: ad esempio, dalla terrazza del Pincio a Roma si gode di un ampio panorama verso occidente, dove si vede San Pietro, e alle spalle di questa terrazza si vedono gli alti alberi di Villa Borghese. Per le persone che percepiscono le cose in questo modo, in un cortile, in una piazza di città non c'è l'orizzonte. Ciò che intendiamo per orizzonte locale è, invece, il confine tra cielo e terra visibile in qualsiasi luogo all'aperto, confine che può essere anche molto ristretto e individuabile, a volte, solo in alto: l'orizzonte serve come riferimento per l'osservazione diretta degli astri.

L'orizzonte astronomico, invece, è un'altra cosa: è un cerchio ideale. Ma la confusione tra i due è spesso generata dalle immagini dei libri in cui l'orizzonte è semplicemente un cerchio piatto.

## Le canne di bambù del percorso del Sole e la rete da giardino

### Due strumenti per registrare il percorso diurno osservato del Sole o della Luna

#### Le canne di bambù

Questa attività è nata durante un corso di aggiornamento triennale promosso dal MPI presso la Casa Laboratorio di Cenci nel 1983-1985, a cui parteciparono molti insegnanti di ogni ordine di scuola appartenenti e non al MCE. Ideai questa attività in alternativa alla registrazione in terra delle ombre di uno gnomone. Non mi appariva infatti semplice registrare su un supporto bidimensionale (il terreno, un foglio di carta) il percorso del Sole che si osserva nello spazio tridimensionale; non ritenevo così immediato, anche da un punto di vista simbolico, dare attenzione solo alle ombre volendo capire qualcosa del Sole, dunque della luce. Nelle attività abitualmente proposte, quelle che leggevo nei testi e di cui parlavano molti colleghi, l'attenzione e lo sguardo erano rivolti allo gnomone con le spalle al Sole, mentre mi sembrava importante essere rivolti verso l'astro per seguire il suo percorso diurno, a cui, forse non avevamo mai dato davvero attenzione continuata.

#### Il percorso del Sole in un giorno

Poiché non è possibile disegnare nel cielo, costruiamo un osservatorio che permetta di visualizzare nello spazio tridimensionale il percorso del Sole durante una giornata.

L'osservatorio è costituito da un "punto di vista" che resta fisso per tutto il lavoro e da cui si riguarda il Sole proteggendosi l'occhio con una lastrina da saldatore scura. Il punto di vista è un anello di metallo che può essere ruotato, posto in cima a un sostegno, a un'altezza comoda per chi guarda, dunque a circa 60 cm da terra. Il sostegno può essere costituito da un cavalletto per fotografia abbastanza alto o da un paletto infilato nel terreno con sopra un anello.

Intorno a questo si può tracciare un solco circolare con un raggio di un metro circa: a ogni osservazione nel solco viene piantata una canna verticale

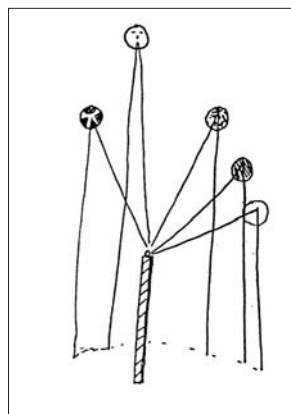
(o un palo diritto e abbastanza alto) nella direzione del Sole e di altezza tale che la sua cima vada a coprire esattamente il disco del Sole traguardato dall'anello: dunque una persona traguarda il Sole dal "punto di vista" e un'altra sistema la canna e la taglia all'altezza opportuna.

Per materializzare la direzione dello sguardo verso il Sole e del raggio di Sole verso l'occhio, viene teso un filo dall'anello fino alla cima della canna. È come se i fili andassero "dall'occhio al Sole" poggiando sulle canne. Le canne e i fili vengono dipinti secondo i colori che le persone attribuiscono al Sole e alla sua luce. In cima a ogni canna viene attaccato un



Sole, filo, occhio e ombra sono allineati.

*Figura a lato:* schema del percorso del Sole con le canne di bambù.



Sole dipinto o costruito con un materiale qualsiasi: carta crespata colorata, nastri, cartone, legni, fiori, conchiglie...

Per sostenere il lavoro di costruzione e nell'attendere gli spostamenti del Sole, possono esserci dei canti e dei racconti. Quando il Sole è più alto nel cielo, il mito di Fetonte che guida il carro di Elio può evocare il grande calore dell'astro; la mattina presto, il racconto del mito di Aurora può essere legato ai colori del cielo, mentre verso il tramonto possono esserci i racconti dei molteplici volti del dio del Sole egiziano e dei suoi viaggi sulle "barche della notte".

Un gesto appare cruciale all'inizio di tutti i lavori sulla luce del Sole e le ombre, al fine di interagire con le concezioni di chi apprende, circa la direzione delle ombre e la loro relazione con una sorgente di luce. Si tratta di indicare con un braccio teso il disco del Sole e con l'altro braccio teso l'ombra, in terra, della propria testa. In tal modo il Sole, le braccia e l'ombra della testa sul terreno vengono a trovarsi allineati: ognuno, a turno, può osservare gli altri con le braccia aperte a 180° e tutte tra loro parallele (si veda il capitolo *I teli per le ombre*). Se si vuole, ogni filo, dall'anello del punto di

vista, può proseguire fino a terra: il punto in cui il filo arriva a terra è anche il punto dove arrivano le estremità delle ombre della canna relativa a quel filo e dell'anello.

Alla fine della giornata tutti i dischi in cima alle canne restituiranno una traccia sensibile del percorso del Sole nel cielo. La costruzione è particolarmente significativa se si comincia presto al mattino, meglio se all'alba, e se si continua tutto il giorno fino al tramonto. Anche in questo caso un gesto appare cruciale alla fine del lavoro: indicare con il braccio teso verso il cielo, da oriente a occidente, la sequenza dei dischi colorati ripercorrendo il percorso osservato del Sole.



Il piano dell'Equatore visualizzato con i fili da Leonarda Fucili.

In terra invece si legge la curva dell'estremità delle ombre come in un gnomone usuale. Una linea retta nei giorni vicini agli equinozi, diretta da est a ovest, e un ramo di iperbole con convessità opposta tra primavera-estate e autunno-inverno. L'insieme dei fili tesi è perfettamente su un piano nei giorni vicini agli equinozi, mentre negli altri periodi i fili formano una superficie conica, con la convessità opposta tra primavera-estate e autunno-inverno. Provare per vedere! Durante una giornata d'equinozio, Leonarda Fucili, insegnante di

matematica e scienze nella scuola secondaria di primo grado, ha posto un mappamondo in posizione di *mappamondo parallelo* tra i fili tesi a visualizzare quel piano inclinato che passa proprio per l'Equatore Terrestre (si veda il capitolo *Il mappamondo parallelo*).

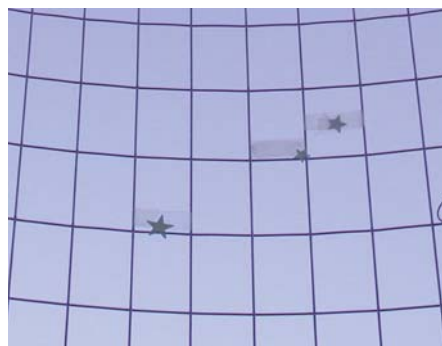
Per una classe tutto ciò è più facile da realizzare durante un'uscita oppure se la scuola ha a disposizione un giardino o un campo. Caratteristica di questa costruzione è la sua "trasparenza" che permette di confrontare il percorso del Sole in un giorno dell'anno con quello di qualsiasi altro giorno o con il percorso della Luna o di un pianeta o di una stella.

È possibile dunque vedere e registrare anche l'obliquità dell'Eclittica rispetto al cerchio dell'Equatore Celeste.

La distanza angolare tra due canne, presa sul terreno, fornisce la differenza in azimut tra le due posizioni del Sole: l'azimut cambia molto intorno al mezzogiorno e meno quando si è vicini al momento dell'alba e del



tramonto. Viceversa l'altezza angolare del Sole, che si legge come altezza rispetto al suolo di due canne vicine, cambia più rapidamente all'alba e al tramonto piuttosto che intorno a mezzogiorno. Tra le canne del mezzogiorno quella del Solstizio d'estate è la più alta e quella del Solstizio d'inverno è la più bassa dell'anno: ma la differenza rispetto alla canna degli Equinozi è maggiore nel caso del Solstizio d'estate. Infatti con questo strumento si ha una proiezione cilindrica proprio come nei planisferi in cui dall'Equatore al Polo si ha una deformazione sempre maggiore dei paesi raffigurati (vedi *Gli orologi solari*). Invece, nella cupola sferica (vedi *La cupo-*



Tre posizioni successive di un astro registrate sulle maglie della rete.

(a sinistra) Registrazione della posizione del Sole sulla rete.

la) si vede bene la simmetria dei Solstizi rispetto agli Equinozi.

### Attenzione!

Che cosa vuol dire esattamente l'altezza del Sole? L'altezza del Sole è una distanza angolare e dunque è espressa da un angolo: si tratta dell'angolo tra il Sole (un raggio di Sole) e il piano orizzontale. Non è dunque una distanza lineare espressa in metri o in chilometri!

Se non si ha la possibilità di piantare in terra delle canne o di farle reggere infilandole in vasi pieni di terra o in appositi supporti, si possono tendere dei fili verso i rami di un albero o verso una recinzione, avendo cura di mantenere fisso il punto di osservazione.

### La rete da giardino

Durante il corso residenziale a Cenci del 2003 abbiamo iniziato a sperimentare un cilindro di rete metallica a maglie rettangolari, alto circa 3 m disposto su una circonferenza di circa 2 m di diametro e aperto verso nord

per potersi sistemare al centro con il punto di vista. A differenza delle canne di bambù, in questo caso, il supporto per la registrazione degli astri è fisso ed è dato dalle maglie della rete. Il punto di osservazione è nel centro del cerchio di base, a un metro circa da terra. Nelle successive osservazioni, sulla rete vengono applicati segnalini con cui si registrano le posizioni assunte dall'astro. Il supporto permette di confrontare facilmente i percorsi di astri diversi o i percorsi effettuati da uno stesso astro in giorni o notti diversi.

Resterà comunque l'esperienza della restituzione in tre dimensioni di qualcosa che viene osservato nello spazio grande verso il cielo.

La prosecuzione di questo lavoro può essere la tradizionale registrazione delle ombre su un piano. Far precedere alla registrazione delle ombre la costruzione del percorso del Sole con le canne di bambù o con la rete aiuta a visualizzare il legame fra il percorso diurno del Sole e il suo variare in altezza sull'orizzonte al passare delle ore e permette di esplicitare la relazione tra direzione del Sole e direzione delle ombre sul terreno nel corso della giornata e al variare delle stagioni.

## Il mappamondo parallelo

### Uno strumento per ragionare sulla nostra posizione sulla Terra e per osservare ciò che avviene altrove

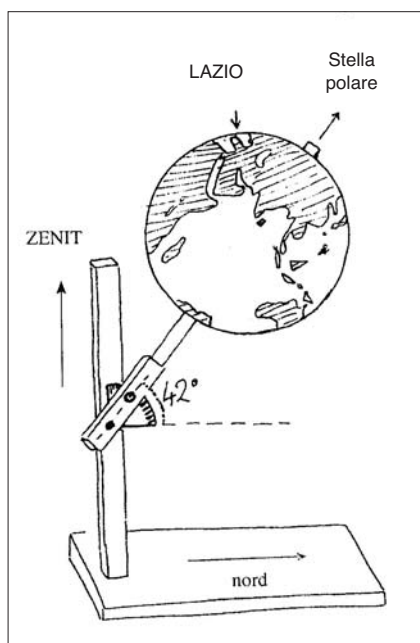
*La luna e le stelle non sono sopra di noi,  
è la Terra a essere sotto i nostri piedi.*

Proverbio del Marocco

Il *mappamondo parallelo* è un globo terrestre che si orienta come la Terra nello spazio, con la Stella Polare a continuazione dell'asse del globo in direzione nord, osservando il quale è possibile capire il movimento del Sole intorno al pianeta: sorgere e tramontare, essere allo zenit, essere a oriente, produrre le ombre...

«Grande è la battaglia tra la scienza e l'opinione popolare: da un lato si dice che gli uomini sono sparsi in tutta la Terra e che hanno i piedi contrapposti, e che per tutti è simile lo zenit, e che da ogni parte si cammina stando allo stesso modo nel centro della Terra. Dall'altra ci si chiede perché non cascano giù i nostri antipodi, come se anche loro non avessero tutte le ragioni di stupirsi perché non caschiamo noi...»

Plinio, *Naturalis Historia*



Questo strumento è nato tanti anni fa ed è tornato in uso negli anni Ottanta. Durante la sua infanzia, Franco Lorenzoni aveva conosciuto un mappamondo orientato realmente nella stessa direzione della Terra, collocato tra i rami di un ulivo da Bruno Brunelli, fisico al Sincrotrone di Frascati. Quando, negli anni successivi, ne abbiamo riparlato insieme, abbiamo smontato un mappamondo dall'usuale supporto per cominciare a orientarlo, a osservarlo e a ragionarci sopra.

Con il tecnico del Laboratorio di Didattica delle Scienze dell'Università "La Sapienza" abbiamo così iniziato a costruire, negli anni Ottanta, *map-*

*pamondi paralleli*, che possono essere sistemati in modo da risultare in posizione omotetica rispetto alla sfera del pianeta Terra: si tratta dunque di un rimpicciolimento della Terra sistemato nella sua stessa posizione rispetto al Sole e alle stelle fisse. A completamento, abbiamo ideato un piedistallo e aggiunto un goniometro.

Oggetti simili a questo, ho scoperto in seguito, esistevano fin dai tempi dei romani e avevano già un loro utilizzo in esperienze di tipo didattico. Ma la nostra originalità consisteva nello smontare i mappamondi usuali e riutilizzarli per un nuovo oggetto battezzato *mappamondo parallelo*. All'in-



La "Bola del Piquío" a Santander, Spagna.



La bola magica" di cartapesta, Bilbao (Spagna).

terno di un percorso di conoscenza, tale strumento consente di aiutare a prendere coscienza da un punto di vista, fisico, astronomico e geometrico del fatto che il mondo è rotondo.

Inoltre il *mappamondo parallelo* è particolarmente efficace se usato insieme alla *sdraio celeste*.

Un mappamondo "normale" posto sul suo piedistallo è, da un punto di vista geometrico, "simile" alla Terra, mentre il nostro mappamondo è "omotetico" alla Terra vera. Questo vuol dire che l'asse del mappamondo è parallelo all'asse del mondo che passa per i poli e per il centro della Terra e che il piano tangente in ogni punto del mappamondo risulta parallelo al piano orizzontale del corrispondente paese sulla Terra. In particolare il piano orizzontale dell'osservatore risulta parallelo al piano tangente il mappamondo nel suo punto più alto, così che tutto il mondo risulta sotto di esso proprio come noi abbiamo tutto il mondo sotto i nostri piedi.

Il *mappamondo parallelo* ha viaggiato nel mondo, soprattutto in Spagna e in Argentina, dove ha trovato nuove realizzazioni. In Spagna, Esteban Esteban lo chiama *la bola magica* (la sfera magica) per sottolineare la

quantità sorprendente di informazioni che se ne possono trarre. Nestor Camino ne ha posizionati diversi in scuole della provincia di Esquel, in Patagonia, nel sud dell'Argentina, e le sue foto sono per noi preziose per vedere davvero il mondo come si vede "dall'altra parte del mondo"! Nelle foto che corredano queste pagine si vede, per esempio, che in Patagonia è inverno e c'è la neve quando il Polo Nord è del tutto illuminato (mentre da noi è estate). Le foto sono state pubblicate nella rivista *El Gnomon Patagónico*, in Esquel. Il mappamondo parallelo può avere dimensioni e solidità tali per cui è possibile anche salirci sopra, come succede a Murcia.



Mappamondo parallelo di Murcia, Spagna.



Mappamondo parallelo all'equinozio a Esquel, Patagonia, Argentina).

Per fra' Mauro, il mondo era divenuto il suo laboratorio.

«La zona meridionale ha un clima caldo» ha scritto il monaco spagnolo Beato di Libana nel suo *Commento all'Apocalisse*. «Essa è ignota ai figli di Adamo. Non ha alcun legame con la nostra specie. Nessun occhio umano l'ha vista. L'accesso agli uomini è vietato e il Sole rende impossibile entrare in quella regione. Secondo quanto ritengono i filosofi essa è abitata dagli antipodiani, i quali vivono stagioni esattamente invertite rispetto alle nostre.» Non è così che gli antipodiani vedono noi? Anche noi esistiamo alla rovescia, capovolti, piedi in su e testa in giù? Comincio a chiedermi se quell'unità in cui ho sempre creduto non sia in realtà disgregata, frammentaria.

Mi sono già stancato del già noto?

Cowan, *Il sogno di disegnare il mondo*, 1998

### Come si costruisce

Per costruire il *mappamondo parallelo* è necessario smontare un mappamondo usuale di circa 40 cm di diametro. La sfera viene poi infilata in un paletto circolare che è imperniato su un supporto verticale. Questo è a sua volta fissato a una base che viene messa a terra e su cui viene poggiata la bussola: la base deve essere sufficientemente grande da bilanciare il peso della sfera e del paletto che passa per i poli. Al supporto verticale è fissato un goniometro con le incisioni dei gradi, eventualmente senza numerazione, in modo che ciascuno possa decidere e discutere come calcolare i gradi (se dal Polo o dall'Equatore).

### Un possibile percorso

«Indicate con un braccio dove sono i vostri piedi, indicate la cima di quell'albero, indicate i suoi occhi...».

Si invitano così tutti a indicare, col braccio teso, punti diversi dello spazio, punti vicini e punti lontani verso l'orizzonte, in alto e in basso. Il braccio può dunque ruotare di 360° in ogni direzione dello spazio e può quindi indicare qualunque direzione.

Ora il gruppo è pronto per rispondere alla nuova domanda: «Sapendo dove si trova la direzione nord, indicate con un braccio teso la direzione dello spazio in cui si trova la Norvegia».

Ho formulato per la prima volta la domanda «Dove si trova la Norvegia?» nella situazione seguente: con un gruppo di insegnanti dell'MCE italiano e della pedagogia Freinet di tutto il mondo, ci trovavamo nel 1988 sulla spiaggia atlantica vicino a Florianopolis, in Brasile. Noi europei avevamo lasciato in Europa la falce di Luna crescente con la gobba a destra (guardando verso occidente) e ora, la sera dopo, ecco la Luna con la gobba a sinistra, se guardavamo ancora verso il tramonto del Sole. Come spiegare tutto ciò? A quali "rotazioni" ci aveva portato il nostro viaggio?

Ma ancora più emozionante era vedere l'Orsa Maggiore, la Callisto dei nostri miti, bagnarsi nell'acqua del mare, tuffarsi completamente nell'Oceano, a dispetto del mito e della potente Giunone (si veda il capitolo 19).

Questa osservazione mi portava a chiedermi: dove si trova la Stella Polare? Dove si trova l'emisfero nord celeste e dove è l'Italia? Tutto risultava "là sotto", sotto il piano del mio orizzonte brasiliano. Eravamo molto impressionati dal percepire che... stando nell'emisfero sud avevamo l'emisfero nord "sotto" di noi. Mentre per noi era usuale pensare, stando in Europa, che l'America Latina è sotto, in basso. In una concezione in cui

sud e sotto si confondono e si accompagnano l'un l'altro, ora era difficile percepire quanto il nord potesse a sua volta trovarsi sotto, più in basso rispetto al sistema di riferimento locale dell'altro osservatore.

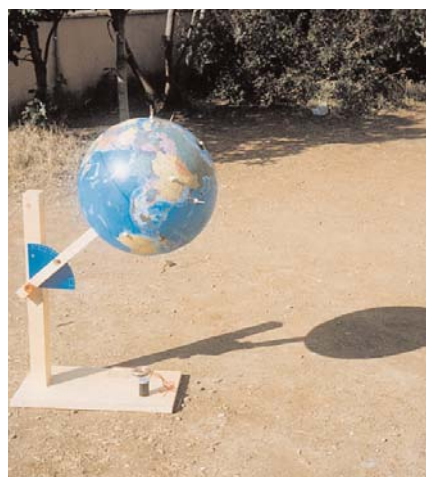
Questa osservazione, accompagnata da numerose riflessioni scambiate con i tanti con cui condividevo stupore e difficoltà di capire, mi portarono a riorganizzare la mia strutturazione della sfera della Terra rispetto al cielo e a capire che in ogni punto del globo abbiamo “tutto” il resto del mondo sotto i nostri piedi. E così, per aiutare i miei compagni di viaggio a capire, formulai la domanda «Se sei in Italia e devi indicare il Brasile, ti è facile indicare verso il basso, perché pensi al mappamondo usuale e all'emisfero sud; ma se sei in Italia dove si trova per te la Norvegia?». È sorprendente, ma anche in questo caso il braccio deve essere teso verso il basso, sotto l'orizzonte.

*Ogni uomo sempre si trova nel mezzo del mondo e sopra il centro di esso mondo.*  
Leonardo da Vinci

Prendiamo allora un *mappamondo parallelo*, la cui caratteristica principale è di avere un asse che può variare la sua inclinazione e che può essere perciò posizionato in modo corretto in funzione dei riferimenti locali. Lo usiamo mettendo in campo le cose che abbiamo capito interrogandoci sulla Norvegia; esso diventa così un modello del mondo, disposto in modo “parallelo” all'asse terrestre. Se mettiamo uno stecchino sulla sua superficie, tutto ciò che avviene riguardo al comportamento della luce e delle ombre è una riproduzione esatta, in piccolo, di quello che avviene nella realtà: il Sole agisce sulla sfera/mappamondo esattamente allo stesso modo che sulla sfera/Terra, sempre a condizione che, beninteso, ci si trovi all'aperto e ci sia il Sole.

Sul *mappamondo parallelo* possiamo vedere “in diretta” quello che avviene sulla sfera della Terra: possiamo vedere dove il Sole sta sorgendo (un luogo prima in ombra e che al passare dei minuti viene illuminato dal Sole) e dove sta tramontando in questo momento, dove è giorno e dove è notte. Ma attenzione alle difficoltà di visione spaziale e di orientamento: se in Italia è giorno, il Sole è sorto prima ad oriente, verso l'Asia, e sta sorgendo, o è ancora notte ad occidente, verso le Americhe. Possiamo osservare quale polo è illuminato e quale no (e questo è un elemento legato alle stagioni per cui il Polo Nord ha sei mesi di notte tra l'autunno e l'inverno e sei mesi di giorno con il Sole anche a mezzanotte tra la primavera e l'estate e, simmetricamente, per l'altro polo). Spostando gli stecchini e osservando la loro ombra vediamo dove è esattamente mezzo-

giorno (l'ombra è diretta lungo il meridiano, verso nord o verso sud), dove il Sole è allo zenit (l'ombra sparisce sotto lo stecchino), dove il Sole è a oriente e quindi è mattina (l'ombra è diretta verso occidente).



(sopra) Il mappamondo parallelo esposto nel giardino di una scuola di Roma.

(a sinistra) "Il mondo", installazione di Niki De Saint Phalle esposta presso il Giardino dei Tarocchi a Capalbio, Grosseto.

### Un altro percorso

Durante un incontro del progetto *Giornate tra cielo e terra*, Lucia Corbo, insegnante di scuola superiore, dopo aver condotto il laboratorio, scriveva le seguenti osservazioni. «Preparo il mappamondo in posizione verticale e poi chiedo: come lo orientiamo? In genere molti si preoccupano di inclinarlo di circa  $23^\circ$ , poi qualcuno nomina il nord e io li invito a cercare questa direzione: se non si ha la bussola, ci si può servire del Sole o della Stella Polare. Ma dove si trova la Stella Polare sul nostro orizzonte? Pensiamo ai casi limite del Polo Nord e dell'Equatore, ragioniamo sulla latitudine di un luogo e la relativa altezza della Stella Polare: la latitudine è uguale all'altezza della Polare sul piano dell'orizzonte, lo stesso angolo (si veda il *teodolite*). Dunque a Roma circa  $42^\circ$ . Col braccio teso cerchiamo questo angolo.

Orientato il mappamondo, scopriamo di essere in cima al mondo!  
Con un omino di pongo osserviamo ora le ombre: vanno verso occi-



dente se è mattina, verso oriente se è pomeriggio e sono sul meridiano verso nord se è mezzogiorno. Spostiamo l'omino lungo un parallelo e cerchiamo i posti del mondo dove il Sole sta sorgendo... Spostando l'omino lungo lo stesso meridiano osserviamo la lunghezza delle ombre, cerchiamo il punto dove il Sole è allo zenit, osserviamo le ombre andare verso nord o verso sud.

Collegiamo la latitudine del punto dove il Sole è allo zenit, con la stagione».

**Dalle riflessioni personali scritte da alcuni insegnanti in formazione, dopo aver usato il mappamondo parallelo in uno spazio aperto**

*...Mi ha fatto crollare delle certezze ed è risultato molto semplice per la sua evidenza il modello orientato della Terra.*

*Il discorso sul punto di vista (terra, nuvole, pioggia, Norvegia e Brasile) mi ha messo in crisi, nel senso che mi ha costretto a riflettere su cose che si danno per scontato, banalizzandole.*

*Ogni punto è sotto a noi: anche la Norvegia...*

*...Il modello smontato del mappamondo, posto fuori al Sole... e capire che non tutto ciò che sta sopra di me è a nord e tutto ciò che sta sotto è al sud.*

*Siamo tante ciliegine.*

*La posizione della Norvegia: strategie per vincere lo stereotipo delle cartine geografiche.*

**Attenzione!**

Qualcuno tende a ruotare il *mappamondo parallelo*, in modo che l'Italia, se l'osservatore è in Italia, risulti ad esempio verso ovest quando è pomeriggio e il Sole è verso occidente: in questo modo si tende a mettere l'Italia di fronte al Sole. Per queste persone (e non si tratta solo di bambini...) è irresistibile "far muovere la Terra" e non lasciare che il Sole faccia il suo corso illuminando la Terra da diverse posizioni nel cielo.

Qualcuno si chiede: «Per capire che cosa vedono ora in Argentina devo posizionare lo strumento con l'Argentina in alto?». La risposta sarebbe affermativa se noi, per sapere che cosa si vede in Argentina, ci spostassimo in quel Paese, ma dal nostro punto di osservazione dobbiamo solo osservare se in questo momento l'Argentina risulta illuminata o no, come sono dirette le ombre di uno stecchino verticale in quel Paese...lasciando lo strumento con il nostro luogo di osservazione in alto: solo in questo modo il nostro mappamondo risulta "parallelo" alla Terra!

La confusione tra alto e basso con nord e sud è molto radicata in noi: in Italia usiamo dire “salgo a nord” e “scendo al sud”. Si appendono al muro le carte geografiche e si usano carte “europacentriche” che alimentano queste convinzioni. Giocare con un mappamondo libero dal suo supporto, stendere le carte geografiche per terra e orientarle secondo le direzioni come se volessimo avvolgere la Terra, usare carte geografiche di altre culture con altri riferimenti, può aiutare a restituire ad alto e basso il loro valore locale, relativo

alla direzione della verticale del luogo e a sud e nord il loro valore di coordinate rispetto alla sfera della Terra nella sua relazione con il cielo (un esempio è costituito dalle carte neozelandesi della Gregory's Publishing Company).



Una carta con il nord in basso e il sud in alto.

Si veda Lanciano, 2003 e il sito <http://flourish.org/upsidedownmap/>.

#### Curiosità e notizie storiche

Tra i progenitori illustri del nostro strumento troviamo la **sfera di Matelica**. Si tratta di una sfera di marmo bianco risalente a non prima del II secolo a.C., trovata vicino a Matelica (Macerata) su cui sono incisi alcuni cerchi ben visibili: l'Equatore, tre cerchi concentrici e un arco di cerchio che li taglia passando per il loro centro. Le funzioni legate al tempo di questa sfera-meridiana sono di determinare, mediante l'incidenza della luce solare, la stagione, la data e l'ora del giorno, la durata del giorno e della notte e l'entrata del Sole nelle costellazioni dello Zodiaco. Vi sono segnati i cerchi del terminatore tra la zona illuminata e quella sempre al buio nei vari periodi dell'anno. Lo strumento funziona solo se si immagina di orientarlo in modo che il meridiano della sfera coincida con il meridiano del luogo e il Polo Nord sia allineato con la Stella Polare: ossia solo in posizione “parallela” alla Terra. Per saperne di più: D. Baldini, A. Carusi, *Una sfera misteriosa*, in «Archeo» n. 80, 1991.

**Nel paesino di Saracinesco**, circa 20 km a est di Tivoli, è in allestimento il *Museo del Tempo* che coinvolge l'intero impianto urbano, nel quale sono stati costruiti e posizionati sei orologi solari e una riproduzione della sfera di Matelica.

- Noi abbiamo usato una sfera bianca di polistirolo su cui a ogni osservazione viene segnato con una serie di spilli di un dato colore il terminatore di quel momento.

- **A Barcellona**, in Spagna, vi è una sfera simile di marmo grigio posta su una colonnina vicino all'ingresso del Giardino Zoologico: su di essa, in coincidenza del cerchio dell'Equatore, sono segnate le tacche delle 24 ore o dei fusi orari. Dalla tacca su cui passa il terminatore in un certo istante si legge la distanza oraria dal mezzogiorno di quel giorno.

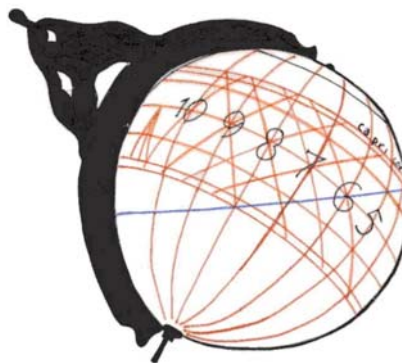
- **A Genova**, nel castello del Capitan D'Albertis, cultore di meridiane vissuto all'inizio del 1900, si trova una sfera di marmo bianco simile alla precedente.

In Spagna, nella città di Santander, dall'inizio del secolo scorso si trova, collocato nel frequentatissimo giardino del Piquio, una grande sfera di pietra con il tracciato dei continenti, messa in posizione di "terra parallela". È catalogata come orologio solare e nessuno ne sapeva il motivo: tutti la conoscevano come *bola del Piquio*, ossia "sfera del Piquio", prima che un mio allievo ne spiegasse il senso.



Castello D'Albertis, Genova.

- **A Praga** se ne trova una risalente al 1698 nel Parco di Stramovka, vicino al castello che ospita gli Archivi di Stato. È orientata come il *mappamondo parallelo* per la latitudine di Praga e, considerato il mese di osservazione, il terminatore indica le ore. Una sorta di coltello imperniato sui poli e con la possibilità di ruotare serve a identificare esattamente il meridiano su cui si trova il Sole.



Parco di Stramokva, Praga.

- **A Monaco**, nel terrazzo astronomico del Museo delle Scienze, si trova una sfera moderna assai simile a quella di Praga.

Per fare approfondimenti relativi al percorso didattico che può portare all'uso del mappamondo parallelo..

[http://math.unipa.it/~grim/cieaem/cieaem57\\_lanciano\\_tomassetti.pdf](http://math.unipa.it/~grim/cieaem/cieaem57_lanciano_tomassetti.pdf)

## Il globo celeste

Lo strumento più usato presso i romani era il globo celeste, un globo pieno, spesso in legno, la cui invenzione tra i Greci risale ad Anassimandro o forse a Talete. Eudosso ne aveva uno, come ricorda Cicerone (*Repubblica* 1, 22), e i testi di astronomia, quali l'*Astronomicon* di Arato, erano delle spiegazioni del globo di Eudosso.

Tali globi potevano ruotare sul loro asse, riproducendo così il movimento diurno del cielo stesso; inoltre, poiché questo asse era suscettibile di prendere inclinazioni variabili rispetto al piano d'appoggio che rappresentava l'orizzonte, si potevano osservare le posizioni relative dei paralleli e dei poli rispetto a tale orizzonte, la variazione del cerchio delle stelle circumpolari secondo la latitudine terrestre, gli spostamenti quotidiani del Sole e le variazioni della durata dei giorni sostiziali secondo le latitudini. Munito di un quarto di cerchio graduato, permetteva anche di misurare l'altezza di una stella sull'orizzonte.



Il globo celeste nel parco dell'ONU di Ginevra (intero e particolare).

In epoca moderna, all'inizio del 1900, un grande globo di bronzo dorato con le costellazioni è stato collocato a Ginevra, all'interno del parco dell'ONU. Il globo si trova in mezzo a un laghetto tra i bagliori del Sole e dell'acqua. Si tratta di una sfera cava la cui superficie è costituita dagli asterismi delle costellazioni vicino a cui sono scritti, su cartigli di metallo, i rispettivi nomi. Alcuni cerchi, l'orizzonte, un meridiano e l'asse polare reggono l'intera struttura. Si tratta forse dell'ultima raffigurazione del cielo in cui è segnata la costellazione di Antinoo, il giovinetto amato dall'imperatore Adriano, il quale volle dedicargli una nuova costellazione, posta da

Tolomeo ai piedi dell'Aquila. Nel 1922, una conferenza di astro-nomi "puritani" tolse dal cielo questa costellazione per motivi "etici" (Lanciano, 2003; si vedano le *carte del cielo*).

### **Attenzione!**

Che cosa vuol dire per una sfera essere parallela a un'altra? Vuol dire che i piani tangenti nei diversi punti dell'una sono paralleli ai rispettivi piani tangenti dell'altra.

Questo mappamondo è stato anche definito *mappamondo democratico*, equorientato, libero dal suo supporto, da cui nasce il giocoso "movimento per la liberazione dei mappamondi dai loro supporti universali per diventare locali e democratici" (vedi [www.globolocal.net](http://www.globolocal.net)).

Per sistemare correttamente il globo in posizione di mappamondo parallelo basta conoscere la direzione nord-sud. Non serve sapere la latitudine o altre coordinate del luogo di osservazione: basta sistemare il globo con il luogo di osservazione nel punto più alto!

I casi limite: se fossimo all'Equatore, l'asse del mappamondo parallelo dovrebbe essere parallelo al terreno e se fossimo ai Poli risulterebbe perpendicolare a questo. Se fossimo al Polo Sud dovremmo sfilare dal supporto la sfera del mappamondo e reinserirla in modo tale che il Polo Sud risulti in alto (e il Polo Nord in basso).

## La sdraio celeste

### Uno strumento per guardare gli astri e localizzarli nello spazio

La *sdraio celeste* è formata da un piano inclinato rispetto al terreno in modo da risultare parallelo al piano dell'Equatore. Su di essa è possibile sdraiarsi completamente per guardare il cielo. Un asse parallelo all'asse del mondo, e quindi perpendicolare al piano della sdraio, lo attraversa ed è puntato sulla Stella Polare (che è così facilmente riconoscibile nel cielo).

Stare sdraiati sulla *sdraio celeste* è come stare sdraiati in terra al Polo Nord e avere la Stella Polare alta, allo zenit, sopra la propria testa, ma è anche come stare in piedi all'Equatore e avere la Stella Polare bassa all'orizzonte.

Elisa De Sanctis suggerisce una nuova domanda: come mi devo mettere sulla sdraio per simulare la posizione di "sdraiata in terra al Polo Sud"? Devo sdraiarmi a "pancia sotto" e, immaginando la sdraio e la Terra trasparenti, vedrei così il cielo dell'emisfero australe.



Sdraio celeste a Francoforte, 1992.

La *sdraio celeste* è nata a Cenci nei primi anni Ottanta con Franco Lorenzoni. Quel primo grande pezzo di legno fu segato da Pietro Cucchi, il taglia-boschi che ha seguito da vicino molte nostre esperienze. Dalle sue mani e dai suoi attrezzi è nata quella forma di rettangolo stonato nella parte alta.

Ora una sua "sorella" si trova a Murcia, nel parco pubblico del Museo de la Ciencia y el Agua, realizzata grazie all'amico Simon García García. Quella che si trova, invece, nel "giardino del cielo" della scuola *Balabanoff* di Roma è stata colorata basandosi sul disegno di una ex alunna delle scuole elementari.

Se apriamo le braccia ad angolo retto tra loro in modo che un braccio punti la Stella Polare, mentre l'altro braccio, ruotando, incontra l'orizzonte nei due punti est e ovest, possiamo individuare il piano equatoriale. Si chiama "piano equatoriale" il piano che passa per il cerchio

massimo dell'Equatore Terrestre e ogni piano a esso parallelo: essi incontrano la sfera celeste nel piano dell'Equatore Celeste.

Poiché la Terra è sferica, un piano parallelo al piano equatoriale risulta:

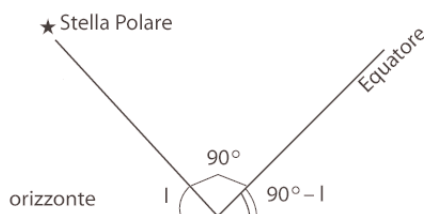
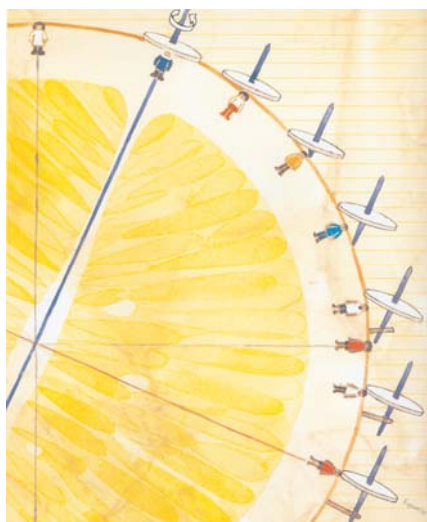
- tangente la sfera, ai poli; quindi ai poli risulta essere il piano orizzontale o piano di terra;

- perpendicolare al piano dell'orizzonte che incontra lungo una linea orientata est-ovest, all'Equatore;

- obliquo rispetto al piano dell'orizzonte, che incontra lungo una linea orientata est-ovest, alle altre latitudini; Poiché tale piano equatoriale, e tutti i piani a esso paralleli, sono perpendicolari all'asse polare, risulta che a ogni latitudine "L", compresa tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$  si ha che:

- l'asse polare che punta in direzione della Stella Polare è inclinato rispetto al piano dell'orizzonte astronomico, di un angolo pari alla latitudine "L";

- il piano equatoriale è inclinato di un angolo pari alla colatitudine, cioè il complemento a  $90^\circ$  della latitudine:  $90^\circ - L$ .



A sinistra: immagine tratta da Anno 1987.

Questo strumento acquista senso se gli si affianca un *mappamondo parallelo*, per cui ognuno dei due oggetti diventa un supporto per chiarire e arricchire l'altro.

Il piano può servire da supporto per un orologio solare equatoriale, quello in cui le linee orarie distano precisamente  $15^\circ$  l'una dall'altra, da disegnare e cancellare ogni volta. In alcune stagioni sarà utilizzato il lato superiore della sdraio e in altre stagioni quello inferiore: perché?

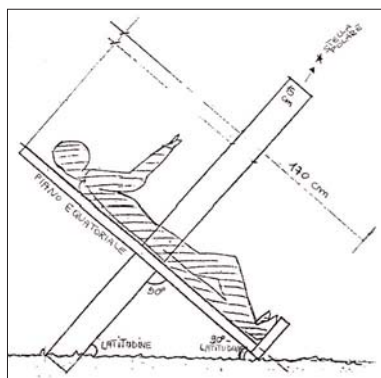
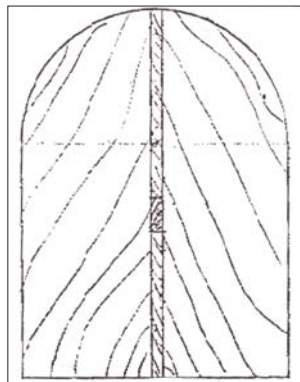
### Attenzione!

Questo strumento, usato di notte, aiuta a riconoscere le costellazioni che sono sopra l'Equatore Celeste, mentre usato di giorno serve a vedere se il Sole si trova sopra o sotto l'Equatore Celeste. Pertanto la sdraio può essere usata per rispondere a chi chiede se dall'Italia, ad esempio, che si trova nell'emisfero nord del mondo, è possibile vedere stelle dell'emisfero sud del cielo. L'osservazione attraverso la proiezione in cielo del piano equatoriale evidenzia come, quando guardiamo verso sud, vediamo stelle sopra e sotto tale piano, dunque stelle con declinazione positiva (che appartengono all'emisfero nord celeste) e stelle con declinazione negativa (che appartengono all'emisfero sud celeste; si vedano le *carte del cielo*).



La sdraio celeste usata come orologio solare equatoriale in inverno.

Alcuni, anche tra gli adulti, pensano che la Stella Polare è tanto famosa e conosciuta perché è la stella più luminosa del cielo. Quando si rendono conto che non è così, forse restano delusi, ma hanno occasione di interrogarsi su quale sia il motivo che la rende tanto famosa e in qualche modo diversa da tutte le altre stelle. Si scopre allora che è la sua posizione che la rende unica: questa stella è l'unico perno fisso del cielo, vicino al Polo Nord Celeste.



A sinistra: schema del piano della sdraio celeste. A destra: schema laterale della sdraio celeste.



## I cerchi indù

### Uno strumento per individuare il meridiano locale basandosi solo sulle ombre di un bastone

Tracciamo in terra una serie di cerchi concentrici, con raggio a piacere. Nel centro comune poniamo uno gnomone verticale. Segniamo in terra l'estremo della sua ombra ogni volta che questa interseca uno dei cerchi.

Facciamo questa registrazione per qualche ora prima del mezzogiorno e poi dopo il mezzogiorno, quando il Sole scende verso l'orizzonte.

Uniamo con una corda i due punti di intersezione dell'ombra con uno stesso cerchio. Otteniamo così tante corde quanti sono i cerchi raggiunti dalle ombre: se le registrazioni sono state accurate, le corde risulteranno tra loro parallele. I punti medi di tali corde si troveranno allora allineati tra loro, e con la base dello gnomone collocata al centro delle circonferenze: la linea che li unisce è la linea meridiana, asse di simmetria delle ombre prima e dopo il mezzogiorno solare. Il Sole infatti, a mezzogiorno, è a metà del suo cammino diurno e quindi una simmetria temporale (il mezzogiorno) viene a specchiarsi in una simmetria dello spazio (la linea nord-sud) o linea meridiana (da *meridiae*, che in latino vuol dire «a metà del dì»).

Questo metodo è conosciuto anche come metodo delle «altezze uguali». A quali altezze ci si riferisce? Ancora una volta sono le altezze angolari del Sole sull'orizzonte.

I cerchi indù, per la loro essenziale semplicità, possono essere tracciati anche con bambini delle prime classi elementari. Quanti più cerchi vengono tracciati, maggiore sarà la precisione dello strumento.

Tali strumenti si prestano a essere realizzati con farine, vernici colorate, sassi, smenti di vario colore, ma anche con perline infilate (usando uncinetto e lane colorate), come fa Cristina Martin di Latina: il suo strumento può diventare un tappeto colorato o, all'occorrenza, uno scialle.

Il bambino di scuola primaria che ha prodotto il disegno-collage rappresentante il meridiano trovato con i cerchi indù (che è un nastro incollato che continua sul retro del foglio) ha davvero capito che «se è un tratto di meridiano, allora arriva fino ai Poli e fa tutto il giro della Terra! E torna al punto di partenza».

Se non si può piantare uno gnomone nella terra e si lavora in un cortile o su una terrazza, si può piantare un bastone in un vaso da fiori pieno di terra. La cura e l'attenzione usate nel tracciare i cerchi, se questi sono abbastanza grandi, concorrono alla precisione del risultato ottenuto.

Questo strumento è molto ricco dal punto di vista delle deduzioni geometriche e delle informazioni astronomiche che permette di raggiungere. Può servire per trovare il meridiano locale e quindi anche, perpendicolare a questo, la linea est-ovest.



*A sinistra:* cerchi indù a Napoli, 1997. *A destra:* cerchi indù a Pontedera (Pisa), 1999.

I cerchi possono essere dipinti con i pennelli in modo più o meno definitivo oppure possono essere tracciati con i gessetti colorati o con oggetti poggiati lungo le circonferenze o a riempire le corone circolari concentriche.

I cerchi che tracciamo in terra sono certo molto più grandi di quelli che disegniamo di solito sui fogli: per disegnarli non possiamo più servirci del compasso ma possiamo tracciarli con uno spago.

### Un possibile percorso

Si fa il disegno dei cerchi indù e si apre la discussione sulle attese rispetto all'ombra dello gnomone: come cambierà nel tempo, rispetto a quali parametri (lineari e angolari) e che relazione ha ogni ombra con le posizioni osservate del Sole nel cielo?

Si segnano le ombre in momenti qualsiasi oppure si aspetta che le punte delle ombre arrivino alle varie circonferenze tracciate in modo casuale o, ancora, si tracciano le circonferenze in corrispondenza delle ombre prese, per esempio, a distanza di un'ora una dall'altra. Si riprende il lavoro sulle ipotesi. In relazione alle condizioni del gruppo (età, situazio-

ne...) si fornisce o meno la spiegazione della differenza tra mezzogiorno vero locale, mezzogiorno medio e mezzogiorno civile. Per far questo è necessario introdurre la longitudine del luogo e la distanza tra il meridiano del luogo di osservazione e il meridiano centrale del nostro fuso orario, quello che passa per Catania (si vedano gli orologi solari). Se possibile si introduce anche “l’equazione del tempo”, ossia la differenza tra ora vera locale e ora media. Si scopre così come con i cerchi indù sia possibile determinare il momento del mezzogiorno vero locale, dunque un ele-



*Un esempio di cerchi indù con gnomone piantato in un vaso da fiori.*

mento legato al tempo, e anche la linea nord-sud (quindi un elemento legato allo spazio).

Anziché cercare la linea nord-sud controllando l’istante in cui l’ombra smette di accorciarsi e riprende ad allungarsi, istante assai difficile da cogliere, anche perché comunque lo si individua a posteriori, quando cioè l’ombra si è sensibilmente allungata, usiamo in questo caso un altro sistema: sfruttiamo le bisettrici degli angoli compresi tra i due punti in cui l’ombra dello gnomone tocca uno stesso cerchio o l’asse della corda di tali coppie di punti. Conoscendo il mezzogiorno vero locale e quello segnato dall’orologio è possibile, dalla loro differenza, ricavare la longitudine del luogo.

Marina Tutino, insegnante di Lettere della scuola secondaria di primo grado e dei CTP (Centri Territoriali Permanenti), introduce lo strumento e sostiene il lavoro di un’intera giornata con il racconto che costruisce intorno a uno strumento scientifico, proprio come potrebbe accadere per la storia che si snoda intorno a un fatto artistico, a un viaggio o a un incontro. Esplora così la possibilità, ampiamente ripresa in questo libro, di

avvicinare strumenti della scienza a concetti rigorosi, attraverso un linguaggio non solo piano, preciso e propriamente tecnico ma anche narrativo, colloquiale, che invita ciascuno a metterci del suo. L'oralità sui cerchi indù di Marina Tutino parte dal racconto di un nomade che, quando si ferma, cerca di conoscere, tramite il Sole, dove si trova il nord: non ha niente con sé, ma pianta in terra il suo bastone da viaggio, marca l'ombra e torna ogni tanto a mettere un segno; alla fine di un giorno o forse due, ha abbastanza riferimenti per tracciare la direzione cercata (per i *cerchi indù* si veda Filippone, Fucili, Lanciano, Lorenzoni, Praticò, Tutino, 1998).

### Attenzione!

Molti pensano, a prescindere da qualsiasi osservazione, che da noi in Italia, a mezzogiorno, il Sole sia allo zenit. I cerchi indù, come l'osservazione con le canne di bambù, mostra come questo non accada mai, aiutando anche a vedere a quale altezza, tanto diversa nelle varie stagioni, il Sole arrivi effettivamente nel momento in cui raggiunge la sua massima altezza, ossia a mezzogiorno (si veda il teodolite).

Molti inoltre, non solo tra i bambini della scuola primaria, pensano che a mezzogiorno, quando il Sole è più forte, le ombre siano più lunghe: anche a costoro, l'osservazione diretta può dare la possibilità di ragionare sulle proprie concezioni iniziali.

In teoria, tra due successive registrazioni delle ombre sui cerchi, anche in uno stesso giorno, il Sole si è spostato sull'Eclittica (anche se di pochissimo) e quindi la sua declinazione è variata e di conseguenza la sua altezza sull'orizzonte non è identica. In pratica tali differenze non sono che di frazioni di frazioni di grado e non inficiano il nostro strumento. Peraltro, gli autori di testi di gnomonica (la scienza degli orologi solari) consigliano di fare le registrazioni per un periodo tra le cinque e le sette ore, perché un periodo più breve (solo intorno al mezzogiorno) non garantisce una corretta individuazione dei punti di attraversamento dei cerchi.

#### Curiosità e notizie storiche

Il nome indù dei nostri cerchi rimanda all'India, dove lo studio dei moti celesti o "scienza dei luminari" (jyotish) ha origini antichissime. In tale Paese troviamo ancora oggi questo strumento che viene dalla tradizione: i cerchi indù servono per trovare la direzione nord-sud, facendo uso di un bastone, di un gesso e di una cordicella. Così si trova il mezzogiorno, che in India è chiamata l'ora del cavallo.

## Il nastro del meridiano

### Un oggetto per materializzare e registrare sul terreno la linea nord-sud

Nell'emisfero nord, il sud è la direzione cardinale del Sole di mezzogiorno letta sull'orizzonte, mentre il nord è la direzione cardinale dell'ombra di un palo a quella stessa ora. Il Sole, il palo e la sua ombra individuano una linea meridiana. Se prolunghiamo idealmente la linea meridiana, incontriamo il Polo Nord e il Polo Sud della Terra. Siamo su un cerchio massimo sulla sfera della Terra che costituisce uno degli infiniti meridiani che possiamo tracciare sulla superficie terrestre.

Ogni linea meridiana dunque separa lo spazio in due metà: quella a oriente, dove sorgono gli astri e dove compiono il loro cammino ascendente, e quella a occidente, dove vanno verso il tramonto. Presso l'Osservatorio Astronomico di Greenwich, per esempio, passa il Primo Meridiano ( $0^\circ$ ) – secondo quanto stabilito da una convenzione del 1912 firmata durante la Conferenza Internazionale dell'Ora – di cui si vede un tratto materializzato sul pavimento del piazzale e sulla parete dell'edificio. Il “piano meridiano” contiene la “linea meridiana”: incontra in cielo il “meridiano celeste”, che passa per lo zenit del luogo, e in terra il “meridiano locale”, che collega il punto di osservazione con i poli nord e sud geografici e di cui una “linea meridiana” è una piccola porzione. Questa, essendo un breve tratto del meridiano, non è curva ma risulta essere un segmento rettilineo. Dunque la parola “meridiano” in sé ha diversi significati: dal punto di vista geografico, dal punto di vista geometrico (un segmento, un cerchio, un piano), dal punto di vista astronomico (relativamente all'argomento del Sole a mezzogiorno e delle linee meridiane marcate in terra si vedano anche gli orologi solari e la meridiana filare). Se prolunghiamo idealmente la linea meridiana, fino ad arrivare ai poli, incontriamo tutti i punti della Terra in cui si ha la stessa ora; se la prolunghiamo oltre i poli, troviamo i luoghi che distano da noi dodici ore e i nostri antipodi.



Greenwich: il primo meridiano e l'orologio del conto alla rovescia per il 2000.

## Un'azione

A mezzogiorno solare ci mettiamo in fila ognuno sull'ombra dell'altro per garantire così un allineamento tra tutti sul terreno: siamo sulla linea meridiana, e anche nel piano meridiano in cui si trova anche il Sole. Per segnare questo allineamento usiamo un largo nastro da poggiare in terra o dei sassi, e pigne, gesso, rami, una pittura... Di notte, possiamo trovare la linea meridiana guardando la Stella Polare. Marchiamo la linea sul terreno con una grossa corda bianca. Ognuno osserva, per trovare la sua posizione nella fila, che le teste dei compagni davanti siano nella direzione della Stella Polare.

### Attenzione!



Una cartina dell'Italia (dall'Agenda del Cielo).



Attenzione all'uso della bussola per determinare il meridiano: la bussola individua il nord magnetico, non quello astronomico. Si può anche usare il GPS, ma ogni strumento impone attenzioni particolari e ha i suoi limiti da considerare. Attenzione: se si chiede ai ragazzi, ma anche agli adulti, in Italia, quali città si trovino esattamente a nord e a sud della propria, o a est e a ovest, si ottengono risposte che mostrano notevoli "deformazioni percettive". Si tende a pensare Milano esattamente a nord di Bologna e questa sullo stesso meridiano di Roma, che a sua volta è pensata a nord di Reggio Calabria. Guardando poi una carta d'Italia in cui siano evidenziati i meridiani e i paralleli (vedi pagina precedente), si scoprono le differenze con le proprie immagini mentali e le proprie ipotesi. Rispetto alla latitudine è difficile pensare che Roma ha la stessa latitudine della parte nord del Gargano e Torino di Rovigo: le località più occidentali si pensano più a nord delle rispettive località più orientali. Per lavorare su questi aspetti può essere utile ritagliare una carta d'Italia con le isole, lungo il bordo in modo da non avere il riferimento implicito del foglio rettangolare. Si chiede poi di orientare la carta sul terreno rispettando le direzioni cardinali.

#### Curiosità e notizie storiche

- L'amico Tullio Aebischer dello Studium Urbis di Roma ha scritto: «La storia del Primo Meridiano d'Italia inizia nel 1862 quando la Prussia decise di misurare la lunghezza del meridiano centrale europeo per gli studi sulla forma della Terra. Lo Stato Pontificio affidò l'incarico a padre Angelo Secchi, che decise di spostare il punto fondamentale della cartografia pontificia dalla cupola di San Pietro al vicino Monte Mario. I lavori per la costruzione della Torretta del Primo Meridiano furono continuati dall'Istituto Geografico Militare e il meridiano che passava per Roma Monte Mario fu il primo meridiano dell'Italia Unita» (si veda [www.studiumurbis.org](http://www.studiumurbis.org)). Ancora oggi è questo il riferimento nella cartografia del IGM.

- A Parigi, nei pressi dell'Osservatorio Astronomico, sono incastonati nel pavimento dei medaglioni che ricordano il lavoro fatto dall'astronomo Arago. A Roma, su suggerimento dello Studium Urbis, sono stati dipinti dei riferimenti analoghi in terra lungo il "primo meridiano" che attraversa la città da Monte Mario, nei giardini Vaticani, verso Villa Pamphili e la Via Appia.



I medaglioni di Arago a Parigi e di Secchi a Roma.

## L'horihomo

### Una scheda per registrare le osservazioni, una proporzione per dare misure alle osservazioni

*L'horihomo* è un orologio-calendario che si può costruire seguendo semplici indicazioni. Si comincia con un'attività che risponde alla domanda: come posso da sola calcolare la mia ombra, senza usare nessun oggetto esterno? E ancora, come posso misurare la mia ombra in un modo che la misura sia ripetibile in qualsiasi momento (anche di domenica, anche in luglio) e in qualsiasi luogo (anche sulla spiaggia o per la strada) e sia confrontabile tra persone diverse?

Si misura la lunghezza della propria ombra su un piano orizzontale contando il numero di piedi che entrano in essa quando si sta ben dritti e con le spalle al Sole. È importante misurare su un terreno pianeggiante perché una salita accorcerebbe la nostra ombra e una discesa la allungherebbe. Si comincia a contare da quando i piedi sono uniti e poi si poggia un piede davanti all'altro ben aderente a quello che resta dietro.

Ma come fare a misurare da soli la propria ombra? Se mi sposto la mia ombra si sposta con me: servirà allora un aiuto esterno. Cerco in terra qualcosa che sia riconoscibile, un sassolino, una macchia del terreno, una foglia e mi sposto in modo che l'ombra della mia testa arrivi proprio in quel punto. Ora che ho un punto fisso di "fine dell'ombra", posso anche muovermi per misurare la distanza tra i miei piedi e quel punto.

*L'horihomo* è basato sul fatto che in un dato giorno dell'anno in un dato luogo (cioè in dipendenza dalla latitudine; si veda il teodolite) esiste una relazione precisa tra l'ora e l'altezza angolare del Sole sull'orizzonte. È anche basato su una proporzione del corpo umano, tra la propria altezza e la misura del proprio piede, che è circa la stessa per tutti. Per tutti in un'altezza entrano circa tra 6,5 e 7 piedi. Nelle età di crescita si può avere qualcuno che cresce prima in altezza o a cui crescono più rapidamente i piedi: quindi è necessario fare attenzione, oltre alla variabilità propria degli esseri viventi, anche a questi fattori di crescita. Naturalmente l'ideale è effettuare le misure senza scarpe. In particolare è necessario fare attenzione ai tacchi, che accorciano la misura del piede, e alle enormi soles di gomma che lo ingrandiscono oltre misura.



**Attenzione!**

La proporzione a cui abbiamo appena accennato (lunghezza del piede moltiplicata per 6,5 = altezza della persona) è costante ed esiste in natura, non va cercata o calcolata!



Dimostrazione della proporzione costante che esiste fra l'altezza di una persona e la lunghezza del suo piede.

Allo stesso modo, la proporzione costante tra l'altezza di ogni persona e la lunghezza della sua ombra, in un dato momento, è prodotta dal Sole!

Questo sistema può sembrare estremamente soggettivo: ognuno misura la propria ombra con il proprio piede. Spesso qualcuno suggerisce, per misurare le ombre, di utilizzare un legno uguale per tutti o il metro: ma in tal modo, a una data ora di un certo giorno, in un gruppo di persone di diversa altezza, si troverebbero tutte misure diverse. Le ombre dei più alti risulterebbero ovviamente più lunghe e quindi conterebbero un maggior numero di volte l'unità di misura, e allora si dovrebbe utilizzare, per conoscere l'ora, il rapporto tra due misure espresse nella stessa unità, l'altezza e la lunghezza dell'ombra, e il lavoro sarebbe assai meno diretto.

Invece, quando si misura con il proprio piede, grazie alla proporzione di cui abbiamo parlato, se uno trova, ad esempio, che l'ombra misura intorno a "12" piedi, tutti troveranno circa 12 piedi, e quel numero risulterà assai simile per tutti. Un'unità di misura apparentemente così individuale fornisce un risultato comune e riconoscibile da tutti. Dunque il proprio piede si rivela un utile strumento per effettuare confronti e per comunicare un'informazione ad altri. Come ha scritto uno studente «le ombre vanno misurate in "piedi personali" e non con un righello!».

Lo stimolo interessante per le nostre esperienze è di basare la conoscenza dell'ora, cioè del tempo, su uno strumento che abbiamo sempre con noi, che non è artificio per far tornare i conti, ma la cosa più naturale che abbiamo a disposizione: il nostro stesso corpo e precisamente il nostro piede e la nostra altezza.

<i>L'horihomo</i>					
data	ora	n° piedi	data	ora	n° piedi
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
data	ora	n° piedi	data	ora	n° piedi
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
Contare a piedi uniti e poi appoggiare il tallone alla punta dell'altro piede.					

**Attenzione!**

Un'ipotesi errata molto diffusa è che esista una linearità tra le ore e la lunghezza dell'ombra oppure che esista una regolarità del tipo che l'ombra cresce in modo regolare nel tempo, per esempio un piede all'ora! È facile accorgersi che non è vero ma bisogna essere onesti e non forzare le misure. È comunque interessante, fatta una misurazione, chiedere di fare delle previsioni: che cosa succederà tra un'ora, tra due ore? E a mezzogiorno? E al tramonto? Quale sarà il massimo? Quanti piedi misurerà l'ombra più lunga? La lunghezza dell'ombra non varia se la misuro in giardino o in terrazzo o in cima a un monte: «Ma sul terrazzo sono più vicino al Sole!» dice qualcuno e questo ci porta a riflettere sulle distanze relative, tra il giardino e il terrazzo e tra la Terra e il Sole... Bisogna fare attenzione ai periodi di ora legale, durante i quali l'ombra minima cade intorno alle ore 13 e non più alle ore 12.

Per approfondire l'utilizzo di questo strumento (e in particolare le difficoltà incontrate da allievi di età diverse nelle sue sperimentazioni) si veda Lanciano, 2006.

### Curiosità e notizie storiche

- In un Almanacco Perpetuo del XVII secolo si trova la descrizione dell'horihomo, inteso come metodo pratico per conoscere l'ora. «Si prende un filo o bastone lungo quanto la propria altezza, diviso in 12 parti uguali e si misura con quello la propria ombra sul terreno. Si consulta una tavola con la data e il numero di parti dell'ombra e si ricava l'ora italica». L'ora italica si contava a partire dal tramonto del Sole. È stata in uso in Europa fino al XIX secolo, quando è stata sostituita dalle ore francesi o civili.

- In epoche più antiche dell'Almanacco Perpetuo, troviamo in Grecia, nell'Assemblea delle Donne di Aristofane, il seguente passaggio in cui Praxagora dice alla sua sposa: «Quando lo *stoicheion* misurerà 10 volte la lunghezza del tuo piede, non avrai che da profumarti e venire a mangiare» (vv. 651-652). In questo caso lo *stoicheion* indicava la lunghezza dell'ombra del marito.

Nel *De Rustica*, l'agronomo latino Palladius, che ha vissuto nel IV secolo d.C., fornisce una tavola, allora molto in uso, della lunghezza misurata in piedi dell'ombra dell'interessato, alle diverse ore del giorno, variabile secondo le stagioni.

Queste tavole erano approssimative: erano calcolate per una latitudine data e ne serviva una per ogni coppia di mesi dell'anno.

Per i mesi di gennaio e dicembre, la tavola di Palladius, valida per la Sicilia, si presenta come segue:

HORA	I	et	XI	pedes XXIX
	II	et	X	" XIX
	III	et	IX	" XV
	IV	et	VIII	" XII
	V	et	VII	" X
	VI	meridies		" IX

Per i mesi di febbraio e novembre:

HORA	I	et	XI	pedes XXVII
	II	et	X	" XVII
	III	et	IX	" XIII
	IV	et	VIII	" X
	V	et	VII	" VIII
	VI	meridies	"	" VII

Come si vede, la più piccola lunghezza dell'ombra, cioè 7 piedi (è la più piccola di questa tabella, non in assoluto), corrisponde al mezzogiorno, cioè alla sesta ora temporale o antica, contata a partire dall'alba, in un sistema orario in cui le 12 ore del giorno – dall'alba al tramonto – sono di durata diversa dalle 12 ore della notte – dal tramonto all'alba – tranne che nei giorni degli equinozi. Le altre misure corrispondono a coppie di un'ora del mattino e una del pomeriggio, equidistanti dal mezzogiorno. Dunque se si conosce la data dell'osservazione, è possibile ricavare da una tabella come questa l'ora del giorno, mentre, se si conosce l'ora, è possibile ricavare in quale periodo dell'anno ci troviamo: basta che ci sia il Sole. Anche oggi, sul lago Tana vive un monaco cronometrista che, quando suona la campana per invitare alla preghiera, misura con i piedi la lunghezza della propria ombra per conoscere l'ora giusta.

## Il plinto di Tolomeo

Uno strumento da mettere sulla linea nord-sud per individuare l'istante del mezzogiorno solare



Plinto della facciata della chiesa di Santa Maria Novella a Firenze, in un giorno d'Equinozio, rispettivamente alle h 8, 11 e 15 (foto di Stefano Barbolini).

Il *plinto di Tolomeo* è uno strumento di tipo meridiano. È costituito da un muretto verticale costruito sul meridiano, quindi lungo la linea nord-sud: una faccia del muretto è illuminata di mattina quando il Sole è a oriente, mentre l'altra è illuminata di pomeriggio quando il Sole è a occidente. Se si osserva il plinto, si scopre il momento del mezzogiorno, che corrisponde a quello in cui nessuna delle due facce è illuminata. Vicino al suo spigolo superiore, a sud, è possibile infilare in un foro un bastoncino che funziona da gnomone ed è perpendicolare a entrambe le facce. Il foro si trova proprio al centro della graduazione da 0° (in alto) a 90° (in basso). Può essere realizzato in mattoni oppure in compensato, rendendolo così trasportabile. Gli gnomoni, perpendicolari alle due facce, orientale e occidentale, del quadrante verticale, permettono di misurare l'altezza del Sole sull'orizzonte al mezzogiorno locale. L'ombra dello gnomone, infatti, indica sul quadrante graduato l'altezza del Sole sull'orizzonte del luogo al suo passaggio in meridiano. Su ogni parete può essere tracciato un goniometro ma, poiché la lunghezza delle ombre è di dimensioni molto diverse nel corso della giornata (ombre cortissime all'alba e al tra-

monto e ombre molto lunghe intorno al mezzogiorno), può essere opportuno tracciare due goniometri concentrici, uno vicino alla base dello gnomone e uno più grande vicino al bordo delle pareti. Ogni muro posto esattamente sulla linea nord-sud e con una facciata rivolta a est e una a ovest, può essere considerato come base per un plinto.

### Attenzione!

In questo, come in tutti gli strumenti dotati di goniometro, bisogna fare molta attenzione al punto in cui mettere lo zero della numerazione degli angoli! In questo caso lo gnomone deve essere posto nel centro della gradazione!

#### Curiosità e notizie storiche

- A Villa Adriana, presso Tivoli, dove viveva l'imperatore Adriano (II secolo d.C.), abbiamo scoperto di essere "dentro un plinto". In questo caso, infatti, in una piazza, oggi a cielo aperto, in cui si trova la grande Peschiera del Palazzo, due muri paralleli e orientati nord-sud, permettono un punto di vista assai privilegiato. Al mattino il Sole a oriente illumina e forma le ombre sul muro posto a ovest, mentre lascia del tutto in ombra il muro orientale; a mezzogiorno la luce sparisce da entrambi i muri. Nel pomeriggio la luce raggiunge il muro posto a occidente e su questo crea le ombre, mentre il muro orientale è del tutto in ombra. È come se un plinto si fosse aperto e noi osservatori ci trovassimo a guardare, dall'interno, il gioco delle luci e delle ombre. Abbiamo fatto questa scoperta con il Gruppo di Ricerca sulla Pedagogia del Cielo del MCE nel 1998, durante l'organizzazione delle *Giornate tra cielo e terra: le città e il cielo*.

Ogni piazza, ogni via con muri paralleli e posti sul meridiano, quindi orientati uno verso est e l'altro verso ovest, possono dare il segnale del mezzogiorno locale, che si raggiunge quando i due muri sono entrambi in penombra.

- Sulla facciata della Chiesa di Santa Maria Novella a Firenze, rivolta a sud, si trova un plinto di Tolomeo o quadrante di Tolomeo, realizzato anch'esso, come l'*armilla* in metallo (si veda l'*armilla*) che si trova sulla stessa facciata, dal domenicano Egnazio Danti intorno al 1570. Una lastra di marmo bianca e quasi quadrata, di circa 1 metro e mezzo di lato, è posta perpendicolare alla facciata, in modo da trovarsi sul piano meridiano, con le due facce esposte a est e a ovest. Su queste sono segnati diversi orologi solari relativi a diversi sistemi di calcolo delle ore. Per ciascuno di questi è presente uno gnomone.

- L'astronomo alessandrino Claudio Tolomeo visse ad Alessandria d'Egitto nel II secolo d.C. e descrisse il plinto nell'*Almagesto*, volume da lui scritto.

## Gli utotombo

### Strumenti per sostenere l'osservazione degli astri e per registrare alcuni elementi del loro percorso osservato nel cielo

Gli *utotombo* sono stati costruiti a Cenci durante un corso di aggiornamento nell'aprile del 1992.\*

Anni fa, durante un congresso di storia dell'astronomia, l'astronomo Giuliano Romano di Treviso mi raccontò di aver letto, in un libro inglese, notizie di un popolo orientale che registrava, servendosi di canne di bambù, l'altezza di ogni stella sull'orizzonte locale al suo passaggio in meridiano. Si trattava di una piccola tribù del popolo dei Daiacchi del Borneo, una regione ricca di larghe canne di bambù.

Giuliano Romano, essendo a conoscenza delle mie ricerche nell'ambito della didattica dell'astronomia e del lavoro del gruppo di Cenci, pensava che avrei potuto "fare qualcosa" di quel suo racconto.

Nel momento in cui una stella è al punto centrale del suo percorso nel cielo, dunque al meridiano, una canna cava e piena d'acqua veniva inclinata fino a puntare la stella: di conseguenza, cadeva un poco di acqua. Se la stella passava alta nel cielo, la canna era poco inclinata e vi restava dentro molta acqua, mentre se la stella era bassa sull'orizzonte, cadeva molta acqua. Le canne venivano poi appese e ogni canna, se percossa, dava un suono diverso in relazione alla quantità d'acqua rimasta dentro.

Suoni diversi di percussioni di canne cave, riempite d'acqua e forse sospese, designano dunque percorsi diversi delle stelle nel cielo e quindi, usando le coordinate dell'astronomia occidentale, "declinazione" diversa.

Si tratta di legare all'altezza di ogni stella osservata, al suo passaggio in meridiano, un suono ricavato direttamente dalla misura osservata per l'altezza. L'idea è molto semplice e fornisce un legame diretto tra musica e cielo, tra suoni e stelle, un legame semplice, che da tempo cercavamo nelle nostre esperienze a Cenci.

Da quando nel 1982-1983 abbiamo iniziato a lavorare sul cielo, la ricerca di intrecci semplici e "organici" con la musica, la danza, il ritmo, il canto, gli strumenti musicali, è stata costante e parallela, alla ricerca sull'in-

\* Il testo che proponiamo qui è una revisione dell'articolo *Il suono e le stelle* (Lanciano, 1993).

contro con la natura, sia con i ragazzi dei campi scuola, sia con gli adulti durante i corsi di aggiornamento, sia nella ricerca personale di molti di noi. Punti di partenza sono state alcune intuizioni di Pitagora – dice Rita Montinaro, una delle guide del lavoro – circa la relazione esistente tra la perfetta regolarità dei movimenti di pianeti e i suoni emessi da porzioni di corde vibranti. Rita offre le parole di Severino Boezio a proposito della musica delle sfere celesti:

«Possibile che un così veloce organismo del cielo si muova con tacito e silenzioso corso? Sebbene quel suono non giunga al nostro orecchio, e ciò necessariamente per molte ragioni, pure un movimento così veloce di tanto grandi corpi celesti non potrà non suscitare affatto alcun suono. [...] Imperocché alcuni [astri] sono più in alto e altri più in basso e tutti girano con sì uguale impulso che, ad onta di diverse disuguaglianze, ne risulta uno stabile ordine di movimenti. Onde in tale giro celeste non può mancare uno stabile ordine di modulazione» (Boezio, 1949, pp. 35, 37).

All'origine della costruzione dei grandi strumenti meridiani descritti in seguito ci sono peraltro le immagini e lo studio dei grandi strumenti indiani dei giardini astronomici che l'astronomo di corte Jai Singh costruì nel XVIII secolo.

L'uso didattico dei giardini astronomici, oltre il loro uso astrologico e speculativo, ha costituito un'evocazione che ci ha portati a costruire monumenti per gli astri, sostituendo alla pietra bianca e rossa dell'India il legno e le corde.

Da anni a Cenci abbiamo costruito uno strumento in cui un piano equatoriale permette di sdraiarsi in modo tale da guardare il cielo proprio come se si fosse in piedi all'Equatore o, per le proprietà geometriche della sfera della Terra, come se si fosse sdraiati in terra al polo: la sdraio celeste. Un palo perpendicolare al suddetto piano d'appoggio punta la Stella Polare che, in questo modo, è facilmente individuabile: basta poggiare l'occhio lungo il palo, di notte, col cielo limpido e la stellina che si vede in cima al palo è proprio la Stella Polare.

### ***L'utotombo: tre strumenti per suonare il passaggio delle stelle in meridiano***

*Utotombo* è una parola africana.

Anni fa, a Bruxelles, un'amica belga mi fece da guida con Franco Lorenzoni a una mostra di oggetti africani: si trattava appunto di utotombo, cioè "oggetti efficaci costruiti con amore". Una traduzione complessa, come complessa era la storia e il senso di ciascuno di quegli oggetti. Si trattava di maschere, di strumenti di uso domestico (mestoli, coltelli...), di strumenti legati alle pratiche di guarigione, di giocattoli... Apparente-



L'utotombo con le canne di ottone.

mente molto vari, tutti avevano in comune l'essere stati "efficaci", chissà quante volte e per quante persone, e l'essere stati "costruiti con amore" chissà da chi, dove e quando.

Evocazioni di culture diverse arrivate a noi attraverso persone differenti si sono incontrate a Cenci nella proposta di costruire *utotombo* che suonassero le coordinate delle stelle durante il corso di astronomia. Questo

era il nome che avremmo dato agli oggetti, agli osservatori astronomici, agli "strumenti meridiani" che stavamo per costruire.

### La notte degli strumenti

Per lavorare tutta la notte abbiamo scelto sette stelle ben visibili, che passano a circa un'ora di distanza l'una dall'altra, così che nell'attesa del loro passaggio ci fosse il tempo necessario per lavorare alla costruzione. Inoltre esse hanno "declinazione" diversa in modo da passare in meridiano ad "altezze" diverse sull'orizzonte e quindi produrre suoni diversi negli strumenti.

Le sette stelle scelte sono: Denebola, Alkaid, Arturo, Alioth, Spica, Kiffa, Antares. Le ore indicate nella tabella sottostante sono servite per la progettazione del lavoro, perché garantivano un buon margine di tempo tra una stella e la successiva: sono arrotondate e non tengono conto dell'ora legale.

Stella	Costellazione	Ora calcolata per il passaggio in meridiani	Declinazione in gradi
Denebola	Leone	22,00	15
Alkaid	Orsa Maggiore	23,00	49
Arturo	Boote	23,30	19
Alioth	Orsa Maggiore	23,45	56
Spica	Vergine	1,00	- 11
Zuben			
Elgenubi	Bilancia	2,00	-16
Antares	Scorpione	3,00	-26

Per quanto riguarda gli angoli, dalla "declinazione" di ogni stella è pos-



sibile, conoscendo la latitudine del luogo, calcolare la sua “altezza angolare” sull’orizzonte al passaggio in meridiano: noi non abbiamo calcolato angoli a priori perché gli angoli li abbiamo visti e registrati direttamente sui nostri strumenti. Prima di essere contate e numerate, le ore sono scandite dal continuo ruotare del cielo stellato; prima di essere contati e misurati, gli angoli si producono nello spazio.

Non avendo a disposizione grosse canne di bambù cave, abbiamo cercato altri materiali. La scelta di questi ultimi per la costruzione dei tre osservatori è stata dettata dalla facilità di reperirli e dalla possibilità di produrre suoni apprezzabilmente distinti. I tre strumenti sono fatti di:

- tubi di ottone segati;
- corde di pianoforte tese con chiavi da pianoforte;
- provette di vetro sospese a fili di nylon e riempite d’acqua.

La prima sera, con l’aiuto di un fuoco acceso e di una lunghissima corda di circa 40 m, abbiamo fissato a terra, in un prato dall’ampio orizzonte, il meridiano locale che indica la linea nord-sud, servendoci della Stella Polare. Una corda è stata poggiata in terra e fissata con le pietre per segnare il nostro “meridiano locale”.

Di giorno, con la luce, abbiamo piantato lungo il meridiano locale i pali dei nostri osservatori, a distanza di 20 m l’uno dall’altro. Per ogni osservatorio era pronto un palo di 3 m da inclinare, che durante la notte veniva bloccato esattamente sulla Stella Polare. Accanto a ogni “palo meridiano” (che si trova nel “piano meridiano”) abbiamo preparato la legna per un piccolo fuoco per aiutarci a lavorare di notte.

Di notte abbiamo fissato i tre pali esattamente verso la Polare. Poi è iniziata l’attesa di Denebola, la stella della coda della costellazione zodiacale del Leone, la prima a passare in meridiano. Nella realtà, quello in cui una stella attraversa un meridiano celeste è un “istante”: ma nel nostro caso, poichè osservavamo distesi a terra sotto il grosso palo di legno, i dieci partecipanti di ogni gruppo hanno avuto il tempo di sdraiarsi sul meridiano locale e osservare la stella sparire dietro il palo meridiano.

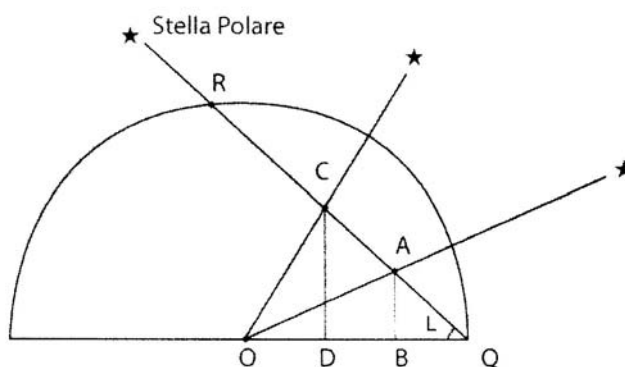
Ci siamo subito accorti che era necessario stabilire per tutti il punto esatto dove poggiare la testa, al fine di individuare un punto di vista comune.

Una volta fatte le osservazioni, era necessario fissare sul palo meridiano il punto in cui era passata la stella.

Nell’utotombo con le corde, in quel punto del palo meridiano, è stata inserita in un foro una corda tesa in verticale, mentre a terra è stata fissata a un grosso palo orizzontale, con una chiave da chitarra.

Le stelle che passano più alte nel cielo avevano corde più lunghe, dunque

suoni più bassi di quelle che passano vicine all'orizzonte, che avevano invece corde più corte (nell'immagine sotto si tratta dei segmenti AB e CD).



Il semicerchio del meridiano locale che passa per la Stella Polare.

Nell'utotombo con i tubi di ottone le scelte sono state diverse: è la distanza del punto del palo meridiano in cui è passata la stella, osservata dall'origine a terra di tale palo, che determina la lunghezza del tubo che viene così segato (nell'immagine: i segmenti AQ e CQ).

Tali tubi sono stati poi appesi, per essere suonati, nell'ordine temporale del passaggio delle sette stelle in meridiano. Questo utotombo, dunque, conserva la memoria del tempo. Per conservare la memoria del punto del palo meridiano in cui è passata ogni stella,

da quel punto al palo di appoggio dei tubi è stato teso uno spago secondo la direzione della stella.

Per l'utotombo con le provette si è proceduto come per le corde, solo che a queste è stato sostituito un grappolo di provette di vetro trasparente riempite d'acqua, il cui suono, oltre che da noi, era provocato anche dal vento.

I riferimenti dell'immagine sono i seguenti:

- O punto di vista dell'osservatore;
- L angolo della latitudine = inclinazione del palo meridiano;
- RQ palo meridiano.

A un certo punto è arrivato «il primo suono di Denebola nella notte», come in seguito qualcuno ha scritto. Nell'attendere ogni stella, le abbiamo dato un nome e chi guidava il lavoro ha ritrovato il piacere di “mostrare il cielo con un dito”. Abbiamo così trascorso un'intera notte a osservare il cielo, scoprendo che in esso è possibile seguire, nell'arco di una nottata, lo

scorrere di molti mesi, cioè di nove costellazioni zodiacali su dodici.

Per molti dei partecipanti era la prima notte intera passata sotto le stelle, “dentro il cielo”, e tanti hanno riconosciuto che «il cielo di notte, osservato in modo continuo, permette di entrare in rapporto con la geometria rivelatrice delle posizioni delle stelle» e permette di «vedere il cielo rotondo all'alba e di sentirsi sulla Terra».

Piano piano, durante tutta la notte, con il ritmo proprio delle stelle e del nostro lavoro, i tre osservatori meridiani si sono animati e gli oggetti che raccontavano di un punto del percorso delle stelle nel cielo, da un lato, permettevano di “fare previsioni” per le altre stelle che erano ancora a oriente e, dall'altro, suonavano.

All'alba, le tre arpe ci restituivano i suoni delle sette stelle.

Abbiamo costruito con gli altri “il suono delle stelle”. Nella «notte degli strumenti, siamo stati a caccia di note del cielo», alla ricerca della relazione tra la stella e il suono e alla «ricerca di un intreccio tra suono e altezza delle stelle scelte, dall'orizzonte».

«Il cammino che ha portato alla costruzione degli strumenti ha conosciuto un momento di ricerca individuale – afferma ancora Rita Montinaro – nel quale hanno trovato spazio le risonanze interne di ciascuno; in particolare, è stato interessante il tentativo di dare voce alla propria stella (incontrata e guardata precedentemente) attraverso uno strumento musicale, scelto sulla base di alcune possibili corrispondenze tra stella e suono: il timbro, l'intensità, l'altezza, il ritmo, la posizione».

Gli strumenti costruiti sono rimasti nel prato affinché altri possano usarli per aspettare il passaggio in meridiano delle stelle e affinché cerchino il loro suono: infatti, anche con il trascorrere dei mesi, le stelle seguono sempre lo stesso percorso nel cielo, dunque, anche se in orari diversi, le sette stelle continuano a passare in meridiano in quel punto del cielo dove i nostri utotombo le hanno incontrate.

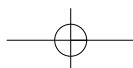
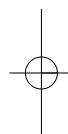
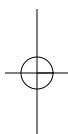
### **Una riflessione didattica per la scuola di tutti i giorni**

L'esperienza descritta può apparire lontana dalla scuola di tutti i giorni e può sembrare difficile un suo contributo per la scuola “che si fa di giorno”. Vediamo allora qualche indicazione che si può trarre dall'esperienza descritta.

A mezzogiorno il Sole passa in meridiano, a sud. La sua altezza sul piano dell'orizzonte è diversa da un mese all'altro e tra l'altezza del Sole al solstizio d'inverno, intorno al 23 dicembre, e l'altezza del Sole al solstizio d'estate, intorno al 21 giugno, la differenza è di circa 47°.

È possibile dunque costruire un *utotombo* del Sole con i tubi di lunghezza proporzionale all'altezza angolare del Sole a mezzogiorno, nei giorni in cui "entra' nei vari segni zodiacali" (si veda la *lavagna del cielo*). Questi tubi potranno essere appesi a un cerchio, così da indicare la ciclicità dell'anno. Il senso e la qualità del lavoro saranno di volta in volta legati alle relazioni che si stabiliscono tra gli allievi, gli insegnanti, il cielo e la musica. La ricerca sugli intrecci tra la musica e il cielo è per noi aperta: se da un lato continueremo a inventare i nostri utotombo e saremo lieti di conoscere altre esperienze in tal senso, dall'altro continueremo a guardare lontano nel mondo, perché la musica e il cielo appartengono all'esperienza e alla ricerca di tutti i popoli della Terra.

*Utotombo* è oggi il nome che diamo a tutti gli strumenti da noi costruiti.

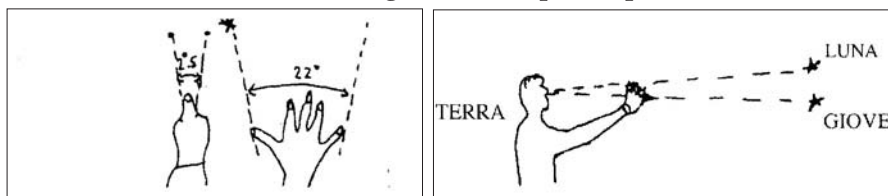


## Le spanne, la balestra celeste e il teodolite

### Strumenti per misurare gli angoli anche tra le stelle

#### Le spanne

Esiste un rapporto quasi costante nel nostro corpo che possiamo utilizzare per misurare gli angoli. Per l'individuo adulto si tratta del rapporto tra la distanza occhio-mano, con il braccio ben teso, e la distanza pollice-mignolo, con la mano ben aperta. La mano così aperta è vista dall'occhio sotto un angolo di circa  $22^\circ$ , il pugno chiuso sotto un angolo di  $9^\circ$  e il pollice sotto un angolo di  $2,5^\circ$ . Durante la crescita queste misure non sono del tutto rigorose, ma sono comunque sufficienti per fare delle stime: si tratta di una misurazione approssimativa, ma significativa. Il corpo dunque è ancora una volta, come nell'*horihomo*, strumento di osservazione e di misurazione. In un percorso di misurazione è importante utilizzare in una prima fase gli strumenti corporei, perché la stima rende consapevoli della possibilità di misurare, senza costringere anzitempo alla precisione.



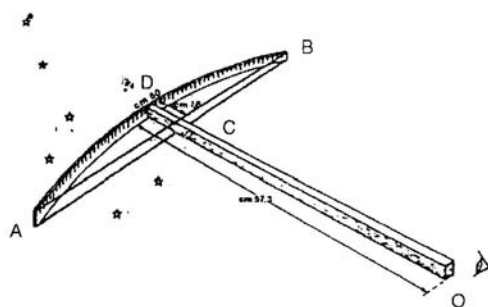
Alcuni rapporti costanti del corpo umano utili a misurare gli angoli.

#### La balestra celeste

Quando guardiamo in cielo due oggetti celesti e vogliamo misurare la distanza angolare che li separa, dal nostro punto di vista, ci serviamo di misure di angoli. Se vogliamo misurare la distanza che osserviamo tra Giove e la Luna, ad esempio, cercheremo di calcolare l'angolo Giove-Terra-Luna. Il nostro occhio, in questo caso, è il vertice dell'angolo, nella posizione della Terra, e dobbiamo cercare degli strumenti semplici per poterlo misurare.

Ci si può divertire a misurare le distanze angolari tra i più svariati oggetti: tra le cime di due montagne o tra le antenne di due palazzi, tra il So-

le e la Luna, come tra gli occhi di un compagno che è di fronte. In quest'ultimo caso, è chiaro, la distanza angolare varia notevolmente in funzione della distanza tra chi osserva e l'oggetto osservato, mentre quando ci riferiamo a oggetti assai lontani, come le stelle o i pianeti nel cielo, non ci saranno differenze apprezzabili, perché il nostro punto di vista è comunque determinato dalla posizione della Terra.



Una balestra celeste

La balestra è formata da un bastone dritto OCD e da un legno piegato ad arco ADB come indicato nell'immagine. Poggiando il punto O del bastone della balestra allo zigomo, sotto l'occhio, l'arco scandito in centimetri dà la distanza angolare tra i due oggetti di cui abbiamo scelto di misurare la distanza. Se punto, per esempio, la balestra in direzione dell'Orsa Maggiore e desidero misurare la

distanza che separa le due ultime stelle del timone del carro, faccio corrispondere il grado zero della balestra alla prima stella e mi accorgo che la seconda stella si trova in corrispondenza della tacca 5 della balestra. Poiché i centimetri della balestra corrispondono ai gradi... questo vuol dire che la distanza angolare tra le stelle prese in considerazione è di  $5^\circ$ .

Quali sono le distanze angolari che si possono misurare nel cielo?

- Tra la Terra e il cielo. Possiamo calcolare l'altezza del Sole sull'orizzonte e, basandoci su questo, anche l'altezza della Luna quando tramonta al mattino, in fase calante; possiamo seguire il variare delle distanze angolari che separano un astro dalla linea dell'orizzonte, familiarizzandoci così con il moto della Terra che percepiamo attraverso il moto che osserviamo nel cielo.

- Tra le stelle. Le distanze angolari tra le stelle non variano: una volta calcolate rimangono sempre uguali nel tempo. Per questo motivo sono state chiamate "stelle fisse". Si può arrivare a disegnare con una certa precisione la forma di una costellazione dividendola in triangoli e facendo corrispondere, al segmento che unisce idealmente due stelle, la loro distanza angolare;

- Tra il Sole e la Luna. Il variare della distanza angolare tra il Sole e la Luna può essere confrontata giorno dopo giorno e messa in relazione con

le fasi della Luna (si veda il goniometro del Sole e della Luna).

- Tra la Luna e le stelle. Ogni notte è possibile osservare e calcolare la distanza tra la Luna e quelle stelle, più luminose e riconoscibili, che fanno da sfondo al suo cammino nella zona dello Zodiaco. È così possibile rendersi conto, prevedere e seguire gli spostamenti del nostro satellite lungo la fascia dell'Eclittica.

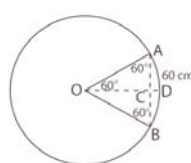
- Tra i pianeti. Per seguire gli spostamenti dei pianeti tra loro o in riferimento alle stelle nella zona dello Zodiaco sono in genere necessari tempi più lunghi di osservazione. Già a distanza di poche settimane, tuttavia, si possono confrontare distanze e posizioni reciproche, avvicinandosi alla conoscenza diretta dei moti planetari (si veda il moto dei pianeti).

### Attenzione!

La distanza tra due osservatori, anche se è di qualche metro, non influisce sulla misura che prendiamo tra gli astri e non lo è nemmeno la distanza di chilometri tra due diversi paesi della Terra. Queste distanze sono infinitesime se confrontate con la distanza tra la Terra e le stelle e possono quindi essere trascurate e risultano ininfluenti nell'osservazione.

### Costruzione di una balestra

Tutte le circonferenze hanno un angolo al centro di  $360^\circ$  ma non tutte sono lunghe uguali. Partiamo da una circonferenza lunga proprio 360 cm: un centimetro per ogni grado. Questa misura ci permette di semplificare i calcoli. Quindi l'arco ADB che corrisponde a un angolo di  $60^\circ$  è lungo 60 centimetri. Cerchiamo allora la misura del raggio di questa circonferenza di 360 cm: se  $2 \times 3,14 \times r = 360$  cm, allora  $\hat{U} r = 360 : (2 \times 3,14) = 57,3$  cm. La misura di 57,3 cm corrisponde dunque alla misura del raggio cercato e corrisponde ai segmenti  $OA = OD = OB$  del disegno sottostante e della figura della balestra. Ma è anche pari alla lunghezza della corda AB perché la balestra abbia la giusta curvatura. L'arco ADB misura 60 cm ed è l'arco della balestra che vogliamo costruire. Il centro del cerchio O corrisponde al punto in cui si mette l'occhio. Il segmento OCD è il bastone della balestra. ACB è invece la corda tesa, lunga esattamente 57,3 cm, che serve a tenere l'arco con la giusta curvatura e che interseca il bastone OD a 7,6 cm dalla fine, come risulta dal calcolo riportato.



Il triangolo OAB, avendo l'angolo al centro di  $60^\circ$  ed essendo isoscele, risulta equilatero. Quindi deve essere:  
 $OA = OB = AB = 57,3$  cm,  
 quindi:  
 $AC = CB = 28,6$  cm.

Per il teorema di Pitagora:  
 $OC^2 = OA^2 - AC^2$   
 $OC^2 = 3282,3 - 817,9 = 2465,4$   
 $OC = 49,7$  cm  
 $CD = 57,3 - 49,7 = 7,6$  cm

**Attenzione!**

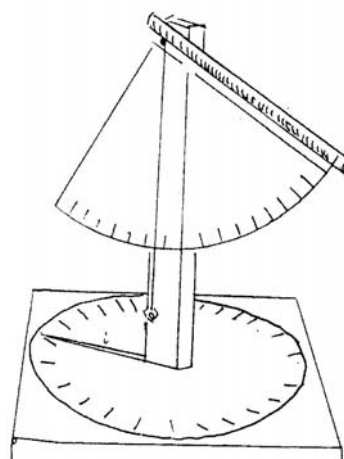
Lo spago deve andare da  $0^\circ$  a  $60^\circ$  sull'arco, quindi il legno curvo deve essere un poco più lungo di 60 cm per lasciare uno spazio ai bordi dove si ferma lo spago.

**Il teodolite**

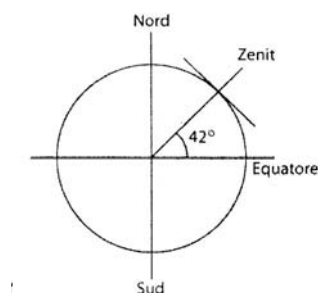
Con il teodolite è possibile registrare le coordinate di un astro espresse in gradi rispetto all'orizzonte. Essendo ben tarato, tramite il teodolite è possibile misurare gli angoli su piani particolari, il piano con giacitura orizzontale e quello con giacitura verticale.

Si tratta di uno strumento formato da un cerchio graduato di base su cui può ruotare un quadrante in posizione perpendicolare: i due goniometri permettono di stimare le due misure angolari di un astro: l'azimut, rispetto alle direzioni sul piano dell'orizzonte, e l'altezza dell'astro dal piano orizzontale. Già con un solo goniometro, formato da un semicerchio retto in posizione verticale nel cui centro sia imperniato un tubo che permette di puntare un astro, è possibile misurare l'altezza dell'astro, mentre una bussola affiancata al goniometro può dare la stima dell'azimut.

Nel gruppo coordinato da Enrica Giordano in Lombardia, questo strumento viene chiamato l'*acchiapparaggi*.

**Una spiegazione e un possibile percorso di attività:**

Il cerchio rappresenta un meridiano terrestre. Noi siamo in una posizione qualsiasi sulla Terra, ossia in un punto che non ha alcuna peculiarità geografica (nell'esempio a  $42^\circ$  nord).



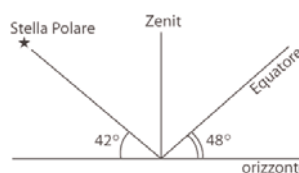
Schema di un meridiano terrestre.



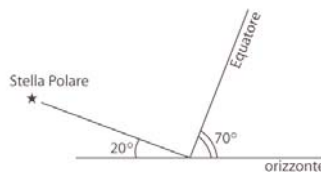
Il nostro meridiano è ora disegnato come nel “mappamondo parallelo”: noi siamo posti nel punto disegnato in alto.



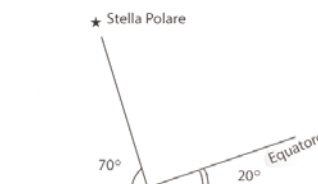
Isoliamo il nostro orizzonte e su questo individuiamo le direzioni dello zenit (la verticale), dell’asse del mondo (la direzione della Stella Polare) e del piano dell’Equatore Celeste).



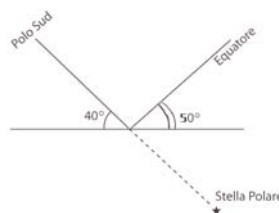
Per una latitudine di +20° si ha:



Per una latitudine di +70° si ha:

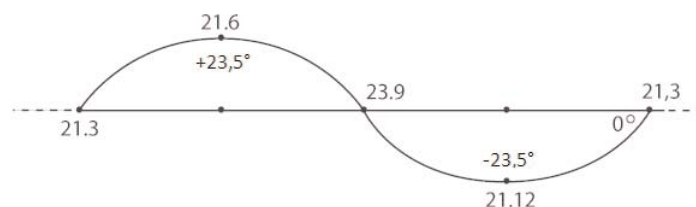


Per una latitudine di -40° si ha:



La declinazione del Sole durante l’anno cambia lungo il cerchio dell’Eclittica. Intorno al 21 marzo e al 23 settembre, giorni dell’equinozio, la

declinazione del Sole è  $0^\circ$ ; intorno al 21 giugno, il giorno del solstizio d'estate è  $+23^\circ$  e mezzo, e intorno al 21 dicembre, giorno del solstizio d'inverno è  $-23^\circ$  e mezzo:



L'altezza del Sole sull'orizzonte dipende:

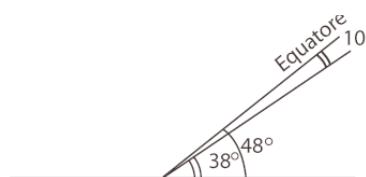
- dalla latitudine del luogo;
- dalla data, e quindi dalla declinazione del Sole in quel giorno.

Per esempio alle ore 12 a Roma (latitudine  $+42^\circ$ ) il 9 novembre si ha

- declinazione del Sole circa  $-10^\circ$ ;
- $48^\circ - 10^\circ = 38^\circ$  è l'altezza del Sole sull'orizzonte a mezzogiorno.

Per esempio alle ore 10,30, quindi prima del mezzogiorno solare, il Sole è più basso ed è verosimile un valore di circa  $30^\circ$ .

Siamo ora in grado di chiederci e prevedere l'altezza del Sole sull'orizzonte a mezzogiorno solare per una data latitudine della Terra e per una data declinazione del Sole.



Per controllare con l'osservazione il dato appena calcolato, possiamo servirci delle spanne o del teodolite o ancora, più semplicemente, possiamo catturare il raggio del Sole in un tubo realizzato arrotolando la carta e misurare l'angolo di questo con il terreno quando il raggio di Sole lo attraversa (e quindi l'ombra del tubo è minima e si vede solo il cerchio del bordo del tubo).

### Curiosità e notizie storiche

- Il primo strumento che serve a misurare una distanza angolare è forse la diottra che si fa risalire ad Archimede (III secolo a.C.). Archimede ne parla nell'Arenario come di uno strumento che serve a misurare il diametro del Sole, cioè l'angolo che ha come vertice l'occhio dell'osservatore e come corda il diametro solare visto da Terra. Si tratta di un angolo piccolissimo. Provate a nascondere il Sole con una moneta, tenendo il braccio ben teso! Molti penseranno che è un dischetto troppo piccolo e invece... si accorgeranno che basta l'unghia del dito mignolo per coprire il disco del Sole o della Luna piena, che misurano solo mezzo grado.

- Un altro strumento per misurare le distanze angolari è il bastone di Giacobbe o arbaletto o balestriglia. Ma si tratta di strumenti di lettura meno immediata rispetto alle distanze angolari osservate. Infatti lo strumento è formato da un'asta graduata, detta freccia, che ha un piccolo traguardo (un chiodo) collocato a una estremità. Una seconda asta graduata, perpendicolare alla prima, è detta martello e ha due traguardi alle sue estremità. Spostando il martello lungo la freccia, si osserva attraverso il traguardo la freccia, in modo da allineare i traguardi del martello con gli astri o gli oggetti (Sole da orizzonte, distanza tra due punti inaccessibili, altezza di un albero da terra...) di cui misurare la distanza angolare. Poiché la distanza tra i due traguardi del martello è fissa, dalla distanza del martello dall'occhio si può ricavare, attraverso la similitudine, o la trigonometria, la distanza angolare tra gli oggetti osservati.