

INTRODUZIONE

L'elaborato qui presentato riguarda un percorso di progetto per la valorizzazione di Villa Jovis, la villa dove Tiberio trascorse alcuni anni della sua vita come imperatore. Il progetto approfondisce lo studio dello specularium, luogo con il quale Tiberio comunicava con la terra ferma e con Roma.

Le ricerche e gli scavi fatti negli anni 30 hanno rivelato un ambiente molto ampio formato da sostruzioni di spessore di circa 2 m, alternati da corridoi della stessa ampiezza. Il mio progetto ripristina le dimensioni generali assegnandogli una nuova destinazione d'uso, atta a valorizzare questa villa ad oggi senza un piano di insieme che potenzi la forza e la storia che questo edificio porta con sé.

La storia imperiale di Capri inizia con una visita di Augusto sull'isola, che, secondo Dione Cassio risalirebbe all'anno 29 a. C., quando il futuro imperatore rientrò vittorioso dalla battaglia di Azio. Il soggiorno di Tiberio a Capri durante gli ultimi dieci anni del suo regno ha lasciato numerose testimonianze archeologiche nell'isola. Fin dal Cinquecento, diversi studiosi tentarono di attribuire le dodici ville tiberiane ricordate da Tacito all'interno di queste testimonianze. L'unica identificazione che fin da allora ha suscitato l'unanimità, è riferita a villa Jovis, citata con questo nome da Svetonio.

Le rovine situate sul promontorio orientale dell'isola, a più di 330 metri sopra il livello del mare, sembravano imporre tale identificazione, nonostante argomenti contrari. La monumentalità del complesso, il suo stato di conservazione, la successiva e ormai quasi integrale messa in luce delle strutture, l'eccezionale posizione panoramica e il controverso significato storico-edilizio

hanno suscitato un interesse particolare per questa villa, che può considerarsi come la più importante tra le ville di Tiberio.

I problemi specifici dell'identificazione storica e della ricostruzione architettonica di Villa Jovis potrebbero riassumersi nelle domande seguenti:

1. Villa Jovis fu concepita come impianto a terrazze più o meno adattate al pendio naturale del promontorio oppure come corpo edilizio a piattaforma unica?
2. L'ultimo piano attualmente conservato può essere considerato come il piano principale, oppure si giustifica l'ipotesi di un ultimo piano oggi scomparso?
3. L'impianto può essere interpretato come il risultato delle esigenze specifiche della personalità di Tiberio, oppure appartenente a un tipo architettonico ben definito?
4. Villa Jovis può essere identificata con l'arx e con la villa dalla quale Tiberio, non uscì per nove mesi e *quae vocatur Iovis*?
5. È giusta e sostenibile la congettura *Ionis-Iovis*?
6. Villa Jovis può essere considerata come la principale delle dodici ville di Tiberio, designata dal nome di Giove?

Il progetto per la Villa Jovis certamente non fu ideato prima della decisione di Tiberio di trasferire la sua residenza a Capri. Ciò è confermato dal programma edilizio della villa, tanto per la complessità specifica dell'impianto generale quanto per la concezione morfologica e funzionale dell'edificio residenziale. La configurazione tipologica del piano nobile, l'assenza di assialità a favore di

un'organizzazione razionale dell'impianto, il modo di disporre le principali funzioni residenziali nelle quattro ali sistemate attorno al peristilio centrale e, non per ultimo, la tecnica muraria, sono indicativi per una datazione del concetto e della sua realizzazione negli anni poco prima dell'arrivo di Tiberio nell'isola.

Se è vero che l'impianto di Villa Jovis si rivolge a modelli di architettura ellenistica, è altrettanto vero che non si tratta di una riproduzione tipologica, ma di una reinterpretazione che si orienta a delle esigenze tradizionalmente romane le quali si esprimono anzitutto nella scelta specifica del luogo, nell'imporre all'ambiente naturale tramite *basis* e sostruzioni e nell'aprirsi ampiamente all'esterno per godersi il panorama; senza parlare della tecnologia edilizia messa in opera per soddisfare tali esigenze. D'altra parte, la disposizione a più piani, articolata attorno a un peristilio centrale, non corrispondono al programma di una villa a *otium*, bensì a quello di una residenza che riunisce funzioni di abitazione privata, di rappresentanza e di amministrazione pubblica, ampliata da costruzioni annesse, quale l'*ambulatio*, il Faro monumentale e la torre semaforica per le comunicazioni con la capitale.

Villa Jovis può essere considerato il primo "palazzo" romano di concezione unitaria, la sua matrice semantica, evoca la residenza reale, il *basileon* dell'architettura ellenistica. In tale concezione sembrano confondersi reminiscenze personali del soggiorno rodiano e espressione ideologica della nuova funzione imperiale, mentre la realizzazione architettonica risulta dalla sintesi di esperienze costruttive e morfologiche di tradizione a volta ellenistica e romana.

CAPRI AI TEMPI DI TIBERIO E AUGUSTO

«Roma è là, dovunque si trovi l'imperatore»

Tale affermazione, attribuita, secondo Erodiano, ad un generale, indica una realtà che nei dieci anni di soggiorno di Tiberio a Capri trovò la sua prima significativa anticipazione.

La diversa rilevanza di Capri e di Ischia nella vita economica di Neapolis dopo il 326 a. C. trova un significativo riscontro negli avvenimenti che condussero all'inclusione di Capri nel *patrimonium* di Augusto.

Augusto appare quasi come un dio benefico, capace non solo a governare sugli uomini, ma anche di infondere nuovo vigore alla stessa natura, secondo un tipico modello di «autorappresentazione imperiale» adottato dai *princeps* romani. La stessa predilezione per i soggiorni nelle sue ville del golfo di Napoli, motivati, secondo Svetonio, dall'esigenza di brevi periodi di riposo dagli affari di stato, trova una più adeguata valutazione se inserita nel più ampio contesto dell'attenzione augustea per le città campane, interessandosi alla loro vita economica, sociale e culturale e plasmando in maniera decisiva la futura configurazione istituzionale della regione. Lungi dall'esaurirsi in un'esclusiva ricerca di *otium*, i soggiorni delle ville campane di Ottaviano Augusto comprendevano infatti un'intensa serie di impegni ufficiali, di visite ai centri urbani, di incontri con le personalità locali, ai quali si affiancava l'attività di ordinaria amministrazione di governo dell'impero. Le bellezze incantevoli del paesaggio, la dolcezza e la salubrità del clima, la lingua, le istituzioni ed i costumi greci di Capri, spesso richiamati dagli storici moderni con una lettura non sempre condi-

visibile delle notizie di Svetonio, non mancarono certo di suscitare l'interesse e l'ammirazione del *princeps*, ma non costituiscono, come accadde anche per Tiberio, la motivazione principale dei suoi soggiorni sull'Isola.

Augusto mutò radicalmente il volto dell'Isola, con effetti che si riveleranno più duraturi e profondi di quelli del lungo soggiorno di Tiberio.

Capri non sarebbe potuta diventare sede idonea alla residenza imperiale, se Augusto non vi avesse intrapreso un'attività edilizia senza precedenti; tale attività non dovette limitarsi alla costruzione o all'ampliamento di alcune delle *villae* poi utilizzate da Tiberio, ma dovette anche rispondere alle esigenze di un incremento della popolazione, dovuto in seguito all'episodica frequentazione di personaggi del suo seguito e, forse, all'insediamento di nuovi abitanti, ipotizzabile grazie ad un accenno di Svetonio e alla pur esigua documentazione epigrafica di età tardo-repubblicana.

Augusto, che nei quarantatré anni del suo principato soggiornò a Capri in più occasioni, seppur per brevi periodi, vi possedette più di una villa, tutte addobbate con sobrietà e caratteristico gusto per le antichità preistoriche e paleontologiche dell'Isola.

Svetonio narra come, poco prima della morte, il principe soggiornò sull'Isola per quattro giorni, assistendovi agli esercizi degli efebi, ai quali poi offrì un banchetto, nel corso del quale distribuì doni ai convitati, che vennero trattati con la più grande liberalità da cui pretese la massima libertà di scherzare. L'*otium* e la *comitas* che caratterizzarono gli ultimi giorni trascorsi a Capri da Augusto, appaiono interpretabili come manifestazioni della sua attenzione nei

confronti della realtà istituzionale più antica e prestigiosa dell'Isola, tipico esempio della *civiltas* che caratterizzerà sempre il rapporto tra Augusto e i centri urbani.

Nella testimonianza più famosa e controversa della storia antica di Capri, Svetonio narra come Augusto era solito chiamare Capri, *Apragópolis* («città del dolce far niente»), singolare coniazione linguistica formulata dallo stesso imperatore, attraverso la quale egli alludeva, all'inerzia degli uomini del suo seguito, che, come lui amavano ritirarsi sull'Isola, trascurando gli affari di stato. Se l'inclusione di Capri nel patrimonio imperiale rappresentò un momento decisivo per la storia di Capri, l'Isola visse il momento più fulgido, quando Tiberio, negli ultimi tormentati anni del suo principato, la elesse a principale residenza (27-37 d. C.).

La fama che accompagnerà Capri per tutta l'età imperiale, e ben oltre l'Evo Antico, sarà indissolubilmente legata al soggiorno di Tiberio sull'Isola. La tradizione antica avversa al *princeps*, affermatasi fino a diventare predominante, coinvolse inevitabilmente in una condanna senza appello la stessa «Capri di Tiberio», biasimata come luogo ideale per nascondere le nefandezze attribuite all'ormai vecchio successore di Augusto. Gli scrittori antichi non dedicarono altrettanta attenzione alle profonde trasformazioni che interessarono l'Isola, assunta in qualche decennio da *apragópolis* a principale residenza imperiale, ma fornirono ugualmente, assieme alla documentazione archeologica, ben più rappresentativa rispetto a quella di realtà repubblicana, preziosi elementi di conoscenza per lo storico moderno, consentendo di delineare con sufficiente

nitidezza la vicenda di Capri di età tiberiana.

L'interpretazione moralistica del principato di Tiberio, accolta e variamente rielaborata da Tacito e da Svetonio, attribuiva il ritiro a Capri al desiderio dell'anziano imperatore di dare libero sfogo alla sua libidine, fino a quel momento abilmente dissimulata, ma insita nella sua più autentica natura. Ad essa si affiancavano un numero rilevante di autori, che attribuivano il ritiro a Capri del principe a motivi politici, alla sua sofferenza per le ingerenze negli affari di stato dalla madre Livia o, ancor più frequentemente, alla sempre crescente e deleteria influenza su di lui esercitata dal prefetto al pretorio Seiano. La storiografia moderna riconosce e sottolinea l'inadeguatezza della tradizione sfavorevole a Tiberio a proposito del suo ritiro a Capri, attribuito, con un procedimento tipico della storiografia antica, a motivazioni personali, che impossibili a verificarsi, autorizzano le più diverse interpretazioni.

Gli stessi dissidi di Tiberio con Seiano e con Livia non appaiono determinanti ai fini del *secessus*: la decisione di lasciare Roma dovette maturare lentamente nell'animo di Tiberio, con ogni probabilità prima del 27 d. C., e la morte della madre nel 29 d. C., seguita dalla drammatica eliminazione del prefetto al pretorio nel 31 d. C., non posero fine al soggiorno a Capri del principe, che sarebbe continuato fino alla sua morte.

Il *secessus* sembra piuttosto riconducibile ai complessi sviluppi della situazione politica interna, inauguratasi dall'assassinio di Druso, figlio di Tiberio, che avvenne nel 23 d. C., e che, secondo Tacito, segna l'inizio della degenerazione morale del principato tiberiano. La tradizione antica è unanime nell'identificare

Seiano come il mandante dell'omicidio, evento che dette inizio al folle progetto del prefetto al pretorio di inserirsi nel gioco della successione a Tiberio, progetto al quale si opponevano soltanto l'ambiziosa Agrippina e i suoi due figli primogeniti, divenuti i più accreditati pretendenti all'impero.

La morte di Druso segnò effettivamente una svolta nel principato di Tiberio: la successione passò alla casa di Germanico, proprio nel momento dell'affermazione di Seiano. E' possibile ipotizzare che gli anni dal 23 al 26 d. C. abbiano segnato la definitiva incrinatura dei rapporti tra Senato e *princeps* e che essa sia stata determinante per la decisione di Tiberio di abbandonare Roma. Il *secessus*, le cui importanti implicazioni politiche non appaiono adeguatamente considerate dalla tradizione antica prevenutaci, sancisce il definitivo fallimento della politica del principe con il Senato, promettendo il mantenimento dello *status quo* sociale, in cambio del riconoscimento del potere assoluto del principe.

Capri divenne per un decennio *aemule Romae*, centro del potere dal quale Tiberio reggeva l'Impero, accentrando nelle sue mani l'amministrazione dello Stato e la scelta dei magistrati, fino alla definitiva obliterazione della capacità decisionale del Senato nelle questioni politiche, sanzione definitiva della svolta autocratica del principato e del carattere illusorio di ogni velleità di restaurazione repubblicana. La creazione di fatto di una seconda residenza imperiale, di un centro del potere diverso da Roma, legato esclusivamente alla presenza del *princeps*, costituisce la vera novità politica introdotta da Tiberio, essa dà avvio ad un processo di spersonalizzazione del *locus principis*, fondamentale a

causa della stessa istituzionalizzazione del principato.

La valenza politica del *secessus* dovette giocare un ruolo importante nella scelta di Tiberio di stabilire la sua residenza a Capri, città che il principe conosceva per avervi soggiornato, almeno in un'occasione al seguito di Augusto. L'esistenza sull'isola di più di una villa non indegna delle esigenze imperiali, non potevano non attrarre un uomo come Tiberio, secondo Svetonio imbevuto di cultura ellenica fin troppo raffinata, che da giovane aveva studiato e successivamente aveva vissuto per sette anni nell'isola greca di Rodi.

Da Capri Tiberio era in grado controllare costantemente, e quasi «in tempo reale», quanto accadeva nella capitale dell'Impero grazie ad un efficiente sistema di torri di segnalazione e di corrieri collegati con la flotta di stanza a Miseno. Poteva inoltre alternare comodamente la permanenza nell'Isola a lunghi e numerosi soggiorni nelle ville imperiali del golfo di Napoli.

VILLA JOVIS

L'area di villa Jovis che si estendeva sulla pendice di Monte Tiberio è stata profondamente modificata dalla presenza di vecchi terrazzamenti per vigneti, oggi parzialmente coltivati o abbandonati. Poco rimane invece dei terrazzamenti contemporanei alla sistemazione del parco che precedeva le diverse fabbriche della Villa situate a monte.

La via di accesso è in costante salita per due chilometri circa dal centro di Capri, ma l'ultimo tratto della via probabilmente non corrisponde all'odierna salita a gradini ma andava piuttosto ricercato nel pendio orientale, oggi in gran parte ricoperto da vigneti.

Il fabbricato principale copre una superficie di 82,30 m sull'asse nord-sud e per 65,85 m sull'asse est-ovest; l'orientamento corrisponde strettamente ai punti cardinali. Tra le strutture conservate al livello d'ingresso (+306,68) e la superficie della cisterna centrale (+332,74) c'è un dislivello di altezza di ventisei metri, che corrisponde press'a poco all'altezza della pendice naturale sulla quale poggiano e alla quale si addossano le strutture. Le quattro ali che circondano la cisterna centrale sono impiantate su terrazze tagliate nella roccia e sorrette da muri a diversi livelli, che seguono a gradoni il profilo naturale del pendio.

Gli studi sui tre complessi situati nelle vicinanze immediate dell'edificio principale, l'*ambulatio*, la *specola* e il *faro* non sono stati approfonditi, a causa della mancanza d'infrastrutture e di mezzi adeguati per procedere a nuovi rilievi, e a causa della necessità di effettuare ulteriori scavi, al fine di poter giungere a interpretazioni più sicure. Nell'area dell'*ambulatio* parzialmente scoperta a fine

Settecento, poi scavata da Maiuri nel 1932, mancano informazioni sul tipo di copertura della *gestatio* e sul piano soprastante al complesso del grane triclinio. La cosiddetta «Loggia della Marina», fu scavata da Maiuri nella parte orientale, mentre le zone crollate sui lati nord e ovest non sono scavate. Quanto al Faro, il suo collegamento con la villa per mezzo di un viadotto andrebbe verificato tramite saggi al livello della fondazione degli archi.

Le considerazioni sono perciò provvisorie: l'*ambulatio* situata nella parte settentrionale era collegata con la villa tramite un criptoportico, oggi scoperto, lungo circa 35 m, con pendenza a nord e provvisto di un pavimento in mosaico in gran parte conservato. Il dislivello di circa 20 m, presente tra la villa e l'*ambulatio*, venne superato tramite la scala dell'ala nord e i 16 gradini al termine del criptoportico. Tagliata nella roccia e sorretta da costruzioni, la *gestatio* segue la scogliera prospiciente il golfo di Napoli per una lunghezza di circa 88 m.

Il muro verso il monte sarebbe stato secondo Maiuri, un semplice parapetto di non oltre due metri di altezza, con incassi per pilastrini che avrebbero sorretto delle statue da giardino. Due esedre incassate nel muro, e situate a uguale distanza dalle estremità, ospitavano sedili di riposo di cui si conservano delle basi. L'assenza di colonne e il pavimento in semplice opera signina sembrano indicare che l'*ambulatio* non fosse coperta. All'estremità ovest l'*ambulatio* si collegava, probabilmente tramite un breve viadotto, con la cosiddetta Loggia della Marina.

L'identificazione della «Torre del Faro» con il *pharus*, che crollò pochi giorni

prima della morte di Tiberio e che Stazio cantò dopo la ricostruzione,

«e Stazio dice che v'era il faro, o linterna, per far lume a' naviganti.»¹

è stata raramente messa in dubbio, sebbene la posizione elevata sopra il livello del mare (+319 m) non sia tipica e nemmeno adatta per un faro. La replica a tale obiezione potrebbe essere che un faro collocato al livello del mare non avrebbe ispirato il poeta a paragonarlo alla luna. Anche se accettata dalla maggior parte degli studiosi, l'identificazione pone tuttavia diversi problemi, pur essendo una torre, non era visibile alle navi provenienti dal golfo di Napoli, perché coperta dal fabbricato della villa. Alta oltre 40 metri, essa creava un angolo morto di 32°, al quale si aggiungeva quello della cd. Loggia della Marina a nord-ovest della villa. Per superare l'ultimo piano della villa, la torre avrebbe dovuto raggiungere l'altezza poco probabile di 45 m. Improbabile è anche che la *specola*, ammessa la sua esistenza vicino alla villa, servisse allo stesso tempo da faro per la navigazione. Poco probabile appare anche il fatto che una costruzione di dimensioni piuttosto modeste abbia suscitato sia il ricordo del suo crollo da parte di Svetonio e che la sua ricostruzione da parte di Stazio.

Sembra invece probabile che la segnalazione dello stretto per la navigazione fosse assicurata da fari collocati al livello del mare, cioè sotto villa Jovis da

¹ Cit. D. A. Parrino, *L'isola di Capri*, vol. 2, Napoli 1700.

una parte e su Punta Campanella dall'altra, mentre la «Torre del Faro» avrebbe avuto la funzione di faro marittimo.

Per quanto non esistano motivi validi per dubitare dell'esistenza di un sistema di comunicazione ottico funzionante tra Capri e Roma, dobbiamo accordare credibilità al passo di Svetonio. Dal contesto risulta inoltre che l'altissima rupe, da dove Tiberio osservava le segnalazioni, dovesse trovarsi in vicinanza della villa, nella quale l'imperatore si rinchiusse per nove mesi.

Importante è il fatto che la torre fosse collegata con la villa tramite un viadotto di cui si conservano, all'angolo nord-ovest una serie di ruderi segnalati nelle piante di Alvino e di Maiuri. Il viadotto doveva raggiungere l'ala sud della villa, nella zona identificabile come torre di una scala interna al fabbricato, sembra confermare la funzione del cd. Faro come torre per segnalazioni. Per Maiuri essa aveva il suo corrispondente nel vicino faro di Punta della Campanella e nella specola di Miseno, collocata 31° a nordovest rispetto alla specola di Capri. Sulla traiettoria di Capo Miseno, tuttavia sono collocate le costruzioni della cd. «Loggia della Marina» la quale avrebbe ostacolato la visione tra le due specole. Un posto più vicino e adatto a una specola corrispondente è Monte S. Costanzo, la sommità del promontorio di Sorrento, alto 497 metri e collocato 66° nord-est, quindi in ottima posizione rispetto alla specola di Capri. La comunicazione con il porto di Miseno e con la capitale richiedeva infatti una catena di torri collocate lungo le coste del golfo della Campania e del Lazio.

D'altro canto, non c'è motivo di dubitare dell'esistenza di un vero e proprio faro nelle vicinanze della Villa, se consideriamo le seguenti ragioni: l'uso del

termine *pharus* è inequivocabile, la posizione elevata è in accordo con le fonti (il faro viene paragonato alla luna) e con la topografia, e i due avvenimenti, il crollo e la ricostruzione, erano degni di essere ricordati. Il *pharus* deve essere perciò una costruzione alta ed imponente, adatta a segnalare da lontano l'isola di Capri e al tempo stesso la residenza imperiale.

Le vestigia della poderosa costruzione situata a nord-ovest della Villa - la Loggia della Marina - sono probabilmente da identificare con il *pharus*. Il complesso, attualmente visibile lungo una superficie di oltre 40 per 25 metri. I muri hanno uno spessore fino a 4 metri e raggiungono un'altezza di oltre 10 metri. Si tratta ovviamente di costruzioni per un fabbricato di altezza notevole. Maiuri pensava a uno *specularium*, a un osservatorio cioè che sarebbe servito, fra l'altro, da specola per le osservazioni astronomiche dell'astrologo Trasillo.

Il complesso è composto da muri disposti a distanza assai regolare che formano un sistema di corridoi paralleli, ortogonali fra loro, e che si articolano attorno a un quadrangolo centrale il quale costituito dall'ambiente e da due camere collocato sull'asse est-ovest. Completando i muri in modo simmetrico, si ottengono tre quadrati concentrici, circondati su tre lati da un muro spesso oltre 4 metri. Ne risulta una struttura planimetrica con le caratteristiche di una torre a gradoni contenuta da un potente basamento.

Per essere visibile dal lato sud-est, il faro doveva superare l'edificio principale. Gli accenni di Svetonio e di Stazio ovviamente non si riferiscono ad uno *specula* di dimensioni modeste, ma intendono precisamente un *pharus* degno di

ricordo in quanto fuori dal comune. Significativo per l'importanza della costruzione è anche il fatto che il crollo e la ricostruzione del *pharus* vengono menzionati, mentre non si parla dell'edificio residenziale ugualmente danneggiato e ricostruito.

Quanto all'organizzazione interna della torre, la circolazione si svolse probabilmente nei corridoi tra il primo e il secondo quadrangolo, mentre lo spazio disponibile tra questi e il muro esterno poteva servire da alloggio per il personale addetto al faro e forse da accampamento per la guardia pretoriana certamente presente a Capri.

La supposizione di Maiuri che si trattasse di uno specula per osservazioni astronomiche intanto non viene indebolita, né esclude l'ipotesi di un *pharus*. Con il suo forse non casuale orientamento secondo i punti cardinali, il faro di Capri poteva aver assunto la funzione di osservatorio in senso lato.

In tale contesto vanno probabilmente ricordati i versi di Stazio nei quali l'isola di Capri, situata di fronte al promontorio di Minerva, è nominata accanto all'isola di Pharos in quanto *pars pro toto* di Alessandria:

Prima Dicarcheis Pharium gravis intulit annum,
Prima salutavit Capreas et margine dextro
Sparsit Tyrrheneae Mareotica vina Minervae.

Se quest'ipotesi fosse confermata ci troveremmo davanti non solo al *pharus* più prestigioso al mondo romano, ma anche ad una concezione di rappresentanza di alto livello e a un'inaspettata visione della nuova residenza imperiale.

IL PROGETTO

Il progetto su Villa Jovis nasce dalla volontà di ricreare degli ambienti che servano alla villa, sia come luoghi di svago, di studio, e che permettano molte più affluenze rispetto a quelle attuali. Il processo di valorizzazione parte dalla creazione di un museo interamente dedicato a Tiberio e ai resti della villa ancora in buone condizioni.

La sua posizione, sul crinale più alto dell'isola, è scomoda da raggiungere, e l'unico mezzo è una camminata di circa 40 minuti attraverso le stradine strette e tortuose che portano fino alle rovine della Villa. L'intento è quindi quello di creare uno spazio che permetta di restare più a lungo sulle rovine, per poterne cogliere i vari aspetti, ritrovando all'interno del museo quei reperti che la villa ci ha lasciato.

Dopo un'attenta analisi, la scelta del luogo di progetto si è concentrata nel luogo dove si trovava lo *Specularium*, posizionato a nord-ovest rispetto alla villa, a un'altezza di circa 290 m dal livello del mare (il punto più alto della villa raggiunge invece i 340 m, sempre sul livello del mare). Questa è la zona dove si ipotizza si trovasse appunto il Faro di osservazione, dal quale Tiberio restava in contatto con Roma, da dove quindi prendeva e comunicava le decisioni importanti per l'Impero. Di quel Faro ora restano solamente alcuni costruzioni dell'altezza di circa 8 m.

Il complesso era composto da muri disposti a distanza assai regolare che formano un sistema di corridoi paralleli, ortogonali fra loro; il progetto trasforma i corridoi in ambienti senza alterare la peculiarità del luogo. Restano visibili i quadrangoli concentrici che si articolano attorno a un quadrangolo centrale il

quale viene sostituito da un grande ambiente di forma cubica contenente l'osservatorio, rievocando così la funzione originaria dello specularium.

Completando i muri esterni delle tre torrette in modo simmetrico, si riottengono le dimensioni tre quadrati concentrici, circondati su tre lati da un muro spesso oltre 4 metri. Ne risulta una struttura planimetrica con le caratteristiche di una torre a gradoni contenuta da un potente basamento.

L'intenzione è quella di creare tre torrette, dell'altezza massima di 14 m, che restino racchiuse nelle dimensioni che doveva presentare il Faro in origine, e per sfruttare al meglio la luce, si è pensato di creare una serie di scatole sovrapposte e disassate, che permettessero, tramite lo slittamento dei volumi, la creazione di aperture sul soffitto con l'ingresso della luce anche zenitalmente per creare una connessione e una continuità anche con l'esterno. Il risultato è la creazione di un forte segno, nel dettaglio, tre landmark, vicini, di grande forza, che non mostrino in facciata segni esasperati e formalismi eccessivi, ma che caratterizzino un'area periferica di origine storica e che permettano la visuale dall'arrivo in Villa, ipoteticamente, dal golfo di Napoli e anche più giù, dal centro cittadino.

La struttura portante è costituita da una struttura in acciaio concentrata sul perimetro di ogni scatola, che crei all'interno uno spazio completamente libero da pilastri e non gerarchizzato. Lo slittamento dei volumi, oltre a permettere un maggiore ingresso di luce, permette di sfruttare lo spazio con ampie terrazze che si affaccino rispettivamente sulla Villa o sul golfo sottostante.

L'utilizzo di materiali come la lamiera di alluminio ondulata e traforata, per le

facciate verticali, crea delle membrane permeabili che consolidano la relazione tra interno ed esterno, accentuata anche dall'illuminazione artificiale, che di notte illumina lo spazio circostante, nello stesso modo in cui, di giorno, è lo spazio intorno ad illuminare gli interni dell'edificio.

L'ASTRONOMIA ANTICA

Si dice che l'astronomia sia stata inventata dai pastori, e i primi a osservare in modo sistematico il cielo notturno, sarebbero stati i caldei. Molto presto vi si inserirono sacerdoti e filosofi, una circostanza sfavorevole per un'astronomia che, ai suoi inizi, si preoccupava più delle levate e del tramonto degli astri che della loro culminazione. Lo studio delle fonti, dalle prime decifrazioni di tavolette astronomiche a opera di J. Epping e di F.X. Kugler fino ai lavori recenti di O. Neugebauer, ha evidenziato l'abisso che separa la realtà dalla leggenda di un'astronomia mesopotamica dalla perfezione e dall'antichità quasi mitiche, ma le leggende sono tanto più tenaci quanto più la loro origine è lontana e la loro fonte prestigiosa.

Il programma di Platone

Al tempo di Platone il suolo si fa più solido sotto i piedi degli storici dell'astronomia. Se dobbiamo prestar fede a Simplicio, è alla tradizione platonica, desiderosa di imporre ai moti dei corpi celesti le caratteristiche della circolarità, dell'uniformità e di una regolarità costante (nel senso che tali moti non possono cambiare di senso), che risale la formulazione del problema astronomico.

Lo scopo dell'astronomia risulta così chiaramente definito: una tradizione vuole che sia stato Plutone a orientare in questo senso gli sforzi di Eudosso di Cnido, ma questo tipo di tradizione mira evidentemente a costruire belle prospettive che conducono tutte al Maestro, invece più probabile che sia stato Eudosso, che fu senza dubbio allievo all'Accademia, anche se ma che quando

vi giunse era già un ottimo matematico, a influenzare con le sue combinazioni di sfere il pensiero cosmologico di Platone. In ogni caso, quello di salvare le apparenze (o meglio salvare i fenomeni, *sozein to phainomena*) fù l'unico obiettivo in vista del quale Eudosso costruì le sue sfere rotanti e omocentriche. Per salvar i fenomeni, occorre anche osservarli con una precisione abbastanza grande. Da Ipparco a Tycho Brahe, lungo un arco di tempo di quasi due millenni, il materiale d'osservazione fu estremamente scarso e rimase praticamente immutato, cosa che vale anche per le tecniche di costruzione degli strumenti, per le loro dimensioni (paragonabili alla statura umana) e per le loro prestazioni. Gli strumenti d'osservazione utilizzati in postazioni fisse, tutti in legno, sono tre: il quadrante statico, il triquetrum e la sfera armillare, chiamata anche astrolabio sferico. Non useremo peraltro mai questo ultimo termine per evitare la confusione con l'astrolabio plani sferico del Medioevo, che non fu mai un vero strumento d'osservazione, se non per la determinazione approssimativa dell'ora bensì piuttosto uno strumento didattico, destinato a familiarizzare gli studenti con le proiezioni stereografiche dei cerchi delle sfere celeste e ad aiutarli a risolvere i problemi classici dell'astronomia tradizionale: quale dell'ora della levata o di tramonto di una stella in un giorno dato, la determinazione dell'ora diseguale del giorno o della notte, la determinazione della durata del giorno e così via ...

Il quadrante statico è un quarto di cerchio munito di un sistema di mira o di un semplice stilo, che, perpendicolare al detto quadrante, vi proietta la sua ombra. Disposto verticalmente su un piano rigorosamente orizzontale, questo

quarto di cerchio era generalmente fissato nel piano del meridiano per prendere le altezze meridiane del Sole, ma poteva anche essere mobile attorno al suo asse verticale per prendere una qualsiasi altra altezza rispetto all'orizzonte e gli angoli azimutali. Un altro strumento di misura delle altezze, il triquetrum, era un insieme di tre regoli, di cui uno verticale fisso, e gli altri due mobili e articolati su di esso nel piano del meridiano, il primo dei quali recava due pinnule e l'altro una gradazione. L'astrolabio sferico, detto anche sfera armillare, è una realizzazione tridimensionale della sfera celeste ridotta ai suoi principali cerchi di riferimento e dotata di un sistema di dispositivi di mira. I cerchi di riferimento sono graduati. Le descrizioni di questo materiale fisso sono rare e relativamente poco frequenti, ma gli autori sono prestigiosi: Tolomeo, Albategno (al-Battani), Jean de Lignières (Johannes de Lineriis) e Copernico.

Il sistema di Copernico è presentato per lo più, giustamente, come una riforma dell'astronomia planetaria, e si tende a vedere la principale superiorità di Copernico su Tolomeo nella spiegazione più razionale dei moti planetari apparenti resa possibile dall'ipotesi del moto della Terra. Nel *De revolutionibus* Copernico insiste, sin dall'epistola dedicatoria a Paolo III, sul fatto che il moto della Terra introduce nel sistema planetario una nuova connessione fra movimenti, l'ordine e le dimensioni degli orbi planetari.

Retico invece, come abbiamo visto nelle pagine precedenti, passa sotto silenzio il motto della Terra in tutta la prima parte del suo trattato, e comincia paradossalmente la sua esposizione della nuova astronomia con la teoria coper-

nica dei moti delle stelle e del Sole.

Per Retico due fatti essenziali richiedono prioritariamente la riforma dell'astronomia tolemaica: il moto in longitudine non uniforme delle stelle e la variazione, anch'essa non uniforme, della durata dell'anno tropico. Seguendo Copernico, che si sforza di integrare in una legge matematica tutti i risultati dei suoi predecessori, Retico decompone il moto delle stelle nella somma di un moto medio e di un moto in anomalia. Procedendo nello stesso modo per la durata dell'anno tropico, Retico conclude che le variazioni della durata dell'anno sono sincrone con la variazione della velocità del moto delle stelle. La sera dell'11 novembre 1572, uscendo dall'antro in cui suo zio Steen Bille praticava l'alchimia, Tycho notò a nord-ovest di Cassiopea, in un punto in cui la sera prima non c'era alcun astro, una stella più splendente di Venere. Segno dei tempi, Brahe non fu né il solo astronomo a notare la stella nuova né l'unico a parlarne. Quell'apparizione era nondimeno di una cosa inaudita: quanto gli archivi dell'Estremo Oriente abbondavano di descrizioni di nuovi astri, fossero essi comete, meteore o novae, tanto quelli dell'Occidente rimangono muti su questo tipo di avvenimenti: persino la supernova del 1054, il cui residuo oggi osservabile è la cosiddetta Nebulosa del Granchio, sfuggì a coloro che non volevano vedere mutamenti in cielo. C'è una sola eccezione nota, la nuova stella apparsa nel 1006 della nostra era nella costellazione del Lupo. Benchè questa nova, o più precisamente supernova, sia rimasta molto bassa alle nostre latitudini, essa rimane quella per la quale si dispone delle migliori informazioni. Essa fu con ogni probabilità la più splendente fra tutte le stelle

del nuovo Medioevo. La principale fonte di informazione è costituita dagli Annales Hapidanni dell'abbazia benedettina di San Gallo in Svizzera. La descrizione è breve ma insolitamente precisa: <<E' apparsa una nuova stella di grandezza inconsueta, d'aspetto scintillante e accecante per gli occhi, che ha suscitato timore. Come per una sorta di prodigio, essa appariva ora contratta, ora diffusa e altre volte quasi spenta. E' stata inoltre visibile per tre mesi ai limiti estremi del sud, al di là di tutte le costellazioni che vediamo in cielo>>. Un'altra menzione della stella del 1006 si trova anche in cronache italiane, come pure i documenti belgi, che però non forniscono alcuna informazione nuova e dipendono gli uni dagli altri.

Fra gli astronomi che osservano la nova del 1572 ci furono Michael Maestlin, il futuro maestro di Keplero, e Thomas Digges, che fu il primo copernicano ad aprire il mondo ancora racchiuso nella sfera delle fisse. L'uno e l'altro, non disponendo di alcun vero strumento di osservazione, presero un filo e lo tennero all'estremità di un braccio disteso, in modo da farlo passare per la nova e per altre due stelle e, rinnovando per vari giorni questa operazione, ne dedussero l'immobilità del nuovo astro. Altri, probabilmente meno abili o meno coscienti, credettero di constatare piccoli spostamenti. Per Tycho, questa fu l'occasione per mostrare la propria superiorità e per pubblicare il suo primo opuscolo astronomico.

Per misurare le distanze angolari dalla nova alle stelle vicine, Tycho utilizzò il sestante, di circa 1,7 metri di lunghezza, erano in noce stagionato: questo materiale, più leggero dei metalli come lo stagno o il bronzo, è fra i legni me-

no sensibili alle variazioni climatiche; sono invece metalliche le alidade applicate su questi bracci e l'imperniatura. L'arco di cerchio era suddiviso in gradi, e ogni grado era ulteriormente suddiviso secondo la tecnica della <<scala obliqua>>. Brahe avrebbe appreso questo metodo da un certo Homilium. L'artefice consisteva nel disegnare due cerchi concentrici al centro dello strumento, nel marcare i gradi su entrambi i cerchi, nell'unire con una linea il grado 1 del cerchio interno al grado 2 di quello esterno, poi questo grado 2 al grado 3 del cerchio interno e così via, e infine nel dividere nel maggior numero possibile di parti i segmenti così ottenuti.

Poiché Alpha Cassiopeiae varcava il meridiano quasi nello stesso tempo della stella nuova, Tycho installò il suo sestante nel piano meridiano del vano di una finestra. L'estremità del braccio fisso vicina all'arco graduato poggiava sul davanzale, mentre quella vicina all'imperniatura poggiava su un pilastro all'interno della stanza. Per assicurarsi dell'identità delle condizioni d'osservazione nel corso di una stessa notte, Tycho registrava lo strumento fra la culminazione inferiore e la culminazione superiore dell'astro (cosa possibile in quanto Cassiopea è una costellazione circumpolare, ossia non tramonta mai, rimanendo visibile per tutta la notte e passando due volte al meridiano). Per assicurarsi che il braccio fisso fosse perfettamente orizzontale, lo spostava fino a quando un filo a piombo, fissato nell'arco graduato, veniva a trovarsi esattamente in corrispondenza di una tacca incisa sul braccio. Tycho misurò le distanze angolari fra la stella nuova e le nove stelle vicine, e osservò pazien-

temente la nuova stella ogni notte in cui il cielo fu abbastanza limpido per permetterne l'osservazione per tutti i diciotto mesi in cui l'astro fu visibile, ossia sino alla fine del marzo 1574, quando la nova, la cui luminosità aveva cominciato a diminuire dal dicembre 1572, scomparve definitivamente. Non avendo constatato, in questi diciotto mesi, alcuna variazione di distanza fra la nova e le stelle fisse in mezzo alle quali era apparsa, Tycho concluse che quell'astro doveva essere una stella.

Federico gli offrì a Tycho un'isola nell'Oresund, fra Helsingør e Copenaghen, per costruirvi l'osservatorio dei suoi sogni, a spese dello Stato.

Al centro di una facciata in stile rinascimentale, disegnata da un architetto tedesco sotto il controllo dello stesso Brahe, si elevava una cupola in forma di cipolla. Torri cilindriche dai tetti amovibili contenevano principali strumenti, fra i quali il grande triquetrum del 1582, il cui regolo principale era lungo 3,60 m. Al pianterreno, nella galleria di sud-ovest, si inalzava il grande murale di 2.30 m di raggio, costruito anch'esso nel 1582 e, nella biblioteca, troneggiava il globo celeste su cui Tycho e i suoi assistenti, ridisegnavano pazientemente il cielo. Nel sottosuolo c'erano un'officina tipografica, una cartiera, un laboratorio di alchimia, le officine per la fabbricazione degli strumenti e ... una prigione per i mezzadri recalcitranti.

Fu dunque da Uraniborg che Tycho osservò la grande cometa apparsa il 13 novembre 1577, poco dopo il tramonto del Sole. Poiché il grande quadrante murale non era ancora stato installato, fino al 26 gennaio 1578 Tycho osservò la cometa con l'aiuto sia di un sestante sia del piccolo quadrante montato su

un cerchio azimutale che aveva da poco terminato. Quel 13 novembre, Tycho trovò la cometa a $26^{\circ} 50'$ dalla stella più splendente dell'Aquila e a $21^{\circ} 40'$ dalla stella più bassa sul corno del Capricorno, cosa che gli permise di determinare la longitudine e latitudine nel sistema dell'eclittica. Tracciò così di giorno in giorno il percorso della cometa fra le stelle fisse, segnando inoltre l'ampiezza e l'orientamento della coda. In seguito, confrontando le posizioni da lui registrate con quelle degli altri osservatori, mostrò che la cometa non era un fenomeno sublunare, ma che la sua distanza dalla Terra doveva essere almeno sei volte maggiore di quella della Luna. L'osservazione precisa dei fenomeni smentiva la nozione che il cosmo fosse immutabile.

Il 21 agosto 1609, aderendo all'invito di Galileo che aveva appena finito di costruirsi il primo cannocchiale, tutti i membri del senato veneziano salirono sul campanile di San Marco a scrutare la laguna. I velieri che si avvicinavano, e che i senatori potevano distinguere con l'aiuto di questo <<tubo ottico>> - uno strumento che a quell'epoca si sarebbe potuto definire a buon diritto <<magico >> - sarebbero diventati visibili a occhio nudo solo dopo due ore e più. Non si conoscono bene gli spostamenti di Galileo a Padova, Venezia e Firenze, come pure le sue attività, nei tre mesi seguenti; in ogni caso, alla fine di novembre egli aveva terminato un nuovo cannocchiale, di potenza 20, mentre quello donato al doge aveva solo una potenza 8.

Con questo cannocchiale, il 30 novembre 1609, poco dopo il tramonto del Sole, Galileo osserva e disegna la Luna di quattro giorni di età. Continua a osservarla sino a quando tramonta, ne esegue un secondo disegno e, in seguito,

prima scoperta telescopica, segue la progressione del sorgere del Sole sulla regione di Janssen-Fabricius. Le osservazioni telescopiche di stelle aggiungono al piccolo numero di stelle visibili a occhio nudo (le quali sono solo qualche migliaio, nonostante l'impressione di una ricchezza molto maggiore che può darci il cielo in una notte limpida senza Luna) miriadi di altre stelle; così, in prossimità della cintura e della spada di Orione, Galileo scopre novanta stelle mai viste prima, e altre trentasei attorno alle sette figlie di Atlante, le Pleiadi. Grazie alla potenza del suo cannocchiale, la Via Lattea si risolve in <<una congerie di numerosissime stelle disseminate in grandi raggruppamenti>>, mentre in precedenza era ritenuta in generale un'esalazione dell'atmosfera terrestre. Ma doveva ancora venire la cosa più importante; l'osservazione dei satelliti di Giove. L'annuncio di questa scoperta concluderà il Sidereus Nuncius.

Il 7 gennaio 1610 Galileo riprende il suo cannocchiale di potenza 20, senza dubbio perfezionato. Osserva Giove e nota, per la prima volta, che è accompagnato da <<tre stelline>>. L'8 gennaio osserva che queste stelle seguono Giove nel suo movimento; il 9 il cielo è coperto e Galileo non può osservare. Il 10 ritrova Giove con due dei suoi satelliti, entrambi a oriente del pianeta, e comincia a compiere osservazioni sistematiche. Il 13 scopre il quarto satellite di Giove: i quattro compagni del pianeta sembrano orbitare attorno ad esso, accompagnandolo nella sua corsa celeste.

LA STRUMENTAZIONE ANTICA

Al cannocchiale di Galileo, fondato sulla rifrazione, si sarebbe aggiunto in seguito il telescopio a riflessione, in cui la luce viene riflessa da specchi incurvati. I primi strumenti ottici a rifrazione presentavano e difetti che avrebbero condotto rapidamente, anche se solo provvisoriamente, al loro abbandono. Nel libro I, parte II, proposizione 3 dell'Opticks (esprimento 8), Newton scrisse:

“Trovai, inoltre, che quando la luce passa dall'aria attraverso diversi mezzi contigui rifrangenti, come l'acqua e il vetro, e da questi passa di nuovo nell'aria, se le superfici rifrangenti sono parallele o inclinate le une verso le altre, quella luce, tutte le volte che è rettificata dalle rifrazioni contrarie, emerge lungo linee parallele a quelle lungo le quali era incidente, e dopo continua ad essere bianca. Ma se i raggi emergenti sono inclinati rispetto a quelli incidenti, il bianco della luce emergente diventerà, nell'allontanarsi per gradi dal luogo dell'emersione, colorato alle sue estremità”.

Newton scopriva così l'aberrazione cromatica: le diverse luci colorate da cui è composta la luce bianca non subiscono la medesima deviazione passando attraverso l'obiettivo, cosicché l'immagine azzurra non si forma nello stesso piano di quella rossa. E Newton ne dedusse che voler perfezionare telescopi a rifrazione non era la via giusta per progredire. Benché Huygens e lo stesso Newton avessero cominciato a studiare la compensazione delle aberrazioni geometriche o cromatiche attraverso l'associazione di due lenti, ci si disinteressò degli strumenti a rifrazione: il problema dell'acromatismo non sarà posto di nuovo se non nel 1747, da Eulero, come complemento alla Nova theori-

ca lucis et colorum del 1746.

All'inizio del Settecento gli sforzi si concentrarono soprattutto sulla fabbricazione dei telescopi a riflessione. Oltre al vantaggio di non presentare i difetti cromatici dei rifrattori, i riflettori, combinando uno specchio primario e uno specchio secondario, permisero l'introduzione di grandi distanze focali senza che lo strumento dovesse perciò diventare gigantesco. Le prime combinazioni di specchi furono messe a punto già alla fine del Seicento, in particolare da Newton, James Gregory e I.D. Cassegrain; si deve tuttavia segnalare che l'idea di usare specchi in luogo di lenti era già stata avanzata da Galileo.

In ogni modo i telescopi a rifrazione avevano difetti che limitarono rapidamente le dimensioni degli strumenti progettabili. I telescopi riflettori, più conformi alle esigenze dell'astrofisica, avrebbero detronizzato, in modo lento ma sicuro, i rifrattori;

Innanzitutto, quanto più aumenta la grandezza di un telescopio, tanto più diminuisce il suo campo visivo: al limite si costruiscono dei ciechi, o piuttosto dei miopi, i quali possono solo vedere ... un po' meglio... solo oggetti già individuati. Si arriva inoltre al momento in cui lo stesso cielo notturno limita le prestazioni dei grandi telescopi, innanzitutto per la sua luminosità – a un certo punto si perviene a una situazione in cui il contrasto fra il cielo notturno e l'oggetto debole è quasi nullo – e poi per la sua «agitazione»: di fatto la turbolenza atmosferica confonde le immagini e riduce la risoluzione teorica dei grandi telescopi. Perveniamo così al secondo obiettivo, quello di utilizzare meglio i fotoni piuttosto che raccoglierne di più.

Il primo progresso in questa direzione fu apportato dall'invenzione della fotografia. Se la lastra fotografica, soprattutto ai suoi inizi, è istantaneamente meno sensibile dell'occhio – occorre infatti un centinaio di fotoni per impressionare una lastra, mentre ne bastano una decina per stimolare la retina -, presenta però il vantaggio enorme di avere una memoria. Ciò che l'occhio, situato in condizioni ottimali, non vede in un decimo di secondo, non lo vedrà mai, mentre i fotoni che arrivano in un momento dato su una lastra fotografica sommano la loro azione a quella dei fotoni arrivati in precedenza: ecco perché la fotografia permette lunghi tempi di esposizione. Si può immaginare facilmente il guadagno

apportato da un'esposizione di varie ore nel fuoco di un telescopio di 5 m di apertura rispetto alla visione istantanea attraverso la nostra pupilla di 5 mm di diametro. Ma la lastra fotografica ha anche i suoi limiti. Nel caso di oggetti di debole luminosità, se i fotoni non arrivano in pacchetti sufficienti, non succede niente per quanto lungo possa essere il tempo di esposizione... la lastra perde la memoria; e nel caso di oggetti molto luminosi, si ha la saturazione. Tutti i nuovi rivelatori sono stati escogitati in modo da ovviare a questi difetti. La via fu aperta, nell'immediata Vigilia della seconda guerra mondiale, da un astronomo francese, André Lallemand, che inventò la camera elettronica. I fotoni incidenti strappano da una lastra sensibile degli elettroni, i quali vengono focalizzati da un'ottica elettronica. Questa camera porta la rivelazione al suo limite teorico - la rivelazione fotone per fotone - ma è delicata da usare e l'immagine finale si forma sempre su una lastra fotografica i cui grani estre-

mamente fini sono sensibili agli elettroni. Parallelamente si è sviluppata la tecnica del fotomoltiplicatori. Anche qui un fotone strappa un elettrone, ma questo mette in moto una cascata controllata di altri elettroni ... fino a un miliardo. Questo è il recettore fotometrico quasi ideale, che permette di contare uno per uno i fotoni ci arrivano dalle stelle; il fotomoltiplicatore realizza dunque il sogno dei fotometristi, il cui compito è quello di misurare l'intensità luminosa. Ma se i fotomoltiplicatori misurano bene il flusso luminoso, non forniscono immagini. L'ultimo grande progresso è venuto dai dispositivi ad accoppiamento di carica (CCD, dall'inglese Charge Coupled Devices), che cululano i vantaggi della camera elettronica e del fotomoltiplicatore; questi amplificatori di fotoni sono infatti accoppiati a una telecamera.

Lo strumento astronomico di gran lunga più raffinato (e storicamente importante) del Medioevo fu l'astrolabio plani sferico che fu una delle quattro forme di astrolabio, due di esse - quella lineare e quella sferica - furono molto rare, e l'astrolabio dei naviganti era uno strumento rozzo da usare in mare, e fu sviluppato a quanto pare solo verso la fine del Medioevo.

La base dello strumento è un disco di ottone che può essere sospeso a un anello. Il rovescio dello strumento è essenzialmente uno strumento per l'osservazione, essendo dotato di una barra d'osservazione, o *alidada*, che ruota intorno a un perno nel centro del disco, ed è usato per misurare l'altezza dei corpi celesti. L'osservatore sospende semplicemente lo

strumento all'anello così che esso sia disposto verticalmente, guarda lungo l'alidada verso il corpo in oggetto, e ne legge l'altezza su una scala graduata incisa lungo la circonferenza del disco.

Sempre sul rovescio dello strumento nella sua versione occidentale ci sono due scale circolari che danno congiuntamente la posizione del Sole sull' eclittica (il suo percorso contro lo sfondo delle stelle) per ogni data dell' anno. Una scala reca incisi i giorni dell'anno, invece l'altra mostra la posizione corrispondente del Sole; l'alidada può essere usata per allineare punti corrispondenti.

La parte frontale dell' astrolabio è uno strumento di calcolo che include rappresentazioni sia del cielo (le singole stelle, unitamente all'eclittica, all' equatore celeste, ai tropici e via dicendo) sia del sistema locale di coordinate (altezza sull'orizzonte, angolo di «azimut» intorno all'orizzonte, di solito misurato a partire da sud), in cui l'utente compie misurazioni delle posizioni dei corpi celesti.

Per costruire un astrolabio, dobbiamo trasferire il cielo sul nostro disco d'ottone. Per fortuna sappiamo, dalla geometria, come eseguire una proiezione fra i punti della sfera celeste e i punti di un piano infinito), così che ogni punto della sfera venga proiettato esattamente in un punto sul piano. Immaginiamo semplicemente la linea che unisce il Polo celeste australe a un altro punto celeste qualsiasi (dell'emisfero celeste boreale), e poniamo che la proiezione del punto sia il luogo in cui questa linea interseca il piano dell'equatore celeste. Una tale proiezione

ha la proprietà importante e sorprendente che gli angoli formati dalle curve sulla sfera celeste rimangono immutati dopo la proiezione, cosicché i problemi dei triangoli sferici possono essere convertiti in problemi più facilmente trattabili di trigonometria piana. L'ottone del nostro astrolabio è una replica fisica del piano dell'equatore celeste, su cui abbiamo proiettato (ossia rappresentato) la sfera celeste. Purtroppo il disco ha dimensioni limitate, cosicché non possiamo rappresentare su di esso tutta la sfera celeste. Ma poiché gli utenti cristiani e musulmani di astrolabi non videro mai il cielo in prossimità del Polo celeste australe, poco importava se il cielo australe non vi era rappresentato. Fu questa la ragione che fece scegliere il Polo sud celeste come centro della proiezione. Al centro del nostro disco di ottone c'è la rappresentazione del Polo nord celeste. Attorno ad esso, tre cerchi concentrici rappresentano rispettivamente il Tropico del Cancro, l'equatore e il Tropico del Capricorno. Noi abbiamo scelto di fare di quest'ultimo cerchio il limite esterno del nostro disco, cosicché non è rappresentata la parte del cielo a sud del Tropico del Capricorno.

Le osservazioni compiute con l'alidada dell'astrolabio forniscono le altezze angolari di corpi celesti, le quali sono angoli all'interno di un sistema di coordinate in cui l'orizzonte è 0° e lo zenit 90° .

Per consentirci di usare comodamente queste osservazioni, vengono rappresentate nella proiezione linee (cerchi) di uguale altezza (0° , 10° , ecc. fino a 90°), nonché linee (cerchi) di uguale azimut. Il problema è

che queste linee dipendono dalla latitudine del luogo in cui si compiono le osservazioni, e lo stesso vale quindi anche per le loro proiezioni. Si risolse il problema fornendo all'astrolabio dischi per una varietà di latitudini, ognuna con su incisa la proiezione dei cerchi delle coordinate appropriate. Questi *climi* venivano immagazzinati nello strumento uno sopra l'altro, e l'utente sceglieva semplicemente quello più adatto a sua disposizione, ponendolo sopra la pila.

Le parti della rappresentazione del cielo che abbiamo citato finora sono fisse e stabili. Ma ora abbiamo bisogno di proiettare sul disco le singole stelle della sfera celeste (eccezion fatta, ovviamente, di quelle più a sud); e poiché il cielo ruota, anche la proiezione deve ruotare. Il costruttore medievale prendeva invece un altro disco d'ottone, abbondantemente traforato (la *rete*), e segnava su di esso le proiezioni degli elementi mobili più importanti del cielo (l'eclittica - il percorso del Sole in cielo - e gli «indicatori», che localizzavano con la loro punta le posizioni delle stelle principali). Conservando questi elementi, il costruttore toglieva la maggior parte possibile dell'ottone restante, permettendo in tal modo di osservare il clima sottostante con la sua griglia di coordinate.

Il cielo ruota: in linguaggio moderno, la sfera celeste ha un solo grado di libertà. Perciò una singola osservazione è sufficiente a localizzare tutte le stelle nella posizione che occupano al tempo dell'osservazione stessa.

Un uso elementare dell' astrolabio era quello di stabilire l'ora. Le due scale sul suo rovescio dicono all'utente la posizione del Sole per il giorno in questione, cosicché egli sa dove segnare la posizione sulla proiezione dell'eclittica. In un astrolabio occidentale un cerchio esterno nella parte frontale recava incise ventiquattro divisioni uguali, per rappresentare le ore impiegate dal cielo a compiere una rotazione (gli astrolabisti islamici seguivano un procedimento affine). Una barra «indice» permetteva all'utente di allineare la posizione proiettata del Sole con una posizione su questo cerchio esterno, che gli forniva l'ora. In altri termini, l'astrolabio è un orologio con una divisione in ventiquattr'ore che permetteva di determinare l'ora con una singola osservazione, del Sole di giorno o di una stella di notte.

Alternativamente, esso poteva essere usato per predire l'ora di un evento astronomico. Così, per esempio, se l'utente voleva sapere a che ora sarebbe sorto il Sole, doveva solo ruotare la rete fino a quando il Sole si fosse trovato sull' orizzonte orientale, dopo di che poteva usare l'indice per leggere direttamente sulla scala l'ora in cui ciò sarebbe avvenuto.

Queste sono solo alcune applicazioni di questo notevolissimo strumento, che nel Medioevo islamico e in quello cristiano fu fondamentale per l'astronomia, l'astrologia e la medicina astrologica.

Quando, nel 1609, Galileo puntò verso il cielo un cannocchiale costruito

da lui, fece un uso immaginativo di uno strumento che era noto da un decennio circa come dispositivo ottico di possibile importanza militare. Il cannocchiale di Galileo

(un telescopio rifrattore semplice) aveva un «obiettivo» biconvesso (che piegava o *rifrangeva* i raggi in modo da farli convergere in un fuoco) e un «oculare» biconcavo, e ingrandiva fino a venti volte. Galileo poté procurarsi facilmente queste lenti, in quanto venivano prodotte per gli occhiali, ma per le esigenze dell'osservazione telescopica la loro qualità era scarsa, e di conseguenza la risoluzione del suo strumento era molto modesta.

Keplero rispose all'iniziativa di Galileo progettando un telescopio di tipo diverso, con un oculare convesso, e il suo schema fu pubblicato nel 1611. Il suo strumento aveva un campo maggiore e poteva essere usato per proiettare un'immagine su uno schermo; era quindi utile per l'osservazione delle macchie solari. Un carattere che divenne importante in seguito nel corso del secolo fu che un telescopio kepleriano poteva essere dotato di un micrometro nell'oculare (vedi più avanti), oppure poteva essere adattato come mirino telescopico su uno strumento per misurazioni. Questo strumento aveva l'inconveniente di capovolgere l'immagine, cosa peraltro di scarsa importanza in astronomia, dove questo tipo, noto come «telescopio ottico», divenne ben presto il telescopio rifrattore standard.

La sua risoluzione era tuttavia limitata dal fatto, segnalato dallo stesso

Keplero, che le lenti di curvatura sferica - l'unico tipo di lenti che si potessero produrre a quel tempo- non portavano in un unico fuoco tutti i raggi incidenti paralleli. In altri termini, lo strumento dava un'immagine sfocata in conseguenza di quella che divenne nota come «aberrazione sferica». Nel Seicento tutti i tentativi di molare lenti asferiche fallirono. Ma c'era anche un altro problema, l' «aberrazione cromatica», che non veniva distinta chiaramente dalla prima: quand' anche si fosse riusciti a produrre una lente capace di focalizzare i raggi monocromatici, la diversa rifrazione dei raggi di diverso colore avrebbe continuato a negare agli astronomi un'immagine nitida.

Le uniche misure pratiche che si poterono prendere furono quelle di usare lenti di piccola curvatura, ossia di grande distanza focale, e di introdurre aperture che limitassero la luce incidente sulla regione frontale della lente. Una grande distanza focale significava telescopi lunghi, e alla metà del secolo uno strumento astronomico di buona qualità doveva avere una lunghezza di almeno una decina di metri, che richiedeva strutture di sostegno e sistemi di carrucole per montarlo e manovrarlo.

Il telescopio a riflessione

La difficoltà pratica di dare all' obiettivo di un rifrattore la forma geometrica ideale, e la lunghezza eccessiva dei tubi usati per aggirare tale inconveniente, indussero nel 1663 il matematico scozzese James Gregory (1638-1675) a proporre un tipo di telescopio alternativo. In es-

so la luce che entra nel tubo perviene a uno specchio concavo in fondo al tubo, che la riflette all'indietro.

Un secondo specchio concavo, più piccolo, situato al centro del tubo, riflette nuovamente la luce verso lo specchio primario. Passando attraverso un foro praticato al centro dello specchio primario, la luce perviene all' oculare.

Gregory portò il progetto a un' azienda di ottica londinese, che non si rivelò all'altezza della situazione, ma il tentativo, anche se non andato a buon fine, confermò che il progetto era realizzabile.

Un progetto simile, ma con uno specchio secondario convesso, fu proposto nel 1672 da un francese di nome Cassegrain, su cui non si sa quasi niente. Un secolo dopo si mostrò che lo specchio secondario convesso aiutava a evitare l'«aberrazione sferica» introdotta dalle discrepanze degli specchi concavi di Gregory dalle loro forme ideali, e nei telescopi moderni la soluzione Cassegrain è molto usata.

Frattanto Isaac Newton, a Cambridge, aveva fatto una scoperta di fondamentale importanza (vedi p. 204). Da molto tempo si credeva che la luce bianca fosse semplice, e che i colori fossero sue «modificazioni». Newton dimostrò invece che essa è composta dai colori, ognuno dei quali viene rifratto di un angolo leggermente diverso da un obiettivo. Newton pensava che l'offuscamento causato da quest' «aberrazione cromatica» fosse intrinseco ai telescopi a rifrazione. Lo specchio usato da Gregory in luogo delle lenti evitava questo problema; purtroppo il

progetto di Gregory richiedeva un secondo specchio curvo, con la conseguente necessità di forare lo specchio primario.

Nel 1668, perciò, Newton escogitò un piccolo riflettore fondato su un progetto che evitasse queste carenze. Anche in questo caso uno specchio primario in fondo al tubo rifletteva la luce incidente, ma in questo caso il piccolo specchio secondario, che era piano e inclinato di 45° rispetto all'asse del tubo, rifletteva la luce verso un oculare perpendicolare al tubo.

Questo riflettore divenne noto solo a un pugno di conoscenti di Newton a Cambridge, ma nel 1671 egli costruì uno strumento simile, che presentò alla Royal Society. Nessuno di questi due riflettori newtoniani sopravvive, ma si ritiene che parti di un terzo strumento, da lui costruito nell'inverno del 1671-1672, siano state poi incorporate in un riflettore da lui presentato alla Royal Society nel 1776.

Usando un solo specchio curvo, il telescopio newtoniano fu molto usato nel Sette - Ottocento, specialmente nello studio di oggetti deboli per cui si richiedeva uno strumento di grande luminosità.

Newton fu eccessivamente pessimista nel pensare che il problema dell'aberrazione cromatica fosse insolubile. Nel 1729 un avvocato inglese, Chester Moor Hall (1703-1771), escogitò un obiettivo «acromatico» combinando due vetri con proprietà di rifrazione diverse: una lente concava di *flint* e una convessa di *crown glass*. Hall non sfruttò però l'idea commercialmente, cosa che permise all'importante costruttore di stru-

menti londinese John Dollond (1706-1761) di farla rivivere in una comunicazione presentata nel 1758 alla Royal Society, e di brevettarla. In seguito gli strumenti acromatici di Dollond furono molto ricercati sia dagli osservatori sia dagli astronomi dilettanti.

Misurazioni con telescopi

Il telescopio permetteva di vedere cose nuove, nonché oggetti familiari ingranditi. Di contro, gli strumenti tradizionali dell'astronomo servivano per lo più per la misurazione di angoli. Non fu immediatamente chiaro che le due cose potevano combinarsi.

Nel telescopio di tipo kepleriano l'immagine veniva messa a fuoco ed esaminata con l'oculare, che funzionava come un microscopio. Intorno al 1640 un astronomo dilettante inglese, di nome William Gascoigne, trovò che un ragno aveva tessuto nel piano focale del suo telescopio una tela, che appariva sovrapposta all'immagine astronomica. Egli si rese conto che si sarebbero potuti inserire nello stesso piano dei fili incrociati, per localizzare il centro esatto del campo visuale e permettere quindi di allineare accuratamente il telescopio all'oggetto osservato.

Nella stessa posizione si sarebbe potuto sistemare, alternativamente, un dispositivo di misurazione o «micrometro», per misurare o il diametro apparente di un oggetto come un pianeta o l'angolo fra due oggetti vicini, come due montagne sulla Luna.

Figura 5.10 Il principio del micrometro a fili. Per misurare l'angolo che separa due stelle, l'osservatore allinea il micrometro così che il filo fisso *A* passi per le due stelle.

Regola poi i fili mobili *B* e *C* così che ognuno di essi passi per una delle stelle.

La quantità degli spostamenti richiesti fornisce una misura dell'angolo che separa le due stelle. Da Joseph-Jerôme Lefrançois de Lalande, *Traité d'astronomie*, 1771-1781.

Purtroppo Gascoigne rimase ucciso nel 1644 in una battaglia della Guerra civile, ma le sue tecniche furono applicate a Oxford fra il 1650 e il 1660, particolarmente da Christopher Wren, che usò micrometri in uno studio della superficie lunare.

Nel 1663 Wren illustrò alla Royal Society anche uno strumento astronomico che incorporava un cannocchiale di mira.

Frattanto nel 1659 Huygens annunciò la scoperta (indipendente) di una forma di micrometro per oculare nel *Systema saturnium*. Altre forme di micrometro furono sviluppate a Parigi negli anni Sessanta, da Adrien Auzout, Pierre Petit e Jean Picard. Ben presto fu completata la trasformazione del telescopio in uno strumento di misurazione.

L'incorporazione di un telescopio in strumenti tradizionali di misurazione, per migliorare la risoluzione dell'occhio nudo, avvenne più lentamente.

Una particolare resistenza fu opposta da Hevelius, che era un osservatore

molto stimato.

Hevelius si era costruito il migliore osservatorio del tempo (che però sarebbe stato distrutto da un incendio nel 1679), e pur usando ovviamente telescopi per l'osservazione, insistette nel voler compiere misurazioni a occhio nudo. Hooke e altri videro in ciò un cattivo esempio per aspiranti osservatori. Ne seguì una pubblica controversia, e Hevelius si rifiutò di cambiare atteggiamento; neppure una visita e le lusinghe di Halley riuscirono a smuoverlo. Al tempo della sua morte Hevelius era rimasto quasi solo a negare il valore dei cannocchiali di mira.

L'equivalente della longitudine terrestre è noto in astronomia come ascensione retta (AR) e si misura a partire dal punto sull'equatore celeste in cui il Sole passa per l'equatore all'equinozio vernale. Poiché la Terra compie una rotazione al giorno, l'AR può essere espressa in gradi o in una frazione di tempo (con un'ora uguale a 15°) e la misurazione fondamentale è quella del momento in cui l'oggetto celeste attraversa il meridiano dell'osservatorio.

Il primo strumento di precisione dedicato alla misurazione dei transiti fu costruito da Ole Romer dopo il suo ritorno da Parigi in Danimarca nel 1681, per andare a dirigere l'osservatorio di Copenaghen.

La posizione dello strumento dei transiti di un osservatorio venne a definire la longitudine dell'osservatorio, e a partire dal 1884 lo strumento dei transiti di Greenwich ha definito la longitudine zero nel mondo.

Gli osservatori astronomici dell'Otto-Novecento videro il loro compito nel registrare le posizioni delle stelle e di altri corpi celesti con una precisione e completezza sempre crescenti. Per misurare l'altezza del corpo celeste nell'istante del transito, e ottenere in tal modo la sua declinazione (l'equivalente celeste della latitudine), gli osservatori seguirono l'esempio di Tycho Brahe e usarono quadranti o altri settori di cerchio montati su un muro orientato esattamente nella direzione nord-sud, ma dotati ovviamente di un cannocchiale di mira. Nell'Ottocento alcuni grandi costruttori di strumenti inglesi, come Edward Troughton, svilupparono un cerchio murale che (come i suoi antecedenti) doveva essere usato in combinazione con lo strumento dei transiti. Questo cerchio murale era però dispendioso, anche come mano d'opera, in quanto richiedeva due osservatori. I costruttori continentali risposero alla domanda costruendo strumenti dei transiti che includevano strumenti di precisione sufficiente per rendere superfluo un arco (o un cerchio) murale, e i costruttori inglesi furono ben presto costretti a seguirne l'esempio. L'telescopi della prossima generazione

La maggior parte dei telescopi costruiti recentemente hanno specchi di diametro solo poco minore dei 5 metri del riflettore Hale di Monte Palomar, Nel 1976 un telescopio di 6 metri di apertura fu completato a Zelenëukskaja, sul monte Semirodriki, nel Caucaso, ma le sue prestazioni si rivelarono deludenti, e alcuni pensarono che fosse già stato raggiunto il limite della grandezza utile di uno specchio (a causa dei movimenti

dell'aria sopra il telescopio). Ma l'esperienza dei nuovi telescopi su alte montagne ha mostrato che gran parte dei disturbi veniva da correnti d'aria in prossimità della cupola e dentro di essa, e persino all'interno dello strumento stesso. Qualcosa si poté fare per attenuare questi problemi, cosicché ridivenne attraente la costruzione di strumenti con specchi più grandi. Ciò nonostante un grande strumento, per lavorare in modo efficace, doveva essere sostenuto dalla tecnologia più recente.

La parte principale dei costi spaventosi di questi «Telescopi della Prossima Generazione» (NGT, *Next Generation Telescopes*) concerne la fabbricazione e la sagomatura dello specchio primario, la costruzione dei dispositivi per il controllo del telescopio, e la costruzione dell'edificio con la cupola rotante.

Edificio e cupola hanno attinenza col peso dello specchio e con la sua distanza focale. Specchi profondamente scavati di piccola distanza focale (che richiedono perciò un tubo relativamente corto e una cupola di dimensioni modeste) sono difficili da realizzare con mezzi convenzionali, ma è possibile fondere uno specchio che abbia press' a poco la forma richiesta, facendo ruotare il materiale quando è ancora fuso e lasciandolo poi raffreddare lentamente. Questo perché un liquido in rotazione in un contenitore circolare si accumula verso l'esterno del contenitore, e la sua superficie acquista così (approssimativamente) la forma parabolica che è ideale per uno specchio di telescopio.

Innanzitutto, un'«alba» dell'astronomia, quando gli uomini divennero consa-

pevoli dell'esistenza dei fenomeni celesti, ma senza tuttavia fare alcun tentativo per interpretarli, e neppure per osservarli in modo non superficiale; prima dello sviluppo della scrittura, le uniche testimonianze degli eventi erano affidate alla tradizione orale. In seguito, ci fu il lungo periodo durante il quale iniziarono le osservazioni scientifiche, e la

matematica divenne qualcosa di più che un semplice strumento computazionale; le stelle furono suddivise in costellazioni, i movimenti dei corpi del sistema solare furono ricavati in maniera dettagliata, e divenne persino possibile acquisire conoscenze sulla vastità dell'universo.

Inoltre, l'astronomia assunse una importanza quotidiana, in particolare per regolare il calendario, per tracciare mappe e per facilitare la navigazione. In seguito, all'inizio del diciassettesimo secolo, furono progettati i primi telescopi astronomici. L'invenzione del telescopio fu rivendicata dall' olandese Hans Lipperhey. Galileo, venuto a conoscenza della nuova invenzione, progettò lui stesso il suo strumento, lo puntò verso il cielo ottenendo risultati che cambiarono l'intero corso dell'astronomia.

In precedenza, tutto era affidato alle potenzialità dell' occhio umano, il che significa che non esisteva una astronomia basata sulle leggi della fisica; tutto ciò che si poteva constatare era la presenza di ombre chiare e scure sulla superficie lunare, e di occasionali macchie solari.

In effetti, l'astronomia era esclusivamente posizionale, e tutte le interpretazioni dovevano tenere conto di questa limitazione. In tali circostanze, possiamo solo essere sorpresi e meravigliati di ciò che i nostri antenati riuscirono a

scoprire.

Tratteggiare in maniera esaustiva lo sviluppo iniziale dell' astronomia in un quadro coerente non è un compito facile, perché i vari pezzi del puzzle sono diversi fra loro, e occorre coprire un grande lasso di tempo. È credenza comune pensare che ci sia stato un brillante inizio in Egitto, con i costruttori di piramidi, e in seguito una esplosione della scienza in Grecia, che trasformò bruscamente l'astronomia da

una pratica mistica ad una pratica scientifica.

Lo sviluppo della matematica fu fondamentale per l'astronomia, come per le altre discipline scientifiche, e alcune culture si dedicarono essenzialmente a questa attività; per gli astronomi dell'India, per esempio, l'osservazione aveva un ruolo minore, mentre i Greci tentarono con grande impegno di conciliare le osservazioni e la teoria matematica. Il metodo di Aristarco per la misura delle distanze relative della luna e del sole era perfettamente corretto in teoria, ma i suoi dati osservativi non erano sufficientemente accurati. Neppure la sua teoria eliocentrica poteva essere dimostrata attraverso le osservazioni, ed è questa una delle ragioni principali del suo insuccesso nel mondo antico (anche quando la teoria copernicana fu pubblicata, così tanti secoli dopo, le tavole celesti da essa ricavate non erano inizialmente più accurate di quelle compilate sulla base del vecchio sistema geocentrico). Eppure i Greci ben sapevano che i movimenti dei pianeti nel cielo non potevano essere spiegati assumendo che essi ruotassero intorno alla terra a velocità uniforme secondo traiettorie perfettamente circolari, e fu per questa ragione che venne sviluppato il sistema di

deferenti ed epicicli. Sebbene artificioso, tale sistema forniva un apparente accordo con i dati osservativi disponibili a quel tempo. Tolomeo lo innalzò al suo più alto grado di perfezione, perpetuandone l'applicazione per oltre mille anni dopo la sua morte - non soltanto nell' area del mar Mediterraneo, ma anche altrove.

Gli Arabi svilupparono teorie matematiche in epoca medievale, a partire circa dal nono secolo d.C. La loro fama di osservatori era eccellente; occorre dire che i musulmani primeggiarono in qualunque campo della conoscenza scientifica, e che costruirono anche strumenti di misura di gran lunga migliori di quelli dei loro predecessori. Non tutti i precedenti tentativi erano stati inadeguati; come avrebbe potuto altrimenti apparire rilevare la precessione degli equinozi intorno al 130 a.c.? Ma furono gli Arabi ad aprire la strada ai grandi osservatori precedenti alla scoperta del telescopio, quali quello di Ulugh Beg a Samarcanda e quelli costruiti da Jai Singh in India all'inizio del diciottesimo secolo. D'altra parte, è anche vero che il principale interesse degli Arabi era di natura astrologica, e quindi ci troviamo di fronte ad un altro ostacolo nel cammino verso il progresso.

Chiedersi se nacque prima l'astronomia o l'astrologia equivale a chiedersi se l'uovo ha preceduto la gallina o viceversa. Quasi tutti i primi astronomi erano anche astrologi, e solo al tempo del Vescovo Isidoro di Siviglia, nel settimo secolo d.C., si delineò una netta differenziazione. L'astrologia di stile europeo non era confacente alle popolazioni di terre lontane quali le Americhe e l'Australia, ma anche in tali luoghi era generalmente accettato che le stelle con-

trollassero i destini degli uomini. Per esempio, la paura delle comete sembra essere stata più o meno universale. Anche le eclissi diffondevano allarmi e minacce. In un caso famoso, un'eclissi influenzò effettivamente il corso della storia umana. Gli Ateniesi persero la loro flotta nel corso della disastrosa spedizione in Sicilia, durante la guerra del Peloponneso, poiché un'eclissi lunare indusse il comandante Nicia a ritardare l'evacuazione di «tre volte nove giorni» - e fu troppo tardi. Forse la guerra del Peloponneso avrebbe avuto un esito molto diverso, e Sparta non avrebbe preso il posto di Atene in qualità di città-stato più potente della Grecia. Cristoforo Colombo fu molto più lungimirante in occasione del suo viaggio verso il Nuovo Mondo; gli indigeni del posto rifiutavano di accordargli i rifornimenti di provviste, ma Colombo, essendo al corrente di un'imminente eclissi lunare, minacciò queste popolazioni di «far perdere alla luna la sua luce». Quando cominciò l'eclisse, gli abitanti erano così spaventati che donarono a Colombo tutto quanto aveva richiesto.

Non tutte le antiche civiltà contribuirono sensibilmente all'astronomia. I Giapponesi assunsero le loro concezioni astronomiche prevalentemente dalla vicina Cina. I Romani non furono degli innovatori, ma elaborarono una riforma particolarmente efficace del calendario, sollecitati niente meno che da Giulio Cesare - è per questa ragione che il suo nome è stato assegnato ad un cratere della luna.

Per ovvie ragioni, l'astronomia poteva fare piccoli progressi prima dell'invenzione del telescopio, ma alcune idee mutate dall'antichità ci appaiono pittoresche; il filosofo greco Eraclito credeva che il diametro del sole fosse pari a

circa 30 cm e che fosse ripristinato ogni giorno. Tuttavia, Tolomeo stimò la distanza della luna pari a circa 59 volte il raggio terrestre (prossima alla distanza reale), e ciò indica se non altro che gli concepiva l'universo come uno spazio molto esteso. Le stelle erano considerate lumi fissati all'invisibile sfera di cristallo che circondava la terra, e fu solo in epoca tardo medievale che cominciò a farsi strada l'idea che fossero dei piccoli soli. Tuttavia, persino nell'antichità era evidente la differenza fra stelle e pianeti. Il filosofo romano Plutarco credeva che la luna fosse «terrestre», con montagne e burroni. Nel secondo secolo d.C. un satirico greco, Luciano di Samosata, produsse la prima storia di fantascienza riguardante un viaggio sulla luna; la intitolò *Una storia vera*, sebbene si affrettasse a precisare che aveva scelto questo titolo perché la storia raccontata era costituita da invenzioni dall'inizio alla fine!

La nostra conoscenza della storia dell' astronomia presso altre popolazioni è meno approfondita. L'importante scoperta delle tecniche di osservazione altamente sofisticate sviluppate dai Maya è piuttosto recente; inoltre, il loro calendario venusiano ci appare molto elaborato: come protettore della terra, Venere era tanto importante per i Maya quanto Marte nel Vecchio Mondo. Purtroppo, l'ecclesiastico spagnolo Diego de Landa decise di eliminare le tracce della loro civiltà e la sua opera distruttrice fu portata a termine con un successo così devastante che solo quattro codici maya sono sopravvissuti intatti fino ad oggi. Nelle Americhe, solamente gli Inca, e in grado minore gli Aztechi, svilupparono un vero sistema matematico; altri, come gli Indiani Hopi, furono instancabili osservatori del sole, ma delle loro convinzioni non conosciamo quasi

nulla.

Dal fronte africano, non abbiamo testimonianze di studi astronomici risalenti ad un'epoca antecedente al secolo scorso, fatta eccezione per quelle egiziane e per l'elaborazione del calendario etiope, in gran parte basato sulle tradizioni greche.

È infatti affascinante chiedersi fino a che punto l'astronomia di una civiltà primitiva sia stata influenzata da altre civiltà. Non vi è alcun dubbio riguardo ai legami fra Babilonia, Grecia e India, ma fino a che punto l'influenza cinese si è diffusa al di là del Giappone e della Corea? L'America e l'Australia erano completamente isolate a livello scientifico? Naturalmente, l'astronomia araba arrivò in Europa attraverso la Spagna, ma ciò avvenne molto tempo dopo, quando le comunicazioni erano state largamente migliorate.

Possiamo imparare davvero molto dalle antiche testimonianze. Disponiamo, per esempio, di osservazioni di comete, supernovae e eclissi; in verità, il cronometrando della durata e delle fasi di un' eclisse è stato usato per compiere accertamenti sul rallentamento della rotazione della terra. Forse la conoscenza delle origini dell'astronomia ci aiuta soprattutto a guardare indietro nel tempo e a capire le metodologie di lavoro e di ragionamento dei nostri predecessori. In alcuni casi, l'astronomia realizzò grandi progressi per poi declinare rapidamente; la Cina ne è l'esempio più lampante, ma anche l'astronomia greca subì una lunga interruzione dopo Tolomeo, e quella araba arrestò la sua evoluzione con l'assassinio di Ulugh Beg.

Il mutamento nelle concezioni astronomiche, una volta avviato alla fine dell'epoca medievale, proseguì inarrestabile. Copernico rianimò la teoria eliocentrica con la pubblicazione del suo *De Revolutionibus* nel 1543; il telescopio fu introdotto nel 1609; nel 1687 Newton pubblicò i *Principia*, e l'astronomia si avviò verso quella che possiamo chiamare la fase moderna. Questi sviluppi oltrepassarono di gran lunga il livello delle conoscenze acquisite fino a quel momento ma, tutto sommato, non possiamo che esprimere una profonda ammirazione per i risultati raggiunti dai nostri lontani predecessori, senza i quali non avremmo avuto a disposizione i fondamenti su cui abbiamo costruito la nostra conoscenza attuale.

C'è un termine, con cui la cultura greca ha indicato l'oggetto complessivo delle ricerche naturalistiche e cosmologiche, cioè *periechon*, il cui significato primario è «ciò che sta intorno, il circostante». Questo termine denota una collezione di eventi e processi estremamente vasta e diversificata, che comprende i fenomeni celesti e quelli meteorologici: in generale tutti gli eventi e tutte le cose appartenenti in qualche modo all'ordine «naturale». L'introduzione di un termine unico per denominare tale collezione è una novità, e mostra che la cultura greca riesce a vedere al di sotto della varietà immediata degli elementi di tale collezione un piano di omogeneità fondamentale. Il termine stesso *periechan* esprime l'organizzazione del campo complessivo dell'esperienza che è alla base di questa novità: in quanto «circostante», esso rinvia a qualcosa intorno a cui sta e che ne costituisce il centro, che è l'interno cui esso fa riscontro come esterno.

Questo centro, questo interno, è la *polis*, la città greca. Data questa complementarità, la *polis*, nel momento in cui assume il proprio esterno come un unico campo circostante fondamentalmente omogeneo, assume in esso la posizione centrale.

Il termine *periechon* peraltro acquista il significato tecnico qui indicato soltanto relativamente tardi, cioè non prima della fine del V secolo, quando ormai le istituzioni della *polis* hanno un'esistenza plurisecolare. Si tratta in effetti di un termine caratterizzato da relativamente poche connotazioni; nei secoli precedenti l'esterno viene chiamato con altri due termini (*physis* e *kosmos*) dotati di connotazioni molto più forti, e soprattutto reciprocamente conflittuali. Uno dei fili conduttori della storia della cosmologia greca fino ad Aristotele può essere visto nella tensione fra questi altri due termini, e nell'articolazione e assestamento cui essi pervengono.

Il termine principale con cui la *polis* nella sua fase di ascesa ed espansione chiama nel suo insieme il suo esterno è *physis* che traduciamo con *natura*; Centrale nell'arco semantico di *physis* è il significato di vitalità spontanea, di capacità autonoma di crescere e di svilupparsi. Nel chiamare il proprio esterno con questo nome la *polis* lo vede come una pluralità di processi attraversati da una vitalità onnipervasiva, e regolati dal ritmo dello sviluppo vitale; nella *physis* si rifondono e perdono l'originarietà dei loro caratteri costitutivi le potenze divine della tradizione sacra. E l'azione della *polis*, in quanto ha luogo entro il campo della natura, è volta a organizzare il suo inserimento in essa, nei suoi ritmi, nel modo migliore - cioè nel modo più soddisfacente sotto il

profilo delle condizioni materiali della vita. Per tutto questo, la *polis* arcaica e classica valorizza tendenzialmente quel sapere che annuncia il suo miglior inserimento nella natura: si tratta cioè di quel sapere che emerge dal contatto diretto con la natura, dalla sua ispezione e manipolazione ripetuta - si tratta del sapere « tecnico ». È in quelle città greche in cui le istituzioni della polis sono più consolidate (cioè soprattutto nelle città ioniche fin dal VI secolo e nell'Atene del V secolo) che si sviluppa soprattutto il filone della ricerca tecnico-naturalistica.

Il termine antagonista di *physis* è *kosmos*, che traduciamo con mondo. Il significato primario di *kosmos* è «ordine, ordinamento ». Sebbene nel linguaggio corrente della Grecia arcaica e classica i due termini vengano talvolta usati come quasi equivalenti, la loro differenza resta sempre irriducibile. *Physis* denota non una totalità, ma una collezione di processi diversi; nel chiamare *physis* l'esterno della polis non ci si pronuncia circa la loro ricomposizione in un organismo onnicomprensivo e stabile, e si lascia aperta la possibilità che la vitalità spontanea della natura produca nelle lontananze del tempo e dello spazio assetti complessivi sempre diversi. Nel chiamarlo *kosmos* se ne sottolinea invece tendenzialmente la finitezza, stabilità e chiusura.

E l'inserimento migliore della città nel suo esterno dipende così dal suo mantenersi nel posto che le è proprio nell'ordine totale; l'azione tecnica della polis nel suo esterno ha allora limiti predeterminati, che sono anche norme di giustizia per la città.

Una delle ragioni della forza di questa nozione di *kosmos* nella cultura della

polis arcaica e classica è che essa, a certe condizioni, rende possibile la coesistenza e l'amalgama di elementi della sapienza religiosa tradizionale con la ricerca tecnico-naturalistica. Se nell'assetto complessivo dell' esterno si assegna agli -dèi una collocazione che li fa coincidere con le forze più grandi gli dèi possono assumere il ruolo di regolatori del ritmo complessivo dell'esterno; a essi quindi ci si dovrà ancora rivolgere, quando ci si interroga sull'inserimento della città nel suo esterno; d'altra parte, l'efficacia del sapere tecnico-naturalistico può essere riconosciuta, assegnando a esso un campo d'azione ristretto e prossimo. In effetti, tra il VI e il V secolo gli dèi abbandonarono le vicinanze della città, e la loro sede più propria tende sempre più a essere il cielo, dalla cui lontananza inattuabile, e sede di forze smisuratamente più grandi, continuano a esercitare il dominio sugli uomini, determinando per essi gli eventi principali. Spesso kosmos viene usato nel senso di ouranos, « cielo, », e inversamente ouranos nel senso di kosmos; in effetti, è il cielo quella zona dell'esterno, per cui l'esterno nel suo complesso è un mondo. Questa ripartizione dell'esterno in zone radicalmente diverse si istituisce lentamente, senza che nessuno se ne faccia esplicito sostenitore, e trova la sua evidenza nel fatto che le due zone appaiono l'una inattuabile, l'altra attuabile, con i procedimenti della tecnica naturalistica. Essa è peraltro una indubbia novità: nella tradizione religiosa precedente gli dèi erano in cielo, ma anche in terra; la dualità celeste-terrestre era ben presente nel mito e nella sapienza sacra, dove però, assieme a un numero indefinito di altre dualità, organizzava un divino che restava on-

nipervasivo. Una volta consolidatasi, questa nuova ripartizione si articola con la dualità mortale-immortale, che le dà ulteriore pregnanza. A partire dal IV secolo essa sarà nella cultura greca quasi un'ovvietà, spetterà semmai agli oppositori argomentarne la negazione.

Questa nozione di kosmos, e l'etica della misura a essa associata, sono le più diffuse nella cultura della polis arcaica e classica. Destinata a sviluppi più significativi è però una nozione di kosmos sensibilmente diversa, e inizialmente marginale, alla cui origine sono un gruppo di preoccupazioni e domande peculiari, che concernono la salvezza e il destino individuali. L'efficacia di un'azione, e del procedimento tecnico in essa operante, sul campo del naturale non dicono in effetti nulla circa la validità dell'azione rispetto al problema della salvezza di chi agisce; il sapere tecnico-naturalistico resta silenzioso circa il valore delle scelte che sono all'origine dell'azione che esso promuove. La domanda circa la salvezza produce una subordinazione di principio alla propria problematica della problematica dell'azione e della sua efficacia, e provoca così l'emergenza di una nozione di kosmos sua propria: il mondo, prima di essere il campo che ci si trova davanti nell'azione e ne determina i limiti, è il disegno totale di ciò che ci ha portato di fronte a decisioni e scelte in cui è in gioco la salvezza. E in esso si trova la risposta alla domanda: la salvezza è una reintegrazione nell'ordine.

Del mondo, che dipende dalla giustizia dell'azione. La validità delle scelte richiede allora preliminarmente il riconoscimento dell'ordine del mondo così inteso.

Accanto a questa zona ce n'è però un'altra, in cui ogni opacità ingannevole cessa e, per così dire, il divino invisibile diviene direttamente visibile. C'è una continuità molto evidente tra questa ripartizione dell'esterno in zone distinte e quella della religiosità più tipica della polis; ciò è dovuto certamente anche al fatto che questa linea cosmologica emerge in parte dalla tradizione religiosa. Ma la ripartizione tradizionale viene qui reinterpretata; qui il cielo è assunto a zona propria del divino perché è il limite esterno, nel quale l'ordine del mondo può essere colto nella sua totalità. Il cielo qui, prima di essere ciò che manda la pioggia e le tempeste, è ciò che è all'origine del destino dell'anima; con esso l'anima ha un'affinità essenziale. Alla differenza, anche se smisuratamente grande, soltanto di grado di potenza tra ciò che si trova nelle due zone, si sostituisce tendenzialmente una scissione di ordine essenziale.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

- Tiberio e Capri

- F. Alvino, B. Quaranta, *Le antiche ruine di Capri disegnate e restaurate dall'architetto F. Alvino ed illustrato dal cavalier B. Quaranta, decano della facoltà di Belle lettere e Filosofia*, Napoli 1835
- A. Canale, *Storia dell'Isola di Capri*, Napoli 1887
- J. Gage, *Tibère à Capri. Histoire, légendes et thèmes astrologiques*, REI, n.s. VIII 1961
- I. Girardi, *Descrizione dell'isola di Capri, (1775)*, a cura di P. Tigler e G. Schettino, Napoli, 1998
- G.W. Houston, *Tiberius on Capri*, GR 32, 1985
- A. Maiuri, *Tacito e le ville di Tiberio a Capri*, "Atene e Roma" 1, N.S., 1956
- A. Spinosa, *Tiberio L'Imperatore che non amava Roma*,
- C. Bargallo *Tiberio*, Roma 1922
- Beulè, *Tibère et l'héritage d'Auguste*, Paris 1867
- E. Ciaceri, *Tacito*, Torino 1914
- G. Della Cerda, *Lettres sur l'île de Capri et la vie de Tibère par un touriste*, Naples 1876 (il vol. uscì anonimo)
- G. Marcotti, *Tiberio a Capri*, Torino 1909
- E. Federico-E.Miranda, *Capri antica dalla preistoria alla fine dell'età romana*
- L. Romizzi, *Ville d'otium dell'Italia antica (II sec. A.C.-I sec. D.C.)* Perugia 2001
- E. Federico ed E. Miranda, *Capri antica Dalla preistoria alla fine dell'età romana*, Capri 1998

A. Moneti, *Le ville di Tiberio a Capri e la villa sotto la Farnesina. Una necessaria riconsiderazione*, in "Rivista di Archeologia" XV, 1991
S. De Caro, A. Greco, *Campania*, Laterza, Roma-Bari 1983
G. W. Adam, *The Roman Emperor Gaius 'Caligola' and His Hellenistic Aspirations*, Universal Publishers, 2007
A. Maiuri, *Lettere di Tiberio da Capri*, Rusconi, Milano 1993
A. Maiuri, *Capri: storia e monumenti*, Istituto Poligrafico dello Stato, Libreria dello Stato, Roma 1956
G. Cantone, I. Prozzillo, *Case di Capri. Ville, palazzi, grandi dimore*, Electra Napoli La conchiglia, Capri 1994
F. Mangone, *Capri e gli architetti*, Massa, Napoli 2004
R. Pane, *Capri*, A. Gallina, Napoli 1982
R. Riboldazzi, *Piero Bottoni a Capri. Architettura e paesaggio, 1958-1969*, Ronca, Cremona 2003
Tratto da: TCI, *Guida d'Italia. Napoli e dintorni*, Milano 2001

- [Villa Jovis](#)

C. Krause, *Villa Jovis*, Electa, Napoli, 2005
J.Y. Empereur, *Le Phare d'Alexandrie*, Parigi 1998
C. Krause, *L'edificio residenziale di Villa Jovis*, in *Capri Antica*, Napoli 1998
A. Maiuri, *Ricordi imperiali di Capri*, in *L'Illustr. Ital.*, n. 47, Milano, novembre

1931 A. Maiuri, *Il palazzo di Tiberio detto "Villa Jovis" a Capri*, in Atti del Congresso nazionale degli Studi Romani, Roma 1934

G. Feola, *Rapporto sullo stato dei Ruderii Augusto-Tiberiani*, MS 1830, pubblicato e annotata dal dr. I. Cerio, Napoli 1894

- [Astronomia antica](#)

J. P. Verdet, *Storia dell'Astronomia*, Longanesi, 1995

F. F. Repellini, *Cosmologie Greche*, Loescher, 1995

C. Walker, *L'Astronomia prima del telescopio*, Dedalo, 1997

M. Hoskin, *Storia dell'Astronomia*, BUR Rizzoli, Bergamo, 2008