

Astronomia culturale in Italia

Lavori presentati a Convegni Nazionali
della Società Italiana di Archeoastronomia

A cura di
Elio Antonello

Società Italiana di Archeoastronomia
2011

Indice

Presentazione iii

V Convegno Nazionale della SIA (Milano, 23-24 settembre 2005)

Una proposta per la discussione del concetto di tempo 3
Elio Antonello

On the relationship between archaeoastronomy and “exact” sciences 15
Giulio Magli

La cronometria egizia: il tempo del cocodrillo 23
Nedim R. Vlora

Un quadrato per cielo. Riflessioni sulla natura celeste del quadrato e sulle sue applicazioni nell’India antica 33
Annamaria Dallaporta, Lucio Marcato

L’astronomia nell’Irlanda antica e medioevale 43
Adriano Gaspani

Orientamenti astronomici di alcune cattedrali della Terra di Bari..... 59
Nedim R. Vlora, Raffaele Falagario

Palaeoclimate and archaeoclimate. The natural causes 63
Giovanni P. Gregori

On the reversal of the rotational momentum of Earth: a derivation and analysis of the Herodotus equation..... 89
Emilio Spedicato

VI Convegno Nazionale della SIA (Campobasso, 22-23 settembre 2006)

Ricerche preliminari di archeoastronomia sui templi dell’area sannitico-molisana .. 99
Mario Pagano, Franco Ruggieri

Contenuti geometrici, numerici, metrici e astronomici del tempio nuragico a pozzo “Su Tempiesu” di Orune 105
Marcello Ranieri

Orientamenti astronomici delle cattedrali della Provincia di Bari.....	117
<i>Nedim R. Vlora, Raffaele Falagario</i>	
Allineamenti e direttrici sulla superficie terrestre in età medievale	129
<i>Nedim R. Vlora</i>	
La ‘Preta ru Mulacchio’ sul ‘Monte della Stella’	141
<i>Domenico Ienna</i>	
Riferimenti a corpi celesti di frammenti scultorei dal sito di Kampil (Uttar Pradesh, India)	151
<i>Annamaria Dallaporta, Lucio Marcato</i>	
Il ciclo dell'anno a Inis Mòr – Arainn. Credenze e tradizioni del calendario presso la comunità delle isole Arann (Irlanda)	163
<i>Adriano Gaspani</i>	
L'osservatorio in pietra di Bric Pianarella (Savona)	177
<i>Mario Codebò, Henry De Santis, Gianluca Pesce</i>	
Ricerche di paleoastronomia nel sito archeologico di Lagorara in Val di Vara, La Spezia (3600 a.c. – 2000 a.c.)	187
<i>Enrico Calzolari</i>	
Supplementi ai Convegni	
La determinazione dell'asse del mondo con il lituo presso gli Etruschi	199
<i>Carlo Frison</i>	
Calakmul (Mexico): geometria, struttura e orientamenti astronomici del sito con nuovi dati	211
<i>Silvia Motta, Adriano Gaspani</i>	
La concezione dell'interno della Terra. “Miti” antichi e di oggi	223
<i>Giovanni P. Gregori</i>	

Allineamenti e direttrici sulla superficie terrestre in età medievale

Nedim R. Vlora

Dipartimento di Bioetica

Sezione di Cosmologia, Geografia, Archeoastronomia

Università di Bari

Abstract. Many do not believe that in the Middle Ages it was possible to identify a direction on the surface of the earth. This article discusses this possibility and presents one of the many practical solutions already in use at the end of the 10th century.

Qualche anno fa è stata avanzata l'idea, peraltro suffragata da idonei riscontri cartografici, che un enigmatico castello fatto costruire da Federico II di Svevia in Terra di Bari, Castel del Monte, si trovasse sul medesimo segmento che unisce la cattedrale di Chartres – uno dei massimi esempi del gotico nascente – e Kadesh, una località della penisola del Sinai. La possibilità che nel Medioevo fosse possibile individuare un simile allineamento non è stato considerato possibile da parte di alcuni cultori di storia medievale, tanto che si legge:

Riguardo all'allineamento in questione notiamo, ed è strano che il dato sia sin qui sfuggito a tutti, che il segmento che congiunge Chartres, Castel del Monte e Gerusalemme passa anche attraverso il Peloponneso, toccando Micene ed Epidauro. Tutto ciò è sconvolgente. Riflettiamo. Probabilmente anche questa volta Federico II ci ha lasciato un messaggio da scoprire e da interpretare. [...] In realtà, queste appena espresse sono congetture assolutamente prive di valore storico e scientifico, come lo è del resto la “tesi dell'allineamento”, frutto di una fantasia troppo fervida e, quindi, poco attenta ai “danni” che simili teorie possono provocare (Buquicchio in Ambruoso, Buquicchio, Depascale, Pontrelli, 2002).

Sullo stesso tema, ma con accenti più consoni alle questioni culturali, scrive pure Simona Pontrelli (Ambruoso, Buquicchio, Depascale, Pontrelli, 2002):

Noi riteniamo che non sia possibile affermare con certezza che gli ignoti autori (o l'autore) del progetto castellare fossero in grado di rilevare quelle analogie, che cioè disponessero di cognizioni astronomiche e geocartografiche sufficienti e di strumenti adeguati.

I dubbi di quest'ultima autrice sarebbero stati fugati da un'attenta lettura dei numerosi testi che trattano delle cognizioni scientifiche possedute dal mondo musulmano in età medievale e che numerosi oggi compaiono sui palchetti delle librerie. In ogni caso, il problema connesso alla individuazione di eventuali allineamenti lungo i quali si dispongono monumenti, cattedrali ovvero città, evidentemente sfugge ad alcuni operatori di storia, che arrivano addirittura a deridere (ma il caso in questione esula dall'educazione scientifica) proposte avanzate in tal senso. Della medesima natura è la questione relativa alle direttrici, cioè al riconoscimento sulla Terra di direzioni che consentano di rivolgere lo

sguardo verso luoghi molto lontani da quello d'osservazione. Un approfondimento del tema proposto, comunque, ha recentemente evidenziato (Vlora, 2006) come la direttrice già individuata superava la penisola del Sinai e si dirigeva a Makkah (La Mecca), la città santa dell'Islam, indicando una località più consona alla personalità e agli interessi dell'imperatore Federico II, come gli stessi storici confermano.



Fig. 1. Castel del Monte (sec. XIII) nel territorio comunale di Andria (Provincia di Barletta-Andria-Trani).



Fig. 2. La cattedrale di Chartres (sec. XIII), a sud-ovest di Parigi.

Prima di discutere delle soluzioni in tal senso adottate in età medievale, si ritiene necessario sintetizzare lo stato delle cognizioni all'epoca possedute in merito alle scienze della natura, attraverso una tanto sintetica quanto incompleta rassegna di autori. Al-Khwārizmī (morto a metà del secolo IX), matematico e astronomo, inventò i logaritmi e l'algebra, termine derivato dal suo trattato *Kitāb al-ğabr* (al-Khwārizmī, 1968); al-Wafāh (morto nel 997), studiò la trigonometria e la geometria della sfera; 'Òmar Khayyām (morto nel 1123) noto in Occidente come poeta, ma in effetti anche abile matematico, risolse le equazioni di terzo e di quarto grado; al-Battānī (ante 858-929), tra i fondatori della trigonometria sferica, calcolò la durata dell'anno solare con un'approssimazione inferiore al mezzo minuto, valutò l'obliquità dell'eclittica in $23^{\circ},583$ (Gaspani, 2004) e, oppositore della teoria tolemaica, dimostrò la variazione del diametro angolare apparente del sole (Fernini, 1998); al-Bīrūnī (973-1048), considerato il più grande scienziato medievale, coltivò la matematica, l'astronomia teorica e pratica (studiò in particolare il moto di rotazione della Terra), la fisica (si dedicò ai pesi specifici dei metalli e delle pietre preziose), la geografia, la geologia (intuì la teoria della tettonica a placche) e la medicina, in tutte mostrando originalità di metodo e di ricerca, basata sulla sperimentazione; ancora oggi la poliedrica figura di questo

eminente scienziato non è stata esplorata a fondo (al-Bīrūnī, 1983). Ibn al-Haytham (965-1039), fisico, matematico e astronomo, fu un pioniere dell'ottica scoprendo, tra l'altro, le leggi di riflessione e di rifrazione: il suo trattato di ottica fu pubblicato nel 1572 col titolo *Opticae thesaurus*, cui attinsero Ruggero Bacone, Leonardo da Vinci, Keplero e, forse, lo stesso Newton. Ġābir ibn Hayyān (morto nell'anno 813), cui falsamente sono stati attribuiti numerosi scritti esoterici, fu l'autore, tra l'altro, del *Summa perfectionis magisterii*, principale fonte dell'alchimia europea: egli in effetti si colloca tra gli studiosi di alchimia e quelli di chimica, avendo eseguito le sue ricerche con metodo scientifico e scoprendo, tra l'altro, l'acido solforico, la soda caustica, l'acido nitrico, l'acido cloridrico, l'acqua regia (Djebbar, 2002); al-Maghribī (morto nel 1007), dimostrò la legge di conservazione della massa, principio che diversi secoli dopo fu attribuito a Lavoisier. Studioso di piante medicinali fu al-Idrīsī (c. 1099-1164 c.), che alla corte di Ruggero II a Palermo attese alla costruzione di un grande planisfero d'argento e alla redazione dell'opera geografica *Nuzhat al-mushtāq*, detta anche *Kitāb Ruġār (Libro di Ruggero)*, ultimata nel 1154 (Zumthor, 1995). Il suo *Kitāb*, pur rifacendosi ai lavori di Tolomeo per alcune regioni africane ed asiatiche, riassume le conoscenze arabe del tempo e presenta notizie del tutto originali per alcune aree ancora inesplorate, come le regioni baltiche.

Da quanto riportato, è facile intuire come la scienza araba nel Medioevo fosse più avanzata di quella europea cristiana, anche perché il Corano, ricordando che «Colui che lascia la sua casa alla ricerca della scienza è nella via di Dio fino al suo ritorno» e che «A colui che s'incammina alla ricerca della scienza Dio spiana la via al Paradiso», invitava l'uomo a riconoscere nella creazione i segni di Dio, aprendo

la via all'osservazione e alla riflessione. Un famoso hadīth [detti e fatti attribuiti a Muhammad] – «Cercate la scienza dalla culla fino alla tomba, fosse pure sino in Cina» – esprime questo riconoscimento, nella coscienza musulmana, della ricerca intellettuale alla quale si votano parecchi dotti. La storia del pensiero nei paesi dell'Islam è in tal modo segnata dalla tensione, di volta in volta feconda o di freno, tra la trasmissione di un sapere ricevuto e il suo studio razionale e critico (Ducellier, Micheau, 2004).

In tale ambiente culturale, dunque, trovarono soluzione i problemi proposti anche perché essi erano divenuti pressanti a causa della norma enunciata dal profeta Muhammad, secondo la quale i credenti devono recitare le preghiere ponendosi con il volto in direzione della città di Makkah. A tale scopo nell'interno delle moschee si apre una particolare nicchia (detta *mihrāb*) di dimensioni e forme variabili, spesso a forma di porta (Figura 4), che, collocata sulla parete per questo più importante (*haram* = *luogo sacro, riservato*) segna la *qibla*, ossia la direzione verso la quale i fedeli devono volgersi. Dalla sinagoga e dalla chiesa cristiana, infine, la moschea ereditò anche un tipo di pulpito (*minbar*), posto a destra del *mihrāb*, cui il predicatore accede attraverso una scala di legno. Se individuare la direzione della città del tempio della *Ka'ba* poteva apparire abbastanza facile nelle regioni dell'Arabia, quando i fedeli dell'islam si mossero lungo tutto il bacino mediterraneo e nel sud dell'Europa, identificare l'orientamento voluto da località

distanti anche migliaia di chilometri dalla città santa costituì una preoccupazione di non facile soluzione, anche per i costruttori di moschee.

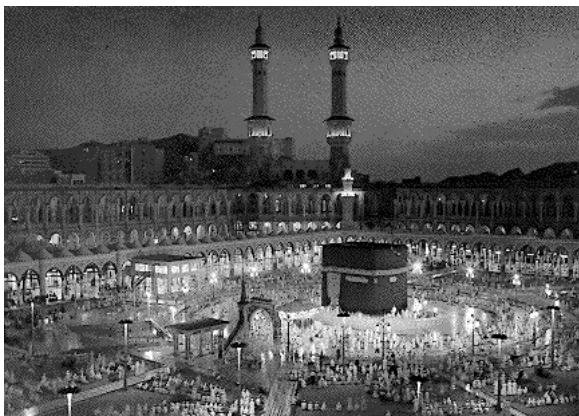


Fig. 3. La Sacra Moschea di Makkah con all'interno la *Ka'ba*, l'edificio a forma cubica, sacro alla religione islamica. La tradizione ricorda come il santuario sia stato eretto da Abramo (per i musulmani né ebreo né cristiano, ma *hanīf*, puro monoteista) e dal figlio Ismaele sulle fondamenta poste da Adamo (da www.al-islam.org).

Oggi il problema si risolve facilmente consultando idonee carte geografiche, ma le carte redatte all'epoca erano quasi sempre rappresentazioni allegoriche del mondo conosciuto, fortemente influenzate dal credo religioso e dai suoi simboli: Gerusalemme, ad esempio, veniva posta al centro dell'ecumene e quest'ultimo assumeva forma di croce, con le terre divise opportunamente da mari o da fiumi. Al più, le terre note venivano riferite con larga approssimazione soltanto al parallelo passante per l'isola di Rodi ed al meridiano passante per Syene (oggi Assuan) e Alessandria, in Egitto, per cui tali elaborazioni cartografiche non erano utili allo scopo previsto dal culto (Wolska, 1962). Più vicine alla realtà erano le carte di numerosi geografi arabi, tra i quali al-Balkhī Abū Zaid (morto nel 934), Ibn Hawqal e al-Mutahhar al-Maqdisī (entrambi del X secolo), Kāshgharī Mahmūd e al-Bīrūnī del secolo XI, al-Idrīsī (XII secolo) (Oman, 1961) e al-Qazwīnī (1203-1283).

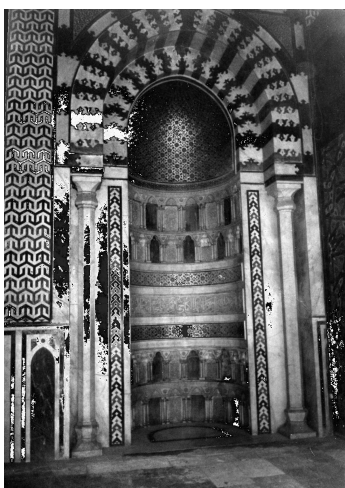


Fig. 4. La parete orientata verso Makkah con la *mihṛāb*, che indica la direzione verso cui il fedele deve rivolgersi per la preghiera: essa simula l'abside delle chiese cristiane da cui trae origine. Cairo, Cittadella (*El-Qala*), moschea di Muhammad Alī.

Tra tutte le opere cartografiche, è ritenuto prestigioso il mappamondo che al-Istakrī redasse nel 934, ma neppure questo poteva aiutare gli oranti (Borri, 2001). In effetti gli arabi non divennero mai famosi per la cartografia prima di Piri Re'is (Hapgood, 2004), pur avendo ideato alcune proiezioni cartografiche, perché essi sulla carta geografica volevano disegnare un'immagine che potesse essere facilmente colta e memorizzata, come fosse il paesaggio in un dipinto; i cartografi

arabi, in effetti, non si preoccuparono di fornire uno strumento utile, dal quale potessero essere tratti dati ad uso dei viaggiatori e dei fedeli.

Il problema connesso alla *qibla*, dunque, fu risolto in altra maniera, ma per questo era necessario conoscere le coordinate geografiche sia del luogo in cui si trovava l'orante, sia di Makkah, verso la quale lo stesso doveva dirigersi. Sebbene i contenuti dell'*Almagesto* e della *Geografia* di Tolomeo fossero sconosciuti all'Europa occidentale prima del XII secolo, i concetti di latitudine e di longitudine là espressi – peraltro mutuati dalla cultura greca – erano già noti agli scienziati arabi di Spagna, come dimostrano le *tavole di Toledo*, composte dal musulmano di Cordoba al-Zarkali (circa 1029-1087), che per primo stimò correttamente l'estensione in longitudine (42°) del mare Mediterraneo (Harley, Woodward, 1987). La traduzione delle opere di Tolomeo, comunque, contribuì alla diffusione non soltanto dei suoi metodi cartografici, ma pure dell'utilizzo delle coordinate geografiche, anche se egli espresse la latitudine in termini di lunghezza del dì più lungo (quello del 21 giugno, solstizio d'estate) e la longitudine in numero di ore est oppure ovest a partire dal meridiano di Alessandria d'Egitto nell'*Almagesto* e a partire dal meridiano delle Canarie (*Fortunatae insulae*; in arabo al-Ġazā'ir al-Khālidād = le *Isole eterne*) nel *Geografia*.

Ad una soluzione pratica del rilevamento delle coordinate geografiche delle diverse località si dedicarono matematici ed astronomi, ma soprattutto il già menzionato al-Bīrūnī (973-1048), considerato il fondatore della geodesia. Il mondo islamico da tempo aveva cognizione della sfericità della Terra e il calcolo delle sue dimensioni erano state sollecitate dal califfo al-Ma'mūn (786-833): a tanto aveva provveduto al-Khwārizmī (il già menzionato inventore dell'algebra). Questi nel IX secolo aveva stimato la lunghezza del meridiano (km 40.008) uguale a 21.000 miglia arabe, cioè km 40.253, mentre Eratostene intorno al 230 a.C. aveva attribuito al meridiano una lunghezza di km 46.250 (Vlora, 1999) e Aristotele ancor prima aveva valutata la circonferenza della Terra pari a 400.000 stadi, una misura approssimativamente doppia di quella reale (Grant, 1997). Si noti che l'errata estensione del *mare oceano* valutata da Cristoforo Colombo qualche secolo dopo discese dall'aver tenuto conto delle 21.000 miglia arabe, unica misura meridiana conosciuta all'epoca, ma di aver utilizzato per i calcoli il miglio attico (km 1,776), notoriamente più breve di quello arabo (km 1,917).

Note le dimensioni della sfera terrestre, al-Bīrūnī fu in grado di calcolare con l'ausilio delle stelle il valore della latitudine e quello di longitudine. Lo scienziato medievale sapeva bene che l'angolo di latitudine è uguale all'altezza angolare della stella polare sull'orizzonte dell'osservatore (Vlora, 1999), per cui la lettura diretta di tale coordinata fu possibile mediante l'uso di un quadrante graduato o di un astrolabio, oppure fu facilmente calcolabile valutando le altezze di stelle note, del sole o della luna. Il calcolo della longitudine, invece, come già discusso da Strabone (*Geografia*, 1.1.12) era considerato impossibile ad eseguirsi se non tenendo conto delle eclissi di luna ovvero, più raramente, delle eclissi di sole; lo stesso Tolomeo scriveva:

Si può vedere che il sole e la luna e le altre stelle sorgono e tramontano non nello stesso momento per tutti quelli che stanno sulla Terra, ma sempre prima per quelli che stanno verso oriente, dopo per quelli che stanno verso occidente. Rileviamo infatti che la percezione delle eclissi, soprattutto quelle lunari, che si realizzano nello stesso tempo, non è registrato da tutti nella stessa ora, cioè ad uguale distanza dal mezzogiorno; rileviamo anzi che sempre le ore in cui sono registrate dagli osservatori che stanno verso oriente sono più tarde di quelle di chi sta verso occidente (Tolomeo, *Almagesto*, Libro I, cap. IV).

La differenza tra il tempo di osservazione del medesimo fenomeno, pertanto, permetteva di valutare la distanza in longitudine tra i luoghi, tenendo conto che un'ora corrisponde a 15° (Wright, 1922). Per l'individuazione del tempo si usavano di giorno il quadrante solare, che consentiva la lettura dell'ora attraverso la posizione e la lunghezza dell'ombra proiettata da uno gnomone su di un quadrante, e di notte l'astrolabio, oppure l'orologio notturno, detto anche notturnale, che indicava l'ora valutando la posizione delle stelle α e β dell'Orsa Maggiore rispetto alla stella polare, sempre visibili sull'orizzonte almeno da località incluse tra i 35° circa di latitudine nord e il polo boreale: tali strumenti furono portati dagli arabi ad un alto grado di perfezione tecnica e di precisione matematica, tanto che l'approssimazione con cui si calcolavano le coordinate era molto spinta e l'errore mediamente non superava i 18 primi d'arco (Kennedy, 1970). All'epoca, infine, funzionavano anche clessidre meccaniche, rese automatiche con un sistema di pesi e di contrappesi.

Dopo al-Bīrūnī, Petrus Alphonsus (1062-1110) diede spiegazione della relazione tra il tempo e la longitudine nei suoi *Dialogi cum Judaeo* e furono attentamente seguite le eclissi di luna del 30 ottobre 1091, del 18 ottobre 1092, quelle degli anni 1107-1112, mentre a proposito dell'eclissi totale di sole (grandezza 1,049) del 13 settembre 1178, Roger di Hereford riporta che essa

was observed simultaneously in Hereford, Marseilles, and Toledo and calculated the longitude of these places in relation to the meridian of Arin, the mythical center of the Islamic world (Harley, Woodward, 1987).

Al periodo incluso tra il IX ed il XV secolo risalgono quarantaquattro manoscritti nei quali, in arabo o in persiano, sono riportate le coordinate di 8.000 siti – tra i quali 2.500 città, dell'Asia, dell'Africa e dell'Europa – che calcolano le longitudini a partire dal meridiano appena ad est delle Canarie oppure da quello tangente la spiaggia dell'*Oceano Occidentale* (l'Atlantico) (Haddad, Kennedy, 1983).

Note le coordinate geografiche, dunque, è possibile calcolare la *qibla*; il problema, che è di geometria sferica, può essere risolto in diverse maniere, per le quali si rimanda alla voce *Kibla* nella *Encyclopedia of Islam* (I ediz.: vol. 2, Leiden and London 1913-1934, 985-989). La maggior parte delle soluzioni proposte già in età medievale sono trigonometriche ed i risultati, numerici, sono ottenuti con calcoli che si avvalgono di tabelle di funzioni. Qui si riporta, invece, uno dei numerosi procedimenti geometrici, che per la sua semplicità può essere svolto da chiunque sia ignaro di trigonometria sferica, ma che sappia almeno usare riga, goniometro e compasso. Esso è legato al nome di al-Bīrūnī (973-1048),

anche se questi dice di averlo ritrovato in un trattato dedicato alla *qibla* scritto da Habash al-Hāsib al Marwazī, rinomato astronomo che lavorava per il califfo abbaside al-Ma'mūn (Kennedy, 'Id, 1983).

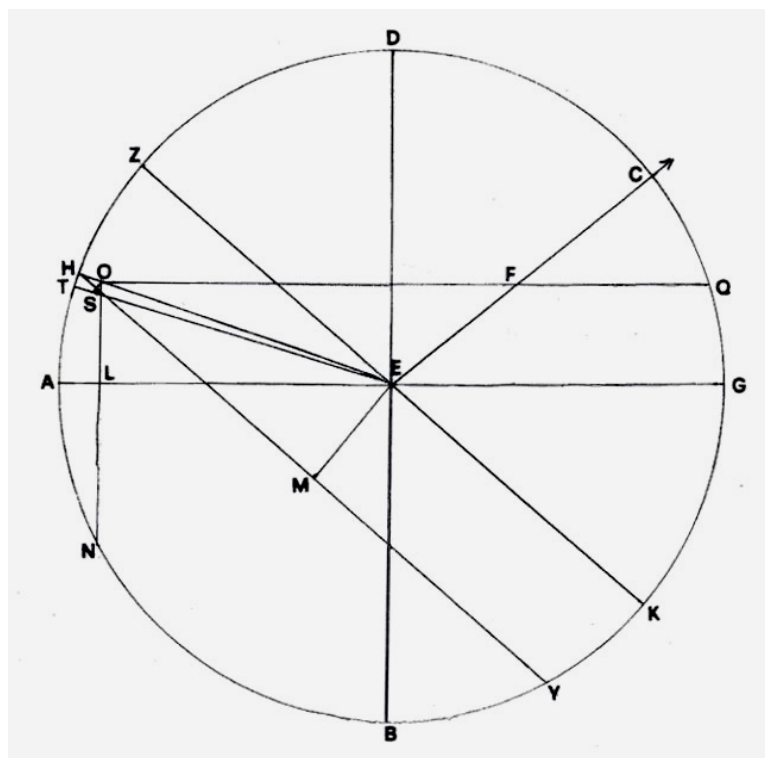


Fig. 5. Procedimento geometrico riportato da al-Bīrūnī per il calcolo della *qibla* applicato a Castel del Monte.

La costruzione geometrica di cui si discute, che in effetti consiste nel confronto tra lo zenit di due località, è stata sottoposta a verifica (Kennedy, 'Id, 1983), a seguito della quale si può affermare senza dubbi che è corretta. A scopo esemplificativo di seguito se ne descrive lo svolgimento immaginando che da Castel del Monte si voglia trovare la direzione di Makkah (Vlora, 2006). Questa la successione delle operazioni da compiere (Figura 5) così come indicate dall'autore medievale:

disegna l'arco AZ uguale alla latitudine del luogo [Castel del Monte], l'arco ZH uguale alla latitudine di Makkah e l'arco ZT uguale alla differenza di longitudine tra le due località. Unisci T ad E e traccia il diametro ZEK; parallelo a quest'ultimo traccia HMY, segna la sua metà con M e traccia ES uguale a HM, poi da S traccia SO perpendicolare a HMY. Da O traccia il segmento OFQ parallelo ad AG e OLN parallelo a DB; con il compasso misura la lunghezza LN: punta sul centro E e riporta la lunghezza di LN sul segmento OFQ. Da E traccia una linea che passa per F e finisce sulla circonferenza nel punto C. Questa è la linea che individua la qibla.

L'arco CD fornisce la distanza (angolare) della direzione Castel del Monte-Makkah dalla linea meridiana DB. Per il *castrum* tale distanza angolare risulta di 52°.

A margine del problema esposto è necessario chiarire alcuni elementi. Si noti che, qualsiasi la posizione relativa tra il luogo in studio e Makkah (a nord, a sud, ad est oppure ad ovest), la costruzione geometrica riportata fornisce soltanto

l'ampiezza angolare tra il meridiano del luogo e la *qibla*, senza collocare nello spazio quest'ultima. Il segmento EFC che individua l'angolo in questione, dunque, non segna pure la direzione desiderata; questa, infatti, deriva da ulteriori considerazioni: nel caso di Castel del Monte, rispetto al quale Makkah si trova a sud est, la direzione cercata cade nel II quadrante (quello che da est va a sud) e dista 52° dal meridiano, quindi ha un azimut di 128° (Figura 6).

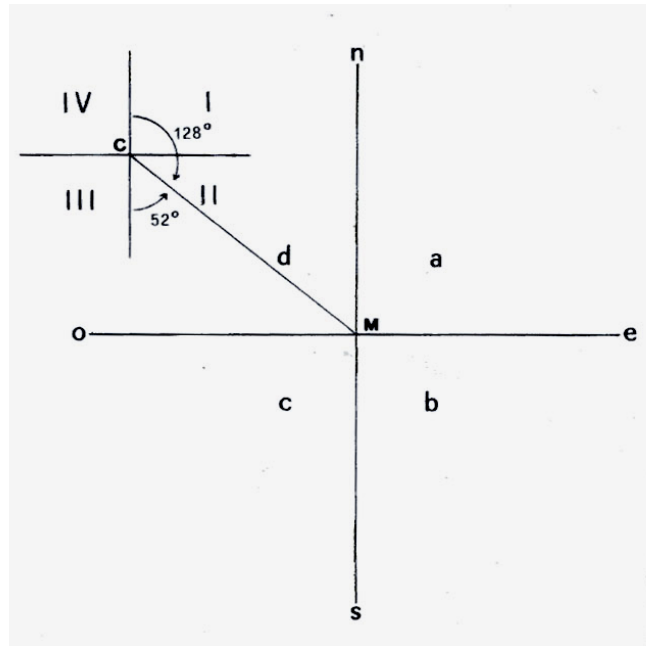


Fig. 6. Schema grafico illustrante la posizione di Castel del Monte (C) rispetto a Makkah (M). La *qibla* è di 52° , cioè azimut 128° : la direzione in cui si trova Makkah rispetto al *castrum* cade nel II quadrante (riferito a Castel del Monte). In generale, e in riferimento alla città araba, nel quadrante *a* si collocano le località che hanno latitudine e longitudine superiori a Makkah; nel quadrante *b* le località con latitudine inferiore e longitudine maggiore rispetto a Makkah; nel quadrante *c* le località che hanno latitudine e longitudine inferiori, mentre nel quadrante *d* si collocano le località che hanno latitudine maggiore e longitudine inferiore rispetto a Makkah, come Castel del Monte.

A completamento di quanto fin qui riportato, è stato seguito un altro metodo per il rilevamento della direzione in cui sorge la città santa islamica, quello suggerito da al-Tūsī (1201-1274) (Ragep, 1993). Il metodo si basa sulla considerazione che il sole è allo zenit di Makkah due giorni all'anno, il 28 maggio e il 16 luglio, per cui la direzione che esso ha in cielo quando culmina sul meridiano della città santa (mezzogiorno locale di Makkah) è la direzione cercata. Il problema è di semplice soluzione: un bastone esposto al sole uno dei due giorni proietta un'ombra indicante la direzione voluta, a condizione che l'osservazione sia fatta quando a Makkah è mezzogiorno (ora locale). Ciò si verifica il 28 maggio a $9^{\text{h}} 18^{\text{m}}$ TU e il 16 luglio a $9^{\text{h}} 27^{\text{m}}$ TU: a Castel del Monte, quindi, il fenomeno è osservabile il 28 maggio a $11^{\text{h}} 10^{\text{m}} 56^{\text{s}}$ (ora locale corretta dell'ora estiva) e il 16 luglio a $11^{\text{h}} 27^{\text{m}} 53^{\text{s}}$.

Allineamenti in età medievale

Nella Figura 7 la *qibla* è indicata dalla proiezione sui gradini dell'intelaiatura della finestra: l'ombra ha azimut 128° e conferma in pieno quanto già trovato seguendo lo svolgimento suggerito da al-Bīrūni.



Fig. 7. Castel del Monte, stanza del primo piano rivolta a sud est. L'ombra proiettata dall'intelaiatura della finestra sui gradini indica la direzione di Makkah. La foto è stata scattata il 16 luglio 2005 alle ore 11, 27 minuti e 53 secondi (ora dell'orologio).

Mentre il procedimento che usufruisce della posizione del sole può essere utilizzato soltanto se il riferimento di cui si vuol conoscere la direzione è ubicato tra i due tropici, quello geometrico può essere applicato a qualsiasi località. In conclusione, il metodo di al-Bīrūni consente non soltanto di individuare una direttrice, ma anche di tracciare un qualsiasi allineamento, quale somma di più direttrici.

Più avanti si diceva che oggi il problema può essere risolto consultando una carta geografica in quanto esso può essere assimilato a quello della individuazione delle rotte marittime: fra tutte, la navigazione marittima preferisce utilizzare carte isogoniche costruite secondo i procedimenti (proiezione cilindrica isogona a latitudini crescenti) di Mercatore (Gerhard Kremer, 1512-1594), poiché le direzioni cercate possono essere individuate da segmenti retti, piuttosto che da linee variamente curve, come imporrebbero le carte tracciate sulla base di altre proiezioni cartografiche. In tal caso il metodo mira ad individuare un possibile allineamento leggendo gli angoli formati dall'incrocio della direzione in questione e i meridiani. Il sistema è quello che i naviganti impiegano per tracciare rotte basate sulla lossodromia:

Si dice che [un'imbarcazione] segue la lossodromia – dal greco *loxos*, obliquo, e *dromos*, corsa – se procede lungo una rotta che taglia i meridiani con un angolo costante (*Corso di navigazione*, 2003).

Il metodo è molto semplice, poiché utilizza unicamente segmenti che definiscono angoli facilmente misurabili, a differenza dell'uso di linee curve, che impone la soluzione di algoritmi complessi. Direttrici e allineamenti rilevati sulla carta di Mercatore sono da considerarsi affidabili a fini archeoastronomici a due condizioni: 1) se si utilizzano carte con scala idonea (da 1:10.000 a 1:300.000); 2) se non si superano i $60-70^\circ$ di latitudine. Per analisi su aree nazionali non molto ampie, comunque, le ricerche possono avvalersi dei Fogli della Carta Topografica

Italiana, ciascuno dei quali descrive superfici estese 20' in latitudine e 30' in longitudine (circa km 37x42 a 41° di latitudine).

Se le distanze tra i siti in studio sono di una certa entità – ad esempio l'ampiezza dell'Oceano Atlantico – la navigazione marittima preferisce utilizzare la rotta ortodromica:

[...] – dal greco *orthodromein* (correre lungo una retta) – [che individua] l'arco di cerchio sulla sfera terrestre che corrisponde alla distanza più corta tra due punti (*Corso di navigazione*, 2003).

Si tenga conto, in ogni caso, che per il calcolo pratico (si consulti il sito della Lega Navale Italiana: www.leganavale.it) la curva ortodromica si risolve in una spezzata (*spezzata lossodromica*), cioè in una successione di piccoli segmenti, ciascuno dei quali con un proprio azimut geografico (la cui media è praticamente uguale all'angolo rilevato tra i meridiani e la rotta lossodromica): l'insieme restituisce la curva cercata. Nel Medioevo, comunque, il rispetto di una *qibla* di 52° consentì la realizzazione dell'allineamento Chartres-Castel del Monte-Makkah, sia pure con un limitato errore: la trigonometria sferica, infatti, rivela che Castel del Monte sarebbe dovuto sorgere una ventina di chilometri più a sud e altrettanti più ad ovest. Tali scarti consentono di affermare che la scelta del luogo – a prescindere dalle caratteristiche geomorfologiche dell'area d'interesse – fu senz'altro accurata: si noti che l'errore angolare commesso con il sistema di calcolo della *qibla* qui utilizzato non supera il mezzo grado!

È possibile concludere, dunque, affermando con assoluta certezza – contro l'opinione di alcuni cultori di storia medievale (poco attenti ai “danni” provocati dalle proprie limitate conoscenze) – che l'individuazione di allineamenti e direttrici era ampiamente alla portata dei dotti medievali e che il loro riconoscimento oggi può essere fatto, almeno su superfici poco estese, attraverso l'utilizzo di carte isogoniche: tra queste, per la facilità d'uso, sono da preferire quelle che seguono il tracciato di Mercatore.

Bibliografia

M. Ambruso, I. A. Buquicchio, M. Depascale, S. Pontrelli (2002), Castel del Monte tra astronomia ed esoterismo, in R. Licinio (a cura di), *Castel del Monte. Un castello medievale*, Adda, Bari, 109-151.

Bīrūnī (al) Abū Rayhān Muhammad Ibn Ahmad (1983), Biografia, in E.S. Kennedy (a cura di), *Studies in the Islamic Exact Sciences*, American University of Beirut, Beirut, 562-572.

R. Borri (2001), *L'Europa nell'antica cartografia*, Priuli & Verlucca, Ivrea.

Corso di navigazione (2003), i Glénans, Mursia, Milano.

A. Djebbar (2002), *Storia della scienza araba. Il patrimonio intellettuale dell'Islam*, R. Cortina, Milano.

A. Ducellier, F. Micheau (2004), *L'Islam nel Medioevo*, il Mulino, Bologna.

Allineamenti in età medievale

- I. Fernini (1998), *A Bibliography of Scholars in Medieval Islam*, Cultural Foundation, Abu Dhabi (UAE).
- A. Gaspani (2004), *L'obliquità dell'eclittica nell'antichità*, Brera, Milano.
- E. Grant (1997), *La scienza nel Medioevo*, il Mulino, Bologna.
- F. I. Haddad, E. S. Kennedy (1983), Geographical Tables of Medieval Islam, in E. S. Kennedy (a cura di), *Studies in the Islamic Exact Sciences*, American University of Beirut, Beirut, 636-651.
- C. H. Hapgood (2004), *Le mappe delle civiltà perdute*, Mondo Ignoto, Roma.
- J. B. Harley, D. Woodward (1987), *The History of Cartography, volume one: Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*, The University of Chicago Press, Chicago.
- E. S. Kennedy (1970), Al-Bīrūnī (or Bērūnī), Abū Rayhān (or Abu'l Rayān) Muhammad ibn Ahmad, in *Dictionary of Scientific Biography*, vol. II, New York.
- E. S. Kennedy, Y. 'Id (1983), A Letter of al-Bīrūnī Habash al-Hāsib's Analemma for the Qibla, in E. S. Kennedy (a cura di), *Studies in the Islamic Exact Sciences*, American University of Beirut, Beirut, 621-629.
- al-Khwārizmī (1968), *Kitāb al-ğabr (Libro dell'algebra)*, ed. critica di A. M. Musharrafa e M. M. Ahmad, Cairo.
- G. Oman (1961), Notizie bibliografiche sul geografo arabo al-Idrīsī, in *Annali dell'Istituto Universitario Orientale di Napoli*, XI, 25-61.
- F. J. Ragep (1993), *Nasīr al-Dīn al-Tūsī's. Memoir on Astronomy*, 2 voll., Springer-Verlag, New York.
- N. R. Vlora (1999), *Geografia generale*, Adriatica, Bari.
- N. R. Vlora (2006), *Castel del Monte i luoghi i fatti le idee*, Adda, Bari.
- W. Wolska (1962), *La topographie chrétienne de Cosmas Indicopleustès. Théologie et Science ai VI^e siècle*, Presses Universitaires de France, Paris.
- J. K. Wright (1922), Notes on the Knowledge of Latitudes and Longitudes in the Middle Ages, in *Isis*, 5, 75-98.
- P. Zumthor (1995), *La misura del mondo. La rappresentazione dello spazio nel Medio Evo*, il Mulino, Bologna.