

*Stefano Giovanni Loffi*

*Piccola*  
***Storia dell'Idraulica***

*libera traduzione, ridotta ma integrata, di*

*“History of Hydraulics”* di Hunter Rose e Simon Ince  
dell'Istituto di Ricerca Idraulica dell'Università Statale dell' IOWA – U.S.A.,  
édita, nel 1954, come supplemento, su *“LA HOUILLE BLANCHE”* .

**Cap. 5 – Continuità e sviluppo nella cultura islàmica**

**Cremona – 23 aprile 2006**

## Cap. 5 – Continuità e sviluppo nella cultura islàmica

*“Meravigliosa cosa veramente è a pensare la gran mutazione e alterazione che fece in tutto l'imperio romano la venuta dei Goti e altri barbari in Italia, conciosiacosache tali popolazioni estinguessero tutte l'arti, tutte le scienze e tutti i traffici e mercanzie che in diverse parti del mondo si facevano: e durarono per quattrocento anni e più, quasi come le tenebre d'una oscura notte . . .”*

*“ . . . Questo sogno fu una delle ragioni più forti per tradurre i libri. Al-Ma'mūn scrisse allora al re dei Bizantini chiedendogli il permesso di farsi spedire quanto egli avrebbe scelto delle scienze antiche depositate e conservate nel paese dei Romani . . . Al-Ma'mūn inviò [emissari] . . . Essi presero quanto avevano scelto . . . ed egli ordinò di tradurre le opere ed esse sono state tradotte.”*

Due scritti affiancati, apparentemente incoerenti tra loro, per tempi e spazio, ma che invece possono portare a considerazioni significative e, per certi aspetti, conseguenti; due tra gli innumerevoli documenti che dimostrano quanto sia ingiusto l'atteggiamento nei confronti dei mondi nati dal disfacimento dell'impero romano, entrambi affacciati sul mare Mediterraneo, un tempo *'nostrum'* e poi semplice frontiera, separazione da secoli ritenuta netta ma culturalmente assai poco consistente.

Il primo testo è di Giovan Battista Ramusio (1485 – 1557), umanista veneto che descrive il pensiero comune che, già in pieno Rinascimento, descriveva il Medio Evo come un periodo di sola barbarie.

Il secondo è il racconto, dello storico arabo al-Nadīm, del sogno profético del califfo al-Ma'mūn, dall' 813 all' 833 a capo dello sterminato impero arabo alla sua massima espansione ma già in procinto di sfaldarsi in molti pezzi. Nel sogno, al-Ma'mūn afferma d'aver parlato con Aristotele che gli ha aperto gli occhi sull'importanza della cultura greca, ordinandogli di tradurre i testi, in greco, conservati a Bisanzio.

La cultura europea, come si dice – impropriamente – *'del mondo occidentale'*, riprese vigore nel Rinascimento, considerando il Medio Evo come una successione di secoli bui, privi di qualsiasi progresso della conoscenza e delle scienze.

Il Rinascimento fu inteso nel significato letterale del termine, una nuova nascita sociale e culturale dal *'quasi nulla'*, poco o per niente considerando i meriti della cultura araba, sorta, questa sì dal *'quasi-nulla'* del deserto, ad opera di popoli uniti non solo dall'Islam ma anche dalla volontà di apprendere ed assorbire tutte le conoscenze del sapere di ogni civiltà, al punto da indurre i propri capi supremi a dare, in questo, il senso di una volontà profética.

Se è vero, come abbiamo già avuto occasione di dire, che le culture antiche, precedenti alla greco-romana e questa stessa, sono tutt'oggi presenti in tanti segni caratteristici di molti popoli, grande deve essere il riconoscimento da riservare alla civiltà araba che, nella sua sete di conoscere e di apprendere, preservò dalla distruzione il lavoro della Grecia antica, assimilò altre culture, tra le quali il sapere dell'India, e seppe anche aggiungere propri contributi e sviluppi originali a tutte le scienze, anche all'Idraulica. L'Islam diede cioè vita ad una cultura, nata al seguito della diffusione

del nuovo credo religioso, profonda ed innovativa, che si è poi diffusa, durante il Medio Evo, nella nascente nuova Europa.

È questo un processo poco noto, a volte addirittura misconosciuto; già questo darebbe un motivo valido per parlarne, in questa Storia; ma la cultura araba è troppo importante perché non sia qui citata, sebbene in estrema sintesi: sarebbe una imperdonabile omissione.

Dell'Islam fu culla, nel VI secolo dopo Cristo, la terra d'Arabia, dove convivevano religioni monoteiste, Ebraismo e Cristianesimo, e credenze politeistiche, a volte neppure definibili come religioni, proprie delle popolazioni arabe, suddivise in numerose e piccole comunità, o tribù, nell'immenso deserto, dedite al commercio, alla pastorizia, al controllo delle carovane sulle vie verso l'Oriente e alle solite contese armate per un predominio sempre geograficamente limitato.

L'Ebraismo era presente da tempi remoti; alcuni ne fanno risalire la presenza al tempo ed a motivo dei contatti tra la regina di Saba ed il re d'Israele Salomone, nel X secolo a.C.. Altri ritengono che l'arrivo degli Ebrei in Arabia sia dovuto ai profughi fuggiti dopo il disastroso esito delle due rivolte contro i Romani nel 70 e nel 135 d.C.. Comunque sia, l'Ebraismo si diffuse tra le popolazioni locali sino a formare comunità arabe convertite: Ebrei di lingua araba. Numerose erano le oasi e le città, solitamente fortificate, occupate da queste comunità.

Per il Cristianesimo la penisola araba era semplicemente una regione posta lungo una delle tante direzioni verso le quali diffondere, proseguendo l'opera degli Apostoli, il messaggio di Gesù Cristo. Fu una lenta espansione, caratterizzata, diversamente dall'Ebraismo, da 'mutazioni' teologiche portatrici di dottrine discoste dall'ortodossia originaria, della quale si ergeva a strenuo difensore l'impero cristiano di Bisanzio. Le comunità cristiane, piccole o grandi, vivevano integrate nelle città arabe dove, per abitudine, la tolleranza religiosa era atteggiamento naturale almeno sino a quando la religione non diventava pretesto per sostenere altri interessi, devianza foriera di guai allora come oggi, ovunque.

Il politeismo degli Arabi si manifestava nell'adorazione di pietre, alberi, oggetti, dove ritenevano risiedessero gli spiriti delle divinità.

La società araba era un aggregato di tribù, ciascuna delle quali era un'organizzazione assai compatta e solida, unita nei principi di lealtà, generosità e coraggio, doti essenziali per gruppi costretti a sopravvivere nell'ospitale deserto. Ogni componente maschio della tribù doveva difendere i diritti comuni sino alla morte, essere ospitale nei confronti di chiunque, proteggere le donne e partecipare, senza riserve, ad ogni battaglia o . . . rapina. Anche nell'ambito di coalizioni o regni, più o meno grandi, che sorgevano, a volte per poco tempo, tra più tribù, restava sempre questa impostazione che caratterizzava, nel bene e nel male, ogni gruppo.

L'Arabia, sub-continente vasto quanto l'India, nel VI secolo era patria di molte realtà sociali.

A Sud l'*Arabia felix*, dove era fiorente il regno di 'Saba, e Du-Raydān e Yemen', caratterizzato da non univoche tensioni religiose monoteistiche nelle quali l'ebraismo dominava sul cristianesimo monofisita di origine abissina.

A Nord, il territorio patria dei ridimensionati Nabatei e dei piccoli regni di Hira e di Gassān, risentiva grandemente del costante conflitto tra l'impero di Bisanzio ed il regno di Persia, e la maggior parte delle popolazioni arabe erano indicate con il termine generico 'Talmūd', dediti soprattutto alle attività carovaniere.

Nell'Arabia centrale dominavano, ciascuna per la propria parte di . . . deserto, numerose tribù, spesso in competizione, non tutte nomadi.

Tutti i gruppi tribali avevano, nelle loro credenze religiose e mistiche, un riferimento in comune: la *Kaaba*, nella città della Mecca; un edificio di forma quasi cubica (larga dieci metri, lunga dodici ed alta quindici), ricoperto da drappi di seta nera, dove ogni comunità conservava i propri idoli e che aveva, incastonata nello spigolo rivolto a Sud-Est, la 'Pietra Nera', un meteorite, grande quanto un pugno, da tutti venerato perchè da sempre ritenuto di origine divina.

Fu questo il punto di partenza ed oggi riferimento supremo di tutto l'Islam.

In quella terra, in quel tempo, in quell'ambiente, tra quelle comunità, in un anno compreso tra il 567 ed il 572, nacque, nella città chiamata Mecca, Muhammad, più noto, al mondo non di lingua araba, come Maometto.

Prima della Rivelazione, nel 612, Maometto ebbe modo di conoscere le realtà della propria terra, di avvicinare le grandi religioni monoteistiche e verificarne la più potente capacità di valorizzare l'essere umano e di dimostrarne il

bisogno di conoscere l'unico vero dio, a differenza dei culti pagani, spesso privi di qualsiasi orizzonte di speranza, di elevazione dello spirito, di certezza della voce divina.

Nell'anno 622 Maometto fugge da Mecca per rifugiarsi nella città di Yathrib, che da allora prenderà il nome di *Madināt al-nabī* (città del Profeta), oggi Medina.

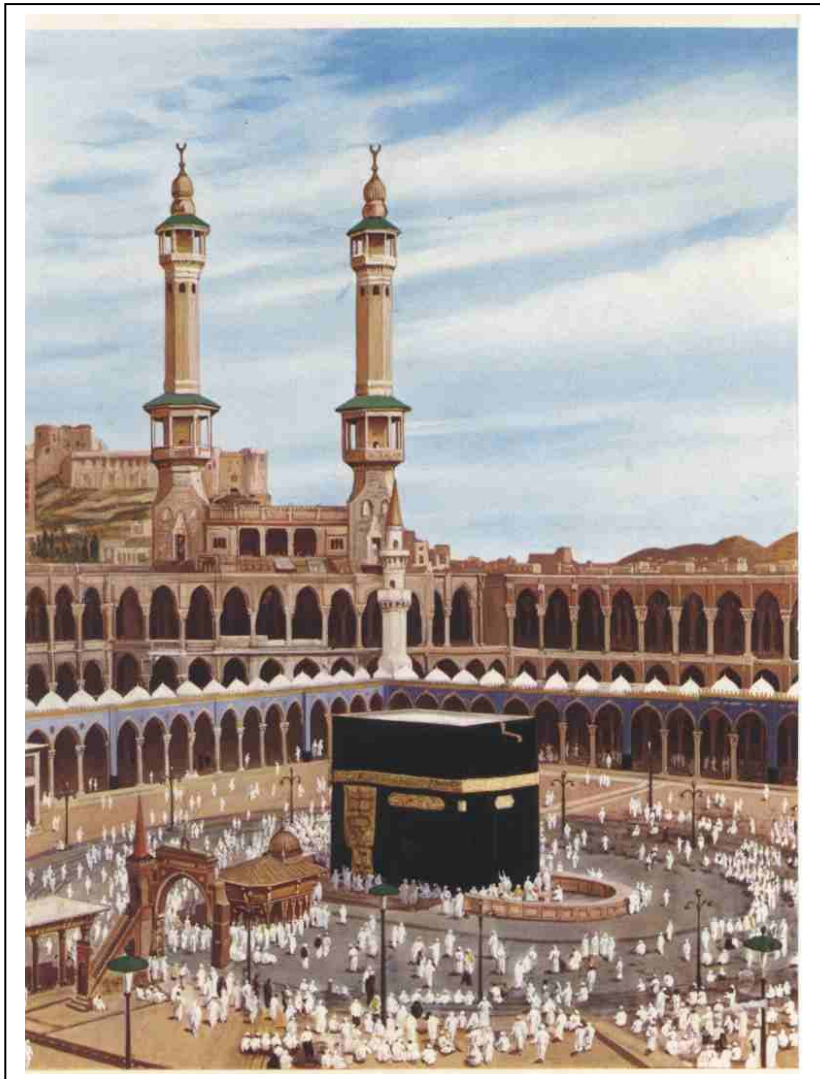
È l'anno 0 della cultura, della storia e del calendario islamici: l'Egira, in arabo, *Hiġra*.

Dopo 128 anni, nel 750 d.C., la fine della supremazia della casata degli Omayyadi consegnò, alla nascente dinastia degli Abbàsidi, un impero che si estendeva dalle rive del fiume Indo al mare d'Arabo, a tutta l'Africa affacciata al Mediterraneo, sino all'intera penisola iberica.

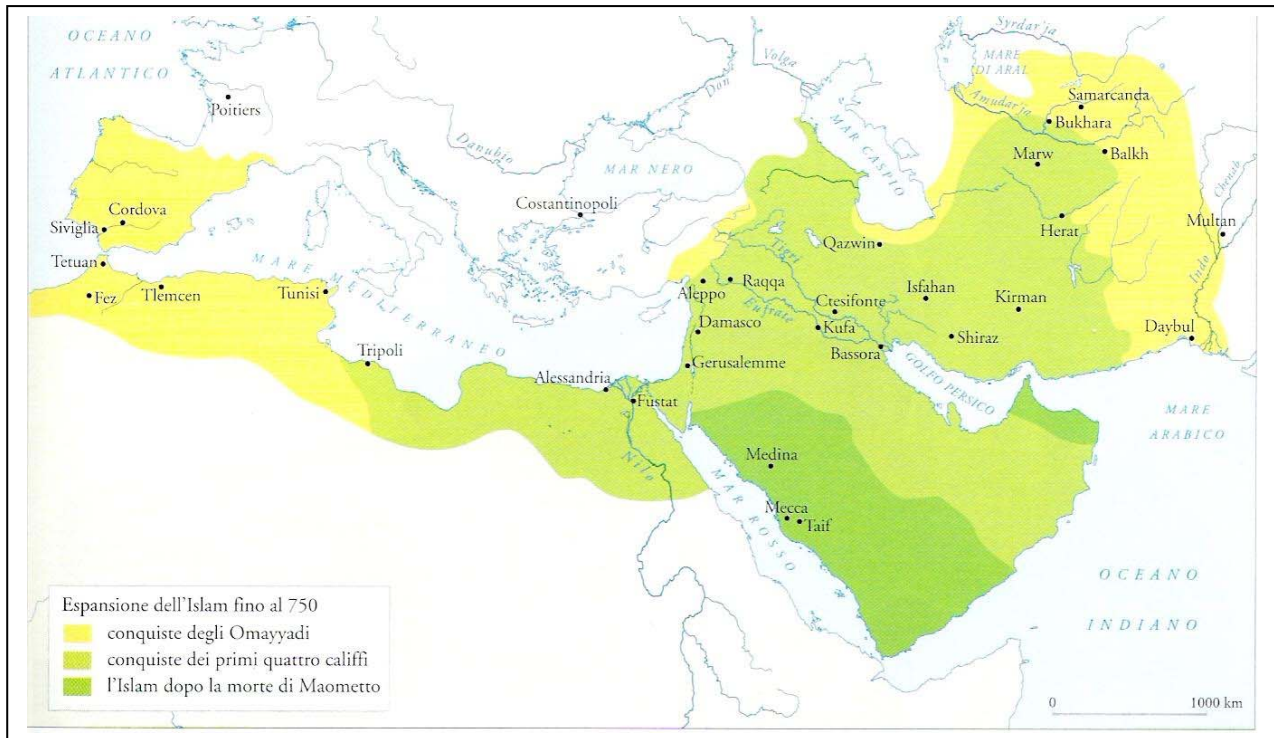
Centoventotto anni: mai e mai più un tale sterminato dominio si compì in così breve tempo.

Nel costruire, la velocità difficilmente si accompagna alla solidità; questa affermazione, certo troppo drastica nel sintetizzare crescita e disfacimento del grande impero islamico, è efficace banalizzazione della predestinazione del dominio temporale dell'Islam.

Mentre la religione rivelata e scritta nel Corano conquistò centinaia di milioni di persone, in tutto il mondo, la questione della successione a Maometto fu subito causa o pretesto per liti, dissidi, guerre ed addirittura scismi nella stessa dottrina coranica, già all'epoca dei primi quattro successori (poi chiamati 'i *ben guidati*'), che potevano vantare d'aver vissuto e condiviso sin dall'inizio l'esperienza con il Profeta: i *Califfi*, termine che deriva dal titolo di *Khalifat Rasul Allāh* (successore dell'inviato di Dio), che prese il primo di essi, Abu Bakr.



Così è che il grande impero, appena giunto alla sua massima espansione, iniziò a spezzarsi in regni, più o meno indipendenti, ma caratterizzati comunque dalla stessa religione, sebbene a volte con qualche variazione.



La capitale si spostò da Medina a Damasco ed infine a Baghdàd, fondata *ex novo* con il nome di *Madīnat as-Salām* (città della pace), per volontà del califfo abbaside al-Manṣūr, nel 762, segno dello spostamento degli interessi dell'impero islamico verso la Persia, Bisanzio e l'Asia centrale (ancòr oggi non è certo perché e quando la città cambiò l'originale nome in Baghdad, parola dall'etimologia incerta, forse derivante da un termine siriano – cioè neo-aramaico – che significa 'città di Dio').

Il popolo islamico costituiva una nuova identità religiosa alla quale però mancava della necessaria dote culturale che ne facesse una società distinguibile ed organizzabile: una nazione. I califfi, con lo stesso impegno con il quale ampliarono l'impero, perseguirono la conquista delle esistenti culture e, in questo, anche la crescita di una cultura islamica originale.

La cultura greca fu la prima ad essere assorbita, attraverso due principali punti di contatto.

Il primo, più evidente, fu la conquista di Alessandria d'Egitto, nel 642, dove erano ancora esistenti molti lavori dei filosofi e scienziati greci ed anche sinossi delle principali opere di Ippocrate di Coe e di Galeno, testi di Medicina che costituirono il riferimento culturale di questa scienza ancora per mille anni.

L'arrivo dell'Islam comportò una rapida traduzione in arabo di gran parte di ciò che ancora esisteva nella capitale della cultura greco-romana. L'Alessandria del VII secolo mostrava infatti i segni di una decadenza iniziata nel III secolo, alle prime avvisaglie della crisi dell'impero romano, quando iniziarono conflitti tra romani cristiani e locali popolazioni pagane. Nel IV secolo alcune biblioteche erano state depredate se non addirittura distrutte come il *Caesareum* ed il *Serapeum* e molti filosofi e scienziati furono costretti ad abbandonare la città. Alessandria, quindi, costituì una fonte di documenti, un forziere di preziosi testi ed opere ma già in parte depredato e disorganizzato. L'accesso si produsse nella traslazione in arabo di testi dei quali pochi facevano uso in quel tempo; era quasi un archivio storico più che 'corrente'.

Nella parte 'persiana' dell'impero islàmico la situazione era invece ben più prolifica di informazioni, stimoli ed anche di riferimenti di persone ed organizzazioni, grazie ai riflessi dell'intransigente ortodossia cristiana alla quale era votato l'Impero Romano d'Oriente.

Nel IV século gli imperatori di Bisanzio avevano, infatti, dato un 'giro di vite' alla tolleranza religiosa e culturale, perseguitando gli aderenti a gruppi religiosi che si distaccavano apertamente ai dogmi della fede cristiana ufficiale. Nel 451 i seguaci della dottrina di Nestorio furono cacciati dalla città di Edessa e nel 489 questa confessione fu bandita dall'impero. Una variante del monofisitismo, i giacobiti monofisiti, furono scacciati nel VI século; subirono la stessa sorte nello stesso periodo gli appartenenti all'Accademia Platonica di Atene, chiusa per ordine dell'imperatore Giustiniano nel 529.

Tutti costoro trovarono rifugio e tolleranza in Persia, dove già erano emigrati Ebrei bizantini, e lì fondarono centri religiosi, scuole, accademie e si applicarono nella traduzione dei testi greci nella lingua siriana, una sorta di neo aramàico (la lingua della Palestina al tempo di Cristo).

Dalla Persia, i mònaci nestoriani si diffusero, attraverso l'Asia, giungendo sino in Cina.

Sotto il re Persiano Cosroe I Anosharwan, che regnò sulla Persia dal 531 al 579, questi cervelli, fuggiti dall'oppressione bizantina, furono in tutto aiutati a ricostruire le proprie attività scientifiche nella nuova terra.

Conquistata la Persia, la cultura della Grecia antica giunse così all'Islam attraverso filosofi greci, ebrei e cristiani perseguitati, che ne avevano tradotto il sapere dal greco al siriano.

Sotto il regno Abbaside iniziò la traduzione di questi lavori nella lingua àraba. Man mano che si diffondeva la conoscenza di queste òpere, l'interesse per la cultura greca aumentava ed il califfo al-Ma'mūn (r. 813-833), del quale abbiamo ricordato il sogno profetico, durante le molte guerre contro i Bizantini in Asia Minore si preoccupò di far bottino di tutti i testi che venissero trovati nelle città che occupava. Forse il sogno che volle celebrare fu uno degli stratagemmi di al-Ma'mūn per dare maggior crédito, presso il popolo, alla scuola di traduttori che fondò a Baghdad, a metà del IX século, alla quale affiancò la *Bayt al-Hykma*, la 'Casa della Sapienza', vera e propria Accadèmia delle Scienze dove fiorirà il meglio delle ricerche e degli studi scientifici del mondo islàmico sino all'XI século.

La Baghdad del IX século era quindi una città cosmopolita, centro del potere religioso, politico e culturale dell'intero Islam.

Nel X século l'impero islàmico disponeva di un repertorio quasi completo, in lingua àraba, della letteratura scientifica e filosofica greca allora ancora esistente ed inoltre, a differenza del mondo medioevale europeo e dell'impero bizantino, aveva acquisito gli elementi della cultura di un altro paese già assai evoluto: l'India.

Ciò che giunse dalle fonti indiane passò, in gran parte, sotto le porte di Baghdad seguendo la 'via della Medicina' che portava, dall'India, a Jundishapur, dove era forte il richiamo del suo rinomato ospedale con l'annessa Accadèmia di Medicina, fondati, assieme a quella città, dal re persiano Šāpūr I, che regnò tra il 240 e il 273 d.C..

Il già ricordato re Persiano Cosroe I Anosharwan diede rinnovato impulso e vigore a questo centro di ricerche e di attività médiche, che divenne rinomato riferimento sino almeno al IX século; all'arrivo degli Arabi, in esso già lavoravano, fianco a fianco, médici in gran parte Ebrei, Cristiani ed Indiani.

Médici e studiosi indiani mescolarono così idee e sapere con Persiani, Ebrei, Cristiani, Arabi; molti i campi: Astronomia, Medicina, Matematica, Ottica, Topografia . . .

Curiosamente non sono numerose le òpere che possano essere considerate diretta traduzione in àrabo di scritti indiani. La più conosciuta, tra queste, è '*Ziğal-Sind-hind*' (Tavole astronomiche indiane), che, secondo lo storico al-Bīrūnī, corrisponde al *Brahmamasphuṣasiddhānta* dello scienziato indiano Brahmagupta (VII século); questo testo, sorta di manuale



matemàtico/astronòmico, comparve e fu oggetto di grande attenzione alla corte del primo califfo abbaside, al-Mansūr, che regnò tra il 754 ed il 775.

Del contributo indiano alla cultura àraba méritano un posto di assoluto riguardo tre elementi fondamentali per lo sviluppo della Matematica moderna: i numeri 'arabi', la numerazione posizionale decimale, il numero 0, meglio, il concetto di 'zero'.

L'aritmética indiana era già nota e molto apprezzata in Persia; il vescovo cristiano-siriaco Severo Sebokht scriveva, nel 662, che “. . . i loro programmi di calcolo superano tutto ciò che si può immaginare . . .” sottolineando che “. . . questi calcoli si fanno con nove segni . . .”.

I numeri arabi, chiamati oggi così in tutto il mondo, non sono per nulla 'arabi' ma indiani. I matematici del primo Islam li hanno semplicemente copiati e diffusi, cogliendone la maggior potenzialità e razionalità espressiva.

È quantunque assai singolare che l'ingiusta paternità attribuita a questa numerazione, nata in realtà in India, non sia neppure giustificata dall'uso che di essa ne fecero gli scienziati arabi, che infatti continuarono a preferire la numerazione, questa sì àraba, costituita da lettere, la cosiddetta *abğad*, accostate, di volta in volta, in ordini prestabiliti come avveniva, più o meno, tra i Greci ed i Romani. I numeri, che noi oggi chiamiamo arabi, erano dagli scienziati Arabi utilizzati perlopiù in Astronomia, quando i calcoli astronomici producevano numeri grandissimi.

L'Aritmética indiana si diffuse pertanto non nell'ambiente scientifico ma nella pubblica amministrazione dell'impero durante la dinastia degli Abbasidi, soprattutto a partire dall'XI sécolo.

La necessità di organizzare, ad ogni livello, una burocrazia efficiente ed efficace, soprattutto nel controllo dei redditi, nel pagamento delle imposte, nella gestione dei dazi e delle dogane, nell'amministrazione dell'esercito - strumento essenziale nel sempre turbolento califfato, esigeva metodi di calcolo rapidi e semplici, affinché il crescente numero dei funzionari pubblici potesse dotarsene con adeguata padronanza.

Nell'organizzazione dell'apparato statale, inevitabile fu il favore riservato all'Aritmética indiana; così ne scrisse il matematico al-Uqlīdisī:

*“La maggior parte degli esperti di aritmética trae vantaggio a servirsene nella sua pratica: per quanto essa ha di facile e di rapido, per il poco che bisogna ricordare, per la brevità del tempo impiegato a dare risposte, per quel poco di riflessione su ciò di cui essa si occupa, che essi si trovano necessariamente a disposizione . . . Diciamo dunque che si tratta di una scienza e di una pratica che richiedono uno strumento, come lo richiedono lo scrivano, il fabbricante, il cavaliere nella loro pratica; perché se manca al fabbricante, o gli risulta difficile trovare ciò per cui esercita il proprio lavoro, non potrà ottenere ciò che gli serve, e capire ciò che non è difficile, né impossibile, e non c'è bisogno di preparazione.”*

Semplicità ed immediatezza in ogni còmputo, assai utili per qualsiasi governo la cui prima preoccupazione è sempre costituita da tasse e pubblici stipendi: nell'Islam, le prime a carico dei cittadini non islàmici, chiamati ad assicurare il reddito dei soldati di Allāh.

Mentre il calcolo àrabo restava la forma dell'Aritmética dotta degli scienziati e delle Accadémie, il sistema decimale indiano si diffuse in ogni angolo dell'impero, con grande rapidità. La nuova Aritmética indiana giunse ovunque, al fianco della travolgente cavalleria àraba, per depositarsi stabilmente in ogni angolo dell'impero dell'Islam, come la polvere sollevata dalle sue armate.

Divenne così, per tutti, una Matematica àraba fatta di numeri arabi.

Il concetto di zero, cioè l'espressione del nulla, appare indubbiamente difficile da cogliere come esprimibile; il nulla, come il vuoto aristotelico, se non esiste come può essere rappresentato?

Muhammad ibn Mūsā al-Hwārizmī, considerato il fondatore dell'Álgebra, nel IX século scrisse, a propósito della numerazione indiana: “. . . come fanno i calcolatori indiani . . . si scrive con nove di queste cifre . . . mettendo il segno zero nelle caselle vuote . . . in modo da tener conto

àraba letterale (abġad)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	٠
indo-àraba X séc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
européa XIV séc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

soltanto della posizione . . . “. Lo zero, quindi, non immagine del nulla ma ‘posizionatore’, indice d’ordine nella numerazione: un concetto certo meno astruso ed estraneo a qualsiasi polémica!

La Matematica, oggetto di tale passione tra gli Arabi da essere motivo di sfide alla risoluzione di problemi sempre più complessi, ottenne numerosi e fondamentali contributi:

- il càlcolo combinatorio;
- il càlcolo con le frazioni;
- il càlcolo infinitesimale, al quale dedicheremo l’intero Capitolo 11;
- la tecnica bancaria;
- la Trigonometria, acquisita anch’essa dall’India;
- la geometria ed il calcolo delle aree nelle figure piane e solide;
- la geometria analitica e la teoria delle curve;
- la Topografia;
- l’Ottica;
- l’Astronomia;
- la Dinàmica;
- l’Álgebra.

Muhammad ibn Mūsā al-Hwārizmī, matematico sotto il regno del califfo al-Ma’mūn (r. 813 - 833) e membro illustre della Casa della Sapienza di Baghdad, scrisse il trattato *Kitāb al-Ġabr wa-’l-muqābala* (*Libro dell’Álgebra*), considerato il primo testo che fonda questa nuova disciplina matematica.

Quasi la metà del *Libro dell’Álgebra* si occupa dell’applicazione delle complesse régole, stabilite nel Coràno, in materia di successione e di eredità; la complessità era tale da richiedere, perché fossero applicate con precisione, la formulazione di càlcoli, che oggi identifichiamo senz’altro come àlgebrici. Del problema, evidentemente molto sentito a quei tempi, ne aveva proposto una soluzione il libro *Hisāb al-waṣāya* (che significa: *Càlcolo dei testamenti*), di Muhammad ibn Hasan al-Šaybāni (749 – 803). Da questa particolare applicazione algébrica prenderà spunto la disciplina detta *Hisāb al-farā’id*, ovvero: Càlcolo delle obbligazioni, forse il primo testo di tecnica finanziaria.

“*Al-ġabr*” significa: *‘ciò che unisce’*; parola àraba che poi diverrà, per il mondo intero, *‘Álgebra’*.

Nel término *‘algoritmo’* ancor oggi ricordiamo il nome del padre dell’Álgebra, al-Hwārizmī, che, nelle prime traduzioni ‘europee’ dei suoi lavori, fu indicato con il nome ‘latinizzato’ di *Algoritmus*.



Mentre l'Aritmetica tratta delle operazioni con i soli numeri, l'Algebra esplose nelle infinite possibilità e combinazioni di qualsiasi espressione matematica sostituendo ai numeri lettere, ciascuna delle quali, a sua volta, può rappresentare incognite, numeri o altre espressioni matematiche.

L'Algebra, quindi, nasce e si sviluppa come nuova disciplina, separata e distinta dall'Aritmetica, ma fortemente connessa alle altre discipline scientifiche. Formulare e risolvere qualsiasi formula matematica, contenente sia numeri che parametri, permette di applicare la matematica in molti orizzonti della ricerca, di associare espressioni matematiche a fenomeni fisici (posizione, velocità, accelerazione, forza, . . . ), di dare espressione allo spazio a due, a tre ed a . . . n dimensioni, di concepire e risolvere equazioni di qualsiasi grado, . . .

L'Algebra di al-Hwārizmī, tra le tante innovazioni, introduce l'uso sistematico degli algoritmi: schematizzazione di procedure e strutture matematiche che portano a soluzione intere classi di problemi algebrici. Una volta teorizzato sulle equazioni di primo e di secondo grado, enunciandone tutti gli innumerevoli casi, al-Hwārizmī, nel suo trattato, ne definisce gli algoritmi che, in un numero prefissato di passaggi, porta alla loro risoluzione. L'algoritmo diventa così la chiave, fatta di schemi fissi e di regole, per la soluzione di classi di problemi che si estenderanno agli infiniti campi della matematica, sino all'informatica dei giorni nostri

Non è questo il luogo né l'occasione per procedere nel racconto di quanto la civiltà araba contribuì allo sviluppo scientifico: è ora di occuparsi della sola Idraulica.

Ġābir ibn Hayyān, scienziato vissuto tra l'VIII ed il IX secolo d.C., scrisse il trattato *Kitāb Wazn al-tāğ* (Libro del peso della corona), traduzione del testo con il quale Archimede dimostrava il metodo da lui utilizzato per risolvere il problema di definire se la corona del tiranno Gerone fosse di oro puro, come abbiamo riferito nel Capitolo 2.

L'Idrostatica attirò particolarmente l'attenzione tra gli studiosi arabi proprio nella definizione della densità specifica di metalli e di pietre preziose.

Della versione araba del trattato di Archimede '*Sui corpi galleggianti*' sono oggi esistenti soltanto alcuni frammenti che contengono, a differenza della versione a noi giunta per via 'greco-latina', la definizione di peso specifico ed anche una miglior definizione della pressione idrostatica: modifiche che possono essere state introdotte dagli stessi traduttori arabi che, per quanto specialisti, erano spesso – è bene ricordarlo - anche scienziati della stessa materia.

Nell'opera enciclopedica *Kitāb Mīzān al-hikma* ('Libro della bilancia della saggezza'), scritto nel 1121 da 'Abd al-Rahmān al-Hāzinī, il capitolo dedicato all'Idrostatica enuncia i principi di Archimede aggiungendo osservazioni al moto dei corpi in un mezzo diverso dall'aria:

*“Se un corpo pesante si sposta in un liquido, il suo peso decresce di una quantità che dipende dal volume, per cui nel liquido diventa più leggero di una quantità pari al peso del volume del liquido spostato . . . Se le forme sono diverse le forze che muovono i due corpi sono diverse.”*

Al-Hāzinī quindi distingue due forze che agiscono in un corpo che si muova in un fluido: una è determinata dal peso e dalla forma del corpo; l'altra è la spinta di Archimede, diretta verso l'alto, determinata dal volume del corpo nella parte immersa.

Le osservazioni di al-Hāzinī sul fenomeno del galleggiamento lo condussero a studiare il caso di un corpo internamente vuoto che rechi, nella cavità ed in molteplici combinazioni di forme, distribuzione e peso, altri corpi pesanti: è, quindi, lo studio del comportamento delle imbarcazioni che trasportano carichi, prima codificazione di teoria navale.

L'osservazione del moto dei corpi galleggianti recanti pesi al proprio interno, curiosamente, non trova però, nei testi arabi, alcuna diretta applicazione alla tecnica di costruzione delle imbarcazioni con le quali gli arabi solcavano il Mediterraneo e soprattutto il più difficile oceano Indiano, caratterizzato dagli stagionali ed intensi monsoni. Sappiamo però che disponevano

di navi assai snelle, dalla lunga prora sottile e dal quadrato di poppa rialzato, dotate di vela 'àraba' ad antenna, in grado di spingere la nave 'di bolina' cioè contro vento. Curiosamente le uniche illustrazioni in grado di darci un'idea del naviglio àrabo si trovano in alcune rappresentazioni protoghesi del XVI século.

Esaminando il comportamento dei corpi galleggianti immersi in fluidi differenti, al-Hāzinī per la prima volta, nel suo '*Libro della bilancia della saggezza*', rende la corretta definizione di 'peso specifico', rapporto costante, per una stessa materia, tra peso e volume:

*"Il peso di un corpo relativamente piccolo, di qualunque sostanza esso sia, ha con il volume del corpo lo stesso rapporto di un corpo più grande, della stessa sostanza, con il proprio volume."*

Per il popolo àrabo, originatosi nel deserto, il rapporto con l'acqua è caratterizzato dall'essenziale necessità di poterne disporre per vivere, nonostante le avversità dei luoghi.

Quanto si sviluppò, nell'Islam, che possa essere ricondotto all'Idraulica ha poco di teòrico, a dispetto dell'incredibile sviluppo delle scienze matematiche, ma si concretizza soprattutto nelle opere, a volta in tutto caratteristiche di quei soli territorî, che furono realizzate per disporre della indispensabile acqua, preziosa ma spesso scarsissima.

L'approvvigionamento per l'uso umano e per l'irrigazione è stato il problema dominante nella cultura idraulica àraba, e le soluzioni adottate non mancano di originalità.

Nel Capitolo 3 abbiamo parlato delle *qanāt* e delle macchine semplici per il sollevamento delle acque: il *šādūf*, la *sāqiya*, la noria; anche se a noi note con il termine àrabo ed ancor oggi diffuse proprio nei territorî un tempo costituenti l'impero dell'Islam, non è a quest'ultimo che possano essere attribuite, perché di origine ben più antica.

È nel campo degli sbarramenti, che gli arabi, ormai islāmici, raggiunsero tecniche eccellenti. Lo sbarramento delle valli *wadi* nel deserto, tecnica già nota da millenni, si diffuse sino ad applicarsi anche nell'álveo di fiumi perenni, come avvenne in Persia e nella penisola iberica. Tanti gli esempi.

Il califfo, della famiglia dei Buwayhidi, 'Adud al-Dawla, che regnò a Baghdad intorno al 960, fece costruire una grande diga, chiamata Band-i Amīr, sul fiume Kurr, nella provincia di Fars, nell'attuale Iran. Di questa struttura, ancora esistente, scrisse il geografo al-Muqaddasī:

*"Adud al-Dawla ha chiuso il fiume tra Shiraz e Istahkr con un grande muro, rinforzato con il piombo. E l'acqua dietro al muro è aumentata di livello fino a formare un lago. Su di esso, su entrambi i lati, vi sono dieci ruote idrauliche, come quelle che avevamo visto nel Khuzistan, e sotto ogni ruota un mulino, e questa è oggi una delle maggiori meraviglie di Fars. [Adud al-Dawla] poi ha costruito una città. L'acqua scorre nei canali ed irriga trecenti villaggi."*

In Spagna esistono tuttora, e perfettamente funzionanti, molti sbarramenti fluviali, costruiti intono al X século, quando in quel territorio dominava la famiglia omayyade.

Sul fiume Turia, che giunge al mare nella città di Valencia, sono numerosi gli *azud*, così erano chiamate quelle piccole dighe che costringono l'acqua ad innalzare il proprio livello per essere poi convogliata in canali, in questo caso destinati all'irrigazione, dotati degli stessi dispositivi di regolazione in uso oggi: chiuse d'ingresso, scaricatori di piena, dissabbiatori, ecc. . . .

Alcune dighe arabe dimostrano la tecnica raggiunta per ovviare al problema dell'erosione che l'acqua produce quando le scavalca, tracimando, durante le piene: al piede esterno della struttura, cioè verso valle nell'álveo del fiume, realizzarono delle vasche di smorzamento dell'energia cinética acquistata dalle acque in caduta dal coronamento della diga, con criteri in tutto simili a quanto ancor oggi si realizza.

Alle dighe, nuove o ricostruite, si affiancarono nuove o ricostruite reti di irrigazione e di approvvigionamento di acqua per le grandi città dell'impero. Grande impulso fu dato all'irrigazione della Mesopotamia, riprendendo le antiche canalizzazioni, alcune ancora risalenti all'era sumerica, ampliandole o realizzando nuovi tracciati. Al tempo della dinastia degli Abbasidi, a partire dall'VIII secolo, si dovette far fronte all'esigenza di garantire acqua e cibo a grandi città, tra le quali Baghdad, che già contava quasi un milione e mezzo di abitanti. Fu esteso il canale, ad est del fiume Tigri, che gli arabi chiamavano Nahrawān, probabilmente l'antico sumerico canale di Assur, e con esso tutta la rete di irrigazione tra il Tigri e l'Eufrate.

Assieme alla fondazione di Bassora, il secondo dei primi quattro *Califfi ben guidati*, Omar (r. 634 - 644), fece scavare due grandi canali che collegavano la città al fiume Tigri: al-Ubulla e Ma'qil; fonte di acqua potabile per la città e motivo di floridezza agricola della circostante vasta pianura.

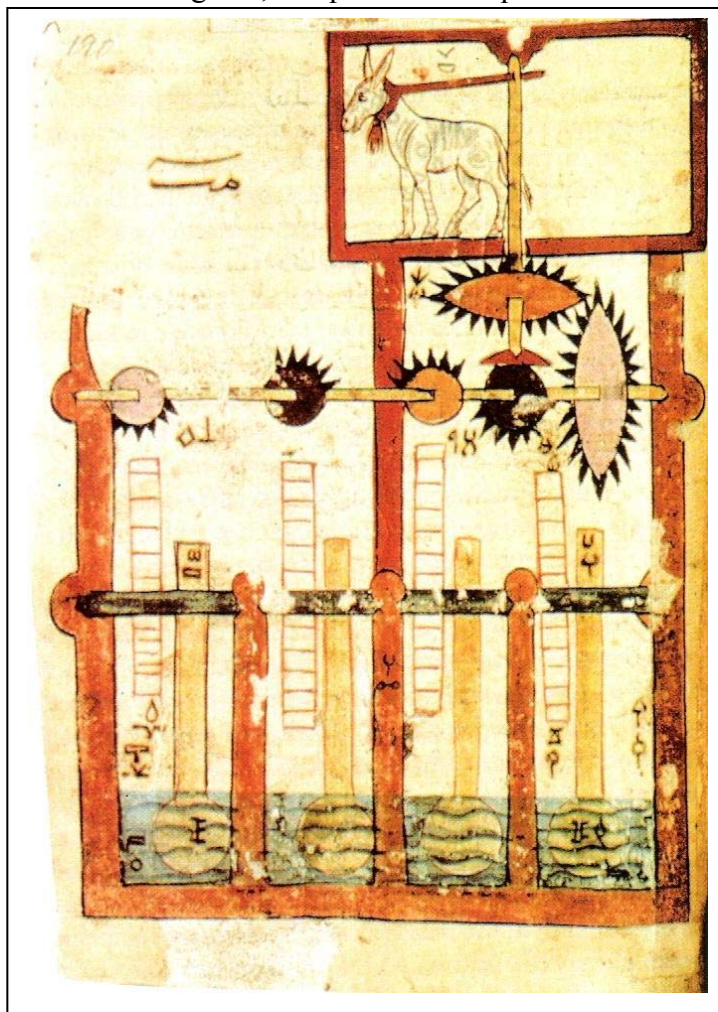
Ai lavori di canalizzazione contribuì notevolmente il livello raggiunto dagli Arabi in Topografia, la scienza della misura del territorio, e la Geometria. Modificando il modello dell'astrolabio, strumento utilizzato in astronomia, si realizzò uno strumento che consentiva di tracciare allineamenti, misurare angoli e distanze e, per quanto qui interessa, impostare dislivelli e pendenze nelle costruzioni, elemento fondamentale nella realizzazione dei canali. Applicando questa capacità agrimensoria, furono anche scritti testi e manuali sulla costruzione delle grandi opere idrauliche di canalizzazione e distribuzione delle acque che giungevano sino ad indicare il numero e la dislocazione più opportuni per gli scavatori (in arabo '*pale*') per rendere ottimale il rendimento di ciascun addetto allo scavo, cioè ciascun '*pala*', nelle fasi di scavo e trasporto del materiale escavato.

Il progresso della cultura dell'impero islamico in Idraulica si configurò, in gran parte, come approfondimento di quanto tratto dalla conoscenza greca, che portò comunque a realizzazioni, come abbiamo visto, degne di nota.

Pochi furono i contributi originali e, tra questi, purtroppo sono giunti sino a noi soltanto due dei venti trattati, in Idraulica e della tecnologia ad essa applicata, realizzati sotto la guida dei tre fratelli Banū Mūsā: Muhammad, Ahmad e al-Hasan.

Scienziati, ingegneri e matematici, i Banū Mūsā iniziarono la propria attività a Baghdad alla Casa della Sapienza, sotto il regno del già ricordato ed illuminato califfo al-Ma'mūn. In uno dei due volumi sopravvissuti, *Kitāb al-Hiyal*, scritto intorno all'850, si trova la descrizione costruttiva e di funzionamento di centinaia di dispositivi che sfruttavano i principi di Idraulica e di Pneumatica, senza però che questi venissero in qualche modo enunciati. Recipienti 'truccati per effetti speciali', lampade ad olio ad alimentazione regolabile, maschere antigas da utilizzare nei pozzi con presenza di gas, bracci e gru a funzionamento idraulico, dispositivi con valvole coniche autoregolanti.

Anche se di questi trattati ne



conosciamo soltanto due dei venti realizzati, sappiamo che quanto prodotto dai fratelli Muhammad, Ahmad e al-Hasan Banū Mūsā era tenuto in grande considerazione nell'Islam: frequenti sono le citazioni, in molti testi. Paradossalmente il loro lavoro non trovò alcun successore che continuasse sulla via tracciata, probabilmente per la necessità di un più evoluto livello nella tecnologia costruttiva degli stessi dispositivi che non giunse se non dopo circa ottocento anni, in Europa.

Citiamo, ultimo in ordine di tempo, Ismā'īl ibn al-Razzā al-Ġazarī, che nel 1206 compose un'opera enciclopedica sulla macchine note all'Islam.

Il trattato, voluto dall'autore con l'espressa volontà di lasciare ai pòsteri un'organizzata documentazione dei '*fragili congegni*' esistenti all'epoca, è composto di cinquanta capitoli, che riportano istruzioni tanto dettagliate da mettere in condizione, chiunque avesse avuto accesso all'opera, di poter ricostruire le macchine descritte; un dettaglio, quindi, che permette anche di capire cultura e capacità tecnologica di quel popolo in quel tempo.

Oltre alla presentazione di numerosi, ingegnosi e precisi orologi ad acqua, nel trattato troviamo la descrizione della prima pompa aspirante e premente mossa dall'energia idraulica. Due pistoni che scorrono in cilindri a tenuta stagna, contrapposti, collegati ad una biella a sua volta collegata ad un perno fissato in un punto della circonferenza di una ruota dentata orizzontale; quest'ultima mossa, attraverso ingranaggi, da una ruota idraulica mossa dall'acqua. Valvole a cerniera poste nei cilindri consentivano all'acqua di entrare in essi, nella fase di aspirazione, e di uscire, con la pressione esercitata dal pistone, durante la fase di compressione. Il fatto che i due cilindri fossero contrapposti ed i pistoni azionati dalla stessa biella, comportava che la fase di compressione di uno coincidesse con la fase di aspirazione dell'altro, con un'evidente vantaggio per la continuità del flusso, che poteva raggiungere l'altezza di quattordici metri.

Abbiamo già detto che l'impero islāmico cedette ben presto a tensioni interne che ne frantumarono l'unità in regni, emirati, califfati, sempre più indipendenti dal potere centrale di Baghdad. Ciò non toglie però che l'unità culturale del popolo arabo si mantenne a lungo, dimostrandosi più solida dell'organizzazione politica, forse perché basata sulla grande disponibilità di testi e documenti e scuole di pensiero e di istruzione, prodotto dell'attività, quasi frenetica, dei califfi dei primi sécoli delle grandi conquiste.

La Spagna e la Sicilia erano, nel XII sécolo, porte di diretto collegamento ormai aperte tra l'Islam e l'Europa, dove si stavano già delineando, se non consolidando, i nuovi Stati ed era in fase di completamento la ricostruzione di un tessuto sociale organizzato.

Proprio in questo periodo si compì il processo di traslazione delle conoscenze più evolute del tempo secondo una direzione che, sei sécoli prima, aveva proceduto in senso inverso: la cultura dell'Islam, *summa* ed evoluzione della cultura greca-persiana-indiana e forse anche un po' cinese, tornava a rinnovare la conoscenza dell'Europa ancora attraverso l'opera di grandi traduttori, in Italia meridionale ed in Spagna; in quest'ultima regione operò colui che è considerato il più importante traduttore dall'arabo al latino: Gerardo da Cremona.

Gerardo (o Gherardo) da Cremona (Cremona 1114 – Toledo 1187), uomo di chiesa, studioso di letteratura, si trasferì a Toledo, in Spagna, verso il 1144, dove, canonico della cattedrale, iniziò l'attività di traduzione in latino di testi arabi. Ben presto diventò, come è oggi ancora considerato, il maggiore traduttore latino di testi arabi del XII sécolo, dal quale è iniziato il primo significativo processo di rinnovamento culturale nell'Occidente.

La città di Toledo, riconquistata dai Cristiani nel 1085 per opera di Alfonso VI di Castiglia, con le sue numerose biblioteche arabe e le scuole di Astronomia, era per Gerardo una vera miniera di manoscritti, la cui lettura era confortata dalla presenza di sapienti provenienti da differenti culture e civiltà.

Molto apprezzata fu, ed è, la sua fedeltà letteraria che lascia trasparire non solo il significato più corretto di ogni espressione, ma anche l'appassionato interesse che lo scrittore originale aveva trasfuso nel testo arabo.

Assai vasta fu la produzione di Gerardo da Cremona; gli si attribuisce la traduzione dall'Árabo al Latino di oltre ottanta òpere, dedicate ai campi piú diversi: Matematica, Astronomia, Ottica, Medicina, Chimica (Alchimia), Filosofia, . . . .

Eccone un elenco, certo non esaustivo, ma emblemático di un caso veramente único nella storia della cultura medioevale europea:

- la versione àraba dell'*Almagesto* di Tolomeo, "*Islāh al-Mağisti*", di Ğābir ibn Aflah; la traduzione di questa grande òpera, che influenzò la cosmologia europea sino al XVII sécolo, era stato lo scopo del viaggio di Gerardo a Toledo nel 1144: la concluse soltanto nel 1175;
- il trattato di Astronomia "*Ziğ al-Šāh 'ilm al-hay'a*", di Māšā'allāh;
- il trattato di Atronomia indiana "*Ziğ al-Ĝayyān*", di Ibn Mu'ād;
- le tavole astronomiche dette '*Tavole di Toledo*', di Abū Ishāq al-Zarqālī e altri, che ebbero un'amplissima diffusione in tutto l'Occidente;
- il trattato di Astronomia "*Kitāb fī ġawāmi 'ilm al-nuğūm* (Compendio della scienza degli astri)", di Ahmad Ibn Muhammad ibn Katir al-Fargāni;
- il trattato in Astronomia, dal titolo tradotto "*De hiis que indigent antequam legatur Almagesti*" di Tābit ibn Qurra;
- il trattato di Euclide "*Divisione delle figure*", versione àraba di Tābit ibn Qurra, tradotto ma andato perduto;
- il testo di Filosofia "*Enumerazione delle scienze*", di Abū Nasr Muhammad al-Fārābī
- il testo di Geometria "*Risāla fī 'l-musādara li-Uqlīdis* (Epistola sul celebre postulato di Euclide [sull'uguaglianza degli àngoli alterni formati da una retta trasversale a due rette parallele])", di Abū 'l'-Abbās al-Nayrīzī, nome che Gerardo latinizzò in '*Anaritius*', con il quale il documento si diffuse in tutto l'Occidente;
- il commento al libro X degli '*Elementi*' di Euclide, di Abū 'l'-Abbās al-Nayrīzī;
- il trattato di geometria "*Kitāb Ma'rifat misāhat al-aškāl al-basīta wa-'l-kuriyya* (Libro per conoscere l'area delle figure piane e sferiche)", di Muhammad, Ahmad e al-Hasan Banū Mūsā;
- il testo "*La misura del cerchio*", di Archiméde, documento che suscitò grande interesse tra i maggiori matematici del XII sécolo tra i quali Ruggero Bacono;
- il completo trattato '*Elementi*' di Euclide, riportato con le integrazioni dalle due versioni di Ishāq ibn-Hunaym e di ibn Yūsuf ibn Matar Hağğāğ;
- l'òpera di Geometria solida "*Al-Šakl al-qattā*", di Tābit ibn Qurra;
- il trattato "*Maqāla fī 'l-marāyā al-muhriqa bi-'l-qutū* (Trattato sugli specchi ustori parabolici)", di Ibn al-Hayṭam. Con il titolo latino, dato da Gerardo, "*Liber de speculis comburentibus*", questo testo è il documento che introdusse, per la prima volta, la curve còniche nella scienza dell'Occidente;
- il trattato "*Fī ma'rifat quwāt al-adwiya al-murakkaba* (Sulla conoscenza delle facoltà dei farmaci composti)", di Abū Yūsuf Ya'qūb ibn Ishāq al-Kindi;
- il trattato di chimica, nel titolo latino, "*Liber luminis luminum*", di Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyā al-Razī;
- il trattato di ottica "*Kitāb al-Manāzir*", assai noto nel titolo latino "*De aspectibus*", di Abū Yūsuf Ya'qūb ibn Ishāq al-Kindi;
- i due componimenti, entrambi dal titolo latino "*De speculis*", uno di Tideo ed uno di origine pseudoeuclidea, contenenti una raccolta di teoremi tratti dall'Ottica e dalla Catottrica di Euclide e dalla Catottrica di Eròne;
- il trattato di Ottica, nel titolo latino "*De gradibus*", di Ibn al-Hayṭam;
- il trattato di Medicina "*Kitāb al-Tibb al-mansūrī*", di Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyā al-Razī;
- il testo di medicina "*Liber canonis totius medicinae*", del filosofo e medico persiano Abū 'Alī al-Husain Ibn Sīnā – dai latini chiamato Avicenna;

- il trattato di Medicina “*Cànone*”, di Avicenna. La traduzione di Gerardo divenne il manuale di Medicina preferito nell'università del tardo Medio Evo, a causa del suo orientamento filosofico assai affine alle teorie della Scolastica;
- il trattato di Medicina “*Kitāb al-Tasrīf li-man ‘ağiza ‘an al-ta’līf*”, di Abū ‘l-Qāsim al-Zahrāwī;
- il trattato di Medicina “*Kitāb al-Adwiya al-mufrada* (Libro dei medicinali semplici)”, di Ibn Wāfid al-Lahmī;
- il commento al “*Ars medica*” di Galeno, scritto da ‘Alī ibn Ridwān;
- il compendio di Medicina generale “*al-Kunnās al-sagīr* (La piccola raccolta)”, di Yūhannā ibn Sarābiyūn;
- il libro di Medicina “*Kitāb Tasqīm al-‘ilal wa-‘l-tašğīr* (Libro delle divisioni delle malattie)”, di Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyā al-Razī;
- il libro di Medicina “*Kitāb al-Mudhal ilā sinā’ at al-tibb* ((Introduzione alla Medicina), di Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyā al-Razī;
- il trattato filosofico “*Kitāb al-Istaqīsāt* (Degli elementi)”, di Ishāq al-Isrā’īlī;
- il trattato di logica “*Analytica posteriora*”, di Aristotele;
- le opere di Aristotele “*Fisica*”, “*De caelo*” e “*De generatione*”;
- i primi tre libri dell’opera “*Meteorologica*” di Aristotele;
- l’opera di Geografia “*De causis proprietatum elementorum*”, di autore non noto;
- il trattato filosofico “*Kitāb al-Hudūd wa-‘l-rusūm* (Delle definizioni e denominazioni)”, di Ishāq al-Isrā’īlī.

Non può stupire l’universale convincimento che l’opera di Gerardo da Cremona si configuri quale contributo determinante nella diffusione, nella cristiana Europa medioevale, della cultura araba e di tutti i tesori delle precedenti culture, che assimilò, e dei progressi che essa stessa raggiunse grazie all’impero dell’Islam ed ai suoi illuminati Califfi.

L’attività di traduzione, a Toledo, seguì una vera e propria azione di programmazione sistematica, sicché ogni traduttore curava di non affrontare testi già tradotti e manteneva, per questo, contatti con gli altri centri di traduzione in Spagna ed in Sicilia.

I testi, una volta tradotti in latino, iniziavano a moltiplicarsi e diffondersi attraverso il lavoro dei copiatori, gli amanuensi, a volte organizzati in congregazioni o inquadrati in ordini religiosi monastici. Già nel secolo XIII i manoscritti ‘di Toledo’ erano disponibili nei centri culturali di Oxford, Parigi, Montpellier, Bologna . . . .

Si chiude così un ‘cerchio’: il sapere del tardo ellenismo migrò verso Oriente per incontrare e fondersi, attraverso l’Islam, con la cultura della Persia, dell’India ed anche della Cina.

Gli Arabi poi ne fecero una sintesi ragionata e da questa svilupparono propri originali contributi, in moltissimi campi, per poi trasferire all’Europa questa nuova ed evoluta cultura, ad alimentare le idee che, lentamente ma inesorabilmente, maturarono nuovi orizzonti costruiti nel medioEvo e dispiegati poi nel Rinascimento.

\* \* \*