

# **Les sciences arabes**

**P. Marage, ULB**

# Préambule

## **Monde arabo-musulman médiéval** (VIII<sup>ème</sup> - XIII<sup>ème</sup> s.)

moment particulièrement éblouissant de l'histoire de l'humanité  
centre du monde occidental

politique, militaire, économique, commercial, religieux, culturel, scientifique

## En particulier **développement scientifique**

(NB encore largement inexploré – manuscrits non exploités / répertoriés;  
cf. aussi manque d'ouvrages de vulg.)

enjeu idéologique : sous- vs. sur-estimation :

simple « transmission » de sc. antique vs. minimisation révolution scientifique en Europe

enjeu pédagogique

faire connaître aux élèves non-musulmans **mais aussi** musulmans

les réalisations glorieuses (respect et fierté)

mais aussi relativiser et marquer les limitations (contre la propagande fondamentaliste)

## **Remarque** : « science arabo-musulmane »

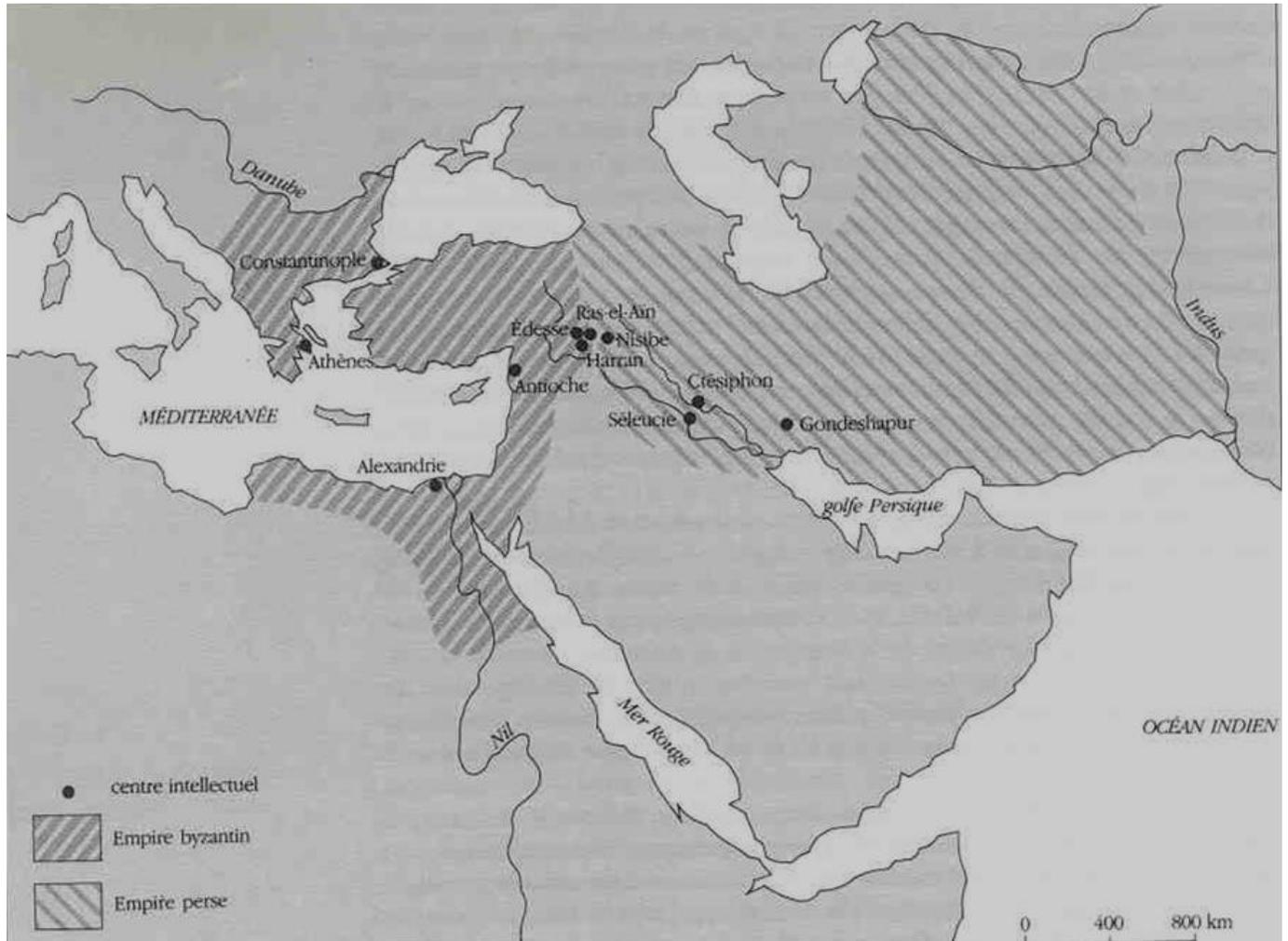
science : pas d'anachronisme : science médiévale, pas la science moderne !

acteurs

- arabes mais aussi peuples de Perse, Égypte, Espagne, Asie centrale, ...
- essentiellement en langue arabe, mais aussi en perse, hébreu, turc
- musulmans, juifs, chrétiens, zoroastriens

# La fin de l'Antiquité

Perse sassanide / empire romain (Constantinople - Byzance)  
+ royaume chrétien d'Aksum (Éthiopie)



# Mahomet et la naissance de l'islam

islam : la religion

Islam : la civilisation / l'empire

**Muhammad** (570-632)

Révélation (610) + prédication à La Mecque

influences christianisme et judaïsme + sectes judéo-chrétiennes

Hégire (622); organisation de l'Etat musulman à Yathrib / Médine

Conquête de la Mecque (630)

Le Coran oral; les hadiths

Les cinq piliers

profession de foi ; 5 prières quotidiennes ; jeûne du ramadan ; aumône ; pèlerinage à La Mecque

# Les quatre premiers califes (632-661)

Les successeurs (les quatre califes « bien guidés »)

**Abou Bakr** (mort 634)

**Omar** (assassiné 644)

635	prise de Damas
638	prise de Jérusalem
640	prise d'Alexandrie

**Uthman** (assassiné 656)

Perse; Afrique du Nord (Libye)  
recension du Coran « officiel »

**Ali**

Guerres de razzia

+ garnisons militaires :

Bassora, Koufa, Fosta – Le Caire, Kairouan, ...

Accueil des populations chrétiennes

(en opp. à Byzance) et des juifs

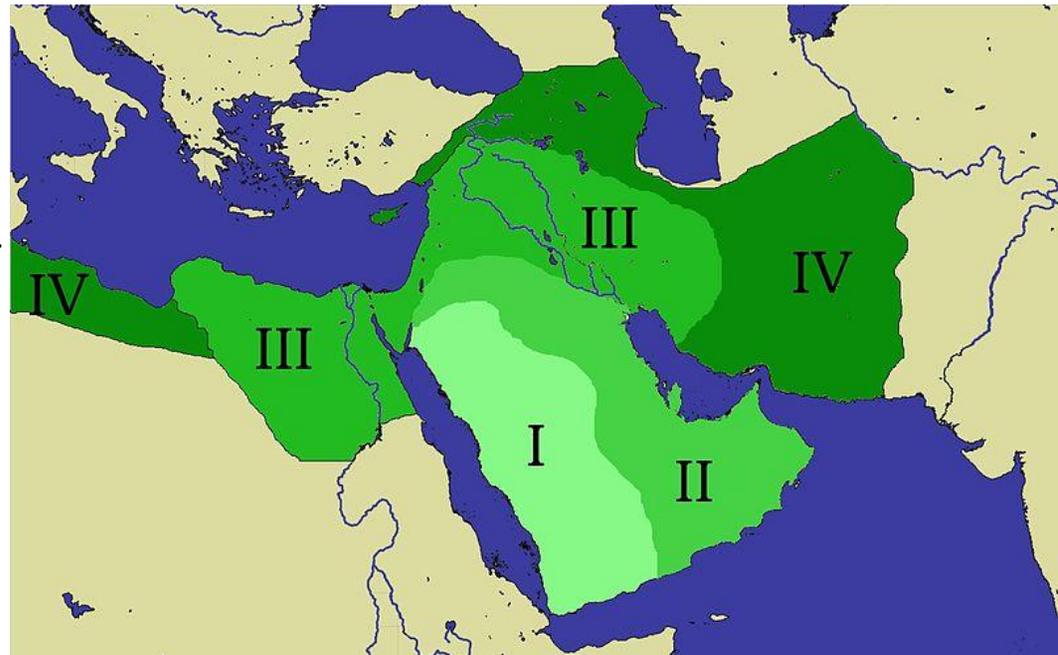
Dhimmis (« peuples du Livre »)

protection + restrictions

pas de conversion forcée

impôt spécial

pas de service militaire



# Les Omeyyades (661-750)

Guerre civile -> sunnisme et chiisme (+ kharijites)

Ali assassiné 661

## Les Omeyyades (Damas)

14 califes

Mu'āwiyah : gouverneur de Syrie 640-660; mort 680

Abd al-Malik (685-705)

673 assauts contre Constantinople (feu grégeois)

693 conquête de l'Afrique (Carthage tombe en 698)

710 Transoxiane, Turkestan

711 invasion de l'Espagne

732 Poitiers

Politique de prestige; luxe

et ostentation

(mosquée des Omeyyades à Damas)

Commerce méditerranéen et indien

Rivalité avec Byzance



# La révolution abbasside (750) ; l'apogée de l'empire abbasside (VIII-IX<sup>ème</sup> s.)

## Oppositions

- dynastiques (hachémites)
- religieuses (critiques du pouvoir matériel vs. « pureté » religieuse; chiites)
- « nationales » (Perse / Irak / Khurasan)

NB spécificité perse forte et durable : langue persane ↔ arabe (Coran)

## Massacre des Omeyyades en 750

(sauf Abd al Rahman : -> dynastie omeyyade de Cordoue - califat en 929)

## Dynastie abbasside (Abbas = oncle de Mahomet)

Centre de gravité -> Irak / Perse

Fondation de **Bagdad** 762 – la + grande ville du monde occidental

## Les grands califes

2. al-Mansur (754-775)
5. Harun al-Rachid (786-809)
7. al-Ma'mûn (813-833)

Essor économique, commercial, urbain, culturel

Rivalité avec Byzance; bataille de Talas contre les Tang en 751

# Le déclin du califat (IX<sup>ème</sup> – X<sup>ème</sup> s.)

Déclin du califat à partir de 2<sup>ème</sup> moitié IX<sup>ème</sup> siècle, accéléré au X<sup>ème</sup> s.

pouvoir des vizirs, souvent chiites

recours aux mercenaires turcs; nouvelle capitale : Samarra

tensions religieuses (chiites, Kharijites); révoltes (Zanj)

principautés (quasi-)indépendantes en Afrique de Nord, Égypte, Khurasan; Bahrein (Qarmates)

+ Espagne : califat omeyyade de **Cordoue** + Reconquista

+ Égypte : **Fatimides** : chiites ismaéliens / septimanins (califat Ifriqiya 909 - Le Caire 969 -> 1171)

+ Almoravides et Almohades (Berbères; Espagne)

# Fin des abbassides; successeurs

Turcs **seldjoukides** (Ispahan; vers 985 – dynastie 1051-1194)

Royaumes chrétiens de Palestine

**Saladin** (1137-1193) : Égypte + Syrie (Jérusalem 1187)

**Mamelouks** (1250-1517)

**Mongols**

Gengis Khan (1162-1227) et successeurs

(Chine; Europe; califat abbasside)

**destruction de Bagdad 1258** (Hulagu)

arrêtés par Mamelouks

Tamerlan et les timourides

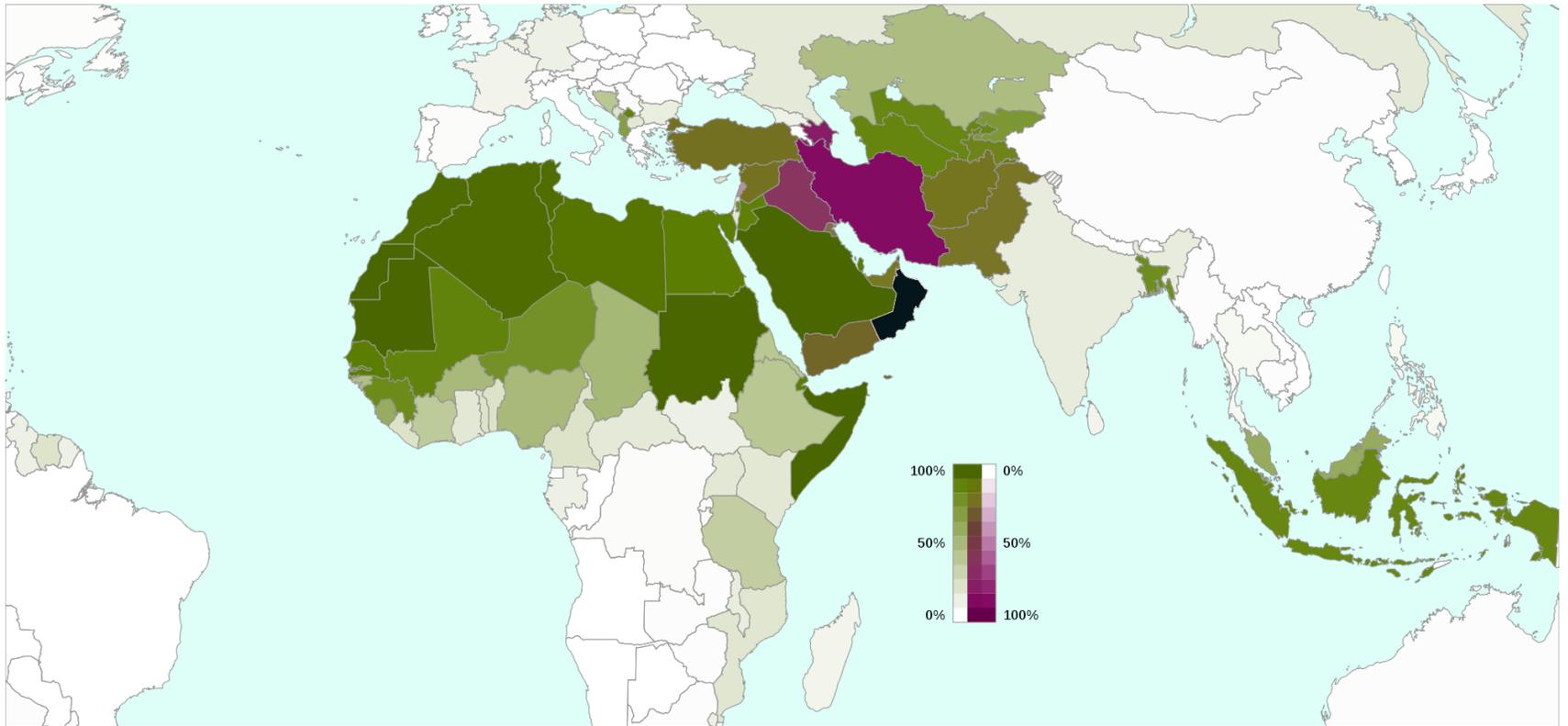
turco-mongol (1336-1405)

L'empire **ottoman** : XIII<sup>ème</sup> s. – 1920

Anatolie; Balkans; Byzance (1453); Ifriqiya



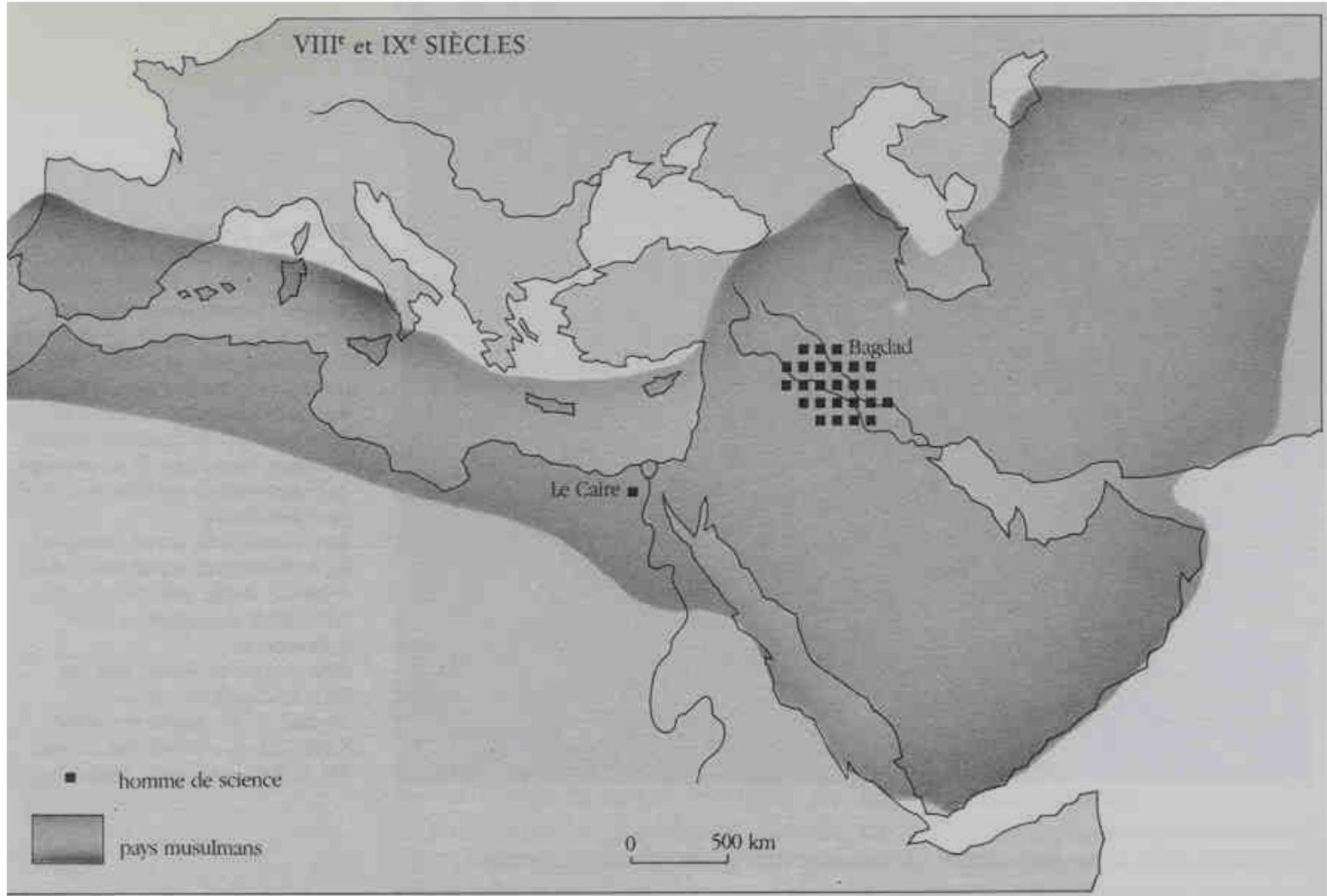
# L'islam aujourd'hui



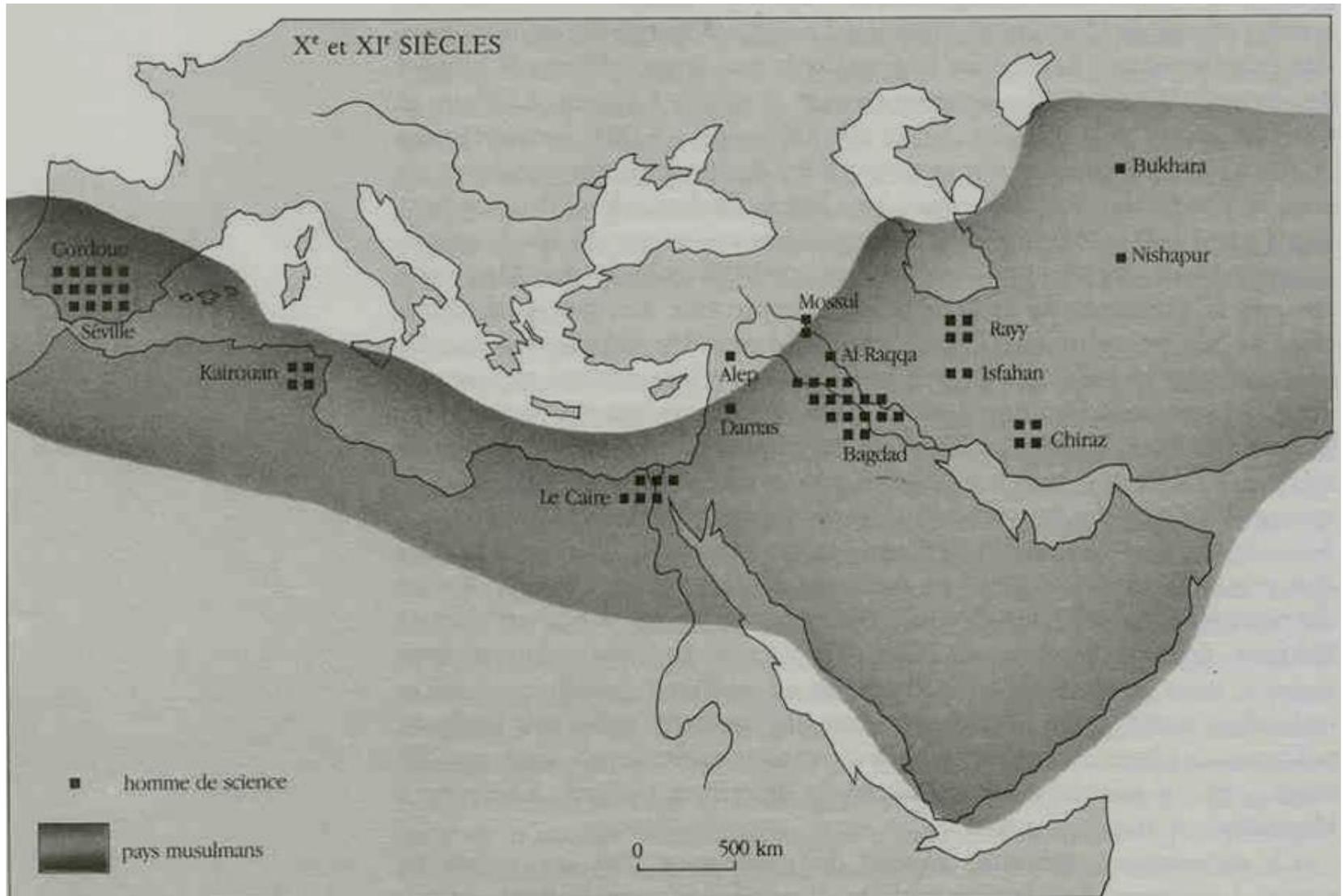
1,8 milliard (24% population mondiale); 90% sunnites

# **La science arabo-musulmane**

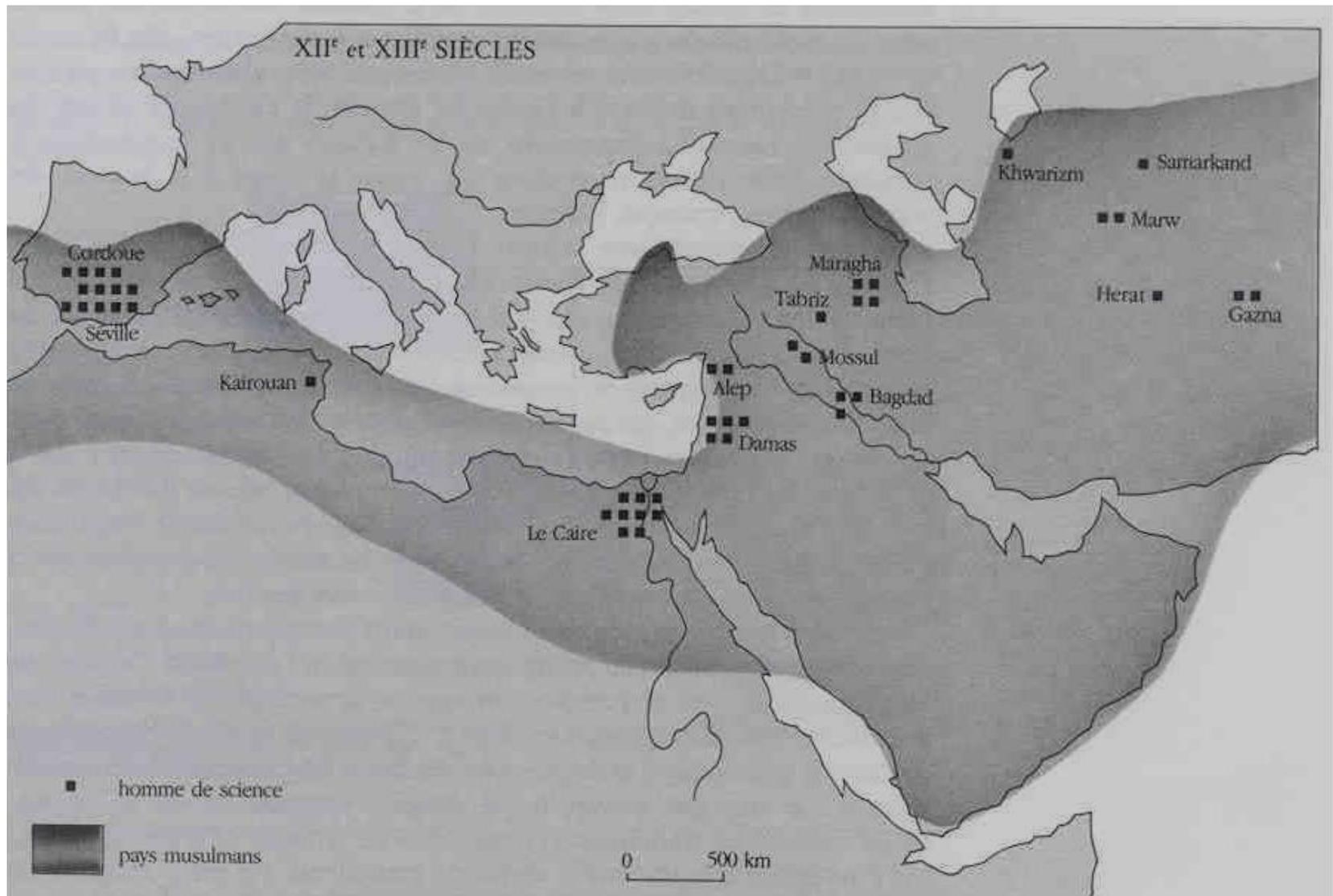
# Savants et lieux de savoir (VIII<sup>ème</sup> – IX<sup>ème</sup> s.)



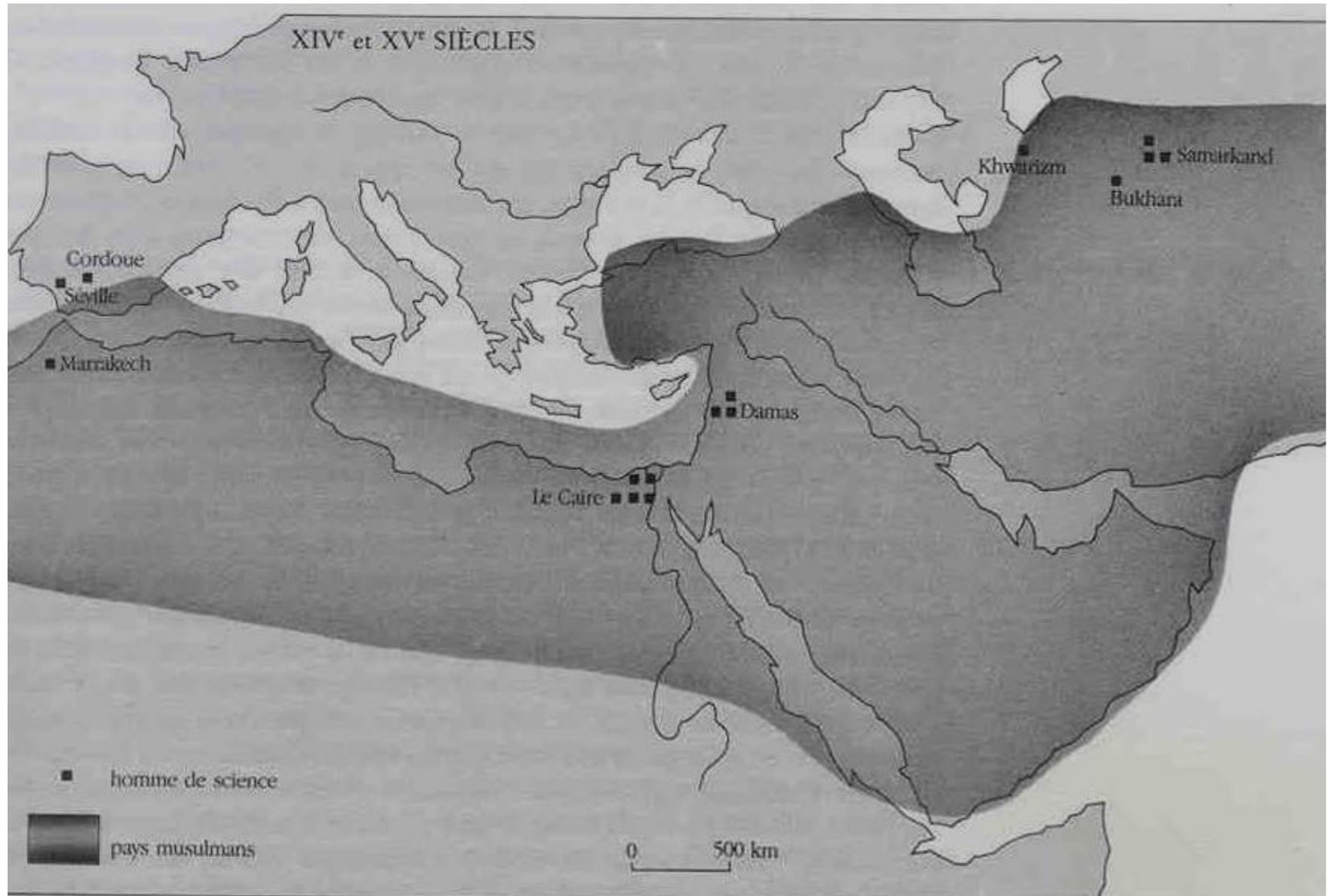
# Savants et lieux de savoir (X<sup>ème</sup> – XI<sup>ème</sup> s.)



# Savants et lieux de savoir (XII<sup>ème</sup> – XIII<sup>ème</sup> s.)



# Savants et lieux de savoir (XIV<sup>ème</sup> – XV<sup>ème</sup> s.)



# Aux sources du mouvement d'appropriation culturelle

« *Il n'y a rien de semblable dans toute l'histoire du monde, sinon l'assimilations par les Japonais de la science et de la technologie modernes à l'époque de Meiji* » (G. Sarton)

- vieilles civilisation des pays de conquête + échanges commerciaux  
héritage grec; tradition iranienne; pensée indienne
- encouragements du corpus coranique  
*La quête de la connaissance est une obligation pour tout musulman*  
*Chercher la connaissance du berceau à la tombe*  
*Celui qui voyage en quête de la connaissance voyage dans la voie de Dieu vers le Paradis*  
*Va chercher la connaissance, fût-ce jusqu'en Chine*  
*L'encre des savants est plus précieuse que le sang des martyrs*
- motivations politiques des Abbassides  
contexte perse : rôle du Livre; environnement chiite  
imposition du **mu'tazilisme** (querelle du « Coran incréé »)  
enjeu intellectuel dans lutte idéologique  
élément de prestige (ex.: recherche de manuscrits par voie diplomatique)
- vaste empire unifié, pacifique; tolérance; pèlerinage à La Mecque; promotion pas marchands

NB aussi oppositions ! ex. Al-Ghazali « *L'incohérence des Philosophes* » (1095)

# *La Maison de la Sagesse*

## **Gundishapur** (S-O de l'Iran)

école de médecine

+ nestoriens chassés d'Edesse

+ 529 Chosroes I<sup>er</sup> accueille les philosophes païens chassés d'Athènes par Justinien

-> rencontre traditions grecque, persane, syrienne, indienne

**disputes christologiques** entre sectes chrétiennes, particulièrement en Syrie

(chalcédoniens, nestoriens, monophysites / jacobites)

mobilisent science grecque, en particulier logique

traductions en syriaque des classiques grecs (Galien, Hippocrate, Aristote, astronomie, math.)

Abbassides: l'héritage de Gundishapur passe à Bagdad

## **832 al-Ma'mûn : Maison de la Sagesse *Beit Al-Hikma***

Premiers traducteurs : notamment chrétiens syriaques

**Hunayn ibn Ishaq** traductions du grec et du syriaque

# Le mouvement de traduction

## Problèmes de la « traduction »

- leçons différentes des manuscrits; comparaisons critiques
- caractère fragmentaire des textes disponibles
- le lexique n'existe pas en arabe
  - translittération ex. « faylasûf » / falasifa
  - lexiques de plantes, animaux, minéraux...
- vérifications
  - missions d'exploration
  - expéditions de (re)mesure du rayon de la Terre
  - corrections à Ptolémée (al-Farghani, al-Battani)
- attributions erronées (« Théologie » d'Aristote < Plotin); usurpations
- enrichissement / approfondissement conceptuel : retour aux racines ; recherche d'équivalents arabes; caractères propres de la langue arabe

*« Il ne suffit pas de savoir du grec pour comprendre Aristote ou Platon (...) il faut encore savoir de la philosophie »*

A. Koyré

Le mouvement de traduction prépare le mouvement de création originale.

# Philosophes et savants

## Savants arabes

souvent philosophes, mathématiciens, astronomes, physiciens, médecins, alchimistes, mais aussi géographes, historiens, sociologues, linguistes, juristes

## Philosophes

**al-Kindî** le « Philosophe des Arabes ») pas d'opposition entre philosophie et vérité prophétique (connaissance des philosophes grecs)

**Al-Razi (Razes)** médecin, philosophe empiriste

**Al-Farabi** commentateur d'Aristote, néo-platonicien, maître d'Avicenne

**Ibn Sîna** (Avicenne) médecin, philosophe, esprit universel

**Ibn Rushd** (Averroès) Aristote et la “double vérité”, rationnelle et révélée

**Moshe ben Maïmon** (Maimonide) médecin, philosophe, guide de la communauté juive; synthèse judaïsme aristotélisme

# Principaux savants

Jabir ibn Hayyam (Gébert) Khurasan ~721, Koufa ~815 (al-)chimie

Al-Khwarizmi Khârezm ~780, Bagdad ~850 Maison de la Sagesse, math, astronomie, géographie

Al-Kindi Koufa 796 ou 801, Bagdad 866 ou 873, Maison de la Saesse, philosophie, arithmétique

Hunayn ibn-Ishaq al-Hira (Irak) ~808, Bagdad 873 Maison de la Sagesse, médecin, traductions

3 frères Banu Musa IX<sup>e</sup> s, Bagdad Maison de la Sagesse, math., astronomie, machines; mécènes

Al-Farghani (Alfraganus) Sogdiane, début IX<sup>e</sup> s, Le Caire après 861, astronomie

Abu Kamil Égypte? 830-850?, ? 900 algèbre

Thabit ibn Qurra Syrie 836, Bagdad 901, sabéen, Maison de la Sagesse, géométrie, astronomie, trigono., théorie des nombres, traductions

Al-Battani (Albategnius) Harran (S-E Anatolie) < 858, Samarra 929, astronomie, trigono

Al-Razi (Rhazes) Rayy 865, 925/935, médecin, clinicien, alchimie, philosophe empiriste

Al-Farabi Transoxiane 872, Damas 950 philosophie

Al-Masudi Bagdad fin IX<sup>e</sup>, Le Caire 956 encyclopédiste, historien, géographe

Abu l-Wafa' Khorasan 940, Bagdad 998 algèbre, trigonométrie, géométrie

Abu Al-Qasim (Abulcasis) (Al-Andalus) 940, Cordoue 1013 médecine, chirurgie

Ibn Yunus Le Caire ~950, 1009 astronomie, trigonométrie

frères de la pureté Bassorah, vers 963 encyclopédie (chiisme)

## Principaux savants (suite)

- Al-Biruni Kharezm 973, Ghazni ~1048 « Le Maître » mathématicien, géographie, médecine, connaissance de l'Inde, encyclopédiste, esprit critique
- Ibn al-Haytham (Alhazen) Bassorah ~975, Le Caire ~1040 algèbre, géométrie, astronomie, optique
- Ibn Sina (Avicenne) Boukhara 980, Hamadan 1037 médecin, philosophe, esprit universel
- Al-Karaji Perse fin X<sup>e</sup>, > 1015, algèbre, ingénieur
- Al-Zarqali Tolède 1027, Cordoue 1087 astronome, fabrication astrolabe
- Omar Khayyam Nishapur ~1048, ~1131 algèbre, géométrie, astronomie; poète
- Ibn Bajja (Avempace) Saragosse ~1080, Fès 1138 philosophe, mathématicien, astronome
- Ibn Rushd (Averroes) Cordoue 1126, Marrakech 1198 philosophe, juriste
- Al-Idrissi Ceuta ~1101, Sicile 1166/1175 géographe, cartographe
- Moshe ben Maïmon (Maimonide) Cordoue 1138, Le Caire 1204 médecin, philosophe
- Al-Bitruji (Alpetragius) Séville ?, Maroc ~1204 astronome, philosophe
- Al-Jazari Haute-Mésopotamie fin XII<sup>e</sup>, Anatolie ? XIII<sup>e</sup> physicien, ingénieur
- Nasir al-Din al-Tusi Tus (Iran) 1201, Bagdad 1274 géométrie, trigono, astronomie, géographie; observatoire de Maragha
- Ibn Battuta Tanger 1304, Marrakech ~1368 géographe, explorateur
- Ibn Khaldun Tunis 1332, Le Caire 1406 historien, sociologue

# Classification des sciences

Tradition antique, héritage aristotélicien

science et philosophie

science observationnelle et déductive, ni mathématisée ni expérimentale au sens moderne

Arabes : + esprit pratique, intérêt pour phénomènes concrets, approche quasi expérimentale

sciences théoriques / sciences pratiques

théorie des nombres / calcul

astronomie / astrologie

sciences « humaines et sociales »

sciences « coraniques » : théologie, droit, linguistique (langue arabe)

histoire, sociologie

sciences mathématiques

maths. proprement dites : numération, algèbre, géométrie, trigono, th. des nombres, combinatoire

astronomie observationnelle et théorique

géographie

optique

mécanique, sc. des machines

sciences de la matière : (al)chimie, géologie, minéralogie; techniques

sciences de la vie : botanique, zoologie, agronomie; médecine, physiologie

# Numération; chiffres indiens, zéro

## Écriture des nombres

Grecs : suivant l'alphabet : jusque 10, dizaines, centaines, -> myriade (10 000)

système mésopotamien : sexagésimal (base 60), de position (+ zéro de position)

système indien : décimal (base10), de position, 10 chiffres (dont 0 – comme *chiffre*)

Valeur	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Gujarati</u>	૦	૧	૨	૩	૪	૫	૬	૭	૮	૯
<u>Gurmukhi</u> ( <u>Pendjabi</u> )	੦	੧	੨	੩	੪	੫	੬	੭	੮	੯
<u>Devanagari</u> ( <u>Hindi</u> )	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९

## al-Khwârizmî

« *A propos de la numération des Indiens* »

-> chiffres « arabes », sous différentes versions (orient / occident)

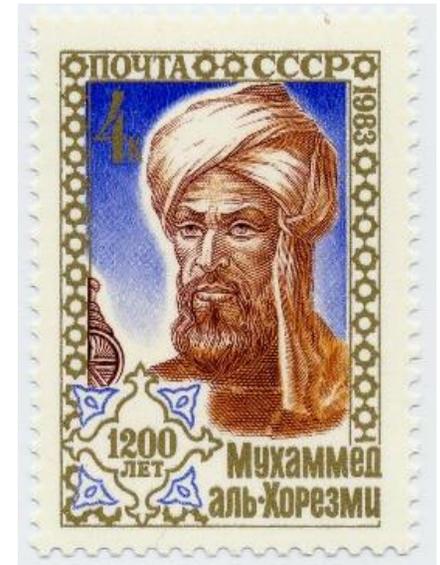
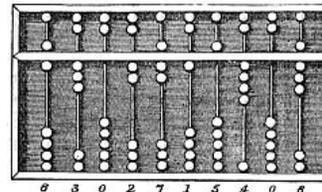
+ techniques opératoires (addition, mult., division, extr. racines carrées)

-> algorithme

## remarques sur le calcul

Renaissance : abacistes et algébristes

système sexagésimal reste utilisé en astronomie



# L'algèbre, une science nouvelle

## al-Khwarizmi

### *al-jabr et al-muqabala*

$$2x^2 + 100 - 20x = 58 \quad (\text{NB formulations purement rhétoriques !})$$

*al-jabr*: “complément” : se ramener à coefficients positifs

$$2x^2 + 100 = 20x + 58$$

*al-muqabala*: “réduction”, balancement : réduire les termes des deux membres

$$2x^2 + 42 = 20x$$

$$x^2 + 21 = 10x$$

*coefficient 1 pour  $x^2$*

## classification des équations du deuxième degré

six formes canoniques : équations à coefficients positifs et racines réelles

$$ax^2 = bx \quad ax^2 = c \quad bx = c \quad ax^2 + bx = c \quad ax^2 + c = bx \quad ax^2 = bx + c$$

conditions d'existence (*impossibilité de  $ax^2 + bx + c = 0$* ).

seulement racines réelles positives sont admises :

négatifs et zéro n'« existent » pas / ne sont pas des « nombres » jusqu'à la Renaissance  
différence avec les Indiens (et les Chinois)

algorithmes pour les résoudre + démonstrations géométriques

Illustrations (commerce, arpentage, héritages)

## Algorithme

« Que le carré et dix racines valent 39 unités.

La règle est que tu divises les racines en deux moitiés, ici on obtient 5, que tu multiplies par lui-même, on a 25, que tu ajoutes à 39 et on obtient 64.

Tu prends la racine qui est 8, tu en retranches la moitié du nombre des racines qui est 5, il en vient 3 qui est la racine du carré que tu cherches, le carré est 9. »

## Démonstration géométrique

Posons un carré  $a b$ , qui représente le carré de l'inconnue; son côté est donc l'inconnue.

Deux côtés perpendiculaires du carré sont prolongés d'une longueur de la moitié de 10 soit 5.

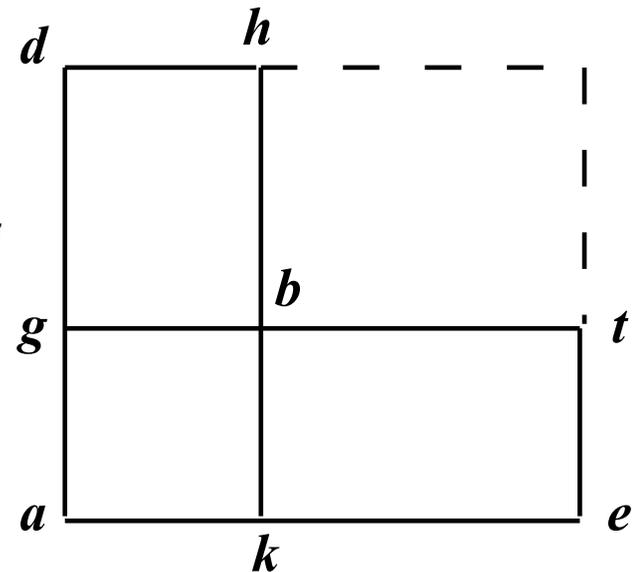
On peut alors construire sur ces côtés du carré deux rectangles, les rectangles  $g h$  et  $t k$ , dont un côté vaut l'inconnue et l'autre 5.

Le total des deux rectangles vaut donc dix fois l'inconnue et celui de la figure formée par le carré posé au départ et les deux rectangles vaut 39, puisqu'il correspond à la valeur du carré de l'inconnue et de dix fois l'inconnue.

Si on complète cette figure pour en faire un carré en ajoutant un carré de côté 5, la surface de ce dernier carré aura pour aire  $5^2$ , soit 25 qui s'ajoutent à 39 pour donner 64.

Le côté du grand carré  $d e$  vaut donc  $\sqrt{64}$ , soit 8.

Pour connaître l'inconnue, il reste à retirer 5 de 8, ce qui fait 3.



# L'algèbre, une science développée

Traité d'algèbre pure (Abu Kamil); coefficients irrationnels, ...  
algèbre des polynômes  
formule du binôme  $\rightarrow$  degré 12 – triangle de Pascal (al-Karaji)  
théorie des fractions décimales

## équations du 3<sup>ème</sup> degré

(duplication du cube, trisection de l'angle, section de la sphère en proportion donnée, construction de l'heptagone régulier)

**Omar Khayyām** (Nishapur ~1048, 1131)

*Ne crois pas que tu sauras quelque chose  
quand tu auras franchi la porte de la Mort.  
Paix à l'homme dans le noir silence de l'Au-Delà !*

classification éq. du 3<sup>ème</sup> degré  
tentatives de résolution par algorithme (XVI<sup>ème</sup> s.)  
solutions géométriques (intersection de 2 coniques)

# Théorie des nombres; combinatoire

## Théorie des nombres

théorie des fractions

question des irrationnels

question pratique pour tables

traités *de facto* de + en + comme nombres, sans distinction (Euclide) avec rationnels

étude des nombres parfaits, amiables, décomposition en facteurs premiers; triplets pythagor., ...

dextérité :  $\pi$  17 décimales par polygones inscrits et circonscrits

## Combinatoire

cf. questions de linguistique

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī

# Géométrie

Géométrie grecque (Euclide, Apollonius, Menelaüs, ...)

constructions géométriques, aires et volumes  
cf architecture

nouveaux outils (algèbre, analyse numérique)

**méthodes infinitésimales** / exhaustion

(cf. Archimède)

Banu Musa, Thabit ibn Qurra, Ibn al-Haytham



Boukhara, XVI s

## **Théorie des parallèles**

tentatives de démontrer par l'absurde le postulat d'Euclide

(construction du quadrilatère)

al-Biruni, Ibn al-Haytham, Omar Khayyam, Nasir al-Din al-Tusi

-> énoncés équivalents du postulat

connu de Wallis au XVII<sup>ème</sup> -> géom. non-euclidiennes

# Trigonométrie

Trigonométrie plane et sphérique  
Importance pour l'astronomie

Hipparque, Ptolémée : tables de cordes d'un arc

Indiens : sinus (1/2 corde de l'arc double), cosinus, sinus-verse - tables (IV<sup>ème</sup>-V<sup>ème</sup> s)

(G. de Crémone : terme indien *jiva* repris par arabes en *jaib*, homonyme de « anse, sein » = sinus)

Constitution comme science à part entière  
sécante, tangente, sinus d'une somme, ...

tables : utilisation des théorèmes de base; procédés d'itération, interpolation

Traité al-Biruni, Nasir al-Din al-Tusi

# L'astronomie, science noble

Intérêt traditionnel des Arabes du désert

« science la plus noble, la plus haute et la plus belle », qui révèle la puissance de Dieu  
10 000 manuscrits conservés – encore largement à exploiter

+ favorisée par exigences du culte

calcul du début du Ramadan : apparition du premier quartier de Lune au-dessus de l'horizon  
(différentes conventions); dépend de longitude

qibla = direction de La Mecque : orientation de la prière, des mosquées (différentes traditions)

problème de trigono. sphérique

heures des prières

+ utilité pour voyages et commerce : géographie, navigation

+ science « pratique » = astrologie (cf. Tetrabiblos de Ptolémée) !

mais critiques de al-Farghani, al-Biruni, Ibn al-Haytham, Ibn Sina, Ibn Rushd, Maimonide, ...

NB astronomie stimule développement des math. (trigonométrie) et de l'optique

# Origines de l'astronomie arabe

Astronomie indienne, perse; traductions du sanskrit et du pehlevi

*Zij* indiens (tables astro. et trigono)

770 : astronome indien à la cour de Al-Mansour

héritage grec : Hipparque, *Almageste* de Ptolémée (Alexandrie ~100, 178)

observations -> améliorations (tables et catalogues; phénomènes nouveaux)

cadre théorique -> acceptation / contestation

Développements jusqu'aux XV<sup>ème</sup> - XVI<sup>ème</sup> s.

Rayonnement considérable (Europe, Inde, Chine)

noms d'étoiles : Aldébaran ( $\alpha$  Tauri) , Altair ( $\alpha$  Aquilae)

termes d'astronomie : « alidade » (théodolite), « azimut »

# L'astronomie, science de l'observation

Science par excellence de l'observation

instruments

gnomon, astrolabe plan, sphère armillaire, quadrant,  
astrolabe sphérique (invention arabe), ...



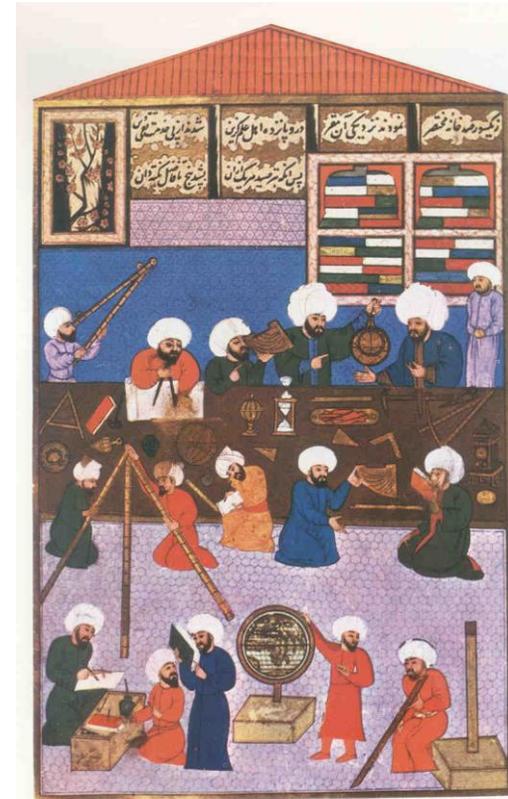
observatoires

Bagdad, Damas (al-Mamun), Le Caire (~990),  
Cordoue, Tolède (XI s), Maragha (Ulugh 1259; + astro. chinois)  
Samarkand (Ulugh Beg 1420)

catalogues et tables

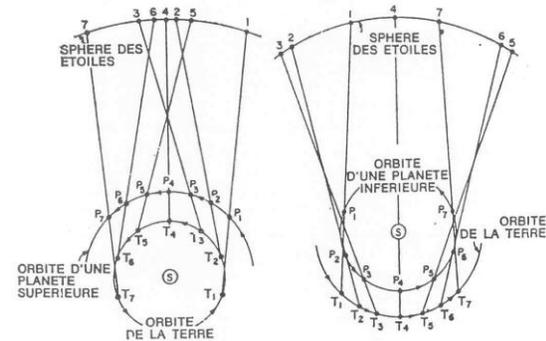
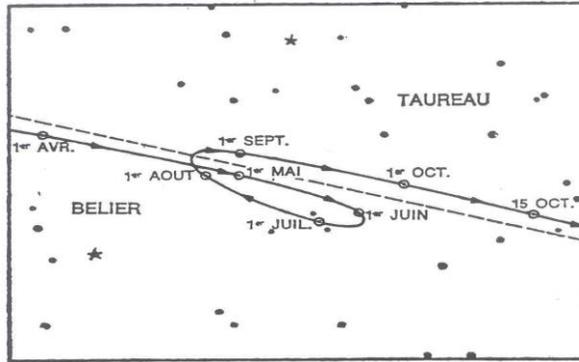
durée de l'année, obliquité de l'équinoxe, ...

al-Khwarizmi, Banu Musa, al-Battani, al-Farabi, Abu l-Wafa',  
Ibn Yunus, al-Biruni, Nasir al-Din al-Tusi



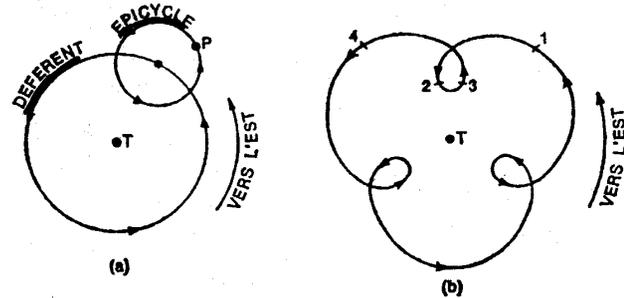
# L'astronomie théorique

Terre immobile; étoiles « fixes » + planètes; mouvements circulaires



sphères homocentriques (Eudoxe, Aristote)

Hipparque, Ptolémée : déferent + épicycles  
(ou excentrique); équant



Discussions, contestations

Alhazen : le modèle de Ptolémée n'est pas physique

école andalouse : al-Zarqali, Ibn Bajja (Avempace), al-Bitruji – retour à Aristote

école de Maragha (Nasir al-Din al Tusi) : transmission vers Copernic ? rotation de la Terre ?

# La géographie

**Ptolémée : *Géographie*** : cartographie (méridiens et parallèles), coordonnées de 8000 localités  
+ savoirs persans

Géographie liée à astronomie

rayon de la Terre

mesure de latitude

mesure de longitude

< différence entre heures locales d'observation d'une éclipse de Lune (Hipparque, Ptolémée)

+ estimations linéaires

(NB fortes surestimations par Ptolémée de longueur de Méditerranée)

Géographie administrative et cartographie

cartes administratives (provinces), routes (poste; voyages – pèlerinage)

al-Khwarizmi, al-Biruni

Récits de voyage et géographie descriptive (physique et humaine)

al-Idrissi « *Livre de Roger* », planisphère

Ibn Battuta : de Volga à Tombouctou, de Tanger au Fujian

Ibn Khaldun : histoire comme science, étude de la société (bédouins / sédentaires)

# L'optique

**Ibn al-Haytham** (Alhazen)

domine l'optique jusqu'à Kepler

Importance de l'optique pour l'astronomie

optique géométrique – cf. Ptolémée, traité de dioptrique; cf. Kepler

effets de la réfraction : dimension du Soleil sur l'horizon, position des astres, ...

+ mirages, arc-en-ciel

Alhazen : démarche expérimentale, attaché aux faits

*La vérité est recherchée pour elle-même... Une personne qui étudie les livres scientifiques en vue de connaître la vérité, devrait se transformer en un critique hostile de tout ce qu'il étudie... Et engagé ainsi dans l'esprit critique, il devrait aussi se méfier de lui-même et ne pas se permettre d'être laxiste et indulgent envers l'objet de sa critique.*

Expérimentation; chambre noire

Tradition antique

2 problèmes intriqués : propagation de la lumière // physiologie de la vision

émission du rayon par l'œil (Euclide) / par l'objet (Alhazen)

Alhazen: propagation en ligne droite, à vitesse variable selon le milieu

lois de la réflexion, étude de la réfraction

intuition de décomposition du vecteur vitesse en 2 composantes orthogonales

# Chimie, alchimie et sciences de la matière I

Sciences étroitement associées aux techniques

techniques du feu : métallurgie, poterie, verre; sciences des colorants et teintures, dorure des métaux; parfumerie; pharmacologie; minéralogie; géologie

soubassement théorique (Aristote)

les 4 éléments (eau, air, feu, terre), les 4 qualités (chaud, froid, sec, humide)

cf. médecine – 4 humeurs de Galien; santé = justes proportions; médecine : les rétablir

Alchimie (< Alexandrie + Inde ?)

deux « principes » : soufre et mercure;

objectif : transmutation des métaux (Chine : immortalité, élixir de vie)

opérations matérielles

broyage, dissolution, fusion, distillation, filtrage, sublimation, calcination, ...

ex « mûrissement » des métaux dans la terre <-> transmutation = reproduire, accélérer

+ conception du monde, de la nature, spiritualité

correspondances

microcosme / macrocosme

métaux / planètes, etc.

# Chimie, alchimie et sciences de la matière II

Jabir ibn Hayyam (Geber); al-Razi; al-Farabi, ...

Critiques de l'alchimie: al-Biruni, Ibn Sina, Ibn Kaldun

Héritage

perfectionnement des techniques (distillation)

acide nitrique

nombreux mots d'origine arabe dans langue des sciences et techniques:

alcali, alchimie, alcool, amalgame, ambre, aniline, azur, benzène, borax, bougie, élixir, goudron, julep, marcassite, massicot, matras, mazout, natron, réalgar, soude, talc,

## Remarque sur l'atomisme

Prohibé par Aristote et toute la science hellénistique – à l'exception des épicuriens (Lucreèce)

car le vide ne peut pas exister !

doctrine « matérialiste » (ne pas avoir peur de la mort, les dieux n'existent pas)

Paradoxalement, les acharites (depuis X<sup>e</sup> s; al-Ghazali (1058-1111) défendent l'atomisme :

le fait que le monde ne s'effondre pas est la manifestation de la toute-puissance de Dieu

# Médecine, physiologie, sciences de la vie

**Médecine** arabe particulièrement brillante et influente; un continent en soi !

Héritage de **Galien** (Pergame ~129, Rome ~201); théorie de humeurs

+ approche expérimentale et critique (al-Razi, Ibn Sina)

Encyclopédies : al-Razi, Abu'l-Qasim (Abulcasis), al-Biruni, Ibn Sina (Canon), ...

diagnostic: pouls, urines; notation détaillée des cas cliniques

anatomie et physiologie (petite circulation)

chirurgie (opération cataracte)

ophtalmologie

psychothérapie

épidémiologie (direction des vents), hygiène, santé publique; hôpitaux

## **botanique, zoologie, agronomie**

héritage d'Aristote, Théophraste, Dioscoride

recueil de « merveilles »

étude des simples, pharmacopée, poisons

traités d'agronomie, y compris irrigation

introduction / diffusion de nouvelles espèces

très nombreux mots fr. d'origine arabe : abricot, aubergine, artichaut, épinard, haschisch, nénuphar, estragon, harissa, safran, caroube, orange, pastèque, lilas, moka, muguet, ...

# La transmission vers l'Occident

« **Redémarrage** » en Occident aux XI<sup>ème</sup> - XII<sup>ème</sup> siècles

innovations techniques (provenant notamment de Chine via le Moyen-Orient) :

collier d'épaule, ferrage; moulins; assolement triennal; métallurgie; gouvernail d'étambot, ...

progrès de la productivité agricole et de la démographie

renforcement du pouvoir politique (implications sur la production, sur le commerce)

(ré-)urbanisation : le « *chantier urbain* » – les cathédrales (Chartres, Paris, Reims, etc.)

Besoin de clercs instruits → **écoles cathédrales** (Chartres), précurseurs des universités

découverte de la science antique et arabe :

## **premiers contacts directs**

école de médecine de Salerne (fondée IX<sup>ème</sup> s)

Gerbert d'Aurillac, futur Silvestre II (940?, 1003) chiffres arabes, algèbre

Leonardo Fibonacci (Léonard de Pise) (1170, 1245) algèbre

**traductions** de l'arabe, en Espagne (**Tolède**) et en Sicile, aux XII<sup>ème</sup> - XIII<sup>ème</sup> s

œuvres d'Euclide, Ptolémée, Aristote, Archimède, Galien, Al-Khwarizmi, al-Kindi, al-Razi, al-Farabi, Ibn Sina, ...

traducteurs : Constantin l'Africain, Adélard de Bath, **Gérard de Crémone** (v. 1114 - v. 1187),

Jean de Séville, Hermann de Carinthie, Dominique Gundisalvo, Platon de Tivoli,

Robert de Chester, Pierre Alfonso, Alfred l'Anglais, Michael Scot, Hermann l'Allemand, ...

« *Les Arabes ont été les maîtres et les éducateurs de l'Occident latin (...), et non seulement et simplement ainsi qu'on le dit trop souvent, intermédiaires entre le monde grec et le monde latin.* »

# Références

- P. Benoit et F. Micheau, *L'intermédiaire arabe ?*, in M. Serres, dir., *Éléments d'Histoire des Sciences*, Bordas, 1989
- A. Djebbar, *Une histoire de la science arabe*, Points-Sciences, Le Seuil, 2001
- D. Gutas, *Pensée grecque, culture arabe, Le mouvement de traduction gréco-arabe à Bagdad et la société abbasside primitive (II<sup>e</sup>-IV<sup>e</sup> / VIII<sup>e</sup>-X<sup>e</sup> siècles)*, Aubier-Flammarion, 2005
- R. Rashed, dir., *Histoire des sciences arabes*, 3 vol., Le Seuil, 1997
- R. Taton, *Histoire des Sciences, La science antique et médiévale*, éd. Quadrige (PUF), 1957

# Hommages et remerciements

À Ahmed Djebbar, prof. ém., univ. Lille

À Hossam El-Khaddem, prof. ém. ULB

À Lolita Iven-Abramowicz

Aux étudiants de la Faculté des Sciences de l'ULB,

aux enseignants du secondaire qui se sont passionnés pour l'histoire des sciences arabes,

à Altaïr, asbl d'Histoire des Sciences de l'ULB