

# Histoire des sciences.

## Définition large

Le mot science, recouvre principalement trois concepts :

1. Savoir, connaissance de certaines choses qui servent à la conduite de la vie ou à celle des affaires.
2. Ensemble des connaissances acquises par l'étude ou la pratique.
3. Hiérarchisation, organisation et synthèse des connaissances au travers de principes généraux (théories, lois, etc.).

## Définition stricte

La science est « la connaissance claire et certaine de quelque chose, fondée soit sur des principes évidents et des démonstrations, soit sur des raisonnements expérimentaux, ou encore sur l'analyse des sociétés et des faits humains. ».

Cette définition permet de distinguer les trois types de science :

1. les sciences exactes, comprenant les mathématiques et les *sciences mathématisées* comme la physique théorique ;
2. les sciences physico-chimiques et expérimentales (sciences de la nature et de la matière, biologie, médecine);
3. les sciences humaines, qui concernent l'Homme, son histoire, son comportement, la langue, le social, le psychologique, le politique.

Il est impossible de connaître une science sans en connaître son histoire, l'histoire de ses tâtonnements et de ses erreurs.

L'histoire des sciences est intimement liée à l'histoire des sociétés et des civilisations.

La science, par ses découvertes, a su marquer la civilisation.

L'histoire de la science et des sciences peut se dérouler selon deux axes :

- l'histoire des découvertes scientifiques d'une part.
- l'histoire de la pensée scientifique d'autre part.

## L'évolution des sciences a travers le temps et les civilisations.

**Préhistoire** (vers 35000 avant JC - vers 3000 avant JC)

**Mésopotamie** (vers 3000 avant JC - vers 200 avant JC)

**Egypte** (vers 3000 avant JC - vers 330 avant JC)

**Chine** (vers 1300 avant JC - vers 1300 après JC)

**Grèce** (vers 700 avant JC - vers 500 après JC)

**Mayas** (vers 300 avant JC - vers 900 après JC)

**Romains** (vers 100 avant JC - vers 400 après JC)

**Inde** (vers 200 - vers 1200)

**Arabie** (vers 700 - vers 1400)

**Europe** (vers 900 - aujourd'hui)

**Mondialisation** (vers 1900 - aujourd'hui).

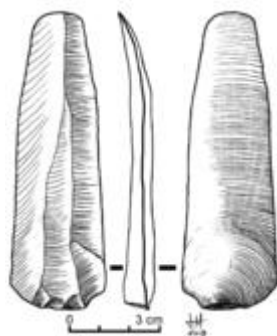
# Les premières traces :

## 1- Préhistoire (vers 35000 avant JC - vers 3000 avant JC).

La technique précède la science dans les premiers temps de l'humanité. En s'appuyant sur une démarche empirique, l'homme invente très tôt des outils et découvre le feu (c'est la période du paléolithique, qui débute il y a - 2,5 millions d'années et qui s'achève vers le XI<sup>e</sup> millénaire av. J.-C.).

Durant cette période, on admet généralement que l'explication magique des phénomènes était la règle. Cependant, pour de nombreux paléontologues et préhistoriens comme Jean Clottes, l'art pariétal montre que l'homme d'alors possédait les mêmes facultés cognitives que l'homme moderne. Ainsi, l'homme préhistorique savait, intuitivement, calculer ou déduire des comportements de l'observation de son environnement, base du raisonnement scientifique.

Certaines « proto-sciences » comme le calcul ou la géométrie en particulier apparaissent, pour des raisons de comptage agricole.



L'usage du silex est la première invention d' *homos sapiens*.

## 2- Mésopotamie ( de 3000 avant JC à 200 avant JC).

Les premières traces d'activités scientifiques datent des premières grandes civilisations humaines du néolithique.

Pour André Pichot, dans *La Naissance de la science*, la science naît en Mésopotamie, vers - 3500, principalement dans les villes de Sumer et d'Élam.

Les premières interrogations sur la matière, avec les expériences d'alchimie, sont liées aux découvertes des techniques métallurgiques qui caractérisent cette période.

Mais l'innovation la plus importante provient de l'invention de l'écriture cunéiforme (en forme de clous), qui, par les pictogrammes, permet la reproduction de textes.

La numération est ainsi la première méthode scientifique à voir le jour, permettant de réaliser des calculs de plus en plus complexes, et ce même si elle reposait sur des moyens matériels rudimentaires.

L'écriture se perfectionnant (période dite *akadienne*), les sumériens découvrent les fractions ainsi que la numération dite "de position", permettant le calcul de grands nombres.

Le système décimal apparaît également, via le pictogramme du zéro initial, ayant la valeur d'une virgule, pour noter les fractions.

La civilisation mésopotamienne aboutit ainsi à la constitution des premières sciences telles :

- La métrologie, très adaptée à la pratique,
- L'algèbre (découvertes de *planches à calculs* permettant les opérations de multiplication et de division - ou tables d'inverses pour cette dernière; mais aussi des puissances, racines carrées, cubiques ainsi que les équations du premier degré, à une et deux inconnues),

- La géométrie (calculs de surfaces, théorèmes),
- L'astronomie enfin (calculs de mécanique céleste, prévisions des équinoxes, constellations, dénomination des astres).
- La médecine a un statut particulier; elle est la première science "pratique", héritée d'un savoir-faire tâtonnant.



Une tablette d'argile en écriture cunéiforme

### 3-Égypte pharaonique

L'Égypte antique, de - 3110 avant J.C à 324 après J.C va développer l'héritage mésopotamien, néanmoins, en raison de son unité culturelle spécifique, la civilisation égyptienne donnera « une certaine continuité dans la tradition scientifique de l'époque, et au sein de laquelle les éléments anciens restent très présents.

L'écriture des hiéroglyphes permet la représentation plus précise de concepts; on parle alors d'une écriture idéographique. La numération est de base 10, mais les égyptiens ne connaissent pas le zéro. Contrairement à la numération sumérienne, la numération égyptienne évolue vers un système d'écriture des grands nombres (entre - 2000 et - 1600 avant J.C) par *numération de juxtaposition*. La géométrie fit principalement un bond en avant. Les égyptiens bâtissaient des monuments grandioses en ne recourant qu'au système des fractions symbolisé par l'œil d'Horus, dont chaque éléments représentait une fraction.



L'œil Oudjat, ou œil d'Horus.

Dès - 2600 avant J.C, les égyptiens calculaient correctement la surface d'un rectangle et d'un triangle. Il reste peu de documents attestant l'ampleur des mathématiques égyptiennes, seul le *papyrus de Rhind* (datant de - 1650 avant J.C) éclaire les innovations de cette civilisation qui sont avant tout celles des problèmes algébriques (de division, de progression arithmétique, géométrie).

Les égyptiens approchent également le nombre Pi, en élevant au carré les 8/9 du diamètre, découvrant un nombre équivalant à 3,1605 (au lieu de 3,1416).

Les problèmes de volume (de pyramide, de cylindre à grains) sont résolus aisément. L'astronomie progresse également : le calendrier égyptien compte 365 jours, le temps est mesuré à partir d'une "horloge stellaire" et les étoiles visibles sont dénombrées.

En médecine, la chirurgie fait son apparition. Une théorie médicale se met en place, avec l'analyse des symptômes et des traitements et ce dès - 2300 avant J.C (le *papyrus Ebers* est ainsi un véritable traité médical).

## 4- La Chine de l'Antiquité

Les Chinois découvrent ce que l'on nomme habituellement le théorème de Pythagore (que les Babyloniens connaissaient quinze siècle avant l'ère chrétienne).

Ils identifient la comète de Halley et comprennent la périodicité des éclipses. Ils inventent par ailleurs la fonte de fer, que l'Europe ne connaîtra qu'au XVIII<sup>e</sup> siècle.

Durant la période des Royaumes combattants, apparaît l'arbalète. En -104, est promulgué le calendrier *Taichu*, premier véritable calendrier chinois.

En mathématiques, les chinois inventent, vers le II<sup>e</sup> siècle av. J.-C., la numération à bâtons. Il s'agit d'une notation positionnelle à base 10 comportant dix-huit symboles, avec un vide pour représenter le zéro, c'est à dire la dizaine, centaine, etc. dans ce système de numérotation.



La numération "en bâtons" chinoise.

En 132, Zhang Heng invente le premier sismographe pour la mesure des tremblements de terre et est la première personne en Chine à construire un globe céleste rotatif.

La médecine progresse sous les Han orientaux avec Zhang Zhongjing et Hua Tuo, à qui l'on doit en particulier la première anesthésie générale.

La Chine de l'Antiquité a surtout contribué à l'innovation technique, avec les trois inventions principales qui sont :

- 1- Le papier (daté du II<sup>e</sup> siècle avant J.C.),
- 2- La poudre (la première trace écrite attestée semble être le *Wujing Zongyao* qui daterait des alentours de 1044)
- 3- La boussole, utilisée dès le XI<sup>e</sup> siècle, dans la géomancie. Le scientifique chinois Shen Kuo (1031-1095) de la Dynastie Song décrit la boussole magnétique comme instrument de navigation.



Maquette d'une cuillère indiquant le sud (appelée *sinan*) du temps des Han (206 avant J.-C. - 220 après J.-C.).

## 5- Sciences grecques

Les **sciences grecques** sont tout à la fois un ensemble de questionnements, de méthodes et de résultats à l'origine de la pensée mathématique et scientifique, qui se développera à partir du VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. jusqu'à nos jours sur tous les continents. Historiquement, c'est dans la Grèce antique que les sciences en tant que pensée rationnelle naissent, sous l'élan de philosophes en même temps penseurs et physiciens, ou même chefs religieux. Toutefois, le terme de *science* ne doit pas être pris au pied de la lettre : l'influence des philosophes, la spéculation, l'invention font partie du savoir grec, et c'est l'attitude scientifique qui nous intéresse ici, tant pour elle-même que pour son influence historique.

### L'influence ionienne

La culture grecque est relativement bien connue à partir des VIII<sup>e</sup> et VII<sup>e</sup> siècles av. J.-C., période à partir de laquelle la langue, les coutumes et les villes sont suffisamment unifiées pour que les habitants de la Ionie laissent des traces directes ou indirectes de leur vie d'alors. C'est là que la science grecque, en tant que progrès rationnel, débute et s'installe dans les cités que sont Milet, Chios, ou encore Samos. Il est certain que ce développement est tributaire d'un héritage très ancien, venant des civilisations minoenne et mycénienne d'abord, sumérienne et mésopotamienne ensuite. Mais il est aussi plus directement la manifestation de conditions de possibilités nouvelles, car les ioniens sont les premiers à vivre sous un régime politique choisi par eux, ainsi que des commerçants notables. Une dynamique particulière se met en place, qui permet à la science de naître sous l'égide du nombre.

C'est en effet avec les mathématiques que la science grecque débute, par les mains de Thalès de Milet. L'enseignement de Thalès est en partie rapporté par des textes apocryphes, mais son apport semble bien réel au regard du tournant scientifique que vit la Grèce antique à cette époque. Thalès ne s'intéresse pas aux seuls nombres, et son influence sera même toute autre : il adopte une attitude singulière, qui consiste à essayer d'expliquer le monde par un principe naturel déduit de l'observation et non pas par des principes surnaturels. Cela nécessitait de nombreuses spéculations, largement animistes, et qui paraissent n'avoir que très peu de valeur scientifique au regard des critères modernes. Pourtant, c'est précisément cette manière de voir le monde sous un angle intelligible qui est le fondement de la démarche rationnelle. De plus, ces spéculations n'étaient pas totalement fortuites : Thalès avance ainsi l'idée que la vie trouverait son origine dans l'eau, sur la base de ses observations quotidiennes.

Cette démarche est reprise par plusieurs autres penseurs dont on a la trace par les discussions qu'ils provoquèrent chez des scientifiques ultérieurs. Anaximandre, contemporain de Thalès, propose également une explication complète de la Terre et de l'Homme, en proposant des hypothèses où les dieux de la mythologie n'interviennent pas. Anaximène avance ensuite que c'est l'air qui est l'élément primordial du monde et de l'homme : l'âme est un souffle qui donne sa forme et sa consistance à la matière normalement inerte. Plus originale encore la pensée d'Héraclite, qui explique que le cosmos, la matière et l'homme sont en perpétuel mouvement, instables par nature, dévorés par le feu indomptable, ce qui empêche toute connaissance parfaite des choses. Cette idée d'une limite dans le savoir de l'homme, qui suppose déjà un questionnement sur la connaissance comme but idéal, est partagée par plusieurs des premiers philosophes grecs (par exemple Démocrite), et sera largement reprise pour critiquer le concept d'essence.

### **Naissance et développement de la science grecque**

À la suite de ces précurseurs de l'école ionienne, la pensée grecque se regroupe autour de plusieurs écoles dont la particularité est d'être liées à un enseignement original, majoritairement oral. Ces différentes écoles sont contemporaines l'une de l'autre ou bien se succèdent sur trois siècles féconds, dans une aire géographique relativement restreinte ; de là naissent les premiers antagonismes et les premières influences historiques.

## Les Présocratiques

La méthode scientifique est découverte dans la Grèce du VII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. C'est Aristote qui fait les premières démonstrations scientifiques et découvre la méthode scientifique. Les pré-socratiques sont les premiers philosophes à s'être interrogés sur les phénomènes naturels. Appelés les « *physiologoi* » par Aristote parce qu'ils tiennent un discours rationnel sur la nature, ils enquêtent sur les causes naturelles des phénomènes qui deviennent les premiers objets de méthode.

Thalès de Milet (v. 625-547 av. J.C) et Pythagore (v. 570-480 av. J.C) contribuent principalement à la naissance des premières sciences comme les mathématiques, la géométrie (théorème de Pythagore), l'astronomie ou encore la musique. Ces premières recherches sont marquées par la volonté d'imputer la constitution du monde - ou *cosmos* - à un principe naturel unique (le feu pour Héraclite par exemple) ou divin (l'Un pour Anaximandre).

Les pré-socratiques mettent en avant des principes constitutifs des phénomènes, les *archè*. La méthode présocratique est fondée sur les éléments de la rhétorique : les démonstrations procèdent par une argumentation logique et par la manipulation de concepts abstraits, bien que génériques. Cette première période est caractérisée par le refus de laisser les mythes expliquer les phénomènes naturels, comme les éclipses. Thalès fut ainsi le premier, en 585 av. J.C à calculer l'apparition d'une éclipse sur la base de calculs. L'atomisme, avec Héraclite ou Épicure, imagine que la matière est formée d'entités dénombrables et insécables. Par ailleurs, les grecs établissent que la terre est sphérique, par le calcul.

## Platon et la dialectique

Avec Socrate et Platon, qui en rapporte les paroles et les dialogues, la raison - *logos* en grec -, et la connaissance deviennent intimement liées. Le raisonnement abstrait et construit apparaît. Pour Platon, les *Idées* sont le modèle imaginaire de tout ce qui est sensible; en cela il fonde une démarche permettant de catégoriser le réel. Les sciences mettent sur la voie de la philosophie, au sens de discours sur la sagesse; inversement, la philosophie procure aux sciences un fondement assuré. L'utilisation de la dialectique, qui est l'essence même de la science complète alors la philosophie, qui a elle la primauté de la connaissance discursive (par le discours), ou *dianoia* en grec. Pour Michel Blay : « *La méthode dialectique est la seule qui, rejetant successivement les hypothèses, s'élève jusqu'au principe même pour assurer solidement ses conclusions* ». Socrate en expose les principes dans le *Théétète*<sup>2</sup>. Pour Platon, la recherche de la vérité et de la sagesse - la philosophie - est indissociable de la dialectique scientifique, c'est en effet le sens de l'inscription figurant sur le fronton de l'Académie, à Athènes: « Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre »<sup>3</sup>.

## La pensée aristotélicienne

Aristote et Physique.

C'est surtout avec Aristote, qui fonde la physique et la zoologie, que la science acquiert une méthode, basée sur la déduction. On lui doit la première formulation du syllogisme et de l'induction. Les notions de matière, de forme, de puissance et d'acte deviennent les premiers concepts de manipulation abstraite.<sup>6</sup> Pour Aristote, la science est subordonnée à la philosophie (c'est une « philosophie seconde »), et a pour objet la recherche des premiers principes et des premières causes, ce que le discours scientifique appellera le causalisme et que la philosophie nomme l' *aristotélisme*. Néanmoins, Aristote est à l'origine d'un recul de la pensée, par rapport aux présocratiques, quant à la place de la terre dans l'espace. Il fonde en effet le géocentrisme et considère que le cosmos est fini. Il détermine par ailleurs que le vivant est ordonné selon une chaîne hiérarchisée, mais sa théorie est avant tout fixiste. Il pose l'existence des premiers principes indémontrables, ancêtres des conjectures mathématiques et logiques. Il décompose les propositions en nom et verbe, base de la science linguistique.

## Héritages de la science grecque

Principaux précurseurs grecs de la science		
Période	Scientifiques	Contexte historique
VI <sup>e</sup> siècle av. J.-C.	Les précurseurs, artisans du « miracle grec »	
	Thalès de Milet	Les Jardins suspendus de Babylone, les réformes de Solon à Athènes
	Anaximandre	
	Pythagore	
-500 à -200 avt. J.-C.	Les lumières mondiales	
Âge d'or de la science et de la philosophie grecque	Zénon, Anaxagore, Mélès	Influences : Confucius, Eschyle, Périclès, Hérodote, Socrate
	Hippocrate de Cos, Hippocrate de Chios, Démocrite	
	Platon	
	Eudoxe, Callipe	Influences : Épicure fonde son école
	Aristote	
	Euclide	
	Archimède, Ératosthène, Apollonius de Perga	
	Philon de Byzance	
-200 à -50 avt. J.-C.	Les héritiers	
	Hipparque	-148 : la Grèce sous domination romaine -31 : la Rome impériale
	Vitruve	
	Héron d'Alexandrie, Ptolémée	

## 6- Les apports de ces civilisations Maya

### – Architecture

L'urbanisme maya est concentrique et s'organise autour de larges places qui rassemblent les lieux de pouvoir : temples, palais et bâtiments officiels, stades. Autour de ces places principales, un deuxième cercle accueille les demeures des nobles et les temples de moindre importance. Plus loin, les maisons du peuple, faites le plus souvent de terre séchée et de chaume et quelquefois de pierre à chaux, se déploient, sans plan prédéterminé de rues ni hiérarchie dans les bâtiments.

La forme emblématique de l'architecture maya est la pyramide en escalier. Pouvant atteindre 60 mètres, les pyramides sont peintes en rouge, la couleur du soleil et du sang, ou dans d'autres couleurs vives. Dans la symbolique maya, les installations cérémonielles reflètent

le paysage idéal créé par les dieux. Les pyramides représentent les montagnes, depuis lesquelles rois et prêtres accèdent au monde surnaturel qui leur permet de dialoguer avec les dieux. La pyramide elle-même est un énorme socle dont la fonction est de rehausser le temple, élément le plus important. Toute la symbolique est concentrée dans ce temple dont le but est de montrer que les dieux s'élèvent au-dessus du commun des mortels.

Si les mayas ignorent certains principes de construction comme la voûte, ils maîtrisent le mortier et la taille des pierres ainsi que la technique du plâtre. C'est à partir de celui-ci qu'ils enduisent leurs constructions de stuc peint.

#### **– Art**

De toutes les civilisations précolombiennes, celle des Mayas de l'époque classique (du IIIe au Xe siècle) est considérée comme ayant produit l'art le plus raffiné. C'est la raison pour laquelle les Mayas ont été qualifiés de « Grecs du Nouveau Monde » par les archéologues du XIXe siècle.

La sculpture, pratiquée surtout en bas-reliefs, orne l'architecture jusqu'à la recouvrir complètement. C'est sur les sites de Copan et de Palenque qu'on trouve les plus beaux témoignages de cet art. En plus de ces éléments architecturaux sculptés, les stèles, autels, bijoux, encensoirs ou masques portent tous la signature maya : un espace totalement rempli de jeux de courbes et de détails foisonnants.

La peinture nous est parvenue à la fois par les fresques, les codex et par la céramique. Les fresques sont surtout présentes à Bonampak, mais à l'origine, elles recouvraient nombre de pièces de temples et de palais. Elles représentent des personnages de profil, dans des scènes de rituels religieux, de tortures ou de sacrifices humains. Quant aux codex, les rares qui nous ont été transmis comportent des dessins qui témoignent du grand sens artistique des Mayas.

Les Mayas maîtrisent particulièrement bien les techniques de la céramique. Elle est utilisée tant pour la vie quotidienne que pour les cérémonies religieuses. Les motifs représentent des femmes, des animaux, quelquefois mythiques, et les dieux, dans un style proche de celui des sculptures. Les coloris utilisés sont vifs.

#### **– Écriture et littérature/légendes**

L'écriture maya, apparue au IVe siècle avant notre ère, est d'abord fondée sur un principe idéographique où chaque mot est représenté par un dessin. Elle évolue progressivement vers une forme mixte, à la fois idéographique et phonétique de type syllabique. Chaque glyphe se décompose en un signe principal et en signes complémentaires qui précisent le sens.

L'écriture dispose de plusieurs supports. Le premier, le plus apparent, est la pierre : ce sont les stèles et les monuments. Consacrés à la politique et à l'histoire des rois, ces supports de pierre se développent essentiellement pendant l'époque classique (du IIIe au IXe siècle). À Copan, le grand escalier hiéroglyphique constitue la plus longue inscription gravée du Nouveau Monde.

Les codex, ces livres faits de papier d'écorce d'arbres, sont d'abord religieux. Ce sont essentiellement des calendriers comportant des indications astrologiques demandant une compétence scientifique poussée. Les missionnaires espagnols ont détruit la plupart de ces codex, sous prétexte de combattre l'hérésie. Il ne subsiste plus aujourd'hui que quatre de ces ouvrages.

La céramique est également un support pour l'écriture maya, mais le style utilisé est très différent des autres modes d'écriture maya et les inscriptions ne sont pas aujourd'hui déchiffrables.

#### **– Maths**

Les avancées scientifiques mayas sont toutes tournées vers l'astronomie. En découvrant la culture maya, on est frappé par l'énorme fossé qu'il y a entre les connaissances générales mayas, peu développées – ces derniers ignorant par exemple la roue ou les systèmes précis de pesage – et l'ampleur de leurs connaissances astronomiques.

C'est pour calculer les mouvements du ciel, par exemple, qu'ils ont développé leurs connaissances en mathématiques. Les Mayas ont parfaitement maîtrisé le concept du chiffre zéro – au contraire des Grecs ou des Romains. L'année solaire du calendrier maya est exact à 0,0002 jour près, encore plus précis donc que le calendrier grégorien introduit en Europe en 1582.

Les Mayas ont un système de numération duodécimal, c'est-à-dire qu'ils comptent de 20 en 20. Trois signes sont utilisés pour écrire les nombres : le point, équivalent à un, la barre, équivalent à cinq, et enfin le coquillage, lequel symbolise le zéro et permet la numération de position.

La médecine maya traditionnelle est fortement ritualisée : les plantes médicinales sont administrées par les prêtres.

## **7- Les apports de la civilisation romaine**

Rome a eu de nombreux ingénieurs, dont certains d'une remarquable compétence tant au plan des ouvrages civils que militaires, et qui ont édifié des ouvrages dont l'ampleur est indéniable et nous surprend encore. Par contre, si certains savants ont illustré des zones de l'Empire (Alexandrie notamment), ces savants étaient le plus souvent des esclaves ou des affranchis d'origines grecques ou orientales. La mentalité romaine ne répugnait pas au travail intellectuel, à la réflexion et à l'étude, mais elle préférait une application pratique. Au moment où Rome est devenue une grande puissance, elle a reçu au travers des royaumes conquis tout ce dont elle a besoin des sciences pour les emplois pratiques. Mais fort heureusement, l'Empire romain n'a pas radicalement dédaigné tout ce qui n'avait pas un caractère strictement utilitaire. L'Empire romain forma aussi ses propres savants, ses écrivains, ses poètes, ses sculpteurs...

### **L'évolution des sciences :**

**Mathématiques** : NICOMEDE, DIOCLES.

**Géométrie** : HYPSYCLES, CLEOMEDE, CITIUM, ZENODORE, DIOPHANTE D'ALEXANDRIE.

**Physique** : Elle fut pratiquement à un niveau stagnant (sauf applications par leviers, poulies et engrenages, de la force de l'air comprimé ou échauffé, et de la vapeur).

**Chimie** : à Alexandrie, commence à se développer l'alchimie dans le but de l'obtention de l'or à partir des métaux lourds.

**Astronomie** : HIPPARQUE, CLAUDE PTOLEEMEE.

JULES CESAR décida en -45, l'abandon du vieux calendrier du roi NUMA (qui, avec son année de 354 jours décalait les saisons un peu plus chaque année). Rome fit appel à un Alexandrin, SOSIGENE qui fut le créateur du calendrier Julien de 365 jours en année normale et 366 tous les 4 ans (années bissextiles).

**Géographie et Cartographie** : Les progrès furent très limités car la carte d'ERATHOSTENE couvrait déjà pratiquement toutes les régions qui formèrent l'Empire romain. Il suffit d'y ajouter quelques rectifications relatives au Nord de la Gaule et de la Germanie, et à la Grande-Bretagne. Les romains savaient que le monde s'étendait bien au delà vers l'Est des bouches du Gange, et vers le Sud des côtes situées en Afrique après le détroit de Gibraltar. Nous devons citer au nombre des géographes romains, STRABON et sa géographie de l'Empire ainsi que MELA, qui dressa la première carte où figura la Baltique. Au IIème siècle un cartographe de l'Empire dressa un tracé tout en longueur et extrêmement déformé, très allongé en longitudes, et comprimé en latitudes, mais le réseau routier qui y figurait entre les villes était exact et précis (distance entre lieux d'étapes...). Il témoigne de la volonté délibérée des romains de donner sous une forme commode à transporter (12 feuillets) les renseignements utiles aux voyageurs.

### **L'évolution des techniques :**

Il faut souligner l'exploitation par les romains des techniques venues du monde gréco-oriental , avec un certain retard aux débuts, mais avec de nombreuses et ingénieuses améliorations.

**Métallurgie :** Dès l'origine les artisans romains formés par leurs voisins étrusques fournirent des métaux dont la qualité soutint la comparaison, avec un certain retard, avec celle de ceux des producteurs de nations scientifiquement plus évolués. Ce retard disparaît quand Rome contrôle ces nations. Le cuivre et l'étain étant rares en Italie, pendant longtemps le bronze fut réservé aux objets à la fois indispensables et ne pouvant alors être obtenus que par coulée (les casques par exemple). Conscient de ces pénuries, dès le II<sup>ème</sup> siècle avant J-C, le Sénat prescrivit le recensement détaillé et réglementa l'exploitation des divers gisements métallifères de toute l'Italie : il fallait se garder la possibilité (au besoin, en utilisant des minerais très pauvres) de vivre en autarcie pendant le temps nécessaire à régler un soulèvement dans une province extérieure productrice, ou de vaincre une nation exportatrice qui entrerait en conflit avec Rome. Le premier emploi courant de l'alliage cuivre-zinc se fit au milieu du II<sup>ème</sup> siècle où il fut décidé de l'utiliser pour la frappe des pièces de monnaie de faible valeur en raison de sa résistance à l'oxydation.

**Travail du bois :** L'outillage romain est successivement équivalent à celui des Étrusques, puis des Grecs et des Orientaux. En revanche, les conquêtes vont faire connaître en Italie des essences de bois comme le cèdre du Liban ou le sapin du Nord, mais qui pourront être travaillées avec l'outillage usuel du menuisier et du charpentier. Au plan militaire, une différence considérable avec les troupes gréco-orientales se trouve dans le fait que si tout légionnaire porte un outil de terrassement, il porte aussi en général un outil de charpentier (plus rarement de travail du fer) comme le besaiguë, la scie à deux mains, la hache ou la herminette et qu'il sait utiliser. En d'autres termes, tout fantassin est aussi un soldat du Génie.

**Travail de la pierre et chantiers :** Les Romains saisirent vite l'intérêt de routes utilisables en toutes saisons pour l'acheminement rapide des informations ou celui de troupes et les facilités offertes au commerce. Les fameuses voies romaines ainsi que les ponts furent l'œuvre des légions avec l'aide des populations locales (si l'arche en briques avait été utilisée en Orient, Rome utilisa la pierre taillée. L' invention de l'arche et de la voûte est Etrusque). Un principe de construction de la voie romaine est que partout où il y avait risque de dégradations, à la fois par l'utilisation et les intempéries, elle était construite de manière à résister à ce risque en toute saison (creusement de l'emprise jusqu'à 60 ou 80 cms de profondeur; dépôt d'un lit constitué d'un mélange étudié de sable, cailloux et pierres concassées, et pose d'une couche de surface de dalles jointives de pierre non gélive). Malgré la faible largeur de 3 à 4 mètres seulement (sauf à la périphérie des villes) la réalisation des voies romaines représente un travail d'une ampleur colossale pour l'époque. Sous l'Empire le réseau des voies principales convergeant vers Rome dépassait 80 000 kms et celui des voies secondaires (ou de jonctions) environ 240.000 kms.

**Machines :** Aux instruments simples des origines comme le levier, le coin ou les rouleaux, vinrent s'ajouter à partir du IV<sup>ème</sup> siècle les inventions des ingénieurs grecs comme le treuil, la poulie, le cabestan, la roue dentée à cliquet, la moufle au III<sup>ème</sup> siècle, puis la grue qui associe le treuil, la moufle et la flèche porteuse, et enfin l'engrenage entraîné par vis sans fin.

**Emploi de la force animale :** Les romains conservèrent la lanière de traction pour les chevaux, mais elle a le défaut d'asphyxier l'animal (un décret limita la charge à tirer à environ 500 kg par animal). Le joug des bœufs resta celui de la haute antiquité, qui ne permet pas non plus aux bêtes de donner toute leur puissance puisque ce sont les cornes qui tirent et non le front qui pousse.

**Emploi des forces naturelles** : le moulin à vent à axe vertical, de HERON. La roue à eau avec norois à axe vertical et aubes dans un plan horizontal, de rendement médiocre, mais actionnant directement les meules . La roue à eau avec aubes dans un plan vertical, recevant le courant par dessous. La roue à eau avec augets dans un plan vertical, recevant le courant par dessus. Les deux dernières, pour donner une rotation en plan horizontal, devaient être suivies d'un engrenage de bois à cage. Il semble que ce soit aux débuts du II<sup>ème</sup> siècle de notre ère que ces roues commencèrent à être utilisées dans des scieries de bois et de marbre; et aussi des minoteries

Médecine, chirurgie : Elles ne marquent aucun progrès, voire une certaine régression, par rapport à celles de l'époque, déjà lointaine, d'HIPPOCRATE.

## 8- La science en Inde

La civilisation dite de la vallée de l'Indus (-3300 à -1500) est surtout connue en histoire des sciences en raison de l'émergence des mathématiques complexes (ou *ganita*).

La numération décimale de position, et les symboles numériques indiens, qui deviendront les chiffres arabes va influencer considérablement l'Occident, via la Chine et les invasions Mongoles.

Les Indiens ont également maîtrisé le zéro, les nombres négatifs, les fonctions trigonométriques ainsi que le calcul différentiel et intégral, les limites et séries.

On distingue habituellement deux périodes de découvertes abstraites et d'innovations technologiques dans l'Inde de l'Antiquité :

- 1- les mathématiques de l'époque védique (-1500 à -400)
- 2- les mathématiques de l'époque jaïniste (- 400 à 200).

En effet, avec Brahmagupta (598-668) et son ouvrage célèbre, les différentes facettes du zéro, chiffre et nombre, sont parfaitement comprises et la construction du système de numération décimal est parachevée.

Les nombres négatifs sont également introduits, ainsi que les racines carrées. La période s'achève avec le mathématicien Bhaskara (1114-1185) qui écrivit plusieurs traités importants.

On y trouve des équations polynomiales, des formules de trigonométrie, dont les formules d'addition.

Bhaskara est ainsi l'un des pères de l'analyse puisqu'il introduisit plusieurs éléments relevant du calcul différentiel : le nombre dérivé, la différentiation et l'application aux extrema, et même une première forme du théorème de Rolle.

Mais c'est surtout avec Aryabata, dont le traité d'astronomie porte son nom, l'*Aryabatîya*, écrit en vers - 499 avant J.C que les mathématiques indiennes se révèlent Ces percées seront reprises et amplifiées par les mathématiciens de l'école du Kerala, pendant la période médiévale.

## 9- Histoire du monde arabo-musulman.

Les mots en relation avec les sciences et les techniques, d'origine arabe : alcali, algèbre, alchimie, alcool, Aldébaran, Altaïr, alambic, algorithme, almanach, zénith, rame (papier), zéro, sirop, etc.

Tentative d'explication de l'essor des sciences dans le monde arabo-musulman



Al-Jazari, livre du XIII<sup>e</sup> siècle, Bibliothèque Süleymaniye, Istanbul

- L'extension du monde arabo-musulman a mis en contact plusieurs civilisations différentes : l'empire arabe, construit à partir du VII<sup>e</sup> siècle, prend le contrôle politique des territoires anciennement hellénisés (Alexandrie d'Égypte par exemple). Les savants musulmans ont donc pu consulter les ouvrages scientifiques de l'antiquité. Au VII<sup>e</sup> siècle, les Arabes détruisent l'empire sassanide et sauvegardent le savoir de l'ancienne Perse.
- Les conquérants arabes se sont trouvés en contact avec la civilisation indienne, à l'est. Ils ont aussi rencontré les Chinois pendant le règne du premier abbasside Abû al-`Abbâs à la victoire de Talas. Cette victoire a été l'occasion d'acquérir un certain nombre de techniques chinoises dont celle de la fabrication du papier. Le papier a rapidement remplacé le parchemin dans le monde musulman : des manufactures furent créées à Samarkand, Bagdad, Damas et au Caire.
- Les dirigeants musulmans ont encouragé la recherche scientifique et la diffusion du savoir : Harun ar-Rachid (calife de 786 à 809) imposa l'usage du papier dans toutes les administrations de l'empire. Sous l'administration de ses vizirs barmécides, Bagdad devint la capitale intellectuelle de son époque. Des écoles et des bibliothèques furent construites. Al-Mamun, calife de 813 à 833, avait réuni à Bagdad des savants de tous horizons, quelles que soient leurs croyances. Fêru d'astronomie, il crée en 829, dans le quartier le plus élevé de Bagdad, près de la porte Chammassiya (du Soleil), le premier observatoire permanent au monde, l'Observatoire de Bagdad, permettant à ses astronomes, qui avaient traduit le Traité d'Astronomie du grec Hipparque, ainsi que son catalogue d'étoiles, d'étudier le mouvement des astres. En 832 fut fondée la Maison de la sagesse (Baït al-hikma).

Abu Raihan al-Biruni calcule le diamètre de la Terre, et affirme que la Terre tournerait sur elle-même, et cela bien avant Galilée, reprenant les écrits d'Eratosthène d'Alexandrie (III<sup>e</sup> siècle av. J.-C.).

- La langue arabe, commune à tout l'empire, a également été un facteur déterminant dans la diffusion des connaissances et de l'élan scientifique.

## Les principaux centres culturels et scientifiques du monde musulman

Sciences et techniques en al-Andalus et éducation dans le monde musulman .



Site de l'observatoire astronomique d'Ulugh Beg à Samarcande

- al-Andalus
  - Saragosse (Espagne)
  - Tolède (Espagne)
  - Cordoue (Espagne), capitale du califat de Cordoue jusqu'en 1039, elle fut un grand centre d'études. C'est à Cordoue qu'est né Averroès
- Fès (Maroc)
- Marrakech (Maroc), fondée en 1062
- Béjaïa (Algérie)
- Kairouan (Tunisie)
- Le Caire (Égypte)
- Damas (Syrie) : capitale de la dynastie omeyyade,
- Bagdad (Irak) : capitale de la dynastie abbasside, Bagdad fut pendant longtemps un centre intellectuel de première importance. La maison de la sagesse était une institution destinée à développer l'enseignement et la recherche. Elle a été fondée sur le modèle de l'académie perse des frères Bana Musa, al-Kindi. La traduction d'ouvrages grecs était l'une des principales activités de la maison de la Sagesse. Cette dernière commença à décliner sous le califat de Jafar al-Mutawakkil (847-862).
- Maragha (Iran), près de Tabriz : Hülegü, petit-fils de Gengis Khan, y fit construire en 1259 un observatoire où travailla l'astronome Nasir ad-Din at-Tusi
- Rayy (Iran), l'actuelle Téhéran : école de médecine
- Shiraz (Iran)
- Ispahan (Iran) : le mathématicien, astronome et poète persan Omar Khayyam (1048-1131) y séjourna de 1074 à 1092, au service du sultan seldjoukide Malik Shah Ier, et réforma le calendrier persan. Le « prince des médecins » Avicenne (980-1037), également persan, y résida à la fin de sa vie, au service des émirs bouyides.
- Samarcande (Ouzbékistan) : célèbre pour son observatoire, fondé par le prince timouride Oulough Beg (1394-1449) qui y travailla avec Al-Kachi, Qadi-zadeh Roumi et Ali Quchtchi ; Omar Khayyam y séjourna de 1072 à 1074.

## Mathématiques arabes et Liste des mathématiciens arabo-musulmans.

La civilisation arabo-musulmane a joué un grand rôle dans l'histoire des mathématiques en sauvegardant mais aussi en approfondissant l'héritage antique.

Ce rôle a été particulièrement novateur en *algèbre* , mot d'origine arabe, grâce à l'utilisation des chiffres arabes, et du zéro, en *analyse combinatoire* et en *trigonométrie*.

Les mathématiques ont été utilisées par les savants arabes comme auxiliaires d'autres disciplines telles que l'astronomie, les techniques de constructions géométriques (mosaïque, muquarnas, coupole ...) mais aussi à des fins purement religieuses pour calculer les coordonnées géographiques et indiquer la direction de La Mecque.

En géométrie, les mathématiciens islamiques reprennent les travaux grecs (Euclide) grâce à un effort de traduction et de copie des traités de l'Antiquité, souvent encouragé par le

pouvoir politique. Ainsi les Arabo-musulmans ont pu s'approprier les acquis de l'Antiquité et les utiliser comme base pour leur propre développement.

## Médecine

L'empire musulman dominait la médecine au Moyen Âge grâce à des personnages comme Avicenne, auteur de la monumentale encyclopédie médicale *Qanûn*, Ibn Nafis, qui décrit la circulation sanguine pulmonaire, et al-Razi, initiateur de l'usage de l'alcool en médecine.

Au XI<sup>e</sup> siècle, l'Andalou Abu-l-Qasim az-Zahrawi (appelé Abulcassis en Occident) écrit un ouvrage de référence sur la chirurgie.

Maïmonide (1135-1204), médecin personnel du sultan ayyoubide Saladin, influence également la médecine arabe. Les hôpitaux servaient à la fois d'école de médecine et de lieux de soins ce qui correspond à l'invention de la médecine hospitalière.

Les premiers hôpitaux ouvrent, en tant que léproserie au départ, puis évoluent pour traiter les maladies du corps comme celles de l'esprit. L'anesthésie, pratiquée dans l'Antiquité par l'ingestion d'opium, de mandragore ou de diverses autres substances soporifiques, est perfectionnée par l'utilisation d'une éponge imbibée par un mélange de ces substances. Séchée, cette *spongia somnifera* comme elle sera appelée permet au chirurgien d'opérer en soumettant le patient aux vapeurs de l'éponge humidifiée avant l'emploi et qui plongeait les patients dans un état proche de l'anesthésie générale, mais qui ressemble plutôt à un état analgésique accompagné de perte de conscience.

On y découvre le fonctionnement de la petite circulation pulmonaire et de la circulation sanguine. La dissection était également pratiquée. C'est ainsi que des aspects anatomiques inconnus des médecins grecs anciens sont découverts. La traduction des textes latins et grecs fut encouragée et les savants venaient à Bagdad et de toutes les régions de l'empire.

## Botanique et zoologie



Manuscrit arabe du XIV<sup>e</sup> siècle

Les Arabes traduisent les traités de Dioscoride (*De Materia Medica*) et font progresser la pharmacopée.

Le mot *sirop* est d'origine arabe. L'utilisation des alambics permet de distiller les substances telles que l'essence de rose.

On leur doit l'extension de la culture de la canne à sucre et dans une moindre mesure du coton.

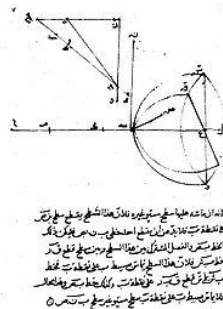
Leur acquis principal réside dans la création de jardins botaniques (Al-Andalus), à la fois lieux d'acclimatation et d'étude avec une orientation vers les plantes médicinales. On notera une extension de la zone de culture de certains fruits (agrumes, bananes) et de certaines fleurs (*crocus sativus* dont on tire le safran). Grâce à la maîtrise de l'hydraulique et de la botanique, les agronomes arabo-musulmans auront permis à l'agriculture méditerranéenne de sortir de l'antique triade de la culture blé-vigne-olivier.

À partir du travail de sélection de la dynastie perse des Sassanides, ils créeront les *chevaux arabes*, les alezans, qui étonneront tant les premiers croisés par leur agilité. La création de races originales de chameaux de bât sera un atout essentiel pour la maîtrise de l'espace.

Quelques ouvrages :

- Ibn Bakhtishu, *Livre de la propriété des animaux*
- Al-Qazwini, *Les Merveilles de la création*

## Physique, chimie, optique



Dessin de Ibn Sahl : première mention de la *loi de la réfraction* : considérant les triangles rectangles (en haut à gauche), le rapport des deux hypoténuses est une constante du système.

La civilisation arabo-musulmane compte des alchimistes renommés. En cherchant de l'or, ils travaillent sur d'autres matières comme par exemple l'acide nitrique et perfectionnent la distillation (*alambic* est un mot d'origine arabe comme *alcohol*).

La chimie connut une impulsion décisive avec Jâbir ibn Hayyân (vers 845) et s'illustra avec la manipulation de nombreux produits minéraux, végétaux et animaux.

Le développement sans précédent de l'industrie papetière conduira à la mise au point d'encre, de papiers de qualités différentes capables de supporter dorures et enluminures, à la maîtrise de fermentations et de procédés d'encollage. La *rame* de papier est un autre mot d'origine arabe (*ramza*).

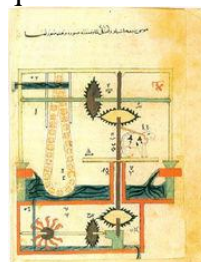
Ibn al-Haytham, Taqi al-Din et al-Kindi ont réalisé des manuscrits d'optique.

## Technologie : entre mythes et réalités

- *Les systèmes d'irrigation* sont souvent considérés comme un acquis de la civilisation arabo-musulmane. La noria (mot d'origine arabe) mue par un manège, était connue des Romains car l'irrigation était une nécessité déjà ancienne dans ces régions semi-arides nouvellement conquises.

En matière d'hydraulique, on leur doit sans doute l'exploitation de nappes profondes en Afrique du nord, Sicile et Espagne car la technique était déjà maîtrisée en Iran, grâce à la technique des qanats.

- *L'industrie du papier* est certainement la plus emblématique de l'expression technique arabo-musulmane avec l'apparition de moules en bambou, une standardisation des formats (notamment 1 x 1,414) et l'utilisation de l'énergie hydraulique pour la fabrication de la pâte.
- En générant des techniques affluentes, elle conduira à quelques évolutions sociales caractéristiques d'un nouveau système technique (travail des femmes dans les ateliers, création de corporations et de nouveaux métiers) sans toutefois atteindre la dimension d'une véritable révolution technique.



Manuscrit Al-Jazari, vers 1205

D'une façon générale, les arabo-musulmans semblent avoir fait preuve de pragmatisme, acceptant les techniques de l'occupé en évitant ainsi les troubles socio-économiques liés à toute révolution technique en profondeur.

Étant au départ un peuple nomade, ils possèdent une technologie peu développée car les installations techniques avancées nécessitent la sédentarisation. Ils manquèrent de fer, du fait de la rareté des gisements et de sources d'énergie insuffisantes, et furent contraints de l'échanger contre de l'or et des épices.

En matière militaire, la cotte de mailles et l'épée sont empruntés aux occidentaux. L'arbalète est connue tardivement au IX<sup>e</sup> siècle. Le livre de technique militaire composé pour Saladin dans la deuxième moitié du XII<sup>e</sup> s, n'indique pas d'originalités par rapport aux techniques occidentales de l'époque en ce qui concerne la machinerie de guerre et l'artillerie à contrepoids. En revanche l'arquebuse apparaît dans les armées du royaume de Grenade nasride au XIII<sup>e</sup> s ; c'est ainsi que l'Occident chrétien acquiert la poudre inventée par la civilisation chinoise.

Au final, c'est peut-être dans son rapport original avec l'art que la technique s'est le plus enrichie au contact de la civilisation arabo-musulmane.

L'effet de diffusion technologique du fait de l'unité politique de l'empire sera bientôt tempéré par le fractionnement en nombreux califats indépendants.

## Astronomie

Astronomie arabe.

L'astronomie se développe peu en Europe lors du Moyen Âge, mais elle est alors florissante dans le monde arabe. Les scientifiques de cette civilisation reprennent les études du grec Claude Ptolémée (II<sup>e</sup> siècle) tout en améliorant son système. Insi, les premières traductions en arabe de l'Almageste datent du IX<sup>e</sup> siècle. À cette époque, cet ouvrage était perdu en Europe. En conséquence, l'Europe occidentale redécouvrit Ptolémée à partir des traductions des versions arabes : une traduction en latin a été réalisée par Gérard de Crémone à partir d'un texte provenant de Tolède, en Espagne. Il fut incapable de traduire de nombreux termes techniques - il retint même le nom arabe *Abrachir* pour Hipparque.

L'astronomie est la discipline reine car elle permet une meilleure connaissance des territoires par la détermination des longitudes et des latitudes. L'astronomie arabe s'est attachée à résoudre des problèmes concernant la pratique de l'Islam : déterminer les dates du ramadan, calculer l'heure des cinq prières quotidiennes, fixer la direction de La Mecque. Il ne faut pas perdre de vue que la civilisation musulmane se fonde sur un calendrier lunaire et sur les échanges commerciaux lointains.



Astrolabe perse, XVIII<sup>e</sup> siècle

Jusqu'à l'apparition de la lunette astronomique, l'observation des astres a progressé grâce à l'utilisation de l'astrolabe : cet instrument qui servit également à la navigation, a probablement été inventé par Hipparque. Il a ensuite été amélioré dans le monde islamique, avant d'atteindre l'Europe vers 970, par l'intermédiaire du moine Gerbert d'Aurillac. Ce dernier rapporta un astrolabe d'Al-Andalus.

L'astronome arabe al-Farghani écrit beaucoup sur le mouvement des corps célestes ; son œuvre est traduite en latin au XII<sup>e</sup> siècle. À la fin du X<sup>e</sup> siècle, un grand observatoire est

construit près de Téhéran par l'astronome al-Khujandi. Il effectue une série d'observations qui lui permettent de calculer l'obliquité de l'écliptique.

En Perse, Omar Khayyam compile une série de tables et réforme le calendrier. Un grand observatoire est construit à Istanbul, pour l'astronome arabe, Taqi al-Din. Les savants musulmans de l'époque médiévale qui s'occupent d'astronomie sont nombreux (al-Battani, al-Farabi, Omar Khayyam, al-Kindi, al-Hasib al-Misri, al-Maghribi, al-Razi, Ibn al-Haytham, al-Biruni, al-Sufi, al-Tusi, al-Kashi, Qadi-zadeh Roumi, Oulough Beg, Taqi al-Din)... al-Sijzi remet en cause la fixité de la Terre.

L'astrologie arabe est en relation avec l'astronomie : les horoscopes sont établis en fonction des astres et nécessitent l'utilisation d'instruments d'observation.

## Géographie



Le monde d'al-Idrīsī orienté sud/nord

Au cours du Moyen Âge, les géographes arabes, tels qu'Idrisi, Ibn Battuta, et Ibn Khaldun ont conservé et enrichi l'héritage gréco-romain. Les premiers géographes musulmans reprennent souvent les légendes et perpétuent l'œuvre des géographes de l'Antiquité (Hérodote, Plin l'Ancien ou encore Ptolémée).

### Les grands géographes sont :

- Al Masudi, mort en 957, *Muruj adh-dhahab* ou *Les prairies d'or*, est le manuel de référence des géographes et des historiens du monde musulman. Il a beaucoup voyagé à travers le monde arabe ainsi qu'en Extrême-Orient.
- Ya'qubi (IX<sup>e</sup> siècle), *Livre des pays*
- Al Bakri, auteur du *Routier de l'Afrique blanche et noire du nord-ouest*, rédigé à Cordoue vers 1068
- Al Idrissi, (mort vers 1165), *Description de l'Afrique et de l'Espagne*
- Ibn Battûta (mort en 1377) est le premier géographe de culture arabe à se rendre en Afrique subsaharienne, à Gao et à Tombouctou ; son ouvrage principal s'intitule *Présent à ceux qui aiment à réfléchir sur les curiosités des villes et les merveilles des voyages*.
- Ibn Khaldoun, (mort en 1406) est un historien et philosophe d'Afrique du Nord. Certains le considèrent comme l'historien des sociétés arabe, berbère et perse. Il est l'auteur des *Prolégomènes historiques* et d'une *Histoire des Berbères*.
- Léon l'Africain, (mort en 1548), est l'auteur d'une précieuse *description de l'Afrique*
- Rifa'a al-Tahtawi (mort en 1873) traduit des ouvrages médiévaux de géographie et d'histoire. Son œuvre porte surtout sur l'Égypte musulmane.
- Carte de Piri Reis La carte de Piri Reis est une carte ancienne, découverte en 1929 lors de la restauration du Palais de Topkapı à Istanbul. Elle est attribuée à l'amiral et cartographe ottoman Piri Reis qui l'aurait tracée en 1513. Dessinée sur une peau de gazelle, elle détaille les côtes occidentales de l'Afrique et les côtes orientales de l'Amérique du Sud. Au Sud de ces dernières, un tracé fait l'objet d'interprétations contradictoires.

La cartographie progresse pendant l'âge d'or de la civilisation musulmane. Grâce à la boussole, transmise par les Chinois, et aux tables de coordonnées géographiques, il devient plus facile aux marchands de se déplacer.

## II- Maths et histoire de la numération

### 1) Introduction :

Les nombres, qui semblent si familiers à l'homme du XXI<sup>ème</sup> siècle ont constitué pendant des millénaires une difficulté énorme pour les peuples primitifs. L'habitude de compter couramment est beaucoup plus récente que l'on croit. Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, certains aborigènes d'Australie ne possédaient que trois nombres dans leur dialecte : un, deux et beaucoup. Jusqu'à deux, c'était concret, après, c'était l'abstrait.

Ces nombres ont une histoire merveilleuse puisque dès que l'on a pu écrire, même sur les parois des grottes, on voyait déjà des dessins pour dénombrer...

Les premiers symboles numériques semblent être apparus en **Mésopotamie**, on a retrouvé des tablettes d'argile datant presque de 5000 ans sur lesquelles on retrouve des traces de numération.

Ensuite ou parallèlement, c'est en **Égypte** que naît une nouvelle façon d'écrire les nombres. Ce sont des papyrus ou rouleaux de cuir qui en attestent l'existence. Puis ce furent des numérations en **Chine**, en **Grèce**, en Amérique centrale avec les **Mayas**, chez les **Romains** et enfin celle que nous connaissons qui a énormément évolué de l'**Inde**, en passant par l'**Arabie** et en arrivant ensuite en **Europe**.

Les exemples de numérations qui suivent ne sont donnés qu'à titre indicatif, puisque dans chaque civilisation, les signes ou les lettres numériques se sont beaucoup transformés...

### 2) Numération babylonienne (en Mésopotamie) : (entre 3200 avant JC et 500 avant JC)

Dans un premier temps, vers 3200 avant JC, les **Mésopotamiens** utilisèrent des chiffres archaïques qui avaient la forme d'objets "imprimés" sur des tablettes. Ensuite, vers 2700 avant JC, ils utilisèrent des signes de la graphie cunéiforme.

Ils avaient même des symboles pour 600 (un clou vertical, muni d'un chevron), pour 3 600 (un polygone), pour 36 000 (ce polygone, muni d'un chevron) et aussi un pour 216 000.

$$\begin{array}{l} \nabla = 1 \quad \triangleleft = 10 \quad \nabla = 60 \\ \nabla \triangleleft \triangleleft \triangleleft \frac{\nabla \nabla}{\nabla \nabla} = 34 \\ 60 + 30 + 4 \\ \nabla \nabla \triangleleft \triangleleft \frac{\nabla \nabla}{\nabla \nabla} = 166 \\ 120 + 40 + 6 \end{array}$$

### 3) Numération égyptienne : (entre 3000 avant JC et 330 avant JC)

les **Égyptiens** utilisent des nombres écrits au moyen de hiéroglyphes. Leur numération est non positionnelle.

$$\begin{array}{l} 1 = 1 \quad \text{Lotus} = 10 \quad \text{Papyrus} = 100 \quad \text{Lotus with line} = 1000 \quad \text{Lotus with line and bar} = 10000 \\ \text{Lotus with line and bar} \text{ Lotus} \text{ Papyrus Papyrus Papyrus } \text{Lotus with line} \text{ Lotus with line and bar} = 11457 \\ 10000 + 400 + 50 + 7 \end{array}$$



### 7) Numération romaine : (entre 100 avant JC et 400 après JC)

Les **Romains** ont une numération additive, absolument inadaptée au calcul numérique. Nous l'utilisons encore de nos jours, par exemple pour écrire Louis XIV.

$$\begin{aligned} I &= 1 & V &= 5 & X &= 10 & L &= 50 \\ C &= 100 & D &= 500 & M &= 1000 \\ IX &= 9 & XC &= 90 & III &= 3 \\ MDCCLXIV &= 1764 \\ 1000 + 700 + 60 + 4 \end{aligned}$$

Au-delà de 5 000, les Romains utilisaient les mêmes symboles, en les recouvrant d'un trait horizontal.

### 8) Numération actuelle (évolution) : (entre 500 et aujourd'hui)

Les écritures des chiffres ont sans cesse évolué, celles qui sont proposées sont prises à un instant précis et ne donnent qu'une idée partielle de la façon dont les chiffres se sont petit à petit construits à force de recopiage.

Ce n'est qu'à partir de 1450, date de l'invention de l'imprimerie, qu'ils commenceront à prendre leur forme moderne.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	chiffres indiens (vers le X <sup>ème</sup> siècle)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	chiffres arabes (vers le XIII <sup>ème</sup> siècle)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	chiffres gothiques (XIV <sup>ème</sup> siècle)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	chiffres modernes (après le XV <sup>ème</sup> siècle)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	chiffres modernes dactylographiés

Ces fameux chiffres indiens ont été transmis en **Arabie**, puis en **Europe** : on les appelle des chiffres "indo-arabes".

## III- Maths et chiffres

## 1) Le zéro : 0

La plus grande découverte des **Indiens** est certainement celle de l'utilisation du signe ou symbole *zéro*. Ils lui donnent la forme ronde qu'on lui connaît. On présume qu'il fut créé vers le V<sup>ème</sup> siècle.

Un zéro avait déjà été employé par les **Babyloniens**, mais les **Indiens** en font un chiffre de position dans les **nombre entiers** qui permet de multiplier un autre chiffre par 10. C'est aussi un nombre à part entière qui représente la "quantité nulle". Avec ce zéro numérique, les **Indiens** inventèrent l'algèbre. Avec seulement dix symboles (0 à 9), les hommes pouvaient représenter n'importe quel nombre aussi grand soit-il. Ce petit zéro allait permettre de développer les mathématiques, les sciences et les techniques.

Les **Indiens** appelèrent le chiffre 0 du nom *shûnya*, *bindu* ou *châkrâ* selon sa forme.

Les **Arabes** lui donnèrent le nom "*sifr*" qui signifie le "vide".

**Fibonacci** le traduisit en latin médiéval en "*zephirum*" d'où notre "*zéro*".

En latin, il fut aussi transposé en *cephirum*, *cifra*, *tzyphra*, *cyphra*, *sifra*, *cyfra*, *zyphra*, etc...

En Italie, il fut appelé "*zefiro*", puis "*zero*".

En Allemagne, on utilisa le mot "*cifra*" puis le mot "*ziffer*" et enfin "*null*".

En Angleterre, le mot "*cipher*" a longtemps été conservé, maintenant, c'est aussi "*zero*".

Au Portugal, on employait il n'y a pas si longtemps "*cifra*", c'est devenu "*zero*".

## 2) L'étymologie des autres chiffres : 1 à 9

### Origine latine de l'écriture de ces chiffres en français.

**Un** vient du latin *unus*.

**Deux** vient du latin *duo*.

**Trois** vient du latin *tres*.

**Quatre** vient du latin *quattuor*.

**Cinq** vient du latin *quinque*.

**Six** vient du latin *sex*.

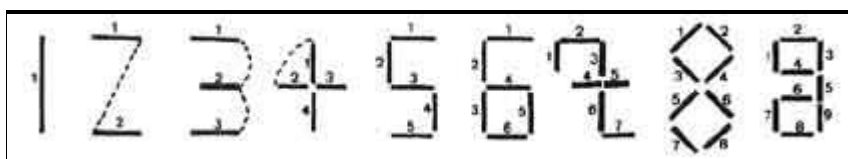
**Sept** vient du latin *septem*.

**Huit** vient du latin *octo*.

**Neuf** vient du latin *novem*.

## 3) Le graphisme de nos chiffres

Voici un moyen mnémotechnique que les auteurs pendant la Renaissance avaient imaginé pour faire retenir les graphismes des chiffres. On trace autant de segments que le chiffre l'indique.



Selon une tradition populaire, encore tenace en Égypte et en Afrique du Nord, la version moderne de nos chiffres "indo-arabes" serait l'invention d'un vitrier-géomètre originaire du Maghreb, qui aurait imaginé de donner aux neuf chiffres significatifs une forme dépendant du nombre des angles contenus dans le dessin de chacun d'eux :

Un angle pour le chiffre 1, deux angles pour le chiffre 2, etc...

Tout ceci n'est bien sûr que supposition.



#### 4) Le symbolisme des nombres : 1 à 9 (interprétation)

**Un** est le nombre divin par excellence. C'est le nombre de la Création, de l'action, de l'énergie. L'unité est garante de la cohérence.

**Deux** est un nombre incarnant toutes les oppositions : les deux sexes, le jour et la nuit, la vie et la mort, la gauche et la droite, le bien et le mal... C'est un nombre symbole de conflit (on retrouve sa racine dans le verbe "diviser"), mais il n'a pas que des aspects négatifs car l'union de deux contraires peut permettre la progression alors que l'unité est signe de stabilité.

**Trois** est un nombre sacré et spirituel. On pense d'abord à la Trinité (le père, le fils et le saint-esprit), mais aussi à l'espace (les trois dimensions), au temps (passé, présent et futur), à l'action (début, milieu et fin), à la famille (père, mère et enfant)... C'est par le nombre trois qu'on échappe à la dualité, il devient donc un nombre de rupture.

**Quatre** est le nombre de la stabilité. Il représente le corporel, le matériel (les quatre éléments), le terrestre (les quatre points cardinaux).

**Cinq** est le nombre de l'homme (l'étoile à cinq branches représente l'homme, ses quatre membres et la tête). C'est aussi le nombre de sens humains et le nombre de doigts d'une main.

**Six** est assez ambigu. Dieu a créé le monde en six jours. Le nombre six a aussi de belles propriétés :  $6 = 1 + 2 + 3 = 1 \times 2 \times 3$  et aurait pu être considéré comme divin mais en fait, c'est plutôt un nombre diabolique. Dans les œuvres de magie, on utilisait une "étoile" à six branches faites à partir de deux triangles. Dans l'Apocalypse, le "nombre de la bête" est 666.

**Sept** est un nombre mythique. On pense aux sept planètes, aux sept jours de la semaine, aux sept notes de la gamme pythagoricienne. C'est donc un nombre astronomique et temporel.

**Huit** est un nombre qui dépasse la perfection pour symboliser l'éternité. Sept indiquait un cycle temporel, huit c'est beaucoup plus.. Si sept est le nombre sacré de l'Ancien Testament, huit est par excellence celui du Nouveau puisque le Christ ressuscite le huitième jour. Ce n'est pas un hasard si les mathématiciens ont choisi le symbole  $\infty$  pour signifier l'infini.

**Neuf** est très ambigu, c'est à la fois le nombre de la mort (le Christ expira à la neuvième heure) et de la vie (la gestation dure neuf mois).