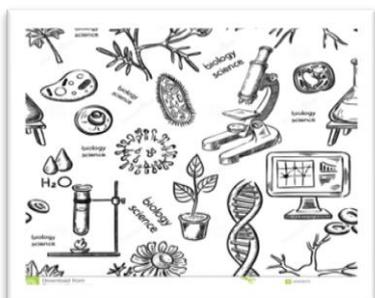
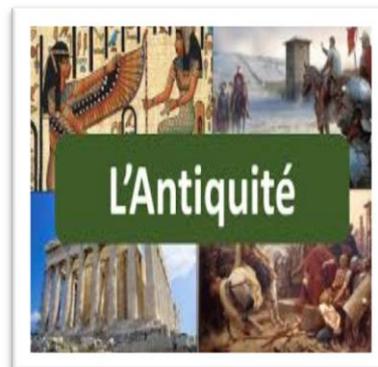
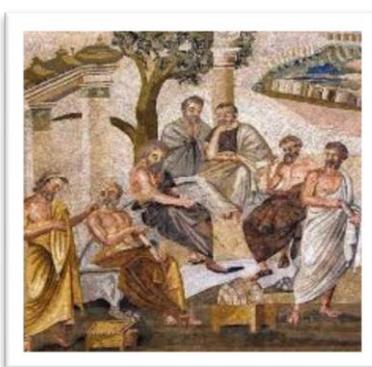


République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique  
Université de Ghardaïa  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département de biologie



## Cours *Histoire Universelle des Sciences Biologiques* *H.U.S.B*

Niveau : 1<sup>er</sup> Année tronc commun Sciences de la nature et de la vie



Présentée par :

***Dr. OUICI Houria***

*Enseignante-chercheur, Département de Biologie, Faculté SNV-ST, Université de Ghardaïa, Algérie*

**Courriel :** *houhou\_1982@outlook.com / ouici.houria@univ-ghardaia.dz.*

**Année universitaire : 2021-2022**

## PREFACE

Le programme de ce cours *Histoire Universelle des Sciences Biologiques* proposé et introduit dans les enseignements de 1<sup>er</sup> Année tronc commun Sciences de la nature et de la vie a pour objectif une connaissance des notions générales sur l'histoire des sciences biologiques. En effet, cet enseignement se rapporte essentiellement aux concepts fondamentaux tels que la notion la science, ainsi que L'histoire des sciences, dans l'Antiquité, puis religieuse, du Moyen Âge jusqu'au Siècle des Lumières.

**Semestre :** 1er Semestre

**UE:** Unité d'Enseignement Transversale

**Matière :** HISTOIRE UNIVERSELLE DES SCIENCES BIOLOGIQUES

## Table de matière

INTRODUCTION .....	5
C'est quoi la science ?.....	5
Définition large .....	5
Définition stricte.....	6
Histoire de la science .....	6
1- Préhistoire et Antiquité .....	7
1.1. Préhistoire.....	7
2. L'antiquité .....	9
2.1. Égypte pharaonique.....	9
2.2. Chine de l'Antiquité .....	10
2.3. Science en Inde .....	12
Al Khawarizimi : le fondateur de l'algèbre.....	13
3. Présocratiques.....	14
3.1. Aristote et la physique.....	14
3.2. Période alexandrine et Alexandrie à l'époque romaine.....	15
La poussée d'Archimède.....	16
Science au Moyen Âge.....	18
4.1. En Europe.....	19
4.2. Dans le monde arabo-musulman.....	20
4.3. Sciences en Chine médiévale .....	23

4.5. Inde des mathématiques médiévales .....	24
5. Les « Lumières » et les grands systèmes scientifiques .....	25
5.1. L'Encyclopédie .....	26
5.2. Naissance des grandes disciplines scientifiques .....	27
6. XIXE siècle .....	28
Claude Bernard et la méthode expérimentale .....	29
Révolution Industrielle .....	30
7. Une science « post-industrielle » .....	32
Complexification des sciences .....	33
Développement des sciences humaines .....	34
Éthique et science : l'avenir de la science au XXI <sup>e</sup> siècle .....	34
Classification des sciences .....	34
Sciences fondamentales et appliquées .....	35
Disciplines scientifiques.....	37
Scientificité.....	38
Scientifique et méthode scientifique .....	38
Expérimentation .....	39
Observation .....	40
Simulation .....	41
Les références bibliographiques.....	43

## **INTRODUCTION**

### **C'est quoi la science ?**

La **science** (latin *scientia*, « connaissance ») est « ce que l'on sait pour l'avoir appris, ce que l'on tient pour vrai au sens large, l'ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet (domaine) et une méthode déterminés, et fondés sur des relations objectives vérifiables.

La volonté de la communauté savante, garante des sciences, est de produire des « connaissances scientifiques » à partir de méthodes d'investigation rigoureuses, vérifiables et reproductibles.

Les sciences ont pour but de comprendre les phénomènes, et d'en tirer des prévisions justes et des applications fonctionnelles ; leurs résultats sont sans cesse confrontés à la réalité. Ces connaissances sont à la base de nombreux développements techniques ayant de forts impacts sur la société.

La science se compose d'un ensemble de disciplines particulières dont chacune porte sur un domaine particulier du savoir scientifique.

Il s'agit par exemple des mathématiques, de la chimie, de la physique, de la biologie, de la mécanique, de l'optique, de la pharmacie, de l'astronomie, de l'archéologie, de l'économie, de la sociologie, etc.

Cette catégorisation n'est ni fixe, ni unique, et les disciplines scientifiques peuvent elles-mêmes être découpées en sous-disciplines, également de manière plus ou moins conventionnelle. Chacune de ces disciplines constitue une science particulière.

### **Définition large**

Le mot science est un polysème, recouvrant principalement trois acceptions :

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**

D'après **Michel Blay** , 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. »

6

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.

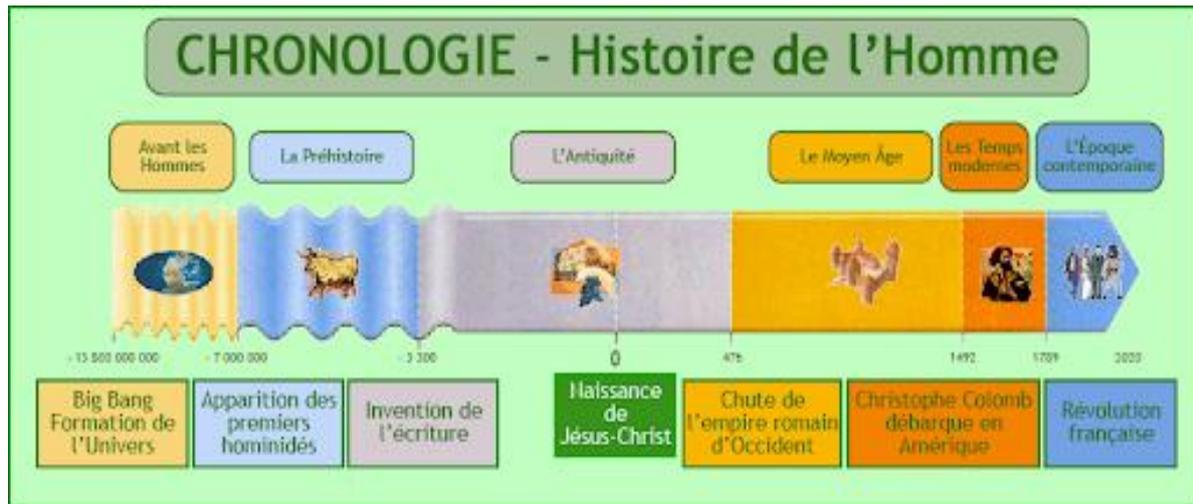
### **Histoire de la science**

L'histoire des sciences est intimement liée à l'histoire des sociétés et des civilisations. D'abord confondue avec l'investigation philosophique,

dans l'Antiquité, puis religieuse, du Moyen Âge jusqu'au Siècle des Lumières, la science possède une histoire complexe.

L'histoire de la science et des sciences peut se dérouler selon deux axes comportant de nombreux embranchements

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



## 1- Préhistoire et Antiquité

### 1.1. Préhistoire

La technique précède la science dans les premiers temps de l'humanité. En s'appuyant sur une démarche empirique, l'homme développe ses outils (travail de la pierre puis de l'os) et découvre l'usage du feu .

La plupart des préhistoriens s'accordent pour penser que le feu est utilisé depuis 250 000 ans ou 300 000 ans.

Ainsi, l'homme préhistorique savait, calculer ou déduire des comportements de l'observation de son environnement, base du raisonnement scientifique.

Certaines « proto-sciences » comme le calcul ou la géométrie, L'astronomie permet de constituer une cosmogonie. Les travaux du français André Leroi-Gourhan, spécialiste de la technique, explorent les évolutions à la fois biopsychiques et techniques de l'homme préhistorique.

Les premières traces d'activités scientifiques datent des civilisations humaines du néolithique où se développent commerce et urbanisation. Ainsi, pour André Pichot, dans *La Naissance de la science*, la science naît en Mésopotamie, 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.

La fabrication d'émaux date ainsi de - 2000. 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.

8



### Écriture cunéiforme

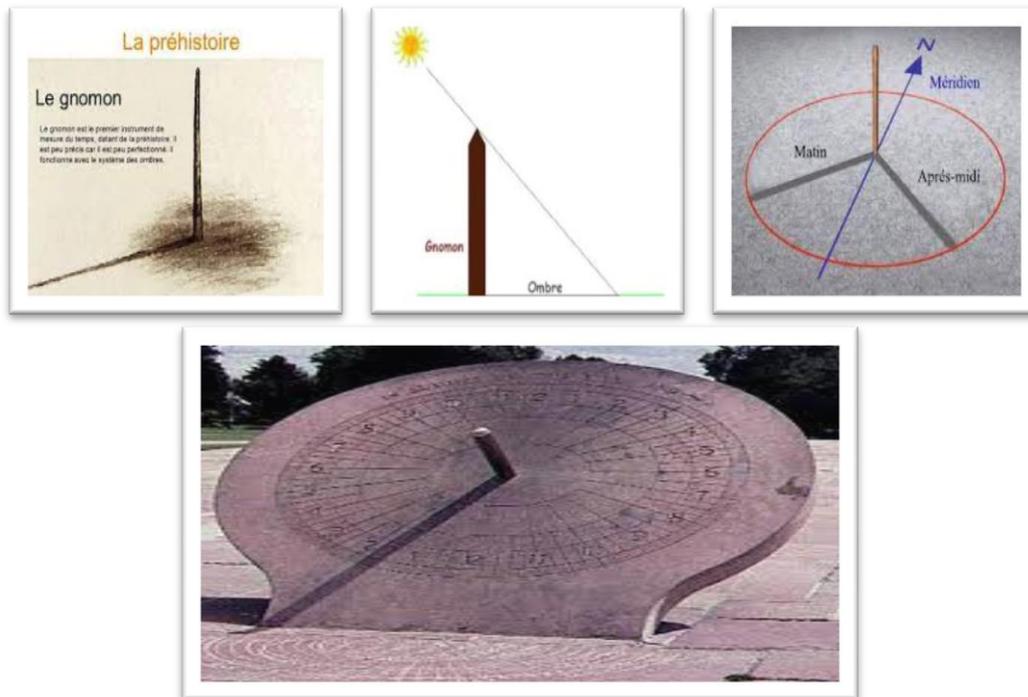


### Pictogrammes ou pictographes (Egypte).

La civilisation mésopotamienne aboutit ainsi à la constitution des premières sciences telles : la métrologie, très adaptée à la pratique, est la première science « pratique », héritée d'un savoir-faire tâtonnant l'algèbre (découvertes de *planches à calculs* permettant les opérations de multiplication et de division, mais aussi des puissances, racines carrées, cubiques ainsi que

les équations du premier degré, la géométrie (calculs de surfaces), l'astronomie enfin (calculs de mécanique céleste, prévisions). La médecine a un statut particulier.

\_ La Mésopotamie crée ainsi les premiers instruments de mesure, du temps et de l'espace (comme les *gnomon*).



**Gnomon**

## 2. L'antiquité

### 2.1. Égypte pharaonique

les Égyptiens calculaient correctement la surface d'un rectangle et d'un triangle.; seuls les papyri de Rhind de Kahun, de Moscou et du Rouleau de cuir éclairent les innovations de cette civilisation qui sont avant tout celles des problèmes algébriques (de division, , géométrique).

Les Égyptiens approchent également la valeur du nombre Pi, découvrant un nombre équivalent à  $\approx 3,1605$  (au lieu de  $\approx 3,1416$ ).

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 dénoyées.

Calendrier égyptien

Akhet (Inondation) 1ère saison	Peret (Germination) 2ème saison	Chemou (Moissons) 3ème saison	Jours épagomènes
Thot (19 juil. ou 17 août)	Tybi (16 nov. ou 15 déc.)	Pakhon (16 mars ou 14 avril)	Naissances de: Osiris (14 juillet)
Phaophi (15 août ou 16 sept.)	Mechin (16 déc. ou 14 janv.)	Payni (15 avril ou 14 mai)	Horus (15 juillet)
Athyr (17 sept. ou 16 oct.)	Phamenoth (15 janv. ou 13 fév.)	Epiphi (15 mai ou 13 juin)	Seth (16 juillet)
Choiak (17 oct. ou 15 nov.)	Pharmouti (14 fév. ou 15 mars)	Mésore (14 juin ou 13 juil.)	Isis (17 juillet)
			Nephtys (18 juillet)

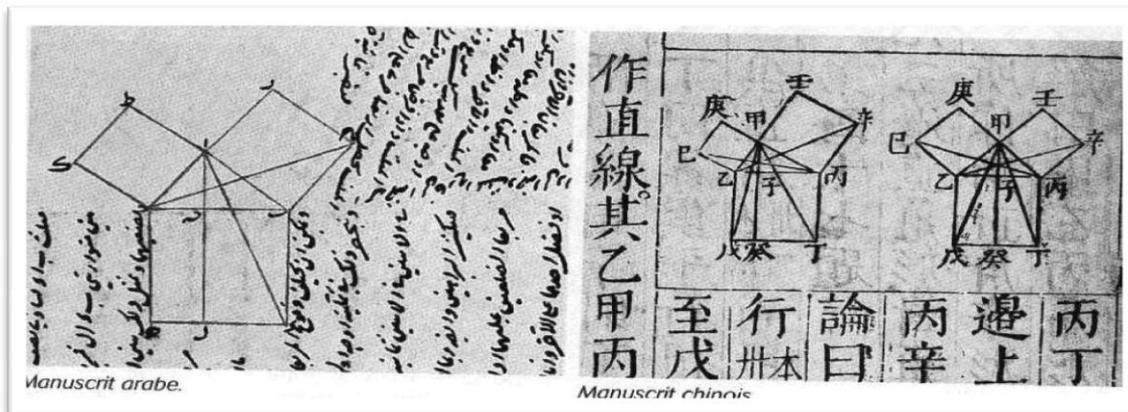
Chaque jour était composé de 24 heures.



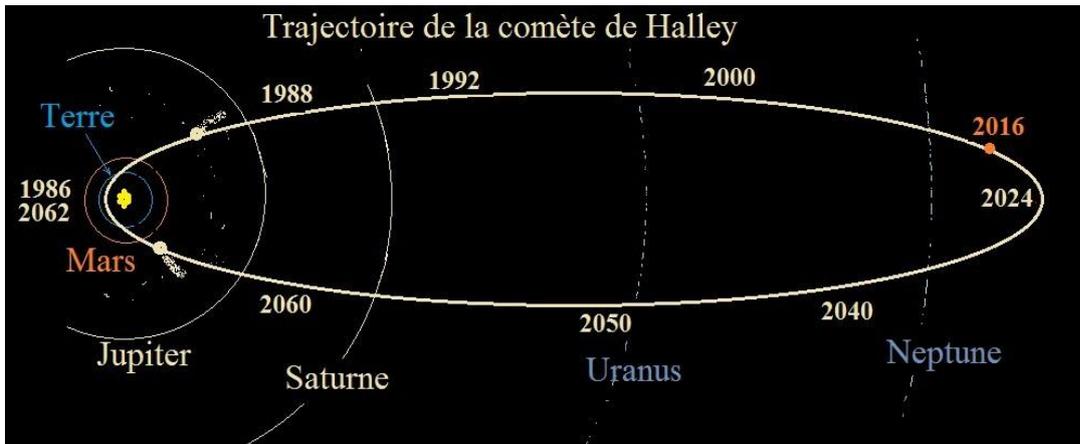
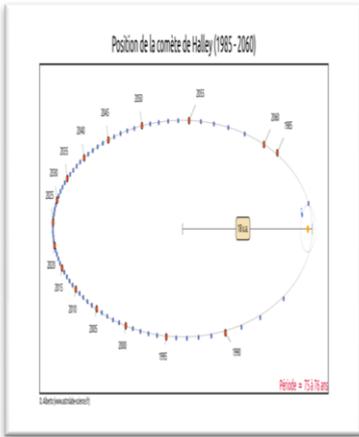
En médecine, la chirurgie fait son apparition. Une théorie médicale se met en place, avec l'analyse des symptômes et des traitements et ce dès 2300 avant J.-C. (le Papyrus Ebers est ainsi un véritable traité médical).

### 2.2. Chine de l'Antiquité

Les Chinois découvrent également le théorème de Pythagore (que les Babyloniens connaissaient quinze siècles avant l'ère chrétienne). En astronomie, ils identifient la comète de Halley et comprennent la périodicité des éclipses est promu le calendrier « Taichu », premier véritable calendrier chinois.

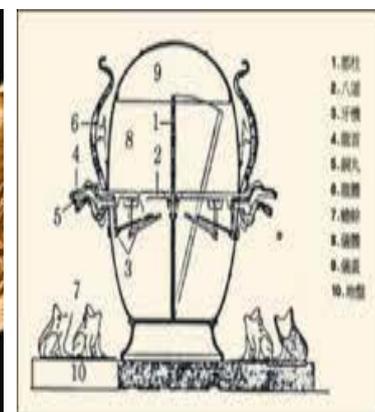


**Théorème de Pythagore.**



Comète de Halley.

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. Il invente aussi l'odomètre.



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



En mathématiques, Sun Zi et Qin Jiushao étudient les systèmes linéaires.

一	二	三	四	五
1	2	3	4	5
六	七	八	九	十
6	7	8	9	10
二十	三十	四十	五十	六十
20	30	40	50	60
一百	二百	三百	四百	五百
100	200	300	400	500
一千	二千	三千	四千	五千
1000	2000	3000	4000	5000

中国的数字 CHINESE NUMBERS

零 一 二 三 四  
zero one two three four

五 六 七 八 九  
five six seven eight nine

十 百 千 萬 億  
Ten Hundred Thousand Ten thousand One hundred million

兆  
Trillion

左行	中行	右行	左行	中行	右行	左行	中行	右行
一	二	三	四	五	六	七	八	九
十	百	千	萬	十萬	百萬	萬	十萬	百萬

### 2.3. 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, vont influencer considérablement l'Occident via les arabes et les chinois.

Les grands livres indiens sont ainsi traduits au IX<sup>e</sup> siècle dans les « maisons du savoir » par élèves d'Al-Khawarizmi, père arabe de l'algorithme.



**Histoire : algèbre et algorithme**

2

---



• **Al-Khwarizmi** (Khiva (Ouzbékistan) vers 783 – Bagdad (Irak) vers 850)  
Mathématicien perse

Il est considéré comme le père de l'algèbre. Il **systematisa** des méthodes de résolution d'équation.

A noter que *L'abrégé du calcul par la restauration et la comparaison* ne contient aucun chiffre.

D'ailleurs :

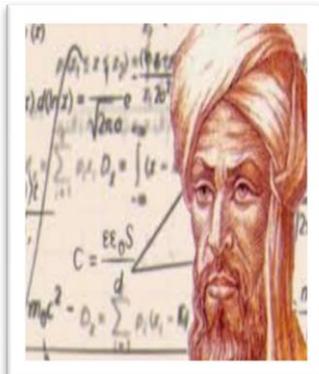
« *L'algèbre, c'est comme des additions avec des lettres. C'est pour ceux qu'ont pas assez de cervelle pour les nombres.* »  
Sergent Cölon in *Va-t-en-guerres* de Terry Pratchett.

• Vers le XII<sup>ème</sup> siècle, on finit par appeler algorithme (latinisation de Al-Khwarizmi) une suite d'instructions qui systematise le déroulement d'une construction mathématique.



Les fondements mathématiques de l'informatique sont algébriques : un ordinateur ne manipule pas des nombres mais des lettres et des systèmes de réécriture.

Un algorithme est une suite d'instructions (et une instruction n'est pas un nombre)

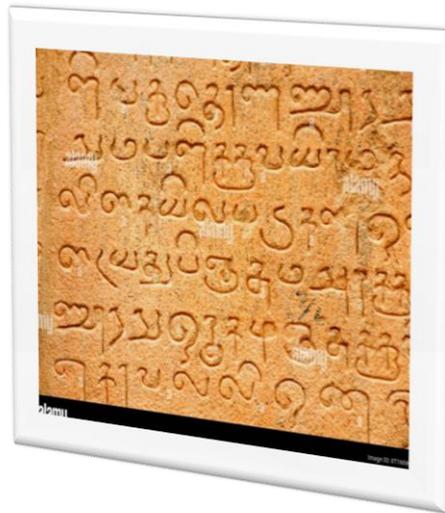


Types d'équations :	Selon Al Khawārizmi	Langage moderne
simples	Carrés égaux aux racines.	$ax^2 = bx$
	Carrés égaux à un nombre.	$ax^2 = c$
	Racines égales à un nombre.	$bx = c$
composées	Carrés et racines égaux à un nombre.	$ax^2 + bx = c$
	Carrés et nombre égaux aux racines.	$ax^2 + c = bx$
	Carrés égaux aux racines et nombre.	$ax^2 = bx + c$



**Al Khawarizimi : le fondateur de l'algèbre**

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



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. Dans le domaine de la cosmologie.

**THALES DE MILET**

- 625 – 547 avant JC
- Grand astronome : prévision d'une éclipse
- Premier véritable mathématicien de l'histoire : précurseur de la démonstration géométrique



**Rapport entre géométrie et physique**

Pythagore (~570-480 av J-C)

- « Les choses sont des nombres »
- « les nombres se trouvent dans les choses »
- « les nombres sont les causes et les principes des choses »

« Pythagore donna à la philosophie géométrique la forme d'une éducation libre, en reprenant les choses au commencement pour découvrir les principes par un examen des théorèmes mettant en œuvre **une méthode non empirique et purement intellectuelle** » (Proclus, *Commentaire sur le premier livre des Éléments d'Euclide*, V siècle ap. J-C )



### 3. Présocratiques

#### 3.1. Aristote et la physique

C'est surtout avec Aristote, qui fonde la physique et la zoologie, Pour Aristote, la science est subordonnée à la philosophie (c'est une « philosophie seconde » dit-il) et elle 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, dans le domaine particulier de l'astronomie, Aristote est à l'origine d'un recul de la pensée par rapport à certains pré-socratiques quant à la place de la terre dans l'espace. À la

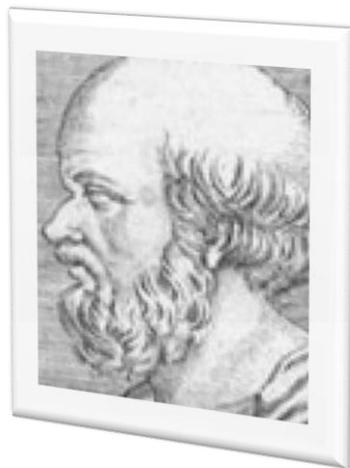
suite d'Eudoxe de Cnide, il imagine un système géocentrique et considère que le cosmos est fini. Il sera suivi en cela par ses successeurs en matière d'astronomie, jusqu'à Copernic, à l'exception d'Aristarque, qui proposera un système héliocentrique. Il détermine par ailleurs que le vivant est ordonné 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.

### **3.2. Période alexandrine et Alexandrie à l'époque romaine**

La période dite « alexandrine » (de -323 à -30) et son prolongement à l'époque romaine sont marqués par des progrès significatifs en astronomie et en mathématiques ainsi que par quelques avancées en physique.

Les travaux d'Archimède (-292 à -212) sur sa poussée correspond à la première loi physique connue alors que ceux d'Ératosthène (-276 à -194) sur la circonférence de la terre ou ceux d'Aristarque de Samos (-310 à -240) sur les distances terre-lune et terre-soleil témoignent d'une grande ingéniosité. Apollonius de Perga modélise les mouvements des planètes.



**Ératosthène (-276 à -194)**



### La poussée d'Archimède



### Apollonius de Perga.

Hipparque de Nicée (-194 à -120)

Perfectionne les instruments d'observation comme le dioptré, le gnomon et l'astrolabe. En algèbre et géométrie, il divise le cercle en  $360^\circ$ , et crée même le premier globe céleste (ou

orbe). Hipparque rédige également un traité en 12 livres sur le calcul des cordes (nommé aujourd'hui la trigonométrie).

### Hipparcos de Nicée

Considéré comme le plus grand astronome de toute l'antiquité classique, Hipparque de Nicée, fit des observations d'une bonne précision entre ~161 et ~127 depuis Rhodes et Alexandrie. Il mit en évidence un grand nombre de phénomènes insoupçonnés auparavant, détermina une valeur de 365j 5h 55min 12s pour la durée de l'année tropique, valeur bien plus précise que tout ce qui avait été proposé avant lui, cependant encore trop surestimée par rapport à la vraie valeur égale à 365j 5h 48min 46s.



En astronomie, il propose une « théorie des épicycles » qui permettra à son tour l'établissement de tables astronomiques très précises. L'ensemble se révélera largement fonctionnel, permettant par exemple de calculer pour la première fois des éclipses lunaires et solaires. La machine d'Anticythère, un calculateur à engrenages, capable de calculer la date et l'heure des éclipses, est un des rares témoignages de la sophistication des connaissances grecques tant en astronomie et mathématiques qu'en mécanique et travail des métaux.

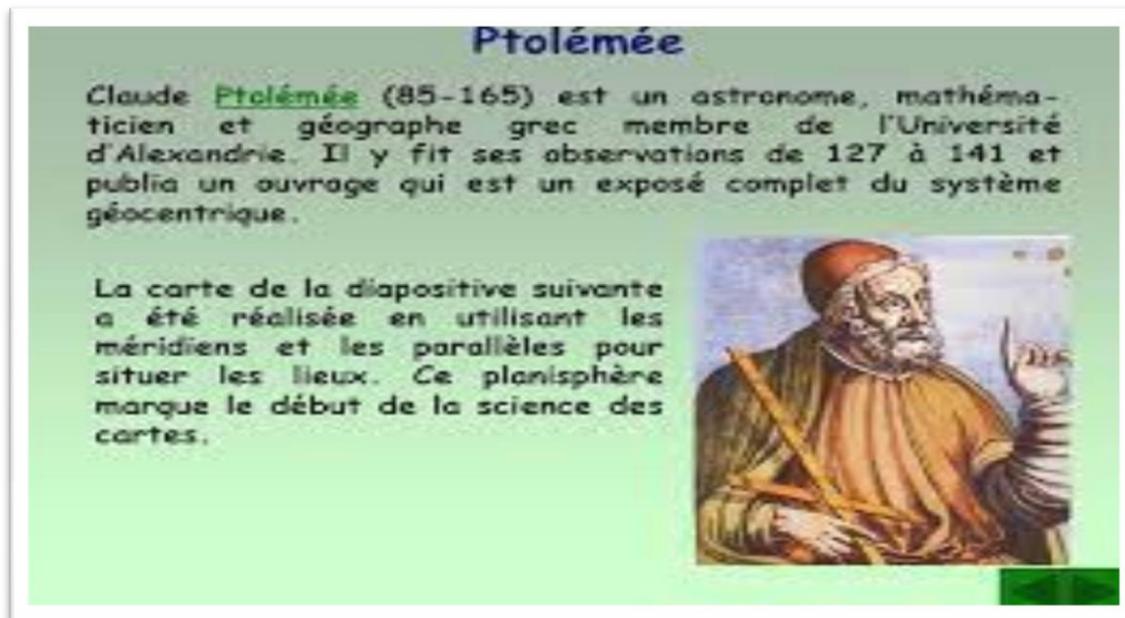
### Hipparcos de Nicée

Hipparque a transformé l'astronomie grecque d'une science descriptive à une science prédictive. Il a estimé les distances Terre-Lune et Terre-Soleil, ainsi que les tailles réelles de ces astres, obtenant une valeur tout à fait correcte pour la distance Terre-Lune et la taille de la Lune et une valeur dix fois trop petite pour la distance Terre-Soleil. Il trouva tout de même que le Soleil devait être dix fois plus gros que la Terre.

Il a dressé un catalogue de 800 étoiles, notant leur position avec précision et en évaluant leur grandeur apparente. Il fut le premier à reconnaître la précession des équinoxes, c'est-à-dire le déplacement lent du point vernal (équinoxe de printemps) sur le zodiaque.

Ptolémée d'Alexandrie (85 après J-C. à 165) prolonge les travaux d'Hipparque et d'Aristote sur les orbites planétaires et aboutit à un système géocentrique du système solaire, qui fut accepté dans les mondes occidental et arabe pendant plus de mille trois cents ans, jusqu'au modèle de Nicolas Copernic.

Ptolémée fut l'auteur de plusieurs traités scientifiques, dont deux ont exercé par la suite une très grande influence sur les sciences islamique et européenne. L'un est le traité d'astronomie, qui est aujourd'hui connu sous le nom de l'*Almageste* ; l'autre est la *Géographie*, qui est une discussion approfondie sur les connaissances géographiques du monde gréco-romain.



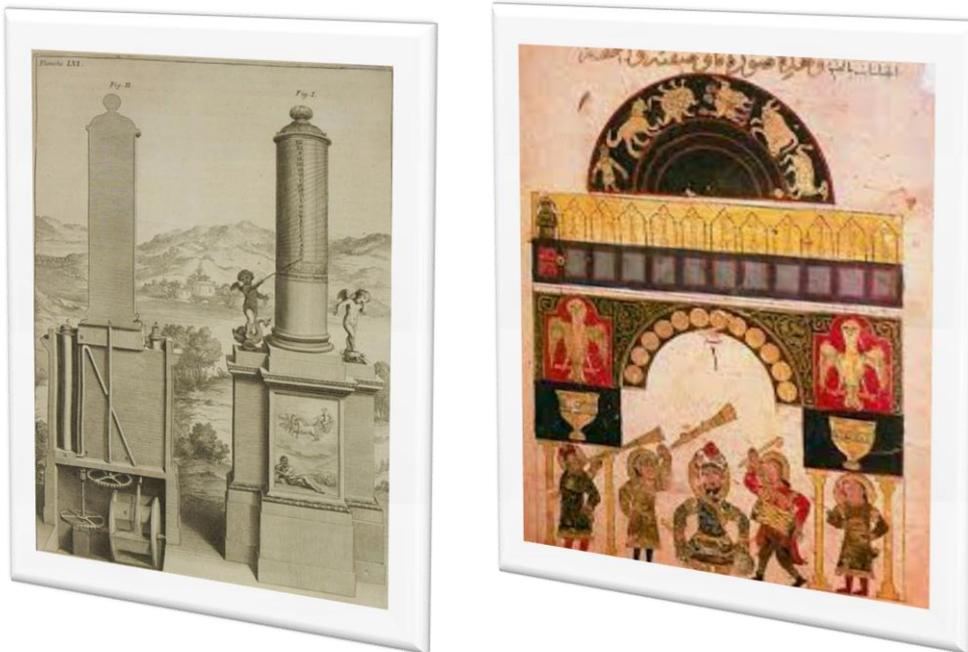
## Science au Moyen Âge

Bien que cette période s'apparente généralement à l'histoire européenne, les avancées technologiques et les évolutions de la pensée scientifique du monde oriental (civilisation arabo-musulmane) et, en premier lieu, celles de l'empire byzantin, qui hérite du savoir latin, et où puisera le monde arabo-musulman, enfin celles de la Chine sont décisives dans la constitution de la « science moderne », internationale, institutionnelle et se fondant sur une méthodologie.

La période du Moyen Âge s'étend ainsi de 512 à 1492 ; elle connaît le développement sans précédent des techniques et des disciplines, en dépit d'une image obscurantiste, propagée par les manuels scolaires.

#### 4.1. En Europe

Les byzantins maîtrisaient l'architecture urbaine et l'admission d'eau ; ils perfectionnèrent également les horloges à eau et les grandes norias pour l'irrigation ; technologies hydrauliques dont la civilisation arabe a hérité et qu'elle a transmis à son tour.



**Horloges à eau.**

Les Universités byzantines ainsi que les bibliothèques compilèrent de nombreux traités et ouvrages d'étude sur la philosophie et le savoir scientifique de l'époque.

L'Europe occidentale, après une période de repli durant le Haut Moyen Âge, retrouve un élan culturel et technique qui culmine au XII<sup>e</sup> siècle.

Néanmoins, du VIII<sup>e</sup> siècle au X<sup>e</sup> siècle la période dite, en France, de la Renaissance carolingienne permit, principalement par la scolarisation, le renouveau de la pensée scientifique. La scolastique, au XI<sup>e</sup> siècle préconise un système cohérent de pensée proche de ce que sera l'empirisme.

La philosophie naturelle se donne comme objectif la description de la nature, perçue comme un système cohérent de phénomènes (ou *pragmata*), mûs par des «lois ».

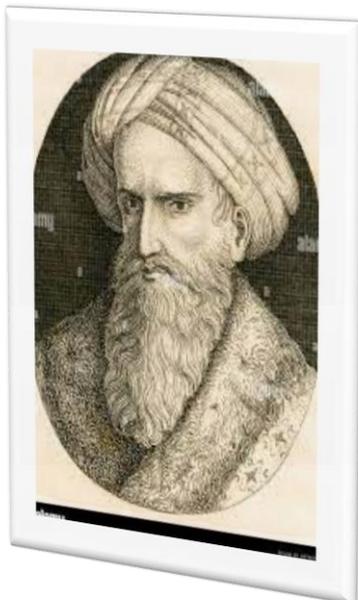
Le Bas Moyen Âge voit la logique faire son apparition avec l'académie de Port-Royal des Champs et diverses méthodes scientifiques se développer ainsi qu'un effort pour élaborer des modèles mathématiques ou médicaux qui jouera « un rôle majeur dans l'évolution des différentes conceptions du statut des sciences ».

D'autre part le monde médiéval occidental voit apparaître une « laïcisation du savoir », concomitant à l'« autonomisation des sciences ».

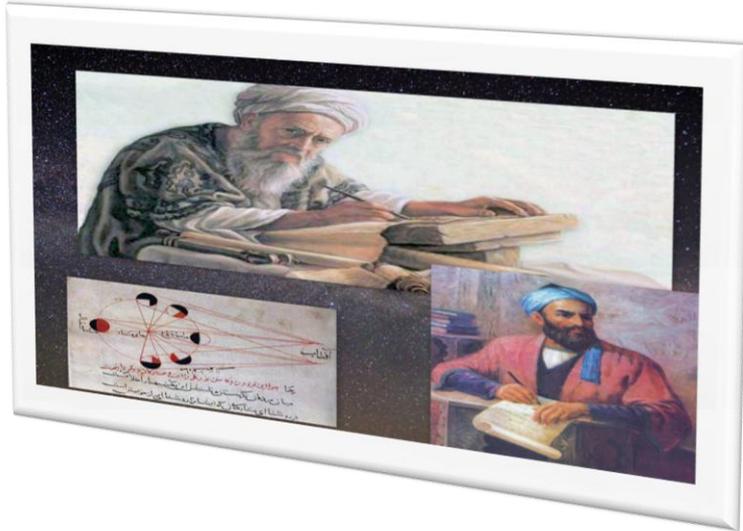
## 4.2. Dans le monde arabo-musulman

Le monde arabo-musulman est à son apogée intellectuelle du VIII<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle ce qui permet le développement d'une culture scientifique spécifique, d'abord à Damas sous les derniers Omeyyades, puis à Bagdad sous les premiers Abbassides. La science arabo-musulmane est fondée sur la traduction et la lecture critique des ouvrages de l'Antiquité. L'étendue du savoir arabo-musulman est étroitement liée aux guerres de conquête de l'Islam qui permettent aux Arabes d'entrer en contact avec les civilisations indienne et chinoise. Le papier, emprunté aux Chinois remplace rapidement le parchemin dans le monde musulman.

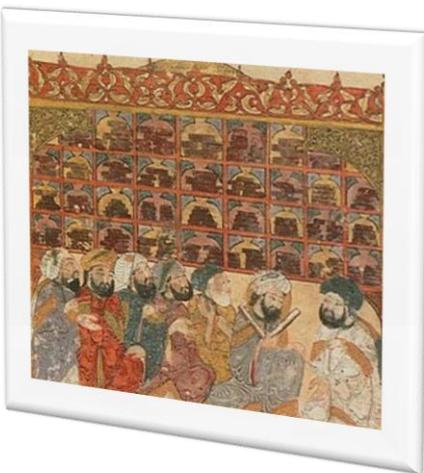
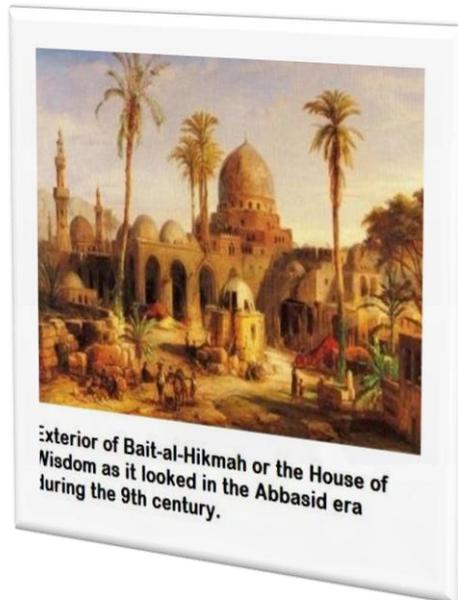
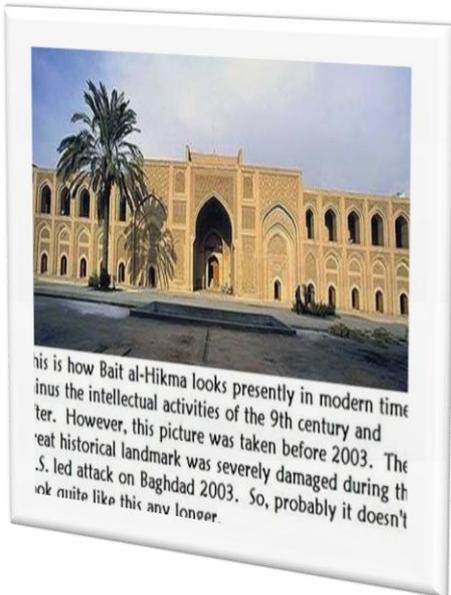
Le Calife Harun ar-Rachid, féru d'astronomie, crée en 829 à Bagdad le premier observatoire permanent, permettant à ses astronomes de réaliser leurs propres études du mouvement des astres.



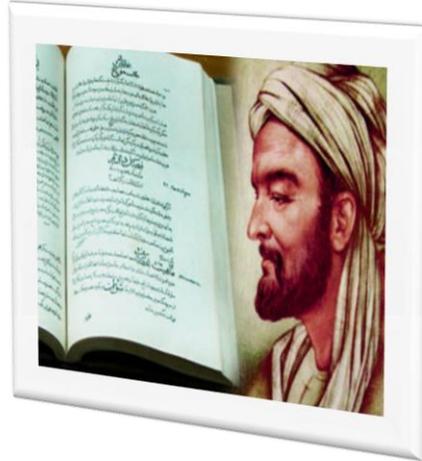
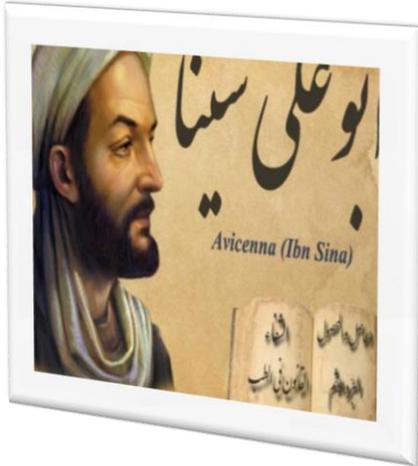
Abu Raihan al-Biruni, reprenant les écrits d'Ératosthène d'Alexandrie (III<sup>e</sup> siècle av. J.-C.), calcule le diamètre de la Terre et affirme que la Terre tournerait sur elle-même, bien avant Galilée.



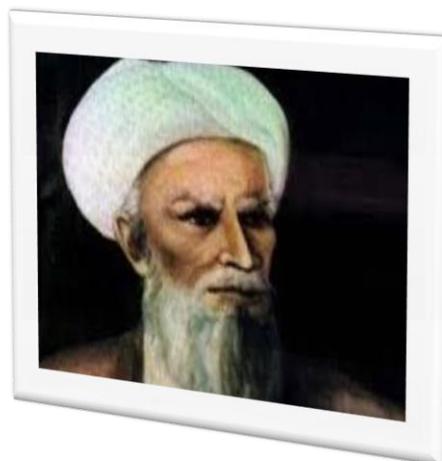
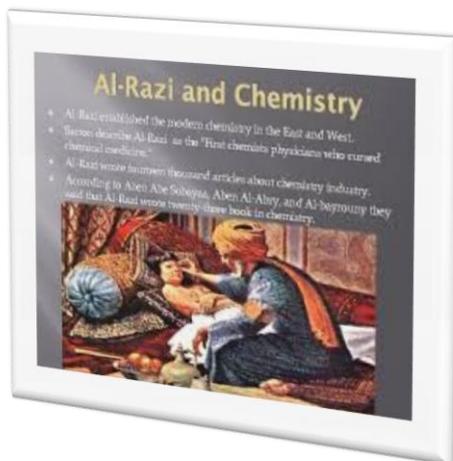
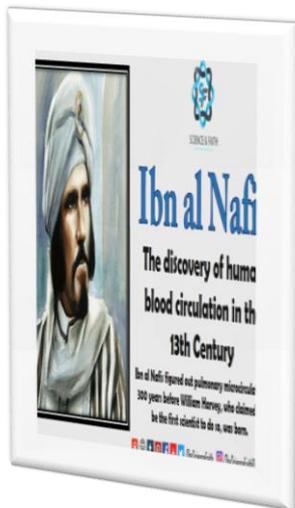
En 832 sont fondées les Maisons de la sagesse (Baït al-hikma), lieux de partage et de diffusion du savoir.



En médecine, Avicenne (980-1037) rédige une monumentale encyclopédie,



le Qanûn. Ibn Nafis décrit la circulation sanguine pulmonaire, et al-Razi recommande l'usage de l'alcool en médecine.



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

### Médecine islamique

- Abu Al-Qasim (Abulcassis) qui est considéré comme le père de la chirurgie moderne a écrit le Kitab al-Tasrif (une encyclopédie médicale en 30 volumes, qui a été enseignée dans les écoles de médecine musulmanes et européennes jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle.
- Il a utilisé de nombreux instruments chirurgicaux, (catgut, des pinces, des ligatures, des aiguilles à suture, des scalpels, des curettes, des écarteurs, des sondes et des spéculums, des scies à os, et des plâtres.

33



En mathématiques l'héritage antique est sauvegardé et approfondi permettant la naissance de l'algèbre. L'utilisation des chiffres arabes et du zéro.

### 4.3. Sciences en Chine médiévale

La Chine de l'Antiquité a surtout contribué à l'innovation technique, avec les quatre inventions principales qui sont : le papier (daté du II<sup>e</sup> siècle av. J.-C.), l'imprimerie à caractères mobiles (au IX<sup>e</sup> siècle), la poudre (la première trace écrite attestée semble être le *Wujing Zongyao* qui daterait des alentours de 1044) et 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.



### Boussole chinoise

Ou

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

Pour l'historien Joseph Needham, dans *Science et civilisation en Chine*, vaste étude de dix-sept volumes, la société chinoise a su mettre en place une science innovante, dès ses débuts. Needham en vient même à relativiser la conception selon laquelle la science doit tout à l'Occident. Pour lui, la Chine était même animée d'une ambition de collecter de manière désintéressée le savoir, avant même les universités occidentales.

Les traités de mathématiques et de démonstration abondent comme *Les Neuf Chapitres* (qui présentent près de 246 problèmes) transmis par Liu Hui (III<sup>e</sup> siècle) et par Li Chunfeng (VII<sup>e</sup> siècle) ou encore les *Reflets des mesures du cercles sur la mer* de Li Ye datant de 1248 étudiés par Karine Chemla et qui abordent les notions arithmétiques des fractions, d'extraction de racines carrée et cubique, le calcul de l'aire du cercle et du volume de la pyramide entre autres.

Karine Chelma a ainsi démontré que l'opinion répandue selon laquelle la démonstration mathématique serait d'origine grecque était partiellement fausse, les Chinois s'étant posé les mêmes problèmes à leur époque ; elle dira ainsi : on ne peut rester occidental-centré, l'histoire des sciences exige une mise en perspective internationale des savoirs.

#### 4.5. Inde des mathématiques médiévales

Les mathématiques indiennes sont particulièrement abstraites et ne sont pas orientées vers la pratique, au contraire de celles des Égyptiens par exemple. C'est avec Brahmagupta (598 - 668) et son ouvrage célèbre, le *Brahmasphutasiddhanta*, particulièrement complexe et novateur, que les différentes facettes du zéro, chiffre et nombre, sont parfaitement comprises et que la construction du système de numération décimal de position est parachevée. L'ouvrage explore également ce que les mathématiciens européens du XVII<sup>e</sup> siècle ont nommé la « méthode chakravala », qui est un algorithme pour résoudre les équations diophantiennes.

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

À l'instar de Nasir ad-Din at-Tusi (1201 - 1274) il développe en effet la dérivation<sup>[réf. nécessaire]</sup>. 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 introduit plusieurs éléments relevant du calcul différentiel : le nombre dérivé, la différentiation .

Mais c'est surtout avec Âryabhata (476 - 550), dont le traité d'astronomie (nommé l'*Aryabatiya*) écrit en vers aux alentours de 499, que les mathématiques indiennes se révèlent . Il s'agit d'un court traité d'astronomie présentant 66 théorèmes d'arithmétique, d'algèbre, ou de trigonométrie plane et sphérique. Aryabhata invente par ailleurs un système de représentation des nombres fondé sur les signes consonantiques de l'alphasyllabaire sanskrit.

Ces percées seront reprises et amplifiées par les mathématiciens et astronomes de l'école du Kerala, parmi lesquels : Madhava de Sangamagrama, Nilakantha Somayaji, Parameswara, Jyeshthadeva, ou Achyuta Panikkar, pendant la période médiévale du V<sup>e</sup> siècle au XV<sup>e</sup> siècle.

## 5. Les « Lumières » et les grands systèmes scientifiques

Au XVII<sup>e</sup> siècle, la « révolution scientifique » est permise par la *mathématisation* de la science.

Les universités occidentales avaient commencé à apparaître au XI<sup>e</sup> siècle, mais ce n'est qu'au cours du XVII<sup>e</sup> siècle qu'apparaissent les autres institutions scientifiques, notamment l'Accademia dei Lincei, fondée en 1603 (ancêtre de l'Académie pontificale des sciences), les académies des sciences, les sociétés savantes.

Les sciences naturelles et la médecine surtout se développèrent durant cette période.

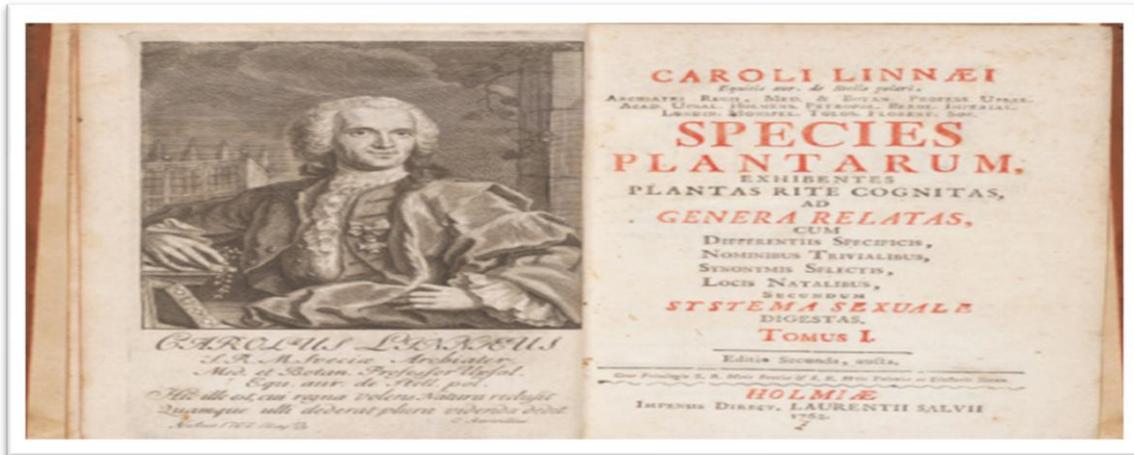


## 5.2. Naissance des grandes disciplines scientifiques

La majorité des disciplines majeures de la science se consolident, dans leurs épistémologies et leurs méthodes, au XVIII<sup>e</sup> siècle.

La botanique apparaît avec Carl von Linné qui publie en 1753 *Species plantarum*, point du départ du système du binôme linnéen et de la nomenclature botanique. La chimie naît par ailleurs avec Antoine Laurent de Lavoisier qui énonce en 1778 la *loi de conservation de la matière*, identifie et baptise l'oxygène. Les sciences de la terre font aussi leur apparition. Comme discipline, la médecine progresse également avec la constitution des examens cliniques et les premières classifications des maladies par William Cullen et François Boissier de Sauvages de Lacroix.





## 6. XIX<sup>e</sup> siècle

La biologie connaît au XIX<sup>e</sup> siècle de profonds bouleversements avec la naissance de la génétique, à la suite des travaux de Gregor Mendel, le développement de la physiologie, l'abandon du vitalisme à la suite de la synthèse de l'urée qui démontre que les composés organiques obéissent aux mêmes lois physico-chimique que les composés inorganiques.



L'opposition entre science et religion se renforce avec la parution de *L'Origine des espèces* en 1859 de Charles Darwin.



Les sciences humaines naissent, la sociologie avec Auguste Comte, la psychologie avec Charcot et Wilhelm Maximilian Wundt.

### **Claude Bernard et la méthode expérimentale**

Claude Bernard (1813-1878) est un médecin et physiologiste, connu pour l'étude du syndrome de Claude Bernard-Horner. Il est considéré comme le fondateur de la médecine expérimentale .

Il rédige la première méthode expérimentale, considérée comme le modèle à suivre de la pratique scientifique.

Il énonce ainsi les axiomes de la méthode médicale dans son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865) et en premier lieu l'idée que l'observation doit réfuter ou valider la théorie :

« La théorie est l'hypothèse vérifiée après qu'elle a été soumise au contrôle du raisonnement et de la critique. Une théorie, pour rester bonne, doit toujours se modifier avec le progrès de la science et demeurer constamment soumise à la vérification et la critique des faits nouveaux qui apparaissent. Si l'on considérait une théorie comme parfaite, et si on cessait de la vérifier par l'expérience scientifique, elle deviendrait une doctrine ».



## Révolution Industrielle

La Première et Seconde Révolutions Industrielles sont marquées par de profonds bouleversements économiques et sociaux, permis par les innovations et découvertes scientifiques et techniques.

La vapeur, puis l'électricité comptent parmi ces progrès notables qui ont permis l'amélioration des transports et de la production.

Les instruments scientifiques sont plus nombreux et plus sûrs, tels le microscope (à l'aide duquel Louis Pasteur découvre les microbes) ou le télescope se perfectionnent.



Premiers microscopes.

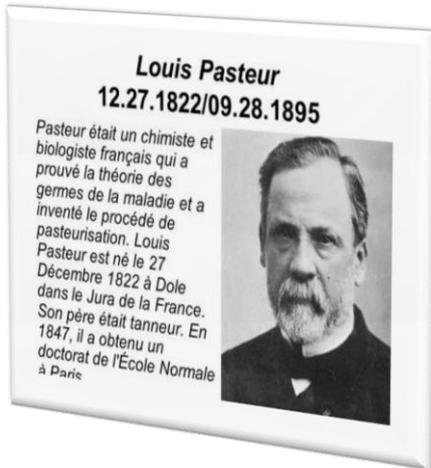
### Louis Pasteur

**Louis Pasteur** est un scientifique français, spécialisé dans la chimie et microbiologie (science des microbes).

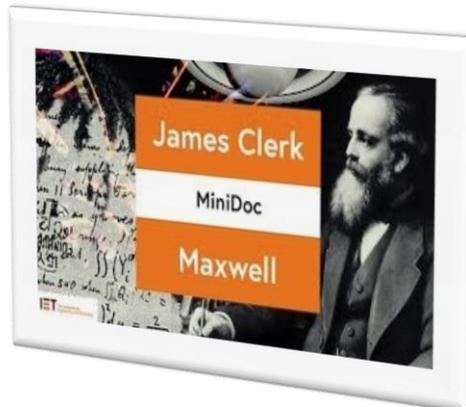
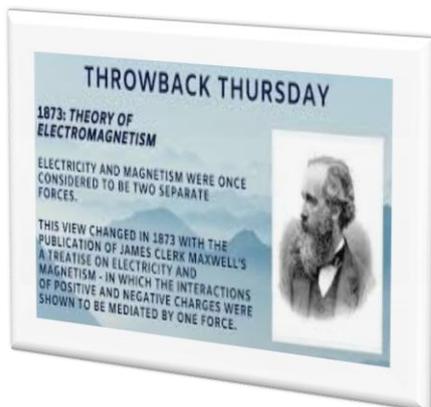
Il est né en 1822 à Dole (Jura) et est mort en 1895 à Marnes la Coquette (Seine-et-Oise).

Son père était sergent major dans l'armée de Napoléon 1<sup>er</sup>. Durant sa jeunesse Louis PASTEUR s'est passionné pour la peinture. Il a peint beaucoup de portrait de sa mère et de ses proches. A 9 ans il entre au collège d'Arbois puis à l'âge de 17 ans au collège royal de Besançon. Il y passe son baccalauréat en 1840. Il obtient ensuite une licence de sciences.

Il est notamment connu pour avoir inventé le premier vaccin **contre la rage**.



La physique acquiert ses principales lois, notamment avec James Clerk Maxwell qui, énonce les principes de la théorie cinétique des gaz ainsi que l'équation d'onde fondant l'électromagnétisme.



Ces deux découvertes permirent d'importants travaux ultérieurs notamment en relativité restreinte et en mécanique quantique.

Il esquisse ainsi les fondements des sciences du XX<sup>e</sup> siècle, notamment les principes de la physique des particules, à propos de la nature de la lumière.

## 7. Une science « post-industrielle »

Tout comme le XIX<sup>e</sup> siècle, le XX<sup>e</sup> siècle connaît une accélération importante des découvertes scientifiques. On note l'amélioration de la précision des instruments, qui eux-mêmes reposent sur les avancées les plus récentes de la science ; l'informatique qui se développe à partir

des années 1950 et permet un meilleur traitement d'une masse d'informations toujours plus importante et aboutit à révolutionner la pratique de la recherche, est un de ces instruments.

33

Les échanges internationaux des connaissances scientifiques sont de plus en plus rapides et faciles (ce qui se traduit par des enjeux linguistiques) ; toutefois, les découvertes les plus connues du XX<sup>e</sup> siècle précèdent la véritable mondialisation et l'uniformisation linguistique des publications scientifiques. En 1971 la firme Intelmet au point le premier micro-processeur et en 1976 Apple commercialise le premier ordinateur de bureau.

### **Complexification des sciences**

De « révolutions scientifiques » en révolutions scientifiques, la science vit ses disciplines se spécialiser. La complexification des sciences explosa au XX<sup>e</sup> siècle, conjointement à la multiplication des champs d'étude. Parallèlement, les sciences viennent à se rapprocher voire à travailler ensemble.

C'est ainsi que, par exemple, la biologie fait appel à la chimie et à la physique, tandis que cette dernière utilise l'astronomie pour confirmer ou infirmer ses théories (c'est l'astrophysique).

Les mathématiques deviennent le « langage » commun des sciences ; les applications étant multiples.

Le cas de la biologie est exemplaire. Elle s'est divisée en effet en de nombreuses branches : en biologie moléculaire, biochimie, biologie génétique, agrobiologie, etc.



**L'informatique, l'innovation majeure du XX<sup>e</sup> siècle, a apporté une précieuse assistance aux travaux de recherche.**

La somme des connaissances devient telle qu'il est impossible pour un scientifique de connaître parfaitement plusieurs branches de la science. C'est ainsi qu'ils se spécialisent de plus en plus et pour contrebalancer cela, le travail en équipe devient la norme.

Cette complexification rend la science de plus en plus abstraite pour ceux qui ne participent pas aux découvertes scientifiques, en dépit de programmes nationaux et internationaux (sous l'égide de l'ONU, avec l'UNESCO - pour *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) de vulgarisation des savoirs.

### **Développement des sciences humaines**

Le siècle est également marqué par le développement des sciences humaines. Institutionnalisées dans la séparation que l'université française fait entre les facultés de sciences et médecine d'une part, et celles de lettres, droit et sciences humaines d'autre part, les sciences humaines comportent de nombreuses disciplines comme l'anthropologie, la sociologie, l'ethnologie, l'histoire, la psychologie, la biologie, la linguistique, la morale, l'archéologie, l'économie entre autres.

### **Éthique et science : l'avenir de la science au XXI<sup>e</sup> siècle**

Le XXI<sup>e</sup> siècle est caractérisé par une accélération des découvertes de pointe, comme la nanotechnologie. Par ailleurs, au sein des sciences naturelles, la génétique promet des changements sociaux ou biologiques sans précédents.

L'informatique est par ailleurs à la fois une science et un instrument de recherche puisque la simulation informatique permet d'expérimenter des modèles toujours plus complexes et gourmands en termes de puissance de calcul.

La science se démocratise d'une part : des projets internationaux voient le jour (lutte contre le SIDA et le cancer, programme SETI, astronomie, détecteurs de particules etc.) ; d'autre part la vulgarisation scientifique permet de faire accéder toujours plus de personnes au raisonnement et à la curiosité scientifique.

### **Classification des sciences**

On distingue les sciences humaines et sociales des sciences de la nature. Les premières, comme la sociologie, portent sur l'étude des phénomènes liés à l'action humaine, les secondes,

comme la physique, portent sur l'étude des phénomènes naturels. Plus récemment, quelques auteurs, comme Herbert Simon, ont évoqué l'apparition d'une catégorie intermédiaire, celle des sciences de l'artificiel, qui portent sur l'étude de systèmes créés par l'homme - artificiels - mais qui présentent un comportement indépendant ou relativement de l'action humaine. Il s'agit par exemple des sciences de l'ingénieur.

### **Sciences fondamentales et appliquées**

Les « sciences fondamentales » visent prioritairement l'acquisition de connaissances nouvelles.

Cette classification première repose sur la notion d'utilité : certaines sciences produisent des connaissances en sorte d'agir sur le monde (les sciences appliquées), c'est-à-dire dans la perspective d'un objectif pratique, tandis que d'autres (les sciences fondamentales) visent prioritairement l'acquisition de connaissances nouvelles abstraites.

Néanmoins, cette limite est floue. Les mathématiques, la physique ou la biologie peuvent ainsi aussi bien être fondamentales qu'appliquées, selon le contexte.

Les sciences appliquées (qu'il ne faut pas confondre avec la technique en tant qu'application de connaissances empiriques) produisent des connaissances en sorte d'agir sur le monde, c'est-à-dire dans la perspective d'un objectif pratique, économique ou industriel.



**Un groupe de chercheurs travaillant sur une expérience.**

Certaines disciplines restent cependant plus ancrées dans un domaine que dans un autre. La cosmologie est par exemple une science exclusivement fondamentale.

L'astronomie est également une discipline qui relève dans une grande mesure de la science fondamentale.

La médecine, la pédagogie ou l'ingénierie sont au contraire des sciences essentiellement appliquées (mais pas exclusivement).

Sciences appliquées et sciences fondamentales ne sont pas cloisonnées. Les découvertes issues de la science fondamentale trouvent des fins utiles (exemple : le laser et son application au son numérique sur CD-ROM). De même, certains problèmes techniques mènent parfois à de nouvelles découvertes en science fondamentale.

Ainsi, les laboratoires de recherche et les chercheurs peuvent faire parallèlement de la recherche appliquée et de la recherche fondamentale. Par ailleurs, la recherche en sciences fondamentales utilise les technologies issues de la science appliquée, comme la microscopie, les possibilités de calcul des ordinateurs par la simulation numérique, par exemple.

Par ailleurs, les mathématiques sont souvent considérées comme autre chose qu'une science, en partie parce que la vérité mathématique n'a rien à voir avec la vérité des autres sciences.

L'objet des mathématiques est en effet interne à cette discipline. Ainsi, sur cette base, les mathématiques appliquées souvent perçus davantage comme une branche mathématique au service d'autres sciences (comme le démontrent les travaux du mathématicien Jacques-Louis Lions qui explique :« Ce que j'aime dans les mathématiques appliquées, c'est qu'elles ont pour ambition de donner du monde des systèmes une représentation qui permette de comprendre et d'agir ») seraient bien plutôt sans finalité pratique.

les mathématiques possèdent un nombre important de branches, d'abord abstraites, s'étant développées au contact avec d'autres disciplines comme les statistiques, la théorie des jeux, la logique combinatoire, la théorie de l'information, la théorie des graphes entre autres exemples, autant de branches qui ne sont pas catalogués dans les mathématiques appliquées mais qui pourtant irriguent d'autres branches scientifiques.

On y retrouve la physique et la biologie, mais également des sciences humaines ou sociales comme l'économie, la psychologie ou même la sociologie.

## **Disciplines scientifiques**

La science peut être organisée en grandes disciplines scientifiques, notamment : mathématiques, chimie, biologie, physique, mécanique, optique, pharmacie, médecine, astronomie, archéologie, économie, sociologie.

37

Les disciplines ne se distinguent pas seulement par leurs méthodes ou leurs objets, mais aussi par leurs institutions : revues, sociétés savantes, chaires d'enseignement, ou même leurs diplômes.



### **Un laboratoire à l'institut de biochimie**

La pratique retient néanmoins trois classements :

1. les sciences formelles (ou Sciences logico-formelles) ;
2. les sciences naturelles ;
3. les sciences humaines et sociales.

Le sens commun associe une discipline à un objet. Par exemple la sociologie s'occupe de la société, la psychologie de la pensée, la physique s'occupe de phénomènes mécaniques, thermiques, la chimie s'occupe des réactions de la matière. La recherche moderne montre néanmoins l'absence de frontière et la nécessité de développer des transversalités ; par exemple, pour certaines disciplines on parle de « physico-chimique » ou de « chimio-biologique », expressions qui permettent de montrer les liens forts des spécialités entre elles.

Une discipline est finalement définie par l'ensemble des référentiels qu'elle utilise pour étudier un ensemble d'objets, ce qui forme sa *scientificité*. Néanmoins, ce critère n'est pas absolu.

### Scientificité

La scientificité est la qualité des pratiques et des théories qui cherchent à établir des régularités reproductibles, mesurables et réfutables dans les phénomènes par le moyen de la mesure expérimentale, et à en fournir une représentation explicite.

Plus généralement, c'est le « caractère de ce qui répond aux critères de la science ». De manière générale à toutes les sciences, la méthode scientifique repose sur quatre critères :

1. elle est systématique (le protocole doit s'appliquer à tous les cas, de la même façon) ;
2. elle fait preuve d'objectivité (c'est le principe du « double-aveugle » : les données doivent être contrôlées par des collègues chercheurs - c'est le rôle de la publication) ;
3. elle est rigoureuse, testable (par l'expérimentation et les modèles scientifiques) ;
4. et enfin, elle doit être cohérente (les théories ne doivent pas se contredire, dans une même discipline).

Néanmoins, chacun de ces points est problématique, et les questionnements de l'épistémologie portent principalement sur les critères de scientificité.

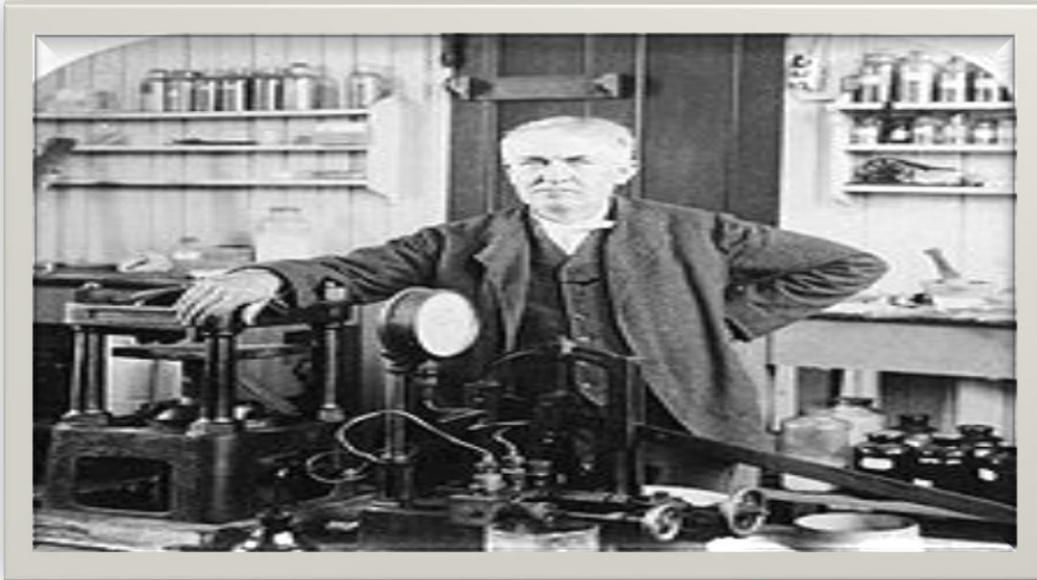
Le principe d'objectivité, qui est souvent présenté comme l'apanage de la science, est, de même, source d'interrogations, surtout au sein des sciences humaines.

### Scientifique et méthode scientifique

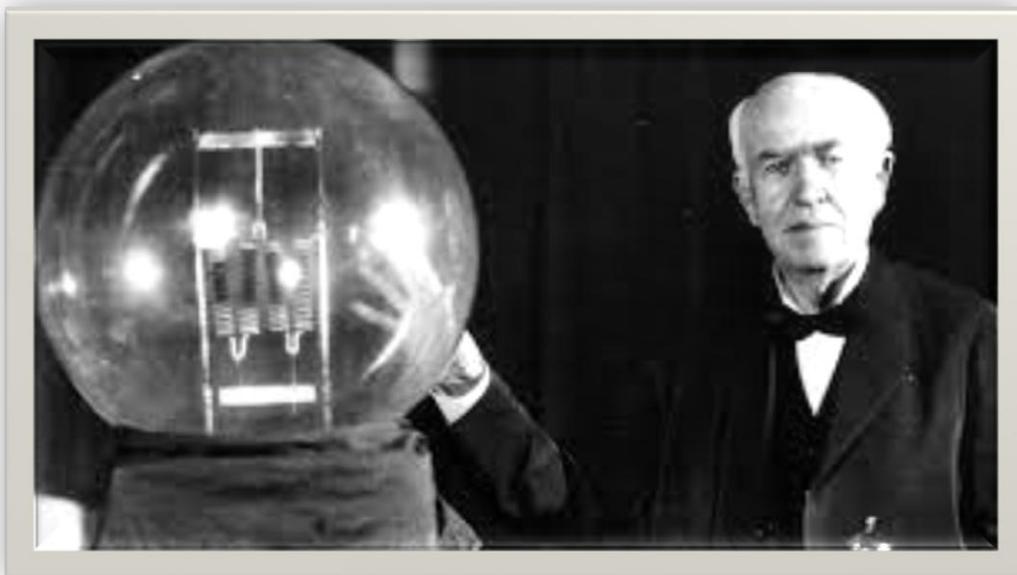
La « méthode scientifique » (grec ancien *méthodos*, « poursuite, recherche, plan ») est « l'ensemble des procédés raisonnés pour atteindre un but ; celui-ci peut être de conduire un raisonnement selon des règles de rectitude logique, de résoudre un problème de mathématique, de mener une expérimentation pour tester une hypothèse scientifique. ». Elle est étroitement liée à l'histoire des sciences.

La méthode scientifique suit par ailleurs quatre opérations distinctes :

**Expérimentation**



**Thomas Edison dans son laboratoire (1901).**



L'expérimentation : est une méthode scientifique qui consiste à tester par des expériences répétées la validité d'une hypothèse et à obtenir des données quantitatives permettant de l'affiner.

Elle repose sur des protocoles expérimentaux permettant de normaliser la démarche.

La physique ou la biologie reposent sur une démarche active du scientifique qui construit et contrôle un dispositif expérimental reproduisant certains aspects des phénomènes naturels étudiés.

La plupart des sciences emploient ainsi la méthode expérimentale, dont le protocole est adapté à son objet et à sa scientificité.

De manière générale, une expérience doit apporter des précisions quantifiées (ou statistiques) permettant de réfuter ou étayer le modèle.

Les résultats des expériences ne sont pas toujours quantifiables, comme dans les sciences humaines.

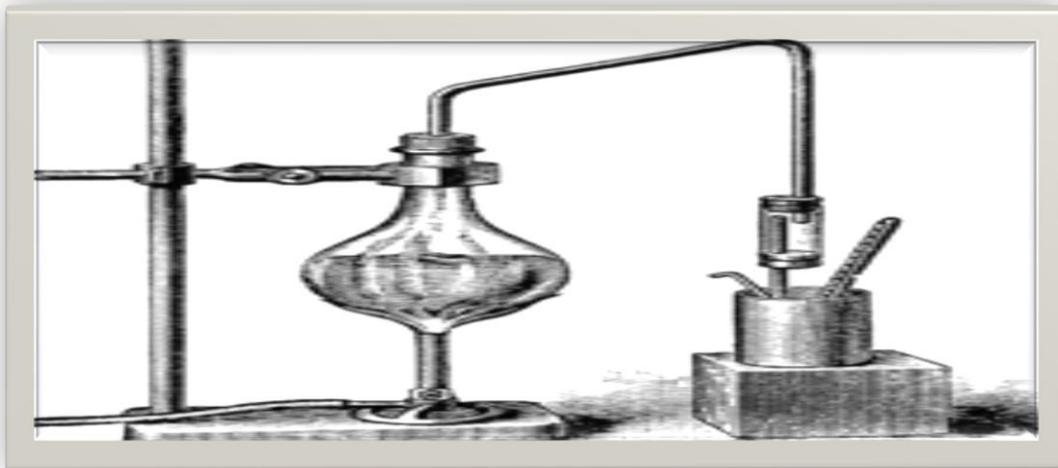
L'expérience doit ainsi pouvoir réfuter les modèles théoriques. L'expérimentation a été mise en avant par le courant de l'empirisme.

L'abduction (ou conjecture) est un procédé consistant à introduire une règle à titre d'hypothèse afin de considérer ce résultat comme un cas particulier tombant sous cette règle.

Elle consiste en l'invention a priori d'une conjecture précédant l'expérience. En somme, cela signifie que l'induction fournit directement la théorie, alors que dans le processus abductif la théorie est inventée avant l'expérience et cette dernière ne fait que répondre par l'affirmative ou par la négative à l'hypothèse.

### **Observation**

---



**L'observation scientifique passe par des instruments.**

L' **observation** :est l'action de suivi attentif des phénomènes, sans volonté de les modifier, à l'aide de moyens d'enquête et d'étude appropriés.

Les scientifiques y ont recours principalement lorsqu'ils suivent une méthode empirique. C'est par exemple le cas en astronomie ou en physique.

Il s'agit d'observer le phénomène ou l'objet sans le dénaturer, ou même interférer avec sa réalité.

Certaines sciences, comme la physique quantique ou la psychologie, prennent en compte l'observation comme un paradigme explicatif à part entière, influençant le comportement de l'objet observé.

### **Théorie et modèle**

Une « **théorie** » (du grec *theoria* soit « vision du monde ») est un modèle ou un cadre de travail pour la compréhension de la nature et de l'humain. En physique, le terme de théorie désigne généralement le support mathématique, dérivé d'un petit ensemble de principes de base et d'équations, permettant de produire des prévisions expérimentales pour une catégorie donnée de systèmes physiques.

La théorie est ainsi bien souvent plus un modèle entre l'expérimentation et l'observation qui reste à confirmer.

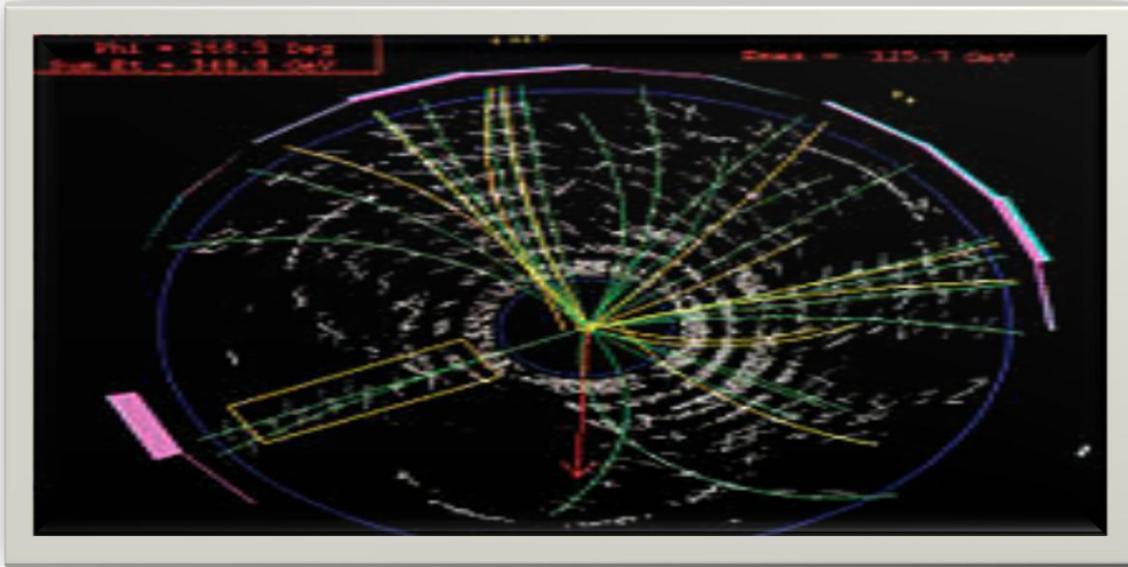
La conception scientifique de la théorie devient ainsi une phase provisoire de la méthode expérimentale. Claude Bernard, dans son *Introduction à la médecine expérimentale* appuie sur le rôle clé des questions et sur l'importance de l'imagination dans la construction des hypothèses, sorte de théories en voie de développement. Le neurobiologiste Jean-Pierre Changeux explique ainsi :

« Le scientifique construit des « modèles » qu'il confronte au réel. Il les projette sur le monde ou les rejette en fonction de leur adéquation avec celui-ci sans toutefois prétendre l'épuiser.

### **Simulation**

La « simulation » est la « reproduction artificielle du fonctionnement d'un appareil, d'une machine, d'un système, d'un phénomène, à l'aide d'une maquette ou d'un programme informatique, à des fins d'étude, de démonstration ou d'explication ».

Elle est directement liée à l'utilisation de l'informatique au XX<sup>e</sup> siècle. Il existe deux types de simulations :



### Simulation d'une collision de particules.

- 1. La modélisation** physique consiste spécifiquement à utiliser un autre phénomène physique que celui observé, mais en y appliquant des lois ayant les mêmes propriétés et les mêmes équations. Un modèle mathématique est ainsi une traduction de la réalité pour pouvoir lui appliquer les outils, les techniques et les théories mathématiques. Il y a alors deux types de modélisations : les modèles prédictifs (qui anticipent des événements ou des situations, comme ceux qui prévoient le temps avec la météorologie) et les modèles descriptifs (qui représentent des données historiques).
- 2. La simulation numérique** utilise elle un programme spécifique ou éventuellement un logiciel plus général, qui génère davantage de souplesse et de puissance de calcul.

Les simulateurs de vol d'avions par exemple permettent d'entraîner les pilotes. En recherche fondamentale les simulations que l'on nomme aussi « modélisations numériques » permettent de reproduire des phénomènes complexes, souvent invisibles ou trop ténus, comme la collision de particules.

## **Les références bibliographiques**

- 1- Robert S. , Boston Studies In The Philosophy Of Science , springe Edit, France, 2009
- 2- Ahmed Djebbar , l 'age d'or des sciences arabes le pommier Edit , France, 2013
- 3- Ahmed Djebbar Une histoire de la science arabe Éditions du Seuil france 2001
- 4- Alpheus Spring Packard Lamarck, the Founder of Evolution: His Life and Wor, DODO PRESS , Brown University Providence, R. I., , 1901
- 5- EFG killer Then centry of the gene, Harverd university PRESS, England 2002
- 6- Marie-Christine Maure La Naissance de la Vi e De l'évolution prébiotique à l'évolution biologique Dunod france 2003
- 7- Morange M La vie expliquée? 50 ans après la double hélice Ed O. Jacob. 2003
- 8- Pichot A Histoire de la notion de vie. Gallimard,1993
- 9- Wiltz Biologie et histoire des sciences mémoire pédagogique
- 10- Tournier J-N Le vivant décodé. EDP sciences, 2005
- 11- Encyclopédie Universalis ,2011