

Histoire des sciences — culture scientifique



Guillaume Sire

MCF – Université Toulouse 1 Capitole

Plan de la formation

- ▶ **Introduction**

Qu'est-ce que "la science" ?

Pourquoi une histoire des sciences ?

Attention aux tentations téléologiques

- ▶ **1 – Les sciences anciennes**

Les mathématiques

Les sciences physiques

L'astronomie

Les prémices de la biologie



- ▶ **2 — Le tournant moderne**
Le grand débat scolastique
Copernic et Galilée
Le discours de la méthode
L'axiomatique de Newton
Le renouveau de la biologie

- ▶ **3 — Après les Lumières**
L'empirisme moderne
Le positivisme
Les impasses logiques
Industrialisation de la production
La conscience politique

- ▶ **Conclusion**
Quelle(s) science(s) demain ?



Introduction

- ▶ Qu'est-ce que la science ?
- ▶ Du langage !
 - ▶ L'histoire des sciences commence avec celle de l'écriture



L'un des plus anciens diagrammes complets des *Eléments*, trouvé sur un papyrus daté d'entre 75 et 125 de notre ère (la proposition est II.5).

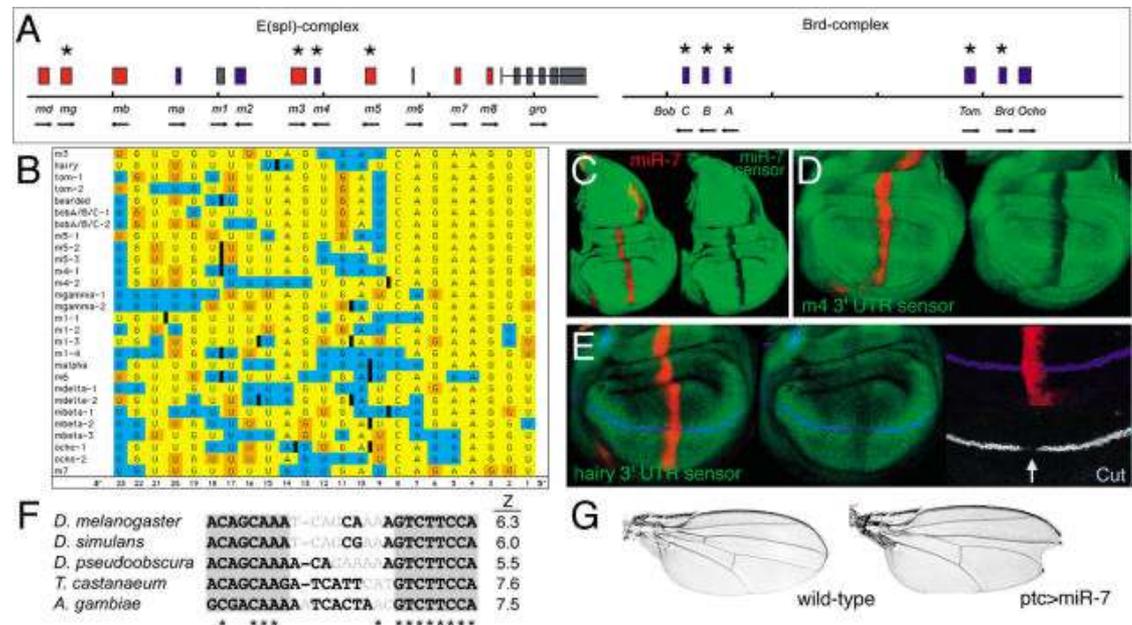
Collection des papyri d'Oxyrhynchus

Source <https://www.historyofinformation.com/>



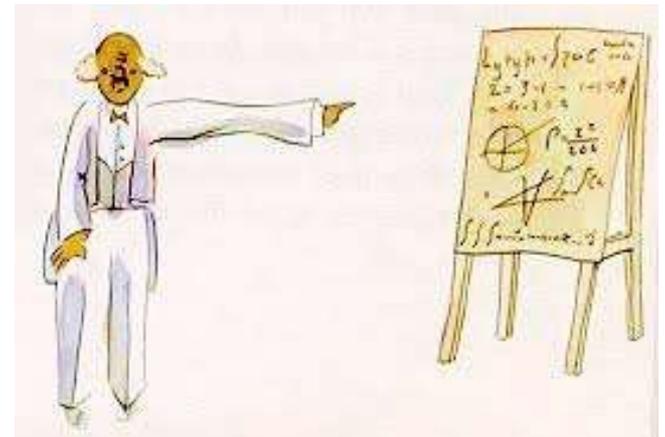
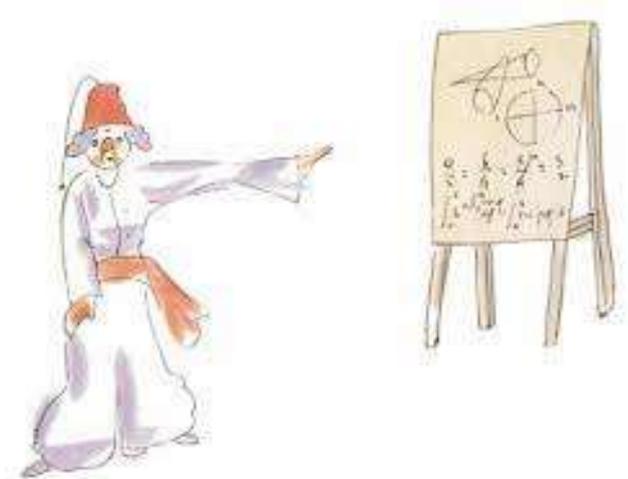
Introduction

- ▶ Qu'est-ce que la production scientifique ?
 - ▶ Une production sociale
 - ▶ Un discours
 - ▶ Une rencontre



Introduction

- La Science suppose...
 - Des conventions
 - Des grammaires
 - Des institutions
- C'est-à-dire des rapports :
 - De pouvoir
 - D'argent
 - Juridiques



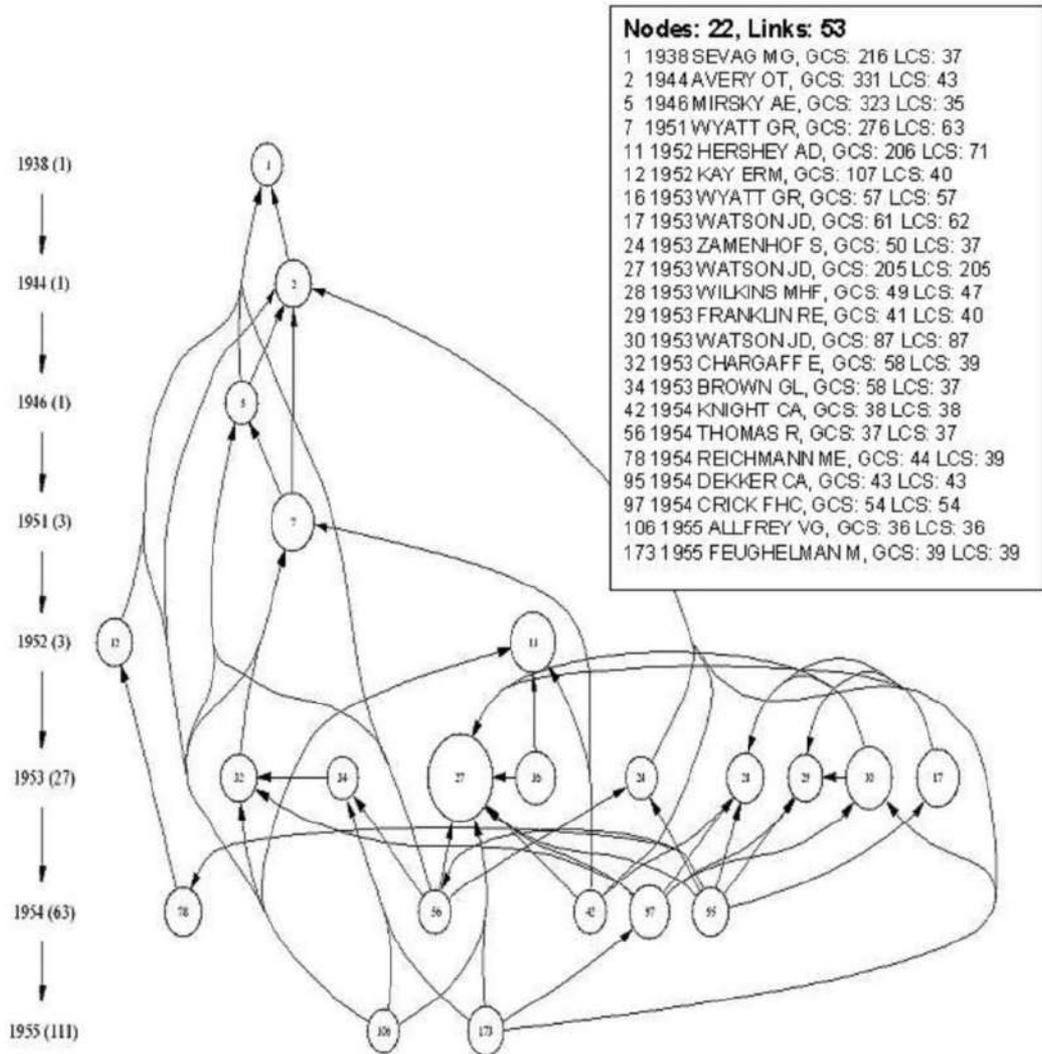
Introduction

- ▶ Pourquoi une histoire des sciences ?
 - ▶ Une histoire des savoirs : garder la mémoire de ce qui a été produit par nos prédécesseurs, pour assurer la cumulativité des champs disciplinaires
 - ▶ Une histoire du langage : que peut-on dire de vrai ?
 - ▶ Une histoire du raisonnement : qu'est-ce qu'une preuve ? Comment stabilise-t-on, stocke-t-on, et mobilise-t-on du savoir?
 - ▶ Une histoire des représentations, des institutions, du social, des conséquences, des mouvements historiques, des inductions politiques...



Une histoire documentaire

(Historiographe)



Garfield, Pudovkin, Istomin (2003), « Mapping the output of topical searches in the Web of Knowledge and the case of Watson-Crick. », *Information Technology and Libraries* 22:183-187

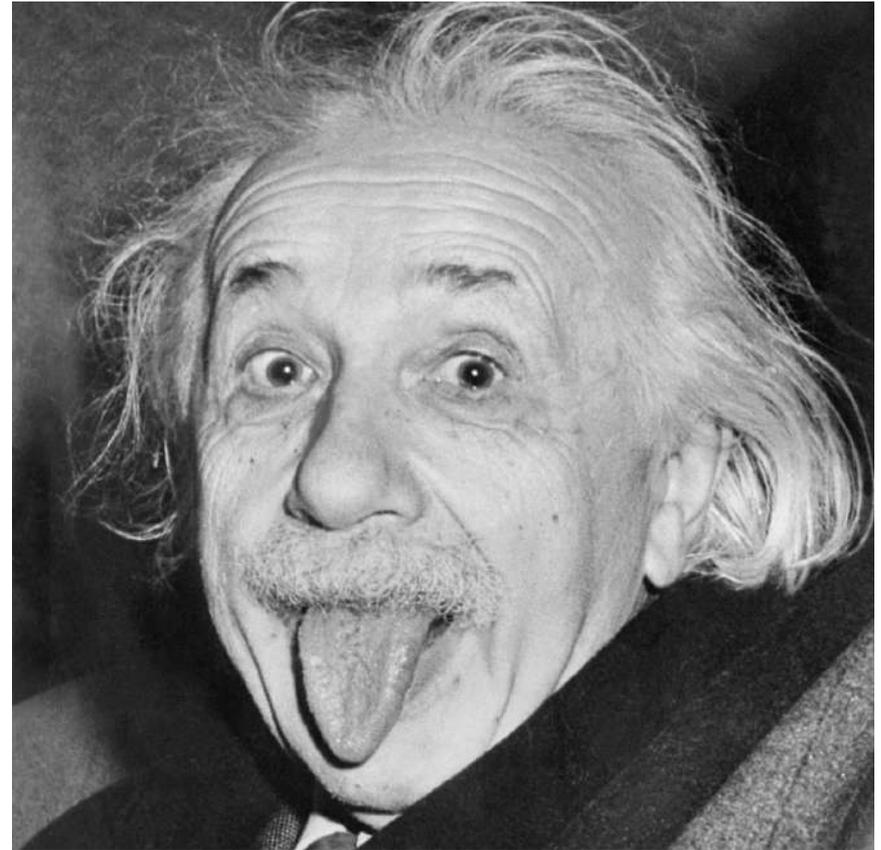
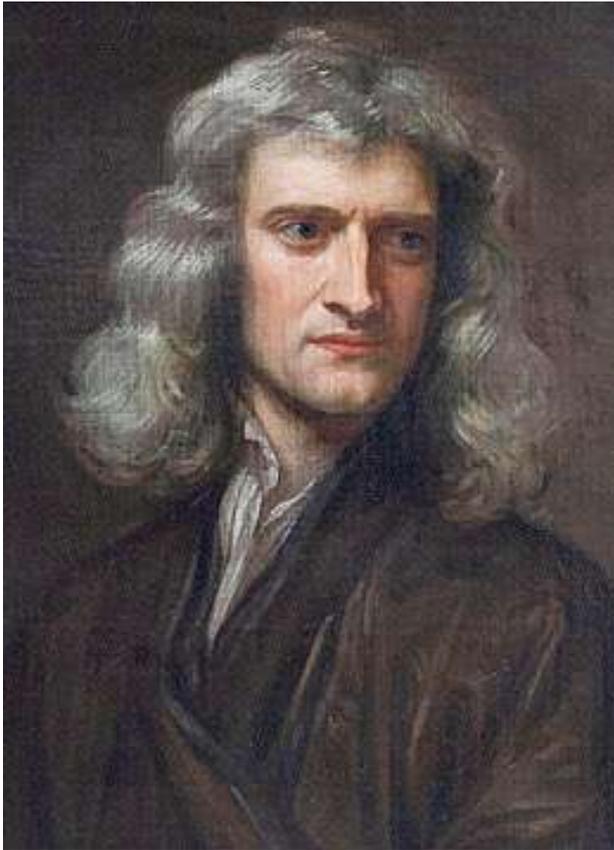
Introduction

- ▶ Attention aux tentations téléologiques ou moralisantes

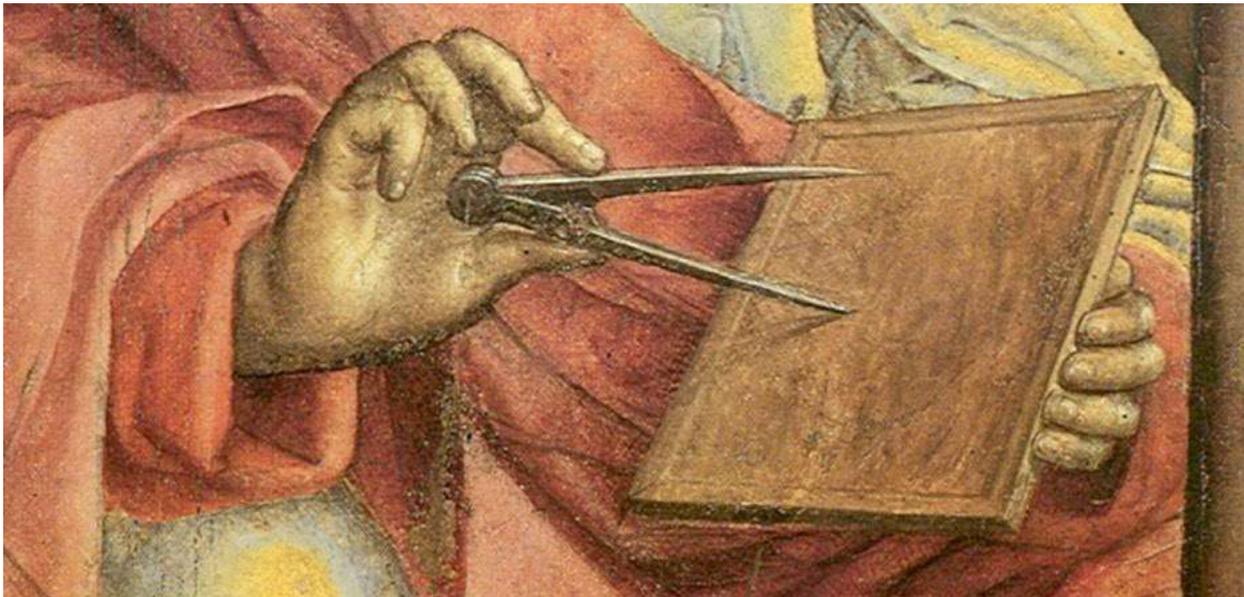


Introduction

- ▶ Attention aussi aux mythes hagiographiques



Les sciences anciennes
(Il était une fois l'analogie...)



1- Les mathématiques

- ▶ En Mésopotamie (Irak/iran) : à l'époque de la troisième dynastie d'Ur (XXI^{ème} siècle avant JC) : mathématiques liées au contexte pratique et administratif avec un système sexagésimal : on établit des valeurs d'échange, des décomptes, on calcule des surfaces agricoles, etc.
- ▶ En Egypte ancienne (papyrus du Rhind : -1750), on sait calculer le volume d'une pyramide tronquée, on cherche à mesurer les périmètres des cercles



1- Les mathématiques

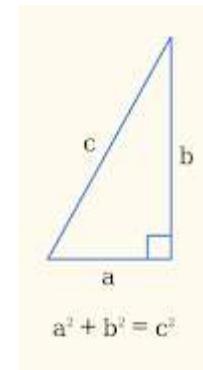
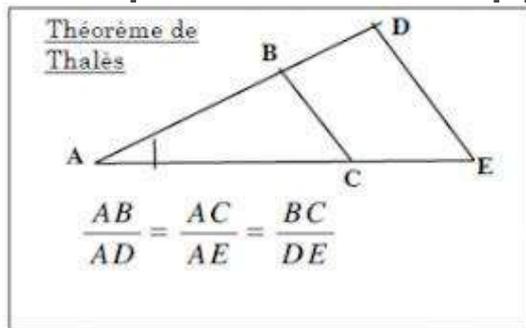


- ▶ Les Grecs inventent...
 - ▶ l'alphabet par phonogrammes (VIIIe siècle av. J.-C.)
 - ▶ la monnaie (VIIIe siècle av. J.-C.)
- ▶ ... des systèmes analogiques permettant de renvoyer à des choses (catégorie, valeur) qui seraient « choses en soi » (noumènes) mais ne seraient pas des abstractions dans la mesure où elles sont coextensives à des réalités expérimentables
 - ▶ Selon les Grecs, les mots sont façonnés par la chose qu'ils désignent
 - ▶ Pour la monnaie, étalonnage : or, pierre, sel, pierres précieuses, poivre, grain de blé, bétail, caroubes...



1- Les mathématiques

- ▶ Thalès de Milet (625-547 av. JC) et Pythagore (569-500 av. JC) créent des concepts analogiques (la droite, l'angle, le triangle, le cercle) et cherchent des « rapports »
 - ▶ C'est une manière pour eux de « méditer » (théoria), presque de prier : de se rapprocher des dieux...



Et on démontre (sans doute Hippias de Métaponte, élève de Pythagore qu'il existe des nombres incommensurables, appelés aussi « irrationnels », impossibles à écrire sous la forme p/q)



1- Les mathématiques

Que $\sqrt{2}$ n'existe pas, cela peut avoir été angoissant. Mais rien n'empêchait Pythagore de le savoir avant d'avoir formé sa doctrine. Imaginons qu'il en ait été ainsi ; en ce cas, la découverte de la diagonale du carré aurait été de nature à bouleverser, non d'angoisse, mais de joie. Car d'abord un rapport numérique, impossible à exprimer en nombres, existe néanmoins, défini par des quantités parfaitement déterminées. Puis ce rapport, pour être saisi comme tel, exige un exercice de l'intelligence bien plus pur et plus dépouillé de tout secours des sens que n'importe quelle relation entre nombres.

Un pareil choc, une pareille joie, ont bien pu mener à la formule « tout est nombre », i.e. : il y a en toutes choses sans exception des rapports analogues aux rapports entre nombres.

Simone Weil — Lettre à son frère André — 1940



1- Les mathématiques

- ▶ Deuxième moitié du Vème siècle av. J.-C. qualifiée par l'historien américain Carl Boyer d'époque héroïque : Archytas de Tarente, Hippase de Métaponte, Hippias d'Elis, Hippocrate de Chios...
- ▶ C'est à cette époque que furent posés les « trois problèmes classiques » (n'utiliser que la règle non graduée et le compas) :
 - ▶ La quadrature du cercle : étant donné un cercle, construire un carré ayant la même aire
 - ▶ La duplication du cube : étant donné un cube, construire un cube de volume double
 - ▶ La trisection de l'angle (partager un angle en trois angles égaux)



1- Les mathématiques

- ▶ Selon Platon, les objets (noumènes) mathématiques (la droite, le cercle, le cube, la pyramide) appartiennent au monde des idées, qui ont un rapport d'analogie avec le réel (dans le réel il n'y aurait autrement dit que des approximations ou des segments de droite, de cercle, de sphère, etc.)
 - ▶ ...mais ils n'en sont pas moins réels !
- ▶ L'Académie de Platon donnent beaucoup de mathématiciens : Théodore de Cyrène (470-420 av. JC), Théétète (415-369 av. JC), Eunoxe de Cnide (408-355) Ménechme (milieu du IVème siècle av JC)



1- Les mathématiques

- ▶ **Les *Eléments* d'Euclide (III^{ème} siècle av. JC)**
 - ▶ Démarche déductive et axiomatique : des définitions sont données, puis des postulats ou des axiomes, à partir desquels on déduit des théorèmes (approche dite « analytique »)
 - ▶ C'est cette démarche axiomatique qui inspirera les mathématiques modernes (quand on ajoutera à l'approche analytique le principe de complétude)

- ▶ **Archimède (287- 212 av JC):**
 - ▶ Travaux essentiellement sur le calcul des aires et des volumes
 - ▶ (Il a approché de la valeur de Pi plus près que les Egyptiens et les Babyloniens, grâce au périmètre de deux polygones réguliers de 96 côtés l'un inscrit dans un cercle et l'autre circonscrit au cercle)



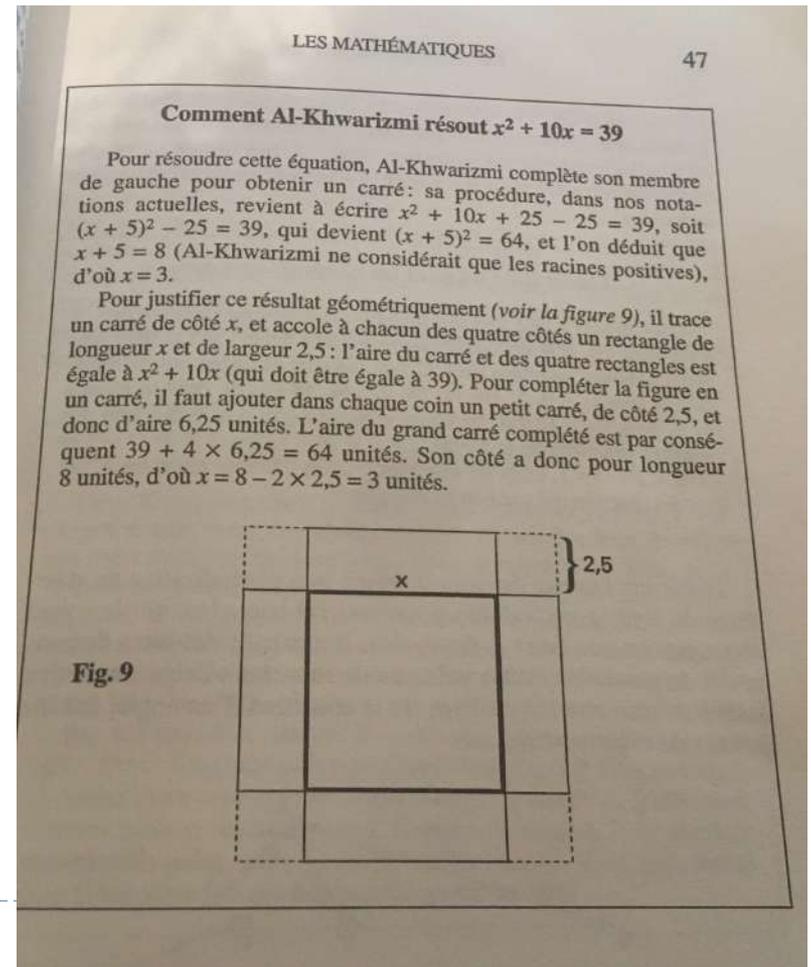
1- Les mathématiques

- ▶ Les Romains, même s'ils conservent la mémoire des travaux grecs, s'intéressent assez peu aux mathématiques
- ▶ Idem pour le Moyen-Âge
- ▶ En revanche elles sont poursuivies chez les Arabes (qui puisent aussi chez les Mésopotamiens et les Indiens) à partir de 750, notamment par Al-Khwarizmi (788-850) puis Omar Khayyam (1048-1131)



1- Les mathématiques

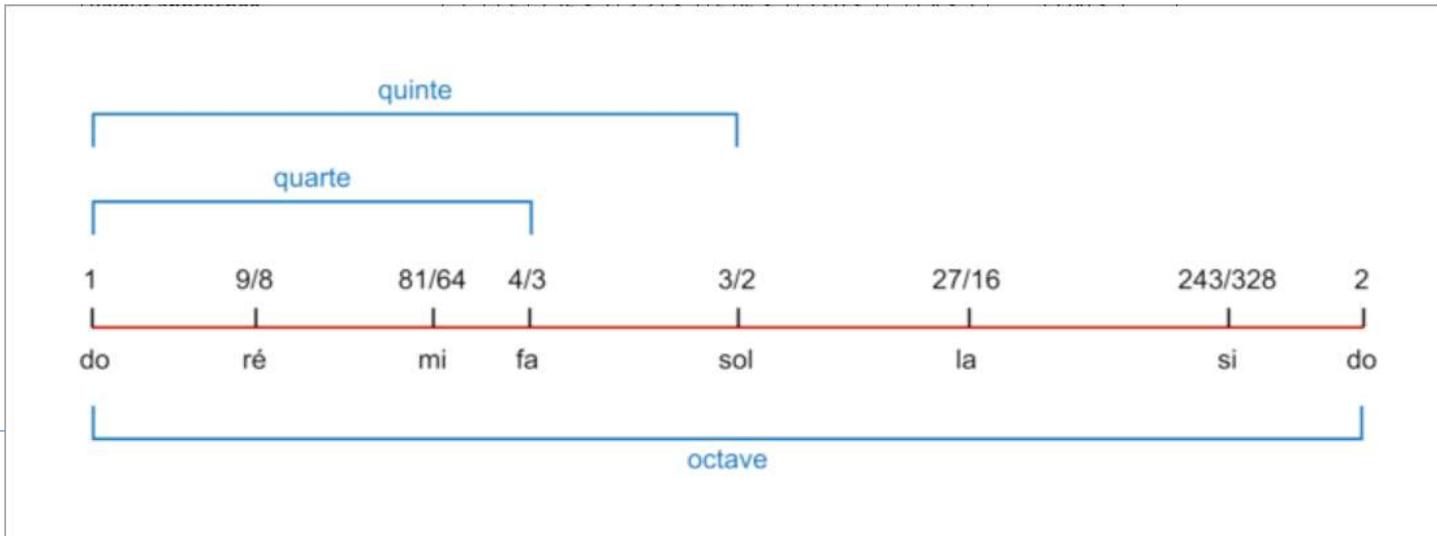
- ▶ Al-Khwarizmi justifiait encore les résultats de son algèbre géométriquement :



2- Les sciences physiques

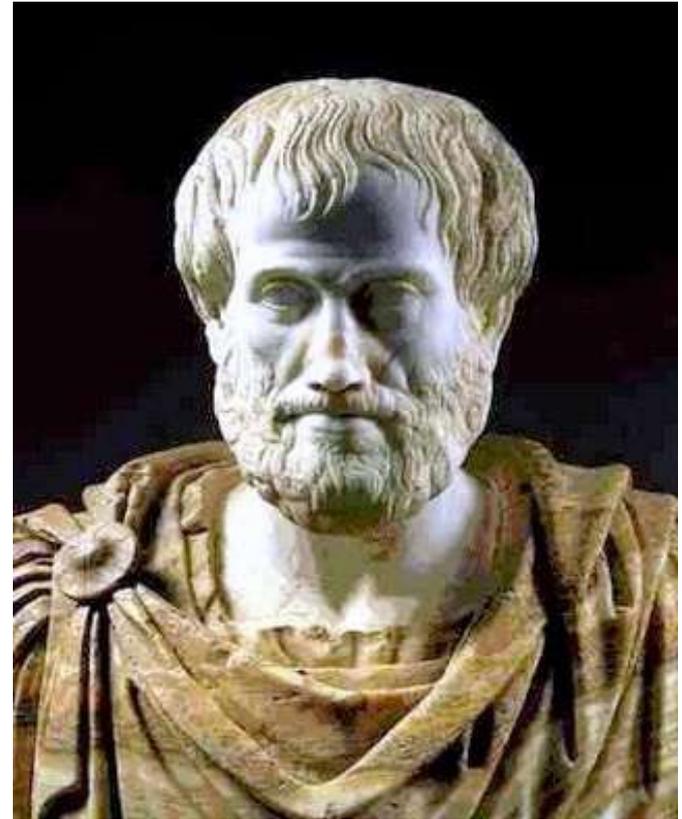
Avant Aristote...

- ▶ Dès le VI^{ème} siècle Thalès explore les propriétés de l'ambre frotté (électricité statique) et celle de la pierre d'aimant
- ▶ Anaximandre considère l'air comme substance primordiale dont les variations engendrent toutes sortes de matière
- ▶ En observant des masses d'enclume, des vases d'eau et des cordes vibrantes (analogie) Pythagore découvre la relation entre la hauteur des sons et les nombre entiers (donc la gamme de do)



2- Les sciences physiques

- ▶ Aristote le naturaliste ! (384 - 322 av JC)



2- Les sciences physiques

- ▶ Pour Aristote un phénomène se considère sous quatre angles : sa cause matérielle (matière : bois), sa cause formelle (forme : tabouret) sa cause effective (l'ébéniste désirant gagner sa vie) sa cause finale (s'asseoir)
- ▶ Aristote pense que l'étude de la nature est liée au bonheur. La faculté suprême de l'homme est la raison (nous) qui permet la contemplation (theoria)
- ▶ Pour Aristote, tout mouvement dépend d'une cause active, et s'arrête dès que cesse cette cause.



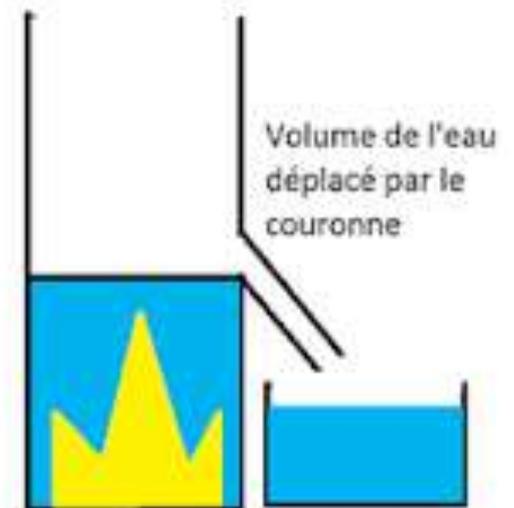
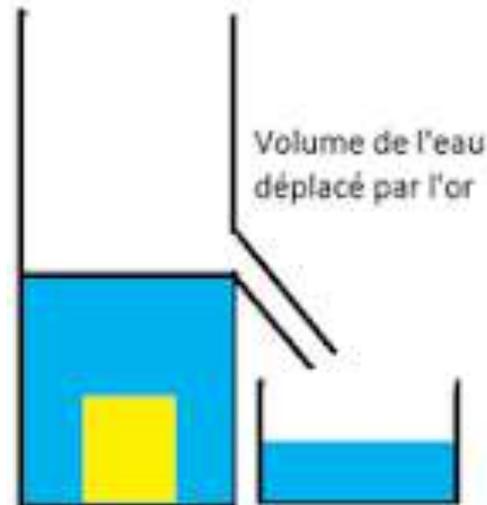
2- Les sciences physiques

- ▶ Parmi les successeurs d'Aristote :
- ▶ Straton de Lampsaque (335-269 av. JC) surnommé ho Phusicos (le Physicien), qui s'intéresse à la dynamique, la zoologie, la botanique...etc. et contredit son maître sur la gravité, en disant qu'il n'y a pas deux tendances, l'une portant les corps légers vers le haut et l'autre portant les corps lourds vers le bas, mais une seule, portant tous les corps vers le bas, sachant que l'ascension des corps légers peut s'expliquer par le contrecoup du mouvement vers le bas des corps lourds
- ▶ Il s'approche aussi de la notion de l'accélération en montrant qu'un filet d'eau tombant d'un toit se fragmente, et donc que la vitesse de l'eau augmente au cours de la chute



2- Les sciences physiques

- ▶ Puis vient Archimède (287-212 av. JC)
 - ▶ Corps flottants, corps pesants...



2- Les sciences physiques

- ▶ Les Romains ont recueilli l'héritage grec mais ne l'ont pas vraiment enrichi, puis une période sombre viendra avec le déclin de l'Empire et l'avènement d'une vérité théologique révélée qui éloignera les savants de l'étude de la nature
- ▶ Le latin a supplanté le grec autour de la Méditerranée
- ▶ Les Arabes (notamment Alhazn 965-1039) reprennent Aristote et les Grecs en les traduisant
- ▶ De leur côté, les Chinois s'intéressent à l'optique pour des applications concrètes (lunettes, télescopes, miroirs, chambres noires)



2- Les sciences physiques

- ▶ Au XIII^{ème} siècle on redécouvre l'héritage grec (en le traduisant en latin)
 - ▶ Robert Grosseteste (1175-1253) s'intéresse aux causes efficaces d'Aristote dans les domaines de l'optique, l'accoustique et l'astronomie
 - ▶ Roger Bacon (1214-1294) et Albert le Grand (1200-1280) vont pousser pour que les phénomènes naturels soient étudiés en prétendant que cela permet de mieux connaître Dieu
 - ▶ Thomas d'Aquin (1225-1274) affirme comme Aristote qu'il faut une cause permanente pour assurer un mouvement régulier et uniforme (il y a donc un ange derrière chaque astre)
 - ▶ Jean Buridan (1300-1358) et Nicolas Oresme (1323-1382) avancent l'idée d'*impetus*, proche du principe d'inertie
 - ▶ Oresme s'intéresse à la vitesse et à l'accélération



3- L'astronomie

- ▶ Chez les Grecs vers 430 av. JC Méton et Euctémon établissent une corrélation (déjà établie par les Babyloniens) entre les cycles solaires et les cycles lunaires
 - ▶ 19 années solaires (« cycle de Méton ») = 235 mois lunaires
- ▶ Les pythagoriciens prouvent la sphéricité de la
- ▶ Eratosthène (276 – 194 av. J.-C.) donne une approximation de la circonférence de la Terre
- ▶ Aristarque (310-230 av JC) mesure les distances Terre-Lune et Terre-Soleil
- ▶ Hipparque de Nicée (190-120 av JC) : précession des équinoxes
- ▶ Ptolémée (100-170) : théorie du mouvement des planètes (modèle géocentrique)



3- L'astronomie

- ▶ Un même objectif pratique de l'astronomie chez les Grecs, les Romains, les Arabes, les Mayas, les Chinois : la mesure du temps analogique
- ▶ Calendriers
- ▶ Cadrons solaires
- ▶ Les prédictions des éclipses (*Codex de Dresde*)



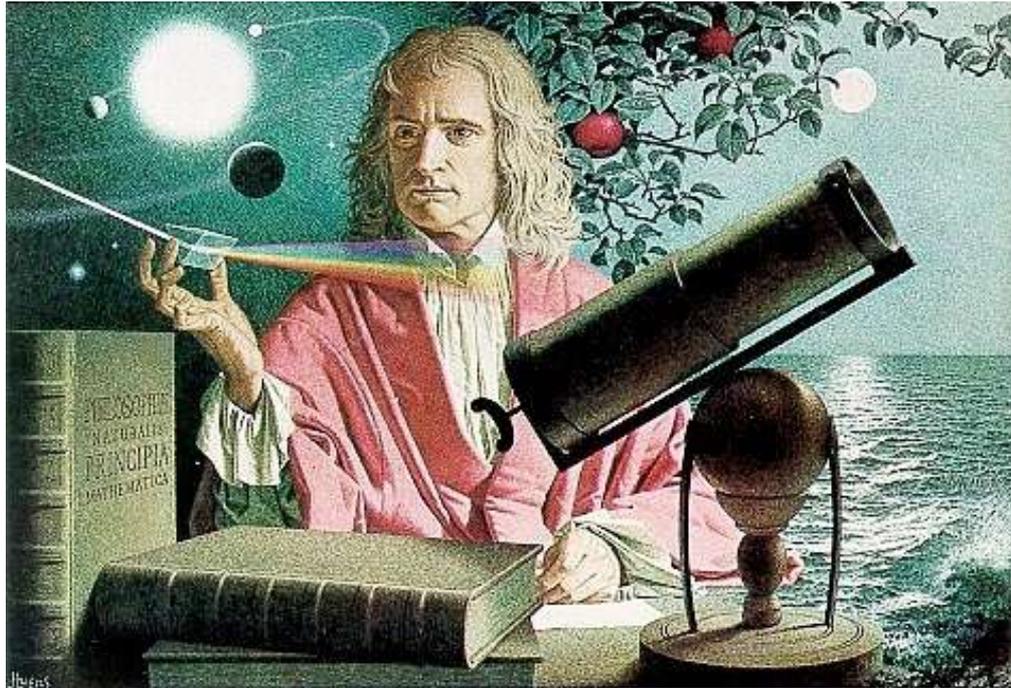
4- Les prémices de la biologie

- ▶ **Sciences de la Terre (fonction agraire et artisanale)**
 - ▶ Dès le néolithique, puis en Mésopotamie, chez les Chinois, les Grecs, les Romains, on s'intéresse à la matière (terres, métaux...) et à l'agriculture

- ▶ **Sciences de la vie (fonction médicale)**
 - ▶ En Mésopotamie, chez les Chinois puis les Grecs, on s'intéresse à comprendre le vivant pour l'élevage, et pour la médecine
 - ▶ En Europe grande influence d'Hippocrate (460-377 av JC)) sur la médecine
 - ▶ Grande influence d'Aristote sur la zoologie, la botanique, l'anatomie et la physiologie. Il fut le premier à concevoir la notion d'espèce



Le tournant moderne (...*et le nominalisme*)



1- Le grand débat scolastique

Avec le retour de la pensée grecque (d'Aristote en particulier) revient aussi le débat du Cratyle sur la « coextensivité »

- ▶ Dans le Cratyle Hermogène soutient que les noms sont des conventions arbitraires, alors que Cratyle soutient que les noms participent de la chose qu'ils désignent
 - ▶ Question : est-ce que la science crée un monde (un monde de langage, un monde idéal), ou bien est-ce qu'elle dit le monde ?
 - ▶ Réponse de Socrate : « les deux : elle crée un monde pour dire le monde »

 - ▶ A partir de 1108 puis très vive à partir du XIVe/Xve siècle : querelle des universaux (la « chevalinité » existe-t-elle ?)

 - ▶ **Réalisme / Nominalisme**
 - ▶ Réalisme : Robert Grosseteste, Albert le Grand, Thomas d'Aquin, Jean Duns Scot, John Wycliffe...
 - ▶ Nominalisme : "Guillaume d'Ockham, Jean de Mirecourt, Grégoire de Rimini, Jean Buridan, Pierre d'Ailly, Marsile d'Inghen, Adam Dorp, Albert de Saxe

 - ▶ Analogie / Abstraction

 - ▶ Equivocité / Univocité

 - ▶ Constatif / Performatif
-



2 – Copernic et Galilée

- ▶ Le modèle héliocentrique
- ▶ La relativité du mouvement
- ▶ ... et le début de la physique théorique
 - ▶ La physique théorique essaie de décrire le monde en réalisant des modèles de la réalité, utilisé afin de rationaliser, d'expliquer et de prédire des phénomènes physiques à travers une « théorie physique ». Il y a en physique trois types de théories :
 - ▶ théories largement adoptées (*mainstream theories*)
 - ▶ théories proposées mais non validées (*proposed theories*)
 - ▶ théories marginales (*fringe theories*)

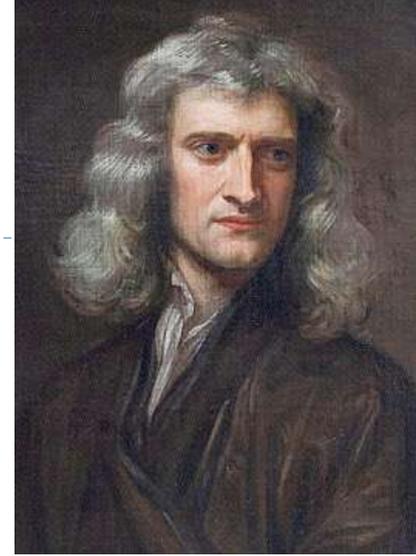


3 – Le discours de la méthode

- ▶ Francis Bacon dans son *Instauratio magna* (1623) préconise l'empirisme comme règle première de la recherche
- ▶ René Descartes, *Le discours de la méthode* (1637) : l'arrivée du sujet...
- ▶ Robert Boyle, *Some considerations touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy* (1663) : la philosophie naturelle devient la science physique...
 - ▶ Descartes écrit en français / Boyle écrit en anglais... Pas de latin !



4 – Et voilà Newton



- ▶ Il enfonce le clou de Descartes et Boyle
- ▶ *Philosophiæ naturalis principia mathematica* (1687)

Loi de Newton n°1 : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. »

Loi de Newton n°2 : « Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force motrice ; et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée. »

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$



Basée sur l'expérimentation, la physique moderne n'en est pas moins « abstraite »

- ▶ « Mais là où les abstractions de substance et de cause sont saturées de représentations issues d'un arrière monde, les abstractions d'un genre nouveau que sont les abstractions selon la quantité, figurée ou non, sont en revanche vides de ce genre de représentation. Elles portent d'ailleurs un nom propre à évoquer la neutralité dont elles sont le symbole : la physique moderne les appelle des « grandeurs ».
- ▶ Au reste, c'est la raison pour la quelle Duhem, affirme à leur sujet que « la relation de ces grandeurs avec les notions abstraites jaillies de l'expérience, est simplement celle que des signes ont avec les choses signifiées. »
- ▶ Parmi ces grandeurs on trouve notamment celles de vitesse, accélération, pression, travail, puissance et bien d'autres. Mais aussi toutes les grandeurs massiques, volumiques ou molaires. Toutes ces grandeurs ne sont que les symboles de quantités définies à partir d'un jugement arbitraire portant sur des abstractions jaillies de l'expérience puis saisies par la pensée »
- ▶ (Cyril Verdet, *Méditations sur la physique*, 2018, p. 45-46).

Les abstractions nominalistes et univoques remplacent les analogies réalistes et équivoques de la physique antique



5- Le renouveau de la biologie

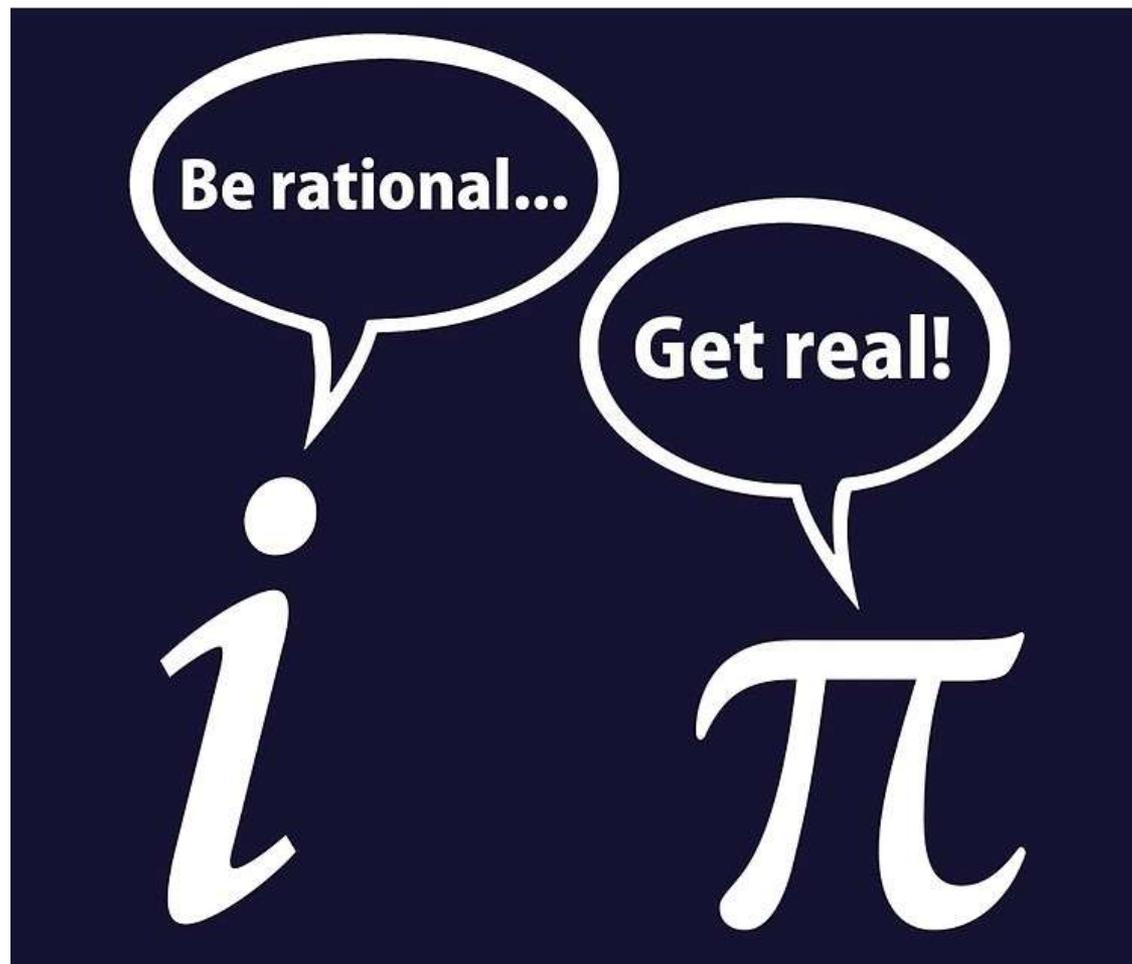
- ▶ Au XVII^{ème} siècle : arrivée du microscope
 - ▶ L'anglais Robert Hooke (1635-1703) observent des « cellules »
 - ▶ Le drapier hollandais Antonie Van Leeuwenhoeck (1632-1723) observe des bactéries, des protozoaires, des métazoaires, met en évidence les globules rouges, la fibre musculaire et les spermatozoïdes
 - ▶ Travaux de William Harvey (1578-1657) sur la circulation sanguine
 - ▶ On est encore dans une approche « fixiste » du vivant : par exemple Carl Von Linné (1707-1778) qui invente le mot « Homo Sapiens » considère que les animaux et les plantes n'ont subi aucune modification depuis la Création
 - ▶ Idem chez Buffon (1707-1788)



Le principe de complétude

- ▶ Le principe de complétude
 - ▶ Une théorie axiomatique est complète quand tout énoncé du langage de la théorie est déterminé par déduction dans la théorie : il est soit démontrable, soit de négation démontrable.
 - ▶ Introduction des nombres complexes au XVIe siècle par les mathématiciens italiens Jérôme Cardan, Raphaël Bombelli, Nicolo Fontana, dit Tartaglia, et Ludovico Ferrari afin d'exprimer les solutions des équations du troisième degré.



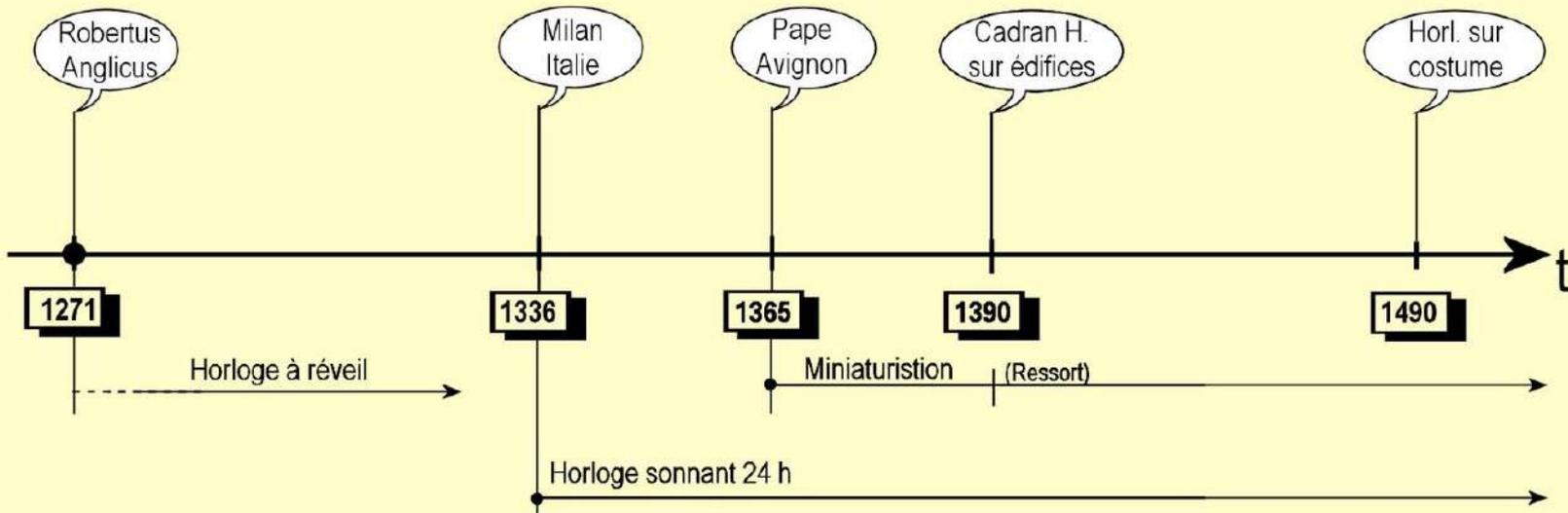


Et vint l'horloge mécanique...

- ▶ A partir de la fin du XIIIème...
- ▶ Un idéalisme / nominalisme

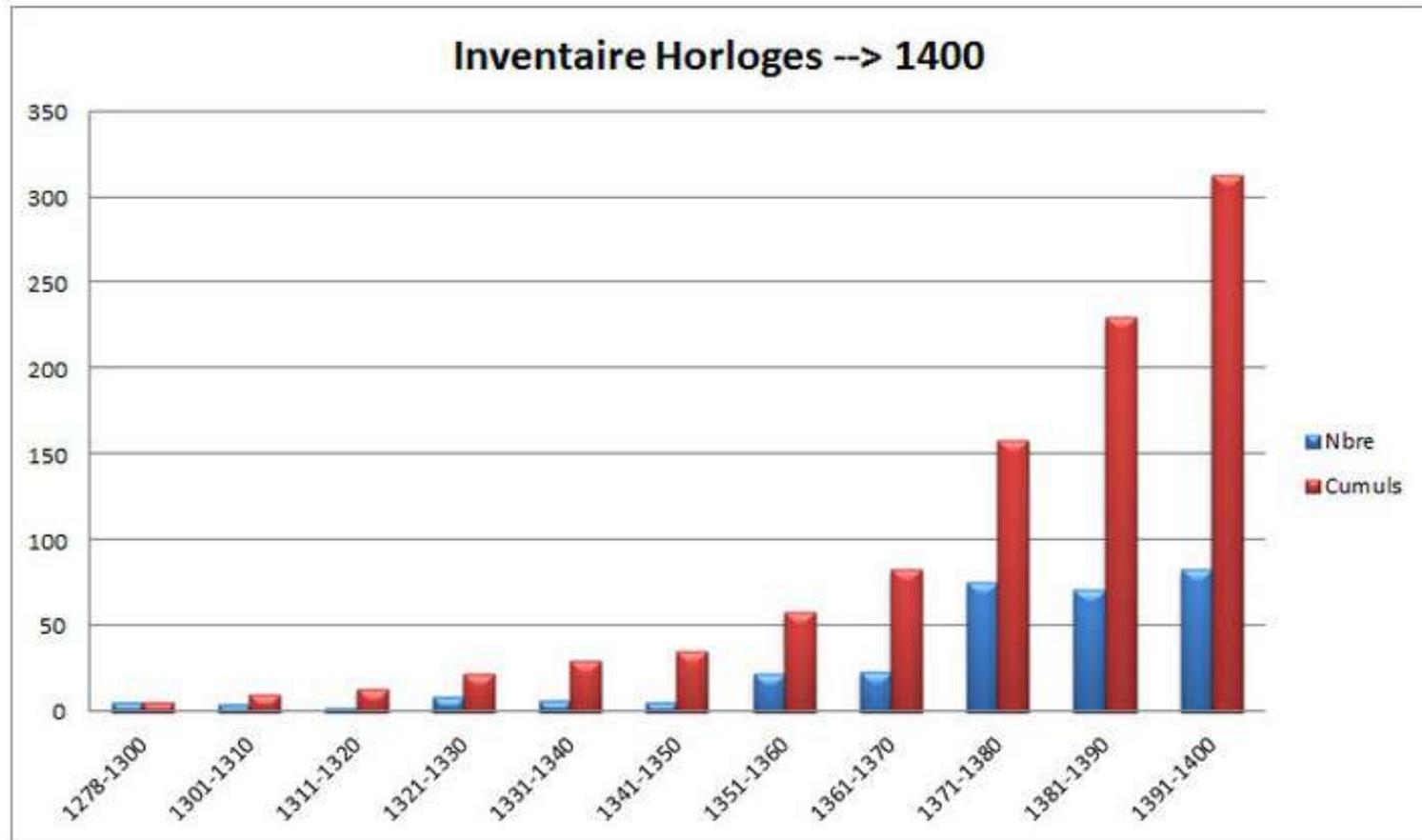


Horloge astronomique / Berne, 1534

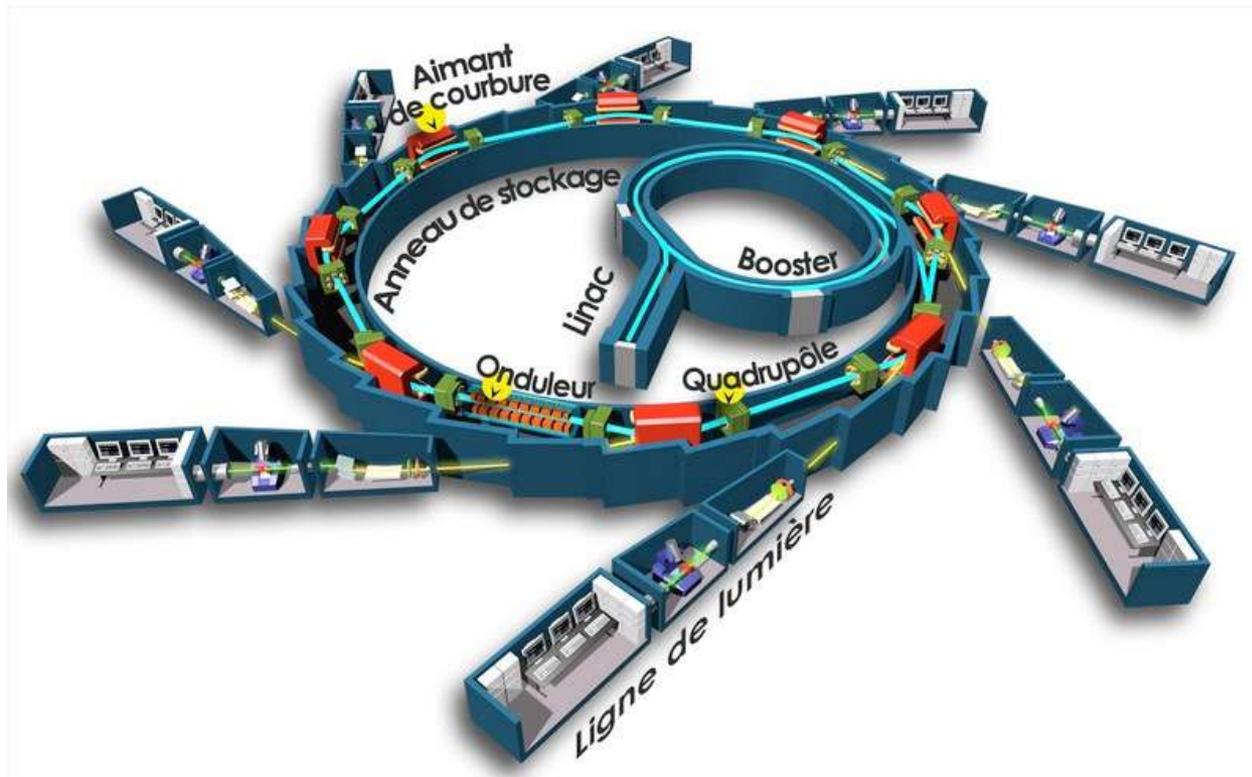


Et vint l'horloge mécanique...

- ▶ A partir de la fin du XIIIème...



Après les Lumières

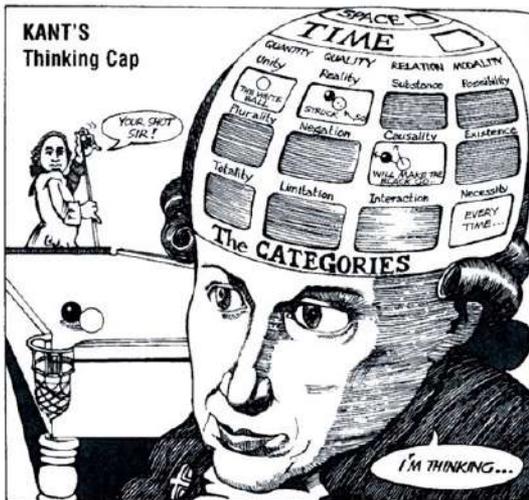


Accélérateur de particules



1 – L'empirisme moderne

- ▶ Hume (1711-1776) puis Kant (1724-1804) fondent l'empirisme moderne
- ▶ Ils commencent à renoncer à expliquer les causes premières (le temps, l'espace, l'existence de Dieu... sont donnés à priori)
- ▶ Kant écarte les noumènes inaccessibles à la raison : c'est le début de la phénoménologie



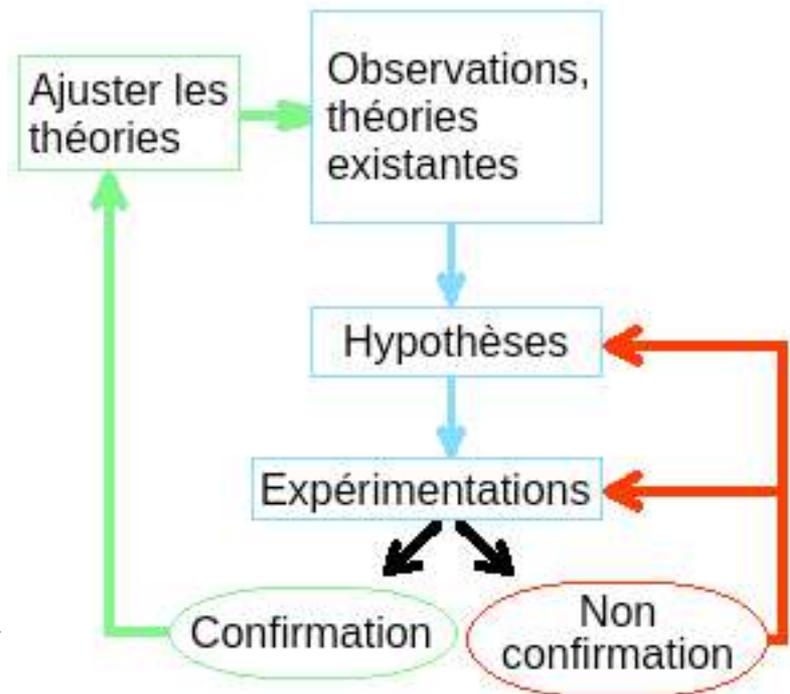
Kant's response: synthetic a priori

	<i>A priori</i>	<i>A posteriori</i>
Analytic	'All bachelors are unmarried adult males'	Impossible
Synthetic	Hume: not possible Kant: 'every event has a cause'	'The beaches in the Caribbean are white and the water blue'

1 – L'empirisme moderne

▶ La démarche hypothético-déductive

- ▶ On nomme, on « théorise », puis on observe, on vérifie, on teste
- ▶ On part du logique / analytique et l'on va vers l'empirique / synthétique



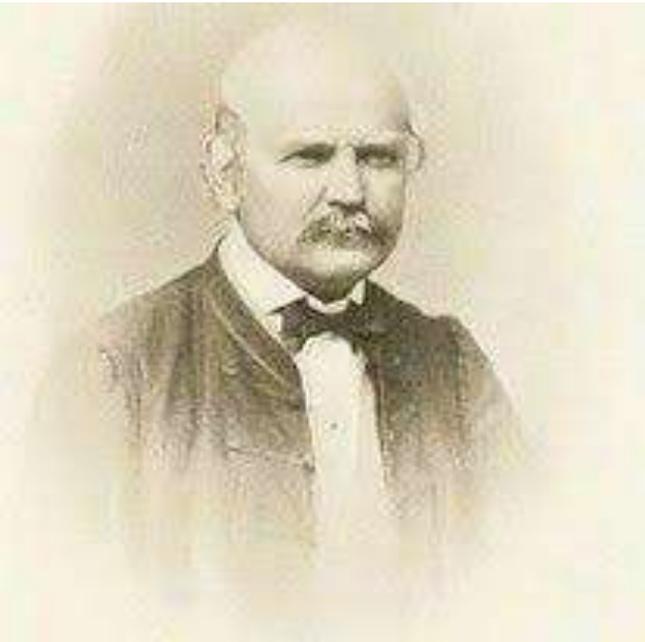
1 – L'empirisme moderne

- ▶ L'origine des espèces, Darwin, 1859
 - ▶ Toutes les espèces vivantes sont en perpétuelle transformation et subissent au fil du temps et des générations des modifications morphologiques et génétiques.
- ▶ Années 1940 : "théorie synthétique de l'évolution" qui rassemble les lois sur l'hérédité, la génétique des populations et les concepts de Darwin
- ▶ Années 1950 : découverte de l'ADN et de sa structure en double hélice venue ajouter de nouvelles pièces au puzzle.



1 – L'empirisme moderne

- ▶ L'arrivée des Microbes
 - ▶ Semmelweis (1818-1865)
 - ▶ Pasteur (1822-1895)



2 – Le positivisme

Rapide histoire des statistiques

- ▶ Dès l'antiquité, dans de nombreuses structures sociales (Égypte, Chine, Grèce, Rome, Pérou précolombien), on trouve des formes d'approches quantitatives du réel (recensements) utilisées à des fins politiques

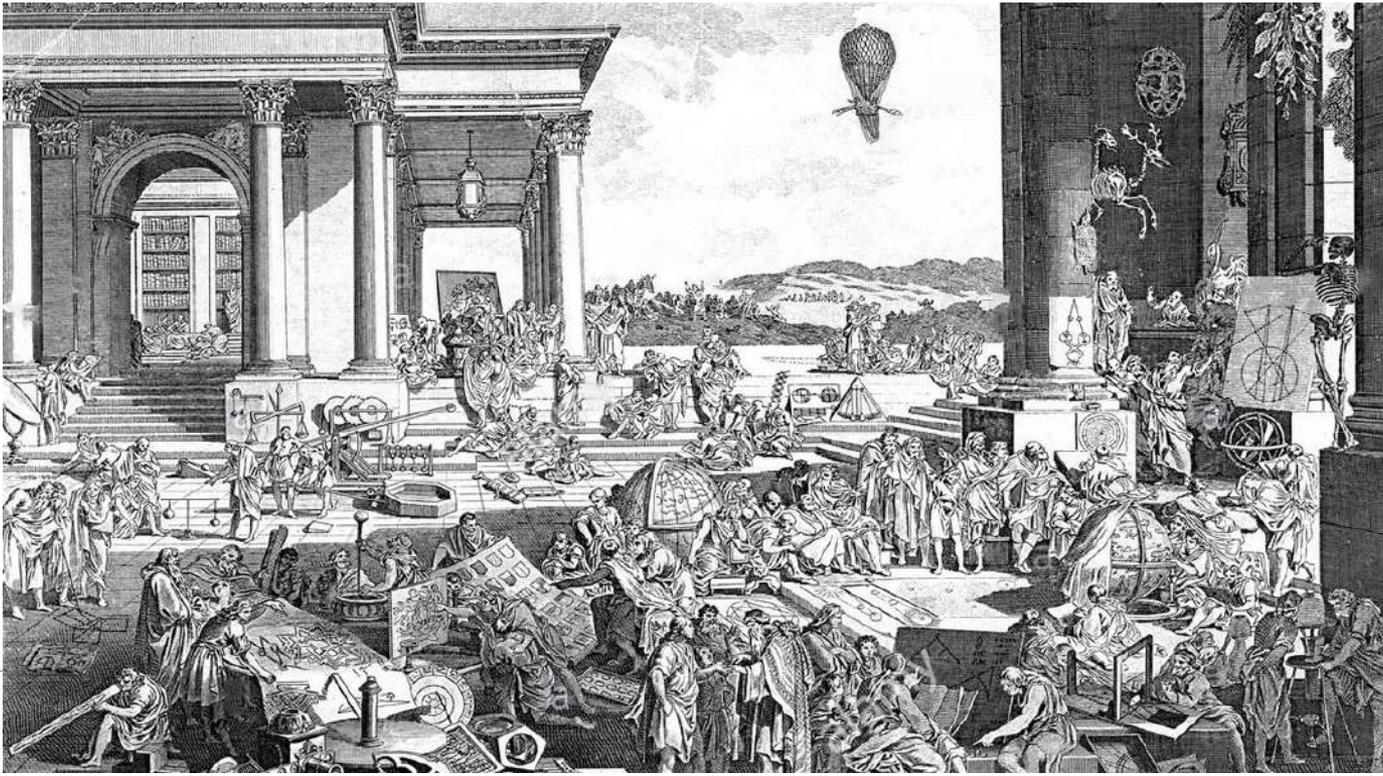
- ▶ **Au XVIIIème siècle :**
 - ▶ Jacques Bernoulli publie en 1713 son *Ars Conjectandi* (« Art de la conjecture ») où il introduit ce qui sera appelé plus tard « la loi des grands nombres »
 - ▶ L'allemand G. Achenwall crée le mot *Statistik*, dérivé de la notion *Staatskunde* (1746)
 - ▶ Antoine Deparcieux écrit *L'Essai sur les probabilités de la durée de vie humaine* (1746)
 - ▶ William Playfair, pionnier de la représentation graphique des données statistiques

- ▶ **Au XIXème siècle :**
 - ▶ Florence Nightingale poursuit les travaux de Playfair
 - ▶ Laplace et la *Théorie analytique des probabilités* (1812)
 - ▶ En Belgique Quetelet ouvre le premier bureau statistique le Conseil Supérieur de Statistique (1841)
 - ▶ Reiffenberg et son *Essai sur la statistique ancienne de la Belgique* (1842)
 - ▶ Emile Borel stabilise théorie moderne des probabilités (1898)



2 – Le positivisme

- ▶ La révolution industrielle produit une tension entre :
 - ▶ le paradigme académique (transparence, dialogue, citation, gratuité)
 - ▶ le paradigme industriel (opacité, propriété, rentabilité)



2 – Le positivisme



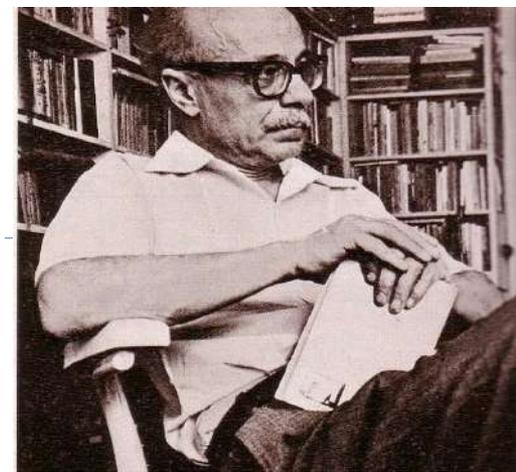
- ▶ Entre 1830 et 1842, dans son *Cours de philosophie positive*, Auguste Comte fonde le positivisme : il ne veut pas chercher les causes premières (le pourquoi) mais se concentrer sur les causes secondes (le comment)
 - ▶ Le langage (nominaliste) sert à construire des concepts (univoques) pour décrire les causes secondes (énoncés constatifs) et éventuellement les influencer (énoncés performatifs)
 - ▶ Les mathématiques ne servent pas à faire le lien avec le monde des idées par analogie et équivocité, mais à dire le monde réel sans ambiguïté grâce à des abstractions univoques et des échantillons représentatifs
-



2 – Le positivisme

« Face à l'infinie richesse du monde matériel, les fondateurs de la science positive sélectionnèrent les objets quantifiables : la masse, le poids, la forme géométrique, la position, la vitesse. Et ils en arrivèrent à la conclusion que « la nature est écrite en caractères mathématiques », alors que ce qui était écrit en caractères mathématiques ce n'était pas la nature, mais... la structure mathématique de la nature. (...) Ainsi le monde des arbres, des animaux et des fleurs, des hommes et de leurs passions, fut transformé en un ensemble glacial de sinus, de logarithmes, de lettres grecques, de triangles et de probabilités. Et ce qui est pire : en rien d'autre que cela. Tout scientifique cohérent se refuserait à tenir des considérations sur ce qui se trouve au-delà de la structure mathématique ; s'il le faisait, il cesserait au même moment d'être un homme de science, pour devenir un religieux, un métaphysicien ou un poète. La science au sens strict du terme — la science mathématisable — est étrangère à tout ce qui a le plus de valeur pour l'être humain : ses émotions, ses sentiments, ses expériences artistiques ou de la justice, ses angoisses métaphysiques. Si le monde mathématisable était le seul véritable, ne seraient pas seulement illusoires les châteaux en Espagne, avec leurs dames et leurs jongleurs : le seraient aussi les paysages de la veille, la beauté d'un lied de Schubert, l'amour. Ou au moins, serait illusoire ce qui en eux nous émeut. »
(Ernesto Sabato p.67-70)

Hommes et Engrenages, 1951



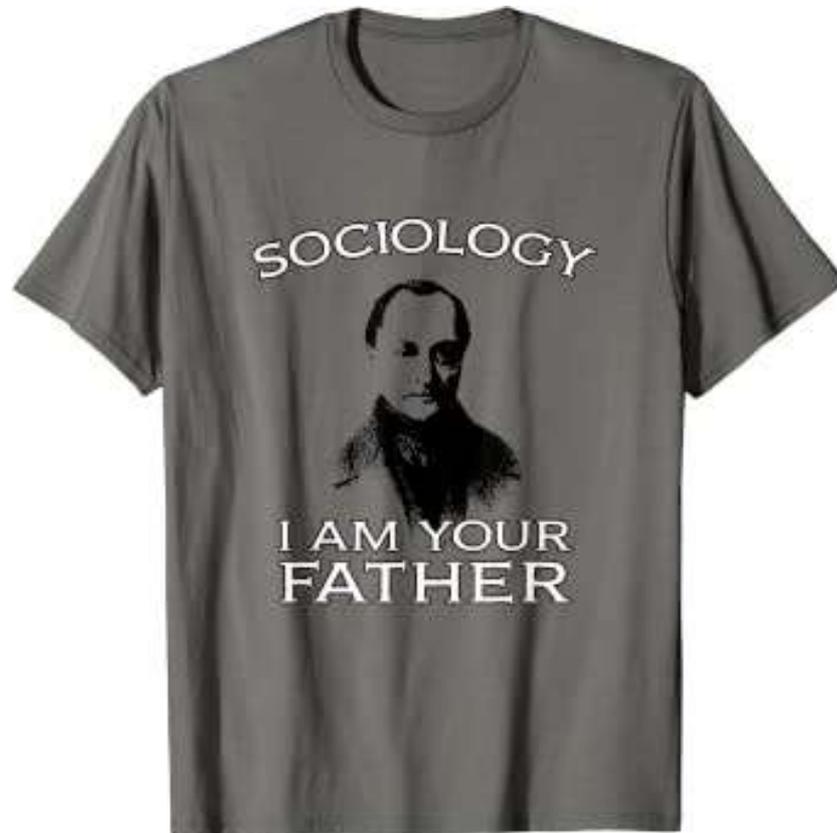
2 – Le positivisme

- ▶ L'apparition des sciences sociales est consubstantielle à celles de la science physique, de la production industrielle, des statistiques et du positivisme
- ▶ Le terme «sciences sociales» apparaît pour la première fois en 1824 dans ouvrage de William Thompson (1775-1833)
- ▶ Méthode principale : analyse statistiques des phénomènes sociaux



2 – Le positivisme

Largement inspirées par Auguste Comte et le positivisme



2 – Le positivisme

- ▶ Durkheim publie *Règles de la méthode sociologique* (1895) puis *Le Suicide* (1897) et invente le terme de « fait social » : selon lui les faits sociaux ont une réalité objective qui peut être étudiée comme un physicien étudie le monde physique.
- ▶ Puis viendront l'économie, le matérialisme historique, la sémiotique, le structuralisme, l'analyse systémique, la sociologie de la traduction, etc...
- ▶ Les sciences sociales tiraillées entre ambitions descriptive et normative



2 – Le positivisme

Types	Méthodologies en sciences sociales
Méthodes qualitatives	Analyse de contenu • Analyse du discours • Entretien • Entretien semi directif • Étude de cas • Histoire de vie • Observation • Observation naturaliste • Observation participante • Pensée à voix haute
Méthodes quantitatives	Échantillon • Enquête • Questionnaire • Sociogramme • Sondage • Statistique • Statistiques en psychologie • Tests • Unités de bruit médiatique
Qualitative & quantitative	Dialectique • Analyse de réseau • Monographie • Analyse de données

Source :Wikipédia



3 – Les impasses logiques

- ▶ Deux théories irréconciliables ?
 - ▶ Théorie de la relativité générale pour l'infiniment grand
 - ▶ Commence avec les travaux d'Albert Einstein (1907-1915)
 - ▶ Théorie quantique pour l'infiniment petit
 - ▶ Commence avec le problème de la catastrophe ultraviolette et sa résolution en 1900 par l'hypothèse de Max Planck
 - ▶ Mécanique quantique relativiste
 - ▶ Tente d'unifier les deux (à partir des années 1960)



3 – Les impasses logiques

▶ L'incomplétude de Gödel (1931)

« Il existe des vérités mathématiques qu'il est impossible de démontrer. »



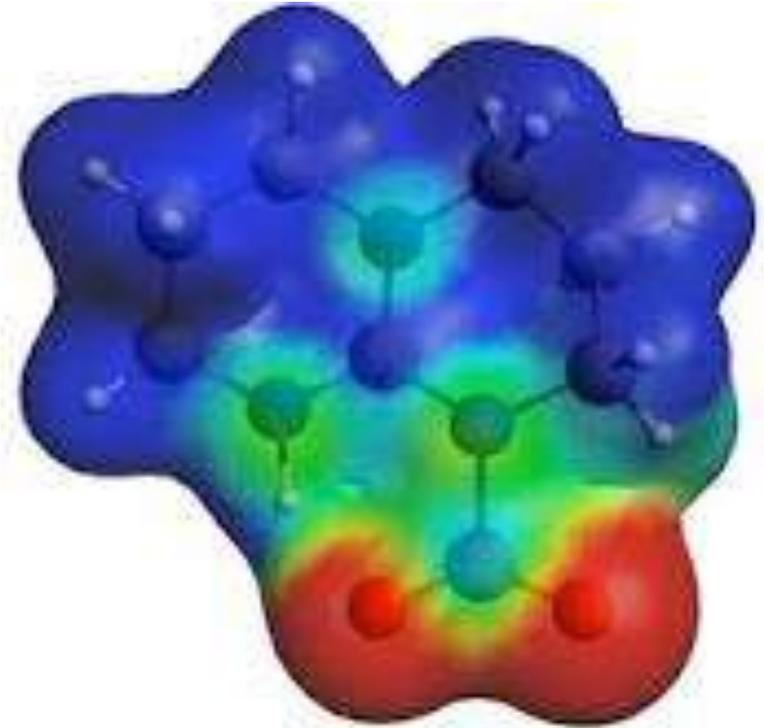
Une lettre de Simone Weil à son frère André

« [Le village des savants], comme tous les autres villages, est fait d'humanité moyenne, avec quelques écarts vers le haut et vers le bas. Il a des traits singuliers ; ainsi le fait d'être périodiquement bouleversé par les changements de mode ; tous les dix ans à peu près une génération nouvelle s'y enthousiasme pour de nouvelles opinions. Comme ailleurs, la lutte des générations et des personnes y produit à chaque moment une opinion moyenne. L'état de la science à un moment donné n'est pas autre chose ; c'est l'opinion moyenne dans le village des savants. Cette opinion, il est vrai, s'appuie sur des expériences ; mais il s'agit toujours d'expériences exécutées dans ce village, sans aucun contrôle extérieur, avec des appareils coûteux et compliqués qui ne se trouvent que là ; expériences préparées, recommencées, rectifiées par les seuls habitants du village, et surtout interprétées par eux seuls [...]. Il n'est donc pas vrai que la science soit une espèce d'oracle surnaturel, source de sentences différentes, certes, d'année en année, mais nécessairement de plus en plus sages. Car c'est ainsi qu'on se la représente communément aujourd'hui, et l'ivresse que nous éprouvons à crier : « La Science dit que... » n'est même pas refroidie par la certitude qu'elle ne le dira plus dans cinq ans. On croirait – à cet égard comme à plusieurs autres – que l'actualité a pour nous valeur d'éternité. Valéry lui-même a parlé plus d'une fois de la science conformément à la superstition commune. Quant aux savants, ils sont, bien entendu, les premiers à faire passer leurs propres opinions pour des sentences dont ils ne seraient pas responsables, dont ils n'auraient à rendre aucun compte, émanées d'un oracle. Cette prétention n'est pas tolérable, car elle n'est pas légitime. Il n'y a aucun oracle, mais seulement les opinions des savants, lesquels sont des hommes. »



La chimie théorique

- ▶ Configuration électroniques des systèmes
- ▶ Simulation numérique des propriétés



La performativité des sciences économiques

ACCUEIL > OUVRAGES > TRAITÉ DE SOCIOLOGIE ÉCONOMIQUE > 8. LA PERFORMATIVITÉ DES SCIENCES...



8. La performativité des sciences économiques

Fabian Muniesa, Michel Callon

DANS **TRAITÉ DE SOCIOLOGIE ÉCONOMIQUE** (2013), PAGES 281 À 316

”

≡+

CHAPITRE

PLAN

AUTEURS

CITÉ PAR

SUR UN SUJET PROCHE

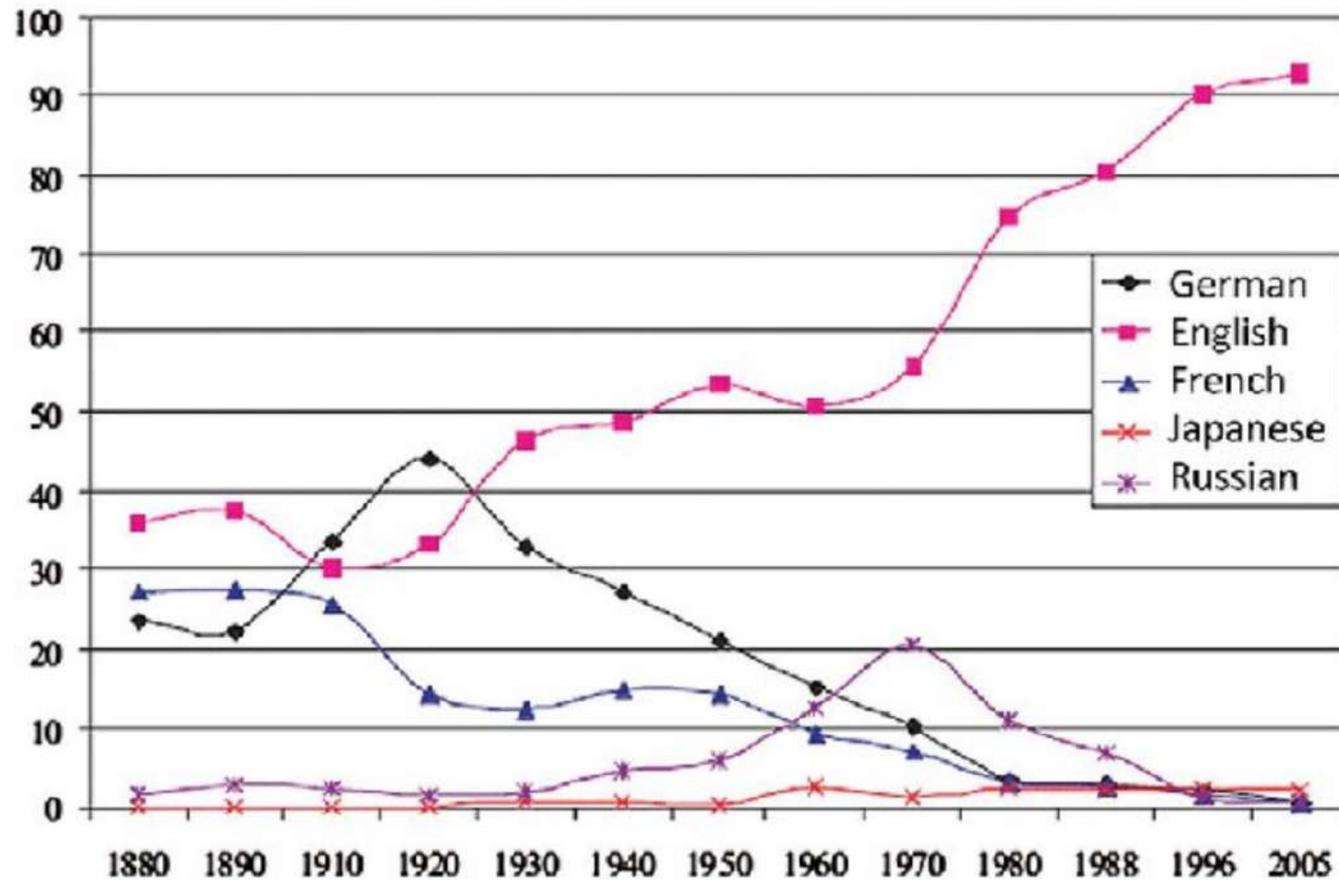
Ce chapitre est consacré à la question de la performativité des sciences économiques. La « performativité » empruntée à la pragmatique du langage, met en évidence le fait que le général, sociales en particulier et économiques dans le cas examiné dans ce chapitre, ne à représenter le monde : elles le réalisent, le provoquent, le constituent aussi, du moins,

Pendant ce temps, dans les arts...

- ▶ Musique atonale : Shonberg (1874 - 1951)
- ▶ Peinture abstraite : Kandinsky (1866 – 1944)
- ▶ Poésie surréaliste : Breton (1896-1966)



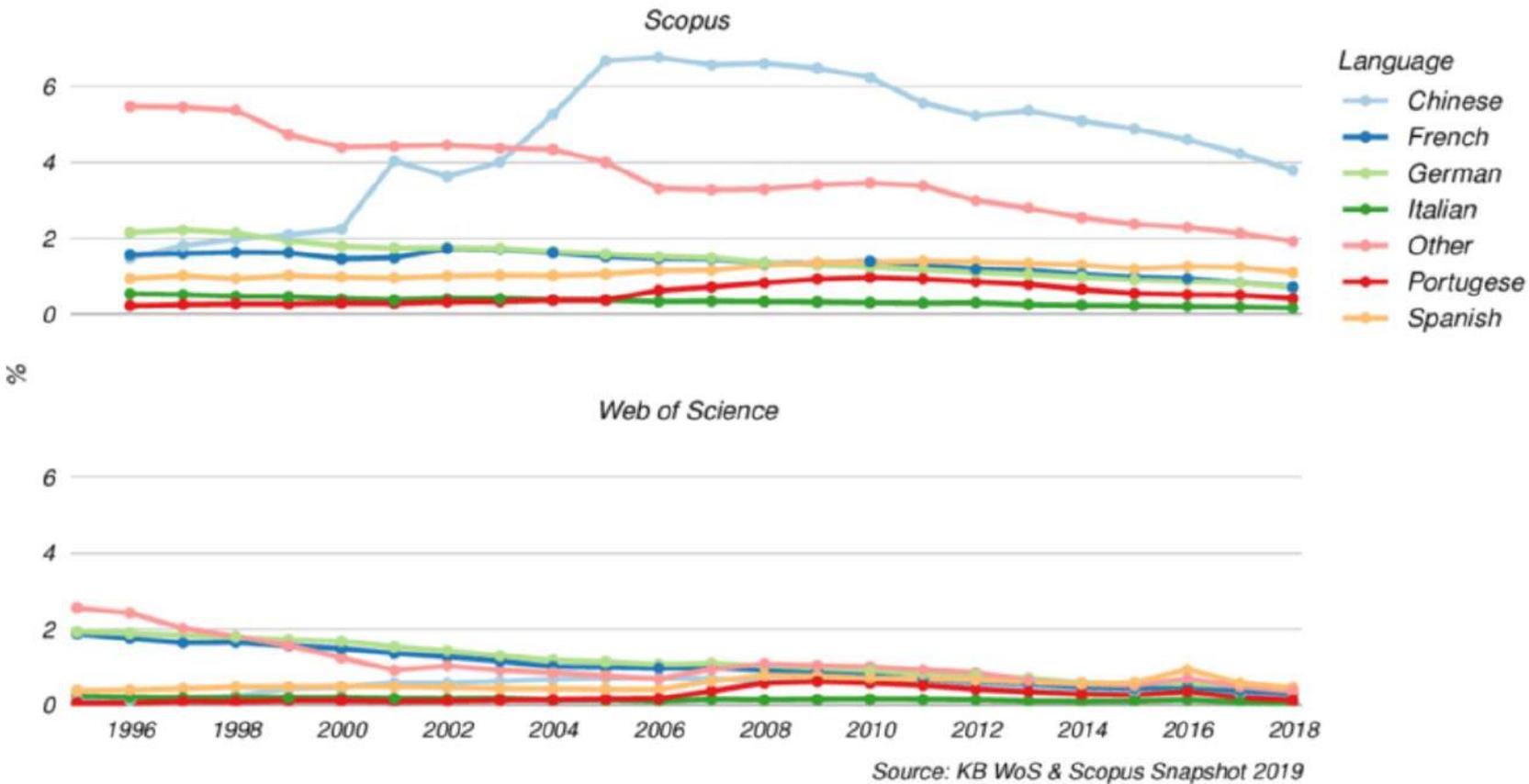
4 - Industrialisation de la production scientifique



Global language ratio for scientific publications 1880-2005,

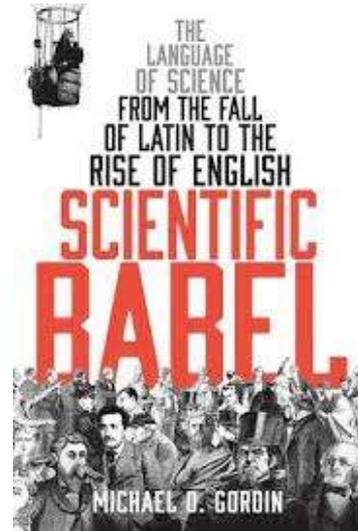
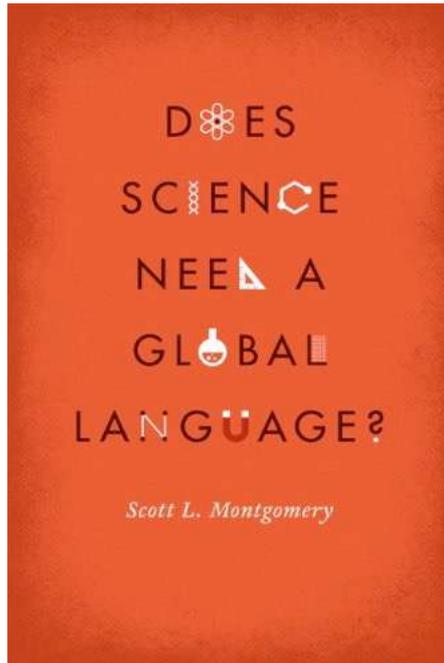
(Source: https://www.researchgate.net/figure/Global-language-ratio-for-scientific-publications-1880-2005-compiled-from-several_fig2_309147083)

4 - Industrialisation de la production scientifique



The percentage of publications written in languages other than English over time.

4 - Industrialisation de la production scientifique



« Le culte d'une langue commune se traduit aujourd'hui par une sorte de mantra : « l'anglais est la langue de la science ». Ces mythologies prennent des formes curieuses et incontournables. On disait par le passé que la langue de la philosophie était l'allemand. Le français serait la langue de la diplomatie, et l'anglais, la langue des affaires. »

Machado Da Silva, J. (2013). Le mythe de la langue franche dans les sciences : une idéologie objectivée. *Hermès, La Revue*, 65, 211-215.

4 - Industrialisation de la production scientifique

It wasn't always this way. As the science historian Michael Gorin explained in *Aeon* earlier this year, from the 15th through the 17th century, scientists typically conducted their work in two languages: their native tongue when discussing their work in conversation, and Latin in their written work or when corresponding with scientists outside their home country.

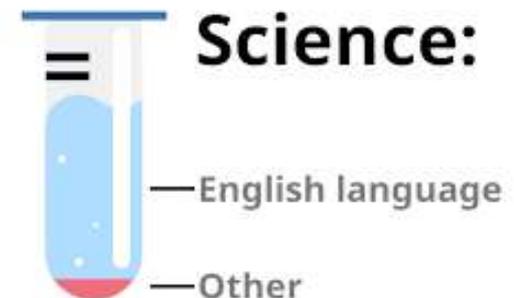
“Since Latin was no specific nation’s native tongue, and scholars all across European and Arabic societies could make equal use of it, no one ‘owned’ the language. For these reasons, Latin became a fitting vehicle for claims about universal nature,” Gordin wrote. “But everyone in this conversation was polyglot, choosing the language to suit the audience. When writing to international chemists, Swedes used Latin; when conversing with mining engineers, they opted for Swedish.”

A lire : <https://www.theatlantic.com/science/archive/2015/08/english-universal-language-science-research/400919/>



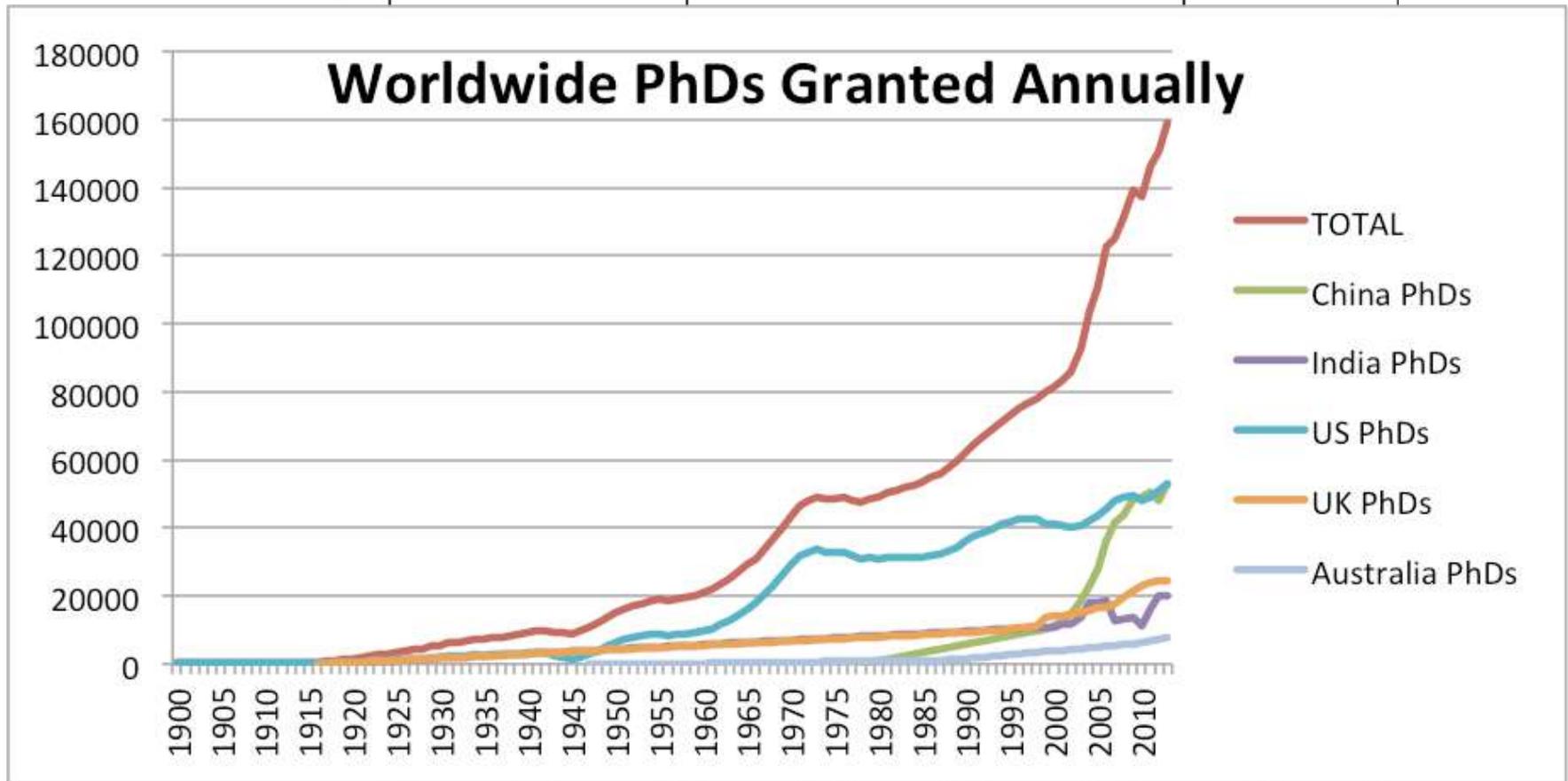
4 - Industrialisation de la production scientifique

- ▶ Les « native-speakers » avantagés ?
- ▶ Perdre en diversité des représentations, est-ce moins comprendre ? Est-ce la victoire totale de l'univocité face à l'équivocité ?
- ▶ Un problème pour la cumulativité ? Est-ce que les papiers écrits dans d'autres langues seront gardés, bien gardés, accessibles, mobilisables, mobilisés ?



4 - Industrialisation de la production scientifique

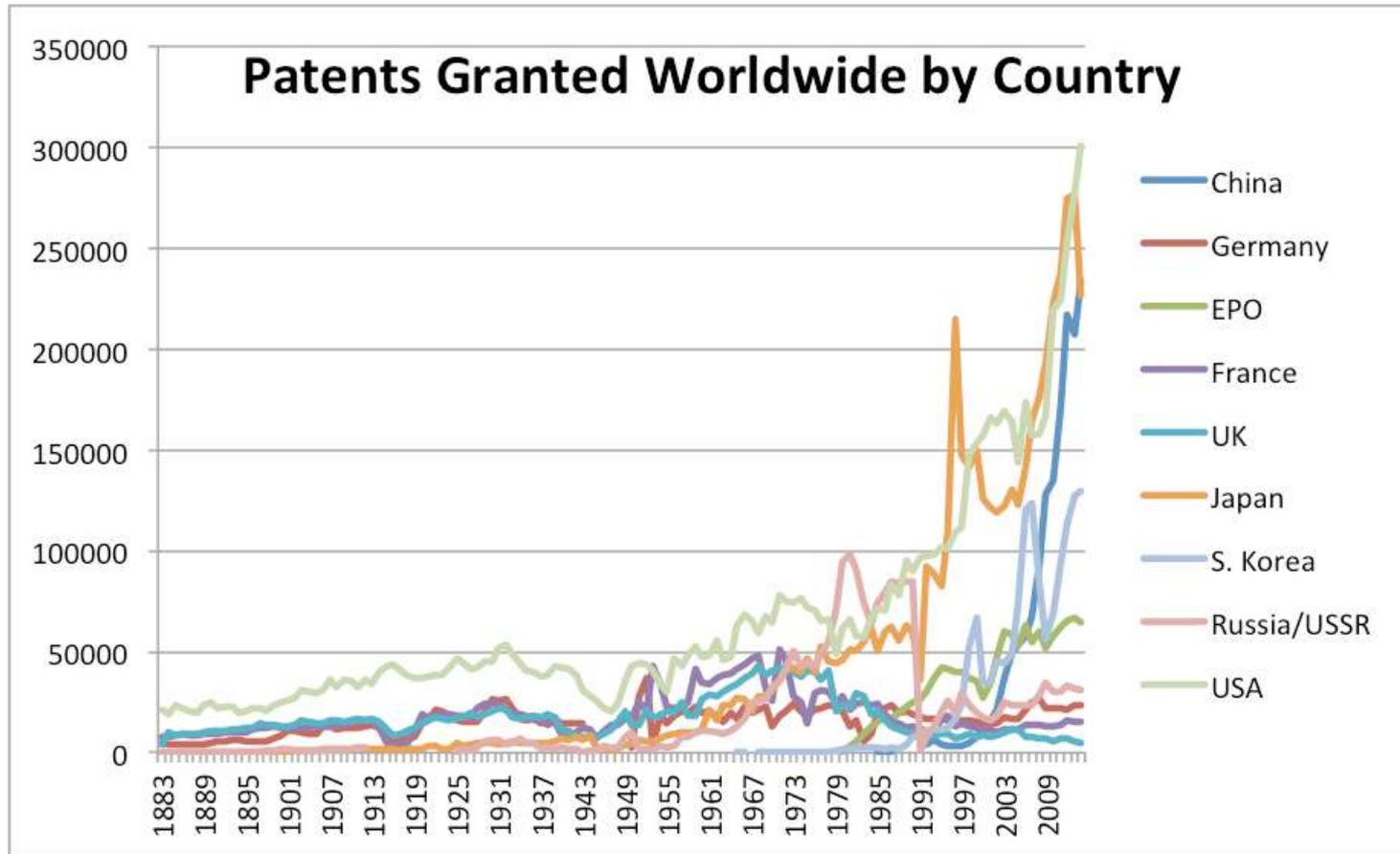
18



Publication year

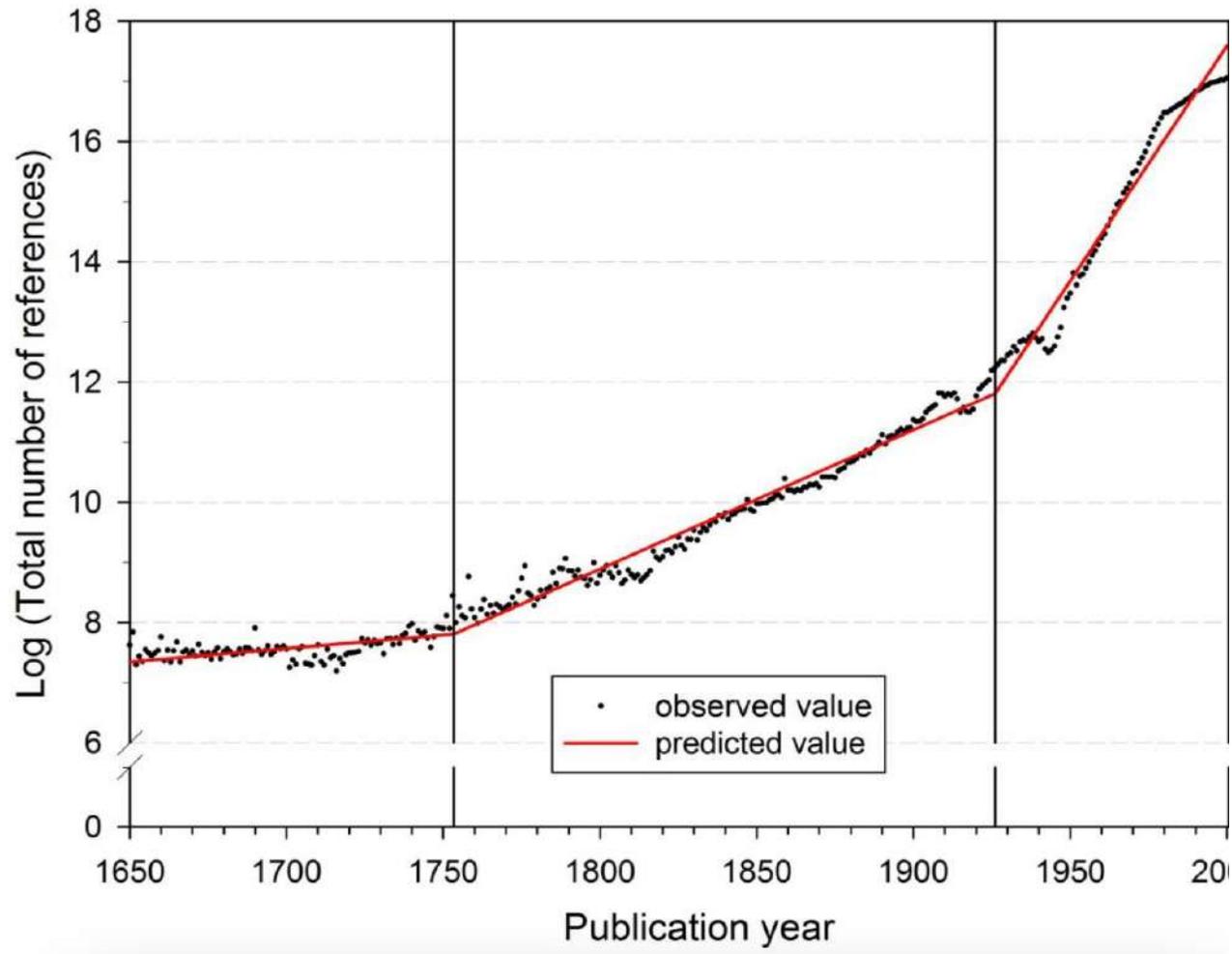
Source : <https://futureoflife.org/2015/11/05/90-of-all-the-scientists-that-ever-lived-are-alive-today/>

4 - Industrialisation de la production scientifique



Source : <https://futureoflife.org/2015/11/05/90-of-all-the-scientists-that-ever-lived-are-alive-today/>

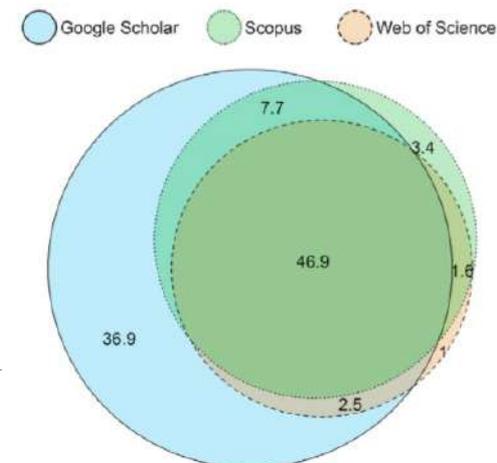
4 - Industrialisation de la production scientifique



Source : <https://arxiv.org/abs/1402.4578>

4 - Industrialisation de la production scientifique

- ▶ Les bases de données : la citadelle de la cumulativité
 - ▶ Science Citation Index (1964), Scopus (2004), Google Scholar (2004)
 - ▶ Le pouvoir des gatekeepers
 - ▶ La question de l'accès payant à ces bases
 - ▶ Le problème de la langue
 - ▶ Retractionwatch.org : garder les bases propres



4 - Industrialisation de la production scientifique

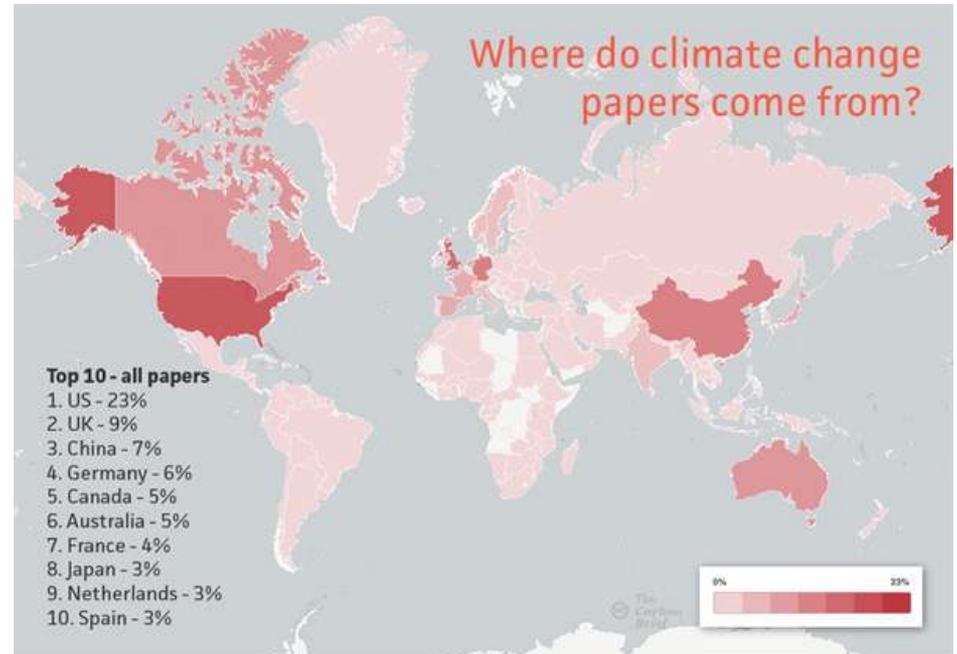
► Internationalisation



La guerre froide et l'internationalisation des sciences

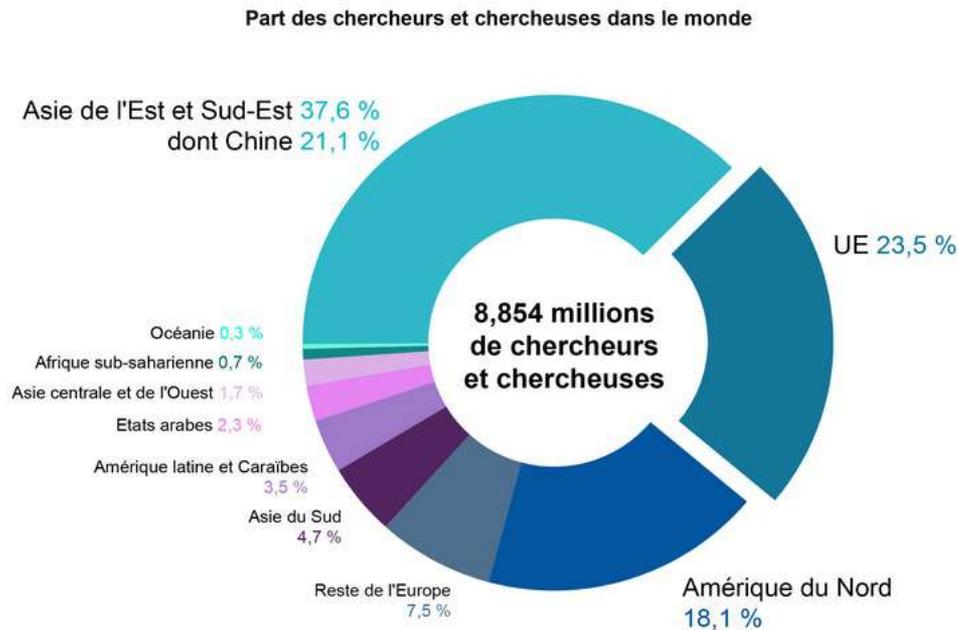
Acteurs, réseaux et institutions

Sous la direction de
Corine DeFrance et Anne Kwaschik



4 - Industrialisation de la production scientifique

► Internationalisation



Source : Unesco 2021 / <https://www.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/lunesco-decrypte-la-science-mondiale>

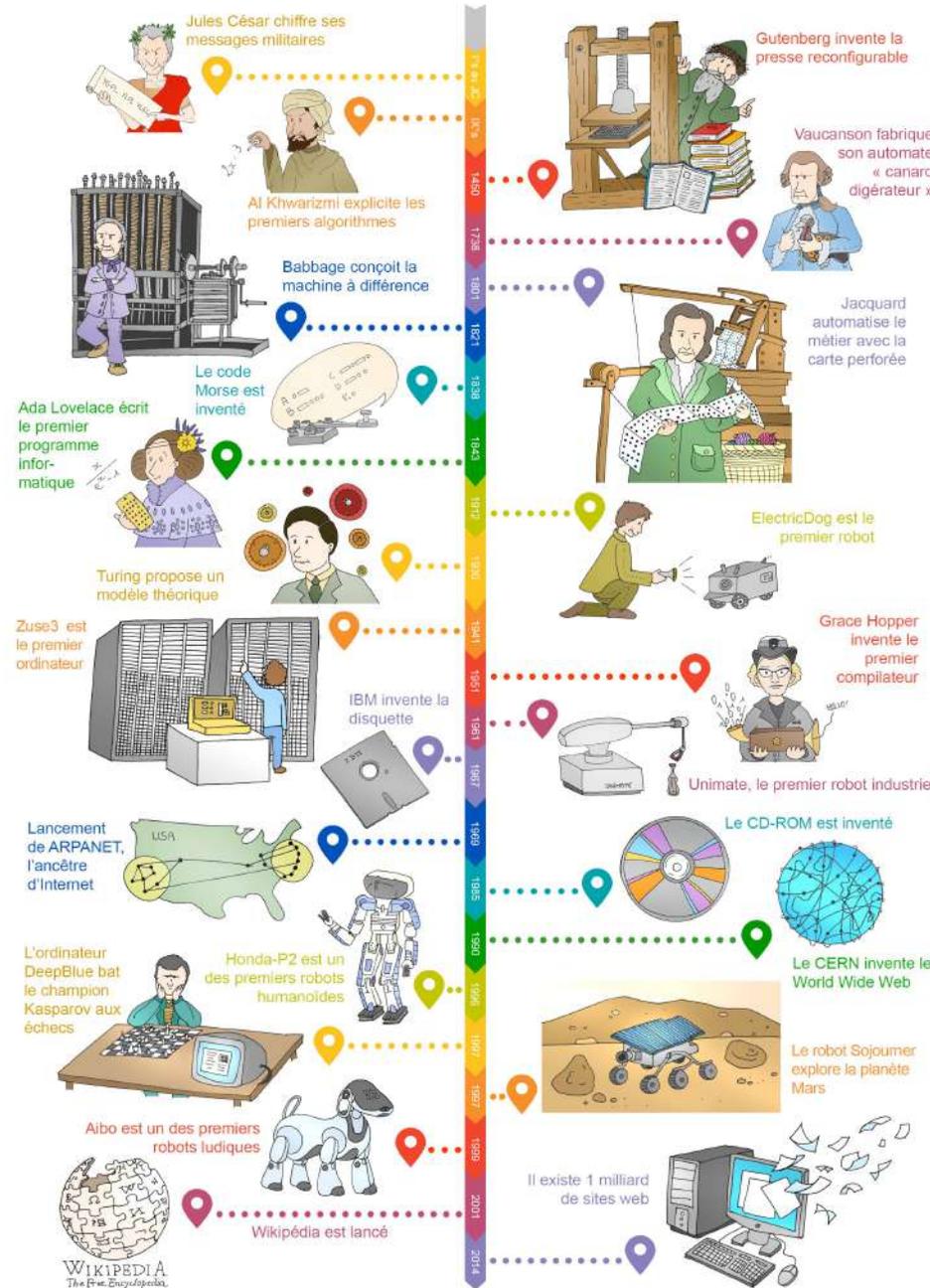
► Voir aussi : <https://www.unesco.org/reports/science/2021/fr/dataviz/researchers-million-habitants>

▶ Informatisation des méthodes

▶ Le problème des données

▶ Le problème de la problématisation a posteriori

▶ Le problème de l'interprétation



Adrian Mackenzie



Machine Learners

Archaeology of a Data Practice

DOING DIGITAL METHODS



RICHARD ROGERS



5- La conscience politique

- ▶ Manifeste Russel-Einstein contre les armes nucléaires (1955)



- ▶ Rapports du Giec





5- La conscience politique

Une histoire de la science ouverte

MENU 

Dates clés de la science ouverte

Budapest »

A - / A+

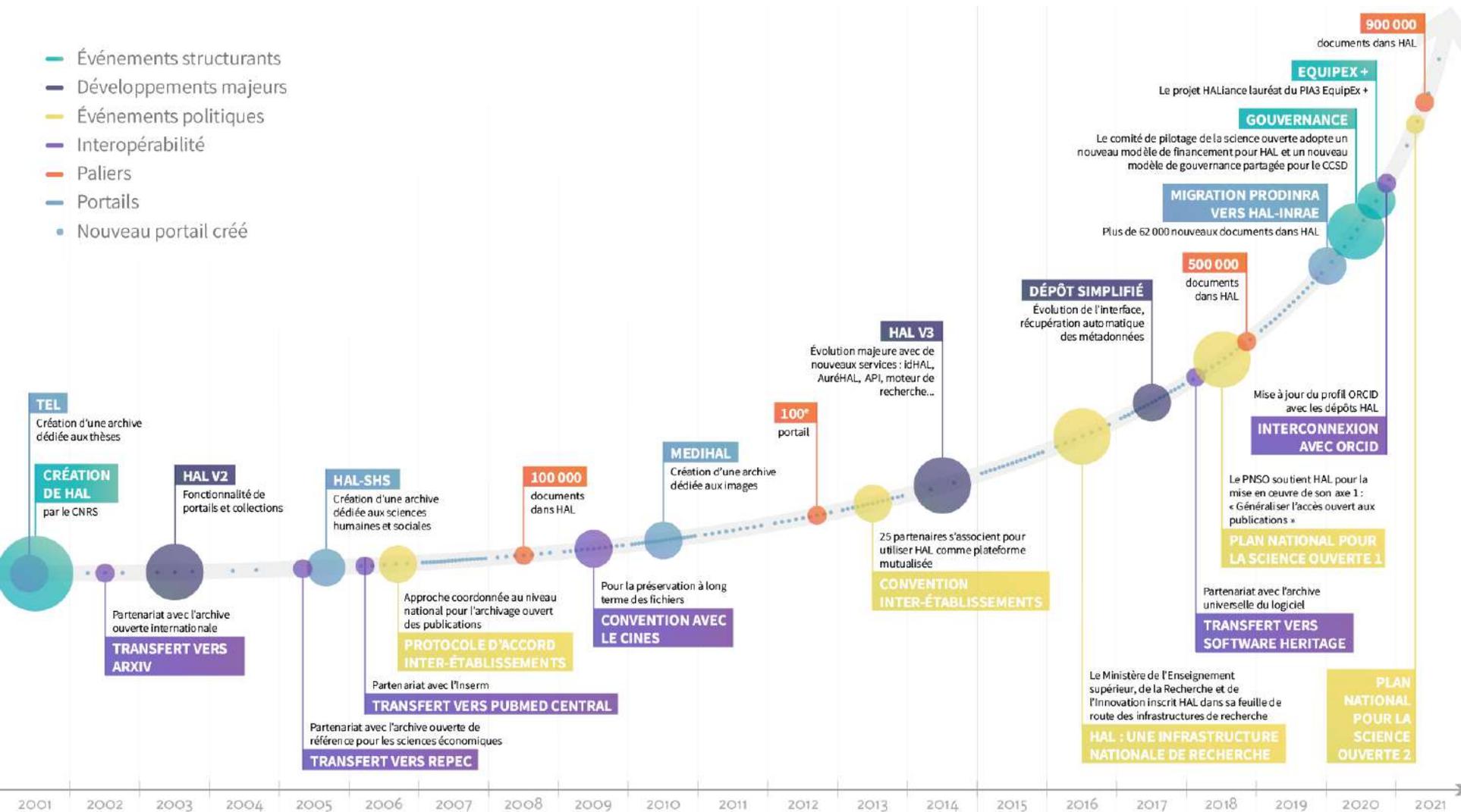
Imprimer 

janvier 2001 

Archive ouverte HAL (France)

Archive ouverte française, développée par le CCSD, destinée au dépôt et à la diffusion d'articles scientifiques (publiés ou non) de thèses et d'autres objets. Cette archive pluridisciplinaire permet la diffusion des savoirs de l'ensemble de la communauté scientifique et universitaire françaises et la construction de nombreux services. Archive Ouverte Hal





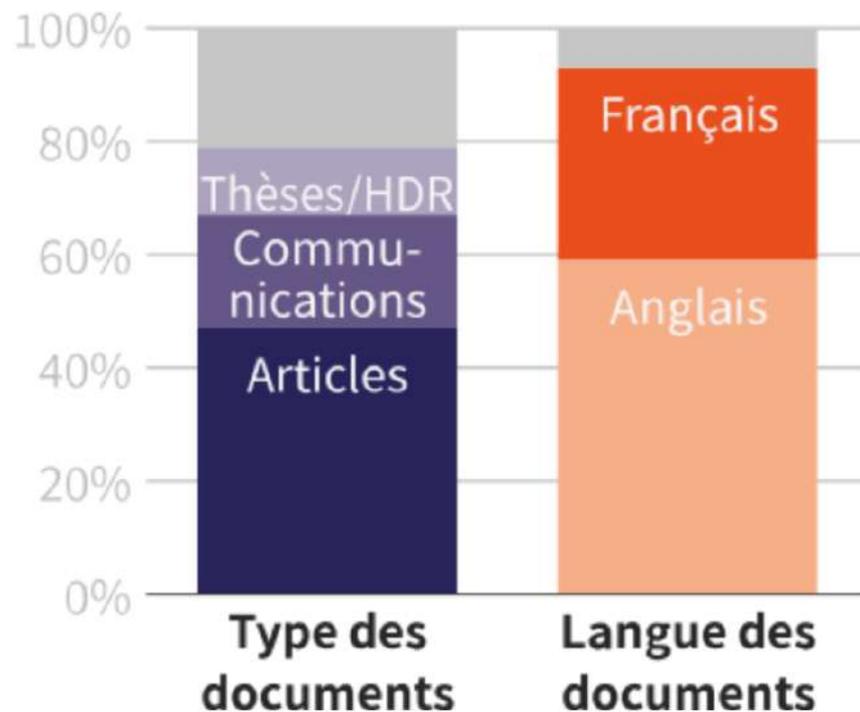
Source : **Christine Berthaud, Daniel Charnay et Nathalie Fargier**, « Diffuser et pérenniser le savoir scientifique : 20 ans d'histoire de HAL », *Histoire de la recherche contemporaine* [En ligne], Tome X - n°2 | 2021, mis en ligne le 31 décembre 2021, consulté le 04 octobre 2022.

Contenus de HAL

936 536 publications en texte intégral en 2021 (septembre)

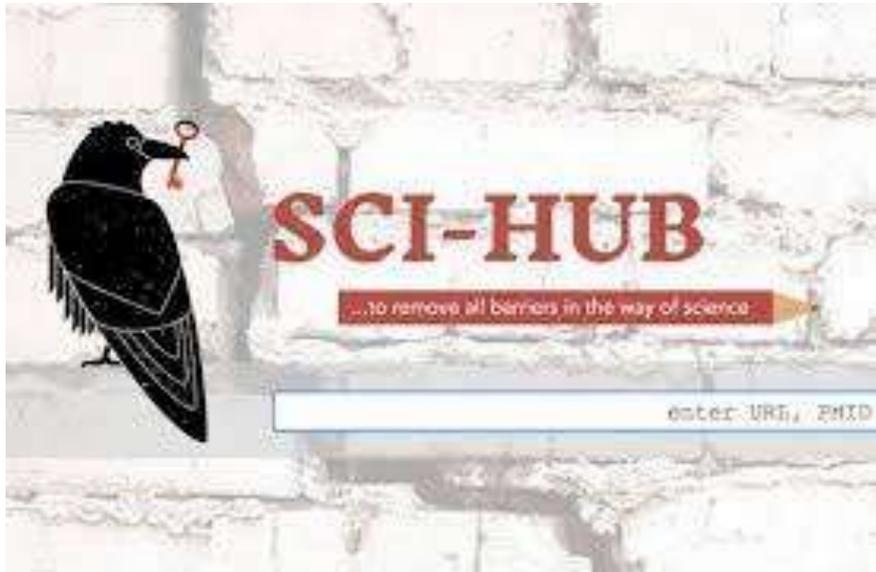
49 % des publications en texte intégral sont déposés par les auteurs de ces publications

Répartition en % par type de documents et par langue des documents



Agrandir  Original (png, 32k) 

Source : **Christine Berthaud, Daniel Charnay et Nathalie Fargier**, « Diffuser et pérenniser le savoir scientifique : 20 ans d'histoire de HAL », *Histoire de la recherche contemporaine* [En ligne], Tome X - n°2 | 2021, mis en ligne le 31 décembre 2021, consulté le 04 octobre 2022.



Sci-Hub (création 2011)



6 – Une sociologie des sciences

- ▶ Robert King Merton (*The Normative Structure of Science*, 1942) remarque que 70% des recherches faites entre 1661 et 1686 en Angleterre n'ont pas d'utilisation pratique. Donc pas de déterminisme.
- ▶ Il repère aussi que les scientifiques ont un éthos différent du reste de la société fondé sur 4 impératifs :
 - ▶ Universalisme
 - ▶ caractère intersubjectif du savoir, toute vérité doit être soumise à des critères d'évaluation impersonnels, préétablis et conforme à l'observation et aux connaissances précédemment élaborée
 - ▶ Communalisme
 - ▶ la science est le résultat d'un effort coopératif, elle est un bien public, le résultat d'une collaboration,
 - ▶ Désintéressement
 - ▶ la propriété des découvertes scientifiques doit être réduite au minimum, les droits portent sur les applications (brevets) jamais sur les découvertes et les principes
 - ▶ Doute systématique
 - ▶ artisanat du doute, industrialisation de la confiance



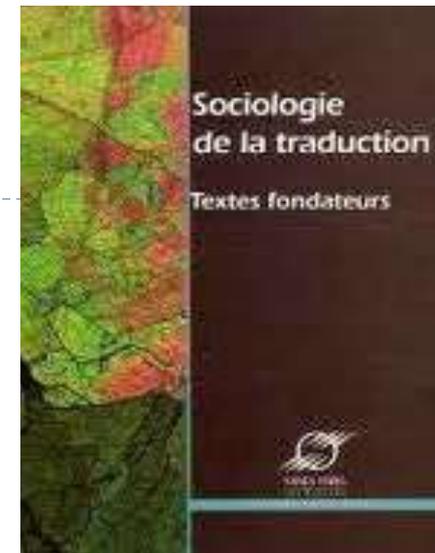
L'approche compréhensive de Thomas Kuhn

- ▶ Thomas Kuhn, *La Structure des révolutions scientifiques* (1962)
 - ▶ Collèges invisibles
 - ▶ Paradigmes : « En temps de science normale, un chercheur ne teste pas les théories ; il essaie de résoudre des énigmes à l'intérieur des champs d'investigation que la théorie standard définit avec les concepts qu'elle propose » (Busino, 1998, p. 24)
 - ▶ Révolution : changement de paradigme



La sociologie de la traduction

- ▶ Laboratory Life (Woolgar, Latour, 1979)
- ▶ *Regions of the mind : brain research and the quest for scientific certainty*, Stanford, Calif. : Stanford University Press, Susan Leigh Star
- ▶ 1989.
- ▶ Elements pour une sociologie de la traduction (Callon, 1986)
- ▶ Science in action (Latour, 1989)
- ▶ L'Invention des sciences modernes (Isabelle Stengers, 1993)



Le temps redevient... analogique ???

- ▶ **Oui mais avec l'invisible, l'infiniment petit...**

(En fait on trouve dans la nature quelque chose d'aussi univoque que nos concepts nominalistes et abstraits)

- ▶ Premier oscillateur électronique stabilisé par un cristal de quartz fut réalisé en 1918

- ▶ Horloges atomiques / dont l'usage sert au maintien du Temps atomique international (TAI) et la distribution du Temps universel coordonné (UTC)



CONCLUSION

- ▶ La science ouverte : quel avenir pour le paradigme académique face au paradigme industriel ?
- ▶ Quels(s) métier(s) ?
- ▶ Quelle articulation international/local ?





Université
Fédérale

Toulouse
Midi-Pyrénées

▶ Mail : guillaumesire@gmail.com

