

Réflexions sur la science (1)

- Périmètre de la science
- Posture scientifique

« Mais parce que, selon les dire du sage Salomon, sapience n'entre point en âme malveillante, et science sans conscience n'est que ruine de l'âme, il te convient servir, aimer et craindre Dieu, et en lui remettre toutes tes pensées et tout ton espoir ; et par une foi charitable, lui être fidèle, en sorte que jamais tu ne t'en écarter par péché. »

François Rabelais, Pantagruel (1532)

Julien RAMONET
Juin 2025

Introduction

- La **science** et la « **vérité scientifique** » sont l'objet de beaucoup de réflexion et de débat
 - Complotisme, fake news, ...
- Et de beaucoup de citations...
- **Épistémologie** : étude de la connaissance scientifique

« [La science] fonctionne. Elle n'est pas parfaite. Elle peut être mal utilisée. Elle n'est qu'un outil. Mais c'est de loin le meilleur outil que nous ayons, elle se corrige d'elle-même, elle est en constante évolution et elle s'applique à tout. Elle a deux règles.

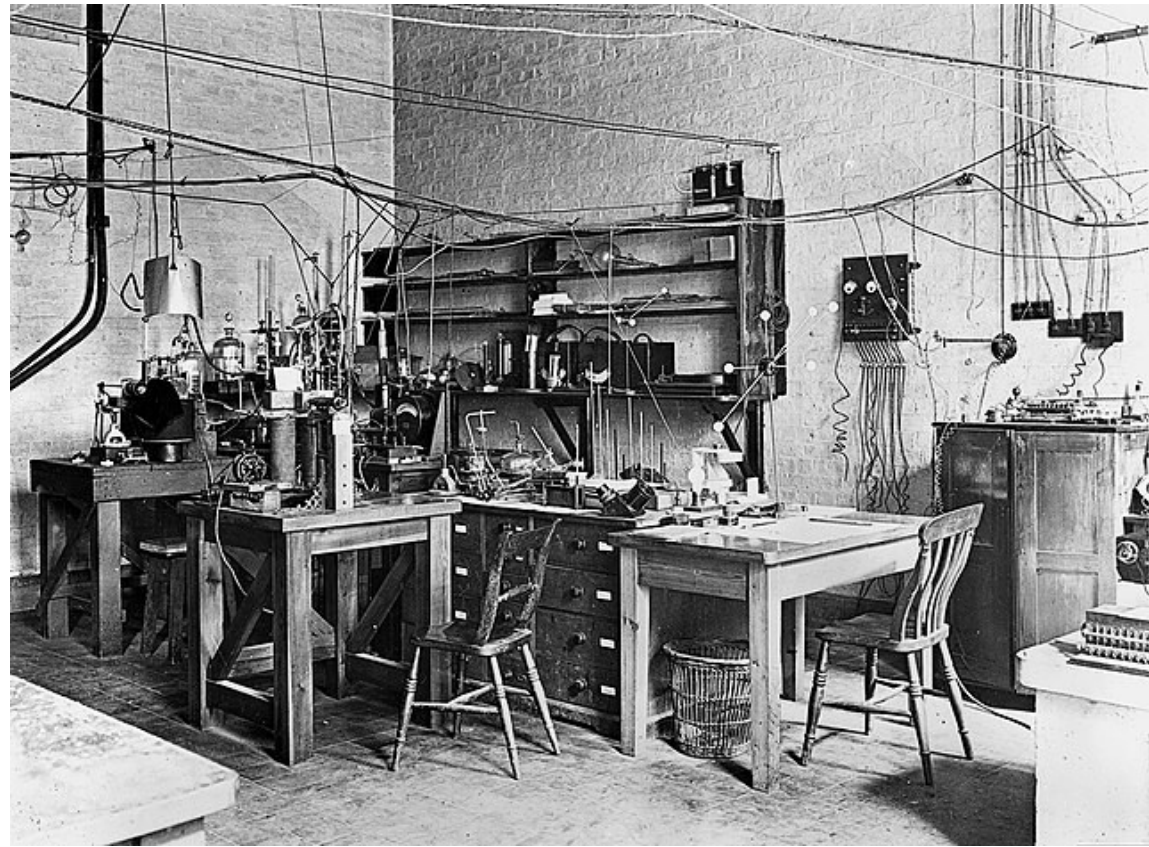
La première : **il n'y a pas de vérité sacrée** ; toutes les hypothèses doivent être examinées de façon critique ; les arguments d'autorité n'ont aucune valeur

La seconde : **il faut rejeter tout ce qui est incompatible avec les faits**. Nous devons comprendre le Cosmos tel qu'il est et ne pas confondre ce qu'il est et ce qu'on voudrait qu'il soit. L'évident s'avère parfois faux et l'inattendu, parfois vrai. »

Carl Sagan

Définition

- Science (du latin *scientia*, de *scire*, savoir)
- But : comprendre et expliquer le monde et ses phénomènes
- Robert : ensemble de **connaissances**, de **travaux d'une valeur universelle**, ayant pour objet l'étude de **faits et de relations vérifiables**, selon des méthodes déterminées (comme l'observation, l'expérience, ou les hypothèses et la déduction)
- Selon Michel Blay : « 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 ».

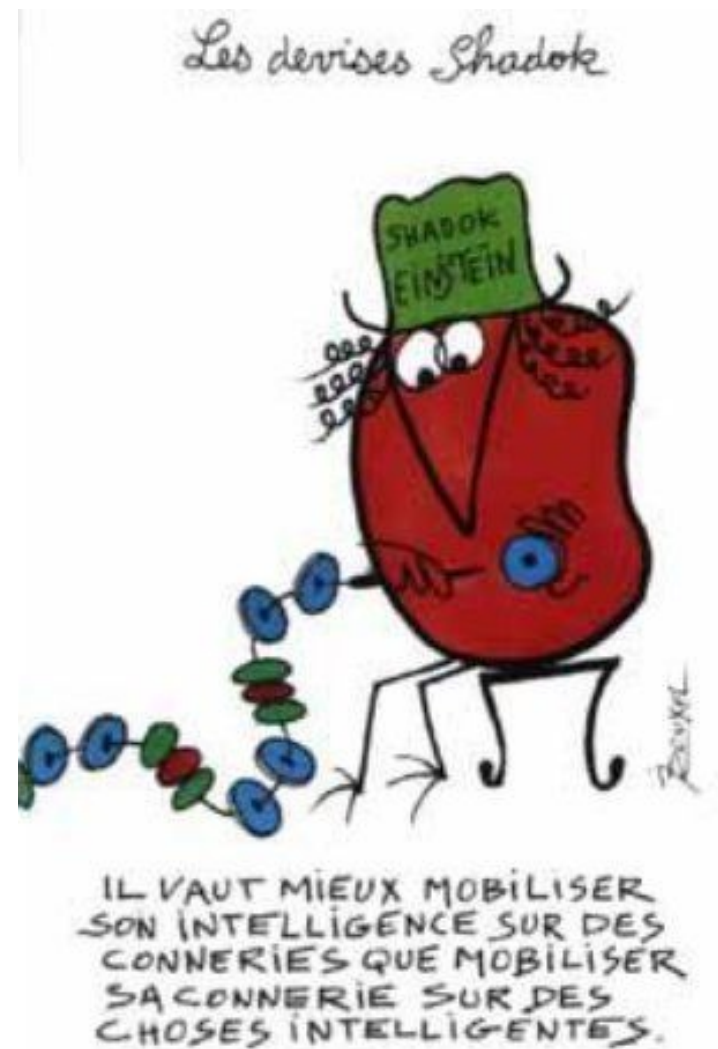


Laboratoire d'Ernest Rutherford

Le commencement de toutes les sciences, c'est l'étonnement de ce que les choses sont ce qu'elles sont.

Aristote

Le périmètre de la science



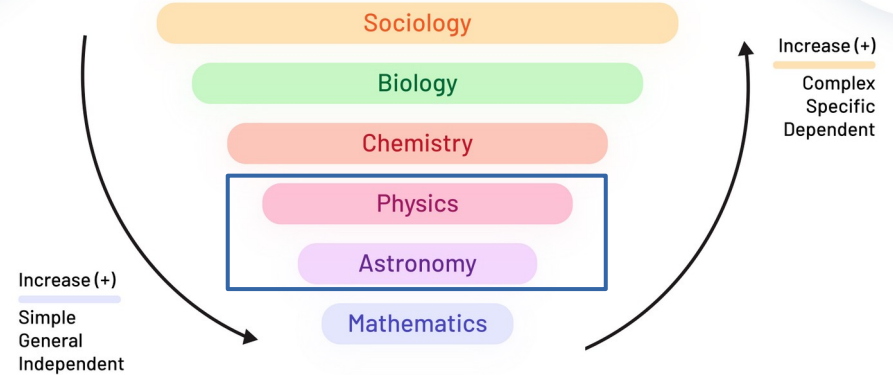
3 types de sciences

- On peut distinguer **trois types de science** :
 - les sciences exactes** : mathématiques et « sciences mathématisées » (physique théorique)
 - les sciences physico-chimiques et expérimentales** : sciences de la nature et de la matière, biologie, médecine
 - les sciences humaines** : étude de l'être humain (psychologie, sociologie, linguistique, politique, histoire)

Sociology
Complex
Specific
Dependent

Hierarchy of the Sciences by A. Comte

Mathematics
Simple
General
Independent



« Tous les phénomènes observables peuvent être (...) disposés de telle manière que l'étude de chaque catégorie soit **fondée sur la connaissance des lois principales de la catégorie précédente**, et devienne le fondement de l'étude de la suivante.

Cet ordre est déterminé par le degré de simplicité ou, ce qui revient au même, de **généralité des phénomènes**, d'où résulte leur dépendance successive et par suite la facilité plus ou moins grande de leur étude. »

Les mathématiques

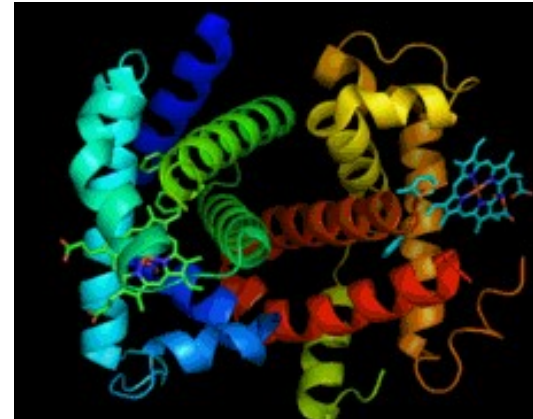
Débat philosophique

- Est-ce qu'on les invente ?
= **approche « constructiviste »** :
les objets mathématiques sont des **artefacts de l'esprit humain**
(position de Kant par ex.)
 - Les mathématiciens seraient donc des **inventeurs** plutôt que des **chercheurs**
 - Elles seraient donc sensibles à la nature humaine / la culture
- Est-ce qu'on les découvre ?
= **approche platonicienne** =
platonisme / réalisme mathématique :
les objets mathématiques **existent de façon autonome**
 - Charles Hermite : « Je vous ferais bondir si j'osais vous avouer que je n'admets [...] aucune coupure entre les mathématiques et la physique, et que les nombres entiers me semblent exister en dehors de nous et en s'imposant avec la même nécessité, la même fatalité que le sodium, le potassium, etc. »
 - Les mathématiciens seraient donc des **chercheurs** plutôt que des **inventeurs**
 - On peut s'interroger sur l'adéquation admirable entre ce langage et les objets qu'il permet de décrire (ex : i et l'équation de Dirac (et tous les phénomènes périodiques))

Les sciences du vivant



Cellule animale
(Russell Kightley)
 10^{-5} m



Molécule d'hémoglobine

- Beaucoup de paramètres → systèmes « complexes »
- Ex : biochimie, médecine, ...
- Ex de technique : cristallographie des protéines

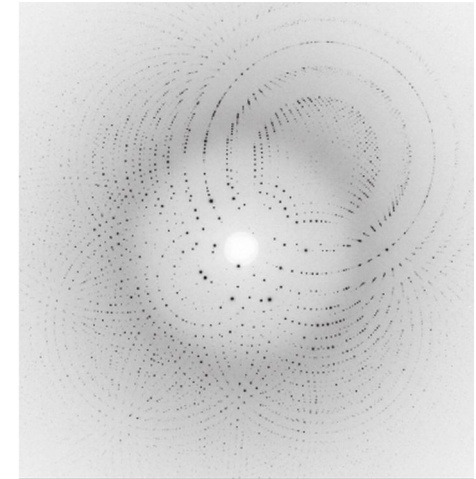


Tableau de synthèse

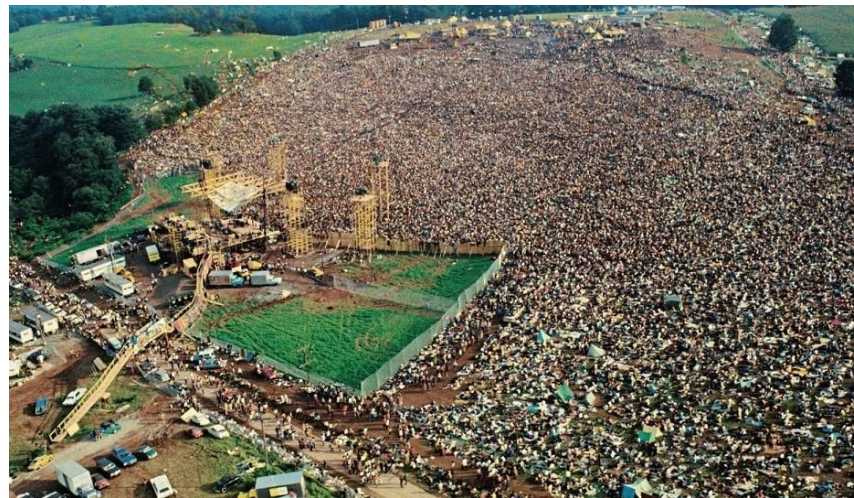
D'après



Théorie	Raisonnement employé				Force de la preuve
Mathématiques	Démonstration				Absolue
Réalité physique	Théorisable ?	Confrontation théorie / réel ?	Modélisable mathématiquement ?	Expérimentable ?	
Physique, chimie	✓	✓	✓	✓	Très forte
Cosmologie	✓	✓	✓	✗	Forte
Biologie	✓	✓	✗	✓	Forte
Origine, évolution	✓	✓	✗	✗	Dépend des résultats de la confrontation théorie / réel
Univers parallèles, pré big-bang, ...	✓	✗	✗	✗	Pas de preuves, spéculation pure

Les sciences humaines

- Le comportement humain est très complexe, variable et changeant, soumis à tout un ensemble d'influences
 - « Infinité » de paramètres ?
 - **Jamais de « toutes choses étant égales par ailleurs »**
- Corrélation à partir de $r > 0,4$
- Parfois manque de culture mathématique



Réalité humaine	Théorisable ?	Confrontation théorie / réel ?	Modélisable mathématiquement ?	Expérimentable ?	Force de la preuve
Sciences humaines	✓	✓	✓ / ✗	✓ / ✗	Faible, changeante
Histoire	✗	✗	✗	✗	Dépend du nombre et de la crédibilité des documents et des témoignages (« histoire des vainqueurs »)

L'histoire

- Du grec « historia » ~ recherche, investigation, savoir
- À la fois l'**étude** des événements du passé mais également l'**ensemble** de ces événements
- L'histoire est-elle une science ?
- L'histoire est-elle comprise comme la description et l'**étude des événements humains** ou comme l'**induction de lois historiques** à partir de faits ?
 - Ex : étude des faits la Révolution française
 - Étude des relations de cause à effet dans l'histoire de l'humanité → rejoint la psychologie et la sociologie
- Ne peut se baser que sur des documents / témoignages
 - N'est pas vraiment une observation, plutôt une reconstitution
 - Ne peut être une science expérimentale : **on n'étudie pas les propriétés** / réactions d'un objet ou d'un sujet
 - Contrairement à la physique notamment, où les expériences peuvent être répétées par ~tous
 - on ne démontre pas, on « exhibe »

Eugène Delacroix, La Liberté guidant le peuple (1830)



- Peut-on mettre sur le même plan
 - Un objet lâché sur Terre est attiré vers le sol (loi physique)
 - La Terre est plate = propriété d'un corps céleste
 - L'Homme a marché sur la Lune = événement
- Néanmoins méthodologie scientifique :
 - Critique des sources
 - Comparaison d'informations
 - Prise en compte du contexte culturel et social (« anachronisme psychologique »)
= « position méta »
- Mais difficultés inhérentes à la discipline
 - Évolution éminemment multi-factorielle → certitude impossible sur les causes et leur hiérarchie
 - Connaissance des événements ultérieurs, qui peut perturber l'objectivité concernant les faits étudiés

Le révisionnisme •

- Définition (Larousse) :

1. Comportement, doctrine remettant en cause un dogme ou une théorie, notamment celle d'un parti politique.
2. Position idéologique des marxistes partisans de la révision des thèses révolutionnaires en fonction de l'évolution politique, sociale ou économique.
3. Remise en question de faits appartenant à l'histoire de la Seconde Guerre mondiale, tendant à nier ou à minimiser le génocide des Juifs par les nazis.

- Robert :

1. Position idéologique de socialistes partisans de la révision des thèses révolutionnaires, par extension Position remettant en question une doctrine politique.
2. Position idéologique qui tend à minimiser le génocide des Juifs par les nazis et prétend réviser l'histoire sur ce point.
→ négationnisme

- Wikipédia :

- Le révisionnisme consiste à soutenir, en droit, en politique, en histoire ou en sciences, une position réclamant **la révision de ce qui est majoritairement tenu pour acquis** : morale, valeurs, constitutions, lois, verdicts, récits, traités, frontières, doctrines ou idées.
- « Pour les historiens, le révisionnisme est un terme **sans connotation particulière**, qui désigne une démarche critique consistant à **réviser de manière rationnelle certaines opinions couramment admises en histoire** »

- La science est donc par essence révisionniste

- Ex : **géocentrisme** → **héliocentrisme** → **cosmologie moderne**
Modèle de l'atome : Thomson → Rutherford → Bohr
→ physique quantique
- **L'histoire l'est également** : la compréhension d'un événement, son inscription dans le déroulement de l'Histoire **ne peut jamais être considérée comme définitive**
 - Apparition/déclassification de nouveaux documents et de nouvelles sources, levée de barrières politiques/religieuses ou idéologiques
 - Sinon, renvoyons les historiens qui travaillent sur des périodes reculées !

- Larousse :
 - Doctrine niant la réalité du génocide des Juifs par les nazis, notamment l'existence des chambres à gaz. (Le terme de négationnisme s'emploie, par extension, à propos d'autres génocides ou de certains massacres à grande échelle.)
Synonyme : révisionnisme
- Robert :
 - Position idéologique consistant à nier l'existence des camps d'extermination nazis. → révisionnisme.
- Wikipédia – révisionnisme :
 - Concernant l'histoire de la Seconde Guerre mondiale, la notion de révisionnisme peut également désigner, par abus, la négation, la minimisation ou la contestation de certains éléments des crimes de guerre commis par les troupes allemandes ou soviétiques et des génocides commis par le Troisième Reich (comme la Shoah ou la Porrajmos) ou par l'URSS (comme la déportation de peuples entiers).
 - **Les négationnistes se désignent eux-mêmes par le terme de « révisionnistes »** mais pour les autres historiens, le révisionnisme diffère du négationnisme, et il ne faut pas confondre ces deux termes.
- Wikipédia – négationnisme :
 - Le négationnisme est au sens strict la négation de l'existence de la Shoah. Au sens large, le négationnisme désigne un déni de certains génocides ou crimes majeurs, malgré la présence de preuves flagrantes rapportées par les historiens.

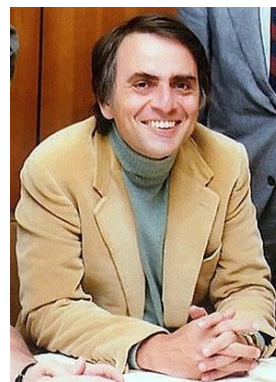
Le négationnisme

- Wikipédia : « Une **loi mémorielle** est une loi déclarant, voire imposant, le point de vue officiel d'un Etat sur des événements historiques. À l'extrême, une telle loi peut interdire l'expression d'autres points de vue. »
 - N'est-ce pas le rôle des historiens de dire la « vérité historique » ?
- En France, 4 lois mémorielles
 - Loi Gayssot (1990) sur la contestation de crimes contre l'humanité pendant la Seconde Guerre Mondiale
 - Loi sur le génocide arménien (2001)
 - Loi Taubira sur l'esclavage (2001)
 - Loi sur la présence française outre-mer (2005)
 - « mémoire coloniale »
- Pourquoi s'en tenir à ces 4 périodes ?
- **Nier la rotondité de la Terre n'est-il pas une forme de négationnisme / négation de la réalité ?**
- Mais est-ce le rôle du législateur que de faire l'histoire ?

La posture scientifique

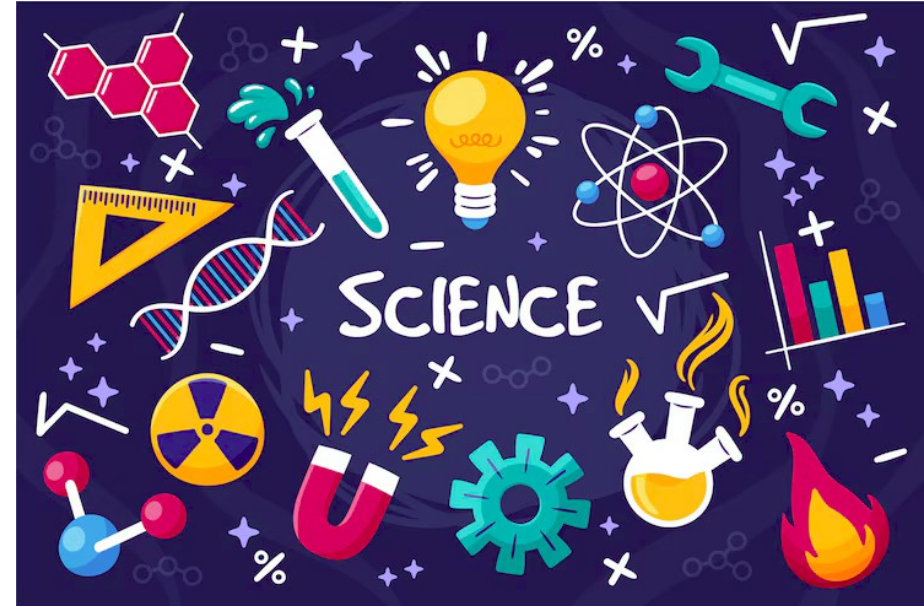
Quelques citations

- Montaigne :
 - **La vraie science est une ignorance qui se sait.** L'ignorance qui se sait, qui se juge et qui se condamne, ce n'est pas une entière ignorance : pour l'être, il faut qu'elle s'ignore soi-même.
- Newton :
 - Platon est mon ami. Aristote est mon ami. Mais **ma plus grande amie est la vérité.**
- Henri Poincaré :
 - On fait la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres : mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison.
- Carl Sagan :
 - La science est beaucoup plus qu'un ensemble de connaissances. **C'est une façon de penser.** Ce point est fondamental pour qu'elle réussisse. La science nous invite à accueillir les faits, **même s'ils ne sont pas conformes à nos attentes.**
- Richard Feynman :
 - Je préfère des questions auxquelles on ne peut pas répondre à des réponses qu'on ne peut remettre en question.
 - Peu importe à quel point votre théorie est belle, peu importe à quel point vous êtes intelligent. **Si elle n'est pas en accord avec l'expérience, elle est fausse.**
 - La religion est une culture de la foi ; **la science est une culture du doute.**



Critères de la science

- **Universelle**, ou au moins collective, partagée
 - Mais **pas une majorité d'opinions**
- Formulée **aussi objectivement que possible**
- **Réfutable, testable** (par ceux qui en ont / s'en donnent les moyens)
- → **Reproductible**
 - Même si l'impossibilité de reproduire une expérience n'invalide pas nécessairement la découverte
 - Psychologie, variabilité & complexité
 - Exemple de l'homéopathie : résultats de J. Benveniste (publiés dans Nature en 1988) pas reproduits → JB : « protocoles expérimentaux pas bien répliqués + « effet expérimentateur » = influence des croyances de l'expérimentateur »
- **Évolutive** :
 - Culture du **doute méthodique**
 - **Vérification et réévaluation continues** des hypothèses
- **Consciente de ses biais / ses limites**
 - Notion de double-aveugle
 - Expérience Babar : non-consultation des résultats intermédiaires pour que le résultat final soit aussi objectif que possible
 - **Docimologie** (étude de la notation) : disparité (p-ê forte) des notes entre 2 examinateurs, y.c. en mathématiques !



Quelques définitions

- **Positivisme** (Auguste Comte) :
 - La seule véritable connaissance repose sur des faits observables, mesurables
 - Renonce à la recherche des causes premières : « **comment ?** » plutôt que « **pourquoi ?** »
 - → rejet de la métaphysique, la religion
- **Scientisme** (Robert) :
 - Attitude philosophique consistant à considérer que la connaissance ne peut être atteinte que par la science
 - et que la connaissance scientifique suffit à résoudre les problèmes philosophiques
 - Par opposition à la tradition, la religion, la spiritualité, la philosophie
- **Matérialisme** :
 - Doctrine soutenant que la matière préexiste à la conscience et que tous les phénomènes résultent d'interactions matérielles
- **Évidentialisme** :
 - Une croyance est justifiée seulement si elle est soutenue par des preuves
- **Empirisme** :
 - Doctrine selon laquelle l'expérience sensible est à l'origine de toute connaissance
- **Fidéisme** :
 - Doctrine donnant la prééminence à la foi sur la raison dans la connaissance de la vérité (même dans les domaines propres à la raison !)

L'approche heuristique

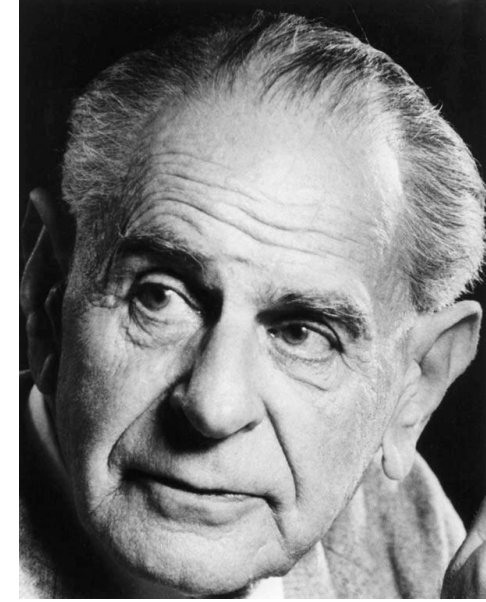
- De $\epsilon\upsilon\rho\epsilon\acute{\iota}\nu$, trouver
- Littré : « Art d'inventer, de faire des découvertes »
- Également (Larousse) :
 - Partie de la science historique qui consiste dans la **recherche des documents**.
 - Discipline qui se propose de **formuler les règles de la recherche scientifique**
- Hypothèse heuristique = hypothèse choisie comme ligne directrice provisoire dans une recherche
- Approche heuristique = méthode consistant à **résoudre un problème (complexe) sans en faire une analyse détaillée**
- → **approches successives vers une solution satisfaisante**, mais pas nécessairement optimale
- En :
 - Reconnaisant un problème que l'on sait traiter
 - Reconnaisant un problème semblable à un problème que l'on sait traiter
 - Décomposant le problème en problèmes plus simples
- Ex : essai-erreur, analyse statistique
- Utilisée en mathématiques, en informatique, en physique :
 - Ordres de grandeur, estimations
 - Modèles simplifiés (linéaires + perturbations)
 - Analogies (ex : lois d'Ohm, de Fick, de Fourier / électricité-mécanique)
 - Utile pour les systèmes complexes

Le rasoir d'Alder

- « Ce qui ne peut être établi par l'expérience ou l'observation ne mérite pas de débat »
- Oppose :
 - approche **scientifique**, basée sur expérience et observation
 - approche **philosophique**, souvent basée sur la raison pure

La réfutabilité (1)

- Introduite par Karl Popper
- Permet de **différencier une théorie scientifique d'une théorie non scientifique** (pseudo-science) :
 - pour être scientifique, une théorie doit être « **réfutable** » :
on doit pouvoir énoncer des hypothèses réfutables,
c'est-à-dire pouvant être **contredites par un test empirique**
- La science avancerait par essai / erreur en **réfutant** des hypothèses plutôt qu'en les **prouvant**



La réfutabilité (2)

- Place de fait en dehors du champ de la science :
 - la métaphysique
 - L'astrologie
 - Et même les sciences humaines (trop de facteurs et variables impossibles à contrôler « toutes choses étant égales par ailleurs »)
 - L'histoire, qui n'est pas soumise au test
- K. Popper a également défini l'**ouverture à la critique** comme une qualité de la science
- Il a critiqué le positivisme
- Il définit les théories métaphysiques comme des **systèmes irréfutables par l'expérimentation** mais il admet la possibilité d'en étudier la pertinence et de les confronter entre elles.

Ça n'existe pas !

- Il est impossible de prouver que quelque chose n'existe pas
- L'absence de preuve n'est pas une preuve de l'absence
- Par exemple, une théorie qui postule l'existence de créatures invisibles et indétectables n'est **pas réfutable**, car **aucune observation ne peut prouver leur inexistence**, ce qui rend la théorie non scientifique selon le critère de Popper.
- On ne peut pas prouver que les licornes n'existent pas → L'affirmation « les licornes existent » n'est **pas réfutable et donc pas scientifique**



Si ça ne se mesure pas, ça n'existe pas (?)
(En maïeusthésie, on distingue le réel et l'objectivable.)

N'a pas peur de poser des questions

- Aucune hypothèse/théorie ne doit être écartée *a priori*
- « Le bizarre est possible »
- Mais attention aux dérives :
 - Notamment en sciences humaines (Milgram, Stanford, ..., voir SSSI-4)
 - Peut être utilisée dans la fenêtre d'Overton (voir émission SSSI-3)

Ex de l'étude Kinsey !!!

AGE	NO. OF ORGASMS	TIME INVOLVED	AGE	NO. OF ORGASMS	TIME INVOLVED
5 mon.	3	?	11 yr.	11	1 hr.
11 mon.	10	1 hr.	11 yr.	19	1 hr.
11 mon.	14	38 min.	12 yr.	7	3 hr.
2 yr.	{ 7	9 min.	12 yr.	{ 3	3 min.
	{ 11	65 min.		{ 9	2 hr.
2½ yr.	4	2 min.	12 yr.	12	2 hr.
4 yr.	6	5 min.	12 yr.	15	1 hr.
4 yr.	17	10 hr.	13 yr.	7	24 min.
4 yr.	26	24 hr.	13 yr.	8	2½ hr.
7 yr.	7	3 hr.	13 yr.	9	8 hr.
8 yr.	8	2 hr.		{ 3	70 sec.
9 yr.	7	68 min.	13 yr.	{ 11	8 hr.
10 yr.	9	52 min.		{ 26	24 hr.
10 yr.	14	24 hr.	14 yr.	11	4 hr.

Table 34. Examples of multiple orgasm in pre-adolescent males

Some instances of higher frequencies.

Le non-savoir

Ignorare humanum est. Simulare diabolicum.

- **Le non-savoir est une posture indispensable**
 - Également dans la relation d'aide
 - 3^{ème} accord toltèque : « Ne faites pas de suppositions. »
- JF Delfraissy (pdt du « Conseil scientifique »)
 - C'est un « vaccin-médicament » (25/01/2022)
 - « Nous nous sommes trompés. [...] Les vaccins protègent mal contre la transmission » (24/10/2023)
- Cette posture peut être instrumentalisée
 - « Fabrique de l'ignorance »
 - Ignorance initiale / ignorance produite
- Notion connexe / contraire d' « **ignorance rationnelle** »
 - Je choisis de ne pas chercher plus d'information si le coût de cette recherche dépasse l'enjeu de la décision associée

La science consiste à oublier ce qu'on croit savoir, et la sagesse à ne pas s'en soucier.

Charles Nodier

Le doute

- Poincaré : « **Douter de tout ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes, qui l'une et l'autre nous dispensent de réfléchir.** »
- Il faut apprendre à **douter à bon escient**
 - Devrait être la mission principale de l'enseignement
 - But de ces émissions !
 - cf. ordres de grandeur – ce résultat est-il plausible ?
 - Quels sont mes biais ?
- **Zététique** (ou « art du doute »)
 - Pyrrhon (365-275 av JC) puis Henri Broch (80's)
 - « Étude rationnelle des phénomènes dit paranormaux »
 - Scepticisme, doute cartésien, ...
- Mais **la zététique ne s'applique pas en politique**
 - Ni en psychologie en général
 - Mensonges, manipulations, syndrome de la grenouille
 - 12/2020, EM : « Je l'ai dit, je le répète : le vaccin ne sera pas obligatoire. Ayons confiance en nos chercheurs et médecins. Nous sommes le pays des Lumières et de Pasteur, la raison et la science doivent nous guider »
 - 2021, puis 2022 : pass sanitaire puis pass vaccinal

Viser l'objectivité

Objectivité : « qualité de ce qui est conforme à la réalité »



- **Ne pas influencer les résultats**
- **Multiplier les expériences en variant les protocoles**
- Exemple en médecine (efficacité d'un traitement) :
 - On a pu remarquer que les études en « simple aveugle » avaient un biais ! → études en double aveugle : **le médecin ne sait pas s'il donne le traitement ou le placebo**
 - Introduction de l'outil mathématique (à partir du XIX^e) :
 - P-C. A. Louis montre que le traitement de la pneumonie par saignée (sangues) n'est pas bénéfique
 - Tests statistiques : quelle est la probabilité que les résultats obtenus soient dus au hasard (càd que le traitement n'apporte aucun bénéfice) ? → χ^2 , student, par ex → Je suis confiant à 90, 95, 99,9 % que ce traitement est efficace à xx % sur telle population
 - **Autres difficulté** : impossibilité de modifier un seul paramètre, « toutes choses étant égales par ailleurs » → grande diversité humaine de réactions au traitement, rémissions spontanées, effets placebo & nocebo, ...
- Autre exemple : Expérience BaBar (quarks b/b) au SLAC, Stanford
 - Lors de calculs très longs / composés, les chercheurs ne regardaient pas les résultats intermédiaires pour ne pas être influencés par leur réaction
- **Quels sont les biais ?**
 - Humains
 - Statistiques (erreur statistique)
 - Expérimentaux (erreurs systématiques → corrections) : conception, étalonnage, tests, ...