

Croyances, esprit critique et culture astronomique

Erreurs, obstacles, superstitions
Causes, remédiation

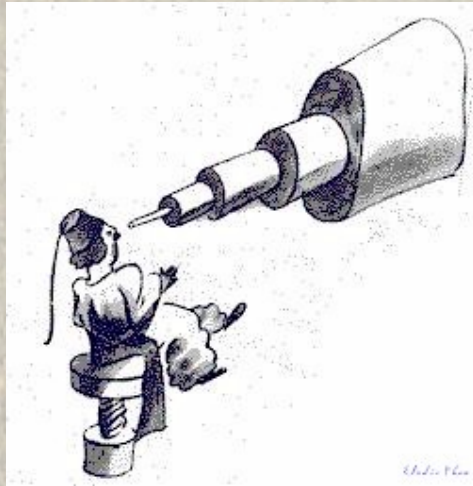
Noël Robichon

Maître de Conférences, Observatoire de Paris

Avec des emprunts à Patrick Rocher

Stage *sciences et croyances*, la formation de l'esprit critique 2, 3 & 6 décembre 2021

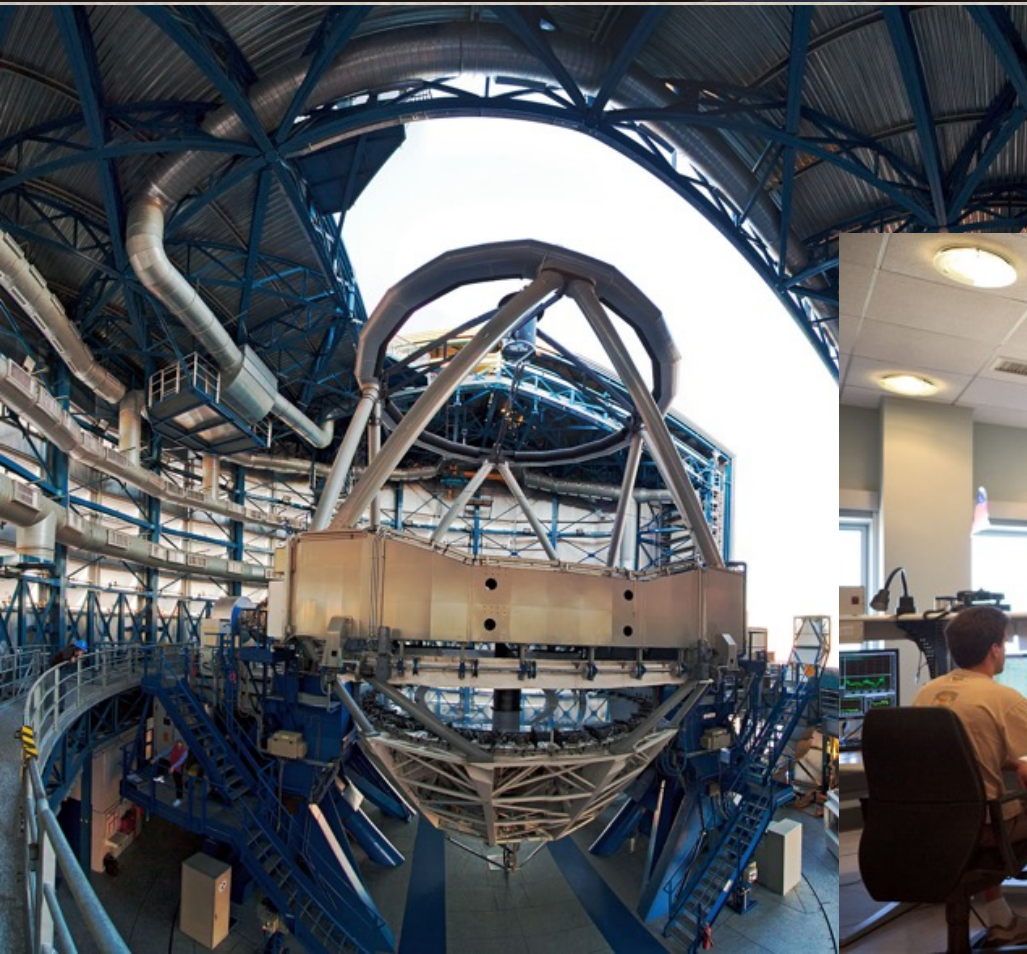
Mauvaises représentations...



Commence par une mauvaise connaissance du métier d'astronome lui-même



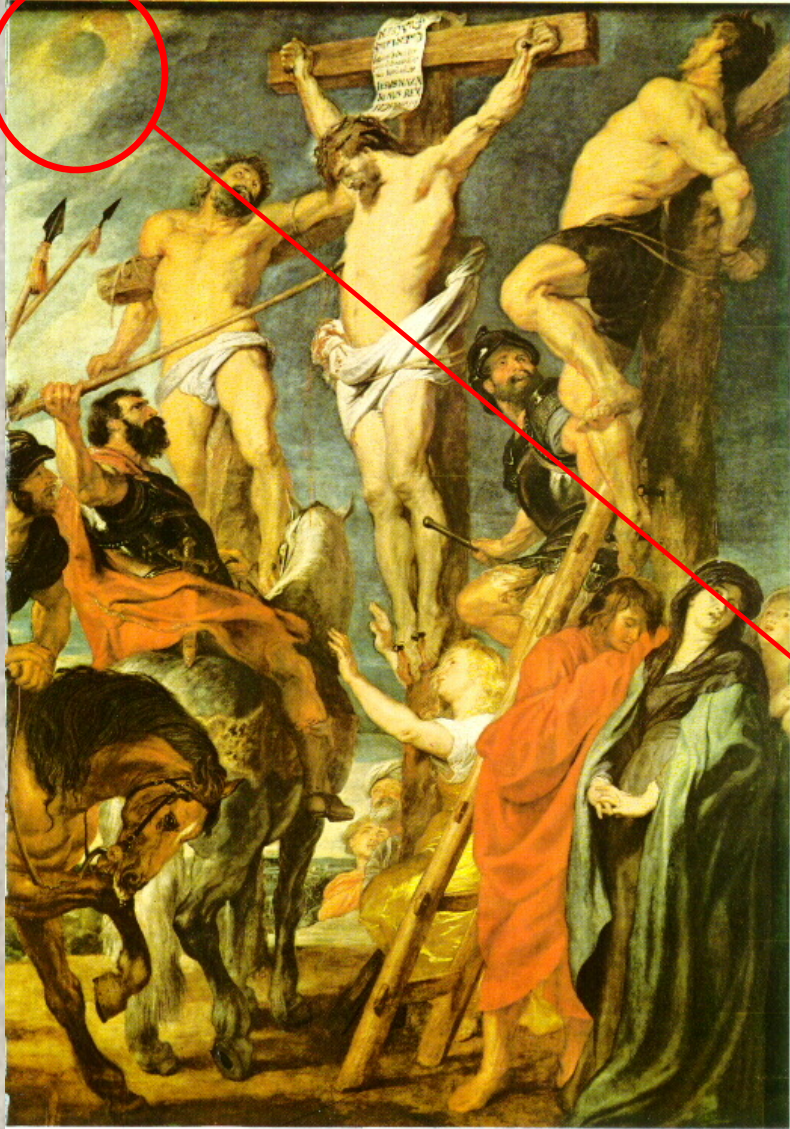
Le Very Large Telescope



4 télescopes de 8 m sur le
mont Paranal au Chili



Mais ce n'est pas nouveau

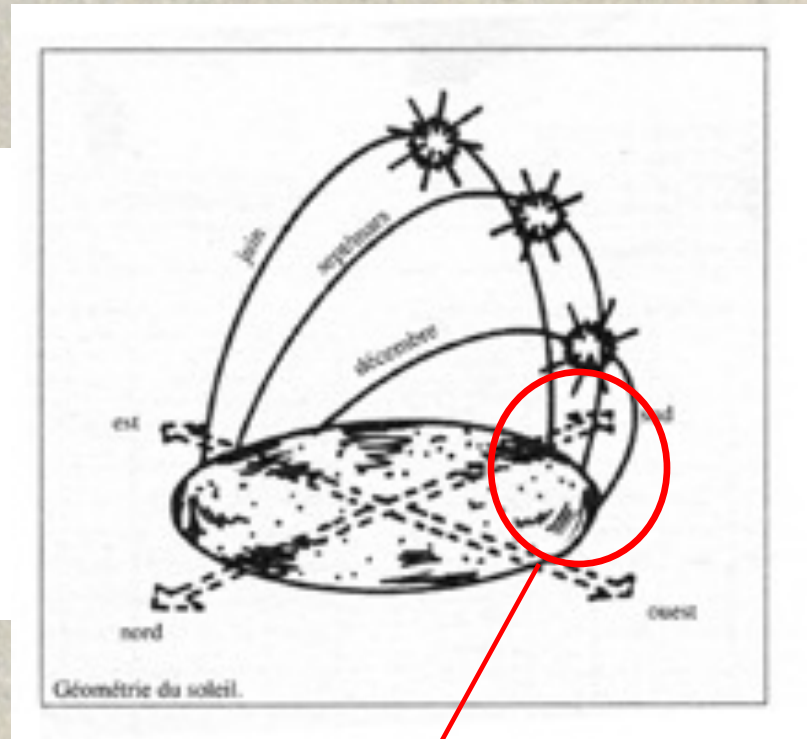
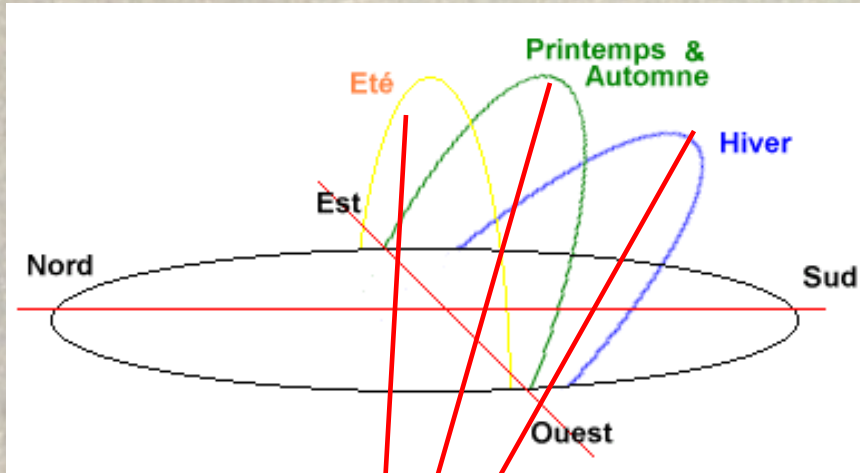


Barabbas de Richard Fleischer

Pas d'éclipse le jour de la Pâque juive :
14 nissan = pleine lune

Crucifixion de Rubens

Même dans les sites « spécialisés »

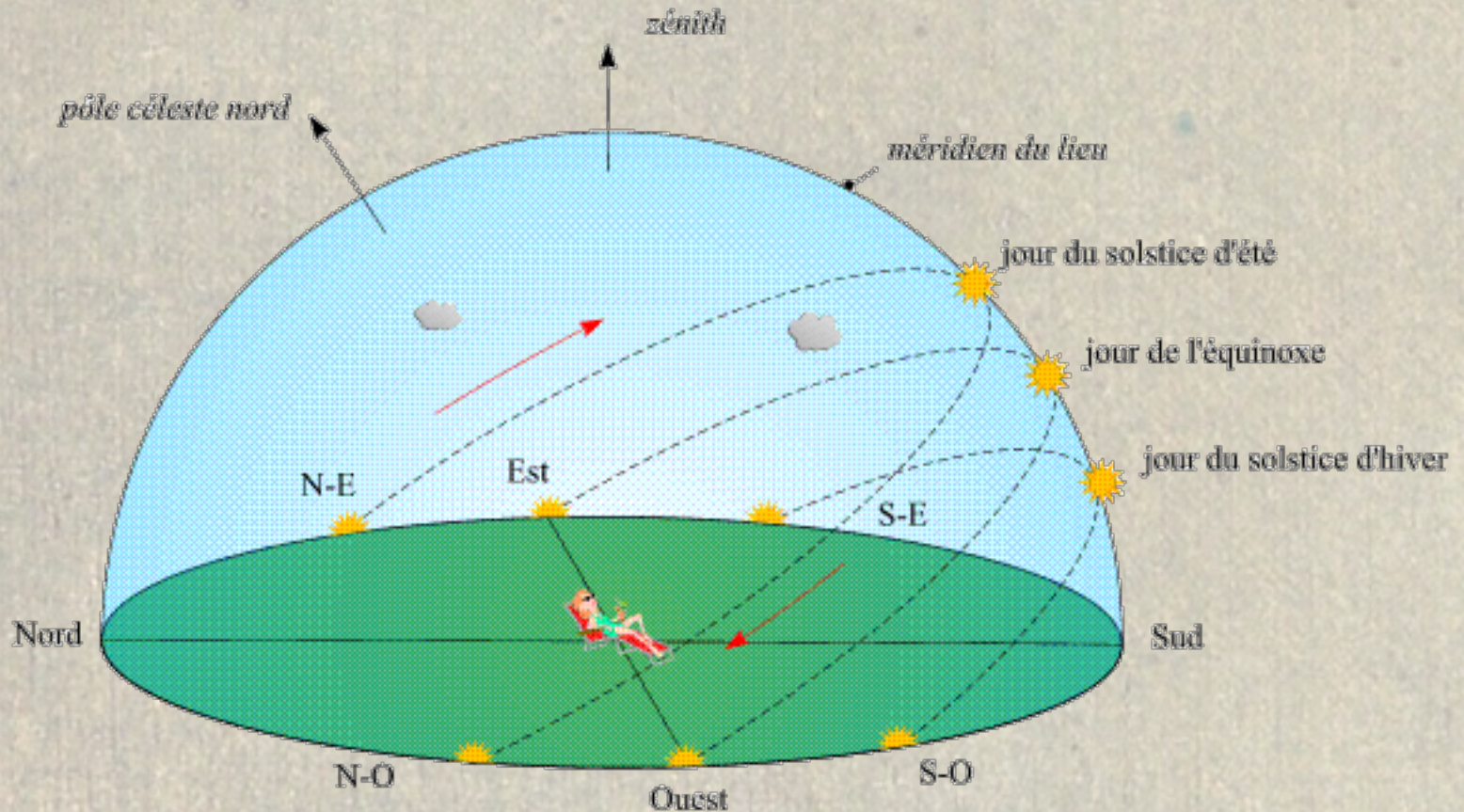


Images extraites d'un site d'astronomie amateur et d'un site d'architecture sensé expliquer la bonne orientation à donner à une construction !

Trajectoires apparentes du Soleil
non parallèles

Directions de coucher du Soleil
Pour le moins fantaisistes

Mouvement apparent du Soleil

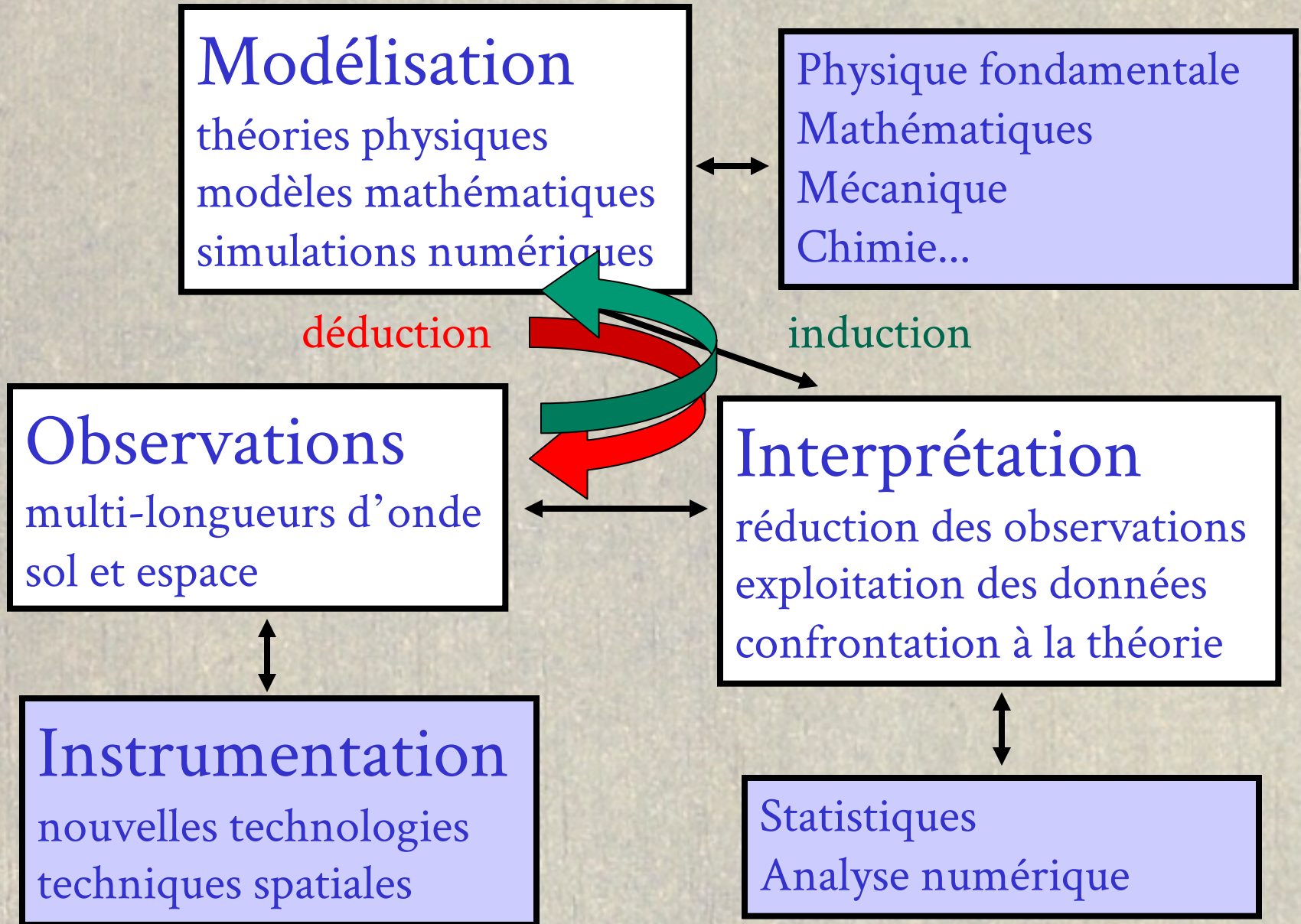


Qu'est-ce que la culture scientifique ?

Culture scientifique

- Culture scientifique \neq connaissance scientifique
- Connaissance de la méthode scientifique
 - Savoir reconnaître un raisonnement scientifique
 - Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences
 - Importance des sciences cognitives et de la sociologie
 - Pouvoir faire confiance aux scientifiques (autant qu'ils se font confiance entre eux).
- Enjeux
 - Personnel : être capable de détecter les faux arguments scientifiques (publicités, pseudo-sciences...).
 - Société : pouvoir faire des choix éclairés sur des problèmes de société (entre autre)

La recherche en astronomie



Culture scientifique

- Culture scientifique \neq connaissance scientifique
- Connaissance de la méthode scientifique
 - Savoir reconnaître un raisonnement scientifique
 - Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences
 - Importance des sciences cognitives et de la sociologie
- Enjeux
 - Personnel : être capable de détecter les faux arguments scientifiques (publicités, pseudo-sciences...).
 - Société : pouvoir faire des choix éclairés sur des problèmes de société (entre autre)

Épistémologie

Moyen-âge : Scolastique. Lectio, quaestio, disputatio

Renaissance/période moderne opposition entre plusieurs conceptions de la connaissance :

- **Empirisme** de **Francis Bacon** (1561-1626) qui donne naissance au XVII^e à la sciences moderne et en particulier au raisonnement inductif, recherche de loi générales à partir d'observations et d'expériences. Puise ses racines dans la tabula rasa d'Aristote/Locke ou le rasoir de Guillaume Ockham (1285-1347)

- **Rationalisme.** La raison est la seule source possible de connaissance du monde.

Descartes Les idées sont innées. Dualisme esprit (res cogitans) et corps (res extensa).

- **Matérialisme** de Hobbes (monisme : matière et esprit sont indissociables).

-> **naissance de la science moderne au XVII^e siècle**

Rationalisme critique d'**Emmanuel Kant**. (1724-1804) Opposition **noumène** inconnaissable domaine de la **métaphysique** et **phénomène** connaissable à travers le prisme de notre structure mentale, domaine de la **physique**.

Positivism d'**Auguste Comte** (1798-1857). Vision continue du progrès scientifique. Abandon de la recherches des causes des phénomènes au profit des lois qui les décrivent et les prédisent.

Épistémologie

Alexandre Koyré (1892-1964) **conception discontinue** de l'histoire des sciences. Critique la vision positiviste. La science est avant tout théorie et la **révolution scientifique** du XVII^e est due à un changement de conception de l'Univers.

Karl Popper (1902-1994) : refus de l'induction : la **réfutabilité** (ou falsificationnisme) est le critère de démarcation d'une théorie scientifique.

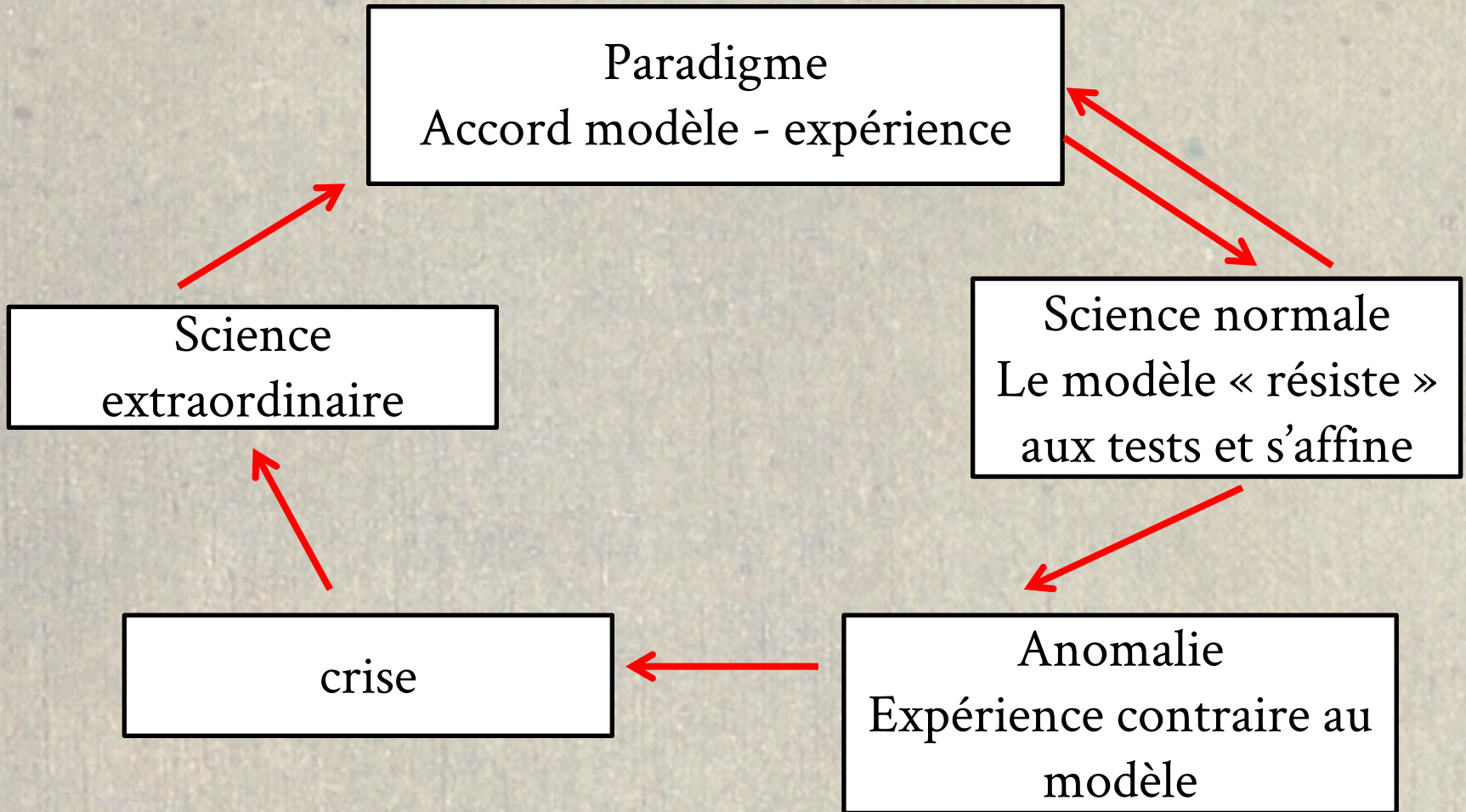
Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) Pas de construction de la science par accumulation mais par **changement de paradigme**.

Imre Lakatos (1902-1974) : la science se construit par programmes de recherche concurrents et complémentaires.

Programme de recherche = noyau théorique infalsifiable + nouvelles hypothèses explicatives et prédictives falsifiables.

Démarcation science/pseudoscience : une science est prédictive (prédictions falsifiables et confirmées).

Modèle de Khun



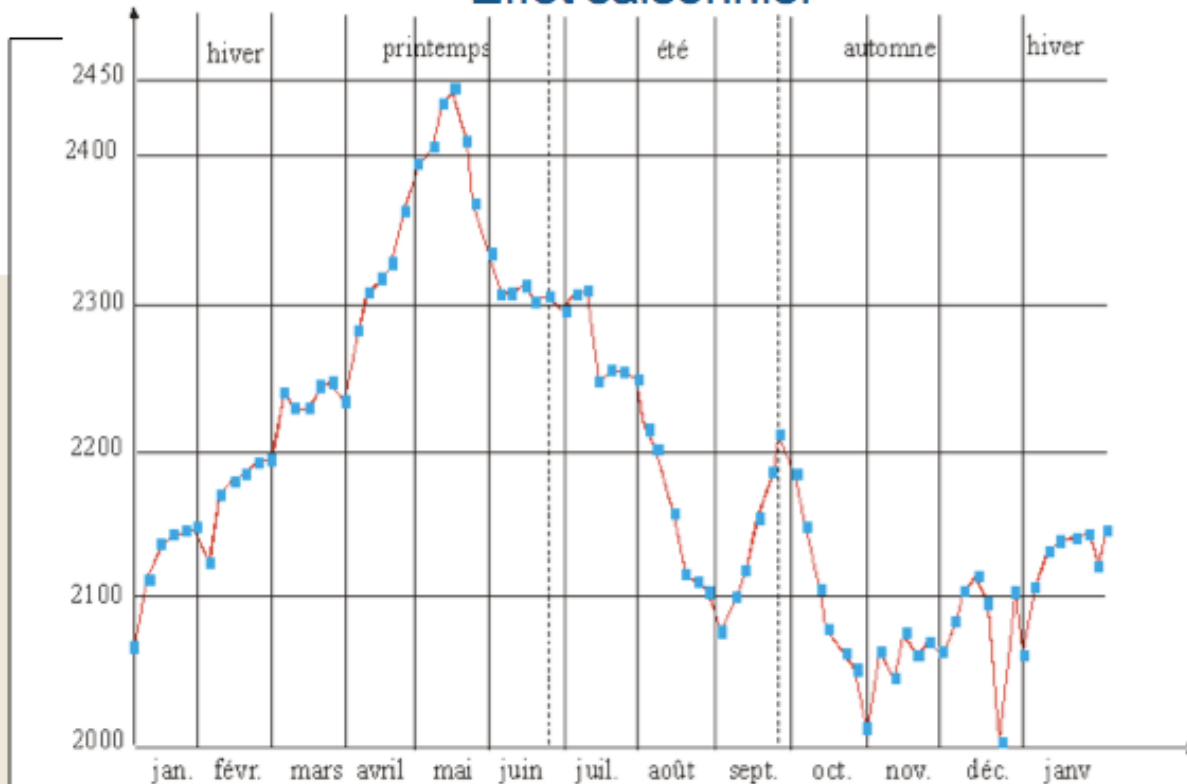
Culture scientifique

- Culture scientifique \neq connaissance scientifique
- Connaissance de la méthode scientifique
 - Savoir reconnaître un raisonnement scientifique
 - Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences
 - Importance des sciences cognitives et de la sociologie
 - Pouvoir faire confiance aux scientifiques (autant qu'ils se font confiance entre eux).
- Enjeux
 - Personnel : être capable de détecter les faux arguments scientifiques (publicités, pseudo-sciences...).
 - Société : pouvoir faire des choix éclairés sur des problèmes de société (entre autre)

Naissances et pleine Lune

Statistique sur 12035680 naissances entre janvier 1968 et décembre 1982.

Effet saisonnier

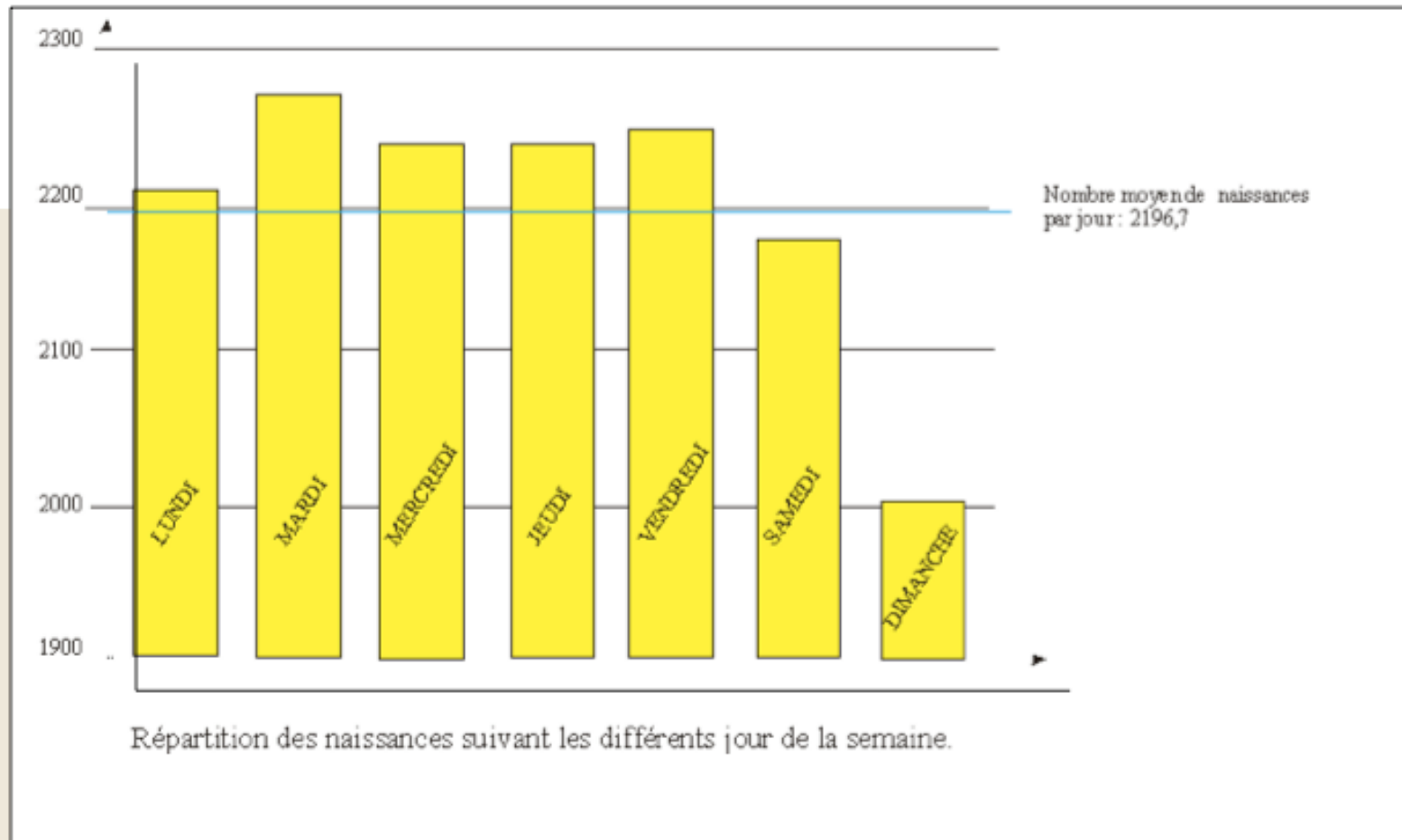


Répartition des naissances sur l'année. Chaque points représente le nombre moyen d'enfants, par jour, nés pendant cinq jours consécutifs.

Naissances et pleine Lune

Statistique sur 12035680 naissances entre janvier 1968 et décembre 1982.

Effet hebdomadaire



Naissances et pleine lune

- Et pourtant les sages femmes y croient
- Il s'agit là de ce que les psychologues nomment *biais de confirmation* : *chacun a tendance à noter et à rechercher ce qui confirme ses croyances, et à ignorer, ou sous-estimer l'importance de ce qui les contredit.*
- Idem pour les maladies mentales. Aucune corrélation n'a été trouvée entre l'admission en HP suite à une crise et la lunaison.

Biais cognitifs

- Distorsion que subit une information en entrant dans le système cognitif ou en sortant.
- Biais de jugement
 - Effet de halo. Sélection d'informations confirmant une première impression.
 - Effet râteau : exagérer la régularité du hasard.
 - Biais de la tache aveugle (en) : tendance à ne pas percevoir les biais cognitifs à l'œuvre dans ses propres jugements ou décisions, et ce, aux dépens d'informations plus objectives.
- Biais de raisonnement
 - **Biais de confirmation d'hypothèse** : préférer les éléments qui confirment plutôt que ceux qui infirment une hypothèse.
 - Biais d'évaluation de probabilités.
 - **Biais de représentativité** : considérer un ou certains éléments comme représentatifs d'une population.
 - **Biais de disponibilité** : ne pas chercher d'autres informations que celles immédiatement disponibles.
- Biais liés à la personnalité
 - Conformisme, effet de mode : chercher à ressembler à la majorité.
 - Effet boomerang : tentative de persuasion à l'effet inverse de celui attendu.
 - Effet Barnum : accepter une vague description de la personnalité comme s'appliquant spécifiquement à soi-même (ex. : horoscope).

Codex des Biais Cognitifs

De quoi devons-nous nous rappeler?

- Nous réduisons les événements et listes à leurs éléments-clés
- Nous écartons les spécificités et formons de généralités
- Nous modifions et renforçons certains souvenirs après les faits
- Nous favorisons les options qui nous paraissent simples ou qui ont des informations plus complètes aux options plus complexes ou ambiguës
- Pour éviter de faire des erreurs, nous avons tendance à préserver notre autonomie et notre statut groupe et à éviter les décisions irréversibles
- Pour accomplir nos tâches, nous avons tendance à vouloir compléter celles dans lesquelles nous avons déjà investi du temps et de l'énergie
- Afin de rester concentré, nous favorisons ce qui nous est immédiat, proche ou autour de nous

Le besoin d'agir vite

Pour pouvoir agir, nous devons avoir confiance en notre capacité à avoir un impact et sentir que ce que nous faisons est important

Nous stockons les souvenirs différemment selon la façon dont nous avons vécu l'expérience.

Nous nous rappelons des choses qui sont déjà amorcées dans notre mémoire ou qui sont souvent répétées.

Les choses bizarres / drôles / visuellement frappantes / anthropomorphiques sont plus saillantes que celles qui ne le sont pas.

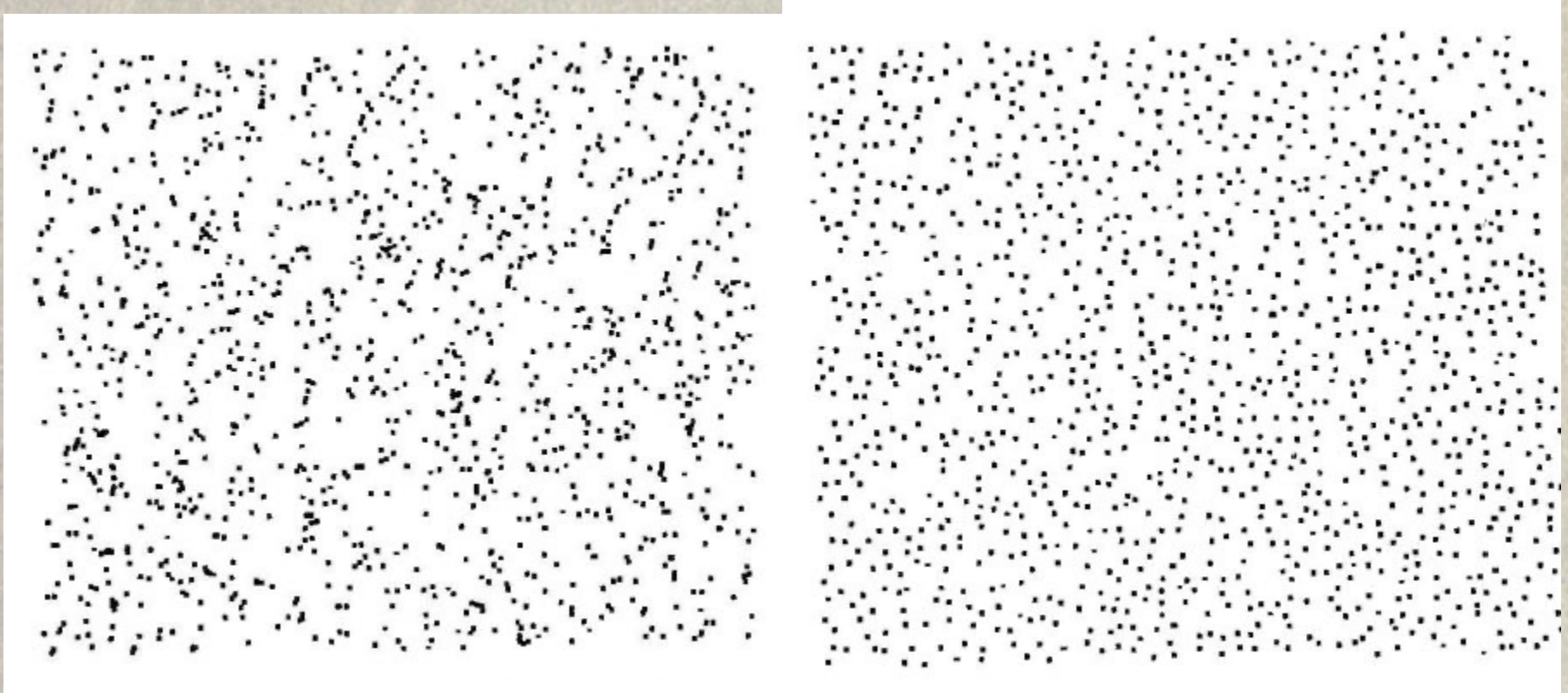
Trop d'information

- On remarque lorsque quelque chose a changé.
- Nous sommes attirés par les détails qui confirment nos propres croyances préétablies
- Nous remarquons les fautes chez les autres plus facilement que chez nous-même.
- Nous trouvons des histoires et des motifs même dans des données éparses
- Nous remplissons les caractéristiques manquantes à partir de stéréotypes, de généralités et de nos a priori
- Nous imaginons que les personnes que nous aimons ou que les choses avec lesquelles nous sommes familiers sont meilleures que les choses et les personnes qui ne le sont pas.

Pas assez de sens

- Nous simplifions les probabilités et les nombres pour les rendre plus faciles et abordables à notre pensée.
- Nous projetons nos croyances et schémas de pensées actuels sur le passé et le futur.
- Nous pensons que nous savons ce que les autres pensent

Mauvaise appréhension du hasard



Laquelle de ces distribution est aléatoire ?

La distribution aléatoire est celle de gauche : « **effet râteau** »,
biais cognitif de jugement qui consiste à exagérer la régularité du hasard.

Paradoxes et autres erreurs

- « paradoxe de Simpson »

- Accusation de discrimination sexuelle à l'encontre de l'université de Berkeley.
- 45 % des candidats masculins étaient acceptés contre seulement 35 % des candidates
- examen département par département : chacun des départements acceptait autant de candidats femmes que d'hommes, sinon plus !
- Explication très simple : + de candidates dans les « petits » départements, comme l'histoire de l'art, que dans les grands les études d'ingénierie

Exemple, sur 100 candidats en histoire de l'art – 80 F et 20 H –, sont admis 16 F et 4 H (20%) sur 100 candidats en ingénierie – 70 H et 30 F –, 35 H et 15 F sont acceptés (50 %)

Au total sur 200 - 110 F et 90 H sont admis 39 H (43 %) et seulement 31 femmes (28 %).

- Statistiques et procès

- Sally Clark accusée d'avoir tué ses deux fils, morts chacun de manière soudaine.
- Professeur pédiatrie témoigne que la probabilité d'une mort subite du nourrisson est de $1/8.500$ donc $1/73.000.000$ pour deux morts.
- Après trois ans de prison, elle obtient le réexamen du dossier. Médecin légiste négligent, second fils probablement mort d'infection.
- Libérée, elle meurt 4 ans plus tard d'alcoolisme.

Les statistiques rendent fou

Un interlocuteur vous dit avoir deux enfants dont un fils.

Quelle est la probabilité que le second enfant soit une fille ?

2/3 ~~1/2~~ FG GF GG

Le garçon est né un mardi.

Quelle est la probabilité que le second enfant soit une fille ?

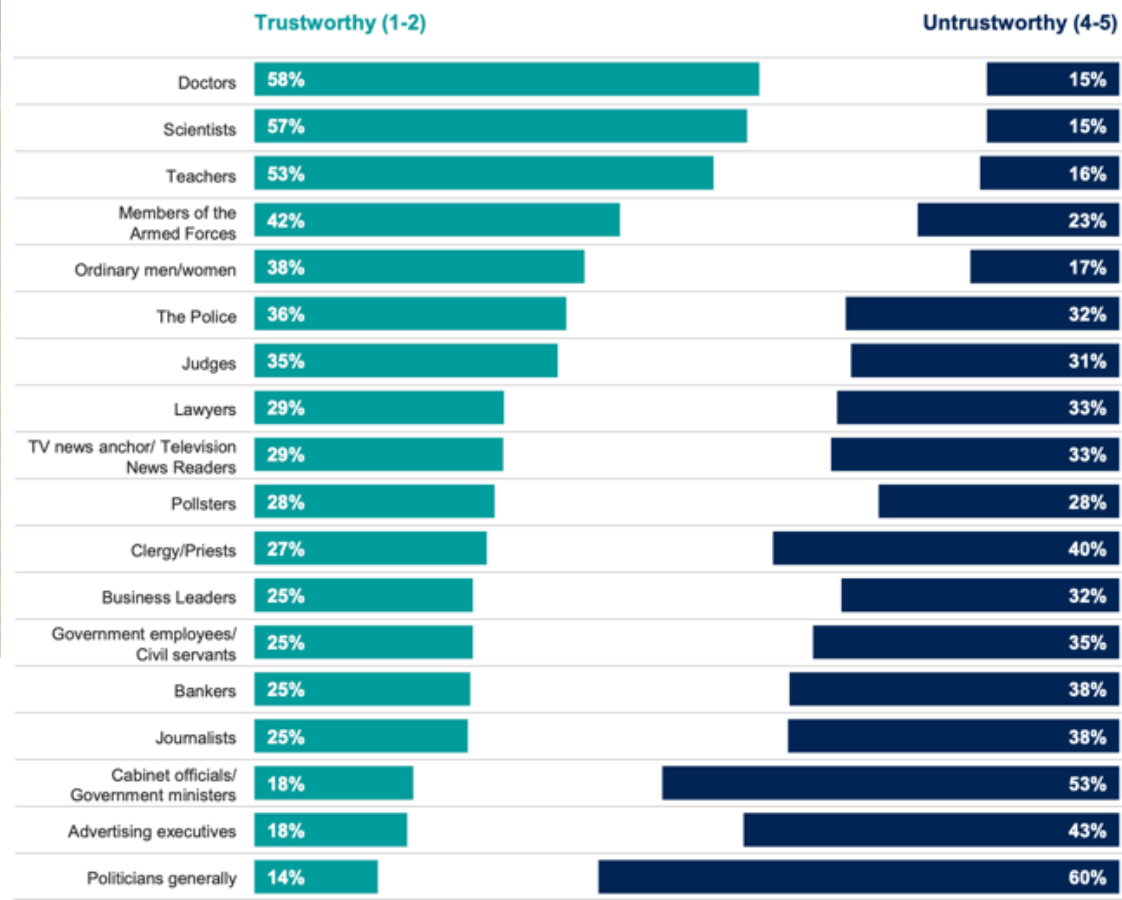
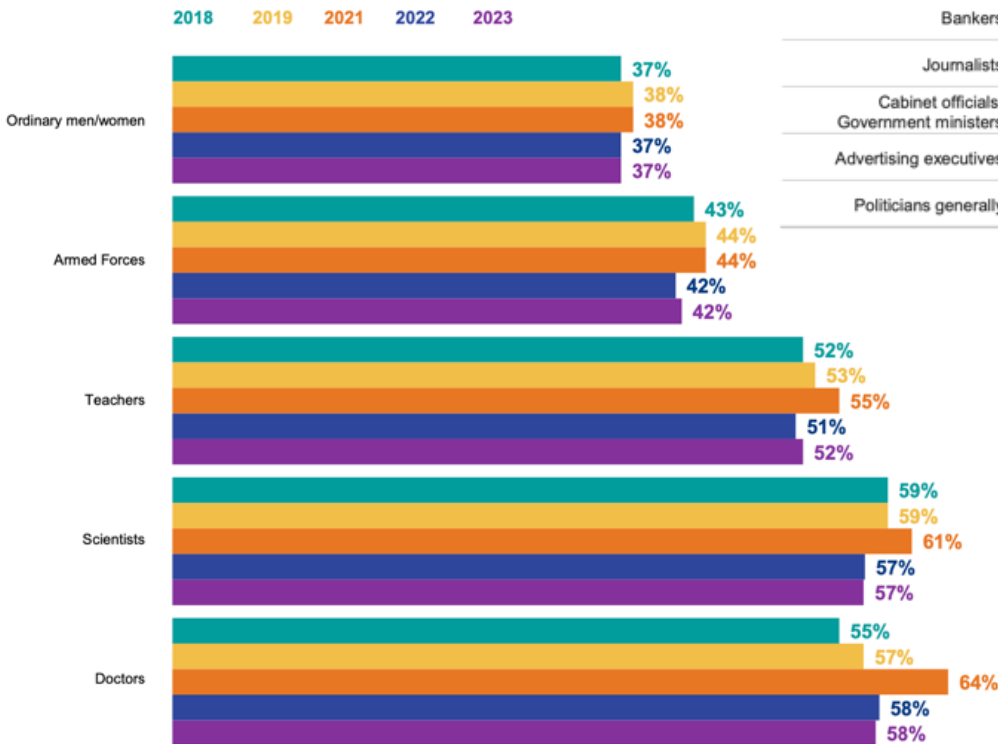
14/27

G	L	M	M	J	V	S	D	F	L	M	M	J	V	S	D	G	L	M	M	J	V	S	D
F								G								G							
L		x						L								L		x					
M		x						M	x	x	x	x	x	x	x	M	x	x	x	x	x	x	x
M		x						M								M		x					
J		x						J								J		x					
V		x						V								V		x					
S		x						S								S		x					
D		x						D								D		x					

Culture scientifique

- Culture scientifique \neq connaissance scientifique
- Connaissance de la méthode scientifique
 - Savoir reconnaître un raisonnement scientifique
 - Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences
 - Importance des sciences cognitives et de la sociologie
 - Pouvoir faire confiance aux scientifiques (autant qu'ils se font confiance entre eux).
- Enjeux
 - Personnel : être capable de détecter les faux arguments scientifiques (publicités, pseudo-sciences...).
 - Société : pouvoir faire des choix éclairés sur des problèmes de société (entre autre)

Sondage IPSOS annuel sur la confiance dans divers acteurs de la société































- Base: Ipsos Global Trustworthiness Index 2023 – 22,816 participants across 31 countries, interviewed online 26 May – 9 June 2023

Sondage IPSOS 2023 confiance

	ARG	AUS	BEL	BRA	CAN	CHL	COL	DEU	ESP	FRA	GBR	HUN	IDN	IND	IRL	ITA	JAP	KOR	MEX	MYS	NDL	NZL	PER	POL	ROU	RSA	SGP	SWE	THA	TUR	USA
Doctors	68%	66%	62%	56%	64%	56%	58%	58%	68%	64%	62%	42%	68%	51%	63%	60%	44%	38%	66%	58%	68%	65%	50%	45%	49%	63%	55%	61%	66%	63%	56%
Scientists	71%	57%	54%	59%	59%	61%	59%	54%	71%	59%	59%	52%	69%	49%	57%	60%	39%	52%	61%	49%	59%	59%	51%	55%	61%	47%	47%	57%	59%	66%	52%
Teachers	59%	59%	47%	64%	57%	64%	58%	46%	61%	52%	54%	51%	74%	53%	55%	47%	20%	34%	58%	58%	62%	61%	41%	38%	48%	58%	52%	55%	47%	57%	58%
Members of the Armed Forces	35%	52%	32%	34%	51%	33%	33%	38%	46%	49%	52%	33%	58%	52%	47%	44%	35%	26%	43%	49%	46%	58%	31%	34%	47%	33%	47%	55%	22%	46%	52%
Ordinary men/women	49%	41%	35%	42%	41%	48%	45%	39%	43%	38%	41%	31%	49%	46%	49%	34%	20%	27%	53%	36%	37%	41%	42%	41%	36%	29%	28%	31%	30%	25%	41%
The Police	25%	48%	43%	33%	43%	40%	23%	50%	49%	47%	37%	26%	27%	39%	41%	43%	35%	20%	19%	37%	55%	52%	19%	21%	26%	16%	51%	52%	22%	44%	38%
Judges	13%	46%	33%	30%	44%	14%	23%	45%	34%	37%	44%	26%	44%	46%	39%	30%	37%	21%	31%	43%	56%	49%	14%	25%	25%	34%	47%	44%	48%	32%	33%
Lawyers	18%	28%	22%	29%	27%	21%	19%	34%	31%	30%	33%	21%	39%	38%	29%	23%	30%	22%	29%	36%	42%	32%	18%	33%	23%	30%	33%	40%	36%	31%	22%
TV news anchor/ Television News Readers	15%	28%	35%	30%	28%	23%	21%	35%	24%	22%	34%	18%	52%	42%	36%	19%	22%	24%	27%	37%	34%	32%	17%	17%	23%	45%	30%	41%	37%	22%	24%
Pollsters	31%	16%	24%	40%	20%	36%	34%	31%	28%	36%	18%	24%	50%	42%	21%	29%	15%	15%	40%	37%	27%	17%	28%	26%	37%	18%	17%	25%	38%	27%	19%
Clergy/Priests	13%	26%	18%	27%	25%	14%	26%	25%	16%	22%	32%	20%	61%	36%	26%	22%	18%	37%	28%	29%	24%	30%	23%	17%	27%	32%	30%	39%	39%	18%	34%
Business Leaders	18%	23%	21%	26%	20%	20%	32%	19%	22%	26%	23%	17%	47%	40%	23%	24%	16%	18%	34%	31%	24%	28%	28%	21%	26%	27%	26%	24%	37%	26%	21%
Government employees/ Civil servants	7%	31%	24%	28%	29%	20%	16%	26%	27%	37%	31%	17%	32%	36%	34%	23%	20%	14%	18%	30%	29%	34%	12%	15%	16%	28%	36%	32%	26%	34%	24%
Bankers	19%	22%	17%	19%	27%	18%	18%	21%	14%	18%	23%	12%	57%	45%	18%	21%	18%	29%	30%	41%	19%	28%	20%	17%	11%	36%	28%	34%	39%	31%	28%
Journalists	18%	23%	24%	34%	29%	22%	24%	26%	20%	22%	18%	12%	47%	39%	28%	19%	17%	15%	31%	27%	34%	21%	20%	22%	20%	24%	24%	26%	33%	20%	28%
Cabinet officials/ Government ministers	10%	18%	11%	20%	17%	18%	13%	19%	15%	15%	17%	13%	27%	33%	21%	17%	11%	13%	21%	26%	18%	22%	10%	13%	10%	10%	42%	24%	25%	27%	16%
Advertising executives	15%	15%	13%	25%	16%	19%	24%	15%	15%	9%	18%	12%	32%	35%	17%	17%	12%	9%	27%	24%	12%	14%	19%	11%	16%	22%	19%	12%	26%	18%	15%
Politicians generally	6%	16%	9%	15%	13%	10%	10%	16%	8%	13%	15%	7%	24%	33%	17%	13%	10%	8%	18%	20%	17%	17%	9%	7%	8%	10%	30%	15%	19%	18%	13%

Sondage IPSOS 2022 de la société

																												
	ARG	AUS	BEL	BRA	CAN	CHL	CHN	COL	DEU	DNK	ESP	FRA	GBR	HUN	IND	ITA	JAP	KOR	MEX	MYS	NDL	PER	POL	KSA	SWE	TUR	USA	RSA
Doctors	68%	65%	61%	59%	62%	60%	68%	61%	60%	62%	71%	65%	66%	40%	55%	54%	43%	43%	70%	57%	69%	53%	39%	60%	55%	58%	60%	61%
Scientists	64%	59%	55%	61%	58%	63%	71%	65%	52%	60%	70%	57%	62%	53%	63%	56%	37%	49%	70%	50%	59%	53%	48%	60%	54%	63%	53%	44%
Teachers	55%	57%	47%	64%	57%	63%	66%	59%	41%	45%	62%	52%	59%	52%	62%	43%	17%	31%	55%	57%	61%	40%	34%	58%	52%	56%	58%	55%
Armed Forces Members	36%	50%	33%	30%	50%	31%	-	29%	36%	41%	47%	52%	51%	38%	64%	37%	33%	25%	38%	46%	44%	34%	30%	-	56%	39%	56%	28%
Ordinary men/women	41%	40%	32%	36%	37%	46%	48%	47%	38%	43%	44%	39%	40%	27%	52%	34%	16%	22%	53%	35%	32%	35%	35%	47%	31%	27%	40%	31%
The Police	20%	50%	40%	29%	45%	32%	-	24%	53%	58%	50%	50%	44%	29%	41%	39%	31%	24%	13%	38%	58%	20%	24%	-	55%	42%	41%	16%
Judges	13%	48%	36%	28%	46%	17%	-	21%	47%	57%	32%	42%	49%	26%	54%	27%	36%	25%	21%	40%	59%	11%	24%	-	49%	29%	34%	36%
Lawyers	18%	28%	24%	20%	26%	25%	55%	20%	38%	34%	27%	31%	33%	21%	41%	21%	30%	22%	21%	32%	39%	16%	27%	48%	38%	26%	17%	30%
Pollsters	30%	13%	23%	37%	22%	28%	-	37%	33%	33%	26%	38%	20%	22%	35%	28%	12%	16%	39%	34%	25%	37%	20%	50%	32%	27%	16%	19%
TV News Readers	19%	27%	30%	28%	30%	19%	47%	18%	39%	34%	20%	24%	37%	15%	37%	19%	19%	21%	17%	36%	37%	20%	15%	49%	40%	20%	24%	37%
Clergy/Priests	16%	27%	18%	30%	27%	14%	-	25%	27%	46%	15%	24%	33%	21%	40%	21%	18%	36%	25%	25%	24%	28%	16%	-	41%	16%	37%	31%
Journalists	18%	21%	21%	34%	28%	25%	45%	23%	29%	24%	17%	27%	20%	9%	38%	18%	16%	15%	33%	28%	34%	23%	24%	44%	27%	16%	24%	29%
Civil Servants	10%	29%	23%	24%	32%	16%	-	14%	29%	37%	24%	37%	31%	20%	46%	20%	17%	19%	11%	31%	23%	7%	11%	49%	28%	31%	22%	31%
Bankers	15%	20%	18%	14%	30%	16%	41%	18%	25%	29%	11%	18%	23%	12%	52%	17%	16%	29%	20%	42%	16%	16%	11%	51%	30%	22%	27%	32%
Business Leaders	19%	19%	15%	20%	21%	14%	43%	33%	22%	28%	16%	25%	22%	16%	41%	23%	13%	15%	24%	28%	22%	26%	16%	51%	19%	20%	18%	29%
Advertising executives	17%	12%	14%	18%	15%	17%	30%	25%	18%	15%	13%	13%	16%	8%	35%	16%	9%	10%	22%	21%	11%	18%	11%	40%	14%	18%	13%	24%
Government ministers	7%	16%	14%	13%	19%	14%	-	12%	23%	28%	11%	16%	17%	9%	31%	14%	10%	17%	15%	20%	17%	10%	13%	-	26%	18%	15%	11%
Politicians generally	8%	12%	12%	9%	14%	7%	-	9%	18%	21%	8%	14%	16%	7%	28%	11%	7%	9%	9%	17%	13%	7%	7%	-	15%	14%	10%	10%

Ipsos Global Trustworthiness Index 2022 – 21,515 participants across 28 countries, interviewed online 27 May – 10 June 2022

Online samples in Brazil, Chile, mainland China, Colombia, India, Malaysia, Mexico, Peru, Saudi Arabia, South Africa, and Turkey tend to be more urban, educated, and/or affluent than the general population

Culture scientifique

- Culture scientifique \neq connaissance scientifique
- Connaissance de la méthode scientifique
 - Savoir reconnaître un raisonnement scientifique
 - Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences
 - Importance des sciences cognitives et de la sociologie
 - Pouvoir faire confiance aux scientifiques (autant qu'ils se font confiance entre eux).
- Enjeux
 - Personnel : être capable de détecter les faux arguments scientifiques (publicités, pseudo-sciences...).
 - Société : pouvoir faire des choix éclairés sur des problèmes de société (entre autre)

Obstacles à la transmission d'une culture scientifique

- Croissance du corpus de connaissance
 - Il y a de plus en plus de concepts à appréhender
 - les savoirs sont de plus en plus complexes
- De plus en plus difficiles à vulgariser
 - Quantitativement
 - confiance dans les résultats de leurs pairs (journaux à comité de lecture) vue comme « croyance » des scientifiques
 - qualitativement : vulgarisation scientifique n'est pas enseignement

Obstacles 2

- Situation paradoxale : plus la société est technicisée, moins les citoyens ont besoin de connaissances scientifiques ou encore plus les outils sont complexes, plus leur utilisation est simple.

Max Weber : *Le Savant et le politique*, « Il nous suffit de pouvoir 'compter' sur le tramway et d'orienter en conséquence notre comportement ; mais nous ne savons pas comment on construit une telle machine en état de rouler. »

- Ex : repérage aux étoiles -> cartes -> GPS
- ordinateurs de plus en plus simples à utiliser
- Paradoxe ultime : utilisation des nouvelles tech par des tenants de croyances archaïques : sites web créationnistes ou astrologiques...

- Le savoir de base par tous perd de l'importance mais le savoir pointu par une petite catégorie est indispensable.

Obstacles 3

- La science n'est pas « à la mode »
 - snobisme du cancre en maths/sciences
 - La France a une réputation de cartésianisme mais la science a toujours été reléguée au second plan par les « élites » intellectuelles et les politiques.
 - Taille du rayons astronomie d'une grande librairie par rapport à la taille du rayon astrologie
 - Sciences Po, ENA, écoles de journalisme... : études spécialisées sans aucun contenu scientifique.
- « Dans la vie quotidienne, les maths ne servent strictement à rien ». « Je n'ai jamais utilisé, même pas 30 secondes, ce que j'ai appris en maths », Luc Ferry, 2018 pour LCI.

Obstacles 4

- Relativisme postmoderne
 - Toutes les croyances se valent.
 - Nature de la méthode scientifique « mal digérée » :
 - l'aspect transitoire d'un paradigme = toute théorie sera un jour remplacée par une autre et est donc fausse.
 - La science, vue comme une croyance est donc équivalente à une superstition
- Ère post-factuelle (ou post-vérité)
 - La crédibilité d'une opinion ne dépend plus des faits vérifiables. Une chose est considérée vraie sur la base de simples présupposés affectifs -> **biais d'internalité**
 - Renforcé par le « faux équilibre médiatique » lui-même exacerbé par le sensationnalisme.
 - Rôle d'internet comme caisse de résonance d'opinions ultraminoritaires développant des vérités alternatives

Mais se méfier des idées reçues

L'intérêt du grand public est immense :

- Succès des manifestations grand public (fête de la science, porte ouv.)
- Succès de la presse spécialisée à opposer à la quasi absence des sciences à la télévision et la radio.
 - ça m'intéresse + S&V + S&A
 - Tirage 2022 (2015) : 0,6 (0,8) million ; Audience 8 (10) millions
 - hebdo généralistes (VSD + Nouvel Obs. + Le point + l'express + marianne + Paris-Match + Télérama + fig mag + Monde2+...) : 2,6 et 18 millions
 - Chasse 0,26 et 1,4 millions
- Internet et réseaux sociaux
 - 18 millions d'audience pour les 10 influenceurs les plus suivis (8 pour T. Pesquet)
 - Mais les scientifiques ont moins d'audience que les jeunes médiateurs...
- Grandes questions de société centrales dans les médias
 - réchauffement climatique, biodiversité, nucléaire, OGM, vaccins...

Conséquences

- Frustration
- Problèmes de développement
 - Impossibilité de faire passer des réformes nécessaires sur des bases scientifiques
- Diminution du nombre d'étudiants en sciences
 - Problèmes économiques à moyen terme

Solutions directes

- Lutter contre les mauvaises représentations

Le champs d'investigation des sciences « exactes » est l'Univers

- **Tout phénomène est analysable**, mais pas forcément « expliqué » (=modélisé) dans l'état actuel des connaissances. Voir, par exemple, le site de l'Observatoire zététique qui étudie de manière scientifique les phénomènes paranormaux.
- Développer l'esprit critique dans une **approche pluridisciplinaire** : voir le site du CORTECS (Collectif de recherche transdisciplinaire esprit critique & sciences)
- **Il n'y a pas de complot** (les phénomènes paranormaux ont souvent été étudiés par des scientifiques, souvent brièvement car il n'y avait pas raison d'approfondir).
- Décortiquer les **biais cognitifs** et autres paradoxes
- **Risque de perdre son temps** avec des illuminés qui ne se laisseront jamais convaincre. Choisir ses cibles.

Solutions indirectes, remédiation

- Vulgariser :
 - Réenchanter le monde
 - Partager le plaisir de l'exploration de l'inconnu
- Montrer les applications concrètes
- Faire participer le grand public : développer les projets de science citoyenne

Réenchanter le monde

- L'astronomie pousse à la curiosité naturelle
 - Science idéale pour attirer les gens à la science
- Observer !
 - À L'œil nu ! aux jumelles, avec de petits instruments.
 - La lune, les planètes laissent des images inoubliables pour les enfants (et les adultes...)
- D'avantage d'astronomie dans les programmes
- D'avantage d'histoire des sciences.
 - Les découvertes sont rarement fortuites.
Quelles questions sont à l'origine des découvertes ?
 - **Enchaînement chronologique. Expériences.** Plus de concret et moins d'abstrait ou plutôt **un abstrait modélisant le concret**
-> **La main à la pâte**

La recherche en astronomie

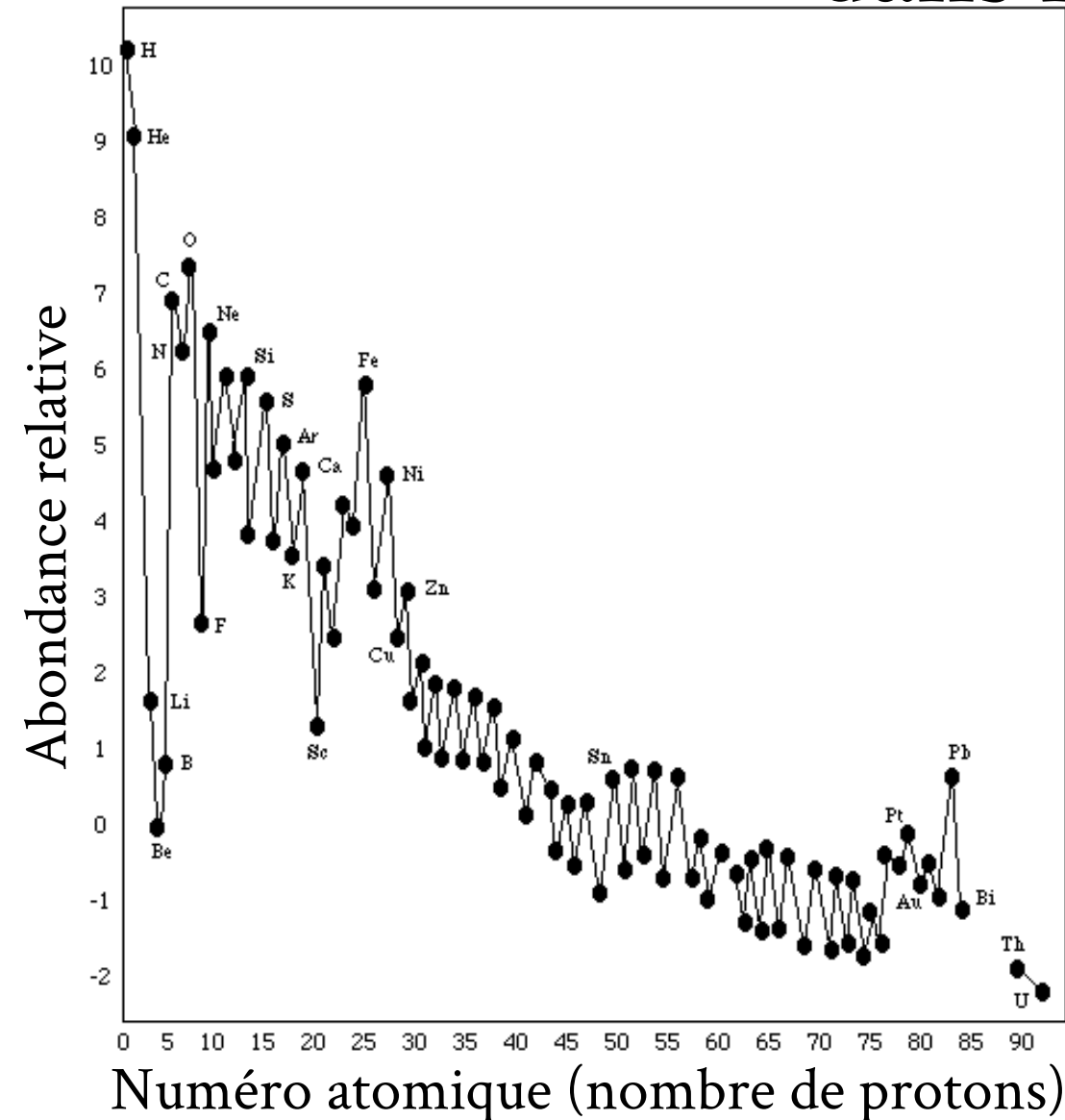
- Systèmes de références spatio-temporels
- Formation et évolution du système solaire
- Planètes extrasolaires
- Le Soleil
- Étoiles
- Milieu interstellaire
- La Galaxie & les galaxies
- Cosmologie
- Instrumentation
- Physique théorique

À quoi « sert » l'astronomie ?

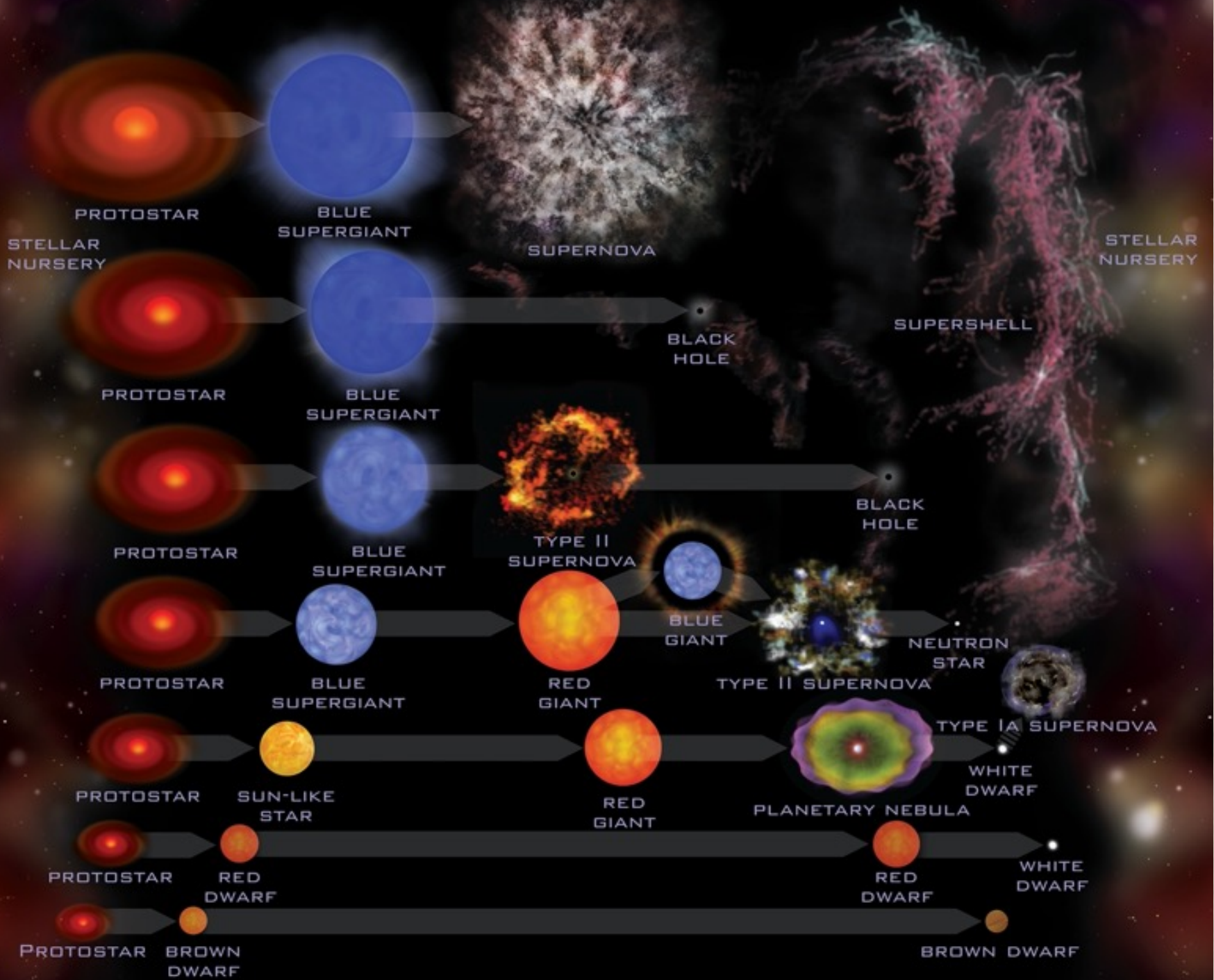
- Plus ancienne des sciences
 - nécessité de s'interroger sur l'univers qui nous entoure
 - Lien avec d'autres disciplines : histoire, littérature, philo...
- Comprendre l'Univers
 - place de l'homme, philosophie
 - phénomènes cyclique -> chronologie, calendriers
 - observation de conditions physiques extrêmes impossibles à reproduire en laboratoire
- Place de la Terre dans l'Univers
 - nous sommes un grain de poussière
- Origine de l'Univers
 - Big Bang, formation du système solaire, apparition de la vie...
- Atomes « forgés dans les étoiles »...
- Applications

À RIEN !

Abondance des éléments dans l'univers



Les abondances sont dérivées de l'étude spectroscopique du Soleil et de l'analyse chimique des météorites (chondrites)



PROTOSTAR

BLUE SUPERGIANT

SUPERNOVA

STELLAR NURSERY

STELLAR NURSERY

PROTOSTAR

BLUE SUPERGIANT

BLACK HOLE

SUPERSHELL

PROTOSTAR

BLUE SUPERGIANT

TYPE II SUPERNOVA

BLACK HOLE

PROTOSTAR

BLUE SUPERGIANT

RED GIANT

BLUE GIANT

NEUTRON STAR

PROTOSTAR

SUN-LIKE STAR

RED GIANT

TYPE II SUPERNOVA

TYPE IA SUPERNOVA

WHITE DWARF

PROTOSTAR

RED DWARF

RED GIANT

PLANETARY NEBULA

RED DWARF

WHITE DWARF

PROTOSTAR

BROWN DWARF

BROWN DWARF

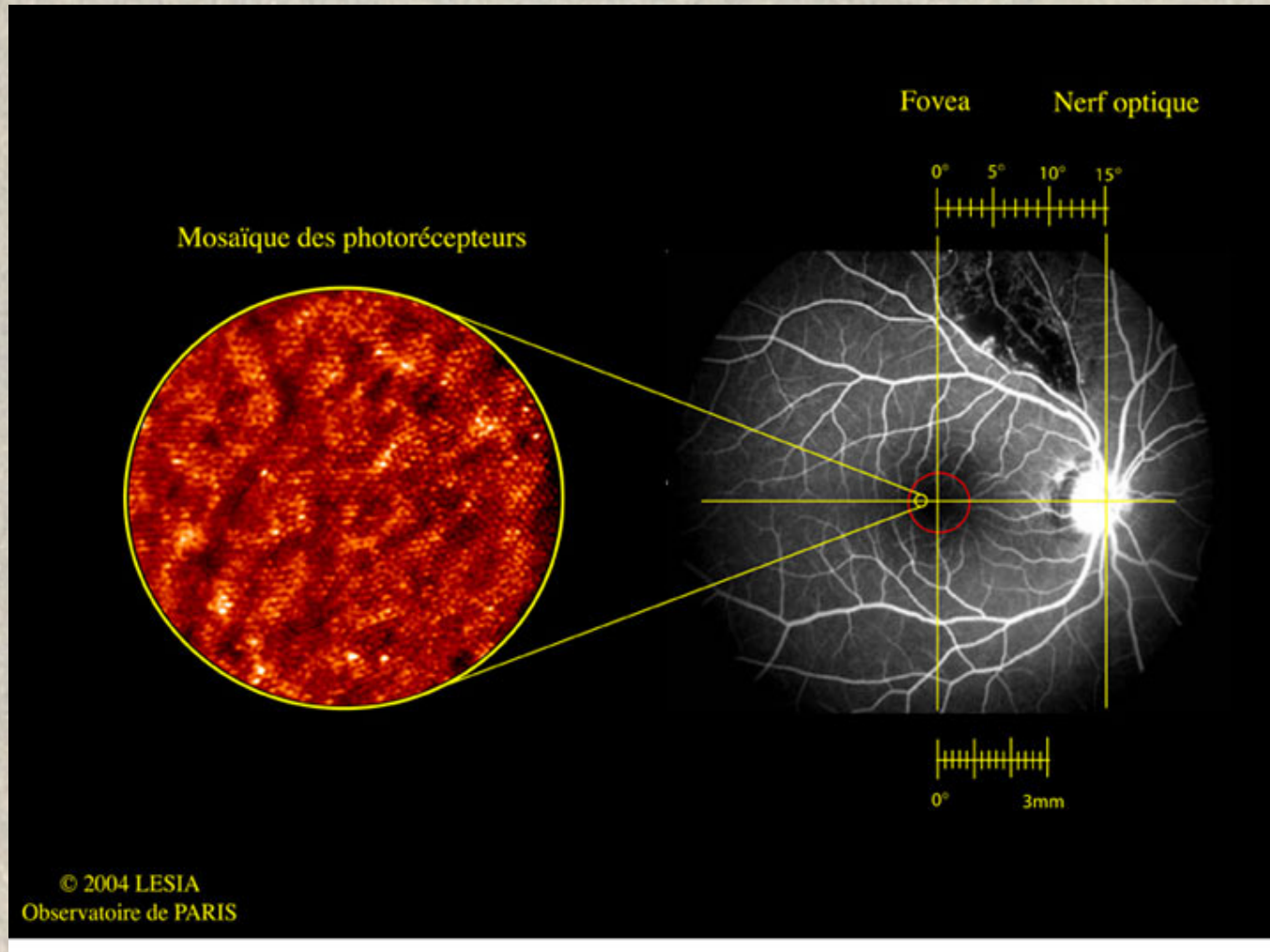
Solutions indirectes

- Vulgariser :
 - Réenchanter le monde
 - Partager le plaisir de l'exploration de l'inconnu
- Montrer les applications concrètes
- Faire participer le grand public : développer les projets de science citoyenne

Applications pratiques

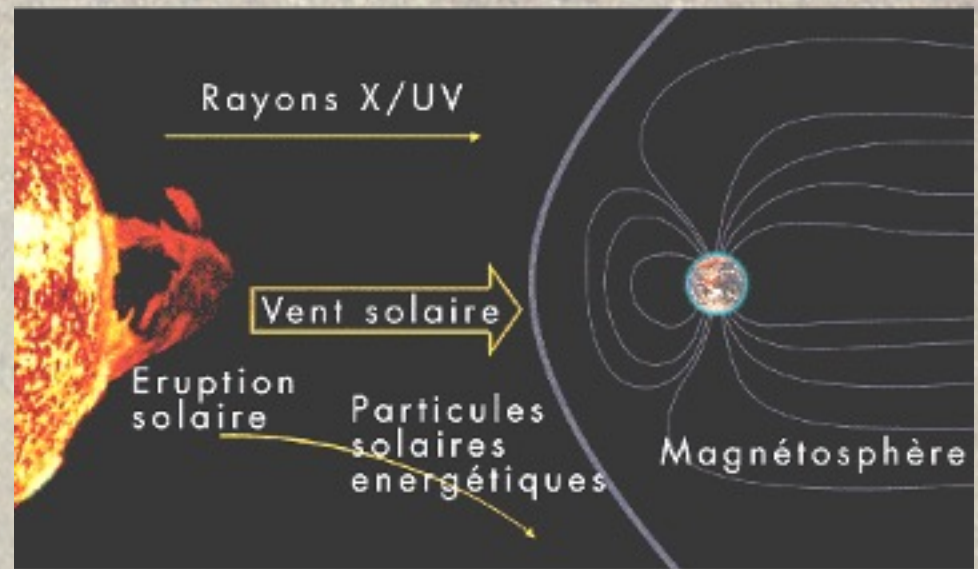
- Météo de l'espace
 - Personnels navigants des avions
 - Enjeux économiques : pipe-lines, lignes HT
- Surveillance des géocroiseurs
- Horloges atomiques
 - Relativité générale
 - GPS
- Physique solaire et stellaire
 - Fusion nucléaire
- Planétologie
 - mieux comprendre le climat de la Terre...
- Optique adaptative
 - applications médicales
- Et surtout celles que l'on ne connaît pas encore !

Le projet ŒIL



Application de techniques d'optique adaptatives utilisées en astronomie pour l'imagerie médicale.

Météo solaire



- Chauffage & ionisation de la haute atmosphère:
 - freinage des satellites
 - communications hertziennes, GPS
- Jets de particules énergétiques :
 - électronique des satellites
 - vols spatiaux habités hors magnétosphère (Lune, Mars)
 - exposition prolongée aviation civile (routes polaires)
- Perturbation du **B** terrestre:
 - électronique et panneaux solaires des satellites
 - lignes de haute tension au sol, au voisinage des pôles magnétiques (Canada)
 - aurores polaires à basse latitude

- Effets sur climat terrestre ?
 - Minimum de Maunder / petite âge glaciaire ?
 - Mais aussi : règne Louis XIV méfiance envers les corrélations !)
 - Contribution probable puisque nous savons que luminosité plus faible en période de minimum d'activité (amplitude 1/1000)
 - Ne contredit pas l'impact de l'activité humaine sur les changements climatiques récents.

Puissance d'une éruption $\approx 10^{-3}$ Soleil calme

Solutions indirectes

- Vulgariser :
 - Réenchanter le monde
 - Partager le plaisir de l'exploration de l'inconnu
- Montrer les applications concrètes
- Faire participer le grand public : développer les projets de science citoyenne

Projets internationaux

- **Zooniverse**

- 17 projets dont galaxyzoo
- Puissance de calcul des ordinateurs personnels
- Capacité de l'humain à reconnaître des formes.
Nourrit un système d'IA

- **Globe at Night** :

- Mesure de la pollution lumineuse.
- 115 pays, 100.000 mesures depuis 9 ans.

- **Vigie-ciel** :

- Surveillance des chutes de météorites