

Qu'est-ce que la Science?

Didier Lairez

École polytechnique / CEA-DRF / CNRS (LSI, UMR 7642)

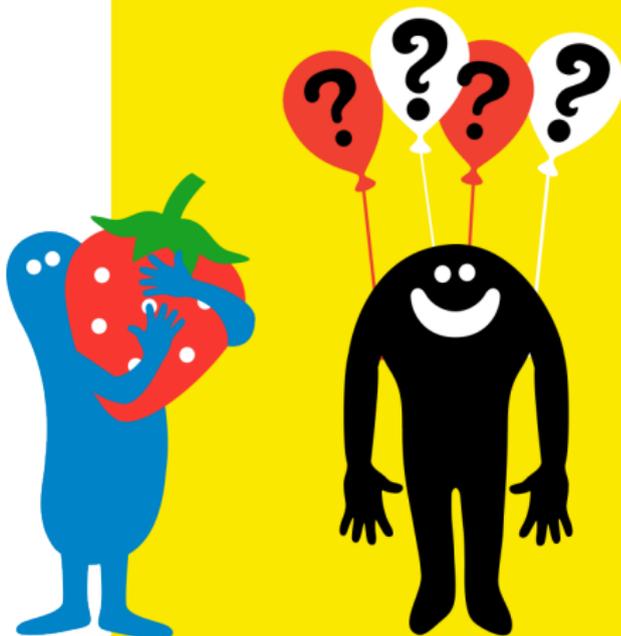
didier.lairez@polytechnique.edu

<http://didier.lairez.fr/>



les petits 
débrouillards

Un exposé
tout public...
et interactif



les petits   
débrouillards

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Motif: la science se déguste

Où apprend-on les éléments pour l'apprécier?

- 1 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 2 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?
- 3 L'explication scientifique d'un phénomène consiste-t-elle à montrer son pourquoi?
- 4 Vrai et faux sont-ils des opposés symétriques?
- 5 En science, est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Pour défendre une hypothèse parmi d'autres, l'argument "pourquoi pas?" est-il valable?
- 7 J'ai gagné au Loto. Ai-je eu raison de jouer?

Science (n.f.):

- “Activité *visant* à *connaître* et *expliquer* le monde”
Wikitionnaire
- “Ensemble de *connaissances* d’une valeur *universelle*”
Le Robert
- “Ensemble structuré de *connaissances* qui se rapportent à des *faits* et dont *la mise au point* exige *systematisation* et *méthode*” CNRTL
- “Système de *connaissances* portant sur un objet déterminé, qui est *élaboré* de façon *méthodique* et qui *visent* à en rendre compte” Académie Française

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

- 1 comprendre, expliquer
- 2 dégustation horizontale:
de l'expérience individuelle à la connaissance collective
- 3 dégustation verticale:
construction et évolution de cette connaissance

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Comprendre

- apprendre...
- et comprendre (“prendre avec ou ensemble”)

NOW = MAINTENANT
TIME = TEMPS
ONLY = SEULEMENT
ALSO = AUSSI
VERY = TRÈS
WELL = BIEN
JUST = JUSTE
MAN = HOMME
AFTER = APRÈS
FIRST = PREMIER
BETWEEN = ENTRE
MUCH = BEAUCOUP

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

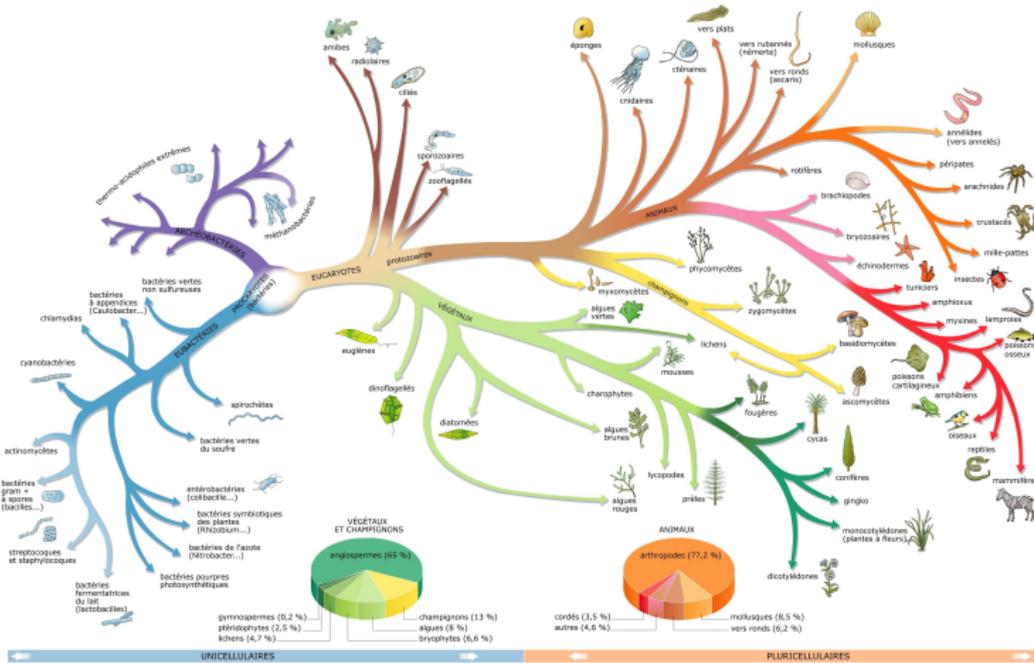
Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion



Préambule

Comprendre

...c'est relier

- Concepts
- Exemples
- Convention et arbitraire
- Réel et conceptuel

Horizontale

- 1) Réalité objective
- Le monde sensible
- Voir et concevoir
- Observation objective
- Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

- 1) Induction (In)certitude
- 2) Réfutabilité
- 3) Probabilités
- Raison insuffisante
- Décision
- Construction
- Réductionnisme
- Ses succès...
- ... et ses limites
- Émergence

Conclusion

Tableau périodique des éléments chimiques

Groupes → I A 1 18 VII A

Période

1	Hydrogène 1 1,00794																	Hélium 2 4,002602	
2	Lithium 3 6,941	Béryllium 4 9,0121831											Bore 5 10,811	Carbone 6 12,0106	Azote 7 14,00643	Oxygène 8 15,999	Fluor 9 18,9984032	Neon 10 20,1797	
3	Sodium 11 22,98976928	Magnésium 12 24,305											Aluminium 13 26,9815385	Silicium 14 28,0855	Phosphore 15 30,973762	Soufre 16 32,067	Chlore 17 35,453	Argon 18 39,948	
4	Potassium 19 39,0983	Calcium 20 40,078	Scandium 21 44,955908	Titane 22 47,867	Vanadium 23 50,9415	Chrome 24 51,9961	Manganèse 25 54,938044	Fer 26 55,845	Cobalt 27 58,933194	Nickel 28 58,6934	Cuivre 29 63,546	Zinc 30 65,38	Gallium 31 69,723	Germanium 32 72,630	Argent 33 74,921595	Sélénium 34 78,9718	Brom 35 79,904	Krypton 36 83,798	
5	Rubidium 37 85,4678	Strontium 38 87,62	Yttrium 39 88,90584	Zinc 40 91,224	Niobium 41 92,90637	Molibdène 42 95,95	Technétium 43 [98]	Ruthénium 44 101,07	Rhodium 45 102,9055	Palladium 46 106,42	Argent 47 107,8682	Cadmium 48 112,4144	Indium 49 114,818	Étain 50 118,710	Antimoine 51 121,760	Tellure 52 127,60	Iode 53 126,90447	Xénon 54 131,29	
6	Césium 55 132,90545	Baryum 56 137,327	Lanthanides 57-71		Hafnium 72 178,49	Tantale 73 180,94788	Tungstène 74 183,84	Rhénium 75 186,207	Osmium 76 190,23	Iridium 77 192,22	Platine 78 195,084	Or 79 196,966569	Mercure 80 200,592	Thallium 81 204,3895	Ploomb 82 207,2	Bismuth 83 208,98040	Poivre 84 [209]	Astatoine 85 [222]	Radon 86 [222]
7	Francium 87 [223]	Radium 88 [226]	Actinides 89-103		Réactif 104 [267]	Débutium 105 [268]	Seaborgium 106 [269]	Böhmium 107 [270]	Hassium 108 [271]	Moscovium 109 [278]	Darmstadtium 110 [281]	Roentgenium 111 [282]	Copernicium 112 [285]	Nihonium 113 [286]	Flerovium 114 [289]	Moscovium 115 [290]	Livermorium 116 [293]	Tennesse 117 [294]	Oganesson 118 [294]
	Lanthane 57 138,90547	Cérium 58 140,116	Praseodyme 59 140,90766	Néodyme 60 144,242	Prométhium 61 [145]	Samarium 62 150,36	Europium 63 151,964	Gadolinium 64 157,25	Fermium 65 158,92535	Dysprosium 66 162,500	Erbium 67 164,93033	Thulium 68 168,93422	Ytterbium 69 173,054	Lutécium 70 174,967					
	Actinium 89 [227]	Thorium 90 232,0377	Protactinium 91 [231,03688]	Uranium 92 238,02891	Néptunium 93 [237]	Plutonium 94 [244]	Ameéricium 95 [243]	Curieum 96 [247]	Berkélium 97 [247]	Californium 98 [251]	Einsteinium 99 [252]	Fermium 100 [257]	Mendelevium 101 [259]	Nobelium 102 [259]	Lawrencium 103 [260]				

← nom de l'élément (**gaz**, **liquide** ou **solide** à 0°C et 101,3 kPa)
 ← numéro atomique
 ← symbole chimique
 ← masse atomique relative (ou celle de l'isotope le plus stable)
 © [CIAAW "Atomic Weights 2013" + rev. 2015]



Préambule

Comprendre

- ...c'est relier
- Concepts
- Exemples
- Convention et arbitraire
- Réel et conceptuel

Horizontale

- Réalité objective
- Le monde sensible
- Voir et concevoir
- Observation objective
- Scpticisme
- Cohérence
- Économie
- En résumé

Verticale

- Induction (In)certitude
- Réfutabilité
- Probabilités
- Raison insuffisante
- Décision
- Construction
- Réductionnisme
- Ses succès...
- ... et ses limites
- Émergence

Conclusion

Les mots désignent des concepts

- Classer, ranger, catégoriser n'est pas l'apanage des sciences, c'est celui du langage.
- Derrière les mots résident des abstractions qui nous servent à concevoir et à décrire le monde.
- Le **langage** par les **mots** et les **phrases** simplifie la réalité pour la penser, la décrire, et communiquer vite et efficacement.
- Toutes choses que l'on attend aussi de la **science**, de ses **concepts** et de ses **théories**.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

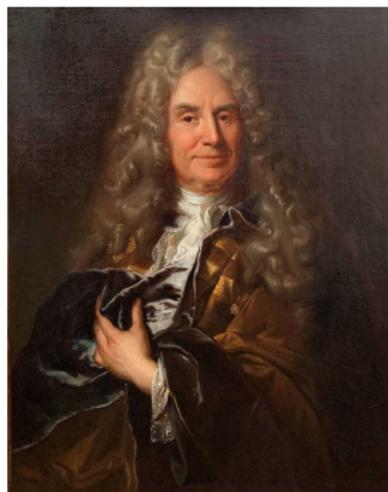
... et ses limites

Émergence

Conclusion

Concevoir

“Ce que l'on conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément”



Nicolas Boileau
(1636-1711)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Concepts

- jamais gratuits
- conventionnels et en partie arbitraires
- plus simple que ce qu'ils décrivent



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Deux gentianes



Gentiana lutea



Gentiana clusii

Dans la même case **malgré** leurs couleurs différentes

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Animal et végétal



Clostridium botulinum



Cyanobacteria

Dans des cases différentes à **cause** de leur couleur

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

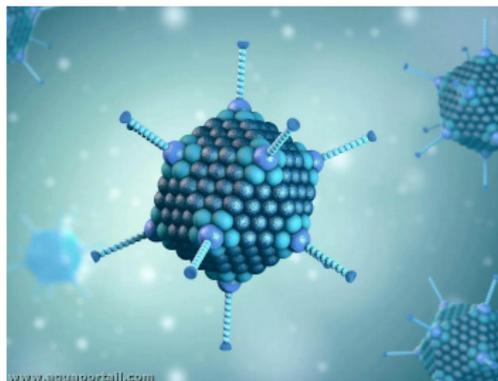
Inerte et vivant



a: lipides

b: protéines

c: lipides + sucres



Adenovirus (angine, gastro...)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

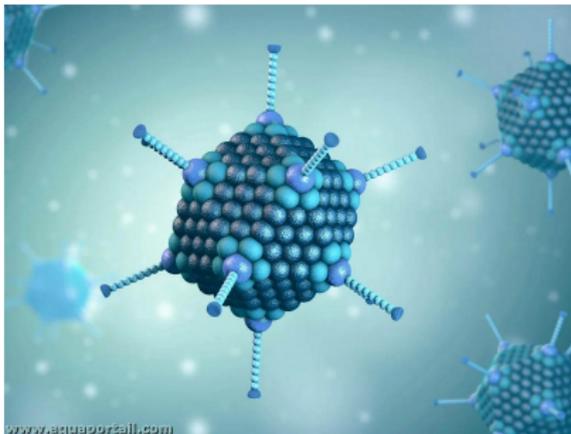
Conclusion

Deux êtres vivants

Panthera leo



Adenovirus



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

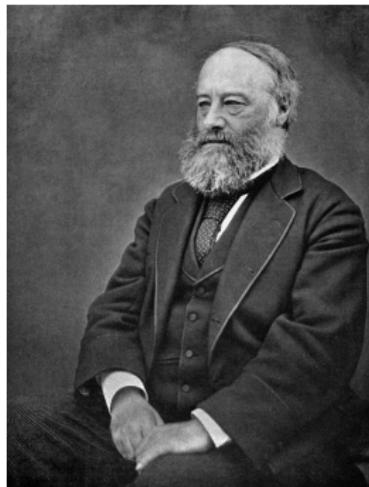
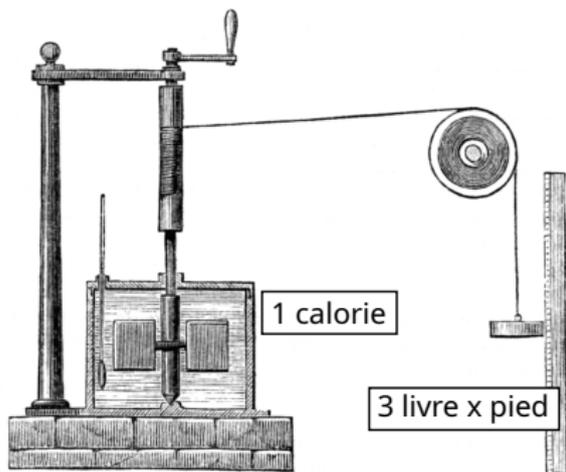
... et ses limites

Émergence

Conclusion

L'énergie

- L'énergie est définie par un principe de conservation



James P. Joule
(1818-1889)

- ... qui par "principe" ne peut être mis en défaut.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

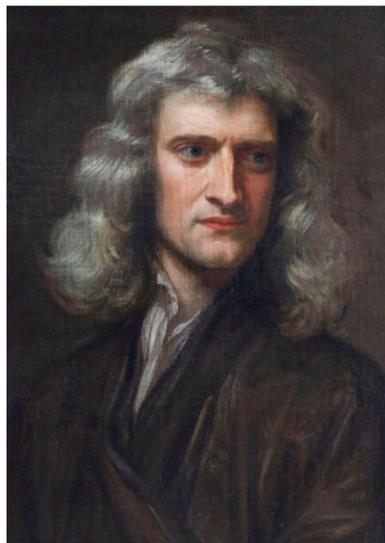
Conclusion

La masse

- poids = **quantité “de matière”** × quelque chose
- force = **inertie** × accélération



Galileo Galilei
(1564-1642)



Isaac Newton
(1643-1727)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

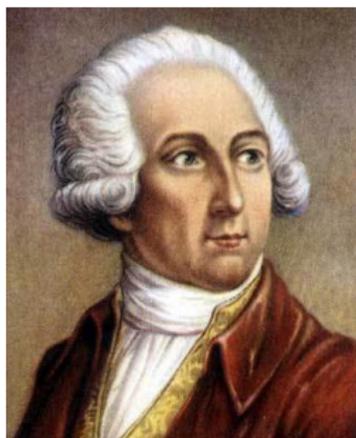
... et ses limites

Émergence

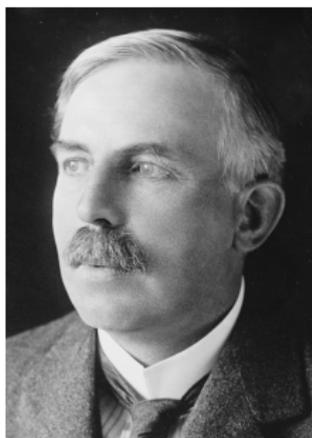
Conclusion

Équivalence masse/énergie

- *“Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme”*
- ... mais certaines choses se désintègrent
- la masse est une forme d'énergie ($E = mc^2$)



Antoine Lavoisier
(1743-1794)



Ernest Rutherford
(1871-1937)



Albert Einstein
(1879-1955)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

L'énergie potentielle

- ... c'est potentiellement de l'énergie
- c'est en fait de la masse



Léon Brillouin
(1889-1969)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

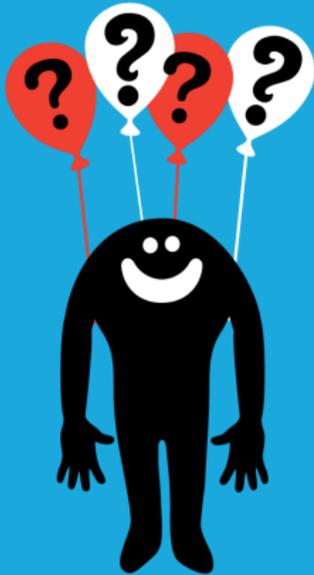
Ses succès...

... et ses limites

Émergence

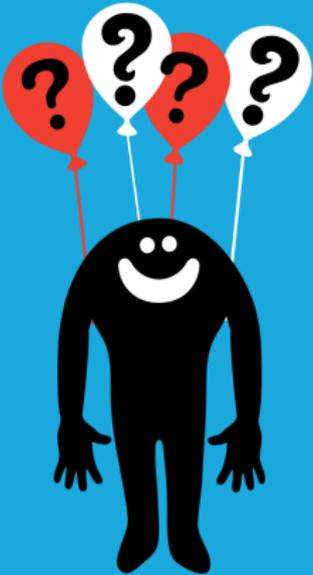
Conclusion

on avait dit interactif



- Quelqu'un arrive-t-il à suivre?
- Concepts simplificateurs, arbitraires, conventionnels,...
- comment alors la science peut-elle être **collective**, **consensuelle** et produire de la **connaissance**?

on avait dit interactif



- Quelqu'un arrive-t-il à suivre?
- Concepts simplificateurs, arbitraires, conventionnels,...
- comment alors la science peut-elle être **collective**, **consensuelle** et produire de la **connaissance**?

Dégustation horizontale

- *“La connaissance désigne un rapport de la pensée à la **réalité** et engage la notion de **vérité**.”*

*Elle est plus qu'une croyance partagée puisque son **universalité** est de **droit**.”*

Encyclopædia Universalis

- D'où proviennent cette légitimité et cette universalité?

Trois raisons...

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

1) Réalité objective

- Universalisme du système métrique, “petit frère” des droits de l’Homme, devenu le **Système International**



Jean-Baptiste Delambre
(1749-1822)



Pierre Méchain
(1744-1804)

- une seule Terre commune à tous, une seule unité de longueur: $1 \text{ m} = 1/10\,000\,000$ d'un demi-méridien

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

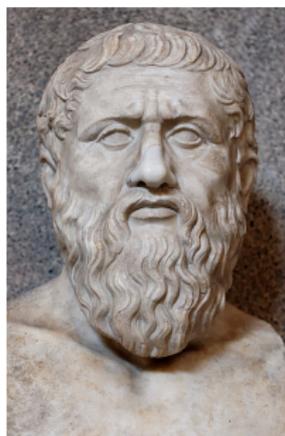
Conclusion

Monde sensible et réalisme indirect



le surnaturel

la nature



Platon

(~428-348 av.J.-C.)

- Il n'est pas possible de concevoir le monde dans son intégralité, mais uniquement ce que l'on en voit.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Objet des sciences naturelles

- La nature (par opposition au surnaturel)

*“Le cœur a ses raisons
que la raison ignore.”*



Blaise Pascal
(1623-1662)

- Corollaire: parler du "comment" et non du "pourquoi"

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Entendu à la radio

France Inter, " On n'arrête pas l'éco",
samedi 5 octobre 2024, 9h25

Débat

- **Economiste 1:** *"Les économistes ont beau essayer, ils n'arrivent pas à mettre en évidence..."* ceci cela...

[En évidence:

nettement apparent, immédiatement en vue.

(Larousse)]

- **Economiste 2:** *"Les économistes n'arrivent pas à le mettre en évidence, mais ça ne veut pas dire que ça n'existe pas..."*

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion



Henri Poincaré
(1854-1912)

“Une réalité indépendante de l’esprit qui la conçoit, la voit ou la ressent, même si elle existait, serait pour nous à jamais inaccessible.

*Ce que nous appelons **réalité objective** est ce qui est commun à de nombreux êtres pensants, et qui **pourrait** l’être à tous.”*

■ Pourrait?

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Observation objective (ou expérience)

- L'observation doit être répétable et reproductible,
 - c'est ce que l'on appelle **objective**,
 - mais le **sujet**, ses connaissances, ses moyens jouent un rôle.
 - donc nous devrions plutôt dire **non personnelle**,...
- Une **observation objective** est non personnelle et peut être faite par quiconque disposerait des mêmes connaissances préalables et des mêmes moyens.

Exemple: la longueur d'un méridien
ou encore plus facile à observer: le mètre étalon

- Une observation objective nous rend confiant.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Scepticisme et crédulité

*“Je ne croirai que
ce que je vois.”*
Saint Thomas



- En science:
“Je ne croirai que ce qui est objectivement observable.”
- Car cela me dispense de l'observer moi-même.
- Sans cela aucun progrès de la connaissance n'est possible.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

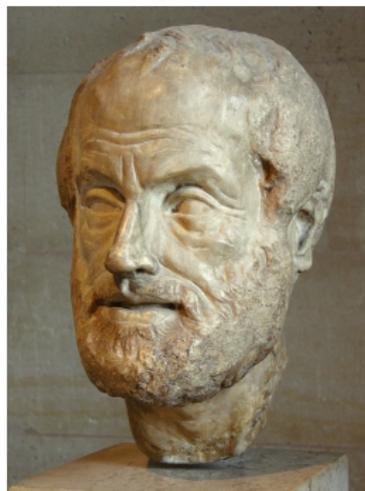
... et ses limites

Émergence

Conclusion

2) Cohérence et logique naturelle

- **Principe de non-contradiction:**
Une affirmation ne peut être à la fois vraie et fausse
- **Principe du tiers exclu:**
Une affirmation est soit vraie, soit fausse
- **Déduction:**
*"Tous les hommes sont mortels,
or Socrate est un homme,
donc Socrate est mortel."*
- ...



Aristote
(384-322 av.J.-C.)

Une seule logique, plusieurs opinions

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

3) Une économie de pensée

Une théorie c'est:

- un ensemble particulier et cohérent d'affirmations
- pour décrire et prédire le monde sensible,
- et le faire plus **efficacement et rapidement**.



Ernst Mach
(1838-1916)

- c'est une économie de pensée

“La mémoire est plus pratique que l'expérience.”

“Une théorie est une conception globale, compacte, cohérente et facile des faits.”

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

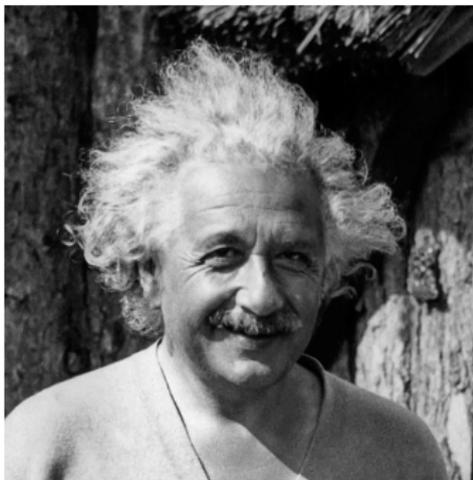
... et ses limites

Émergence

Conclusion

Qu'est-ce qu'une théorie?

- *“Les concepts qui ne sont pas logiquement réductibles constituent la partie indispensable de la théorie.”*
- *“Le but suprême est que ces éléments de base soient aussi simples et peu nombreux que possible sans renoncer à la représentation d'une seule donnée de l'expérience.”*
- 1) accord avec l'expérience, 2) cohérence, 3) économie,



Albert Einstein
(1879-1955)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

En résumé: légitimité et universalité de la science?

- seulement deux sources de connaissance:
empirisme logique
- l'ensemble le plus économe est par définition **unique**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

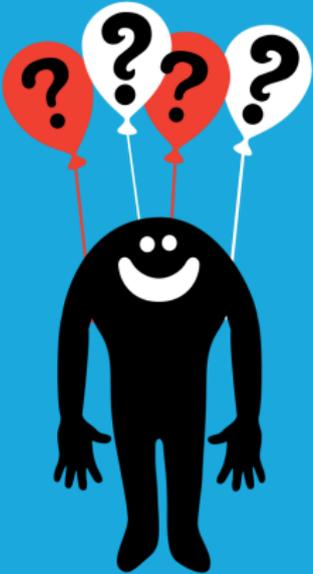
Ses succès...

... et ses limites

Émergence

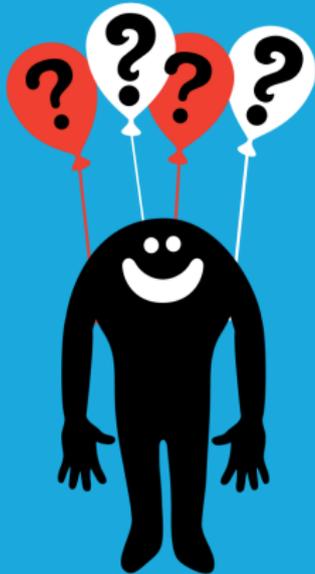
Conclusion

on avait dit interactif



- unique, universelle,...
- absolue, immuable, ce que l'on attendrait d'une "vérité" ?
- ou en construction, provisoire et évolutive

on avait dit interactif



- unique, universelle,...
- absolue, immuable, ce que l'on attendrait d'une "vérité" ?
- ou en construction, provisoire et évolutive

Dégustation verticale

- Comment la science se construit-elle?
Comment évolue-t-elle?

Trois protagonistes...
pour une construction

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

1) Induction

Le problème majeur des sciences naturelles:

1 Dédution:

"Tous les hommes sont mortels, or... donc ..."

2 Problème: Comment savoir si la prémisse est vraie?

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

1) Induction

Le problème majeur des sciences naturelles:

1 Déduction:

"Tous les hommes sont mortels, or... donc ..."

2 Problème: Comment savoir si la prémisse est vraie?

3 Réponse:

Observations (toujours particulières) puis généralisation:
c'est l'**induction**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

(In)certitude

*“Par généralisation, chaque fait observé nous permet d'en prédire beaucoup d'autres; seulement, il ne faut pas oublier que **seul le premier est certain, et que tous les autres ne sont que probables.**”*



Henri Poincaré
(1854-1912)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

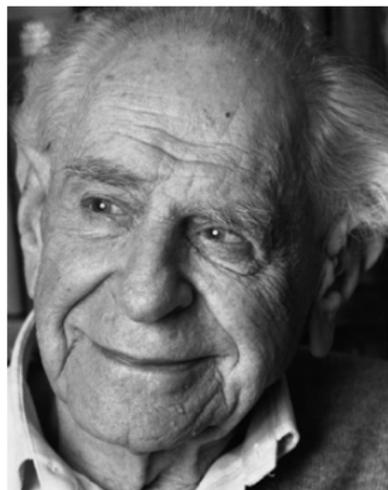
... et ses limites

Émergence

Conclusion

2) Réfutable (mais pas vérifiable)

- Une affirmation scientifique n'est jamais vérifiée
- Une expérience **confirme** (mais ne prouve pas) ou **infirme** (réfute)



Karl Popper
(1902-1994)

Pour qu'une affirmation soit scientifique, il doit exister une mise à l'épreuve (une expérience test).

Une affirmation scientifique doit être réfutable.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

3) Probabilités

- 1 Les vérités scientifiques sont provisoires
 - *“Vrai jusqu’à preuve du contraire”*
- 2 En science il n’y a pas de certitude
 - Confirmation et réfutation sont également soumises aux probabilités (ex. barres d’erreur dans une mesure),...
 - donc on n’échappe pas aux probabilités
- 3 **Question:** Toutes les affirmations scientifiques se valent-elles?

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

3) Probabilités

- 1 Les vérités scientifiques sont provisoires
 - *“Vrai jusqu'à preuve du contraire”*
- 2 En science il n'y a pas de certitude
 - Confirmation et réfutation sont également soumises aux probabilités (ex. barres d'erreur dans une mesure),...
 - donc on n'échappe pas aux probabilités
- 3 **Question:** Toutes les affirmations scientifiques se valent-elles?
- 4 **Réponse:** **La plus probable est la meilleure.**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

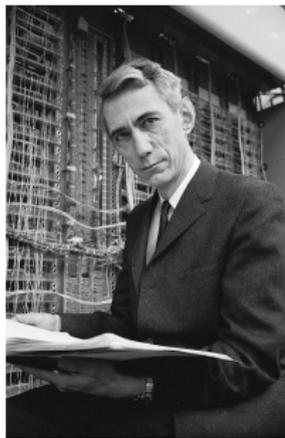
Conclusion

Raison insuffisante

■ Principe de la raison insuffisante



Pierre-Simon
de Laplace
(1749-1827)



Claude E.
Shannon
(1916-2001)



Edwin T.
Jaynes
(1922-1998)

■ Utiliser toute l'information disponible (mais pas plus)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

- Les évènements ne donnent pas toujours tort, mais jamais raison.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Comment se construit une théorie

- Phase 1: théorie phénoménologique:
des expériences aux **lois**
- Phase 2: théorie axiomatique:
on met les lois en premier,
les précédentes ou d'autres qui nous seraient cachées,
qui deviennent des **principes**
- Phase 3: **unification**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Réductionnisme

- Le réductionnisme n'est pas réducteur.
Ce n'est pas réduire la complexité des choses.
- C'est leur **chercher un mécanisme commun** (dont l'origine proviendrait de leur composants communs)...
- et donc **faire l'économie de complications inutiles** à notre représentation des choses.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Les succès du réductionnisme

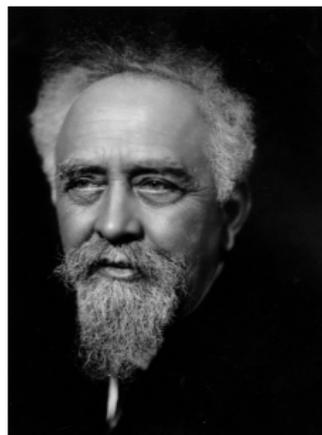
- Exemple: la diffusion de la chaleur et des substances



Joseph Fourier
(1768-1830)



Adolf Fick
(1829-1901)



Jean Perrin
(1870-1942)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

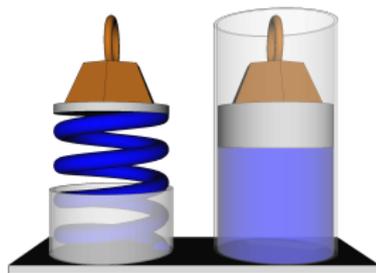
Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

- Ex. 1: Loi des grands nombres



- Ex. 2: Gravité ?

- Le tout n'est pas (forcément) la somme des parties

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion

Conclusion

- La science est collective, transmise et évolutive.
C'est le projet de l'humanité le plus ancien (de loin).
- À quoi la reconnaît-on?
**objectivité, cohérence, simplicité,
réfutabilité, probabilité**
- *“Je croirai en ce qui est objectivement observable”*
- En science, les vérités sont provisoires
et on peut se tromper et avoir eu raison.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

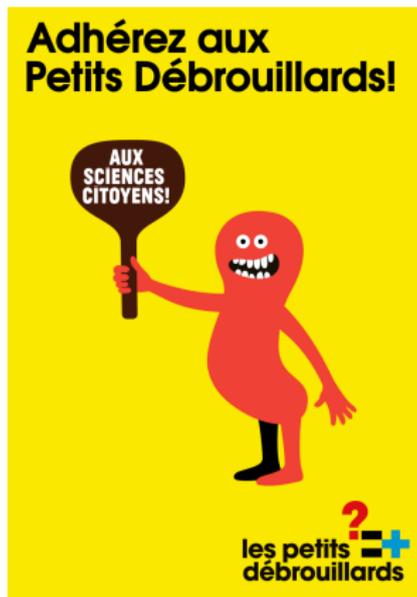
... et ses limites

Émergence

Conclusion

Choisir et décider

- *“Il ne peut y avoir de science immorale, pas plus qu’il ne peut y avoir de morale scientifique”*
Henri Poincaré



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Émergence

Conclusion