

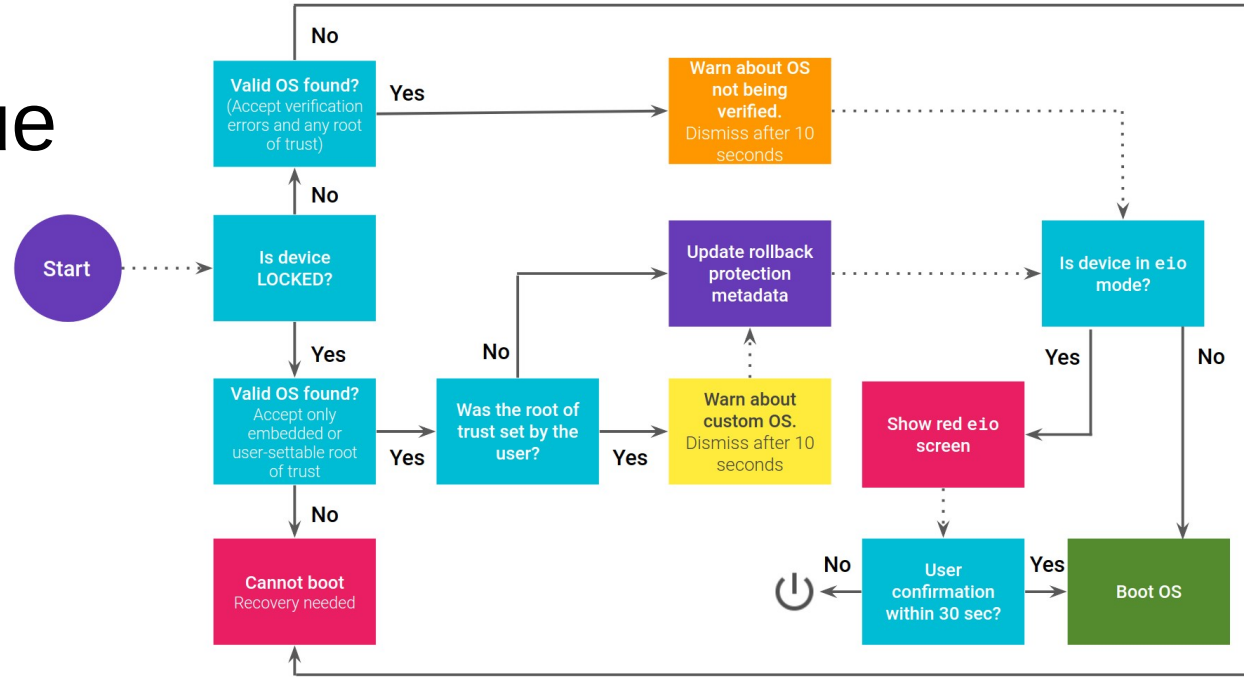
Réflexions sur la science (2)

- Éléments de raisonnement logique et scientifique
- Erreurs de raisonnement

Julien RAMONET
Juin 2025

Notions utilisées :

51. Réflexions sur la science 1



Pour une meilleure compréhension, certaines explications pourront être légèrement simplifiées/tronquées
Images : Wikipedia sauf mention contraire

Le raisonnement logique / scientifique

« La pensée ne doit jamais se soumettre, ni à un dogme, ni à un parti, ni à une passion, ni à un intérêt, ni à une idée préconçue, ni à quoi que ce soit, si ce n'est aux faits eux-mêmes ; parce que, pour elle, se soumettre, ce serait cesser d'exister. »

Henri Poincaré



Le principe de non-contradiction

- **Une affirmation ne peut être vraie et fausse à la fois : $\neg(p \wedge \neg p)$**
 - Aristote : « Il est impossible qu'un même attribut appartienne et n'appartienne pas en même temps et sous le même rapport à un même sujet »
- Pilier de la logique classique
- Loi du tiers exclus : une proposition est vraie ou fausse



Le syllogisme

- Raisonnement logique mettant en relation au moins trois propositions : deux (ou plus) « **prémisses** » mènent à une « **conclusion** »
- Formalisé par Aristote dans son Organon : permet de mettre deux termes, le **majeur** et le **mineur**, en lien dans une conclusion grâce à un **moyen** terme

	Termes		
Prémisse majeure	moyen (A)		majeur (B)
	Les hommes	sont	mortels
Prémisse mineure Or...	Mineur (C)		moyen (A)
	Socrate	est	un homme
Conclusion Donc...	Mineur (C)		Majeur (B)
	Socrate	est	mortel

$A \Rightarrow B$

Or $C \Rightarrow A$

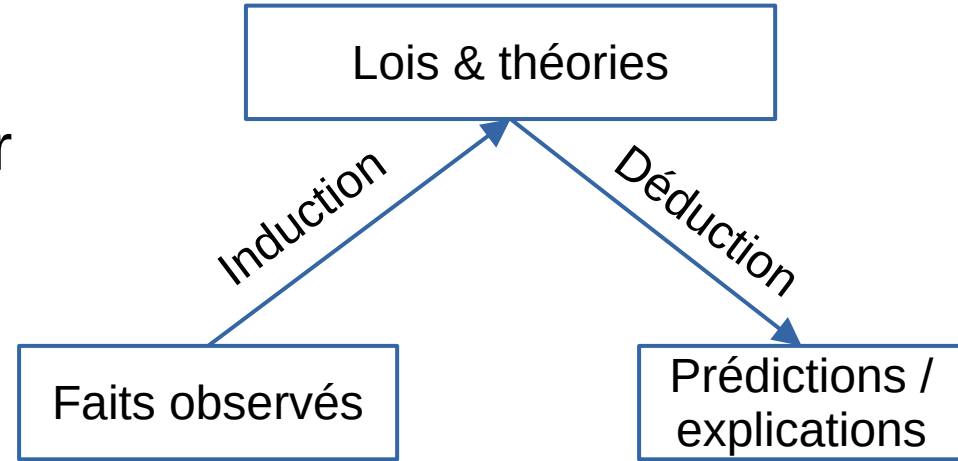
Donc $C \Rightarrow B$

= transitivité de la relation d'implication (« $\Rightarrow$ »)

+ de détails sur fr.wikipedia.org/wiki/Syllogisme

L'inférence

- Raisonnement qui permet, à partir d'une ou plusieurs propositions affirmées comme vraies (« **prémisses** »), d'aboutir à une nouvelle assertion (« **conclusion** »)

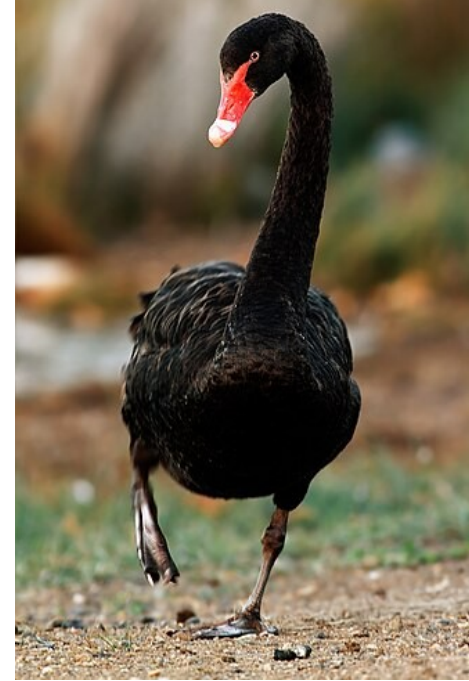


- 3 types d'inférence :

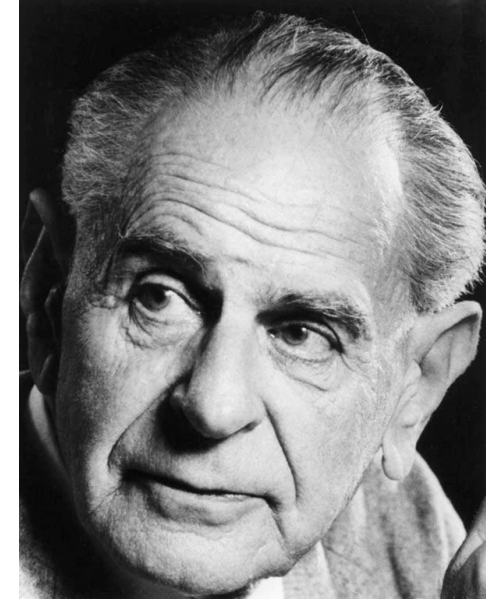
- **Déductif** : la véracité des prémisses entraîne la **véracité certaine de la conclusion** (ex : démonstration mathématique)
 - Du général au particulier
- **Inductif** : recherche de loi générales à partir d'éléments particuliers → **véracité probable de la conclusion**
 - Du particulier au général
- **Abductif** : recherche des explications **les plus plausibles** à un phénomène observé → = hypothèse, pas preuve

Induction

- = Recherche de **lois générales à partir d'éléments particuliers**
- **Inductivisme** = doctrine affirmant que les connaissances ne doivent se construire que sur la base d'un grand nombre d'observations
- **Problème de l'induction**
 - On généralise les propriétés d'une classe d'objets à partir de cas particuliers (= nombre fini même si très grand)
 - On suppose qu'un événement répété continuera à se répéter→ probabilités
→ **induction parfois fausse !**
- Induction **invérifiable** de façon universelle (il faudrait toutes les données / les événements jusqu'à la fin de temps)
 - Ex : cœur à gauche, test d'alcoolémie (1 g/L de sang $\leftrightarrow 0,5 \text{ mg / L}$ d'air expiré)

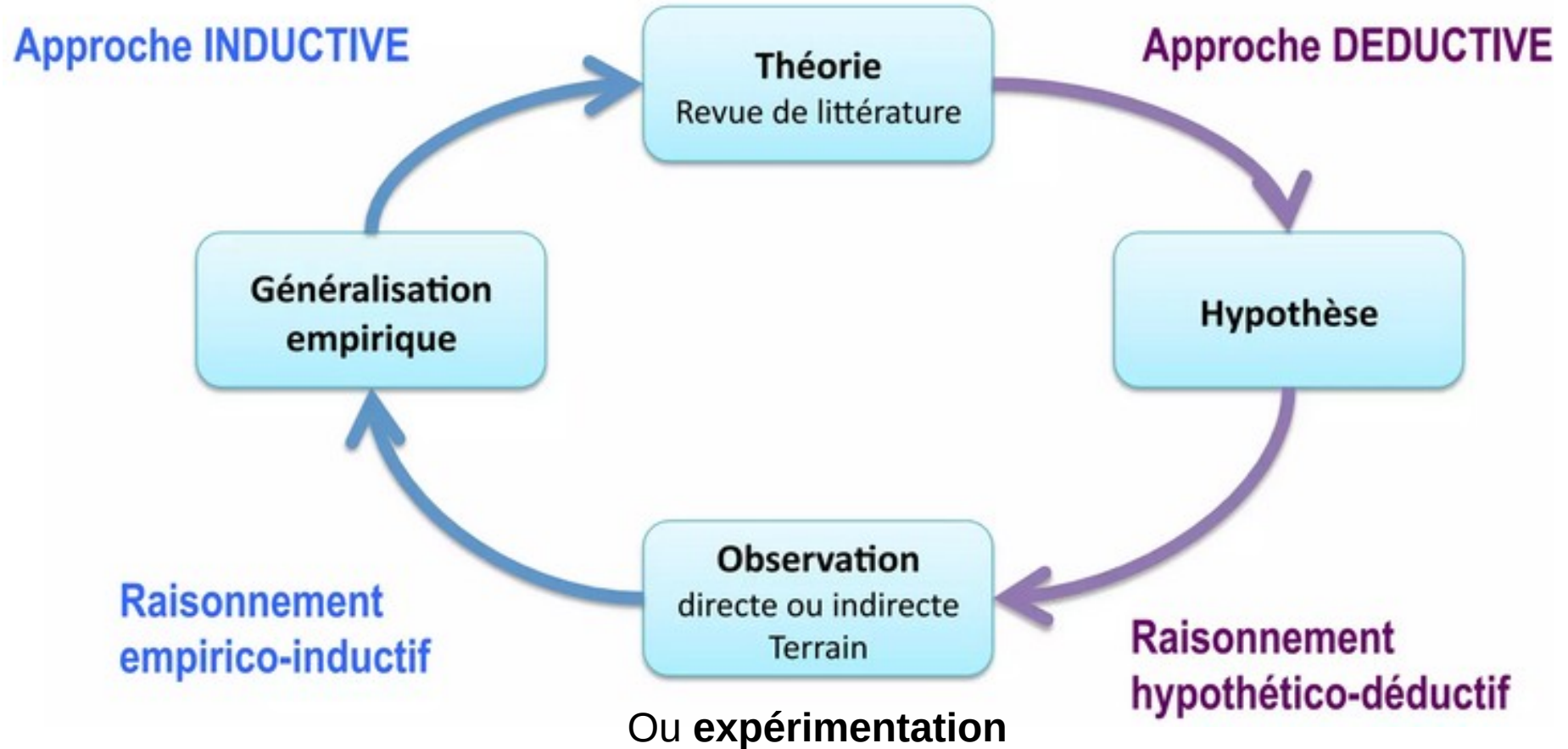


Déduction



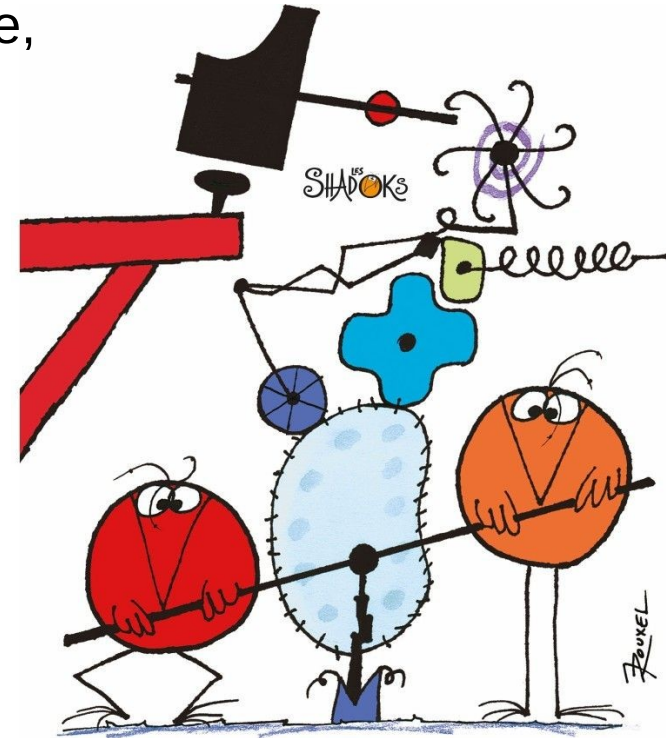
- = raisonnement permettant d'aboutir à une **conclusion certaine à partir de prémisses**
 - **syllogisme** (si correct !)
- Inductivisme rejeté par Popper, qui lui préfère la **méthode hypothético-déductive**
 - L'observation est toujours guidée par une théorie, qui doit préexister à l'observation
 - → conjectures, réfutations = essais / erreurs
- → d'où la notion de « **réfutabilité** »
 - Pour Popper, la recherche concernant les théories probablement vraies est un mauvais choix : la science doit étudier des **théories probablement fausses mais qui n'ont pas encore été réfutées**

La roue de la science



Principe de parcimonie

- Ou « **rasoir d'Ockham** » : pour expliquer un phénomène, on doit *a priori* **privilégier l'explication la plus parcimonieuse en hypothèses**
 - Les systèmes d'hypothèses suffisantes le plus simples doivent être préférés *a priori*
- Connexe de la « probabilité pré-tests » de Louis Fouché
 - Ex : origine du covid : un virus transmis d'une chauve-souris à un pangolin puis un humain ou un virus échappé du laboratoire P4 de la ville ?
- **Ne présage pas de l'explication retenue au final**
- Exemple :
 - Autre explication à la mesure du rayon de la Terre par Ératosthène : Terre plate et soleil à 50x distance Alexandrie-Assouan
 - changer mvt planètes, physique nucléaire, etc. etc.
 - Principe anthropique (« réglage fin de l'univers ») expliqué par le multivers pas très parcimonieux



POURQUOI FAIRE SIMPLE QUAND
ON PEUT FAIRE COMPLIQUÉ ?!

Proverbe anglais

Quand tu entends
des sabots...
... pense à un
cheval avant
de penser à
un zèbre



Condition nécessaire et suffisante

$$(A \Leftrightarrow B) \text{ « équivalence »}$$

- **Condition suffisante :**
 - A suffit à avoir B = si j'ai A, alors j'ai B : $A \Rightarrow B$ (« **implique** »)
- **Condition nécessaire :**
 - Je ne peux pas avoir B sans A = si j'ai B, c'est que j'ai A : $B \Rightarrow A$ ou $A \Leftarrow B$
- **Condition nécessaire et suffisante (CNS) :**
 - Je n'ai pas l'un sans l'autre = si j'ai l'un, j'ai l'autre : $A \Leftrightarrow B$ (« **équivalent** »)
- **Exemple :**
 - A : « un nombre est multiple de 5 »
 - B : « un nombre se termine par 0 ou 5 »
 - $A \Rightarrow B$ et $B \Rightarrow A$ donc $A \Leftrightarrow B$: les 2 propositions sont équivalentes

La contraposition

$$(A \Rightarrow B) \Leftrightarrow (\bar{B} \Rightarrow \bar{A})$$



- Exemple

(On suppose Ferrari ne construit que des voitures rouges)

- A : la voiture est une Ferrari
- B : la voiture est rouge

- On a bien :

- $A \Rightarrow B$: une Ferrari est toujours rouge
- $\bar{B} \Rightarrow \bar{A}$: si elle n'est pas rouge, ce n'est pas une Ferrari
- Ces deux propositions sont **équivalentes**

Le raisonnement par l'absurde

- « ***Reductio ad absurdum*** »
- But : démontrer la véracité d'une proposition en **démontrant l'absurdité de la proposition contraire**
- Ne doit s'employer que lorsqu'il n'y a que **2 propositions contraires**, sinon on entre dans le paralogisme / sophisme
 - Si n propositions, il faut utiliser le raisonnement (n-1) fois
- Démonstration :
 - **Positive** : on montre qu'une proposition est vraie en démontrant une contradiction si elle était fausse
 - **Négative** : on démontre qu'une proposition est fausse en montrant qu'elle entraîne l'apparition d'une contradiction

Exemple :
En veut montrer que
« 0 n'a pas d'inverse »

- Supposons que 0 a un inverse :
il existe un nombre α tel que
 $\alpha \times 0 = 1$
- Or $\alpha \times 0 = \alpha \times (0+0) = \alpha \times 0 + \alpha \times 0$
 $= 2 \times (\alpha \times 0) = 2$
- D'où $1 = 2$: faux
- **Donc 0 n'a pas d'inverse, on ne peut pas diviser par 0**

Quelques erreurs de raisonnement

Les devises Shadok



Ex falso quod libet

- Ou « **principe d'explosion** »
- Une des raisons de l'existence du principe de non-contradiction est que, **si un système accepte une contradiction, alors on peut prouver tout ce qu'on veut dans ce système**
- Ex de Bertrand Russell :
 - Supposons que $2 + 2 = 5$
 - Soustrayons 2 de chaque membre de l'identité : on obtient $2 = 3$, soit $3 = 2$
 - Soustrayons 1 de chaque côté : on obtient $2 = 1$
 - Le Pape et moi sommes deux. Puisque $2 = 1$, le Pape et moi sommes un.
 - Par suite, je suis le Pape.

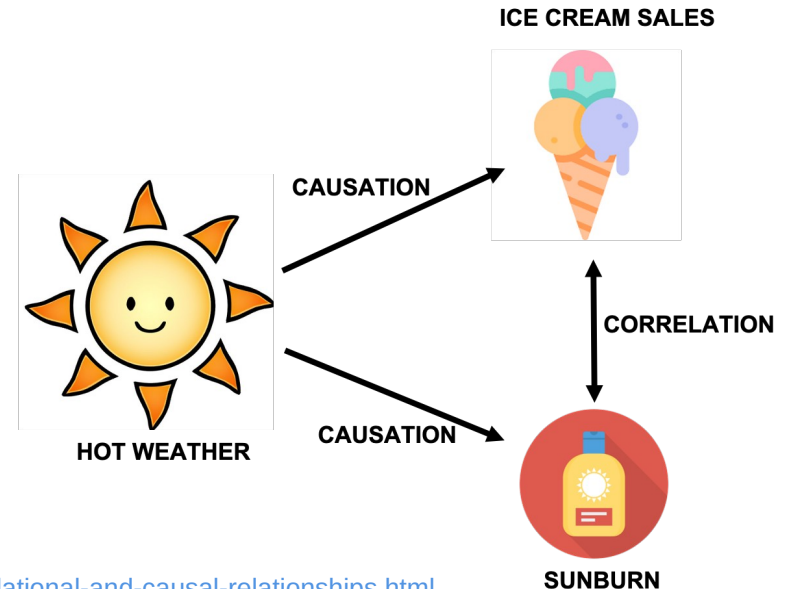
Erreurs atomiste et écologique

- **Erreur atomiste**
- On généralise à un groupe les caractéristique d'un / quelques individu(s)
- = **inférence ascendante**
- **Erreur écologique**
- On tire des conclusions sur un/des individu(s) à partir de propriétés du groupe
- = **inférence descendante**

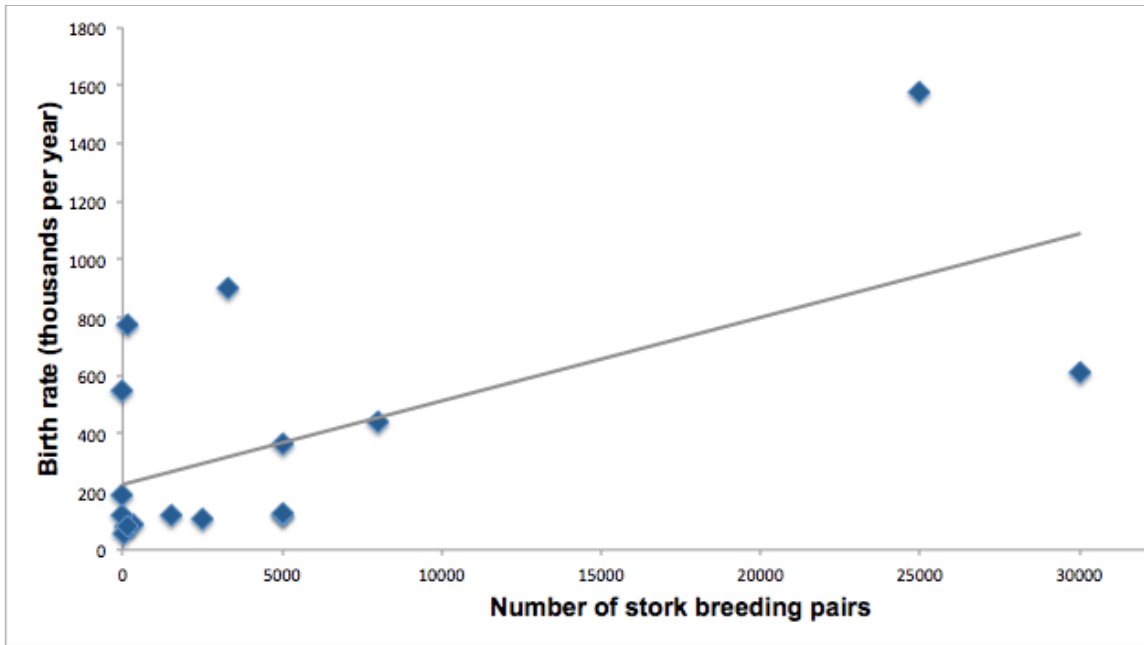
Corrélation vs. causalité

- La causalité désigne une **relation de cause à effet** entre les variables
 - Ce lien n'est **pas toujours évident à mettre en évidence**
- La **corrélacion** montre une **association** entre les variables
 - Corrélation **positive** (croissante) ou **négative** (décroissante)
 - Peut être **fortuite** : les variables semblent liées mais ne le sont pas
 - Ou il peut y avoir une **3ème variable** (causale), un « **facteur caché** », qui explique la corrélation

- Plus les ventes de glaces augmentent, plus on constate de coups de soleil
- Manger une glace donne-t-il un coup de soleil ?
- Non ! C'est le soleil qui cause les 2 :
 - + de soleil = plus de glaces **et** + de coups de soleil



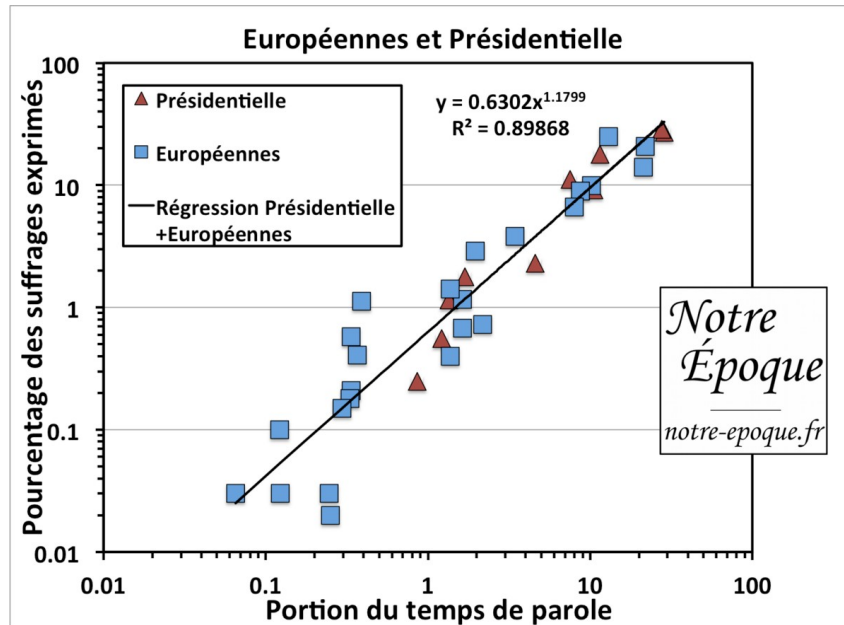
Corrélation-causalité



- **Corrélation avérée** ($r=0,6$) entre le nombre de cigognes et le nombre de naissances ($p=0,8$ % que ce soit dû à une fluctuation statistique)
- Conclusion : ce sont bien les cigognes qui apportent les bébés
- = « Effet cigogne »
- Ici, le facteur caché est la taille de la population / le nombre de cheminées

Corrélation / causalité ?

- Les médias invitent-ils (corrélation) les candidats favoris ou les font-ils (causalité) ?
 - Biais de simple exposition : plus on est exposé à un stimulus, plus on a tendance à l'aimer
 - (Subjectif ≠ indice UV)



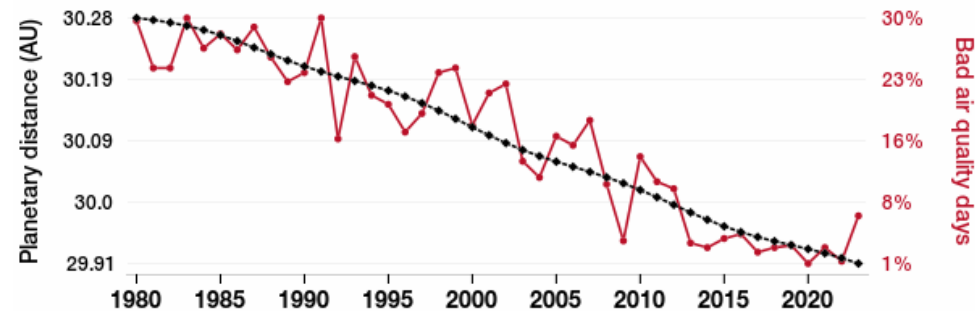
La superstition

- Croyance que certains actes ou signes ont des conséquences mystérieuses / surnaturelles, bonnes ou mauvaises
 - Croiser un chat noir
 - Briser un miroir
 - Prononcer le mot « lapin » sur un bateau
 - Faire un vœu après une étoile filante
 - Jeter une pièce dans une fontaine
 - ...
- C'est une erreur d'interprétation / illusion cognitive
 - Biais de confirmation : on favorise les informations qui confirment nos croyances existantes
 - Causalité illusoire perçue entre deux événements / variables
- Ne pas confondre **triskaïdékaphobie** (13) et **paraskevidékatriaphobie** (vendredi 13)



The distance between Neptune and the Sun
correlates with

Air pollution in Washington, D.C.



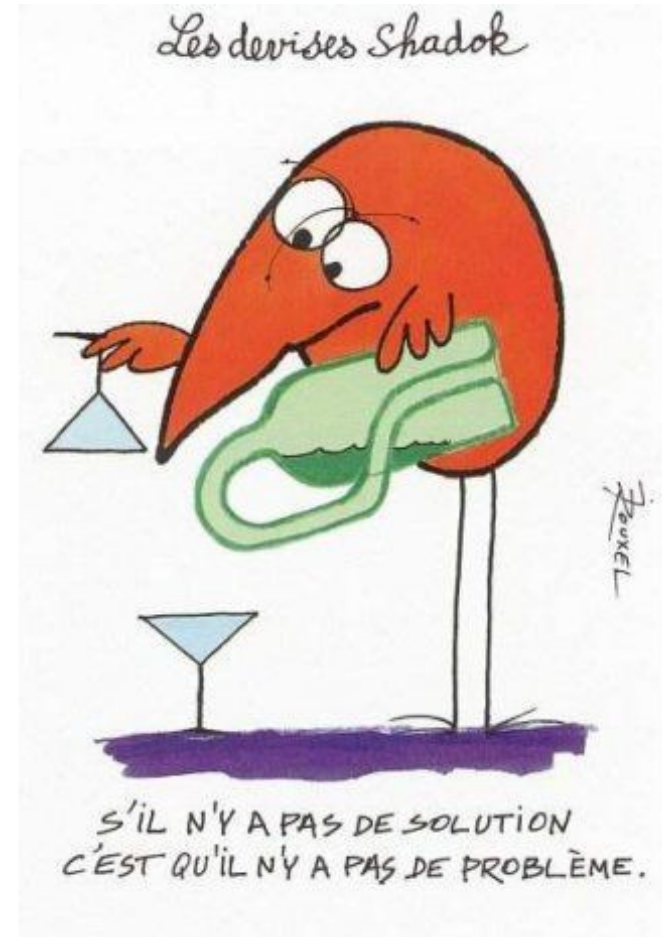
•--- The average distance between Neptune and the Sun as measured on the first day of each month · Source: Calculated using Astropy

— Percentage of days with air quality at 'unhealthy for sensitive groups' or worse in Washington-Arlington-Alexandria, DC-VA-MD-WV · Source: Environmental Protection Agency

1980-2023, $r=0.930$, $r^2=0.865$, $p<0.01$ · tylervigen.com/spurious/correlation/3072

Les paralogismes

- Raisonnement faux réalisés de **bonne foi**
- Par opposition à sophisme, de **mauvaise foi**
- Il existe des paralogismes **formels** (syllogismes erronés) et **informels**
- Sophisme & paralogisme sont des raisonnements / arguments « **fallacieux** »
- Paralogismes informels et sophismes sont **liés aux biais**



Les paralogismes formels

- **Affirmation du conséquent**
Exemple : (Eugène Ionesco)
 - Les chats sont mortels ($A \Rightarrow B$)
 - Socrate est mortel ($C \Rightarrow B$)
 - Donc un Socrate est un chat ($C \Rightarrow A$)
- On confond ici condition **suffisante** pour être mortel (être humain) avec condition **nécessaire**. Mais **on peut être mortel sans être humain !**
- Partager une propriété n'est pas être identique
- Notation : $((A \Rightarrow B) \wedge B) \Rightarrow A$
- **Négation de l'antécédent**
Exemple :
 - Les humains sont mortels ($A \Rightarrow B$)
 - Un chien n'est pas humain ($C \Rightarrow \neg A$)
 - Donc un chien est immortel ($C \Rightarrow \neg B$)
- On confond ici condition **nécessaire** pour être humain (mortel) avec une condition **suffisante**. Mais **on peut ne pas humain sans être immortel !**
- Notation : $((A \Rightarrow B) \wedge \neg A) \Rightarrow \neg B$

Les paralogismes informels

- Ici, pas d'erreur de raisonnement, mais plutôt une façon de manier la langue / de présenter les choses
- Quelques exemples :
 - **Généralisation hâtive** : « tous les Parisiens son désagréables »
 - **Pente glissante** (doigt dans l'engrenage) : si *ceci*, alors nécessairement *cela* suivra
 - Une loi votée dans un but perçu comme légitime sera un jour détournée de son esprit dans un but autoritaire
 - Et pourtant il y a des exemples... (Bertrand Scholler & loi contre le cyber-harcèlement, apologie du terrorisme, ...)
 - **Faux dilemme** (ou fausse dichotomie)
 - Réduction d'une situation à 2 options : tu critiques le capitalisme, tu préfères le communisme ??
 - Technique journalistique enseignée en coaching ! (→ donc **sophisme** ??)
 - **Argument de l'exception** : Jeanne Calment a bien fumé jusqu'à 117 ans, c'est que ça ne doit pas être si mauvais que ça...
 - **Confiance naïve en l'autorité / la réglementation** : S'ils le disent à la télé, c'est que ça doit être vrai, sinon ils n'auraient pas le droit de le dire
- Plus d'informations : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Paralogisme>

Le sophisme

- Argumentation **intentionnellement fausse** bien qu'elle soit présentée comme logique / rigoureuse / vraie → volonté de tromper
 - Exemples du cheval bon marché, du fromage à trous
- Il en existe de nombreux types
- Peut aussi faire appel à des **mécanismes psychologiques**
 - « Une personne comme vous ne peut raisonnablement pas tenir de tels propos », argument d'autorité, raison de la majorité, présenter les arguments de façon péjorative ...
 - Épouvantail rhétorique : caricaturer la position de son interlocuteur pour la rendre facilement réfutable
 - Ex : Thomas Durand (la Tronche en Biais) : [youtube.com/watch?v=7XGSM3ZFOCA](https://www.youtube.com/watch?v=7XGSM3ZFOCA)
- L'appel au sophisme : accuser son interlocuteur de faire des sophismes...
- Plus d'informations : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sophisme>

Paradoxe du fromage à trous

- Plus il y a de fromage, plus il y a de trous ;
- or, plus il y a de trous, moins il y a de fromage ;
- Donc : **plus il y a de fromage, moins il y a de fromage.**

- **Syllogisme** : **raisonnement logique** mettant en relation au moins trois propositions : deux (ou plus) « **prémisses** » mènent à une « **conclusion** »

Sophisme ou paralogisme ??

	Termes		Contexte
Prémisse majeure	majeur	moyen	Volume croissant Densité constante
	plus il y a de fromage	plus il y a de trous	
Prémisse mineure Or...	moyen	mineur	Volume constant Densité décroissante
	plus il y a de trous	moins il y a de fromage	
Conclusion Donc...	majeur	mineur	Confusion des contextes
	plus il y a de fromage	moins il y a de fromage	

Il s'opère un **glissement sémantique** (évolution du sens)
entre les termes moyens des deux prémisses → **conclusion erronée**

La contraposition

$$(A \Rightarrow B) \Leftrightarrow (\bar{B} \Rightarrow \bar{A})$$

- Exemple :
 - A : j'ai une moyenne ≥ 10
 - B : j'obtiens le baccalauréat
- On a bien équivalence entre :
 - $A \Rightarrow B$: si j'ai au moins 10, j'ai le bac
 - $\bar{B} \Rightarrow \bar{A}$: si je n'ai pas eu le bac, ça prouve que je n'ai pas eu 10
- Mais il est faux de dire :
 - $B \Rightarrow A$ (**réciroque**) : j'ai eu le bac donc j'ai eu au moins 10
 - $\bar{A} \Rightarrow \bar{B}$ (« **négarion de l'antécédent** ») : je n'aurai pas le bac si j'ai moins de 10
 - Car « rattrapage » par le jury pour les candidats proches de 10

<https://www.numerama.com/sciences/534203-a-t-on-vraiment-marche-sur-la-lune-en-1969-pourquoi-apollo-11-ne-peut-pas-etre-un-fake.html>

Aucun vent ne fait bouger le drapeau

Un autre argument a été avancé pour apporter du crédit à la thèse selon laquelle les images de la mission Apollo 11 auraient été filmées dans un studio : le drapeau semble flotter, comme s'il y avait du vent. Or, il n'y a pas vent sur la Lune, dépourvue d'atmosphère. Le drapeau ne bouge effectivement pas, lorsque l'on compare les différents clichés pris sur la Lune au cours de la mission. Le drapeau est bien statique : quand personne ne le touche, il ne bouge pas.

- Proposition :
 - A : on est sur la Lune
 - B : le drapeau ne bouge pas
- Logique :
 - $A \Rightarrow B$ & $\bar{B} \Rightarrow \bar{A}$ ✓
 - $B \Rightarrow A$ & $\bar{A} \Rightarrow \bar{B}$ ✗

➔ Sauf si gaz éjecté par module lunaire

Autre erreur :
penser avoir invalidé un
« argument » $\neq$ avoir
invalidé toute la théorie !

