Arguments, déduction, induction

Christian Wüthrich

http://www.wuthrich.net/

BA2b Introduction à la philosophie des sciences

Remerciements: Marcel Weber, Augustin Baas, Lorenzo Cocco, Baptiste Le Bihan

Plan

1. Propositions, énoncés d'observation et théoriques
2. Déduction et induction en général
   - Déduction
   - Induction
   - Comparaison: déduction et induction
3. Espèces d'induction et leurs problèmes
   - (a) Induction énumérative
   - (b) Induction éliminative
   - (c) Inférence causale
   - (d) Inférence à la meilleure explication

Propositions singulières

Définition

Une proposition singulière est une proposition concernant un individu.

Exemples

(1) Galilée observait trois lunes joviennes à Padoue le 7 janvier 1610.

(2) Cette feuille de tournesol vire au rouge quand elle est plongée dans ce liquide.

(3) À cet instant-là, la température au sommet du mont Blanc est en-dessous de zéro.

(4) Un boson de Higgs a été observé en 2012 au CERN.

Propositions universelles

Définition

Une proposition universelle est une proposition concernant tous les éléments d'une classe.

Exemples

(1) Tous les cétacés possèdent des poumons.

(2) Les planètes tournent selon des ellipses autour de leur soleil.

(3) Quand un rayon de lumière passe d'un milieu à un autre, la direction du rayon réfracté est telle que le rapport du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction est une constante caractéristique des deux milieux. (= loi de la réfraction)

(4) L'acide fait virer la feuille de tournesol au rouge.

Énoncés d'observation

Définition

Un énoncé d'observation est la formulation, dans une langue, du résultat d'une observation empirique.

Exemples

(1) Ce liquide fait virer la feuille (de tournesol) au rouge.

(2) La déflexion de l'aiguille s'élève à 21 degrés.

(3) La bille a roulé 2 mètres en 1.2 secondes.

Énoncés théoriques

Définition

Un énoncé théorique est la formulation, dans une langue, des faits avancés par une théorie, souvent concernant la relation entre des entités théorique.

Exemples

(1) Le courant se monte à 2 Ampères.

(2) Tout changement de l'intensité du champ électrique induit un champ magnétique.

(3) Les gènes contiennent l'information pour la synthèse des protéines.

«Theory-ladenness»: La théorie précède l'experience

- Selon certains philosophes des sciences (William Whewell, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend), tous les énoncés que l'on accepte, basés sur des perceptions ou des expériences, dépendent de nos suppositions théoriques.
- Un énoncé d'observation est toujours formulé dans un langage d'une théorie préexistante. Ce ne sont donc pas des énoncés purement empiriques.

$\Rightarrow$ Donc la dichotomie traditionnelle entre énoncé d'observation et énoncé théorique est problématique.

- Mais on peut cependant distinguer différentes espèces d'énoncés qui jouent des rôles différents dans la connaissance scientifique.

Caractéristiques générales de la déduction et de l'induction

Définition (Argument)

Un argument est un ensemble des propositions dont certaines (les «prémisses») servent de justification à une autre proposition (la «conclusion») dans l'ensemble.

- Un argument nous fournit des raisons de croire quelque chose.
- Les arguments peuvent être déductives ou inductives.

Déduction: définitions

Définition (Déduction)

Une déduction est une forme d'argument qui joint une conclusion aux prémisses par une inférence (logiquement) valide.

Définition (Validité)

Une inférence est valide si et seulement si (ssi) il est impossible pour la conclusion d'être fausse si les prémisses sont vraies.

Déduction: remarques

- Les déductions sont donc caractérisées par l'impossibilité de combiner des prémisses et des conclusions telles que toutes les prémisses sont vraies et la conclusion est fausse.
- Test: est-ce qu'on peut imaginer une situation dans laquelle les prémisses sont toutes vraies et la conclusion fausse?
  $\Rightarrow$ Si c'est possible, l'argument n'est pas valide.
- Impossibilité logique: en vertu de la forme logique de l'argument

Déduction: exemples

Exemple d'une déduction: le syllogisme

(p_1) Tous les mammifères possèdent des poumons.

(p_2) Tous les cétacés sont des mammifères.

(c) Donc tous les cétacés possèdent des poumons.

Déduction: exemples

Substitution:

(p_1) Tous les M sont P.

(p_2) Tous les C sont M.

(c) Donc tous les C sont P.

Déduction: exemples

Validité et vérité:

(p_1) Tous les poissons possèdent des poumons.

(p_2) Tous les cétacés sont des poissons.

(c) Donc tous les cétacés possèdent des poumons.

Déduction: exemples

Validité et vérité:

(p_1) Tous les poissons possèdent des jambes.

(p_2) Tous les cétacés sont des poissons.

(c) Donc tous les cétacés possèdent des jambes.

$\Rightarrow$ argument valide!

Déduction: exemples

Validité et vérité:

(p_1) Tous les mammifères possèdent des poumons.

(p_2) Tous les cétacés possèdent des poumons.

(c) Donc tous les cétacés sont des mammifères.

$\Rightarrow$ argument invalide!

Déduction: leçon

- Leçon: il faut bien distinguer la vérité des prémisses, ou même de la conclusion, et la validité de l'argument!
- En anglais, on distingue «soundness» et «validity». Un argument qui est *sound* est un argument valide dont les prémisses sont aussi vraies.
- En français, on peut dire «correct» pour *sound*.

Attention

Les propositions sont vraies ou fausses, mais jamais valides ou invalides; par contre, les arguments sont valides ou invalides, mais jamais vrais ou faux.

Déduction: forme typique

Une des prémisses est une proposition universelle, la conclusion une proposition singulière:

(p_1) Tous les hommes sont mortels.

(p_2) Socrate est un homme.

(c) Donc Socrate est mortel.

Non-ampliativité

(p_1) Tous les mammifères possèdent des poumons.

(p_2) Tous les cétacés sont des mammifères.

(c) Donc tous les cétacés possèdent des poumons.

Cette inférence valide n'est pas ampliative. Elle n'ajoute aucun contenu supplémentaire aux prémisses. Si on sait déjà que tous les mammifères possèdent des poumons et que tous les cétacés sont des mammifères, on sait aussi (peut-être d'une manière implicite) que tous les cétacés possèdent des poumons.

Inférence inductive: caractérisation

Caractérisation (Induction)

Une induction est une forme d'argument qui infère une conclusion souvent plus générale et parfois universelle à partir de prémisses qui expriment des faits plus particuliers.

- Une inférence inductive est ampliative.
- Une inférence inductive n'est pas valide. (Pourquoi?)

Inférence inductive: ampliativité

(p) Le soleil s'est levé chaque matin jusqu'à ce jour.

(c) Donc le soleil se lèvera le matin du 20 septembre 2193.

Cette inférence est ampliative: l'énoncé que le soleil s'est levé chaque matin jusqu'à ce jour ne contient pas l'énoncé qu'il se lèvera le 20 septembre 2193. C'est une «bonne» inférence inductive, même si elle va au-delà de la prémisse.

Mais en vertu de quoi est-ce une «bonne» inférence?

Exemple: la loi de Boyle

(parfois appelée «loi de Boyle-Mariotte»)

Loi de Boyle

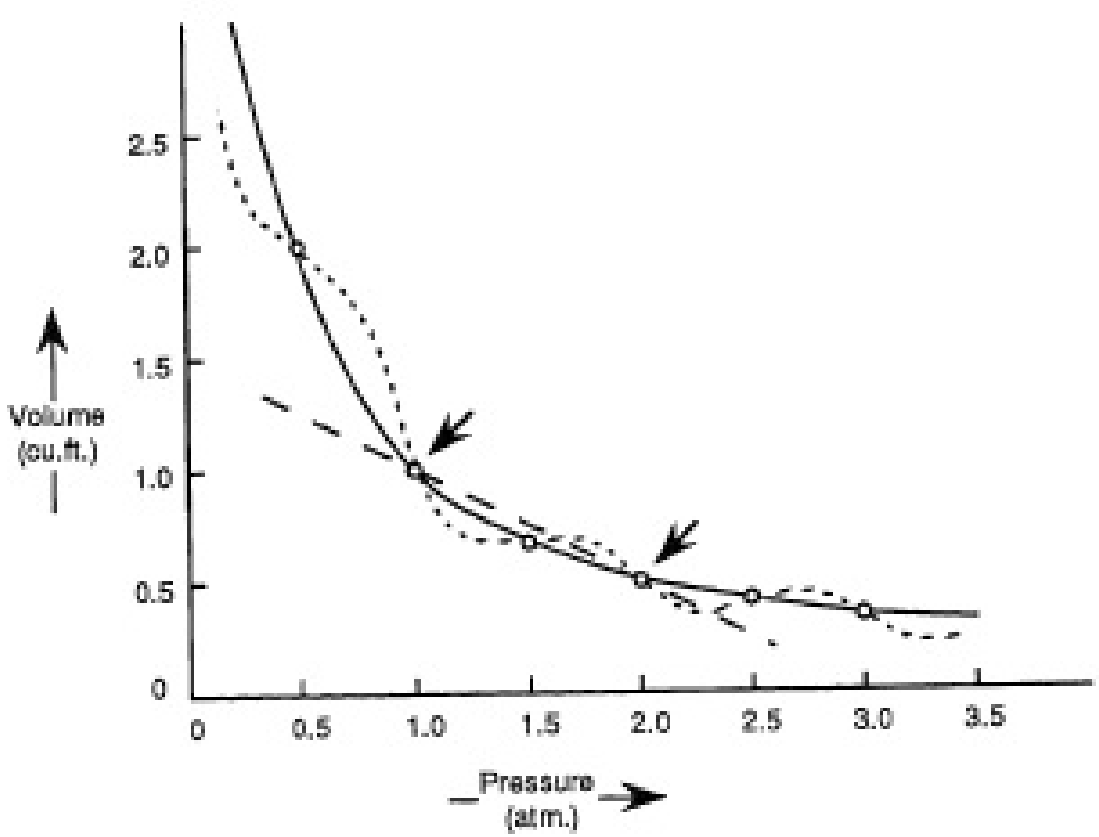
Pour une quantité donnée de gaz parfait et pour une température donnée, quel que soit le gaz

$$PV = \text{const},$$

avec P la pression et V le volume du gaz.

- L'inférence à cette loi à partir des données de mesure est aussi ampliative puisque les données mesurées ne contiennent pas la loi.
- L'inférence à la loi de Boyle n'est pas unique: une des conclusions consistantes avec les données est choisie.

Exemple: la loi de Boyle



En vertu de quoi est-ce que l'inférence à la loi de Boyle est la «bonne» ou la «meilleure» inférence possible?

Inférence matérielle

Substitution:

(p) Je me suis réveillé chaque matin jusqu'à ce jour.

(c) Donc je me réveillerai le matin du 20 septembre 2193.

Cette inférence là n'est pas «bonne», bien qu'elle possède la même forme!

Inférence matérielle

(*a*) Il a plu, donc les rues sont mouillées.

- La qualité de l'inférence dépend du contenu des deux propositions de (a), et donc c'est une inférence matérielle.
- Par contraste: inférence déductive:

(p_1) Tous les snarks sont blerts.
(p_2) Henri est un snark.
(*c*) Donc Henri est blert.

$\Rightarrow$ La validité de l'inférence est indépendante du contenu des propositions. C'est une affaire purement formelle.

David Hume: le problème de l'induction

David Hume: le problème de l'induction

David Hume: le problème de l'induction

David Hume (1748). *Enquêtes sur l'entendement humain* (Section V).

Sam Dresser: I hope this helps: The problem of induction

`https://www.youtube.com/watch?v=Fd1U_MC_p3M`

- relations entre des idées vs. faits
- relation entre des idées: peuvent être connues indépendamment de l'observation, espace abstrait de la logique et des mathématiques, toute croyance analytique *a priori*
- faits: tous ce qui n'est pas une relation d'idées, concerne l'existence matérielle, connaissance synthétique
- Les faits peuvent être observés (e.g. «Il y a un bureau ici»), ou inobservés (e.g. «Le soleil se lèvera demain»).
- Afin de connaître un fait au-delà de ce qui nous est directement donné par l'expérience, on est obligé d'employer le raisonnement inductif.

David Hume: le problème de l'induction

- Les inférences inductives dependent d'un «principe d'uniformité de la nature»: le passé est un guide fiable qui nous permet de connaître le futur.
- Selon Hume, un tel principe ne peut pas être justifié. Sa justification rationnelle, s'il en avait une, pourrait prendre deux formes différentes:
  1. Un raisonnement démonstratif *a priori*; mais le futur ne dépend pas logiquement du passé car il est concevable que le futur ne ressemble pas au passé; on ne peut donc pas fonder l'induction sur le raisonnement *a priori*.
  2. Un raisonnement inductif: nos succès passés dans l'utilisation de l'inférence inductive garantissent nos inférences inductives vers le futur; raisonnement circulaire!

Conclusion

Les pratiques inductives n'ont pas de fondement rationnel.

Déduction et induction

Inférences déductives:

- non-ampliatives
- infaillibles
- formelles

Inférences inductives:

- ampliatives
- faillibles
- matérielles

- En sciences, nous cherchons la connaissance (ampliative!) concernant l'existence matériel en général.

$\Rightarrow$ La science utilise l'induction nécessairement.

$\Rightarrow$ Mais pour l'induction, nous n'avons pas de logique formelle en raison du problème de l'induction.

Connexion nécessaire entre faillibilité et ampliativité

Si une inférence apporte un nouveau contenu, celui-ci est une source d'erreur potentielle. C'est pourquoi l'inférence déductive doit être non-ampliative. Par contraste, c'est le but propre de l'inférence inductive de générer du nouveau contenu, donc elle doit être ampliative. Mais cette ampliativité n'est pas gratuite du point de vue de la connaissance; le prix à payer est la faillibilité.

Espèces d'induction et leurs problèmes

(a) Induction énumérative

(b) Induction éliminative

(c) Inférence causale

(d) Inférence à la meilleure explication (abduction)

(a) Induction énumérative

(1) x_1 qui est F est aussi G.

(2) x_2 qui est F est aussi G.

$\vdots$

(n) x_n qui est F est aussi G.

$\therefore$ Tous les x qui sont F sont aussi G. $[\forall x(Fx \rightarrow Gx)]$

- Induction complète: s'il n y pas d'autres x (une forme de déduction, et non d'induction malgré son nom, employée en mathématiques)

(a) Induction énumérative

(a) Induction énumérative

- L'induction énumérative est un peu trop simple pour jouer un rôle important dans les sciences, mais il existe quelques exemples:

Exemple: les règles de Chargaff

- Erwin Chargaff (1951): Parmi les quatre bases de l'ADN (C, A, T et G), les quantités de C et de G sont toujours (à peu près) identiques, tout comme celles de A et de T.
- Chargaff a découvert cela par induction énumérative à la fin des années 1940, en se basant sur un petit nombre de cas (qui comprenaient toutefois une grande diversité d'organismes).

(b) Induction éliminative

Dans le cas où nous avons plusieurs hypothèses $h_1, h_2, \ldots$ qui mènent à des prédictions différentes:

(1) $h_1 \rightarrow e$

(2) $h_2 \rightarrow e$

(3) $h_3 \rightarrow \neg e$

(4) $\neg e$

$\therefore h_3$

Elimination d'h_1 et h_2 par modus tollens (déduction):

(1) $p \rightarrow q$

(2) $\neg q$

$\therefore \neg p$

- Se transforme en une espèce de déduction si on ajoute une prémisse disjonctive $h_1 \vee h_2 \vee h_3$
- Dans les sciences empiriques, il est normalement impossible de prouver une telle disjonction complète. C'est pourquoi Pierre Duhem argumentait que des expériences cruciales sont impossibles...

Définition (Expérience cruciale)

Une expérience cruciale est une expérience qui réfute de manière concluante l'une de deux hypothèses (ou théories) en compétition, établissant se faisant la thèse ou théorie rivale.

(Nous reviendrons sur les expériences cruciales dans le module 6 sur la sous-détermination.)

Pierre Duhem (1861-1916)

La théorie physique: son objet, sa structure (1906, 288f)

> *«Voulez-vous obtenir, d'un groupe de phénomènes, une explication théorique certaine, incontestable? Énumérez toutes les hypothèses qu'on peut faire pour rendre compte de ce groupe de phénomènes; puis, par la contradiction expérimentale, éliminez-les toutes, sauf une; cette dernière cessera d'être une hypothèse pour devenir une certitude.*
>
> *Entre deux théorèmes de Géométrie qui sont contradictoires entre eux, il n'y a pas place pour un troisième jugement; si l'un est faux, l'autre est nécessairement vrai. Deux hypothèses de Physique constituent-elles jamais un dilemme aussi rigoureux?»*

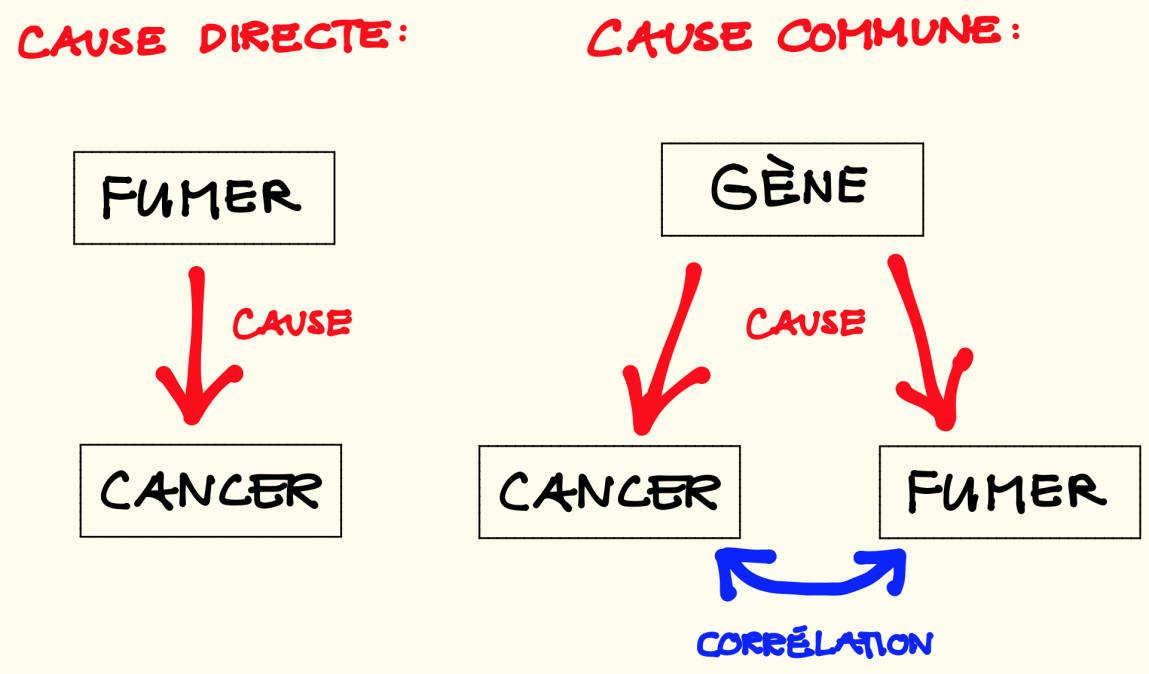
Pierre Duhem (1861-1916)

La théorie physique: son objet, sa structure (1906, 288f)

> *«Oserons-nous jamais affirmer qu'aucune autre hypothèse n'est imaginable? La lumière peut être une rafale de projectiles; elle peut être un mouvement vibratoire dont un milieu élastique propage les ondes; lui est-il interdit d'être quoi que ce soit d'autre?*
>
> *La contradiction expérimentale n'a pas, comme la réduction à l'absurde employée par les géomètres, le pouvoir de transformer une hypothèse physique en une vérité incontestable; pour le lui conférer, il faudrait énumérer complètement les diverses hypothèses auxquelles un groupe déterminé de phénomènes peut donner lieu; or le physicien n'est jamais sûr d'avoir épuisé toutes les suppositions imaginables; la vérité d'une théorie physique ne se décide pas à croix ou pile.»*

(c) Inférence causale

- Exemple: constatant une corrélation entre fumer et le cancer du poumon, comment peut-on savoir si c'est l'activité de fumer qui cause le cancer du poumon?
- Deux modèles causaux:



- L'inférence de l'existence de relations causales à partir des simples corrélations est le problème central de l'inférence causale.

John Stuart Mill (1806-1873)

John Stuart Mill (1843). *A System of Logic: Ratiocinative and Inductive*.

- Mill offre cinq méthodes d'inférence causale:
  1. La méthode de concordance (*method of agreement*)
  2. La méthode de différence (*method of difference*)
  3. La méthode combinée de concordance et de différence (*joint method of agreement and difference*)
  4. La méthode des résidus (*method of residues*)
  5. La méthode des variations concomitantes (*method of concomitant variations*)
- Toutes les méthodes commencent par l'identification des variables soupçonnées d'être des causes possibles. Puis elles utilisent des corrélations pour déterminer les cause actuelles, et écarter les autres causes possibles (avant le développement des méthodes statistiques).

(1) La méthode de concordance

Système de logique, Vol. 1, (1843, 454)

> *«Si deux ou plusieurs instances du phénomène à l'étude n'ont qu'une seule circonstance en commun, la seule circonstance dans laquelle tous les cas sont en accord, est la cause (ou effet) du phénomène donné.»*

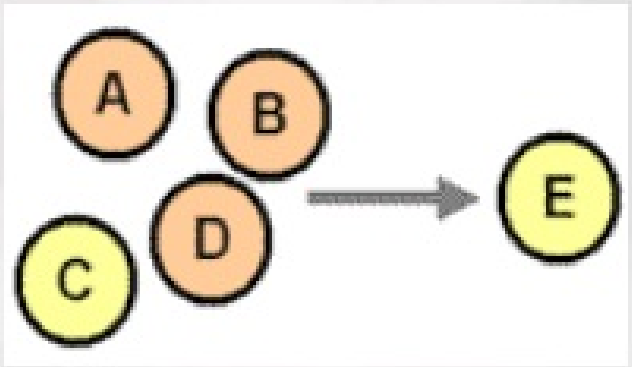
Méthode (Concordance)

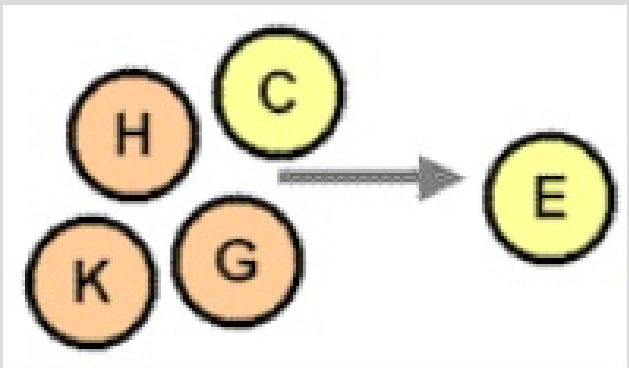
1. *Trouvez des cas dans lesquels l'effet s'est produit.*
2. *Déterminez s'il y a une cause potentielle commune à tous ces cas.*
3. *S'il y a, alors c'est la cause (probable).*

Exemple simple

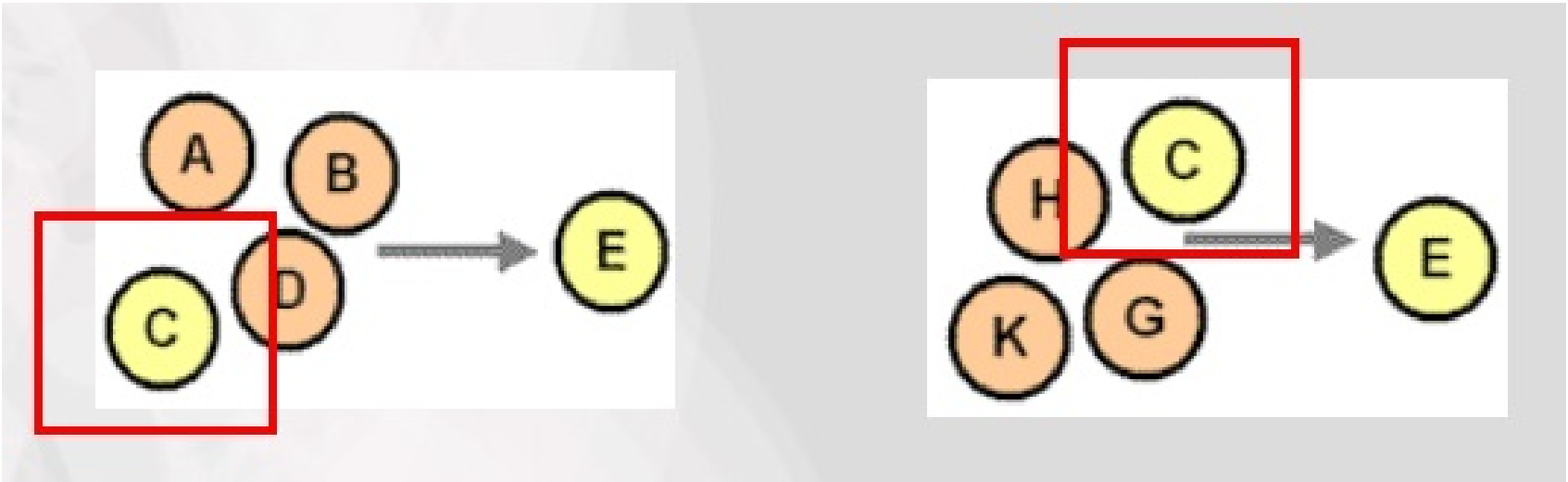
Intoxication alimentaire

(1) La méthode de concordance





(1) La méthode de concordance



(1) La méthode de concordance: exemple

Exemple:

- Il s'avère que certaines villes ont un taux de carie dentaire bas en comparaison d'autres villes.

$\Rightarrow$ Si la présence de fluorure dans l'eau est la seule chose (potentiellement pertinente) en commun dans ces villes, alors la présence de fluorure dans l'eau est probablement la cause du taux bas de carie.

	Programme d'education dentaire	Cabinets dentaires gratuits	Fluorure dans l'eau	Salaries hauts des dentistes	Taux bas de carie dentaire
Donaldville	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Duckburg	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Entenhausen	Non	Non	Oui	Non	Oui
Patoburgo	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

(1) La méthode de concordance: exemple

Exemple:

Cinq patients montrent de l'amnésie après des dommages cérébraux:

- Patient 1: dommage au cortex préfrontal et à l'hippocampe
- Patient 2: dommage à l'hippocampe, à l'amygdale et au cortex entorhinal
- Patient 3: dommage au thalamus et à l'hippocampe
- Patient 4: dommage au cortex préfrontal, au hypothalamus, à l'hippocampe et à l'amygdale
- Patient 5: dommage à l'hippocampe et à l'amygdale

(1) La méthode de concordance: exemple

Exemple:

Cinq patients montrent de l'amnésie après des dommages cérébraux:

- Patient 1: dommage au cortex préfrontal et à l'hippocampe
- Patient 2: dommage à l'hippocampe, à l'amygdale et au cortex entorhinal
- Patient 3: dommage au thalamus et à l'hippocampe
- Patient 4: dommage au cortex préfrontal, au hypothalamus, à l'hippocampe et à l'amygdale
- Patient 5: dommage à l'hippocampe et à l'amygdale

(2) La méthode de différence

Système de logique, Vol. 1, (1843, 430)

> *«Si un cas dans lequel un phénomène se présente et un cas où il ne se présente pas ont toutes leurs circonstances en commun, sauf une seule, celle-ci se présentant seulement dans le premier cas, la circonstance par laquelle seule les deux cas diffèrent est l'effet, ou la cause, ou la partie indispensable de la cause, du phénomène.»*

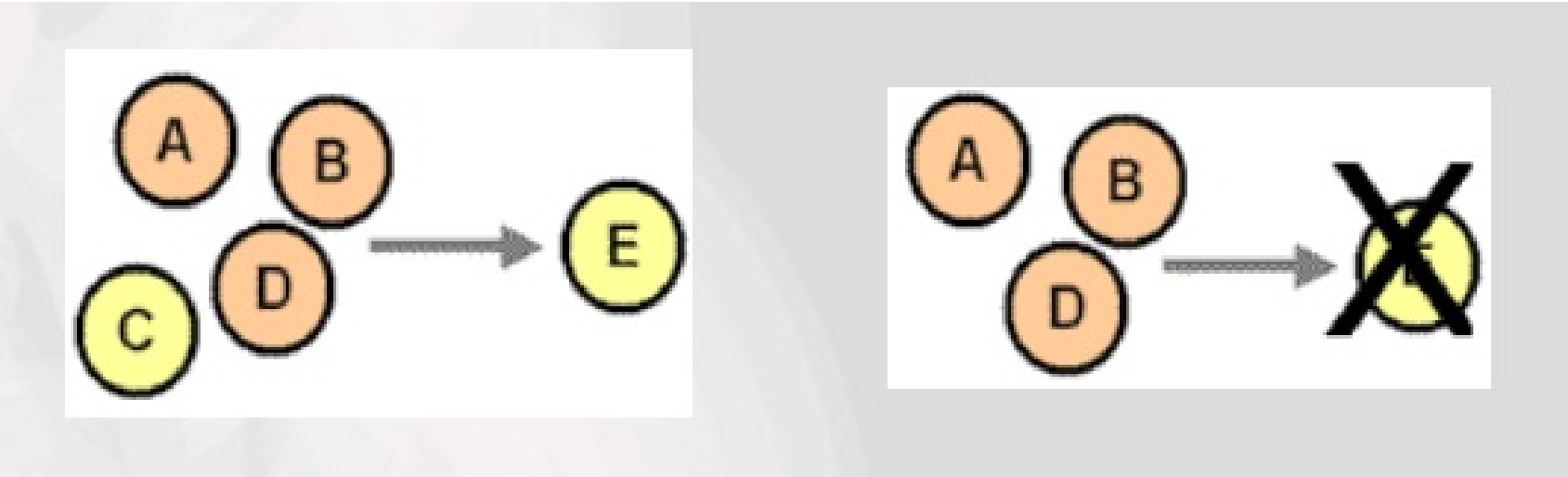
Méthode (Différence)

1. *Trouvez deux cas dont l'un montre l'effet, et l'autre ne le montre pas.*
2. *S'il y a qu'un seul facteur qui diffère entre ces deux cas, alors ce facteur en est probablement la cause.*

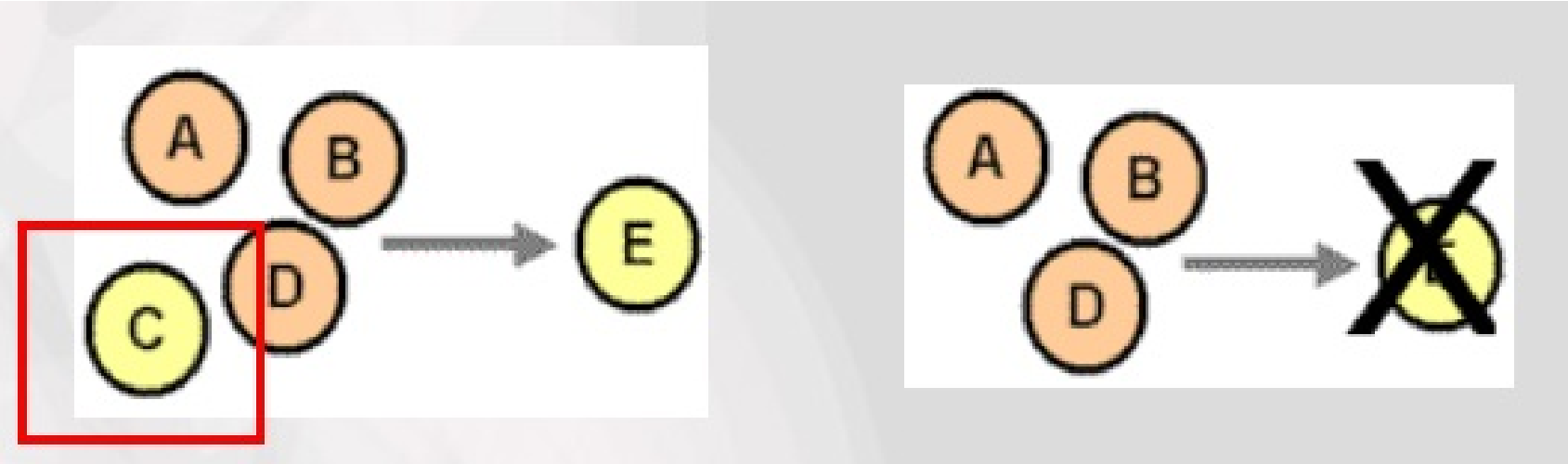
Exemple simple

Intoxication alimentaire

(2) La méthode de différence



(2) La méthode de différence



(2) La méthode de différence: exemple

Exemple:

- Quatre personnes font une demande d'emprunt auprès de leur banque, mais seulement deux d'entres elles reçoivent une réponse positive.
- La seule différence est que ceux qui n'ont pas eu de réponse positive avaient fait faillite.

$\Rightarrow$ Avoir fait faillite est la cause probable du refus d'emprunt.

	éducation universitaire	salaire plus de CHF 100K	commerce propre	faillite	requête approuvée
Etienne	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Juliette	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Rémi	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Valérie	Oui	Oui	Non	Oui	Non

(2) La méthode de différence: l'exemple de la fièvre jaune

En l'année 1900, au Major Walter Reed (1851-1902) fût attribuée la responsabilité de déterminer la cause de la fièvre jaune, et de l'exterminer. Après beaucoup de tentatives infructueuses, il décida de tester une ancienne théorie non-démontrée selon laquelle la fièvre jaune aurait été transmise par les moustiques. Malheureusement, on ne connaissait aucun animal qui soit susceptible de contracter la fièvre jaune à cet époque, donc il fût nécessaire de se servir de volontaires parmi les êtres humains... Dans le tableau sur le diapositive suivant, le Dr. Lazear, qui mourut un mois plus tard des effets de son auto-expérimentation, est représenté inoculant le Dr. Carroll avec un moustique infecté. L'expérience a montré de manière concluante que le moustique est le porteur de la fièvre jaune.

(2) La méthode de différence: l'exemple de la fièvre jaune

(2) La méthode de différence: l'exemple de la fièvre jaune

Lorsque que Walter Reed soupçonna les moustiques d'être les vecteurs de la fièvre jaune:

- Il fit dormir un groupe de volontaires sur les habits contaminés et dans les lits de patients ayant souffert de la fièvre jaune, dans une pièce scellée de telle sorte qu'aucun moustique ne pouvait s'y introduire.
  - $\Rightarrow$ Aucun parmi ceux-là ne contracta la maladie.
- Il tint un autre groupe de volontaires à l'écart des malades de la fièvre jaune, mais il les mit au contact de moustiques qui avaient été laissés libres de piquer les malades avec la fièvre jaune.
  - $\Rightarrow$ Ceux-là tombèrent bel et bien malades.

(2) La méthode de différence

Un autre exemple

Afin de déterminer l'efficacité d'une substance pharmacologique, on compare deux groupes très variés: l'un reçoit la substance et l'autre un placebo.

Questions critiques

- Les méthodes de Mill sont-elles absolument fiables?
- À quelles conditions les méthodes de Mill fonctionnent-elles?
- Comment peut-on contrôler le risque des facteurs confondants (i.e. facteurs de confusion)?
- Certains facteurs peuvent sembler être une cause, quand ils ne sont en fait que l'effet d'une autre cause commune.

(d) Inférence à la meilleure explication (IME)

«Inference to the best explanation», aussi appelée «inférence abductive»

La règle méthodologique IME:

Étant donné un ensemble d'hypothèses alternatives, il faut choisir celle qui fournit la meilleure explication des phénomènes en question.

Exemple: Dr. House et la méthode de diagnostique différentiel

- Un patient présente une série des symptômes. House et son équipe composent une liste de maladies pour lesquelles ces symptômes sont typiques, par exemple, lupus, péricardite, cancer du poumon, etc.
- House demande des tests (= symptômes additionnels)
- Puis, House choisit la maladie qui explique tout les symptômes (y inclus les résultats des tests) et exclusivement les symptômes présents.
- Celle-ci est la meilleure explication.

Explications vs. explications potentielles

Peter Lipton (2004). *Inference to the Best Explanation* (second edition).

- Peter Lipton: Il faut distinguer entre les explications et les explications potentielles. Une explication potentielle rend un fait ou un phénomène compréhensible. Une explication est une explication potentielle qui est aussi vraie.
- Il faut aussi distinguer entre la «likeliest explanation» et la «loveliest explanation».
- L'explication la plus vraisemblable (*«likeliest explanation»*): l'explication qui est la plus probable.
- L'explication la plus jolie (*«loveliest explanation»*): l'explication qui fournit le plus de compréhension.

- Selon Lipton, la règle IME doit être reconstruite comme inférence à l'explication potentielle la plus jolie (*inference to the loveliest potential explanation*).
- Si on suggérait que la règle IME infère l'explication la vraisemblable, cela serait comme une recette de dessert qui commence par: «faire un soufflé»
- L'idée de l'IME est qu'on utilise la «loveliness» comme indicateur de «likeliness» (et donc de vérité).

Problèmes de l'IME

1. Compréhension: une guide fiable par rapport à la vérité ou un indicateur de la probabilité des hypothèses?
2. Bas van Fraassen (*The Scientific Image*, 1980): l'argument du mauvais échantillon

$\Rightarrow$ La meilleure explication peut toujours être la meilleure d'un mauvais échantillon. Même s'il est possible de classer un ensemble d'hypothèses selon leur valeur explicative, on ne sait pas vraiment si la meilleure hypothèse est vraie.