

Dans un premier temps, il n'eut d'autre ambition que d'inculquer à ces hommes les bases élémentaires qui leur permettraient de devenir les interlocuteurs qu'il recherchait. Il fallait leur enseigner tant de choses avant d'envisager sérieusement de les entraîner dans un débat sur les questions qui l'agitaient !

...

Abron ne savait pas grand-chose, mais, sur la base de ce qu'il savait, il était capable de développer une réflexion étonnamment personnelle. Il vous fixait de ses yeux sombres et impénétrables et, avec l'intelligence simple et directe de l'enfance, il pouvait mettre à jour les failles d'un raisonnement et poser les questions qui touchaient au cœur même du problème.

Andreas Eschbach, *Des milliards de tapis de cheveux*.

Épistémologie de la psychologie : une approche logique

Ce cours présente quelques éléments conceptuels pertinents lorsqu'on s'intéresse à l'épistémologie. D'autres éléments pourraient être mobilisés. Le point de vue que je propose témoigne nécessairement de la manière dont je construis ma propre idée de la scientificité.

1. Introduction

Le mot « épistémologie » peut avoir une signification globalisante, pour référer alors à quelque chose comme la « théorie de la connaissance » (Kant, Piaget, etc.) ou encore la « philosophie des sciences » (Bachelard, Carnap, Duhem, Popper, etc.), qui renvoient à l'histoire des sciences et des idées (Crombie, Foucault, etc.). Ou bien le mot « épistémologie » peut avoir une signification restrictive. Ici nous considérerons l'épistémologie de manière restrictive selon la définition qu'en donne Piaget (1967) : « l'étude de la constitution des connaissances valables » (p. 6).

D'où, avant d'analyser la signification de « valable », une question préliminaire : que désignent « les connaissances » ? Les connaissances scientifiques ont pour condition de possibilité les connaissances vécues (qui intéressent au premier chef la psychologie et la phénoménologie). Soit un poisson rouge dans une baignoire qui se vide de son eau. Le poisson *connaît* le phénomène en train de se produire puisqu'il réagit aux changements de son *milieu*. Mais il ne *connaît pas* la *situation* dans laquelle nous l'avons placé, qui pour nous se décrit comme l'expérience-du-poisson-dans-la-baignoire (laquelle description repose sur un problème de spécification dans un ensemble de *possibilités*), parce que par exemple il ne dispose pas du mot ni du concept « baignoire » et que par conséquent « se trouver dans une baignoire » est un vécu impossible dans son mode de vie.

Nous restreindrons l'acceptation du terme « connaissance » à des connaissances exprimables dans un langage humain. Cette restriction permet aussi de préciser la fonction prescriptive ou encore

méthodologique de l'épistémologie. À quoi tient la *valeur* des connaissances *scientifiques* et en particulier, puisque ce cours est au programme d'une licence de psychologie, la valeur des connaissances de la psychologie dite *scientifique*?

Pour nous donner un *critère* de valeur, nous pourrions envisager l'*utilité* des connaissances scientifiques. La voie utilitariste soulève d'emblée la question de savoir *à qui et pour quel but* une connaissance serait utile et répondre à une telle question, comme à n'importe quelle autre question, présuppose l'arbitrage de la vérité – parce que si pas de vérité attendue, quelle est l'utilité de poser la question ?

Nous devons donc considérer d'abord le critère de la *vérité*. Une description qui se fiche d'être vraie n'a pas de valeur scientifique (ce qui n'empêche pas qu'elle ait une valeur technique ni qu'elle soit jugée bonne ou mauvaise, utile ou nuisible). Encore faut-il *construire* la vérité comme *propriété* du discours. Le premier chapitre présente la vérité logique, à charge pour le lecteur de s'exercer au maniement de l'implication¹. Celle-ci est le levier hypothético-déductif du test expérimental des théories scientifiques. L'*observation* étant une source d'apprentissage théorique via le test logique d'une hypothèse, nous poserons dans le second chapitre le problème de la description objective des phénomènes. Il faudra définir ce qu'est *décrire*. Nous adopterons la base conceptuelle que la théorie des probabilités nomme une *algèbre d'événements*. L'*explication* des phénomènes sera définie comme une description en forme d'implication logique.

Ce petit modèle épistémologique, le modèle « vérité – description – explication implicative », nous servira à identifier deux problèmes menaçant la valeur du discours de la psychologie dite scientifique. Le premier se pose quand on ignore que [B et (A => B)] n'implique pas A. C'est le cas lorsqu'on teste une hypothèse en essayant non pas de la *falsifier* mais de la *confirmer* ou, plus subtilement, lorsqu'on exhibe une hypothèse vraisemblable pour interpréter une description en termes de *cause possible*. Le second problème concerne les conséquences du mode de construction d'une probabilité. Les probabilités empiriques (estimées à partir de données empiriques) d'une *expérience aléatoire* décrivent l'objet qu'elle construit, pas nécessairement d'autres objets auxquels on voudrait les appliquer.

2. La vérité logique

Je présenterai la logique comme une théorie informatique de la vérité. La logique ne définit pas l'ultime vérité, elle dit comment *fonctionnent* le vrai et le faux dans le discours. La règle du jeu de la vérité logique est remarquable parce qu'elle détermine, entre autres facteurs, notre civilisation (pas de domestication de l'énergie électrique donc pas d'internet sans règles logiques par exemple).

La logique régule la circulation de la vérité dans les propositions (par exemple, si ceci est un cygne, alors ce n'est pas un non-cygne). Le discours est un assemblage de *propositions*, que nous noterons par des lettres comme p ou P. Par exemple, « il pleut » est une proposition (p). « Il est vrai qu'il pleut » (p est vraie : P) est aussi une proposition. « Non » n'est pas une proposition, sauf si elle est

¹ Les exercices d'entraînement utilisés en TD sont disponibles sur IRIS.

l'abrégé de « Je ne suis pas d'accord ». Une composition logique de plusieurs propositions est une proposition (par exemple « p et P » est une proposition).

Convention. Admettre une proposition P signifie qu'on admet que P est vraie. En codant vrai et faux par 1 et 0 respectivement, P est l'abrégé de $V(P) = 1$ (valeur de vérité de P = vrai)².

Implication. Considérons la proposition « si A alors B » (notée $A \Rightarrow B$, qu'on appelle l'implication logique). Admettons A. Devons-nous logiquement admettre B ?

Non parce que *considérer* une proposition n'implique pas l'*accepter*. Décider d'admettre $A \Rightarrow B$ relève de notre responsabilité critique (de jugement)³. Si nous avons admis d'autres vérités qui nécessitent (impliquent) $A \Rightarrow B$ et si nous avons décidé d'être logiques, nous devons décider d'admettre $A \Rightarrow B$. Sinon la décision est libre (ou arbitraire, relevant de notre « libre arbitre »).

1. $A \Rightarrow B$ et A (nous admettons $A \Rightarrow B$ d'une part et A d'autre part). Devons-nous logiquement admettre B ?

Si nous acceptons les règles de cohérence logique alors nous devons admettre B.

2. $A \Rightarrow B$ et non-B. Devons-nous logiquement admettre A ?

Si nous acceptons les règles de cohérence logique alors nous devons admettre non-A.

À l'envers : si nous acceptons A alors nous acceptons B parce que $A \Rightarrow B$ or nous rejetons B.

3. $A \Rightarrow B$ et B : que devons-nous déduire concernant A ?

La logique nous contraint à admettre que A n'est pas nécessaire. Nous devons admettre la proposition « A ou non-A ».

Les règles de la logique sont présentées sur mon blog et ailleurs sur internet et il est inutile de les recopier ici⁴.

Cette petite présentation devrait permettre au lecteur peu familier avec les règles logiques de mieux percevoir l'opportunité d'analyser un discours donné comme un réseau logique de propositions. En cherchant à ranger d'un côté les prémisses (« axiomes ») qu'on accepte sans examen logique et de l'autre côté les conclusions (« théorèmes ») qui en découlent logiquement, on peut détecter des conclusions fausses ou découvrir la nécessité de modifier les prémisses (e.g., 2.9). C'est ainsi je crois que va le discours de la physique, des mathématiques, de l'informatique etc. – la rationalité scientifique. Le pouvoir éclairant d'un discours logiquement structuré est qu'il *falsifie* des phrases possibles étant données ses prémisses. La limite de cet éclairage est que la vérité des prémisses est

² Qui est l'abrégé de $V[V(P) = 1] = 1$ qui est l'abrégé de $V\{V[V(P) = 1] = 1\} = 1$ etc. (régression à l'infini).

³ On peut définir un jugement critique simplement : c'est un jugement de vérité, ou encore un *positionnement* dont résulte une *position*, position qui par définition peut être vraie ou fausse en tant qu'énoncé logiquement relié à d'autres énoncés.

⁴ <https://epistemo.hypotheses.org/3470> ; à vous d'étudier l'article en question ainsi que les exercices de logique sur IRIS pour vous familiariser avec les tables de vérité et les diagrammes de Venn.

conventionnelle. Le caractère créatif de la pensée scientifique tient au fait que rien n'interdit d'imaginer toutes les prémisses qu'on peut.

2.1. Algèbre d'événements : aperçu

Un discours scientifique porte sur des choses, entités, objets, décrits par des aspects⁵ possibles. Par exemple, les aspects *a* et *b* figurant dans le diagramme de Venn ci-dessous (fig. 1) différencient quatre choses possibles : une chose d'aspect *w*, une chose d'aspect *x*, etc.

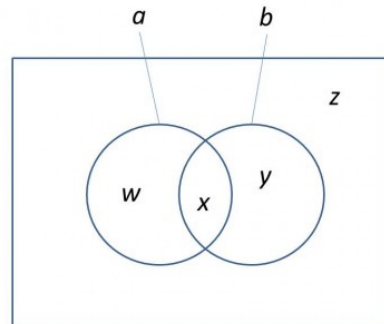


Figure 1. Une algèbre à deux aspects et quatre événements élémentaires.

Utilisons le « modèle probabiliste » (théorie des probabilités) que présentent par exemple Jacquard (1974) ou Saporta (1990) sans nous occuper des probabilités. Une proposition concernant les aspects possibles des objets d'une part, un événement dans l'univers des événements possibles d'autre part, sont synonymes. Par exemple, « quelque chose est un *a* et pas un *b* » (*A* et non-*B*) est une proposition et aussi un événement ou, dirons-nous aussi pour aller vite, un aspect ou une description.

L'univers des événements possibles, noté Ω (Oméga), forme une algèbre d'événements. Le mot « algèbre » signifie que tout événement de Ω est défini par *calcul* d'événements élémentaires via les *opérations* d'intersection (et), de réunion (ou) et de complémentation (non). Par exemple :

- $a = \{w\} \cup \{x\} = \{w, x\} = w$ ou x (\cup signifie la réunion d'ensembles),
- $a \text{ et } b = \{w, x\} \cap \{x, y\} = \{x\}$ (\cap signifie l'intersection d'ensembles),
- $\{z\} = \text{non}-(a \text{ ou } b) = \text{ni } a \text{ ni } b$.

Exercice. Définissez les événements élémentaires *w*, *x*, *y*, *z* en fonction de *a* et *b*.

Corrigé. *w* est un *a* et un non-*b* (noté 10 qui sont des coordonnées dans $\Omega = a \times b$) ; *x* est un *a* et un *b* (noté 11) ; *y* est un non-*a* et un *b* (noté 01) ; *z* est un non-*a* et un non-*b* (noté 00).

Explicitez l'événement « quelque chose est un *a* ».

⁵ Aspects, propriétés, états, paramètres, attributs, dimensions, etc. sont synonymes.

Corrigé. Quelque chose est un w ou un x , ou encore quelque chose est un a et b ou un a et non- b .

Deux événements sont *incompatibles* (contradictoires) si leur intersection est vide ou, de façon équivalente, s'ils ne peuvent pas être vrais conjointement. Deux événements élémentaires sont incompatibles. Des événements forment un *système complet* si leur réunion est Ω .

2.2. Événements logiquement indépendants

Deux événements sont *logiquement indépendants* si aucun n'implique l'autre ou la négation de l'autre. Deux événements sont logiquement dépendants si au moins l'un des deux implique l'autre ou sa négation.

Exercice. (1) Deux événements incompatibles sont-ils logiquement indépendants ?

(2) Dans la fig. 1, a et b sont-ils logiquement indépendants ?

(3) Construisez une algèbre d'événements telle que a et b soient logiquement dépendants.

(4) Telle que $A \Rightarrow \text{non-B}$.

(5) Donnez un exemple de deux événements logiquement indépendants, puis de deux événements logiquement dépendants.

Corrigé. (1) Non car l'un implique la négation de l'autre.

(2) Oui. A n'implique pas B car w est possible. B n'implique pas A car y est possible.

(3) Par exemple il suffit que a soit strictement inclus dans b ($A \Rightarrow B$).

(4) Il suffit que $A \cap B = \emptyset$ (cf. fig. 3).

(5) La minceur et la taille des gens sont des grandeurs logiquement indépendantes (quoiqu'empiriquement corrélées, c'est-à-dire non-orthogonales pour les gens qui raisonnent en termes de géométrie – algèbre matricielle) ; respire \Rightarrow vivant.

2.3. « Plus faux que »

Deux événements incompatibles sont *contraires* s'ils forment un système complet.

Puisque vrai et faux sont des événements contraires dans le référentiel {vrai, faux}, quel sens cela a-t-il de dire que telle phrase est *plus* fautive (ou vraie) qu'une autre phrase ?

Exercice. Soient p_1, p_2, \dots, p_5 cinq propositions vraies. Soient

- **p_6 la conjonction (non- p_1 et p_2 et p_3 et p_4 et p_5),**
- **p_7 la conjonction (non- p_1 et non- p_2 et p_3 et p_4 et p_5).**

En quel sens peut-on dire que p_6 est moins fautive (donc plus vraie) que p_7 ?

Corrigé. On sait compter le nombre de propositions vraies dans p6 et p7, respectivement quatre et trois. Il suffit de décréter (convention, « axiome ») que la vérité d'une phrase de cardinal 5 (le nombre de propositions qui la composent) est, sur une échelle en six points de 0 à 5, le nombre de propositions vraies la constituant. Mais attention, ce score est une *vérité bis* parce que la vérité logique n'est pas une quantité mais un bit d'information (0/1, faux/vrai). Ainsi, le score de vérité bis de p6 vaut 4 tandis que celle de p7 vaut 3. Quand bien même p6 et p7 sont fausses.

Ne confondons pas « valeur de vérité logique » d'une proposition, qui se trouve dans l'ensemble {faux, vrai}, et « évaluation de la vérité » de cette proposition dans une échelle de mesure ad hoc, ici l'ensemble ordonné (0, 1, ..., 5). La vérité bis est ad hoc tant qu'on ne dispose pas d'une théorie générale de l'évaluation (quantitative) de la vérité – qui suppose, dès qu'on utiliserait des scores, que la vérité soit additive, or elle ne l'est pas puisque ce n'est pas une quantité mais une information, une impulsion ou encore un signal innervant un réseau logique.

2.4. Vérité-correspondance (à prendre avec des pincettes parce que je ne maîtrise pas l'article de Tarski)

La vérité-correspondance (Tarski, 1972) est souvent présentée de la manière suivante : la proposition « la neige est blanche » est vraie si la neige est blanche (voir aussi Popper, 1991; Searle, 1995). S'agit-il d'une correspondance avec la réalité ?

Tout le problème est de s'entendre sur ce qu'on appelle « réalité ». Si la réalité est ce qui est censé exister indépendamment de nous ou hors de notre expérience⁶, comment pouvons-nous en connaître les aspects ? Songeons à la neige qui serait blanche hors de toute expérience humaine.

Le réalisme naïf consiste à considérer la blancheur de la neige comme un fait réel ou encore *brut*, sans se rendre compte que la perspective qui est la nôtre est *projetée* (anthropocentrisme ?) sur la « profondeur sans fond du réel » (Bimbenet, 2011, p. 208). Si nous appelons « réalité » notre conviction (subjectivité) que la neige est blanche, laquelle s'énonce aisément (la neige est blanche), alors nous pouvons distinguer :

- (i) le langage que nous manipulons de manière logique (« la neige est blanche » est une proposition vraie ou fausse par définition) et
- (ii) le langage que nous manipulons comme nous respirons, sans distanciation logique, la neige est blanche (et si elle n'est pas blanche, elle est souillée, teintée... ce n'est plus la neige « pure » et bla bla bla).

Comme nous jugeons que la proposition que nous voulons doter d'une valeur de vérité correspond à la proposition affirmée sans distance logique, « la neige est blanche » est vraie parce que la neige est blanche ; c'est-à-dire « la neige est blanche » est vraie parce que la proposition correspond à ce que nous prenons comme un *fait* ou encore une *évidence* que la neige soit blanche. La vérité-

⁶ Avec le problème de savoir si le non-être est réel, auquel cas il n'est pas le non-être puisque s'il est réel alors il existe...

correspondance se fonde sur des affirmations factuelles sans se préoccuper du réalisme de la factualité ; elle n'exige pas qu'une phrase vraie corresponde au réel⁷.

Conséquence : on peut poursuivre le but de construire des conclusions vraies arrimées de manière non-contradictoire à nos convictions ou axiomes les plus chers, sans nourrir l'espoir que ce discours corresponde au réel – un exemple patent étant le discours mathématique qui crée un monde auto-suffisant auquel on accède via des propositions soigneusement, c'est-à-dire logiquement, construites. Et nous pouvons aussi abandonner l'idée (inutile ?) qu'un fait corresponde au réel, cela n'impacte pas la quête d'un discours théoriquement *et* empiriquement valable.

2.5. Implication

Exercice. Référez-vous à la fig. 1 (p. 4). (1) Quelles lettres parmi w, x, y, z, satisfont $B \Rightarrow A$? (2) Est-il nécessaire, lorsqu'on admet $B \Rightarrow A$, que l'ensemble b soit non-vide ?

Corrigé. (1) Toutes les lettres sauf celle qui correspond à « être un b et ne pas être un a ». (2) Non : $B \Rightarrow A$ est une inclusion d'ensembles, elle ne dit rien sur ce que contiennent ces ensembles.

2.6. Biais de confirmation vs. corroboration (cf. dernier paragraphe de l'Introduction)

Un chercheur teste une hypothèse en s'apprêtant à observer une prédiction déductible de l'hypothèse. L'observation vérifie la prédiction et le chercheur conclut que son hypothèse est vérifiée, validée ou encore confirmée.

Exercice. Où est l'erreur ?

Corrigé. $A \Rightarrow B$ est vraie par hypothèse donc A est inclus dans B. B est vraie par décision empirique (observation) donc on se trouve dans B, soit *dans A* soit *hors de A*.

Pour éviter de prendre (dangereusement ?) notre désir pour une réalité, si nous voulons croire avec clairvoyance, c'est-à-dire pas aveuglement, en l'hypothèse, utilisons, au moins dans ce cours, l'expression *corroborer une hypothèse* quand nous *vérifions sa prédiction*. La *vérification* de la prédiction *corrobor*e l'hypothèse dont elle découle. Popper (2006) a vigoureusement appelé à la clairvoyance, c'est-à-dire à la capacité à discuter de manière critique et rationnelle dans un contexte où une croyance révélée vraie à quelqu'un *peut* être fausse pour quelqu'un d'autre *sans que* cela entraîne un *changement de statut* dans la communauté discutante, en caractérisant le savoir scientifique comme par définition *conjectural*, distinguant, dans les sciences dites empiriques, les conjectures *falsifiées* des conjectures *corroborées* (par d'autres conjectures).

On peut résumer tout ceci de manière formelle en observant que la proposition $A \Rightarrow B$ équivaut à la proposition non-A ou B – voir aussi la citation de Notturmo (2000)⁸.

⁷ Voir aussi Feyerabend (1979) : <https://epistemo.hypotheses.org/347> et Searle (1995) : <https://epistemo.hypotheses.org/269>.

2.7. Cataclysme logique

On admettra « démontrable \Rightarrow vrai »⁹. Si on admet qu'on peut démontrer, à partir des mêmes prémisses, une proposition et sa négation, c'est un cataclysme logique¹⁰. Pourquoi ?

Parce qu'on détruit l'information qu'apportent les valeurs « vrai » et « faux » grâce à leur incompatibilité/contradiction logique, et donc l'intelligibilité des mots « vrai » et « faux », donc l'éclairage ou plus exactement le rôle « boussole » de la vérité (qui tient lieu de nord qd on « navigue dans » les significations du discours). Même si la fausseté d'une théorie scientifique est parfois assumée¹¹, la connaissance scientifique théorique repose sur la foi en l'existence de théories cohérentes, c'est-à-dire de théories dont ne découle aucune proposition vraie et fausse.

Remarque. Une même proposition peut être vraie d'après une théorie cohérente T et fausse d'après une théorie cohérente T', ce qui les rend logiquement incompatibles (cf. par exemple l'incompatibilité logique des physiques cosmologique et quantique).

2.8. Hypothèse auxiliaire

Quand on teste une hypothèse selon la méthode hypothético-déductive, on utilise l'implication $H \Rightarrow O$ où H et O désignent respectivement l'hypothèse et l'observation (au sens large d'une conséquence vérifiable et falsifiable) que l'hypothèse implique. Mais cette manière de présenter le problème cache un petit problème : l'hypothèse testée contre O est « H et $(H \Rightarrow O)$ » et non pas « H » qui signifie, dans l'algèbre générée par H et O, « $(H \text{ et } O) \text{ ou } (H \text{ et non-}O)$ ». Quand on explicite ceci, on est obligé de distinguer deux hypothèses dans l'hypothèse : l'hypothèse H qui nous intéresse, et l'hypothèse dont on a besoin pour déduire O de H : $H \Rightarrow O$, qui joue un rôle *auxiliaire* par rapport à H.

Exercice. (1) Exhibez une condition suffisante pour que H soit vraie et O fausse.

(2) On suppose que (M) y mesure par une fonction strictement croissante la quantité q et que (A) on sait faire augmenter expérimentalement la quantité q. On teste l'hypothèse en contrôlant expérimentalement l'augmentation de q.

(2.1) Quelle est la prédiction ?

(2.2) Comment peut-on interpréter la falsification de la prédiction ?

(3) Quelle erreur peut-on commettre lorsque la prédiction est vérifiée ?

⁸ <https://epistemo.hypotheses.org/430>

⁹ Ce qui veut dire que la vérité des axiomes n'est pas nécessairement démontrable – et on sait par Gödel que dans certains domaines de langages (en mathématiques), il existe au moins une proposition qu'on dit indécidable (ni vérifiable ni falsifiable).

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=82jOF4Q6gBU>

¹¹ C'est le cas de la démarche de simulation stochastique fondée sur des hypothèses considérées comme fausses mais utiles parce que simples ou commodes pour le calcul.

Corrigé. (1) Il suffit d'admettre que $H \Rightarrow O$ est fausse. Ce qui entraîne qu'il est possible de critiquer un test en affirmant que son hypothèse auxiliaire est fausse, et qu'il convient, si on veut donner prise à la critique¹², d'expliciter cette hypothèse auxiliaire.

(2.1) y doit augmenter (O).

(2.2). Si y n'augmente pas alors l'hypothèse

$$\{M \text{ et } A \text{ et } [(M \text{ et } A) \Rightarrow O]\} \Rightarrow O$$

est fausse, où $M = \text{« y mesure q »}$, $A = \text{« q augmente »}$, $O = \text{« y augmente »}$. L'hypothèse en jeu est M . On admet que la manipulation expérimentale est maîtrisée (hypothèse auxiliaire « A » vraie), et que le raisonnement est correct (hypothèse auxiliaire « $(M \text{ et } A) \Rightarrow O$ » vraie). Donc non- M , on ne sait pas mesurer q avec y .

(3) On confirme l'hypothèse de mesurage.

2.9. Lecture critique

Dans « Le code de la conscience », Dehaene (2014) évoque la tâche expérimentale suivante : des chiffres et des lettres sont successivement projetés pendant 100 ms sur un écran, l'ordre de projection des images étant contrôlé. Le sujet expérimental doit détecter l'apparition de lettres sur l'écran. Certains sujets sont frappés lorsqu'ils découvrent qu'ils n'ont pas vu la lettre qui se trouvait juste après la lettre qu'ils venaient de détecter. Dehaene écrit : « Le simple fait de prêter attention à la première lettre engendre un 'black-out' qui annihile toute possibilité de percevoir la seconde » (p. 57).

Admettons « détection de la première lettre \Rightarrow attention prêtée à la première lettre \Rightarrow black-out », admettons que la durée du black-out (non précisée) soit supérieure à 200 ms et admettons que la seconde lettre suive immédiatement la première.

Exercice. Quelle conséquence en tirez-vous ?

Corrigé. Le black-out est en cours pendant l'affichage de la seconde lettre, elle n'est donc pas détectée. Dans l'algèbre d'événements observables associée à cette situation, l'événement « détection de la deuxième lettre » est *incompatible* avec l'événement « détection de la première lettre » (l'intersection des deux ensembles correspondants est vide, la détection de la seconde lettre est un falsificateur de l'hypothèse « (attention prêtée à la première lettre \Rightarrow black-out) et (durée du black-out $>$ 200 ms) »).

Dehaene présente un graphique en points (p. 57) où chaque point est le couple (nombre de pas de 100 ms entre la première et la seconde lettre, pourcentage de détections de la seconde lettre lorsque la première a été détectée). Le couple (1 ; 75 %) signifie que la seconde lettre suit

¹² Point d'honneur qui est au scientifique ce que la direction du « régime des malades à leur avantage » est au médecin dans le serment d'Hippocrate.

immédiatement la première (1 = un pas de 100 ms entre les deux lettres) et que le taux de détection de la seconde lorsque la première a été détectée s'élève à 75 %.

Exercice. L'observation du couple (1, 75 %) est-elle cohérente avec l'explication de la non-détection de la seconde lettre par le black-out d'une durée d'au moins 200 ms ?

Corrigé. Non, elle falsifie l'explication.

3. Expliquer implique décrire

On admettra la conséquence méthodologique de la réflexion logique suivante : « Si les habitudes de la pensée préscientifique, relevant du réalisme naïf, le dissimulent, la réflexion logique doit du coup d'autant plus rigoureusement mettre en évidence le fait que nulle connaissance ne peut se rapporter à des objets qu'elle n'a pas elle-même conceptuellement déterminés » (Windelband, 2002, p. 222). La connaissance objective est fondée sur des objets. Donc la connaissance scientifique doit construire ses objets avant de s'en servir pour sonder le réel.

On retrouve ici la restriction faite en introduction : la connaissance valable est véhiculée par le discours. De plus, l'adoption du critère de la vérité logique conduit méthodologiquement au formatage de ce discours par la « moulinette » d'une algèbre d'événements (formatage qui est un début de mathématisation de ce discours). Autrement dit un scientifique doit savoir construire les algèbres d'événements par lesquelles il définit ses théories et ses observations, parce qu'elles jouent le rôle d'un cadre perceptif du réel¹³.

Comme la plupart des phénomènes auxquels s'intéresse la psychologie dite scientifique sont décrits de manière probabiliste, la construction d'une algèbre d'événements s'impose d'autant plus comme préalable nécessaire si on veut appréhender a priori et logiquement les aspects possibles de ces phénomènes¹⁴.

Prenons à titre d'exercice un exemple dans la quatrième de couverture d'un ouvrage intitulé « Le Sexe des émotions » (Braconnier, 1996).

« À la maternité, lorsqu'un nourrisson pleure et qu'un autre bébé se tourne vers lui, presque toujours, ce dernier est une fille ».

Construisons une algèbre descriptive de la situation. Le quelque chose en question est le bébé en présence d'un nourrisson qui pleure (aspect a vrai). Le bébé *peut* se tourner vers ce nourrisson (aspect b vrai ou faux) et *peut* être une fille (aspect c vrai ou faux).

¹³ Il est possible que l'algébrisation ne soit pas un prérequis méthodologique de la conceptualisation logique. Je constate cependant que les disciplines qui l'évitent sont remplies d'ambiguïtés conceptuelles, à tel point parfois que la cohérence logique en devient comme facultative. Mais alors leurs discours ne peuvent pas prétendre à être *validés* selon le critère de la vérité logique si on ne peut pas juger de leur vérité logique.

¹⁴ Une description qui ne s'appuie pas sur une algèbre d'événements sera dite pré-référentielle au sens où le cadre ou encore le référentiel descriptif généré par la description n'est pas explicite. Par exemple, la description d'Emma Bovary par Flaubert est pré-référentielle.

Exercice. Faites un diagramme d'ensembles représentant les possibilités logiques (incompatibles deux à deux et formant un système complet).

Corrigé. L'ensemble Ω représente un bébé en présence d'un nourrisson qui pleure (ensemble a). L'ensemble b est l'événement « B : le bébé se tourne vers le nourrisson ». L'ensemble c est l'événement « C : le bébé est une fille ».

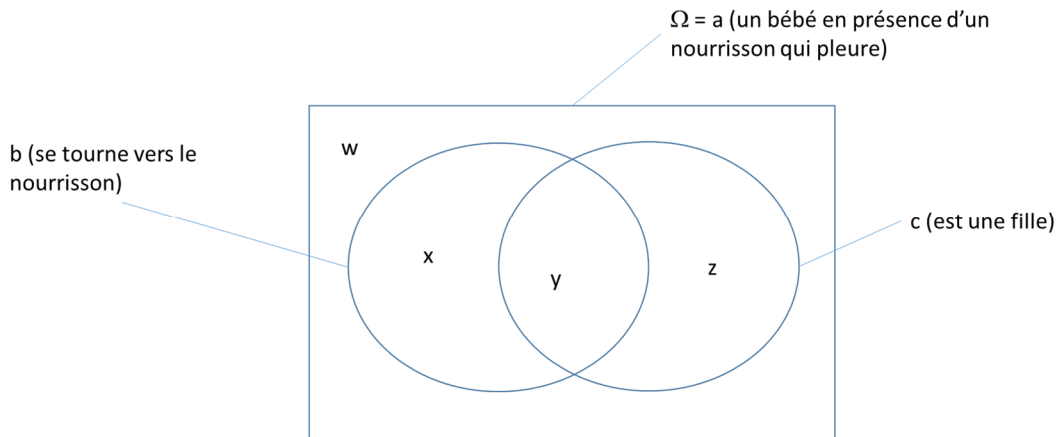


Fig. 2. Représentation ensembliste de l'exemple de Braconnier.

Les possibilités notées w, x, y, z forment une algèbre d'événements (incompatibilité et complétude).

- w correspond à non- b et non- c (le bébé ne se tourne pas et est un garçon),
- x correspond à b et non- c (le bébé se tourne et est un garçon),
- y correspond à b et c (le bébé se tourne et est une fille),
- z correspond à non- b et c (le bébé ne se tourne pas et est une fille).

Avant d'examiner comment les probabilités s'articulent avec le langage descriptif d'une algèbre d'événements, posons que l'explication rationnelle des phénomènes affectant les objets est une recherche de principes, nécessités, invariants, gouvernant la variabilité de leurs aspects dans des conditions données. La nécessité s'opposant à la *contingence*, expliquer un phénomène de manière rationnelle c'est dire la nécessité qui le gouverne. Expliquer un phénomène en invoquant la contingence consiste à fournir non pas une explication, mais le constat de l'absence d'explication rationnelle.

Corollaire. La connaissance scientifique peut aussi prendre la forme d'un constat d'absence d'explication rationnelle de la variabilité connue dans une certaine algèbre d'événements.

L'assimilation rationnelle de l'expérience du divers à la nécessité est une démarche constructive (au sens de l'épistémologie constructiviste inaugurée par Piaget). Le prototype de l'explication de la variabilité comportementale (aspectuelle) d'un objet est une phrase du genre :

si l'objet se trouve dans telle condition, alors (nécessité) il se trouve dans tel état.

Et la loi expérimentale s'expliquera éventuellement par une nécessité théorique en forme de principes dont se déduit la loi expérimentale, dans le cadre d'une algèbre d'événements plus sophistiquée.

Nous n'irons pas plus loin bien qu'il faille aussi se demander comment une telle approche descriptive permet d'étudier les principes de changement et les phénomènes de métamorphose ou de développement, c'est-à-dire les phénomènes qui affecteraient la transformation des référentiels eux-mêmes (j'utilise « référentiel » et « algèbre d'événements » comme des synonymes).

La prolifération des référentialisations ad hoc limite l'universalité des principes expérimentaux qui pourraient y avoir été découverts, puisqu'une des conditions de possibilité d'un principe est qu'il soit formulé, c'est-à-dire qu'il se réfère à un référentiel. Mais la pertinence d'une telle remarque dépend de la richesse des trouvailles : tant qu'on ne trouve pas de principes expérimentaux à foison, la prolifération des référentiels et leur utilisation empirique est une manière de pêcher dans le même lac apparemment vide, en variant les techniques de pêche.

3.1. Une bibliothèque

« Dans une bibliothèque comportant 100 ouvrages, il y en a 40 qui sont écrits en anglais dont 8 portent sur la biologie »¹⁵. Considérons les attributs « langue » et « matière » qui servent à décrire un ouvrage quelconque de la bibliothèque et l'algèbre d'événements générée par ces attributs, Langue \times Matière = {anglais, non-anglais} \times {biologie, non-biologie}.

Exercice. Quel est son cardinal ?

Corrigé. $|\{\text{anglais, non-anglais}\} \times \{\text{biologie, non-biologie}\}| = |\{\text{anglais, non-anglais}\}| \times |\{\text{biologie, non-biologie}\}| = 2 \times 2 = 4$. On dénombre quatre événements élémentaires, (anglais, biologie), (anglais, non-biologie), (non-anglais, biologie), (non-anglais, non-biologie).

Considérons l'application qui, à chaque ouvrage, associe un et un seul événement élémentaire. Si 10 ouvrages ont la même *image*, on dit que cette image a 10 *antécédents* (les 10 ouvrages en question).

Exercice. Quel est le nombre d'antécédents de chaque événement élémentaire ?

Corrigé. (anglais, biologie) a huit antécédents, (anglais, non-biologie) a $40 - 8 = 32$ antécédents. On ignore le nombre exact d'antécédents de (non-anglais, biologie) et (non-anglais, non-biologie), mais on sait qu'il est inférieur ou égal à $100 - 40 = 60$.

3.2. La générosité de Paul

On s'intéresse à l'objet « Paul passe devant un mendiant ». Paul donne de l'argent ou pas, son porte-monnaie est vide ou pas.

Exercice. (1) Spécifiez l'algèbre d'événements de la situation (et faites un diagramme).

¹⁵ <https://www.deleze.name/marcel/culture/probabilites/bayes/bayes.pdf>

(2) On a les observations de fréquence non-nulle suivantes : porte-monnaie vide pas de don, porte-monnaie non vide don. Quel principe peut-on dégager ?

(3) Ce principe est-il vérifié ?

Corrigé. (1) Porte-monnaie \times Comportement = {vide, non-vide} \times {don, pas de don}. Mais attention à la sémantique de la situation : par définition, l'événement (vide, don) est impossible. Donc $\Omega = \{(vide, pas de don) \text{ ou } y, (non-vide, don) \text{ ou } z, (non-vide, pas de don) \text{ ou } x\}$.

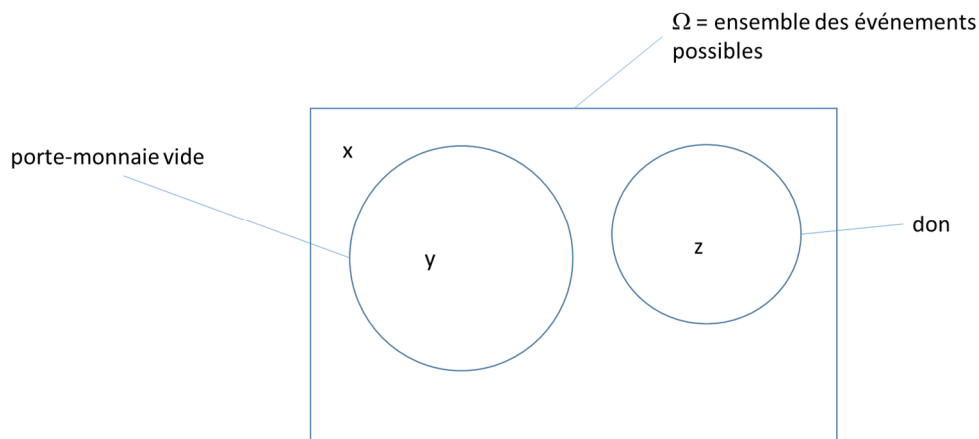


Fig. 3. Exemple de deux concepts logiquement dépendants.

(2) L'événement $x = (non-vide, pas de don)$ n'a jamais été observé, ce qui suggère le principe non-vide \Rightarrow don (du point de vue de l'inclusion d'ensembles, l'ensemble « don » contient l'ensemble « porte-monnaie non-vide »).

(3) Oui par rapport aux observations connues, non par rapport aux observations logiquement possibles, qui ne suppriment pas l'événement falsificateur x . On pourra dire, par *induction* (généralisation de la partie au tout), que Paul obéit au principe de donner quand il peut le faire, tout en sachant que le principe est *suggéré* par des connaissances empiriques (finies).

3.3. Crédibilité d'une observation

Quel critère se donner pour évaluer la crédibilité des observations effectuées dans un certain référentiel ? Le critère de l'accord intersubjectif est celui qui fonctionne (plus ou moins) en science. Mais il implique une propriété de principe : laquelle ?

La crédibilité 0 n'existe pas. Par exemple, si deux observateurs observent le même phénomène dans un référentiel en oui/non, la crédibilité d'une observation vaut 2/2 ou 100 % (deux « oui » ou deux « non ») ou 1/2 ou 50 % (un oui et un non), mais pas 0 par construction de l'échelle d'accord intersubjectif. En pratique, un observateur jugé compétent suffit sur la foi qu'il est *interchangeable* avec un autre observateur jugé compétent.

Juge 1	Juge 1	Crédibilité
0	0	100%
0	1	50%
1	0	50%
1	1	100%

3.4. Décrire implique négliger

Exercice. Considérez un objet quelconque (par exemple, une table en bois, ce que vous voulez). Est-il possible de définir un référentiel descriptif *total* ou encore *infini* de cet objet ?

Corrigé. Non, la description référentialisée *néglige* au moins un aspect possible de la table (par exemple, les petits trous qu'ont creusés des insectes xylophages).

L'observation scientifique est définie dans ce cours comme une observation référentialisée (algébrisée) et donc réductrice.

Conséquence : il n'existe pas de fait *brut* totalement *connu* au sens scientifique du terme.

3.5. Description psychotechnique

Voir l'article 42a de mon blog¹⁶ – indispensable.

Exercice. (1) Considérez un test psychologique composé de $m > 1$ items dont les réponses sont codées dans une échelle de Likert ; le scoring des réponses consiste à additionner les points. Qu'est-ce qui empêche l'échelle de scores d'être une échelle de mesure ordinale des réponses ?

(2) Considérons la proposition « différents instruments permettent de mesurer l'intensité de la phobie sociale ». Quel est le référentiel (descriptif) de la phobie sociale ?

Corrigé. (1) L'échelle de scores n'est pas une description *univoque* des réponses possibles (qui sont des m-uplets) ; donc ce n'est pas une échelle *nominale* pour mesurer les réponses possibles ; donc ce n'est pas une échelle *ordinale* puisqu'une échelle ordinale est une échelle nominale dotée d'une relation d'ordre (emboîtement des échelles de Stevens : ordinal => nominal).

(2) Je vois deux options possibles : le référentiel est inconnu ou est un segment de droite, dont l'origine (le zéro) désigne l'absence d'intensité et dont la borne supérieure désigne la quantité maximale de l'intensité. Dans le premier cas, on ignore ce que mesurent les différents instruments – théoriquement inacceptable. Dans le second cas, la phrase « différents instruments permettent de mesurer l'intensité de la phobie sociale » implique que les observations qu'on sait faire avec ces instruments permettent de savoir quelque chose à propos de la quantité d'intensité de la phobie sociale.

¹⁶ <https://epistemo.hypotheses.org/3951>

3.6. Mesurage

P : un questionnaire permet de mesurer l'intensité de la phobie sociale.

Exercice. Tirez les conséquences de P.

Corrigé. Si P est vraie, il existe au moins quelqu'un, disons Paul, dont on sait mesurer l'intensité de sa phobie sociale grâce au questionnaire (il suffit qu'il sache répondre aux items).

Mais qu'a-t-on appris exactement une fois que Paul a passé le test ? On a appris son score parce qu'on a appris ses réponses.

Quelles relations logiques connectent l'objet « score » à l'objet « intensité » (de la phobie sociale qui sera dorénavant laissée implicite) ? Des relations de *mesurage*, par définition.

Donc nous avons besoin d'une théorie du mesurage pour savoir ce que nous entendons par « y mesure x ». La théorie communément acceptée en science est pragmatique : si y mesure x, alors, dans des conditions déterminées, on sait déduire de la connaissance qu'on a de y, une connaissance concernant x.

Exercice. Traduisez « y mesure x » dans le contexte de la proposition P.

Corrigé. Le *score* mesure l'*intensité*. Si le score de Paul augmente d'au moins un point, son intensité a augmenté (on ne sait pas de combien puisqu'on ne connaît aucune unité de mesure de l'intensité¹⁷).

Exercice. Comment a-t-on testé la théorie qui dit que le score varie en fonction de l'intensité ?

Corrigé. Pour utiliser une approche expérimentale classique, il faudrait savoir contrôler l'intensité, par exemple en la maintenant constante, afin d'observer si les variations du score sont conformes à ce qu'on sait de la variation de l'intensité. Or on ne sait pas contrôler l'intensité. Donc on n'a pas testé la théorie de mesurage qui est nécessaire si on veut interpréter un score comme une mesure empirique de l'intensité.

Exercice. Quelle autre théorie pourrait-on tester ?

Corrigé. La théorie que les *réponses au test* (et non pas les scores) mesurent l'intensité (Lacot, Afzali, & Vautier, 2016).

Une théorie falsifiable est une théorie qui a au moins un falsificateur.

Exercice. Qu'est-ce qui falsifie la théorie ?

Corrigé. L'observation de deux réponses au test, c'est-à-dire, dans l'algèbre des événements du test, de deux m-uplets, *incomparables* (ni égaux ni tels que l'un soit supérieur à l'autre). L'incomparabilité implique qu'au moins un des deux m-uplets n'est pas une mesure (sinon les deux m-uplets seraient ordonnés donc comparables).

¹⁷ Pour qu'une unité de mesure de l'intensité de la phobie sociale existe, il faudrait que cette unité ait été conceptualisée, construite, comme n'importe quel objet.

3.7. Référentiels manifeste vs. latent

Exercice. La théorie du mesurage qui repose sur l'hypothèse d'une fonction croissante qui, à toute quantité de la grandeur (objet non-observable), attribue une et une seule image dans un ensemble d'observables, relie un référentiel latent à un référentiel manifeste : lesquels ?

Corrigé. Le référentiel latent est la grandeur ou encore le segment $[0, \max]$ qui en est la représentation quantitative. Le référentiel manifeste est l'ensemble des observables.

On peut envisager d'autres exemples. Le point à saisir est que l'interprétation d'un phénomène empirique (manifeste, observable) en termes de processus non-observables (latents) se ramène toujours à une relation logique entre ce qui se passe dans le référentiel latent et ce qui se passe dans le référentiel manifeste¹⁸.

3.8. Vécu et physiologie

P1 : je vois une pomme sur une photo (évoquant de mon vécu associé à la situation « moi devant la photo de la pomme »). P2 : je dis que je vois une pomme sur la photo (comportement verbal). P3 : mon corps est dans un certain état.

Exercice. Quelles propositions sont susceptibles d'être référentialisées ?

Corrigé. P2 par {oui, non, je ne sais pas répondre} lorsqu'un observateur juge la vérité de « le sujet dit voir une pomme sur la photo ». P3 par une algèbre d'événements possibles générée par une théorie du corps (et en particulier des yeux et du cerveau).

Je ne vois pas comment je pourrais expliciter mes vécus possibles. Conséquence : si j'admets qu'une explication est un énoncé d'impossibilité dans un référentiel, la négation de certains événements possibles, je ne vois pas comment les neurosciences cognitives pourraient expliquer mon vécu.

P4 : ceci est la photo de mon visage lorsque je vois la photo de la pomme.

Exercice. Décrivez le problème du mesurage des émotions (vécu) par la perception des expressions du visage.

Mise en contexte. « Les expressions des humains, particulièrement celles qui se manifestent dans leur regard, sont subtiles, complexes. Un coup d'œil ou un sourire peuvent transmettre tant de messages ! ... L'un des grands obstacles aujourd'hui rencontré par l'intelligence artificielle est d'identifier les expressions faciales et les regards humains. Certains experts prétendent même qu'aucun ordinateur ne pourra jamais parfaitement déchiffrer un regard » (Cixin, 2017, p. 227).

Corrigé. Face au problème de savoir quelles émotions transmet le regard, un préalable est la construction de l'algèbre des événements de regard, de telle sorte que chaque événement de regard possible soit un observable, c'est-à-dire une proposition logique dont la vérité puisse être jugée par

¹⁸ L'absence de référentialisation est un critère pour différencier les interprétations théoriques en un sens vague, voire pompeux, des interprétations théoriques au sens scientifique du terme.

autant d'observateurs de regards qu'on veut (intersubjectivité qui est un prérequis d'objectivité empirique).

4. Probabilité et tendances

Avant d'aborder la probabilisation d'une algèbre d'événements, récapitulons.

4.1. Formes descriptives référentialisées

On part de quelques propriétés, aspects, attributs descriptifs pour former un ensemble de possibilités descriptives, noté Ω (algèbre d'événements ou référentiel de description sont synonymes). La description d'un objet dans Ω peut prendre deux formes possibles.

- (i) La forme élémentaire consiste à décrire l'objet dans le langage des aspects élémentaires. Par exemple (cf. fig. 1, p. 4), « x », « x ou y », « non-(w ou z) », jamais « x et y » parce que les événements élémentaires sont incompatibles.
- (ii) La forme aspectuelle consiste à décrire l'objet selon les aspects définis dans Ω , par exemple, « a et b », non-a ou b, ou encore « a » qui signifie « (a et b) ou (a et non-b) ».

4.2. Mesures de vérité ou de probabilité ?

Une description quelconque dans Ω est par définition vraie ou fausse. En codant ces valeurs de vérité 1 et 0 respectivement, nous pouvons aussi dire que les propositions qu'on peut former dans une algèbre d'événements ont une *mesure* de vérité, comme on dira qu'elles ont une *mesure* de probabilité¹⁹. Notons $V(a)$ la mesure de vérité de a , V étant une application de l'ensemble des parties de Ω dans $\{0, 1\}$ obéissant aux règles logiques. On a :

- $V(\Omega) = 1$ (convention de Ω),
- $V(a) = 0$ ou 1 (tiers exclu).
- $V(\text{non-}a) = 1 - V(a)$ (non-contradiction).

La *probabilisation* de Ω consiste à définir une application P de l'ensemble des parties de Ω dans $[0, 1]$. La mesure de probabilité d'un événement quelconque a de Ω , notée $P(a)$, est un nombre tel que²⁰ :

- $P(\Omega) = 1$,

¹⁹ Attention ici à ne pas confondre le mesurage empirique de grandeurs théoriques, qui repose sur une approche causale (variation de q cause variation observable telle qu'il existe une fonction croissante etc.), et les mesures au sens mathématique du terme, qui désignent des nombres arbitrairement associés à des objets mathématiques qui ne sont pas des grandeurs.

²⁰ Axiomatique de Kolmogorov (e.g., Saporta, 1990).

- la probabilité de la réunion d'événements incompatibles est la somme de la probabilité de ces événements.

Exercice. Montrer que $P(a) = 1 - P(\text{non-}a)$.

Corrigé. a et $\text{non-}a$ sont incompatibles donc $P(a \text{ ou } \text{non-}a) = P(a) + P(\text{non-}a)$. De plus a et $\text{non-}a$ sont des contraires parce que $a \text{ ou } \text{non-}a = \Omega$. Donc $P(a) + P(\text{non-}a) = 1$ donc $P(a) = 1 - P(\text{non-}a)$.

4.3. Indépendance logique vs. probabiliste de deux événements

Événements *indépendants* au sens des probabilités. On dit que a et b sont indépendants (au sens des probabilités) si $P(a \text{ et } b) = P(a) \times P(b)$.

Exercice. Vérifier que l'équiprobabilité des événements élémentaires de la fig. 1 vérifie l'indépendance de a et b .

Corrigé. Comme w, x, y, z sont les quatre événements élémentaires de Ω , leur mesure d'équiprobabilité vaut $1/4 = 0,25$ et $P(a) = P[(a \text{ et } b) \text{ ou } (a \text{ et non-}b)] = P(a \text{ et } b) + P(a \text{ et non-}b) = 0,5$. De même $P(b) = 0,5$. Donc $P(a) \times P(b) = 0,5 \times 0,5 = 0,25$. Comme $P(a \text{ et } b) = 0,25$, $P(a) \times P(b) = P(a \text{ et } b)$ – indépendance probabiliste de a et b .

Exercice. Montrer que l'indépendance logique de a et b n'implique pas l'indépendance de a et b au sens des probabilités.

Corrigé. L'indépendance logique de a et b signifie que ni $A \Rightarrow B$ ni $B \Rightarrow A$, c'est-à-dire que les singletons $\{w\}, \{x\}, \{y\}, \{z\}$ sont *possibles*, donc que leur mesure de probabilité est strictement supérieure à 0. Il suffit d'exhiber un exemple qui satisfait cette condition tel que $P(a \text{ et } b) \neq P(a) \times P(b)$.

Soient $P(a) = 0,7$, $P(b) = 0,5$ et $P(a \text{ et } b) = 0,3$. On en déduit que $P(\text{non-}a \text{ et non-}b) = 0,1$ parce que $P(a \text{ ou } b) = 0,7 + 0,5 - 0,3 = 0,9$. On a $0,7 \times 0,5 = 0,35$ et comme $0,35 \neq 0,3$, a et b ne sont pas indépendants au sens des probabilités quoique logiquement indépendants.

Conjecture. Comme je ne sais pas le démontrer, j'énoncerai comme une conjecture que l'indépendance logique de deux événements (ou concepts) est plus *générale* que l'indépendance au sens des probabilités et que la dépendance probabiliste est plus *générale* que la dépendance logique. En termes d'événements, indépendance probabiliste (équiprobabilité) \Rightarrow indépendance logique (la première est un cas particulier de la seconde). Contraposée : dépendance logique \Rightarrow dépendance probabiliste (la dépendance logique est un cas particulier de dépendance probabiliste).

4.4. Expérience aléatoire et virtualité : de quoi les probabilités sont-elles les propriétés ?

La probabilisation d'une algèbre d'événements repose en pratique sur la notion d'expérience (ou d'épreuve) aléatoire. Utilisons la définition qu'en donne Saporta (1990) : « Une *expérience* est qualifiée d'*aléatoire* si on ne peut prévoir par avance son résultat et si, répétée dans des conditions

identiques, elle peut (ou aurait pu s'il s'agit d'une expérience par nature unique) donner lieu à des résultats différents » (p. 7).

Revenons à l'exemple de Braconnier (fig. 2, p. 11) : « À la maternité, lorsqu'un nourrisson pleure et qu'un autre bébé se tourne vers lui, presque toujours, ce dernier est une fille ». Admettons que cette observation soit le résultat d'une série de répétitions à l'identique d'une expérience aléatoire, pour que nous soyons en mesure de mobiliser les probabilités pour décrire ce que nous savons. Que signifie que l'expérience soit « répétée dans des conditions identiques » ?

L'algèbre d'événements définie dans la fig. 2 n'apporte aucune réponse, il faut construire de toutes pièces ce qu'on appelle la répétition à l'identique²¹. Considérons les bébés Paul et Julie en présence d'un nourrisson qui pleure. Paul ne se retourne pas. Julie se retourne. Que doit-on ajouter ou retirer à Julie ou Paul pour que ces deux expériences soient des répétitions à l'identique ? Nous construisons l'objet « bébé en présence d'un nourrisson qui pleure » comme une *virtualité* qui, soumise à l'expérience (ou observation), donne un *résultat*²².

Le problème logique que (me) pose l'objet « bébé virtuel » est le suivant. Admettons que les probabilités habillent, décrivent, caractérisent la chose ainsi construite (possibilité admise par défaut et donc existante dans l'épistémé contemporaine). Cette chose est-elle identifiable à une chose comme Paul ou Julie ? La tendance ou autre quantité mathématiquement intégrable à partir de la loi de probabilité peut-elle légitimer qu'on parie grâce à elle sur des choses différenciées et, semble-t-il, indépendantes de ces probabilités ?

4.5. Explication et apprentissage par détection d'erreur

Nous avons défini l'explication comme un énoncé de dépendance logique ($A \Rightarrow B$ ou $B \Rightarrow A$) et l'absence d'explication comme un énoncé d'indépendance logique. Le « presque toujours » de l'observation « est une fille » falsifie

se tourner vers le nourrisson qui pleure \Rightarrow être une fille.

En d'autres termes, l'explication logique est supprimée par le fait qu'un garçon *puisse* se tourner vers le nourrisson qui pleure. Et il est clair, dans cette algèbre d'événements, qu'on ne sait pas ce qui fait qu'un bébé se tourne ou pas vers un nourrisson qui pleure en sa présence.

On est ici dans la situation où les connaissances empiriques rapportées justifient une nette affirmation d'ignorance d'une explication logique. Le référentiel descriptif utilisé pour cette expérience aléatoire met en évidence l'absence de loi expérimentale à laquelle « bébé virtuel » obéirait. Si nous voulons des conditions suffisantes ou nécessaires de « se tourner vers le nourrisson qui pleure », nous devons enrichir le cadre descriptif initial et tester les implications hypothétiques qui nous intéressent.

²¹ Une algèbre d'événements ne porte pas sur les choses mais sur leurs aspects possibles.

²² Je ne vois pas de différence épistémologique entre ce bébé et un photon : tous deux sont des virtualités dont des aspects sont réalisés par une expérience (que la psychologie appelle « observation » et que la physique quantique appelle « mesure »).

4.6. Sauver le phénomène statistique par les tendances²³

Admettons 100 bébés qui se sont tournés vers le nourrisson. Admettons que « presque toujours une fille » corresponde à 85 bébés (et donc à 15 bébés garçons). Ces statistiques nous apprennent-elles quelque chose en termes de probabilités qui caractériseraient le comportement empathique de « bébé virtuel » ?

Admettons que « bébé virtuel » ait plus tendance à se tourner vers un nourrisson en pleurs quand il est fille que quand il est garçon, ce qui s'énonce comme une probabilité conditionnelle :

$$P(\text{se tourne} | \text{fille}) > P(\text{se tourne} | \text{garçon}).$$

Par définition, $P(a | b) = P(a \text{ et } b) / P(b)$. Admettons que $P(\text{fille}) = P(\text{garçon}) = 0,5$. On a donc

$$P(\text{se tourne} | \text{fille}) > P(\text{se tourne} | \text{garçon}) \Rightarrow P(\text{se tourne et fille}) > P(\text{se tourne et garçon}).$$

Prenons les fréquences observées grâce aux répétitions de l'expérience aléatoire comme des estimations de probabilité²⁴. L'observation corrobore la tendance de « bébé virtuel » se tournant vers le nourrisson en pleurs d'être une fille. Ce que je veux mettre en évidence : la tendance caractérise une virtualité.

4.7. Dépistage et jugement

On veut juger si Paul est atteint de la maladie « Maladie ». Paul passe le test de dépistage de la Maladie et celui-ci donne un résultat positif. On admet que parmi 100 positifs, on trouve en moyenne 3 fausses détections (des gens positifs qui n'ont pas la Maladie).

La décision est à trois options : soit on juge Paul malade, soit on juge Paul non-malade, soit on décline le jugement.

Du point de vue descriptif (référentiel latent), Paul est soit malade, soit pas malade.

On peut considérer que le « processus de dépistage » (objet virtuel de l'expérience aléatoire) a une tendance de 3 % à produire de fausses détections. Mais quelle politique de décision adopter puisqu'il n'y a pas de dépendance logique entre « environ 3 % de fausses détections », qui ne décrit pas Paul mais le processus de dépistage, et « Paul malade ou pas malade », dont l'état est indépendant du processus de dépistage ?

Le jugement que nous faisons ne peut être une déduction dérivée des connaissances valables (3 %). Aussi en portons-nous la responsabilité morale (c'est une décision). D'où, si l'on souhaite se débarrasser de cette responsabilité, la tentation de déléguer son jugement à d'autres (y compris en se conformant à une norme de décision) ou de ne pas juger. Ou bien, on peut entreprendre la

²³ Sur les tendances, voir aussi mon cours vidéo ici : <https://epistemo.hypotheses.org/cours-video>

²⁴ Les probabilités ne se mesurent pas avec un instrument de mesure, mais s'estiment avec des méthodes d'optimisation numérique (modélisation probabiliste des données).

référentialisation des enjeux des trois options possibles et essayer de construire une évaluation de la meilleure option, ce qui implique de définir ce qu'on appelle bonnes et mauvaises décisions.

Les probabilités conditionnelles sont souvent utilisées par les tenants de l'interprétation dite subjective des probabilités pour « aider », dit-on, la décision. Ainsi, la probabilité $P(\text{malade} | \text{positif})$ serait utilisable pour connaître la probabilité que Paul soit malade sachant qu'il est positif. Voyons comment cette probabilité est calculée. On sait que, par définition d'une probabilité conditionnelle, $P(\text{malade} | \text{positif}) = P(\text{malade et positif}) / P(\text{positif})$.

Exercice. (1) Calculer cette probabilité à partir des effectifs de patients ayant servi à « valider » le test de dépistage, représentés dans la fig. 4. (2) Indiquez en quoi cette probabilité n'est pas celle qui est recherchée.

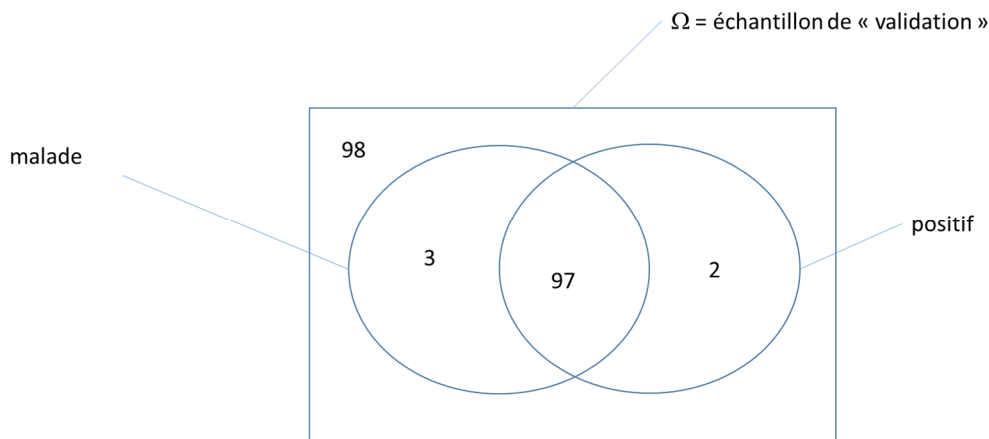


Figure 4. Échantillon de « validation » du test.

Corrigé. (1) $P(\text{malade} | \text{positif}) = P(\text{malade et positif}) / P(\text{positif}) = 97 / (97 + 2) = 97 / 99$.

(2) On estime les probabilités avec des fréquences observées. L'expérience aléatoire consiste à sélectionner au hasard (équipossibilité) un patient positif parmi les 97 disponibles et à observer s'il est malade ou pas. Paul n'est pas l'objet de l'expérience aléatoire. La probabilité qu'il soit positif est égale à 1. Et la probabilité qu'il soit malade est égale à 0 s'il n'est pas malade, 1 s'il est malade. La probabilité conditionnelle est donc égale à 0 ou à 1 selon le cas.

4.8. La corroboration n'est pas une probabilité (Popper)

Peut-on estimer le degré de corroboration d'une proposition par la fréquence de succès de ses prédictions ? Par exemple, une proposition T a des implications vérifiées huit fois sur 10 : T aurait une corroboration de 8/10. La proposition T' a des implications vérifiées sept fois sur sept, elle aurait une corroboration de 7/7. Popper (2012, p. xviii note 11) propose l'argument suivant. Soient T et T' deux théories très bien corroborées (par exemple la théorie T de Newton et la théorie T' d'Einstein)²⁵. Bien que partageant un grand nombre de propositions, elles sont logiquement incompatibles parce qu'il

²⁵ On néglige la construction d'une algèbre qui engloberait toutes les implications possibles de manière à satisfaire les axiomes de Kolmogorov.

existe O telle que l'une prédit O tandis que l'autre prédit non-O. Par conséquent, la corroboration ne peut pas être une probabilité (au sens du calcul des probabilités).

Preuve. Si la corroboration ainsi définie était une probabilité, alors la corroboration de la proposition (T ou T') devrait être égale à la somme de la corroboration de T et de la corroboration de T' puisqu'elles sont incompatibles. Puisque T et T' sont très bien corroborées, ces corroborations devraient être supérieures à 0,5 et donc leur somme supérieure à 1, ce qui est impossible. Donc la corroboration (ainsi définie) n'est pas une probabilité.

Exercice. L'incompatibilité logique de T et T' implique l'égalité $P(T \text{ ou } T') = P(T) + P(T')$. Montrer avec une table de vérité que

$$[(T \Rightarrow O) \text{ et } (T' \Rightarrow \text{non-O})] \Rightarrow \text{non-(T et T')} - T \text{ et } T' \text{ sont contradictoires.}$$

Corrigé. On construit la table de gauche à droite en décomposant progressivement la proposition cible, dont on calcule ensuite la vérité à partir de la vérité de T, T' et O ($2 \times 2 \times 2 = 8$ propositions élémentaires possibles). On vérifie que la colonne cible, $[(T \Rightarrow O) \text{ et } (T' \Rightarrow \text{non-O})] \Rightarrow \text{non-(T et T')}$, est remplie de 1 (que la proposition cible est une tautologie). Conclusion : deux théories qui ont une implication contradictoire sont logiquement incompatibles.

				non-T ou O	non-T' ou non-O		A	B	
T	T'	O	non-O	$T \Rightarrow O$	$T' \Rightarrow \text{non-O}$	T et T'	$(T \Rightarrow O) \text{ et } (T' \Rightarrow \text{non-O})$	non-(T et T')	$A \Rightarrow B$
0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0	1	0	0	1

5. Conclusion

Soient des propositions, plus ou moins soigneusement bâties dans le cadre d'algèbres d'événements, dont on admet qu'elles véhiculent des connaissances valables donc crédibles. La description même du mode général de construction, non pas du discours académique actuel, qui est bien plus complexe, mais d'un discours autocritique qui s'efforcerait d'être lucide sur les conditions de sa propre vérité (ou probabilité si on veut faire de la vérité un continuum), montre que la vérité logique est aussi fragile que le discours qu'elle peut innover s'il a été formulé à cet effet. On peut tenter de se servir de la vérité logique pour construire un discours logiquement valable ou cohérent compte tenu des connaissances empiriques disponibles.

Mais, lorsqu'il s'agit d'utiliser ce discours valable pour *évaluer*, c'est-à-dire exercer son pouvoir d'assigner quelqu'un ou quelque chose en particulier à une certaine place dans un référentiel d'évaluation, il n'est plus question de *recherche* mais d'*affirmation* de connaissance. Ce qui entraîne

qu'on s'expose non seulement à l'erreur scientifique, mais aussi à l'erreur éthique : ai-je fait de mon mieux en affirmant une connaissance sachant que j'ignore si ce que j'affirme est vrai ?

D'où, aussi et si on ne veut pas commettre trop d'erreurs, dont la puissance des effets est à proportion du pouvoir qu'on mobilise, la possibilité de décider de consacrer du temps pour juger de ce que nous voulons juger et de ce que nous ne voulons pas juger, à la lumière de notre raison, laquelle est nécessairement animée par nos affects, desquels il convient de goûter le mélange de saveurs pour mieux identifier ce qui, dans tel propos ou telle situation, nous chagrine ou nous met en joie, la possibilité donc de consacrer du temps à juger de ce que nous voulons juger ou ne pas juger.

Références

Bimbenet, E. (2011). *L'animal que je ne suis plus*. Paris: Gallimard.

Braconnier, A. (1996). *Le Sexe des émotions*. Paris: Odile Jacob.

Cixin, L. (2017). *La forêt sombre*. Paris: Actes Sud.

Dehaene, S. (2014). *Le code de la conscience*. Paris: Odile Jacob.

Feyerabend, P. (1979). *Contre la méthode : Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*.

Paris: Seuil.

Jacquard, A. (1974). *Les probabilités*. Paris: Presses Universitaires de France.

Lacot, E., Afzali, M. H., & Vautier, S. (2016). Test validation without measurement : Disentangling scientific explanation of item responses and justification of focused assessment policies based on test data. *European Journal of Psychological Assessment*, 32, 204-214.

Notturmo, M. A. (2000). *Science and the open society : The future of Karl Popper's philosophy*.

Budapest: Central European University Press.

Piaget, J. (Éd.). (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Paris: Gallimard.

Popper, K. R. (1991). Commentaires philosophiques sur la théorie de la vérité de Tarski. In K. R.

Popper, *La connaissance objective* (p. 471-496). Paris: Aubier.

Popper, K. R. (2006). *Conjectures et réfutations : La croissance du savoir scientifique*. Paris: Payot.

Popper, K. R. (2012). *The two fundamental problems of the theory of knowledge*. London and New York: Routledge.

Saporta, G. (1990). *Probabilités analyse des données et statistiques*. Paris: Editions Technip.

Searle, J. R. (1995). *The construction of social reality*. New York: The Free Press.

Tarski, A. (1972). *Le concept de vérité dans les langages formalisés* (A. Tarski, Éd.). Paris: Armand Colin.

Windelband, W. (2002). *Qu'est-ce que la philosophie ? Et autres textes*. Paris: Vrin.