

Vérité partielle et réalisme scientifique : une approche bungeenne

Résumé : Le réalisme scientifique occupe une place centrale dans le système philosophique de Mario Bunge. Au cœur de cette thèse, on trouve l'affirmation selon laquelle nous pouvons connaître le monde partiellement. Il s'ensuit que les théories scientifiques ne sont pas totalement vraies ou totalement fausses, mais plutôt partiellement vraies et partiellement fausses. Ces énoncés sur la connaissance scientifique, à première vue plausible pour quiconque est familier avec la pratique scientifique, demandent néanmoins à être clarifiés, précisés et, ultimement, à être inclus dans un cadre théorique plus large et rigoureux. Depuis ses toutes premières publications sur ces questions et jusqu'à récemment, Mario Bunge n'a cessé d'interpeller les philosophes afin qu'ils développent une théorie, au sens propre du terme, de la vérité partielle afin de clarifier les enjeux épistémologiques liés au réalisme scientifique. Bunge a lui-même proposé plusieurs parties de cette théorie au fil des années, mais aucune de ces propositions ne l'a satisfait pleinement et la construction de cette théorie demeure un problème entier. Dans ce texte, nous passerons rapidement en revue certaines des approches proposées par Bunge dans ses publications et nous esquisserons certaines pistes qui devraient servir à tout le moins de desiderata pour la construction d'une théorie de la vérité partielle.

Abstract: Scientific realism is central in Bunge's philosophical system. At the core of this thesis, one finds the claim that the world can partially be known. Thus, scientific theories cannot be totally true or totally false, they are at best partially true and partially false. These claims, although obvious for anyone familiar with scientific practice, needs to be clarified, developed and ultimately included in a larger and rigorous theoretical framework. Bunge has always challenged philosophers to build a theory of partial truth. He has himself, from the very beginning, proposed various formal approaches, but none of them satisfied him and the construction of that theory remains an open problem. In this paper, we will quickly go over some of the proposals made by Bunge and we will suggest some directions the development of such a theory might take.

*« Il ne faut pas croire que l'amour de la vérité se confonde avec celui de la certitude. »
Henri Poincaré*

1. Le réalisme scientifique selon Bunge

Le noyau dur du système philosophique de Bunge s'articule autour du matérialisme ontologique, du réalisme épistémologique, de la vérité partielle des théories scientifiques et de la méthode scientifique. Ce sont pratiquement les quatre faces d'un tétraèdre conceptuel insécable : aucune des faces n'est plus fondamentale que les autres et aucune ne peut être considérée de manière isolée. Dans ses textes plus récents, Bunge présente le réalisme comme étant un système philosophique qui peut se décliner sous vingt-deux formes différentes¹. Inutile de les passer en revue ici. Bunge, quant à lui, défend ce qu'il appelle l'hyléalisme² et ce système s'énonce de la manière suivante :

1. (Réalisme ontologique) : Le monde externe existe indépendamment du sujet connaissant;
2. (Réalisme épistémologique) :
 - a) Le monde peut être connu;

1 Bunge, *Chasing Reality*.

2 L'ajout du préfixe « hylé » vient simplement préciser que nous sommes dans un cadre matérialiste. Il explicite donc l'ontologie sous-jacente au réalisme dont la dimension la plus importante dans le contexte des sciences est la dimension épistémologique. Il ne faut pas perdre de vue que pour Bunge, les constituants du monde sont, par définition, matériels et que l'épistémologie, comme nous l'avons souligné à l'aide de notre image géométrique, est inséparable de l'ontologie, même s'il est possible de les différencier méthodologiquement.

- b) Toute connaissance des faits est faillible et la plus grande partie de notre connaissance est indirecte;
- 3. (Réalisme sémantique) :
 - a) Certaines propositions réfèrent à des faits;
 - b) Certaines de ces propositions (factuelles) sont approximativement vraies;
 - c) En principe, toutes les approximations sont perfectibles;
- 4. (Réalisme méthodologique) : La meilleure stratégie pour explorer le monde est la méthode scientifique (scientisme);
- 5. (Réalisme axiologique) : Certaines valeurs sont objectives, telles que la santé, la connaissance, la sécurité, la paix, la protection de l'environnement, la justice.
- 6. (Réalisme moral) : Il y a (a) des faits moraux, tels que les actes de générosité ou les actes égoïstes; (b) de vrais principes moraux, tels que « Les droits, pour être justes et respectés, doivent être contrebalancés par les devoirs, » et « La solidarité et la démocratie favorise la coexistence ».
- 7. (Réalisme pratique) : Il y a objectivement des paires <moyens-but>, comme <travail, bien être>, <connaissance, efficacité>, et <participation, démocratie>.

Ce qui distingue le réalisme scientifique du réalisme naïf, selon Bunge, ce sont les thèses 2 b), 3 b) et 3 c). Ces trois thèses ont des conséquences dont on mesure mal l'impact en général, car elles heurtent de plein fouet notre conception naïve de la connaissance scientifique, voire de certaines approches philosophiques populaires auprès des scientifiques. Bunge en est pleinement conscient et il le souligne de différentes manières et à différents endroits dans son œuvre. On peut lire, par exemple, dans la même source de laquelle nous avons tiré la thèse de l'hyléréalisme, l'affirmation suivante :

« Contrairement à une opinion répandue, le réalisme scientifique n'affirme pas que notre connaissance du monde externe est exacte : il suffit que cette connaissance soit partiellement vraie et que certaines des faussetés de notre connaissance soient tôt ou tard identifiées et corrigées, de la même manière que nous corrigeons notre chemin en parcourant un nouveau territoire. Ainsi, la thèse du faillibilisme 2 b) est contrebalancée par la thèse du méliorisme 3 c). » ³[notre traduction]

Pour bien saisir certaines des conséquences de cette thèse, soulignons que, *pace* Popper, les réfutations scientifiques sont très rares, voire exceptionnelles. Soulignons la présence d'un présupposé important : celui selon lequel nous disposons, à partir d'un certain moment, d'une approximation digne de ce nom, qui se démarque des tentatives précédentes et nous permet d'expliquer et de prédire des événements avec une précision dont la fiabilité est mesurable. En d'autres mots, nous disposons, à partir d'un certain moment, d'une connaissance qui mérite le titre de « scientifique ». Même si la connaissance scientifique est approximative, il existe bel et bien, selon Bunge, une pseudoscience qui, elle, est tout simplement fausse. L'évolution des connaissances scientifiques, une fois en marche, se caractérise donc par le développement de meilleures approximations, meilleures relativement à celles dont nous disposons. Ces améliorations reposent parfois sur des transformations conceptuelles importantes, centrales et profondes. Ainsi, la mécanique newtonienne n'a pas été réfutée par celle d'Einstein : cette dernière est plutôt une meilleure approximation que la première. La mécanique newtonienne n'est pas *fausse*, la théorie d'Einstein n'est pas (totalement) *vraie*. Ce sont des approximations de la vérité. Et puisqu'il s'agit de deux approximations, il est parfaitement raisonnable d'employer la première dans les contextes où l'approximation fournie par la théorie suffit.

Dans la citation précédente, Bunge réfère aux thèses 2 b) et 3 c) qui forment en quelque sorte un tout, une certaine dialectique épistémologique. Il ne mentionne pas la thèse 3 b) qui selon lui constitue avec les deux autres le caractère distinctif du réalisme scientifique : les propositions factuelles sont

3 Bunge, *Chasing Reality*, 30.

approximativement vraies ou partiellement vraies. Comment doit-on comprendre cette thèse? Soulignons-le immédiatement, Bunge n'est pas le seul à l'avoir proposée. Ainsi, Popper a tenté de développer une théorie de la vérisimilitude, théorie selon laquelle les théories scientifiques s'approchent de la vérité, tout en étant fausses. Dans le débat contemporain sur le réalisme scientifique, les notions de vérité partielle et de vérité approximative occupent une place importante⁴. La position de Bunge est toutefois singulière au sein de ce panorama. Nous allons maintenant exposer cette singularité en la comparant rapidement avec la vérisimilitude.

2. La vérisimilitude et la vérité partielle : deux approches distinctes

Afin de marquer simplement la différence fondamentale entre l'approche de Bunge et l'école de la vérisimilitude, nous allons introduire deux définitions simples.

Définition 1 :

- i. une théorie scientifique T qui réfère à un domaine D possède une *valeur de vérité globale* pour ce domaine si une valeur de vérité est attribuée à T en tant que totalité;
- ii. une théorie scientifique T qui réfère à un domaine D possède une *valeur de vérité locale* pour D si une valeur de vérité est attribuée à chaque élément d'une partie propre des propositions de T.

Quelques remarques s'imposent. D'abord, il n'est pas a priori évident que la notion de valeur de vérité globale d'une théorie T soit bien définie. On affirme parfois, par exemple, que la théorie de la relativité générale est vraie. C'est autre chose que de préciser ce que cette dernière affirmation veut exactement dire. En effet, une théorie scientifique étant un système complexe de propositions ou, plus généralement, de représentations, l'affirmation qu'une théorie T est vraie semble nécessairement reposer sur la possibilité d'attribuer des valeurs de vérité à certaines de ses composantes, que ce soit des modèles, des propositions vérifiées, etc., à moins d'adopter une épistémologie rationaliste radicale qui permettrait d'attribuer, par le biais de la raison seule, des valeurs de vérité directement aux axiomes de cette théorie. Ensuite, ce n'est pas parce qu'une théorie possède une valeur de vérité locale qu'elle possède une valeur de vérité globale. En réalité, s'il est raisonnable de penser qu'il est possible d'attribuer des valeurs de vérité à des propositions empiriquement vérifiables ou testables, il apparaît beaucoup plus difficile de déterminer comment on peut passer de ces valeurs de vérité à une valeur de vérité pour la totalité de la théorie, totalité qui est évidemment infinie. Nous allons revenir à cette distinction sous peu. Passons maintenant à la seconde définition.

Définition 2 :

- i. une théorie de la vérité est *bivalente* si elle stipule que les propositions ne peuvent être que vraies ou fausses et rien d'autre;
- ii. une théorie de la vérité est *multivalente* ou *chromatique* si elle admet que les propositions peuvent prendre des valeurs de vérité différentes du vrai et du faux.

À l'aide de ces définitions, il est maintenant facile de comparer l'approche de Popper et de la vérisimilitude et celle de Bunge et la vérité partielle. En gros, on peut affirmer que la vérisimilitude est une théorie de la vérité bivalente et globale alors que l'approche de Bunge est une théorie chromatique et locale. Sans entrer dans les détails, rappelons quand même les composantes fondamentales de la théorie popperienne. D'abord, le *contenu* d'une théorie, pour Popper, est l'ensemble (infini) de ses conséquences logiques. Ce contenu se divise ensuite naturellement en deux : il y a le contenu de vérité, c'est-à-dire l'ensemble des conséquences vraies de la théorie et le contenu de fausseté, c'est-à-dire

4 Niiniluoto, *Critical Scientific Realism*; Kuipers, *From Instrumentalism to Constructive Realism*; Miller, "Out of Error"; Chakravartty, « Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art ».

l'ensemble des conséquences fausses de la théorie. Notez que cette formulation révèle immédiatement que nous sommes de plain-pied dans une théorie bivalente. Il faut également noter que les théories scientifiques sont toutes globalement *fausses* pour Popper. En effet, la seule présence d'une proposition fautive implique que la théorie est globalement fautive. L'approche de Popper fait donc une théorie globalement bivalente.

Popper a proposé deux définitions de la vérissimilitude : une définition qualitative, qui consiste à comparer des ensembles de propositions entre eux, et une définition quantitative qui fait intervenir l'attribution de probabilités à des propositions. L'objectif de Popper était de montrer que le progrès scientifique se caractérise par un accroissement du degré de vérissimilitude, accroissement qu'il interprète comme un rapprochement de la vérité. Il a été démontré dans les années 1970 que ces deux définitions, lorsqu'elles sont appliquées à des théories qui sont fautes, impliquent des contradictions et doivent donc être abandonnées. Toutefois, ces résultats ont déclenché une pléthore de recherches sur ce qu'on appelle aujourd'hui la « truthlikeness » ou, pour utiliser une traduction douteuse, la « ressemblance à la vérité ». Ces recherches, beaucoup plus techniques aujourd'hui, s'inscrivent toujours, pour la plupart, dans un cadre global et bivalent⁵.

Ces brèves remarques n'ont pour but que de faire ressortir la singularité de l'approche de Bunge. Ce dernier a toujours pris à bras le corps l'idée que les propositions scientifiques sont des approximations, que la démarche scientifique ne nous donne jamais la vérité absolue, si ce n'est que parce que la pratique scientifique comprend intrinsèquement une marge d'erreur. Les propositions des sciences factuelles sont donc partiellement vraies⁶. Il faut maintenant tenter de donner un sens exact à cette affirmation.

Puisque nous parlons de la vérité factuelle, Bunge commence par donner une représentation formelle des faits. Dans un article récent⁷, Bunge propose que la collection \mathbb{F} des faits constitue un monoïde. Nous proposons plutôt d'affirmer que \mathbb{F} est une catégorie monoïdale. Toutefois, comme nous n'utiliserons pas cette formalisation dans le présent article, nous n'entrerons pas dans les détails.

Ensuite, Bunge considère la collection \mathbb{P} des propositions. En effet, si la notion de vérité correspondance peut être définie, il faut que ce soit une relation entre les faits et les propositions. Rappelons que les propositions ne sont pas, pour Bunge, des entités transempiriques et extra mentales, mais bien des classes d'équivalence de processus cérébraux. Bunge suppose que l'ensemble des propositions forme un treillis distributif complété. C'est probablement aller un peu trop rapidement, comme nous le verrons plus loin. Nous supposons, pour le moment et sans perdre aucune généralité, qu'il s'agit simplement d'une catégorie, sans en préciser davantage la structure⁸. Bunge stipule ensuite qu'il existe une fonction de \mathbb{F} vers \mathbb{P} , soit la fonction inverse de la référence et que Bunge qualifie de représentation. Les propositions représentent les faits par ce biais. Encore une fois, nous devrions préciser comment nous pouvons remplacer à bon escient les structures proposées par Bunge, mais cet exercice nous mènerait trop loin de notre propos.

En effet, c'est l'étape suivante qui nous intéresse. Bunge affirme ensuite qu'il existe une fonction partielle de l'ensemble des propositions \mathbb{P} vers l'intervalle des nombres réels $[0, 1]$ qui correspond à une assignation de valeurs de vérité à un sous-ensemble des propositions. Cette assignation est chromatique, puisqu'une proposition p peut prendre n'importe quelle valeur dans cet intervalle, la valeur 0 représentant le faux et la valeur 1 représentant la vérité. C'est à cette étape que l'approximation de la vérité apparaît explicitement. La *théorie* de la vérité que Bunge aimerait voir construite consiste précisément à clarifier la structure de chacune des composantes ainsi que des

5 Voir, pour une présentation récente Oddie, « Truthlikeness »; Northcott, « Verisimilitude ».

6 Il ne faut pas perdre de vue que Bunge distingue les vérités de fait des vérités formelles, celles de la logique et des mathématiques. Les vérités formelles sont vraies ou fautes, nous sommes dans un cadre bivalent.

7 Bunge, « The Correspondence Theory of Truth ».

8 Rappelons qu'un treillis n'est qu'un cas particulier d'une catégorie.

connexions entre elles. Nous reconnaissons, avec Bunge, que cette théorie n'existe toujours pas. Nous ne tenterons pas de la construire ici. Nous allons nous concentrer sur un seul aspect de cette entreprise afin d'illustrer les défis qui nous attendent.

Pourquoi Bunge insiste-t-il pour que l'assignation des valeurs de vérité soit faite dans l'intervalle des nombres réels $[0, 1]$? La motivation provient directement de la pratique scientifique. L'idée fondamentale est simple. La situation de base est toujours essentiellement la même. Dans les sciences empiriques quantitatives, les chercheurs calculent la valeur d'une propriété, disons M , par exemple la masse d'un système, et la comparent avec une valeur obtenue expérimentalement. La valeur de vérité d'un énoncé scientifique résulte donc d'une comparaison entre deux énoncés, énoncés qui ont tous une forme canonique. Bunge exprime cette forme canonique sous la forme de deux critères :

Critère 1 : La vraie valeur empirique de M obtenue par la technique t est

$$\mu_t M = e \pm \varepsilon$$

où e est la moyenne d'une grande suite de mesures précises et ε est l'erreur expérimentale (l'écart type moyen) de cette suite.

Les énoncés (quantitatifs) scientifiques de base ont toujours cette forme. La pratique scientifique consiste à collecter une grande quantité de données pour obtenir une valeur singulière qui exprime la grandeur de cette quantité. Le second critère stipule dans quelles conditions un autre énoncé quantitatif est vrai relativement à un énoncé donné.

Critère 2 : La valeur théorique (calculée) θ de M est vraie à condition que la valeur absolue de la différence entre θ et e est inférieure à ε :

$$|\theta - e| < \varepsilon.$$

Notons que ces critères comparent la valeur théorique avec la valeur expérimentale. Il s'agit là du cas le plus manifeste, mais il est parfaitement possible d'envisager la comparaison de deux valeurs théoriques, de deux valeurs empiriques et de comparer une valeur empirique avec une valeur théorique, où cette dernière est maintenant considérée comme la norme de comparaison. Notons également, à la suite de Bunge, qu'il s'agit là de critères et non pas d'une définition de la vérité partielle ou approximative. Ce sont toutefois ces critères, qui reflètent la pratique scientifique, qui motivent l'adoption d'une théorie chromatique de la vérité. Nous y reviendrons, car ils peuvent jouer un rôle plus important dans la théorie que ce que Bunge suggère.

Bunge a, au fil des années, proposé plusieurs fonctions \mathcal{V} d'assignation de valeur de vérité qui se veulent fidèles à ces critères et qui fournissent la troisième composante de la théorie de la vérité partielle. Nous allons en examiner quelques-unes afin d'illustrer certains écueils qui nous permettront ensuite de donner certains desiderata que toute théorie de la vérité partielle qui se veut cohérente avec les tentatives de Bunge doit remplir.

3. Les différentes formalisations de la vérité partielle offertes par Bunge

Selon Bunge, la valeur de vérité d'une proposition factuelle quantitative devrait être en partie fonction de l'erreur qui la sépare de la valeur réelle de la quantité mesurée. Bunge a donné plusieurs exemples informels afin de motiver ce postulat. Ainsi, si vous entrez dans une pièce dans laquelle se trouvent 10 personnes et que vous affirmez qu'il y a 9 personnes présentes dans cette pièce, l'erreur relative de votre affirmation est de $1/10$, puisque l'erreur relative est définie par la fonction $\delta x = |\Delta x/x|$. Selon Bunge, la valeur de vérité de votre affirmation devrait alors être de $1 - 1/10 = 9/10$, ce qui est très près de la vérité, si cette dernière est représentée par la valeur 1. Ainsi, Bunge voit l'erreur comme étant le complément de la vérité et puisque l'erreur est intrinsèque au processus de récolte de données, la vérité ne peut être totale dans les sciences factuelles. Afin de capturer ce postulat, Bunge propose de définir la fonction d'assignation de valeurs de vérité $\mathcal{V} : \mathbb{P}_t \rightarrow [0, 1]$, où \mathbb{P}_t est une partie de \mathbb{P} , soit la partie des propositions qui sont testables. Il y a toutefois déjà de nombreux présupposés qui constituent peut-être des obstacles à l'élaboration d'une théorie adéquate.

Dans le volume 2 de son *Treatise on Basic Philosophy : Interpretation and Truth*, volume publié en 1974, Bunge propose une approche dans laquelle le codomaine de la fonction \mathcal{V} n'est pas défini a priori. Il précise seulement, au départ, qu'elle prend ses valeurs sur la droite des nombres réels. À cette époque, Bunge suppose que la structure algébrique des (classes d'équivalence des) propositions factuelles constitue une algèbre de Boole et que les tautologies reçoivent la valeur 1 et les contradictions la valeur 0. C'est à partir de ce moment que le codomaine de \mathcal{V} est fixé et que c'est l'intervalle réel $[0, 1]$. Il doit alors déterminer les valeurs de vérité des propositions logiquement complexes, soit la disjonction, la conjonction, l'implication et la négation de propositions et c'est à ce moment que des difficultés apparaissent. Le nœud du problème est simple : l'intervalle $[0, 1]$ n'admet pas une structure d'algèbre booléenne, par conséquent certaines équivalences de la logique classique ne sont pas préservées par la fonction \mathcal{V} , ce que Bunge n'avait pas vu⁹. Par ailleurs, ses postulats sur la fonction \mathcal{V} impliquent que la formule pour déterminer la valeur de vérité de la négation d'une proposition p est

$$\mathcal{V}(\neg p) = 1 - \mathcal{V}(p).$$

Dans le troisième appendice du volume 6 du *Treatise on Basic Philosophy*¹⁰, Bunge rejette cette définition en faveur d'une nouvelle définition qu'il juge plus fidèle au comportement de la négation dans les contextes d'approximations numériques.

Afin de justifier l'abandon de la formule précédente pour évaluer la négation d'une proposition, Bunge reprend son exemple de la salle dans laquelle se trouvent 10 personnes. Nous avons vu précédemment que si Marie affirme qu'il y a 9 personnes dans la salle, alors la valeur de vérité de son affirmation est de 0,9. La négation de cette proposition, selon la formule précédente, doit donc avoir la valeur de vérité de 0,1. Elle est donc presque fausse. Imaginons maintenant que Pierre arrive, entend Marie, et affirme à son tour qu'il n'y a pas 9 personnes dans cette salle. Selon Bunge, Pierre a *entièrement* raison, car il est totalement vrai qu'il n'y a pas 9 personnes dans cette salle. Sur cette base, Bunge propose alors la définition suivante de l'évaluation de la négation d'une proposition partiellement vraie :

$$\mathcal{V}(\neg p) = \begin{cases} 0 & \text{si et seulement si } \mathcal{V}(p) = 1 \\ 1 & \text{si et seulement si } \mathcal{V}(p) < 1. \end{cases}$$

L'évaluation de la négation est donc bivalente¹¹. Notons immédiatement que cette définition n'est pas entièrement nouvelle, bien qu'il semble que Bunge ait été le premier à la rattacher au contexte des approximations numériques. En effet, il s'agit de la définition duale de la négation intuitionniste ou de Heyting, évaluée sur l'intervalle des réels. Il est bien connu qu'il est possible de définir une structure d'algèbre de Heyting sur l'intervalle $[0, 1]$, ainsi qu'une structure d'algèbre de co-Heyting et on obtient alors la définition suggérée par Bunge. C'est en fait un exemple de ce qu'on appelle une algèbre de bi-Heyting¹². Il y a donc au moins trois façons distinctes d'évaluer la négation sur cet intervalle. Nous en avons déjà vu deux. La troisième se définit ainsi :

$$\mathcal{V}(\sim p) = \begin{cases} 1 & \text{si et seulement si } \mathcal{V}(p) = 0 \\ 0 & \text{si et seulement si } \mathcal{V}(p) > 0. \end{cases}$$

La première négation est une involution et une opération continue. Les deux autres ne sont des involutions que sur les points extrêmes, soit 0 et 1, et elles sont discontinues. Nous avons vu que Bunge

9 Tobar-Arbulu a cru pouvoir conclure qu'il s'agissait là d'une contradiction et que l'approche de Bunge était contradictoire. Ce n'est pas le cas. La situation s'explique facilement. Voir Tobar-Arbulu, « Quarter Truths, Half Falisities and Plain Lies ». pour la présentation de la situation problématique. Pour la solution, voir Marquis, « Approximations and truth spaces ».

10 Bunge, *Treatise on Basic Philosophy*, 272.

11 Bunge ajoute une clause selon laquelle p ne doit pas déjà être la négation d'une proposition q , auquel cas la valeur de vérité de la négation de p est celle de q . Je dois avouer que je ne comprends tout simplement pas le rôle de cette clause.

12 Reyes et Zolfaghari, « Bi-Heyting Algebras, Toposes and Modalities ».

a rejeté la première en faveur de la seconde. Nous pensons toutefois qu'il est raisonnable de garder la première et, pourquoi pas, d'envisager d'ajouter la seconde si nécessaire.

En effet, la négation continue, soit $\mathcal{V}(\neg p) = 1 - \mathcal{V}(p)$, nous semble parfaitement légitime dans un contexte d'approximations. Elle nous donne des informations sur la valeur de vérité de p et elle reflète parfaitement le fait que l'erreur est le complément de la vérité. La seconde définition proposée par Bunge nous semble également légitime, dans la mesure où nous sortons alors explicitement du contexte d'approximations. D'une certaine manière, elle s'utilise surtout à partir du moment où nous ne sommes pas en mesure d'établir la valeur de vérité partielle de p , mais que nous savons néanmoins que l'évaluation de p diffère de la vérité. Elle est facile à *confirmer*. Elle est toutefois difficile à *réfuter*. L'emploi de la négation proposée par Bunge repose sur notre admission que nous n'avons pas à notre disposition la valeur de la vérité partielle de p , alors que pour employer la première, nous devons au préalable ou en même temps établir la valeur de vérité partielle de p .

La troisième négation est beaucoup plus exigeante et elle semble davantage correspondre à certaines utilisations du préfixe « im — » pour introduire une négation de prédicats, comme dans les expressions « imbattable » ou « impossible », et, du coup, n'a probablement pas sa place dans un contexte d'approximations numériques. Elle est bel et bien la négation duale de celle proposée par Bunge : elle est difficile à *confirmer*, mais facile à *réfuter*. Considérer, par exemple, l'expression « être imbattable » (au ping-pong, par exemple). Strictement parlant, elle est impossible à confirmer, puisqu'elle réfère implicitement à tous les matchs possibles qui peuvent être joués. Elle est toutefois facile à réfuter : il suffit que le joueur ou la joueuse de ping-pong perde un seul match et l'affirmation qu'il ou elle est imbattable est fautive¹³. La seule manière d'introduire cette négation dans un contexte d'approximations consiste précisément, me semble-t-il, à l'interpréter de telle sorte qu'elle exige, d'une certaine manière, une connaissance exacte de la situation, en d'autres mots, qu'elle nous force explicitement à sortir des approximations. Ainsi, si j'affirme qu'il n'y a pas exactement 9 personnes dans cette salle, je dois faire le décompte de la salle. Cela revient au même que d'affirmer qu'il y a exactement 9 personnes dans la salle. Dans les deux cas, j'exige une vérification avec la plus grande précision possible.

Nous avons donc le choix : inclure les deux négations dans notre cadre théorique, ou s'en tenir à la négation qui reflète le fait que nous sommes dans un contexte d'approximations et que la négation d'une proposition nous donne des informations pertinentes sur ces approximations. Il nous semble parfaitement raisonnable et cohérent d'opter pour la négation approximative et de développer une théorie de la vérité partielle sur cette base. Il sera possible par la suite d'ajouter la seconde négation afin de rendre compte de raisonnements qui sortent de l'approximation.

Bunge a des réserves quant à un second opérateur logique, soit la conjonction. Encore une fois, sa position a évolué dans le temps pour des raisons similaires à celles qui l'ont poussé à modifier sa conception de la négation dans un contexte d'approximations. Dans ses écrits les plus récents sur la vérité partielle¹⁴, Bunge rejette la fonction $\mathcal{V}(p \wedge q) = \min \{ \mathcal{V}(p), \mathcal{V}(q) \}$, habituellement employée pour représenter la conjonction dans un contexte d'approximations. Son argument repose sur un exemple simple. Considérons l'affirmation « Aristote était un philosophe de Sparte ». Il s'agit évidemment d'une conjonction phrastique, soit des propositions « Aristote était un philosophe », une affirmation totalement vraie, et « Aristote était de Sparte », une affirmation totalement fautive. Donc, si nous évaluons cette conjonction à l'aide de la fonction *min*, nous obtenons qu'elle est fautive, puisque le faux est la valeur inférieure dans le cadre de Bunge. Selon Bunge, cette assignation de valeur de vérité ne reflète pas la situation adéquatement, car selon lui la conjonction devrait avoir une valeur de vérité non nulle puisqu'elle contient une partie qui est vraie.

Bunge propose donc d'adopter la fonction suivante :

13 Ces remarques sont triviales. Elles découlent directement de la présence des quantificateurs dans la sémantique de ces termes.

14 Bunge, « The Correspondence Theory of Truth ».

$$\mathcal{V}(p \wedge q) = \frac{(\mathcal{V}(p) + \mathcal{V}(q))}{2}.$$

Cette fonction nous donne effectivement, pour les affirmations au sujet d'Aristote, la valeur $\frac{1}{2}$, ce qui, selon Bunge, reflète parfaitement bien la situation. Il y a toutefois de nombreux problèmes avec cette assignation. En effet, ajoutons maintenant à notre conjonction initiale la proposition « Aristote était un élève de Platon », affirmation vraie. Désignons cette proposition par la lettre r et évaluons la conjonction de ces trois propositions. Nous obtenons alors (nous ignorons les parenthèses afin de simplifier la présentation, ce qui n'affecte pas le calcul) :

$$\mathcal{V}(p \wedge q \wedge r) = \frac{(\mathcal{V}(p) + \mathcal{V}(q) + \mathcal{V}(r))}{2} = \frac{(1 + 0 + 1)}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

ce qui est manifestement absurde. Nous pourrions clairement nous amuser à multiplier ce genre de contre-finalité.

Ce qui est étonnant dans l'exemple de Bunge, c'est qu'il prend un exemple de la logique classique bivalente! Il n'y a pas d'approximation dans cet exemple. Bref, si Bunge a raison, il y a quelque chose qui cloche dans la logique bivalente classique! La conjonction d'une affirmation vraie et d'une affirmation fausse est fausse, comme il se doit, sinon, ce n'est pas une conjonction! Il est clair que la fonction proposée par Bunge nous donnerait des résultats encore plus curieux et inacceptables si nous nous en servons avec des valeurs de vérité approximatives.

Le fait est : le cerveau humain peine à traiter des approximations et des valeurs continues. Nous préférons la pensée binaire, au plus ternaire. Le continuum et sa cohésion intrinsèque ne se laissent pas réduire à une somme de points. L'histoire des mathématiques en témoigne.

Que faire alors? Nous croyons, en fait, que plus que jamais la solution est à notre portée. En effet, au cours des dix dernières années, des logiciens ont développé ce qu'on appelle maintenant la logique continue ou la théorie des modèles continus, un cadre théorique qui semble parfaitement adapté aux besoins de la vérité partielle. Il suffit maintenant de déterminer comment appliquer cette logique au problème qui nous intéresse. Impossible de savoir a priori si nous faisons face à une application triviale ou si certaines difficultés inattendues surgiront en cours de route. Il nous est impossible d'entrer dans les détails ici. C'est là un travail qui reste à faire. Nous nous contenterons de brosser les principales étapes à grands traits.

4. Le design d'une théorie de la vérité partielle : les desiderata

Il ne faut pas perdre de vue l'objectif principal de cette entreprise : construire une théorie de la vérité partielle afin de clarifier sur le plan conceptuel ce que signifie : 1. qu'une théorie est partiellement vraie; 2. offrir une définition du degré de confirmation d'une théorie fondée sur la notion de vérité partielle; 3. offrir une définition du pouvoir de prédiction d'une théorie sur la base de la notion de vérité partielle. Sur ces bases, pouvoir clarifier ce que signifie qu'une théorie est plus proche de la vérité qu'une autre. Bunge a présenté des définitions de ces concepts dans les appendices du volume 6 de son *Treatise on Basic Philosophy*. Il s'agit de faire essentiellement de même.

Évidemment, le défi principal est de clarifier la notion de vérité partielle pour une théorie factuelle. Nous allons présenter certains des desiderata que cette théorie devrait satisfaire. Notons que Bunge a lui-même énoncé ces desiderata à différents endroits de son œuvre.

Desideratum 1 : la théorie de la vérité partielle proposée devrait être cohérente avec la logique classique.

La raison derrière ce desideratum est simple : les théories scientifiques utilisent les mathématiques classiques et la logique classique. Dans un premier temps, la théorie de la vérité partielle doit être compatible avec ces faits. Il doit être possible, au besoin, de la modifier selon certains paramètres

spécifiques.

Desideratum 2 : l'assignation des valeurs de vérité est une fonction $\mathcal{V} : \mathbb{P}_t \rightarrow [0, 1]$ où 0 désigne le vrai et 1 désigne le faux.

Nous apportons ici quelques modifications par rapport à ce que Bunge a toujours proposé. Ces modifications découlent de travaux récents en logique. D'abord, il est clair que nous pourrions a priori prendre un espace topologique compact et de Hausdorff plutôt que l'intervalle des nombres réels. Il semble en effet y avoir de bonnes raisons de le faire. Il est possible de construire l'espace des valeurs de vérité à partir de l'espace des valeurs possibles que peut prendre une grandeur empirique. La construction est simple, voire canonique. Voici comment elle peut se faire.

Prenons un cas simple, comme celui proposé par Bunge dans la section 2, soit lorsqu'une magnitude est évaluée sur la droite des réels \mathbb{R} . Supposons maintenant que la valeur réelle, la vraie valeur de cette magnitude est r . Nous déterminons ensuite un écart au-delà duquel les valeurs obtenues sont écartées, car elles ne sont pas significatives. Dénotons la valeur de cet écart par r_s . Nous prenons donc le sous-espace de la droite des réels déterminé par l'intervalle $|r - r_s|$. Nous considérons ensuite la topologie générée sur ce sous-espace par les intervalles ouverts centrés sur r . Finalement, nous construisons l'espace quotient en identifiant les points qui sont à égale distance de r : $r_i \sim r_j$ si et seulement si $|r - r_i| = |r - r_j|$. Il est facile de voir que cet espace quotient est homéomorphe à un intervalle borné des réels avec une topologie très faible, essentiellement constituée des « cercles » autour du « vrai ». Cette construction s'étend facilement à tout espace métrique arbitraire, mais nous n'indiquerons pas les étapes de la construction ici. Dépendamment de la métrique de l'espace d'évaluation des magnitudes, nous obtenons soit un espace homéomorphe à l'intervalle $[0, 1]$, ou un autre intervalle qui, dans certaines conditions, se restreint à un ensemble de deux points $\{0, 1\}$, soit les valeurs de vérité traditionnelles. Dans ce dernier cas, nous nous trouvons dans un contexte où il n'y a pas d'approximation. Notez que lorsque nous passons à l'espace quotient, la distance des valeurs approximatives devient automatiquement, par construction, la distance à la vérité. Nous obtenons donc, de manière canonique, un intervalle qui enregistre la distance relative par rapport à la vérité. Ces valeurs nous sont données. Ce point est essentiel pour la suite de la construction.

Notez que nous avons inversé l'ordre habituel d'attribution des valeurs de vérité sur l'intervalle. Il est de coutume d'attribuer 1 au vrai et 0 au faux. Pour des raisons de simplicité, il s'avère plus judicieux d'inverser cette attribution.

Desideratum 3 : la théorie de la vérité partielle obtenue doit être invariante sous deux types de transformations : i) la distance à la vérité doit être invariante sous des changements d'unités de mesure et ii) la distance à la vérité doit être invariante sous des changements « linguistiques ».

Ce desideratum peut sembler étrange et étonnant de prime abord. Il est toutefois bien connu et remonte à certaines approches qui ont tenté de donner une expression rigoureuse à la vérisimilitude. Il est clair que les changements d'unité de mesure ne devraient avoir aucun impact sur la distance à la vérité. Il faut donc introduire dès le départ des transformations adéquates dans les espaces dans lesquels les résultats de mesure sont obtenus. En général, les changements d'unités de mesure sont des transformations affines qui préservent donc l'ordre implicite entre les résultats. Ces transformations doivent donc faire partie de la théorie.

La deuxième composante du desideratum découle du fait qu'une théorie scientifique peut être axiomatisée de différentes manières, en employant différentes notions primitives, etc. Encore une fois, il est maintenant possible, croyons-nous, d'exprimer cette contrainte précisément dans le cadre de la logique contemporaine. Toute théorie qui respectera ces deux contraintes devrait éviter les pièges habituels liés aux théories de la vérité partielle.

5. Le design d'une théorie de la vérité partielle : le plan général

Nous sommes maintenant prêts à exposer le plan général pour la construction d'une théorie de la vérité partielle. Nous insistons : ce n'est qu'un plan, au même titre qu'un plan d'architecte. Il faut ensuite réaliser ce plan concrètement, avec tous les détails et les preuves nécessaires.

Mais avant d'exposer systématiquement les étapes nécessaires, nous devons rapidement présenter un cadre nouveau qui, à ma connaissance, n'a pas été exploré dans la littérature sur la question de la vérité partielle et la littérature connexe : celui de la logique continue.

Déjà en 1966, les logiciens Chang et Keisler ont publié une monographie sur la théorie des modèles continus¹⁵. Toutefois, cette publication est plus ou moins restée lettre morte. Selon Yaacov et Usvyatsov, l'approche de Chang et Keisler était trop générale, car elle considérait tout espace compact de Hausdorff comme espace de valeurs de vérité plutôt que l'intervalle des réels. Ce choix avait des conséquences directes sur le traitement des connecteurs logiques, plus spécifiquement des quantificateurs : Chang et Keisler avaient tout simplement trop d'options de connecteurs logiques, en particulier de quantificateurs, dans ce contexte. La situation a radicalement changé après la publication en 2008 et en 2010 des articles sur la logique continue du premier ordre¹⁶. Cette dernière est une généralisation en bonne et due forme de la logique du premier ordre classique et plusieurs résultats importants de cette dernière se généralisent à la logique continue. En particulier, les connecteurs logiques et les quantificateurs constituent également des généralisations naturelles des opérateurs bivalents traditionnels¹⁷. Ces éléments sont extrêmement importants, car ils nous permettent de préserver la logique employée par les scientifiques dans leurs raisonnements, voire d'en ajouter maintenant d'autres directement. Les approches antérieures proposées par Bunge et par d'autres exigeaient parfois de faire une certaine gymnastique pour préserver ce lien¹⁸. Nous allons rapidement présenter les principales propriétés de cette logique, car elle nous permet de jeter une lumière nouvelle sur certains des éléments discutés précédemment.

En logique continue, l'ensemble des valeurs de vérité est l'intervalle compact des réels $[0, 1]$, où, comme nous l'avons déjà souligné, 0 représente le vrai et 1 représente le faux. La syntaxe pure d'un langage n'est pas différente de la syntaxe de la logique du premier ordre habituelle, c'est-à-dire qu'une *signature* (ou un *langage* \mathcal{L}) est donné par un ensemble de symboles fonctionnels ainsi qu'un ensemble de symboles relationnels dont nous avons spécifié l'arité (finie) pour chaque symbole. Comme nous l'avons souligné plus haut, il est possible de prendre une signature à plusieurs sortes, ce qui serait probablement judicieux pour les applications que nous avons en tête, mais nous allons ignorer cette généralisation naturelle. Les termes du langage sont également définis de la manière usuelle. Un connecteur logique n -aire est donné par un symbole formel c qui correspond à une fonction continue $c : [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$. Il y a évidemment une grande quantité de connecteurs possibles, mais il est possible de se concentrer sur ceux qui constituent des extensions des connecteurs classiques. En particulier, la négation d'une proposition est la première que nous avons présentée plus haut, celle qui reste dans le champ des approximations, soit $\mathcal{V}(\neg p) = 1 - \mathcal{V}(p)$. Notez que l'inversion du vrai et du faux ne change pas la définition de la négation, ce qui n'est pas une surprise étant donnée la symétrie. La conjonction et la disjonction sont formalisées par le biais des fonctions *max* et *min* (notez à nouveau l'inversion). L'implication se définit également sans problème de la manière suivante : $\mathcal{V}(p \rightarrow q) = \max\{q - p, 0\}$.

15 Chang & Keisler, *Continuous Model Theory*.

16 Yaacov et coll., « Model Theory for Metric Structures »; Ben Yaacov et Usvyatsov, « Continuous First Order Logic and Local Stability »; Yaacov et Pedersen, « A Proof of Completeness for Continuous First-Order Logic ».

17 Notons également que la logique continue, bien que semblable sur plusieurs points à la logique floue, en est également considérablement différente.

18 Mentionnons, par exemple, les travaux de Weston sur la vérité partielle qui nous obligeaient à rejeter la loi du modus ponens. Weston, « Approximate Truth and Scientific Realism ».

Cette définition a la vertu de préserver la règle de *modus ponens*. Il est nécessaire d'ajouter un connecteur afin d'obtenir une liste adéquate de connecteurs logiques et il s'avère qu'un connecteur unaire suffit¹⁹. Il est toutefois étonnant sur le plan conceptuel : il correspond à s'approcher de la vérité par un bon qui consiste à couper la distance donnée de moitié, soit de passer à $\mathcal{V}(p)/2$. La présence de ce dernier connecteur est nécessaire pour des raisons métalogiques et nous n'y attarderons pas. Par ailleurs, les quantificateurs traditionnels sont préservés dans cette logique, ce qui constitue un avantage certain par rapport aux tentatives antérieures. Une formule *atomique* est une expression formelle de la forme $\phi = R(t_1, \dots, t_n)$, où $R \subseteq D \times \dots \times D$ est un symbole relationnel n -aire et les termes t_i contiennent potentiellement des variables libres. Si c est un connecteur n -aire et $(\phi_i)_{i < n}$ est une suite de formules, alors $c(\phi_i)_{i < n}$ est une formule. Si $\phi(\vec{x}, \vec{y})$ est une formule dans laquelle \vec{x} est une suite finie de variables, alors $\forall \vec{x} \phi(\vec{x}, \vec{y})$ et $\exists \vec{x} \phi(\vec{x}, \vec{y})$ sont des formules. Un *énoncé* est une formule qui ne contient aucune variable libre et une *théorie* est un ensemble d'énoncés.

Une \mathcal{L} -structure \mathcal{M} , évaluée sur l'intervalle $[0, 1]$, est donnée de la manière attendue : un ensemble D , le domaine d'interprétation, pour chaque symbole fonctionnel $f : X \times \dots \times X \rightarrow X$, une fonction $f^{\mathcal{M}} : D \times \dots \times D \rightarrow D$ et pour chaque symbole relationnel $R \subseteq X \times \dots \times X$, une fonction $R^{\mathcal{M}} : D \times \dots \times D \rightarrow [0, 1]$. Un symbole relationnel R est ici représenté par une fonction qui prend ses valeurs dans l'intervalle des réels $[0, 1]$. Il faut bien comprendre comment nous allons interpréter les relations et les formules atomiques dans ce contexte. Comme nous l'avons mentionné dans la section 4, nous prenons pour acquis que les valeurs de références, le « vrai », est déjà déterminé, soit empiriquement ou par une autre théorie. Les valeurs attribuées à un prédicat sont donc celles qui reflètent sa distance par rapport à la vérité. La notion de satisfaction d'une formule $\phi(\vec{x})$ se fait également de la manière attendue : étant donné des éléments \vec{a} de D , $\mathcal{M} \models \phi(\vec{x})[\vec{a}]$ si $\phi^{\mathcal{M}}(\vec{a}) = 0$.

Nous en arrivons maintenant à la partie qui nous intéresse au premier chef. En logique du premier ordre classique, la relation d'identité occupe une place singulière et est axiomatisée par les propriétés habituelles de réflexivité, symétrie et transitivité. En passant à la logique continue, nous ajoutons une fonction de distance à la vérité. Les axiomes ajoutés sont donc les axiomes pour une fonction pseudo-métrique, soit, étant donné une formule $d(x, y)$ du langage :

$$\forall x d(x, x) = 0, \tag{1}$$

$$\forall x \forall y (d(x, y) = d(y, x)), \tag{2}$$

$$\forall x \forall y \forall z (d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)). \tag{3}$$

Une *théorie métrique* est une théorie qui possède une formule d qui satisfait ces trois axiomes²⁰. Une structure \mathcal{M} dans laquelle la fonction $d^{\mathcal{M}}$ est une métrique complète est un *modèle* de la théorie métrique. La logique continue a été axiomatisée et un théorème de complétude a été démontré pour cette logique²¹. Plusieurs autres résultats de la logique classique du premier ordre peuvent être démontrés pour cette logique.

Ces résultats sont satisfaisants et intéressants en soi. Toutefois, ce qui nous intéresse ici, ce sont les énoncés qui ne sont pas complètement vrais, mais bien ceux qui s'approchent de la vérité. Les ressources linguistiques de cette logique nous permettent de les représenter et, par conséquent, de définir les notions qui nous intéressent dans la théorie de la vérité partielle. Voici maintenant comment nous pouvons procéder pour construire ladite théorie.

19 Ben Yaacov et Usvyatsov, « Continuous First Order Logic and Local Stability », 5216. La notion de « liste adéquate » nous renvoie à la notion de liste *complète* de connecteurs en logique bivalente classique. Cette dernière notion doit être modifiée dans le contexte de la logique continue. Elle est remplacée par la notion de liste *pleine* qui repose sur la notion topologique de densité d'un ensemble relativement à un autre ensemble. Nous ne donnerons pas les détails techniques ici.

20 Il faudrait ajouter ici deux conditions qui lient cette pseudo-métrique aux symboles fonctionnels ainsi qu'aux symboles relationnels assurant que ces dernières sont uniformément continues. Nous n'avons pas besoin d'entrer dans ces détails ici, mais ils sont nécessaires dans la logique continue.

21 Yaacov et Pedersen, « A Proof of Completeness for Continuous First-Order Logic ».

Étapes de construction d'une théorie de la vérité partielle :

1. Soit T une théorie scientifique quantitative quelconque dans un langage \mathcal{L} de la logique continue. Nous supposons que les mesures des quantités, fonctions et relations testables de cette théorie se font dans un espace métrique, par exemple qu'elles prennent des valeurs réelles. Il y donc, dans ce dernier, les valeurs considérées comme étant vraies et les valeurs obtenues par la théorie. En suivant les indications données après le desideratum 2, nous construisons l'espace des valeurs de vérité E_T pour les grandeurs pertinentes. Cette dernière construction doit respecter la contrainte suivante : la construction de E_T doit être invariante sous les transformations affines pertinentes. Ainsi, l'espace E_T résultant est toujours homéomorphe à l'intervalle des réels $[0, 1]$.
2. Les valeurs de vérité partielle sont attribuées aux relations et aux formules pertinentes par le processus de l'étape 1. Cette étape est cruciale et il faut bien la comprendre. Toutefois, elle est méthodologique et doit simplement être enregistrée correctement pour la construction. En particulier, il faut souligner comment les transformations de la première étape permettent d'éviter certaines objections traditionnelles²².
3. Par une construction maintenant standard, il est possible de construire la catégorie syntaxique \mathbb{C}_T à partir de la théorie²³, en particulier pour les théories métriques²⁴. Cette catégorie \mathbb{C}_T est un objet mathématique dont on peut déterminer les propriétés. Par ailleurs, elle est indépendante des choix particuliers d'axiomatisation et de notions primitives employées. Nous pouvons donc satisfaire une partie du desideratum 3 de cette manière. Cette catégorie contient la structure des relations logiques qui s'expriment par la syntaxe de la théorie, mais elle contient *toutes* les informations logiques, et ce, indépendamment de choix spécifiques de cette syntaxe.
4. Encore une fois, par une construction standard, nous pouvons construire la catégorie des modèles de la théorie (par exemple, dans la catégorie des ensembles). Il est alors possible de définir le contenu *sémantique* de la théorie à une équivalence catégorique près. Encore une fois, cette dernière condition nous assure de l'indépendance de ce contenu par rapport aux choix formels effectués lors de la construction. Certains théorèmes de complétude s'expriment également avec ces outils²⁵.
5. Nous pouvons également comparer deux théories qui portent sur les mêmes grandeurs, par exemple la théorie gravitationnelle de Newton et la théorie de la relativité générale d'Einstein. En suivant les quatre étapes précédentes, il est possible de comparer les théories T_1 et T_2 par le biais des catégories \mathbb{C}_{T_1} et \mathbb{C}_{T_2} et de leurs modèles. En effet, une interprétation n'est rien d'autre qu'un foncteur d'une théorie vers l'autre. Il existe alors plusieurs façons de comparer des théories en ce qui a trait à leur approximation à la vérité, et ce, même s'il n'existe aucune traduction entre les théories. Il suffit de voir comment elles se comparent relativement aux magnitudes expérimentales, ce qui constitue un des éléments fondamentaux et nécessaires de l'évaluation de la qualité des théories factuelles.
6. Finalement, il est possible de définir, comme l'a suggéré Bunge, le pouvoir prédictif d'une théorie T , le degré de confirmation d'une théorie T et de comparer ce pouvoir entre des théories.

6. Conclusion

Nous avons brossé à grands traits un programme de recherche pour construire une théorie de la vérité partielle. Notre proposition est en réalité en continuité directe avec celle que Bunge a proposé en 1974 dans le second volume du *Treatise*²⁶. En fait, elle la corrige et la complète. Deux obstacles ont contribué à dévier Bunge de ce programme à l'époque. D'abord la croyance que la logique de la vérité partielle devait être booléenne. La logique continue n'est pas booléenne, mais c'est une extension

22 Voir à ce sujet Niiniluoto, « Verisimilitude ».

23 Halvorson, « Scientific Theories »; Halvorson et Tsementzis, « Categories of Scientific Theories ».

24 Albert et Hart, « Metric Logical Categories and Conceptual Completeness for First Order Continuous Logic ».

25 Albert et Hart.

26 Bunge, *Treatise on Basic Philosophy: Semantics II: Interpretation and Truth*.

naturelle de la logique booléenne. Lorsqu'on s'en tient au vrai et au faux, la logique continue correspond à la logique booléenne classique. Même lorsqu'on admet des valeurs intermédiaires, la logique continue a des propriétés qui sont des généralisations naturelles de la logique booléenne classique. Ensuite, Bunge ne disposait pas de la logique continue. Il existait des fragments dont il connaissait l'existence, par exemple la logique multivalente de Łukasiewicz, mais cette dernière était limitée à la logique propositionnelle et, par conséquent, les outils techniques ne lui étaient pas disponibles. Finalement, Bunge a crû que dans un contexte d'approximation, le comportement de certains connecteurs, comme la négation ou la conjonction, devait recevoir un traitement singulier.

Nous croyons que dans un contexte d'approximation, les connecteurs logiques devraient être modélisés par des fonctions continues. De cette manière, ils reflètent de l'information pertinente sur les approximations présentes. Les exemples offerts par Bunge et qui l'ont amené à explorer des cadres alternatifs ne s'imposent que lorsqu'on exclut les approximations et que l'on préfère des affirmations prudentes, mais dont le contenu est plus pauvre.

Le véritable travail reste devant nous. Bunge nous aura, néanmoins, montré le chemin à suivre.

Albert, Jean-Martin, et Bradd Hart. « Metric Logical Categories and Conceptual Completeness for First Order Continuous Logic ». *ArXiv:1607.03068 [Math]*, 11 juillet 2016. <http://arxiv.org/abs/1607.03068>.

Ben Yaacov, Itaï, et Alexander Usvyatsov. « Continuous First Order Logic and Local Stability ». *Transactions of the American Mathematical Society* 362, n° 10 (1 octobre 2010): 5213-5213. <https://doi.org/10.1090/S0002-9947-10-04837-3>.

Bunge, Mario. *Chasing Reality: Strife over Realism*. University of Toronto Press, 2006. <https://doi.org/10.3138/9781442672857>.

———. « The Correspondence Theory of Truth ». *Semiotica* 2012, n° 188 (janvier 2012). <https://doi.org/10.1515/sem-2012-0004>.

———. *Treatise on Basic Philosophy: Semantics II: Interpretation and Truth*. Vol. 2. 8 vol. Treatise on Basic Philosophy. Netherlands: Springer, s. d.

———. *Treatise on Basic Philosophy: Volume 6: Epistemology & Methodology II: Understanding the World*. Treatise on Basic Philosophy. Springer Netherlands, 1983. <https://www.springer.com/us/book/9789027716347>.

Chakravartty, Anjan. « Truth and Representation in Science: Two Inspirations from Art ». In *Beyond Mimesis and Convention: Representation in Art and Science*, édité par Roman Frigg et Matthew Hunter, 33-50. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3851-7_3.

Chang, Chen Chung, et H. Jerome Keisler. *Continuous Model Theory*. Vol. 58. Annals of Mathematics Studies. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966. <https://press.princeton.edu/titles/2403.html>.

Halvorson, Hans. « Scientific Theories ». In *The Oxford Handbook of Philosophy of Science*, édité par Paul Humphreys, 26. Oxford Handbooks Online. Oxford: Oxford University Press, 2016. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199368815.013.33>.

Halvorson, Hans, et Dimitris Tsementzis. « Categories of Scientific Theories ». In *Categories for the Working Philosophers*, édité par Elaine Landry, 402-29. Oxford: Oxford University Press, 2018.

Kuipers, Theo A. F. *From Instrumentalism to Constructive Realism: On Some Relations between Confirmation, Empirical Progress, and Truth Approximation*. Synthese Library. Springer Netherlands, 2000. <https://www.springer.com/us/book/9780792360865>.

Marquis, JP. « Approximations and truth spaces ». *Journal of Philosophical Logic* 20, n° 4 (1991): 375–401.

Miller, David. « Out of Error: Further Essays on Critical Rationalism ». In *Rethinking Popper*, édité par Zuzana Parusniková et Robert S. Cohen, 417-23. Boston Studies in The Philosophy of Science.

Springer Netherlands, 2009.

Niiniluoto, Ilkka. *Critical Scientific Realism*. Oxford University Press, 2002.

<https://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/0199251614.001.0001/acprof-9780199251612>.

———. « Verisimilitude: The Third Period ». *The British Journal for the Philosophy of Science* 49, n° 1 (1 mars 1998): 1-29. <https://doi.org/10.1093/bjps/49.1.1>.

Northcott, Robert. « Verisimilitude: A Causal Approach ». *Synthese* 190, n° 9 (juin 2013): 1471-88. <https://doi.org/10.1007/s11229-011-9895-7>.

Oddie, Graham. « Truthlikeness ». In *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, 2^e éd., 541-52. Routledge Philosophy Companions. London & New York: Curd, Martin & Psillos, Stathis, s. d.

Reyes, Gonzalo E., et Houman Zolfaghari. « Bi-Heyting Algebras, Toposes and Modalities ». *Journal of Philosophical Logic* 25, n° 1 (février 1996): 25-43. <https://doi.org/10.1007/BF00357841>.

Tobar-Arbulu, J.F. « Quarter Truths, Half Falisities and Plain Lies ». *Epistemologia* 9, n° 1 (1986): 77.

Weston, Thomas. « Approximate Truth and Scientific Realism ». *Philosophy of Science* 59, n° 1 (mars 1992): 53-74. <https://doi.org/10.1086/289654>.

Yaacov, Itai Ben, Alexander Berenstein, C. Ward Henson, et Alexander Usvyatsov. « Model Theory for Metric Structures ». In *Model Theory with Applications to Algebra and Analysis*, édité par Zoe Chatzidakis, Dugald Macpherson, Anand Pillay, et Alex Wilkie, 315-427. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511735219.011>.

Yaacov, Itai Ben, et Arthur Paul Pedersen. « A Proof of Completeness for Continuous First-Order Logic ». *The Journal of Symbolic Logic* 75, n° 01 (mars 2010): 168-90. <https://doi.org/10.2178/jsl/1264433914>.