

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Définir l'émergence

Sartenaer, Olivier

Published in:

Revue des Questions Scientifiques

Publication date:

2010

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):

Sartenaer, O 2010, 'Définir l'émergence', *Revue des Questions Scientifiques*, vol. 181, numéro 3, pp. 373-404.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Définir l'émergence

OLIVIER SARTENAER

Université Catholique de Louvain, aspirant FNRS

olivier.sartenaer@uclouvain.be

Résumé

La réflexion menée dans cet article est initiée par le constat suivant : l'ambiguïté fondamentale de la maxime classique de l'émergence : « le tout est plus que la somme des parties » a conduit aujourd'hui à une large dissémination conceptuelle qui a pour corrélat un obscurcissement majeur des débats relatifs à l'articulation des disciplines scientifiques. Des lectures très variées de cette maxime classique ont en effet donné naissance à des concepts d'émergence qu'il est difficile de réconcilier dans un discours antiréductionniste unitaire et pertinent.

L'objectif de cet article consiste ainsi en la construction théorique d'un concept philosophique d'émergence précis, opposé à un concept de réduction appelant lui aussi clarification. Nous proposons dans cette optique un *explicitatum* du concept traditionnellement ambigu d'émergence, par l'intermédiaire de trois réquisits définitionnels largement discutés dans la littérature : la survenance, le holisme et la causalité descendante. Ces trois conditions conjointes permettent de définir de manière satisfaisante un concept d'émergence entendu comme irréductibilité explicative de principe. Le concept d'émergence ainsi construit s'avère (1) fidèle aux intuitions des premiers émergentistes britanniques, (2) philosophiquement satisfaisant pour opérer une ébauche classificatoire à même de résorber la polysémie du concept et (3) cohérent avec les présuppositions méthodologiques fondamentales de la pratique

scientifique. En outre, l'*explicatum* construit dans cet article nous permettra de développer, dans un article ultérieur ([30], Sartenaer, 2010), une taxonomie intuitive des différents concepts d'émergence.

1. Introduction

L'idée fondamentale véhiculée par le concept d'émergence s'exprime traditionnellement par l'intermédiaire de la maxime classique : « le tout est plus que la somme des parties ». Selon cet aphorisme hérité des intuitions des penseurs de l'émergentisme britannique¹, certains « tous », *i.e.* certains systèmes naturels conçus comme collections d'entités en interrelation, manifestent des propriétés qui *transcendent* la simple agrégation de leur constituants sous-jacents. De tels systèmes naturels possèdent des propriétés qualifiées d'émergentes, en ce sens que leur existence ne peut être extrapolée ou anticipée sur base d'une connaissance, fût-elle exhaustive, des propriétés des parties du système.

L'idée d'émergence, même dans cette première mouture volontairement imprécise², a eu historiquement de quoi séduire, notamment en vertu de son aspect novateur et quelque peu romantique. Dans l'ordre monotone d'un cosmos régit par les lois immuables de la physique, supposant un déterminisme universel intelligible par un esprit ultime (le démon de Laplace), l'idée que se manifestent des phénomènes imprévisibles, surprenants et inédits a exercé un certain attrait sur de nombreux philosophes et scientifiques. En continuité avec la thématization d'une certaine créativité naturelle par les spiritualistes français³, les premiers émergentistes britanniques ont ouvert la voie à un pluralisme intellectuel en phase avec nos convictions matérialistes. En se positionnant explicitement dans une perspective médiane entre le physicalisme réductionniste des mécanistes et le dualisme anti-réductionniste des théories

-
1. On attribue classiquement la paternité de l'idée d'émergence aux penseurs John Stuart Mill et George Henry Lewes, bien que certaines sources tracent son origine au médecin antique Galien. Par exemple, Cf. [6], Caston, 1997.
 2. Les précédentes considérations recourent à des termes vagues, comme, par exemple, « plus que », « entité », « système », « tout » et « partie », « transcender », *etc.*
 3. Parmi lesquels Ravaisson, Lachelier, Boutroux et évidemment Bergson.

vitalistes⁴, les pères de l'émergence ont façonné un concept qui résonne aujourd'hui encore comme une arme de guerre à l'encontre du dogme d'une science monolithique articulée autour de la méthodologie atomiste de Démocrite.

Malheureusement, les partisans contemporains de l'émergence, en tant que défenseurs d'une forme non-réductionniste de physicalisme, éprouvent des difficultés à développer un discours unitaire et commun à l'encontre de l'édifice réductionniste en place. La raison en est sans doute l'ambigüité même du concept d'émergence, corrélative de la pluralité des interprétations possibles de la maxime classique. On assiste en effet de nos jours à ce que l'on pourrait nommer une « dissémination » du concept d'émergence dans la littérature philosophique et scientifique. On peut lire aujourd'hui qu'une symphonie émerge des notes qui la composent, que nos sociétés sont le siège de l'émergence d'une « conscience commune »⁵, ou qu'un couple d'amoureux se promenant sur les bords de la Seine émerge de l'amas complexe de particules qui les composent⁶.

Dans cet article, nous avons comme objectif de résorber cette polysémie du concept d'émergence en proposant une définition précise du concept qui soit cohérente avec la maxime traditionnelle. En empruntant la terminologie de Carnap, nous tâcherons de fournir ici un *explicatum*⁷ de l'émergence. Cet *explicatum* prendra la forme d'un ensemble fini de réquisits qui, conjointe-

-
4. Bien qu'il semble possible d'effectuer une lecture moniste d'auteurs vitalistes, nous concevons ici le vitalisme comme une forme de dualisme ontologique, dans sens communément accepté (Cf. [31], Sober, 1993 : « Le vitalisme affirme que les objets vivants contiennent une substance immatérielle »).
 5. Cf. [13], Johnson, 2001. L'auteur interprète l'expression « plus que » de la maxime classique par « plus intelligent que ».
 6. Cf. [14], Kauffman, 2008, préface. « Plus que » est ici conçu comme « irréductible », dans un sens qui sera précisé plus loin. De nombreux autres exemples de phénomènes qualifiés d'émergents peuvent être avancés. Citons-ici les exemples classiques de l'émergence de la vie (une cellule vivante est « plus que » la somme des molécules inertes qui la composent) et de la conscience (la conscience humaine est « davantage » qu'une somme de neurones). Citons également, à titre indicatif, le cas des structures dissipatives, des tourbillons, des rayures des zèbres, de la dureté du diamant ou des réseaux d'automates cellulaires.
 7. Selon Carnap, le processus qui consiste à « rendre plus exact un concept vague [...] pour le remplacer par un concept construit à nouveaux frais » est dénommé « explication de l'ancien concept ». « L'ancien concept est [alors] appelé “*explicandum*” et le nouveau concept [...] “*explicatum*” de l'ancien ». Cf. [4], Carnap, 1997, p. 56.

ment, constitueront les conditions nécessaires et suffisantes à la définition d'un concept d'émergence précis⁸.

Dans une première section, nous exposerons succinctement les interprétations successives de la maxime classique qu'on proposées les premiers émergentistes. Nous conduirons notre historique jusqu'aux travaux de Broad, dans lesquels l'émergentisme britannique reçoit « sa formulation la plus mature »⁹. Nous exposerons alors les principales intuitions de l'émergentisme britannique qui serviront de fondements à l'identification des réquisits définitionnels de notre *explicatum* de l'émergence.

Dans un second temps, nous développerons les réquisits définitionnels de notre *explicatum* de l'émergence. La démarcation entre propriété émergente et non-émergente s'opérera à l'aune de trois conditions : une propriété *P* sera dite émergente si et seulement si (1) *P* est *survenante*, (2) *P* est *systémique* et (3) *P* s'identifie à une disposition à agir causalement sur la microstructure qui la porte (*causalité descendante*)¹⁰. Conjointement, ces trois réquisits nous permettront de conférer un contenu positif au concept d'*irréductibilité de principe*, et nous serviront ainsi de fondement pour notre *explicatum* de l'émergence.

2. L'héritage britannique

De la controverse ancienne entre mécanistes et vitalistes est né, durant la seconde moitié du XIX^e siècle, un courant intermédiaire qu'il est coutume

8. Nous souscrivons donc ici au postulat selon lequel il est possible en principe de définir l'émergence par le recours à un nombre fini de conditions nécessaires et suffisantes. Nous écartons ainsi d'emblée l'hypothèse selon laquelle la notion d'émergence serait un « concept faisceau » [*cluster concept*], entendu dans le sens des *Philosophical Investigations* de Wittgenstein. Un exemple paradigmatique d'un tel type de concept consiste en le concept de jeu, qu'on ne peut définir précisément par le recours à une liste finie de conditions.

9. McLaughlin, « The Rise and Fall of British Emergentism », dans [2], Beckermann, 1992, p. 68. Notre traduction.

10. Ces différents critères définitionnels de l'émergence ont déjà été mobilisés par le passé, notamment par Sperry, que l'on considère souvent comme le principal successeur de l'émergentisme britannique (Cf. la synthèse de différents travaux de Sperry par Stephan dans « Emergence - A Systematic View on its Historical Facets », dans [2], Beckermann, 1992). Cf. également, en ce qui concerne l'usage de ces réquisits définitionnels de l'émergence : [27], O'Connor, 1994; [18], Kim, 1999; [35], Stephan, 1999 et Crane, « The Significance of Emergence », dans [10], Gillett et Loewer, 2001.

d'appeler aujourd'hui, à la suite de l'article de Brian McLaughlin¹¹, l'« émergentisme britannique ». Cette école philosophique fut notamment représentée par John Stuart Mill, George Henry Lewes, Samuel Alexander, Lloyd Morgan, et Charlie Dunbar Broad, qui eurent tous en commun de proposer une interprétation particulière de la maxime classique : « le tout est plus que la somme des parties ». Il est tentant de déceler, dans la succession de ces différents penseurs jusqu'au déclin du courant dans les années 1920, un raffinement continu de l'interprétation de la maxime classique qui culmine dans le concept d'émergence de Broad, dont les grands axes structurent encore aujourd'hui la pensée des émergentistes contemporains.

2.1. La première vague – l'émergence comme non-additivité

La première interprétation de la maxime est attribuée à Mill et Lewes, qui distinguaient, chacun dans leur terminologie propre, deux classes de phénomènes. Dans son étude sur la manière dont se composent différentes causes pour provoquer un certain effet, Mill distingue le cas « homopathique », qui se présente lorsque l'effet d'une cause complexe est équivalent à la somme des effets provoqués par des causes partielles isolées, du cas « hétéropathique », pour lequel une telle équivalence n'est pas remplie. Un exemple paradigmatique de loi « homopathique » consiste en la loi du mouvement de Newton :

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \sum_{i=1}^n \vec{a}_i = m\vec{a}$$

En vertu de la loi d'addition vectorielle, l'accélération résultante (effet homopathique complexe) est équivalente à la somme des accélérations partielles suscitées par l'ensemble des n forces externes (causes simples) agissant sur la masse m . À l'inverse, une réaction chimique formalisée par « $X+Y \rightarrow Z$ » constitue une illustration de loi hétéropathique en ce sens que le produit de la réaction (effet hétéropathique complexe) suscité par l'interaction entre réactifs (causes simples) n'est pas équivalent à la somme des effets provoqués par chaque cause prise indépendamment. La principale contribution de Lewes à l'émergentisme britannique a été de proposer une terminologie alternative et beaucoup plus intuitive pour distinguer ces deux classes de phénomènes : un

11. Cf. Mc Laughlin, « The Rise and Fall of British Emergentism », dans [2], Beckermann, 1992, pp. 49-93.

effet hétéropathique sera désormais qualifié d' « émergent », et un effet homopathique de « résultant ».

John Stuart Mill et George Henry Lewes ont ainsi proposé une première interprétation très littérale de la maxime classique de l'émergence. Dans leur philosophie naturelle, l'expression « plus que » est traduite dans son sens le plus familier : celui de l'addition¹². Selon cette interprétation, un tout T émerge sur ses parties constitutives C_i s'il n'est pas possible de définir une procédure d'addition à l'aune de laquelle une équivalence formelle entre une propriété de T et la somme des propriétés des C_i peut être établie. Par exemple, un tout massif *résulte* de ses constituants eu égard à la propriété « avoir une masse m » car la masse de ce tout est équivalente à la somme des masses de ses constituants¹³. À l'inverse, la propriété « être liquide » de l'eau (dans des conditions standards de température et de pression)¹⁴ peut être qualifiée d'émergente au sens de Mill et Lewes. Il n'existe en effet pas de définition de l'addition qui permette d'établir une équivalence entre la somme d'éléments gazeux (le dihydrogène et le dioxygène, dans des conditions standard de température et de pression) et un élément liquide.

Ce dernier exemple illustre les limitations dont souffre ce premier concept d'émergence entendu comme *non-additivité*. Le critère de discrimination entre propriété émergente et résultante employé par Mill et Lewes prend appui sur la possibilité de mathématiser toute propriété naturelle, ou du moins de l'assimiler à la somme de termes de même nature. À cet égard, un certain inconfort se fait ressentir lorsqu'il s'agit de statuer sur la nature de propriétés telles que « être liquide », « être friable » ou « être vivant ».

12. Cette addition ne se réduit pas à l'addition scalaire de l'arithmétique des nombres complexes. Elle s'étend à l'addition tensorielle, fonctionnelle, ensembliste, ou à tout autre type d'addition entendue comme procédure mathématique de composition entre deux arguments (termes) d'un genre G définissant univoquement une somme de genre G .

13. Par simplicité, il est ici fait abstraction d'une réalité plus technique selon laquelle la masse d'un tout n'est pas précisément équivalente à la somme des masses de ses constituants. Par exemple, la masse d'un noyau atomique est toujours inférieure à la somme des masses des protons et neutrons qui le constituent. En toute rigueur, il convient de prendre en considération l'existence d'un défaut de masse, compensé lors de l'assemblage initial du système par une émission d'énergie sous forme de radiations. Un tel défaut de masse se manifeste pour tout système dont les constituants sont mutuellement soumis à l'une des quatre interactions fondamentales.

14. Typiquement : $T=298K$ et $P=10^5Pa$.

2.2. La deuxième vague – l'émergence comme nouveauté

Une fois posée par Mill et Lewes cette intuition de l'émergence, les penseurs de l'évolutionnisme émergent la reprirent à leur compte dans l'optique de défendre la thèse d'une créativité naturelle opérant tout au long du processus évolutif cosmologique. Selon Morgan et Alexander, la nature manifeste dans son évolution une croissance continue de complexité organisationnelle ponctuée de discontinuités qualitatives qui correspondent à autant d'entités émergentes marquant l'apparition d'une structure nouvelle et inédite¹⁵. C'est aux penseurs de l'évolutionnisme émergent, et essentiellement à Morgan, que nous devons aujourd'hui la vision classique d'une ontologie naturelle partitionnée en strates de complexité croissante¹⁶.

Sans rentrer ici dans le détail des philosophies de Lloyd Morgan et de Samuel Alexander, nous nous contenterons de noter que le concept d'émergence mobilisé par ces penseurs constitue un premier raffinement de l'interprétation de la maxime classique proposée antérieurement par Mill et Lewes. En effet, dans la perspective de l'évolutionnisme émergent, à la notion problématique de « non-additivité » se substitue l'idée de *nouveauté*. Une propriété *P* d'un système naturel est émergente si et seulement si elle est *nouvelle*, *i.e.* elle n'est instanciée par aucune des parties constitutives de ce système. Cette caractérisation de l'émergence, qui constitue une nouvelle interprétation de la maxime classique, permet à nouveau de démarquer des propriétés comme « être massif » et « être liquide ». La propriété d'un corps d'« être massif » est maintenant résultante en vertu du fait que les constituants sous-jacents de ce corps possèdent eux aussi la propriété d'être massifs. À l'inverse, la propriété liquide de l'eau est émergente car, dans les mêmes conditions de pression et de température, ses constituants considérés isolément sont gazeux¹⁷.

Il est important de noter que le critère de nouveauté mobilisé pour caractériser l'émergence s'amalgame bien souvent avec le concept d'imprédictibilité. Bien qu'il semblerait que ces deux concepts soient interchangeables

15. Morgan et Alexander sont des lecteurs de l'*Evolution créatrice* de Bergson.

16. Stratification que l'on nomme aujourd'hui le « modèle stratifié » [*layered model*], dont on peut trouver différentes versions, de plus en plus complètes, dans [25], Morgan, 1923; Oppenheim et Putnam, « Unity of Science as a Working Hypothesis », dans [8], Feigl, Scriven et Maxwell, 1958; [28], Popper et Eccles, 1977.

17. Cet état de fait était bien connu des premiers émergentistes, notamment grâce à la première électrolyse de l'eau réalisée en 1800 par Nicholson et Carlisle.

(équivalents) chez Morgan et Alexander¹⁸, il convient de remarquer que, en toute rigueur, la nouveauté (au sens de Morgan et d'Alexander) constitue une condition nécessaire mais non suffisante pour garantir l'imprédictibilité entendue comme l'impossibilité d'anticiper la survenue d'une propriété macroscopique sur base d'une connaissance exhaustive des propriétés microstructurelles du système étudié¹⁹.

Cette seconde lecture de la maxime classique de l'émergence demeure toutefois problématique. Soit elle se contente de reporter l'ambiguïté de l'expression « plus que » sur celle de nouveauté, soit elle définit un critère précis de nouveauté (celui de Morgan et Alexander par exemple) qui échoue à opérer une démarcation intéressante entre phénomènes émergents et résultants (comme en atteste l'exemple déjà évoqué de l'eau et de la propriété liquide). Identifier l'émergence à la non-additivité ou à la nouveauté nous conduit naturellement vers un concept faible, relatif à l'état de notre connaissance subjective toujours contextualisée. Les perfectionnements théoriques et techniques à venir pourraient avoir comme corollaire la « destitution » de phénomènes jusqu'alors émergents. Ces deux premiers concepts d'émergence, qualifiés d'« épistémiques » sont certes intéressants, mais ils ne cadrent pas avec les intuitions fondamentales du mouvement émergentiste qui se veulent plus ambitieuses.

18. Une propriété nouvelle, *i.e.* non instanciée par les parties du système considéré, est considérée comme imprédictible dans le sens où il est impossible d'anticiper sa survenue avant sa première manifestation, à savoir lorsque le système s'est formé pour la première fois.
19. Par exemple, bien que la propriété liquide de l'eau soit nouvelle au sens de Morgan et Alexander, elle n'en est pas moins prédictible sur base d'une connaissance des propriétés physico-chimiques de l'hydrogène et le l'oxygène considérés isolément. En effet, l'oxygène étant un élément doté d'une importante électronégativité (3,44 sur l'échelle de Pauling s'étalonnant jusqu'à 4, valeur de l'électronégativité du fluor), les deux liaisons covalentes *H-O* dans la molécule d'eau se polarisent à un point tel que la molécule possède un moment dipolaire important ($\mu=1,84D$). Il en résulte l'apparition de ponts hydrogènes (issus des interactions dipôle-dipôle, ou forces de Keesom) augmentant grandement la cohésion (Morgan dirait « relationalité ») interne de l'eau. En conséquence, l'énergie de vaporisation de l'eau (énergie requise pour vaporiser l'eau à sa température de vaporisation) est largement supérieure à celle du dihydrogène et du dioxygène pris isolément, d'où la phase liquide dans les mêmes conditions standards de pression et de température. Pour plus de détail, Cf. [29], Reif, 1965. A l'époque de Morgan et d'Alexander, les inconnues subsistant quant à la nature des liaisons chimiques rendaient impensables de tels raisonnements. La nature même de la liaison hydrogène ne fut rendue publique qu'en 1928 par Pauling, et il fallut attendre encore une décennie pour que la théorie soit largement acceptée. Cf. [23], Martin et Derewenda, 1999.

2.3. *L'apogée – l'émergence comme non-déductibilité*

Instruit des limitations des premières définitions de l'émergence, Charlie Broad propose dans son ouvrage : *The Mind and Its Place in Nature* une troisième lecture de la maxime classique de l'émergence, articulée autour du concept de non-déductibilité. Une loi L , relative au niveau macroscopique d'un système, est qualifiée d'émergente si et seulement si elle est non formellement déductible sur base des lois régissant le comportement des parties de ce système. On conçoit d'emblée qu'une telle pensée s'inscrit dans une perspective proprement syntaxique des théories scientifiques, selon laquelle les théories s'identifient à des ensembles de propositions langagières rendues vraies (ou fausses) par les phénomènes du monde.

Ce concept d'émergence comme non-déductibilité possède deux mérites que n'ont pas ses prédécesseurs. D'une part, dans la perspective broadienne, la problématique de l'émergence est d'emblée associée à la thématique de l'explication²⁰. D'autre part, le concept de non-déductibilité préfigurant celui - plus contemporain - d'irréductibilité, pose pour la première fois l'émergence comme un concept antagoniste à celui de réduction. Il ouvre ainsi la voie à une démarcation entre phénomènes émergents et résultants (réductibles) bien plus judicieuse d'un point de vue philosophique.

Il est possible de déceler dans les travaux des émergentistes britanniques les intuitions fondamentales suivantes, faisant office de soubassements aux philosophies particulières présentées ci-dessus, et qui ont perduré de manière latente lors de l'éclipse néo-positiviste de la moitié du siècle :

- (1) : Les émergentistes sont physicalistes. En empruntant la terminologie d'Ernst Mayr²¹, on peut affirmer que les émergentistes britanniques adhèrent à un « réductionnisme constitutif », mais rejettent toute forme de « réductionnisme explicatif ». Ils souscrivent ainsi à la conception ontologique moniste des mécanistes sans pour autant renoncer à un pluralisme épistémologique.

20. Le concept de déductibilité, ou de dérivabilité, traduit parfaitement le modèle d'explication scientifique alors en vigueur (explicitement thématifié plus tard, sous forme du modèle déductivo-nomologique, par Hempel. Cf. [12], Hempel, 1966.) Le concept d'émergence de Hempel, dont sera dépositaire Ernst Nagel, sera d'ailleurs fondu sur le modèle broadien, avec comme différence essentielle une relativisation du concept eu égard à une théorie particulière.

21. Cf. [24], Mayr, 1989, pp. 69-70.

- (2) : Les propriétés émergentes d'un système sont des propriétés nouvelles, *i.e.* non manifestées par les constituants sous-jacents du système.
- (3) : Les entités étudiées par une science particulière manifestent des pouvoirs causaux spécifiques qui émergent de la structure matérielle sous-jacente. Ces dispositions inédites donnent naissance à des processus causaux décrits par des lois nouvelles, *i.e.* non déductibles à partir des lois qui gouvernent les niveaux inférieurs de l'organisation.
- (4) : Ces pouvoirs causaux émergents peuvent exercer une influence sur l'organisation dont ils émergent et ce, d'une manière qui ne peut être anticipée par une connaissance exhaustive des lois de la microstructure.

Par ce résumé concis des grands axes de la pensée des émergentistes britanniques, il est possible de déceler les trois réquisits définitionnels de notre *explicatum* de l'émergence en gestation (la survenance (1), le holisme (2) et la causalité descendante (4)), ainsi que le concept qui leur servira de contrepoint (l'irréductibilité (3)).

Il nous incombe maintenant de préciser davantage la teneur de ces conditions définitionnelles de l'émergence.

3. Définir un concept d'émergence absolue

Dans les précédents paragraphes, nous avons fait montre d'une certaine liberté quant à la nature des entités constituant l'extension du concept d'émergence. Lors de notre analyse historique, nous avons successivement attribués le qualificatif « émergent » à des *touts*, des *systèmes*, des *effets*, des *propriétés*, ou des *lois*²². Cette prodigalité eu égard aux entités candidates à l'émergence, qui ne peut conduire qu'à un obscurcissement de notre réflexion, appelle à une simplification du discours. Dans cette optique, il nous incombe d'identifier ce que l'on peut nommer les « unités de l'émergence », *i.e.* les entités qu'il s'agit de privilégier dans toute analyse épistémologique du concept.

À cette fin, nous prendrons ici exemple sur la grande majorité des penseurs contemporains qui associent essentiellement le concept d'émergence à

22. Nous aurions encore pu parler de *qualités*, de *contraintes*, d'*événements* ou de *phénomènes* émergents.

celui de *propriété*²³. Nous prendrons dès lors acte des conventions suivantes :

- Un *tout* ou un *système* émerge si et seulement s'il manifeste au moins une *propriété* émergente.
- Un *effet*, un événement ou un *phénomène* sont émergents si et seulement s'ils impliquent dans leur manifestation au moins un *système* émergent.
- Une *loi* est émergente si et seulement si elle constitue une relation causale entre *relata* associés à des *propriétés* dont une au moins est émergente.

Ces conventions à l'esprit, nous traiterons désormais, dans la suite du texte, exclusivement de *propriétés* émergentes.

3.1. *Interpréter la maxime aujourd'hui - l'irréductibilité*

Comme nous l'avons exposé précédemment, l'expression « plus que » de la maxime classique de l'émergence : « le tout est plus que la somme des parties » a suscité historiquement diverses interprétations successives toujours plus raffinées. Se sont en effet succédés, en guise de *definiens* de l'émergence, les concepts de non-additivité, de nouveauté et de non-déductibilité. Si, comme nous l'apprend Brian McLaughlin, l'émergentisme britannique a connu un déclin prématuré en vertu d'arguments et de découvertes de nature exclusivement scientifique (lors de la révolution quantique des années 1920), les intuitions philosophiques des premiers penseurs de l'émergence sont demeurées pratiquement intactes malgré l'éclipse néopositiviste de la moitié du vingtième siècle. Il en ressort qu'aujourd'hui, après la récente « ré-émergence de l'émergence », le concept se définit en des termes très semblables à ceux mobilisés par Broad dans les années 1920. Ainsi, les philosophes contemporains s'accordent pour interpréter la maxime classique de l'émergence en terme d'*irréductibilité* : une propriété *P* d'un système complexe *S* est qualifiée d'émergente si et seulement si *P* est irréductible aux propriétés microstructurales de *S*, *i.e.* *P* ne peut être *expliquée* et *prédite* sur base d'informations relatives aux propriétés des constituants de *S*. Cette définition de l'émergence, qui satisfait à ce que Kim dénomme le *desideratum* de réduction, consiste en

23. Cf. Notamment l'article de Klee qui insiste essentiellement sur les avantages pratiques à préférer des *propriétés* émergentes aux *lois* et *contraintes* émergentes ; [21], Klee, 1984.

une traduction contemporaine de la non-déductibilité broadienne, affranchie de tout rapport à une conception philosophique particulière relative à la nature des édifices théoriques scientifiques²⁴.

Cette définition contemporaine de l'émergence comme « irréductibilité de principe » s'avère philosophiquement pertinente car elle permet d'opérer une démarcation entre propriétés émergentes et réductibles tout à fait intéressante en terme de méthodologie d'investigation scientifique. En effet, aux propriétés naturelles réductibles correspond l'heuristique réductionniste classique inspirée de l'atomisme de Démocrite. La réductibilité garantit, dans ce cas, le fait que « rien ne se perd » dans la procédure d'atomisation du système étudié. À l'inverse, face à une propriété irréductible (émergente), il incombe au scientifique de mobiliser, en suppléance à l'approche atomiste, une modalité d'analyse de type systémique, associée à l'étude du système dans sa dimension propre²⁵.

Néanmoins, malgré l'intérêt épistémologique de la définition de l'émergence comme irréductibilité, force est de constater que cette définition du concept s'avère peu substantielle et, en réalité, intrinsèquement négative. Définir l'émergence comme l'« absence de réduction possible » nous informe sur ce que l'émergence *n'est pas*, et non sur ce qu'elle est fondamentalement. En outre, rien ne garantit que l'absence de réduction constitue un relation réelle et authentique entre un « tout » et ses « parties » constitutives. Affirmer, par exemple, que les propriétés psychologiques ne sont pas réductibles aux propriétés physiques ne nous enseigne que peu de chose sur la relation qui se noue

24. La conception de Broad repose sur un concept d'explication attaché à une vision singulière de la science, dans laquelle les théories scientifiques sont assimilables à des ensembles de propositions langagières. Il est à noter que le concept d'irréductibilité ici présenté s'entend dans une dimension principielle (et non pratique), en vue de garantir au concept d'émergence un caractère absolu (non relatif à l'état de notre ignorance). Dès lors, une propriété émergente ne peut et ne pourra jamais être expliquée ou prédite sans le recours à des informations relatives au système étudié dans sa dimension macroscopique et ce, quelque soit le degré de perfectionnement de nos meilleures théories.

25. L'émergentisme se revendique ainsi comme une forme de pluralisme épistémologique. Cette revendication se retrouve déjà exemplifiée concrètement dans certaines disciplines scientifiques, essentiellement en biologie, en psychologie, ou dans les sciences sociales. Par exemple, Cf. Morange, M., *Les secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*, Paris, La Découverte, 2005.

(pour autant qu'elle existe) entre ces deux familles de propriétés.

De ces remarques, il ressort que l'irréductibilité en tant que telle ne peut constituer notre *explicatum* de l'émergence. Afin de proposer une interprétation encore plus aboutie de la maxime classique de l'émergence, il nous incombe de construire un *explicatum* qui définisse l'émergence de manière positive. À cette fin, penchons-nous maintenant sur trois concepts essentiels : la survenance, le holisme et la causalité descendante.

3.2. La survenance

3.2.1. Le concept philosophique

Lorsque nous avons dressé les grands axes de la pensée des émergentistes britanniques, il est d'emblée ressorti que leur philosophie exclut toute forme de dualisme des substances. Si les propriétés « être vivant » ou « être conscient » sont potentiellement émergentes, ce n'est pas en vertu d'un quelconque « souffle vital » ou d'une déclinaison de la « *res cogitans* » cartésienne. Plutôt, l'émergence de propriétés au sein de systèmes complexes doit trouver son origine dans la manière dont l'*unique* substance (la matière) s'organise. Dans cette optique, il s'agit pour les émergentistes britanniques de penser la conciliation entre une ontologie moniste et une épistémologie ouverte à une pluralité de schèmes d'explication. Mais comment concevoir une telle conciliation? Comment conceptualiser la relation particulière qui se noue entre un tout et ses parties sur le mode d'une dépendance sans réduction? Comment être physicaliste sans être réductionniste?

Afin de répondre à cette question, on recourt bien souvent à un concept devenu aujourd'hui incontournable dans les débats relatifs au réductionnisme : la survenance [*supervenience*]²⁶. Définie dans sa version forte, ce

26. Ce concept est originaire de la sphère de la philosophie morale, où il fut introduit par G.E. Moore et R.M. Hare pour décrire la relation de dépendance particulière qui se noue entre propriétés morales et propriétés comportementales. David Davidson a ensuite délocalisé le concept en l'introduisant dans les débats relatifs à la philosophie de l'esprit, et plus particulièrement dans la problématique des relations corps/esprit [*mind-body problem*]. Aujourd'hui, on doit sans aucun conteste la portée de ce concept dans les débats sur le réductionnisme au philosophe Jaegwon Kim.

concept, établissant une caractérisation d'une relation qui se noue entre familles de propriétés, peut se définir comme suit²⁷ :

Une famille de propriétés S *survient* sur une famille de propriétés B dans le cas où, nécessairement, (1) pour chaque objet x et pour chaque propriété s de S , si x manifeste s , alors il existe une propriété b de B telle que x manifeste b et, nécessairement, (2) si un objet quelconque y manifeste b , alors il manifeste s .

3.2.2. Analyse formelle

Les deux conditions qui structurent la précédente définition peuvent être formalisées comme suit : la famille de propriétés S survient sur la famille de propriétés de base B si et seulement si²⁸ :

$$(\forall x)(\forall s \in S)[sx_t \rightarrow (\exists b_s \in B)b_s x_t] \quad (1)$$

$$(\forall x)[b_s x_t \rightarrow sx_t] \quad (2)$$

Afin de mieux saisir les caractéristiques essentielles de la relation de survenance, il peut être instructif de pousser davantage la formalisation. Dans cette optique, identifions la survenance à une relation f définie entre deux ensembles (ou familles) S et B de propriétés. En vue de capturer une relation de nature méréologique, assimilons les éléments de l'ensemble B à des propriétés microscopiques (associées aux « parties » d'un système complexe) et les éléments de S à des propriétés macroscopiques (relatives au « tout » du système)²⁹. Considérons également le fait qu'une famille de propriétés (mi-

27. Cette définition correspond à celle proposée par Kim dans [16], Kim, 1993, p. 65. Il s'agit de la version forte du concept, qui, par l'intermédiaire des deux occurrences de l'expression « nécessairement », manifeste une plus grande force modale que la version faible. Le résultat en est que la relation de détermination ainsi définie transcende la singularité des mondes possibles. Il est à noter que la relation de survenance est une relation de genre « *type-type* », *i.e.* définie entre des classes de propriétés, et non entre propriétés elles mêmes. Une propriété sera dite survenante si elle appartient à une famille survenante.

28. Le paramètre t intervenant dans la formalisation réfère à un temps t fixé. Son introduction dans la formalisation traduit l'aspect supposé synchronique de la relation de survenance. L'expression sx_t est à lire comme « l'objet x manifeste la propriété s au temps t ». Notons également que, par souci de clarté, nous avons préféré l'usage de la variable libre x dans le second énoncé formalisé, au lieu de recourir à un nouveau symbole y , présent dans la définition de Kim.

29. Nous ne nous soucions pas ici des relations internes aux ensembles B et S et de leur éventuelle conservation par application de f .

croscopiques ou macroscopiques) définit de façon univoque l'état (microscopique et macroscopique) du système considéré. Ces précisions à l'esprit, la survenance peut s'identifier à une relation de la forme :

$$f : B \rightarrow S : b_i \rightarrow f(b_i) = s_j$$

pour laquelle $\text{dom}f=B=\{b_i\}$ et $\text{Im}f$ est un sous-ensemble de $S=\{s_j\}$.

Il est évident que :

- en vertu de (2), la relation f est une fonction partout définie, *i.e.* à tout élément de $\text{dom}f$, il correspond, par f , un et un seul élément de $\text{Im}f$. Tout état microscopique correspond à un seul un état macroscopique.
- en vertu de (1), la fonction f est surjective :
 $(\forall s \in \text{Im}f) \exists b \in \text{dom}f : s = f(b)$. À toute propriété macroscopique correspond au moins un réalisateur microscopique.
- Les relations (1) et (2) nous laissent libres de considérer f comme injective ou non-injective.

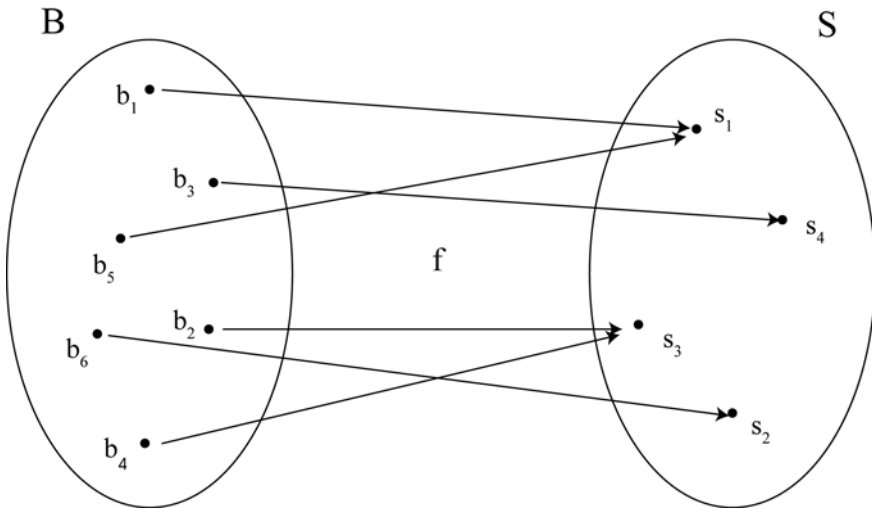


Figure 1 – Cas surjectif non-injectif : la réalisation multiple.

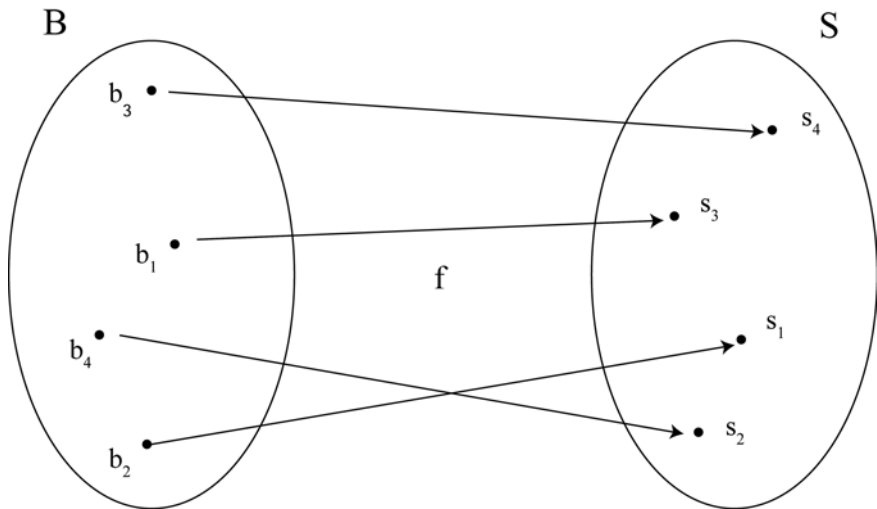


Figure 2 – Cas bijectif: le réalisme strict.

Deux cas de figure ressortent de ces analyses. D'une part, la fonction f , qui modélise la relation de survenance entre états microscopiques et macroscopiques d'un système complexe, peut être surjective et non-injective (Cf. figure 1). Ce cas de figure correspond à ce que l'on nomme traditionnellement « la réalisation multiple » [*multiple realizability*]: toute propriété macroscopique peut être réalisée par n propriétés microscopiques distinctes. D'autre part, f peut être surjective et injective (donc bijective; Cf. figure 2). Dans ce cas, une corrélation bi-univoque s'établit entre propriétés microscopiques et macroscopiques. f formalise une relation qu'on peut qualifier de « réalisme strict », tel que chaque état macroscopique est univoquement déterminé par la structure sous-jacente du système.

Ces considérations mathématiques nous amènent à développer deux aspects fondamentaux de la relation de survenance :

- La relation de survenance traduit une *détermination ascendante actuelle* de l'état macroscopique d'un système par son état microscopique³⁰. La nature fonctionnelle de l'application f explicite le fait que cette détermination est univoque. Deux systèmes dont les états microscopiques

30. Cette forme de détermination se voit attribuer dans la littérature diverses appellations, comme par exemple « micro-détermination » (Cf. [21], Klee, 1984), « détermination synchronique » (Cf. [35], Stephan, 1999) ou « détermination *bottom-up* » (Cf. [11], Van Gulick, 2001).

sont parfaitement identiques ne peuvent différer quant à leur état macroscopique (Si deux organismes sont dotés d'une même structure moléculaire, il est impossible que l'un soit vivant et l'autre inerte). En outre, le caractère surjectif de la fonction f nous prémunit contre l'existence de propriétés macroscopiques « flottantes », *i.e.* qui ne sont pas microstructurellement réalisées. Il ressort de cette analyse que la relation de survenance garantit une rupture avec toute forme de dualisme des substances.

- La relation de survenance traduit également une *sous-détermination descendante potentielle*³¹ dont un corrélat important consiste en une grande stabilité des états macroscopiques eu égard aux fluctuations microscopiques sous-jacentes³². Cette sous-détermination descendante, prenant la forme, lorsqu'elle est effective, d'une réalisation multiple du macroscopique par le microscopique, a conduit de nombreux auteurs à considérer la survenance comme un puissant argument anti-réductionniste³³.

Il ressort des ces considérations que la survenance conceptualise une relation particulière de « dépendance sans réduction ». Cette relation, permettant de concilier les exigences physicalistes fondamentales avec l'idée d'une relative autonomie du macroscopique par rapport au microscopique, manifeste une certaine asymétrie qui peut exister dans la relation méréologique.

-
31. L'épithète « potentiel » fait écho à la distinction entre les deux cas de figures présentés plus haut, eu égard au caractère « potentiellement » injectif de f .
 32. Cette stabilité de « tous » par rapport à une importante variabilité des « parties » a même été thématifiée sous la forme d'un concept d'émergence particulier. L'observation selon laquelle, par exemple, l'eau demeure liquide, à pression standard, malgré une température interne variant entre 20°C et 80°C (températures qui correspondent à des états énergétiques microstructuraux fort différents) pourrait nous pousser à concevoir la propriété liquide comme irréductible. Certains auteurs ont emprunté cette voie, en développant essentiellement le précédent exemple simple dans le domaine plus complexe de la biologie. Par exemple, Cf. Weiss, « The Living System: Determinism Stratified », dans [22], Koestler et Smythies, 1968, où l'auteur explicite sa position en établissant le fait que la variance statistique d'un « tout » complexe est toujours largement inférieure à la somme des variances des « parties » qui le constituent. Il s'agit là d'un nouvel exemple d'interprétation particulière de la maxime classique de l'émergence.
 33. Pour plus de détails à ce sujet, Cf. [32], Sober, 1999.

Cette asymétrie peut être rendue explicite lorsque l'on constate que :

$$\forall b \exists !s : f(b) = s$$

$$\forall s \exists b : f(b) = s$$

La présence et l'absence respectives du symbole mathématique « ! » dans ces deux expressions traduisent explicitement la différence entre la *détermination ascendante actuelle* et la *sous-détermination descendante potentielle* qui s'établit entre l'état macroscopique d'un système et sa microstructure.

3.2.3. Survenance et émergence

À la lueur des précédentes considérations, il ressort que le concept de survenance constitue une condition nécessaire mais non suffisante pour définir l'émergence. D'une part, une propriété émergente est nécessairement survenante. La relation de détermination ascendante qui caractérise la survenance constitue en effet la condition essentielle de toute philosophie naturelle adhérent à un monisme ontologique. La relation de survenance constitue dès lors le réquisit d'un « physicalisme minimal »³⁴, posture métaphysique revendiquée explicitement par les émergentistes britanniques dans leur adhésion à la thèse du réductionnisme constitutif des mécanistes. Dans cette optique, nous ne pouvons qu'être opposés à l'assimilation de l'émergentisme à une forme de néo-vitalisme, ou autre dualisme³⁵. À l'inverse, nous rejoignons la pensée d'auteurs comme Elliott Sober, lorsque celui-ci affirme que « toutes les propriétés étudiées dans les sciences autres que la physiques surviennent sur les propriétés physiques »³⁶.

D'autre part, la survenance ne constitue pas une condition suffisante pour définir l'émergence. La majorité des propriétés causales étudiées par les divers champs disciplinaires scientifiques sont survenantes sans pour autant être émergentes. Ces propriétés (comme « être massif » ou « être liquide ») sont survenantes (associées à une réalisme strict ou multiple respectivement)

34. [17], Kim, 1998, p. 15.

35. telle qu'elle est établie, par exemple, par Nancy Cartwright, lorsqu'elle affirme : « l'idée selon laquelle il existe des macro-propriétés qui ne surviennent pas sur les micro-éléments étudiés par la physique est parfois appelée émergentisme. La suggestion est que, lorsqu'il n'y a pas survenance, des macro-propriétés doivent miraculeusement apparaître de nulle part » ([5], Cartwright, 1999, pp. 32-33. Notre traduction).

36. [31], Sober, 1993, pp. 73-74. Notre traduction.

et pourtant réductibles³⁷. En outre, la survenance ne peut suffire pour définir la relation d'émergence car la survenance ne constitue pas, comme le font remarquer Kim ou Van Gulick, une relation « authentique » ou « profonde » (comme par exemple la causalité), mais plutôt une relation phénoménologique de surface exprimant un schème de covariation entre propriétés.

3.3. *Le holisme*

Lors de notre brève analyse historique, nous avons évoqué la limitation essentielle de l'interprétation littérale de la maxime classique de l'émergence qu'ont proposée, en leur temps, Mill et Lewes. En définissant l'émergence par le biais d'une procédure mathématique d'addition, les premiers émergentistes ont en effet établi un critère qui semble ne pouvoir s'appliquer qu'aux situations très particulières où un tout est du même *genre* que ses parties constitutives.

En particulier, cette première définition de l'émergence s'avérait problématique dans l'analyse de systèmes manifestant des propriétés « holistes » ou « systémiques » (comme par exemple l'eau et la propriété d'« être liquide »). Afin de contourner cette difficulté, les successeurs de Mill et Lewes ont proposé le concept de nouveauté comme part essentielle du *definiens* de l'émergence. Le concept d'émergence mobilisé par Alexander et Morgan s'est alors avéré plus adéquat à opérer une démarcation intéressante entre propriétés résultantes et émergentes, démarcation qui fut par ailleurs inspirante pour de

37. Il convient ici d'éclaircir ce qui semble constituer une contradiction. Bien que la survenance constitue, comme nous l'avons vu, une relation de « dépendance sans réduction », il est important de remarquer que celle-ci n'est pas incompatible avec certaines formes contemporaines de réductionnisme. Sans entrer ici dans le détail de telles considérations, contentons-nous de noter que la réalisation multiple constitue un argument de poids à l'encontre de formes *globales* de réductionnisme, telles que définies, par exemple, par des penseurs comme Ernst Nagel (la réduction interthéorique ; Cf. [26], Nagel, 1961). Cet argument est ainsi invoqué par Fodor pour mettre en évidence l'impossibilité de formuler des lois de correspondance conceptuelle entre les théories réduite et à réduire du modèle nagélien (Cf. [9], Fodor, 1974). Néanmoins, l'argument de la réalisation multiple ou de la survenance, s'appuyant sur la sous-détermination du phénomène à réduire par sa structure sous-jacente, échoue à constituer un argument décisif à l'encontre de formes *locales* de réduction, telles celles proposées par Beckermann (la micro-réduction; Cf. « Supervenience, Emergence, and Reduction », dans [2], Beckermann, 1992, pp. 95-118) ou Kim (la réduction fonctionnelle; Cf. [19], Kim, 2000).

nombreux philosophes tel que Mario Bunge³⁸, pour qui :

- Une propriété P d'un système S est *résultante* ou *héréditaire* si P est manifestée par au moins un des composants de S .
- Une propriété P d'un système S est *émergente*, *collective* ou *systémique* si aucun des constituants de S ne manifeste P .

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, l'équivalence établie par Alexander, Morgan ou Bunge entre nouveauté et émergence s'avère problématique. Néanmoins, le concept de nouveauté semble constituer une condition nécessaire à l'émergence et doit dès lors être pris en considération dans la construction de notre *explicatum*.

3.3.1. La nouveauté chez les penseurs de l'évolutionisme émergent

Nous l'avons vu, Alexander et Morgan définissaient le concept de nouveauté en les termes suivants :

- une propriété P d'un système complexe S est nouvelle si et seulement si elle n'est instanciée par aucune des parties de ce système.

Cette première définition s'avère problématique, ou du moins incomplète, car elle permet de qualifier certaines propriétés de « nouvelles » contrairement à ce que l'intuition aurait tendance à nous dicter. Pour reprendre un exemple déjà évoqué³⁹, la propriété P = « avoir une masse de 10 kg » manifestée par un système S composé de constituants C_i est nouvelle au sens de Morgan et Alexander, en cela qu'aucun des constituants C_i de S ne manifeste P (ils peuvent éventuellement manifester la propriété P' = « avoir une masse de 1 kg »). Cet exemple attire notre attention sur le fait que la définition proposée par Alexander et Morgan permet de concevoir comme « nouvelle » une propriété d'un système qui est du même *genre* que les propriétés des parties de ce système (« avoir une masse de 10 kg » et « avoir une masse de 1 kg » sont considérées comme étant deux propriétés qui déterminent de manière différente la même propriété « être massif »). Dans cette optique, toute propriété d'un tout qui consiste en la somme linéaire de propriétés des parties de ce tout s'avère nouvelle au sens de Morgan et Alexander, bien qu'une telle propriété soit explicitement résultante (même selon le critère de non-additivité de Mill et Lewes).

38. Cf. [3], Bunge, 1977.

39. Cet exemple constitue une reprise de celui discuté par Spencer-Smith, dans [33], Spencer-Smith, 1995.

Il ressort de cette analyse que la définition de nouveauté proposée par les penseurs de l'évolutionisme émergent doit être reformulée afin de satisfaire à leur intuition fondamentale de nouveauté *qualitative*. En vue de définir un concept de nouveauté authentique ou radicale, il est nécessaire de s'assurer que toute propriété nouvelle ou systémique d'un tout soit d'un *genre* différent que les propriétés des parties de ce tout.

3.3.2. La nouveauté dans le cadre de notre *explicatum*

Afin de fournir une définition du concept de nouveauté qui ne soit pas sujette aux imperfections discutées plus haut, introduisons ici deux notions issues des travaux de Spencer-Smith. D'une part, nous appellerons « déterminable » toute propriété quantifiable P pouvant se voir attribuer diverses valeurs numériques mesurables empiriquement. D'autre part, nous appellerons les propriétés P'_i correspondant à ces diverses valeurs numériques les « déterminants » de P . Selon cette terminologie, nous pouvons donc considérer les propriétés P'_1 = « avoir une masse de 1 kg » et P'_2 = « avoir une masse de 10 kg » comme les déterminants de la même propriété déterminable P = « être massif ». Ces précisions à l'esprit, nous pouvons introduire⁴⁰ :

- une propriété P d'un système complexe S est nouvelle si et seulement si aucun constituant C_i de S ne manifeste une propriété P'_i déterminant de P .

Cette définition plus raffinée de la nouveauté nous autorise à qualifier certaines propriétés (comme « être liquide » ou « être vivant ») d'*authentiquement* nouvelles, *i.e.* d'un *genre* nouveau⁴¹. De telles propriétés seront désormais appelées « systémiques ».

3.3.3. Holisme et émergence

Sur base de la définition du concept de nouveauté proposée ci-dessus, il ressort de manière évidente que le holisme (entendu comme l'existence de propriétés systémiques) constitue une condition nécessaire, mais non suffisante, pour définir notre *explicatum* de l'émergence.

D'une part, une propriété émergente P est nécessairement systémique,

40. Cette définition consiste en une adaptation de celle proposée par Spencer-Smith dans Crane, « The Significance of Emergence », dans [10], Gillett et Loewer, 2001.

41. Dans l'optique proposée ici, une propriété est donc nouvelle si elle correspond à un nouveau genre naturel [*natural kind*].

sans quoi cette propriété serait trivialement explicable et prédictible sur base d'une connaissance de ses constituants sous-jacents, manifestant des propriétés P'_i déterminants de P . D'autre part, la nature systémique d'une propriété ne peut suffire pour rendre cette propriété émergente. En effet, certaines propriétés systémiques sont explicables (de manière non triviale) à partir d'informations relatives à leur microstructure. L'exemple de l'eau liquide est, à ce titre, très parlant.

Le holisme tel que nous l'avons ici défini n'est donc pas incompatible avec l'approche réductionniste. L'existence de micro-explications possibles pour des propriétés systémiques constitue d'ailleurs la raison principale du rejet du critère de nouveauté comme *unique definiens* de l'émergence. Notre deuxième réquisit définitionnel de l'émergence s'identifie avec ce que Kauffman et Clayton nomment le « holisme minimal »⁴².

3.4. *La causalité descendante*

Comme nous l'avons vu, une propriété survenante et systémique n'est pas nécessairement émergente (l'exemple de la propriété « liquide » de l'eau est, à ce titre, très explicite. Cette propriété est en effet survenante, systémique et réductible). Afin de parachever notre *explicatum* du concept d'émergence, il convient donc de proposer un réquisit définitionnel supplémentaire, inspiré des intuitions fondamentales des émergentistes britanniques. Le résumé des grands axes de la philosophie émergentiste que nous avons esquissé précédemment nous révèle le fait qu'un système manifeste une propriété macroscopique émergente si cette propriété est identifiable à une disposition à agir causalement de manière orientée, depuis le « tout » du système vers les « parties » constitutives sur lesquelles ce système survient. Cette idée fondamentale de « pouvoir causal descendant » constitue d'ailleurs l'essence du concept d'émergence mobilisé par le prix Nobel de médecine Roger Sperry⁴³, que l'on considère traditionnellement comme le principal successeur des émergentistes britanniques, et a été explicitement thématisée comme concept philosophique

42. Cf. [15], Kauffman et Clayton, 2006. Par opposition au « holisme maximal ou robuste », entendu comme faillite complète de l'approche réductionniste.

43. Cf. [34], Sperry, 1969.

par Donald Campbell en 1974, sous l'appellation de « causalité descendante »⁴⁴.

L'idée fondamentale véhiculée au travers de ce concept réside dans le fait que, outre la traditionnelle action causale « ascendante » exercée par les constituants d'un système qui déterminent, de manière synchronique, les propriétés macroscopiques de ce système, il est possible d'envisager l'effectivité d'une action causale rétroactive du « tout » vers les « parties »⁴⁵. Si une telle contrainte « descendante » est d'actualité dans un système complexe, force est de constater que la circularité causale alors engendrée garantit *ipso facto* l'irréductibilité explicative de principe des macropropriétés du système considéré. En effet, si un système *S* manifeste une propriété *P* qui s'identifie à une disposition à agir causalement sur sa base de survenance microstructurelle *B*, toute explication (et toute prédiction) de *P* ne peut faire l'économie d'informations relatives au niveau macroscopique du système. Toute explication de type réductionniste qui se confinerait au niveau de base ne pourrait rendre compte des modifications de *B* eu égard à l'influence causale exercée par *P*. La causalité descendante constitue ainsi ce que nous nommerons le « pendant positif » de l'irréductibilité, *i.e.* la causalité descendante nous permet, sur le plan purement conceptuel, de conférer un contenu positif particulier à la relation qui se noue entre un « tout » émergent et ses « parties » constitutives⁴⁶. Il ressort de

44. Cf. « Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems », dans [1], Ayala et Dobzhansky, 1974.

45. Comme Kim l'a explicitement montré (Cf. [20], Kim, 2006), l'action causale descendante d'un « tout » vers ses « parties » constitutives ne peut être envisagée que dans une perspective *diachronique*, afin de ne pas déroger à ce que le philosophe nomme le « principe d'effectivité du pouvoir causal ». Selon ce principe, une propriété *P* qui est amenée au temps *t* à posséder une certaine disposition ne peut exercer cette disposition au même instant *t*. Un délai Δt est dès lors nécessaire pour la manifestation de la disposition acquise par *P*.

46. Évoquons ici l'exemple de l'effet placebo afin d'illustrer notre propos. Il est aujourd'hui communément reconnu que l'administration d'un placebo (une médication ne présentant aucune substance active connue pour lutter contre une maladie visée) peut avoir un certain effet thérapeutique sur un patient malade. Deux approches (non nécessairement exclusives) sont envisageables pour expliquer un tel phénomène. La première, l'approche réductionniste « naïve », s'attache à expliquer les vertus thérapeutiques du placebo en invoquant les mécanismes causaux en jeu entre les corrélats biologiques de l'administration du placebo et la nature physico-chimique du placebo lui-même. Il semble évident, au vu du caractère inactif de la substance administrée, qu'une telle explication exclusivement micro-structurelle est ici inadéquate. Une seconde approche consiste à prendre en considération l'action causale descendante de la psychologie de la personne malade (le « tout ») sur sa biologie sous-jacente (les « parties »). Cette approche, foncièrement holiste, in-

ces considérations que l'interprétation de la maxime classique : « le tout est plus que la somme des parties » sous la forme : « le tout manifeste un pouvoir causal nouveau qui agit sur les parties » fournit une caractérisation positive de l'émergence et constitue le fondement de notre *explicatum* du concept.

Toutefois, afin de parachever notre construction d'un *explicatum* de l'émergence, il s'avère nécessaire de définir plus précisément le concept de causalité descendante dont nous n'avons donné, jusqu'à présent, qu'une idée générale.

3.4.1. Causalités descendantes réflexive et non-réflexive

Lorsque l'on étudie les relations causales qui se nouent entre divers niveaux d'organisation dans les systèmes naturels complexes, il s'avère nécessaire d'opérer une distinction entre deux types de causalité descendante. Premièrement, il est possible de définir un concept de *causalité descendante non-réflexive* ou *causalité descendante intersystèmes*. Ce type de causalité descendante est assez habituel et peut s'instancier via divers exemples de phénomènes concrets assez triviaux. Citons par exemple l'action d'un philosophe qui, insatisfait de ses derniers écrits, déchire ses feuilles de notes. Dans ce contexte, une cause d'ordre psychologique (niveau n_3) entraîne la mise en mouvement des bras et des mains du philosophe qui, par leur action d'ordre mécanique (niveau n_2 , tel que $n_3 > n_2$) brisent les liaisons chimiques intermoléculaires constitutives des feuilles de notes (niveau n_1 , tel que $n_2 > n_1$). Toute action causale exercée par un système complexe s'associe ainsi, en définitive, à une forme de causalité descendante non réflexive qui prend corps entre le système complexe étudié et tous les systèmes qui constituent son environnement (avec parmi ceux-ci, des systèmes de niveau d'organisation inférieur). Ce premier type de causalité descendante est assez courant et ne pose pas de problème philosophique particulier. Toutefois, une telle forme de causalité intersystèmes ne peut garantir une irréductibilité explicative de principe d'un

voque des mécanismes psycho-physiologiques qui ne peuvent être pris en considération dans le cadre de modalités d'explication attachées exclusivement au niveau physico-chimique du phénomène. L'action causale descendante de la psychologie d'un individu sur sa physiologie constitue ainsi un argument en faveur de l'irréductibilité explicative (et donc l'émergence) de certains phénomènes comme l'effet placebo. Il est à noter que cet exemple ne constitue qu'une illustration de la relation entre causalité descendante et irréductibilité de principe. L'éventuelle émergence de l'effet placebo (et donc l'effectivité réelle d'une action causale descendante entre psychologie et physiologie) est sujet à controverse.

macroniveau à un microniveau, et ne peut donc nous satisfaire dans notre tentative de construction d'un *explicatum* de l'émergence.

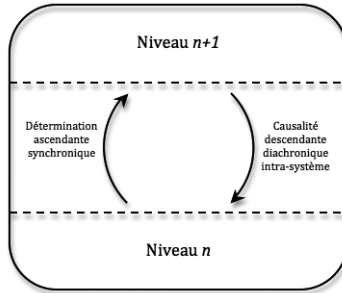


Figure 3 – Causalité descendante intrasystème interniveaux.

Afin de fournir un contenu positif au concept d'irréductibilité, les émergentistes recourent classiquement à un concept de *causalité descendante réflexive* ou *causalité descendante intrasystème*. Un tel concept entend capturer l'idée d'une action causale descendante *interne* à un système complexe, et donc indépendante de l'action d'autres systèmes constituant son environnement (voir figure 3). Cette idée est à la base de la philosophie émergentiste de Sperry. Lorsque ce dernier affirme que « les phénomènes conscients de l'expérience subjective interagissent avec les processus cérébraux en exerçant une influence causale active »⁴⁷, il entend mettre en évidence l'existence effective d'une action causale descendante inhérente au cerveau qui se noue directement entre la conscience subjective et sa neuroanatomie sous-jacente. Selon Sperry, la causalité descendante réflexive garantit l'irréductibilité des phénomènes conscients aux mécanismes neurobiologiques, et ouvre dès lors la voie à la thématization d'une conscience émergente. Cependant, divers problèmes, de nature philosophique et scientifique, viennent miner la plausibilité de ce concept. Contentons-nous ici d'en évoquer quelques-uns :

- Le concept de causalité descendante réflexive est associé à une circularité embarrassante, qui conduit inévitablement à l'idée anti-physicaliste selon laquelle « quelque chose émane à partir de rien ». La possibilité qu'un « tout » agisse causalement sur la structure sans laquelle il n'existerait pas apparaît comme foncièrement paradoxale.
- La causalité descendante réflexive se confronte à l'argument de l'« ex-

47. [34], Sperry, 1969, p. 533. Notre traduction.

clusion » proposé par Kim⁴⁸, selon lequel toute explication invoquant des informations relatives au macroniveau d'un système complexe (dont celle invoquant la causalité descendante) entre en compétition avec une explication microstructurale concurrente qui s'avère plus fondamentale. Le rôle causal d'une propriété émergente peut entièrement être rempli par la base de survenance de la propriété en question.

- Enfin, depuis l'avènement du concept de causalité descendante réflexive dans la philosophie de Sperry, aucune exemplification empirique concrète du concept n'a pu être proposée. Sperry lui-même s'est révélé très peu prolixe sur la question, en se contentant de donner de vagues illustrations du genre de phénomènes naturels qui seraient le lieu d'une réelle causalité descendante intrasystème⁴⁹.

Ces dernières considérations nous amènent à penser la causalité descendante réflexive comme un concept *idéal*, permettant de concevoir l'émergence d'une manière purement théorique et sans réel contenu empirique. Toutefois, divers penseurs ont proposé, à la suite de Sperry, des exemplifications phénoménales de la causalité descendante qui feraient droit à un concept d'émergence fort. En guise d'exemple, citons ici les travaux de Donald Campbell et de Gérard Edelman qui, respectivement dans le domaine de la biologie et des neurosciences, tentent de donner un contenu empirique au concept de causalité descendante par l'intermédiaire de l'immersion d'un système complexe (le vivant et le conscient) dans une logique sélectionniste⁵⁰. L'idée commune défendue par ces deux auteurs peut se résumer à ceci : étant entendu que le vivant et le conscient s'inscrivent dans une histoire évolutive, la structure sous-jacente sur laquelle la vie et la conscience surviennent (l'ADN et les réseaux neuronaux) est causalement déterminée par l'intermédiaire de l'effi-

48. Cf. par exemple Kim, « Downward Causation in Emergentism and Nonreductive Physicalism », dans [2], Beckermann, 1992, pp. 119-138.

49. Un exemple proposé par Sperry consiste en celui de la roue, dont le mouvement de rotation global cause, de manière descendante, le mouvement circulaire des molécules qui la composent.

50. Respectivement dans Campbell, « Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems », dans [1], Ayala et Dobzhansky, 1974 et dans [7], Edelman, 2000.

cace d'un mécanisme sélectif (la sélection naturelle et la sélection neuronale)⁵¹. Bien que cette idée s'avère séduisante pour garantir l'irréductibilité de la vie et de la conscience, il est à noter que ces deux propositions d'exemplifications phénoménales du concept de Sperry ne constituent pas un fondement empirique adéquat au concept de causalité descendante réflexive. Au contraire, tout porte à croire que les travaux de Campbell et d'Edelman fournissent une exemplification supplémentaire du concept « faible » de causalité descendante non-réflexive, articulé sur une interaction entre la base de survivance d'un système complexe et son environnement. Dans un tel contexte, l'action causale descendante qu'exerce l'environnement du système sur sa structure sous-jacente peut être expliquée dans une perspective purement réductionniste, en se fondant sur les interactions causales (de même niveau) qui se nouent entre la base de survivance du système considéré et la base de survivance de son environnement (voir figure 4).

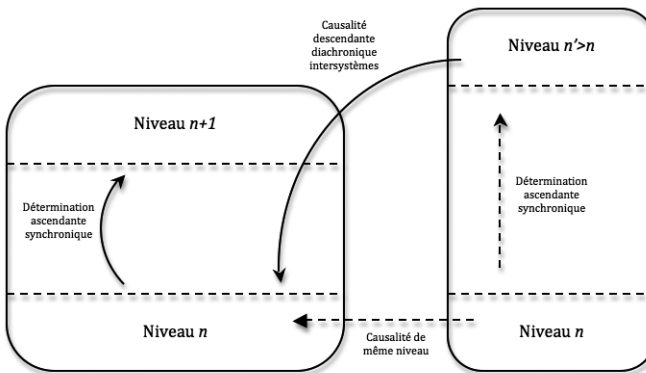


Figure 4 – Causalité descendante intersystèmes.

3.4.2. La causalité descendante hybride ou relationnelle

Cependant, nous estimons que l'assimilation des phénomènes décrits par Campbell et Edelman à des exemplifications particulières de causalité descendante intersystèmes est quelque peu abusive. L'introduction d'un système naturel dans une logique sélectionniste (et donc dans une dimension historique) permet de distinguer les phénomènes de la vie et de la conscience des exemples triviaux d'action causale descendante apparentés à l'exemple, proposé plus

51. Les divers impacts de la présence d'un mécanisme sélectif sur notre manière de concevoir la causalité descendante dans les systèmes complexes seront approfondis dans un article ultérieur.

haut, du philosophe insatisfait déchirant ses feuilles de notes. En effet, bien que l'action causale exercée par un mécanisme sélectif sur la base de survie d'un système soit issue d'une interaction entre ce système et son environnement, il est important de remarquer qu'une telle action est rendue possible par l'existence même d'une propriété macroscopique de ce système. Dans l'exemple de Campbell, la contrainte exercée par la sélection naturelle sur la structure de l'ADN n'est possible que parce que le système, dans sa dimension globale, manifeste la propriété macroscopique « être en vie ». Dans une même optique, l'influence causale de l'éducation, des expériences personnelles, de l'environnement, *etc.*, sur la structure du câblage cérébral est médiatisée par le fait que le sujet d'une telle action manifeste la propriété « être conscient ». Il ressort de ces considérations qu'on ne peut, si on souhaite expliquer les phénomènes naturels comme la vie ou la conscience, faire l'économie de la nature essentiellement *relationnelle* de ces propriétés, *i.e.* ces propriétés rendent possible la mise en relation causale entre un système vivant ou conscient et son environnement, par l'intermédiaire d'un mécanisme sélectif. Il ressort de cette idée la possibilité de proposer un concept alternatif de causalité descendante : la *causalité descendante hybride* (ni purement intrasystème, ni purement intersystèmes) ou *relationnelle* (voir figure 5). Ce concept entend capturer l'idée esquissée à l'aide des exemples de Campbell et d'Edelman, à savoir l'idée selon laquelle une action causale descendante peut se nouer entre la base de survie d'un système naturel et son environnement, par l'intermédiaire d'une propriété systémique de ce système. Dans une telle optique, on peut affirmer que la propriété d'un organisme « être vivant » agit causalement, de manière descendante, sur sa base de survie (une structure particulière de l'ADN) car elle rend possible l'action causale, via la sélection naturelle, de l'environnement sur cette base de survie.

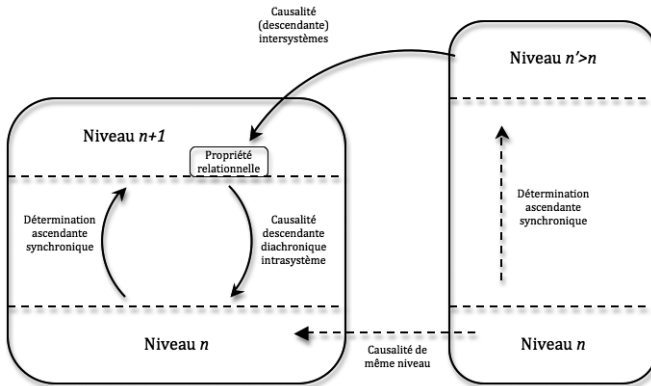


Figure 5 – Causalité descendante hybride ou relationnelle.

L'intérêt de ce nouveau concept de causalité descendante relationnelle est qu'il permet de concilier deux exigences : garantir l'irréductibilité (force du concept de causalité descendante intrasystème) et posséder un contenu empirique (force du concept de causalité descendante intersystèmes). Il ressort de cette analyse que le concept de causalité descendante relationnelle constitue une caractérisation empiriquement satisfaisante de l'irréductibilité explicative de principe d'un « tout » à ses « parties ». Ce concept hybride constitue dès lors le fondement de notre *explicatum*.

4. Conclusion

Parmi les diverses interprétations possibles de la maxime classique de l'émergence, « le tout est plus que la somme des parties », nous avons focalisé notre attention, dans cet article, sur l'une d'entre elles que nous estimons être cohérente avec la pensée des premiers émergentistes et intéressante pour opérer une démarcation entre émergence et réduction. Cette interprétation particulière, héritée essentiellement des travaux de Broad, correspond à une définition de l'émergence comme irréductibilité explicative de principe. Cette définition s'avérant fondamentalement négative et donc peu substantielle, nous sommes partis à la recherche de critères à même de conférer un contenu positif et instructif à cette première définition. Afin de construire ce que nous avons nommé, à la manière de Carnap, un *explicatum* de l'émergence, nous avons fait appel à trois concepts fondamentaux : la survenance, grâce à la-

quelle l'émergence s'inscrit dans une perspective physicaliste; le holisme, par l'intermédiaire duquel nous avons pu thématiser l'idée, centrale pour les émergentistes, de nouveauté; et la causalité descendante, fournissant le contre-point idéal au concept d'irréductibilité.

Sur base d'une première définition de l'émergence :

- une propriété P d'un système complexe S est émergente si et seulement si elle est irréductible, *i.e.* P ne peut être expliquée et prédite sur base d'informations exclusivement relatives au niveau des constituants de S ,

nous avons pu proposer une définition équivalente, mais plus instructive :

- une propriété P d'un système complexe S est émergente si et seulement si P est survenante (P est physiquement réalisée dans S), P est systémique (il n'existe pas de constituants de S qui manifeste une propriété P' déterminant de P) et P s'identifie à une disposition à agir causalement sur les constituants de S , d'une manière (au moins partiellement) interne à S .

Outre le fait que la précédente caractérisation possède l'avantage de définir l'émergence de manière positive, elle permet également, en constituant une définition de référence, de clarifier le « brouillard sémantique » corrélatif de la diversité des emplois du concept. En particulier, les trois requisits définitionnels invoqués dans la définition de notre *explicatum* nous autoriseront, dans un article futur⁵² à construire une classification à même de clarifier les débats relatifs à la problématique du réductionnisme.

Remerciements

Je tiens à remercier Marie-Françoise Meurisse, Bertrand Hespel, Bao Long Dang Van et Xavier Gillon pour leurs précieux conseils et/ou corrections sur la première version de cet article. Cet article s'inscrit dans le cadre de recherches en philosophie des sciences financées par le Fond National de la Recherche scientifique (FNRS).

52. «Cf. [30], Sartenaer, 2010. Dans cet article, nous proposerons une taxonomie des concepts d'émergence dans laquelle chacun des *taxa* correspond à un degré particulier de satisfaction des requisits définitionnels de notre *explicatum* de l'émergence.»

Références

- [1] AYALA, F.J. and DOBZHANSKY, T., *Studies in the Philosophy of Biology*, Berkeley, University of California Press, 1974.
- [2] BECKERMANN, A. (éd.), *Emergence or reduction ? Essays on the prospect of nonreductive physicalism*, Berlin, de Gruyter, 1992.
- [3] BUNGE, M., « Emergence and the Mind », in *Neuroscience*, n°2 (1977), pp. 501-509.
- [4] CARNAP, R., *Signification et nécessité*, Gallimard, Paris, 1997.
- [5] CARTWRIGHT, N., *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.
- [6] CASTON, V., « Epiphenomenalism, Ancient and Modern », in *The Philosophical Review*, n°106 (1997), pp. 309-363.
- [7] EDELMAN, G., *Biologie de la conscience* (trad. A. Gerschenfeld), Paris, Odile Jacob, 2000.
- [8] FEIGL, H., SCRIVEN, M. and MAXWELL, G. (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Concepts, Theories and the Mind-Body Problem*, Vol. 2., Minneapolis, Minnesota University Press, 1958.
- [9] FODOR, J.A., « Special Sciences (or the Disunity of Science as a Working hypothesis) », in *Synthese*, n°28 (1974), pp. 97-115.
- [10] GILLET, G. and LOEWER, B., *Physicalism and its Discontents*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- [11] GULICK (VAN), R., « Reduction, Emergence and Other Recent Options on the Mind-Body Problem : A Philosophic Overview », in *Journal of Consciousness Studies*, n°8 (2001), pp. 1-34.
- [12] HEMPEL, C.G., *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Sciences*, New York, Free Press, 1966.
- [13] JOHNSON, S., *Emergence : The Connected Lives of Ants, Brains, Cities*, New York, Scribner, 2001.
- [14] KAUFFMAN, S., *Reinventing the Sacred. A New View of Science, Reason and Religion*, New York, Basic Books, 2008.
- [15] KAUFFMAN, S. and CLAYTON, P., « On emergence, agency, and organization », in *Biology and Philosophy*, n°21 (2006), pp. 501-521.
- [16] KIM, J., *Supervenience and Mind. Selected Philosophical Essays*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.
- [17] KIM, J., *Mind in a Physical World. An Essay on the Mind-Body Problem and Mental Causation*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1998.
- [18] KIM, J., « Making Sense on Emergence », in *Philosophical Studies*, n°95 (1999), pp. 3-36.

- [19] KIM, J., « L'émergence, les modèles de réduction et le mental » (trad. R. Vallée et P. Bernier), in *Philosophiques*, n°27 (2000), pp. 11-26.
- [20] KIM, J., *Trois essais sur l'émergence* (trad. M. Mulcey), Paris, Editions d'Ithaque, 2006.
- [21] KLEE, R.L., « Micro-Determinism and Concepts of Emergence », in *Philosophy of Science*, n°51 (1984), pp. 44-63.
- [22] KOESTLER, A. and SMYTHIES, J. (eds.), *Beyond Reductionism*, London, Hutchinson, 1968.
- [23] MARTIN, T. and DEREWENDA, Z.S., « The name is bond — H bond », in *Nature structural biology*, n°6 (1999), pp. 403-406.
- [24] MAYR, E., *Histoire de la biologie* (trad. M. Blanc), Paris, Fayard, 1989.
- [25] MORGAN, L., *Emergent Evolution*, London, William and Norgate, 1923.
- [26] NAGEL, E., *The structure of science*, London, Routledge and Kegan Paul, 1961.
- [27] O'CONNOR, T., « Emergent Properties », in *American Philosophical Quarterly*, n°31 (1994), pp. 91-104.
- [28] POPPER, K. and ECCLES, J., *The Self and Its Brain*, Berlin, Springer-Verlag, 1977.
- [29] REIF, F., *Statistical Physics*, Newton, McGraw-Hill, 1965.
- [30] SARTENAER, O., « Vers une taxonomie des concepts d'émergence », in *Revue des Questions Scientifiques*, numéro à paraître.
- [31] SOBER, E., *Philosophy of biology*, Oxford, Oxford University Press, 1993.
- [32] SOBER, E., « The Multiple Realizability Argument Against Reductionism », in *Philosophy of Science*, n°66 (1999), pp. 542-564.
- [33] SPENCER-SMITH, R., « Reductionism and Emergent Properties », in *Proceedings of the Aristotelian Society*, n°95 (1995), pp. 113-129.
- [34] SPERRY, R.W., « A Modified Concept of Consciousness », in *Psychological Review*, n°76 (1969), pp. 532-536.
- [35] STEPHAN, A., *Varieties of Emergentism*, in *Evolution and Cognition*, n°5 (1999), pp. 49-59.