

Les neuf modèles de l'émergence

Benoît Virole

Ph.D. Psychopathologie Ph.D. Sciences du langage

2015-2021

Résumé

Afin de clarifier la notion d'émergence, nous distinguons neuf modèles permettant de comprendre l'existence de phénomènes émergents. Nous concluons sur l'intérêt de limiter l'usage du terme d'émergence aux phénomènes non déductibles de la connaissance antérieure des propriétés d'un substrat considéré. Enfin, si certains de ces modèles présentent une autonomie interne leur permettant d'éviter le recours à une détermination extérieure, la plupart ne peuvent pas s'émanciper d'une fonction externe inconnue. Ce texte est celui d'une communication orale réalisée au séminaire *Émergences* organisée par le Centre d'Etudes du Vivant et de l'Etablissement Public de Santé Maison-Blanche le 19 Janvier 2015.

Mots-clefs

Épistémologie de la connaissance - Histoire des sciences - Émergence

Introduction

Dans le langage usuel, le mot « émergence », issu du latin « *emergere* », (*sortir de l'eau*), signifie l'apparition d'un nouvel objet. L'émergence caractérise le fait qu'une chose sort d'une autre, sans que celle-ci la produise à la manière dont une cause produit nécessairement un effet, et suffise à en faire comprendre l'apparition¹. C'est donc le nom désignant un phénomène admis par induction, raisonnement consistant à remonter des faits à la loi, de cas particuliers à une proposition plus générale (opposé à la déduction). Mais il n'en constitue pas plus une explication que le mot « la vie » n'explique la nutrition et la reproduction. Cette dénomination n'est ni une hypothèse explicative ni une promesse d'intelligibilité :

« L'émergence d'une nouvelle qualité à un certain niveau de l'existence signifie qu'à ce niveau vient à l'être une certaine constellation (au sens allemand : ensemble de positions et de mouvements)

ou collocation de mouvements appartenant à ce niveau et possédant la qualité qui lui est propre ; et cette collocation possède une nouvelle qualité caractéristique d'un *complexus* supérieur. Cette qualité et cette constellation à laquelle elle appartient sont à la fois quelque chose de nouveau et d'exprimable intégralement en termes des processus propres au niveau dont elles émergent : c'est précisément ainsi que l'esprit est une nouvelle qualité distincte de la vie, avec ses méthodes propres et particulières de comportement... non pas purement vital mais aussi vital »²

L'émergence est donc fondamentalement un saut qualitatif associé à une extension de la complexité. Sa signification est cependant loin d'être précise. Le terme est utilisé comme un concept passe partout aux contours flous. Par exemple, il est choisi pour qualifier l'apparition d'un auteur sur la scène culturelle, d'une pensée nouvelle sur le fond des idéologies existantes,

1. Lalande A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, 1926, Puf, 1972, p. 276.

2. Loyd Morgan, « Mind and body in their relation to each other and to external things », *Scientia* 1915, cité dans Lalande A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, 1926, Puf, 1972, p. 277 (souligné par nous).

d'un style dans les pratiques esthétiques, d'un pays sur la scène internationale, d'un virus (etc.). Au-delà de son utilisation profane dans le langage courant, la notion d'émergence est utilisée dans tous les domaines des activités humaines, en sciences sociales, en sciences physiques, dans les sciences du vivant. Illustrons par quelques exemples : on écrira volontiers que dans l'histoire de la peinture, la naissance de l'abstraction est l'*émergence* d'une nouvelle dimension esthétique (Kandinsky). Elle fait suite à d'autres émergences constitutives de l'histoire de la peinture telle celle de la perspective au *Quattro Centro*. En littérature, les formes *émergentes* concerneraient le traitement narratif, la naissance du roman (Cervantes), la subjectivité phénoménologique (Proust) la dissolution des personnages (Sarraute), l'écriture automatique (Roussel), le flot de pensées intérieures (Joyce) (etc., etc.).

Une des qualités distinctives de l'émergence, qui la distingue de la naissance, concerne son caractère *inattendu*. L'émergence survient hors de toute attente, hors de toute anticipation. Elle est surprenante, parfois dérangement, et elle suscite une incrédule initiale. Dans le temps, elle est imprévisible. Dans l'espace, elle survient dans un lieu inattendu. Dans sa forme, son apparence surprend. L'Histoire est le domaine par excellence de l'émergence de ces événements imprévus. Nous sommes observateurs d'événements dont la prévisibilité est incertaine et dont nous ne comprenons pas le déterminisme si ce n'est par des tentatives *a posteriori*. Citons quelques exemples de théories historiques *a posteriori* : théorie des âges de l'humanité pour Vico, succession des stades pour Auguste Comte, marche progrédiente de l'esprit pour Hegel, conflit des classes pour le matérialisme historique de Marx, conflit des civilisations pour Huntington. Même si des événements historiques peuvent parfois être prédits, le moment, le lieu et la forme pris par ces événements sont toujours inattendus. En biologie, des formes nouvelles relèvent de mutations sur un substrat en parti connu (le génome) mais leurs manifestations phénotypiques peuvent être imprévues, parfois inexplicables. En sociologie, un mouvement social émerge sans qu'il soit nécessairement le fruit d'une intention collective préexistante indétectable, en un endroit inattendu et sous une forme inédite. Les révolutions en

sont des exemples paradigmatiques. Dans un conflit armé, des situations nouvelles émergent, à la suite de ce que les théoriciens de la guerre, appellent la *friction*, imprévisible, inéluctable, irrépressible, mais génératrice d'opportunités tactiques nouvelles.

L'émergence d'un objet est souvent source de controverses. Prenons comme exemple l'épistémologie de la découverte scientifique. L'apparition d'une nouvelle théorie scientifique est-elle le fruit d'un processus graduel, d'une découverte inopinée d'un fait nouveau, d'un saut créateur, d'un renversement de perspectives, d'un changement de paradigme (Kuhn), d'une logique de la réfutation (Popper), de la création d'un virtuel plus vaste que le réel (Thom) ? La question de la nature de l'émergence n'est jamais triviale. À partir de quel degré de variation peut-on décréter qu'un phénomène est émergent et n'est pas la simple déclinaison graduelle d'objets anciens ou la recombinaison astucieuse d'éléments connus ? Bref, se pencher sur l'émergence d'un objet dans un domaine déterminé revient à convoquer les prémisses, les projets les méthodes et l'arrière plan épistémologique de sa théorie. Mais l'émergence peut aussi être étudiée en tant que telle, c'est-à-dire de façon transdisciplinaire, indépendamment des domaines où elle se manifeste, en la considérant comme étant, par essence, un phénomène dynamique impliquant trois dimensions distinctes : le phénomène en lui-même, son fond originaire indifférencié et l'espace prospectif auquel il accède. Dire par exemple que la nation *X* est une nation émergente, signifie qu'elle se démarque (phénomène dynamique) du fond des autres nations pour accéder au statut des nations possédants tel ou tel attribut économique ou géopolitique. Dans ce cas, on s'intéresse en priorité au moment de cette démarcation, à sa forme dynamique. De même, dire que la conscience est un phénomène émergent de l'inter-connectivité neuronale impose la distinction entre un *substratum*, (l'inter-connectivité neuronale), un domaine nouveau d'existence phénoménale (la conscience) et un processus dynamique liant les deux. Ce processus inconnu est l'objet du questionnement sur l'émergence. Une des questions les plus fondamentales de l'épistémologie de la connaissance est de déterminer si l'émergence dans des domaines différents relève d'un processus ontologique unique, ou si elle n'est qu'un vocable associant superficiel-

lement des dynamiques distinctes, hétérogènes, assimilées nominalement par analogie. Nous nous proposons dans ce texte d'examiner cette question en survolant neuf modèles théoriques identifiables susceptibles de rendre compte de l'émergence. Nous les présenterons schématiquement et les illustrerons par des figures représentant une figuration visuelle du processus. Chaque figure sera accompagnée d'une liste de critères binaires (+ ou -) permettant de qualifier le processus d'émergence en question. Ces critères sont les suivants :

1. *Finalité*. L'émergence d'un objet obéit à une finalité, à un but fixé.
2. *Réversibilité*. Un objet émergent peut revenir à l'état initial (en inversant le sens du temps).
3. *Déductibilité*. La connaissance des propriétés du substrat permet la connaissance de l'ensemble des propriétés de l'objet.
4. *Prévisibilité*. La connaissance du substrat permet de prévoir l'émergence d'un objet.
5. *Intelligibilité*. Le processus d'émergence est intelligible, dans sa forme et ses lois.
6. *Déterminisme*. Il existe une causalité intelligible, identifiable, à l'émergence de l'objet.

Ces critères permettent de classer les modèles de l'émergence. L'attribution d'une valence positive ou négative est considérée comme pouvant générer des problématiques, des discussions et des approfondissements.

Les neuf modèles de l'émergence

1. Les modèles « créationnistes »

On classe dans cette catégorie de modèles toutes les conceptions créationnistes où un *deus ex machina* crée de toutes pièces des objets nouveaux. Le modèle créationniste est consubstantiel à la pensée religieuse. Il est présent en biologie avec les thèses prédarwinienne. Mais le créationnisme est aussi répandu de façon cryptique dans toutes sortes de domaines. Ainsi, les conceptions assimilant la création artistique à l'émergence progressive d'une forme contenue en puissance dans la matière relèvent de ce type de modèle. Une puissance génératrice unique

(le génie de l'artiste, l'âme d'un peuple, la puissance en devenir) modifie la matière pour produire une forme nouvelle. Il n'est pas absent en épistémologie. L'idée qu'une poussée créatrice individuelle, fait rupture avec les consensus et les habitudes, réorganise les données d'observation et crée, de toutes pièces, une nouvelle façon de voir le réel, est présente chez Einstein par exemple avec sa proposition d'un jaillissement (*J*) de la pensée créatrice transformant les données de l'expérience (*E*) en axiomes (*A*) *avant de retourner* (*S*) à l'expérience (*E*) (cf. dans Holton la reproduction des notes d'Einstein sur le modèle *EJASE*). Souvent ces modèles de la poussée créatrice exploitent l'imaginaire de la naissance (la sortie des eaux), la valence positive de l'élévation (symbolisme de l'ascension). Dans le cadre de ces modèles, l'émergence tend à se confondre avec la notion de force vitale. Elle devient une spécificité irréductible du vivant en l'associant à un principe inconnu, mais efficient, qui détermine la *poussée* génératrice et téléonomique de formes nouvelles. Elle est le bras armé d'une entité toute puissante, externalisée dans les limbes, concrétisée dans le geste créateur, l'argile devient forme, l'âme anime la chair et la matière. L'émergence est conçue dans un cadre strictement dualiste séparant d'une part une puissance possédant ses propres lois d'existence et d'autre par un monde physique banal à laquelle l'acte créateur donne forme.

2. Les modèles de type « instruction »

Ces modèles permettent l'émergence d'objets à partir de l'exécution d'un programme, qu'il soit génétique ou informatique. Le produit de leur exécution, certes nouveau, est entièrement prévu par le code. Dans certains cas simples (en informatique par exemple), le code peut être reconstruit par une analyse convenable de l'objet. Ces modèles correspondent à la génétique standard attribuant la synthèse d'une protéine à des séquences ADN mais des nuances doivent être apportées en prenant en considération les phénomènes épigénétiques en biologie où il ne s'agit plus d'instructions exécutées à partir du génome mais de phénomènes non linéaires avec des boucles de récursivité. Dans ces cas, il ne s'agit plus de modèles instructifs mais bien de systèmes dynamiques complexes (cf. les modèles de ce type dans

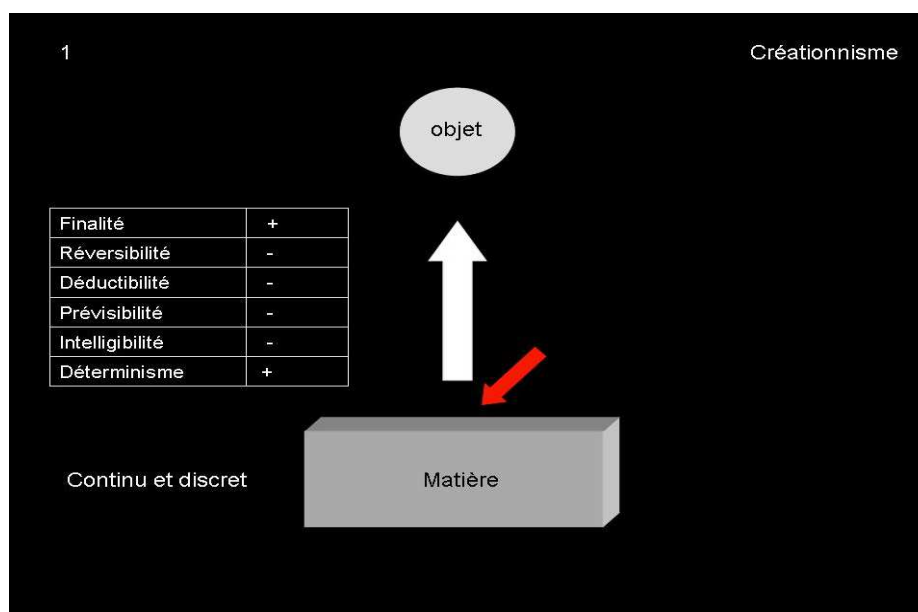


Figure 1 – Schéma type des modèles créationnistes. Une force externe agit sur la matière et fait émerger un objet nouveau.

la classe 9). Dans la plupart des cas, les modèles de ce type sont des systèmes de production générant des objets nouveaux mais déductibles du code initial. De façon rigoureuse, une série d'instructions, (comme dans un langage de programmation séquentielle) ne devrait pas être considérée comme réalisant un objet « émergent » mais un objet « produit ». La validité du terme d'émergence dans les modèles strictement instructionnistes est sujette à caution et ceci quelque soit son domaine d'application. Par exemple, en biologie du développement, parler d'émergence de la marche à 12 mois chez l'enfant est impropre car la marche est une fonction innée, génétiquement programmée. De même, on ne considère pas comme « émergent » l'apparition de la dentition. Il s'agit de la réalisation attendue d'un programme prédéfini. Parler d'émergence du langage chez l'enfant de 2 ans est une facilité terminologique, rendu plus explicable par la complexité de la fonction langage dont l'installation est dépendante, en partie, de l'environnement, donc du hasard, et est donc plus complexe que l'apparition d'un phénomène déterminé uniquement génétiquement. Strictement monistes, ces modèles laissent dans l'inconnu l'origine du code ou l'attri-

bue à l'intention du concepteur, externalisant ainsi la question de la détermination. Ces modèles existent dans toutes sortes de domaines, technologiques en particulier, mais pas uniquement. La dualité performance / compétence du modèle linguistique de Chomsky pour la générativité du langage se réduit en fin de compte à un modèle instructionniste (la générativité du langage est l'expression d'un code).

3. Les modèles « sélectifs »

Ils comprennent un ensemble d'éléments discrets (des unités, par exemple : en biologie des cellules, des individus, des espèces ; en informatique : des automates de calcul), dotés d'une capacité de reproduction, qui sont soumis à un moteur de variabilité les modifiant et aboutissant à des objets nouveaux qui peuvent accéder à une existence durable si leurs qualités nouvelles leur procurent une capacité reproductive accrue, leur donnant un avantage sélectif dans un environnement concurrentiel. Ce modèle « darwinien » explique l'évolution des formes vivantes. Il a été reproduit dans les systèmes d'algorithmes

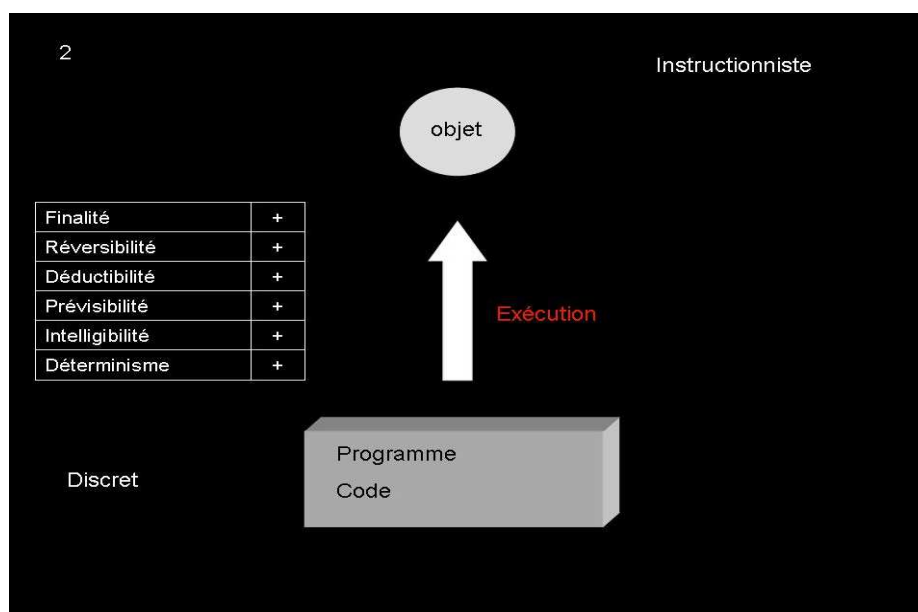


Figure 2 – Schéma type des modèles instructionnistes. Le code contient des instructions qui sont exécutées.

génétiques et a inspiré des approches en sciences cognitives (darwinisme neural-mental d'Edelman) en sociologie des groupes (socio-biologie), et par extension en économie. Toutefois, en toute rigueur, un modèle de sélection avec gain adaptatif nécessite la générativité des éléments (les individus biologiques mutés ont des descendants dont la mutation favorable contribue à leur extension). Ce n'est pas le cas par exemple pour le darwinisme neural mental d'Edelman où la compétition sélective entre réseaux neuronaux ne comporte pas l'effet de création d'une nouvelle génération (les réseaux de neurones ne se reproduisent pas). Ces modèles sont monistes et rendent compte par leur généricité interne des mécanismes d'émergence sans le recours à une puissance externe. Ils sont remarquablement puissants sur le plan heuristique et très explicatifs des phénomènes d'émergence, en particulier en biologie. Mais ces modèles nécessitent fondamentalement un moteur interne de variabilité (le hasard des mutations). Il est vain de penser que ces modèles sélectifs seraient capables d'expliquer toute forme d'émergence. Par exemple, en biologie, la téléonomie de l'évolution est écartée par le modèle de la sélection

naturelle avec gain adaptatif mais de nombreux biologistes considèrent que la sélection naturelle ne peut à elle seule expliquer la macro-évolution dont le sens reste inexpliqué (Cf. Grassé).

4. Les modèles « conflits et dialectiques »

Existant depuis la philosophie grecque, les modèles de résolution de conflits articulent deux forces continues en opposition, mais à l'intérieur d'un même univers possédant les mêmes lois physiques. La résultante du conflit est l'objet émergent. Cette résultante peut être la domination ou la subversion d'une force sur l'autre, la destruction totale d'une entité, elle peut être un tiers état correspondant à la synthèse des deux puissances. Ces modèles de pensée sont légions. Ils participent autant de la psychologie populaire inspirée de la physique naïve que de grandioses constructions intellectuelles.

La dialectique de la philosophie hégélienne, où la synthèse résulte de l'antagonisme entre thèse et antithèse, est un modèle d'émergence par résultante de conflit. Chez Hegel, L'émergence peut se comprendre

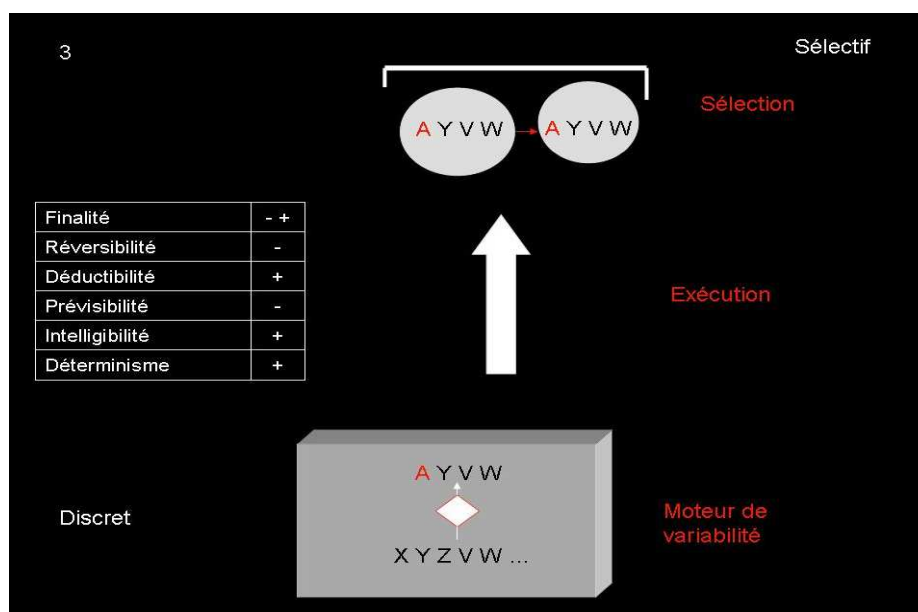


Figure 3 – Schéma type des modèles sélectifs. L'émergence d'un nouvel objet résulte d'un gain adaptatif procuré par une mutation avantageuse dans un environnement concurrentiel (symbolisé par la barre au dessus de l'objet).

comme résultante de la suppression dialectique (*Aufheben*, *Die Aufhebung*)³. L'entité supprimée dialectiquement est annulée dans son aspect contingent d'entité naturelle donnée; mais elle est conservée dans ce qu'elle a d'essentiel (de signifiant, de significatif). Elle est ainsi médiatisée par la négation. Elle est sublimée ou élevée à un mode d'être plus compréhensif et compréhensible que celui de sa réalité immédiate de pure et simple donnée positive et statique, qui n'est pas le résultat d'une action créatrice, c'est-à-dire négatrice du donné. C'est donc une négation créatrice⁴.

Ce modèle peut être aussi appliqué sur le matérialisme historique d'Engels et de Marx. Le fait historique émergent est la concrétisation d'un conflit opposant des classes économiques antagonistes. En psychanalyse, le modèle freudien du symptôme (défense, formation réactionnelle) rentre

dans cette même catégorie. L'objet émergent (le symptôme) est un objet de résolution de conflit (compromis le plus souvent transitoire) entre pulsion et instance de refoulement. La dernière théorie des pulsions de Freud opposant pulsion de vie (liaison) à la pulsion de mort (déliaison) rentre dans le cadre de ces modèles. En épistémologie, la substitution d'un paradigme scientifique par un autre est un exemple de résolution de conflit par la disparition d'un protagoniste. De façon spécifique, ces modèles impliquent l'existence de forces continues ou du moins de l'intégration des acteurs agissants dans des macro-entités considérées comme continues. Ces modèles de conflit suscitent souvent une métaphorisation par la sémantique de l'hydrologie (flux, barrage, déferlement, subversion) et un vocabulaire militaire (barrage, défense, percement, destruction, victoire, défaite). Dans tous les cas, l'objet émergent est le résultat du conflit entre deux puissances. Monistes, ces modèles abordent l'émergence par les lois physiques connues mais ils laissent toujours dans l'inconnu l'origine des puissances et la finalité de leur affrontement ou bien les rationalisent (les

3. Hegel, *Phénoménologie de l'Esprit*, 1807, Flammarion, 2012.

4. Cf. Kojève A., *Introduction à la lecture de Hegel, Leçons sur la Phénoménologie de l'Esprit*, Raymond Queneau, 1937-1939, Gallimard, 1947, 1968.

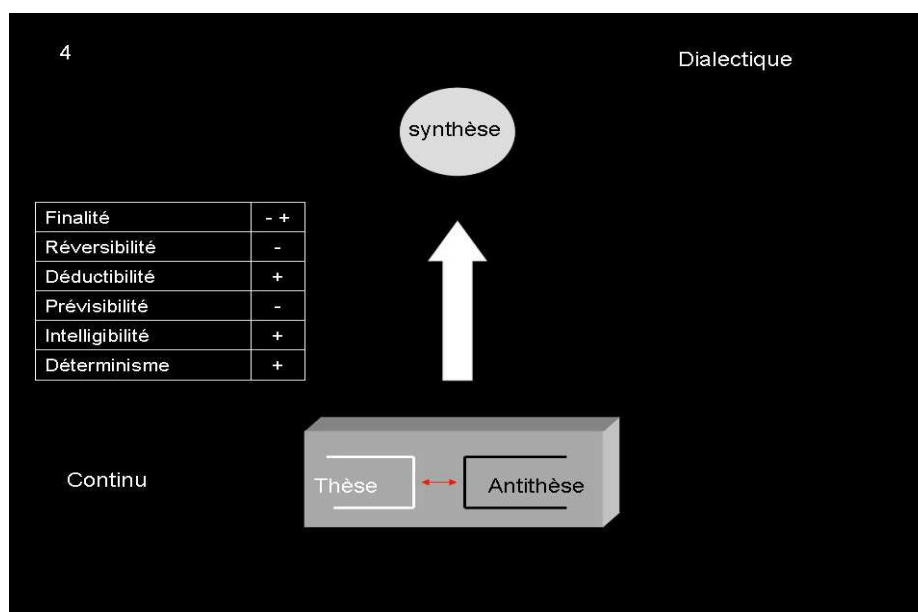


Figure 4 – schéma type des modèles de type, conflits et dialectiques.

appétits humains, la soif de puissance, les nécessités vitales, etc.).

5. Les modèles « constructivistes »

Dans cette famille de modèles, dont l'une des applications les plus connues est l'épistémologie piagétienne, une entité (par exemple l'esprit humain) construit un objet émergent (la représentation du monde) par interaction avec la réalité (le monde). Cette interaction génératrice est le fait de schèmes. Les plus essentiels ont été décrits par Kant (espace, temps, causalité), premier constructiviste.

La raison désigne, chez Emmanuel Kant (1724-1804), tout ce qui, dans la pensée, est *a priori* et ne vient pas de l'expérience. La raison fonde de façon inconditionnée l'unité de toute connaissance. Elle est soit théorique (raison pure) soit spéculative lorsqu'elle concerne la connaissance. Le problème général de la raison pure tient dans une question : comment les jugements synthétiques *a priori* sont-ils possibles ?⁵ Les jugements synthétiques dits *a priori*

s'opposent aux jugements analytiques qui n'ajoutent rien au concept du sujet traité mais le développe seulement. Par exemple un cercle est rond est un jugement analytique, car rond est une propriété contenue dans le cercle, par contre $7+5=12$ est synthétique car ni 7 ni 5 ne contiennent 12. Or, des jugements synthétiques sont présents comme principes dans toutes les sciences théoriques. Si on peut établir que des jugements synthétiques sont possibles en métaphysique, donc en dehors réalité sensible alors celle-ci peut prétendre à devenir une science. Pour Kant, « penser, c'est connaître par concepts »⁶. Toute connaissance humaine commence par des intuitions, passe de là aux concepts et s'achève avec les idées. Il s'agit donc de découvrir les concepts originaires à partir desquels il est possible d'établir « l'arbre généalogique » de l'entendement pur⁷. L'entendement est la capacité de *créer* des concepts. C'est une fonction mentale qui ordonne les données de

5. Kant E., *Critique de la raison pure*, 1781, Puf, 11^{ème} édition, 1986, p 43.

6. Kant E., *Critique de la raison pure*, 1781, Puf, 11^{ème} édition, 1986, p 88.

7. « Dès qu'on a les concepts originaires et primitifs, il est facile d'y ajouter les concepts dérivés et subalternes et de dessiner entièrement l'arbre généalogique de l'entendement pur. » Kant E., *Critique de la raison pure*, 1781, Puf, 11^{ème} édition, 1986, p 95.

l'expérience, les sensations et les intuitions sensibles, au moyen des catégories, afin d'en faire des séries et des systèmes. L'espace et le temps sont pour Kant les formes *a priori* de l'entendement. L'espace est au fondement de toutes les intuitions. Les concepts *a priori* ont pour fonction d'opérer des liaisons, mais ils doivent être remplis par la matière de l'intuition. Les différentes intuitions sont reliés aux concepts par le *schématisme* qui consiste dans l'attribution d'un contenu sensible aux concepts de l'entendement, au fur et à mesure que la conscience élabore ses propres objets dans la continuité réflexive. Le schème est donc une représentation intermédiaire entre les phénomènes perçus par les sens et les catégories de l'entendement. Le temps est le schème central qui lie les catégories et l'intuition. Le schème est la forme du sens interne que du sens externe. Il est donc au fondement de toute expérience. À chaque catégorie correspond un schème (séquentialisation / nombre, permanence, succession, simultanéité). La synthèse est une organisation systématique grâce aux catégories de l'entendement. Le « cogito » est le principe fondamental de la synthèse. Cependant la synthèse de l'entendement n'est jamais totalement achevée. Ainsi, la raison tente la synthèse des synthèses, en remontant à l'unité, à l'inconditionné, à l'absolu. Or, cette synthèse intellectuelle n'est jamais ultime. Le désir de la raison est de s'élever à la synthèse inconditionnée. Son objet est de s'élever de la synthèse conditionnée, à laquelle l'entendement demeure toujours attaché, à la synthèse inconditionnée qu'il ne peut jamais atteindre, d'où les antinomies internes à la raison. La raison est en conflit avec elle-même. Mais, contrairement à ce qu'en fera Hegel, la dialectique reste sur place, dans l'immobilité de l'espace. C'est l'approfondissement de la thèse qui conduit à poser l'antithèse, mais en aucune façon il n'y a mouvement de genèse, ni un devenir qui serait celui des formes de la raison elle-même. Pour Kant, toutes les thèses sont du côté du dogmatisme, toutes les antithèses sont du côté de l'empirisme.

Ce type de modèle peut s'appliquer également aux synthèses constructivistes en phénoménologie comme chez Husserl chez qui l'intentionnalité synthétise les esquisses partielles de la perception pour générer un objet intentionnel. Selon Husserl (1929), l'intentionnalité est comparable à une sorte de rayon pénétrant

les esquisses primaires des objets, formes élémentaires de la perception, pour permettre leur synthèse dans un objet mental (*synthèse objective*)⁸. Les modèles « constructivistes » modernes, comme celui de Piaget, se rapprochent des modèles dialectiques car les interactions génèrent des contradictions qui se résolvent par l'émergence d'un objet nouveau (stade, acquisition de notions cognitives, etc.) permettant une équilibration. Par exemple, la notion de la conservation de la masse émerge (par assimilation et accommodation) à la suite d'un conflit entre la perception visuelle d'une grandeur et son aperception cognitive. La faiblesse de ces modèles réside dans l'explication donnée à la présence de ces schèmes. Leur innéité supposée renvoie à des modèles instructionnistes cryptés, leur acquisition par interaction constructive dénote un raisonnement circulaire. Ils sont fins dans leur description *a posteriori* des formes émergentes, mais non prédictifs, et sont dépendants d'une force externe pour pouvoir fonctionner (« la raison, l'entendement, le développement »). Il existe des modèles de ce type principalement en mathématique et en psychologie du développement.

6. Les modèles « structuraux »

L'émergence du sens dans les systèmes sémiotiques est le domaine d'application des modèles « *structuraux* ». Ces modèles comportent des éléments discrets en nombre fini, généralement peu important, inférieur à la centaine, présentant des propriétés (parfois binaires, parfois de nature plus complexe) s'opposant les unes aux autres et constituant des « matrices » d'où émergent, par concaténation et agrégations diverses, des objets nouveaux (signifiants) dotés de sens.

La phonologie et la sémantique structurale sont des exemples de cette émergence combinatoire. Des énoncés inédits peuvent être performés primitivement à partir de ces matrices. Leur viabilité secondaire dans leur domaine d'existence (la langue) est tributaire de leur acceptation. Mais ces modèles existent aussi dans d'autres domaines que le langage. On le retrouve en chimie où les constitu-

8. Husserl E. *Idées directrices pour une phénoménologie*, (trad. P. Ricoeur), Gallimard, Paris, 1950.

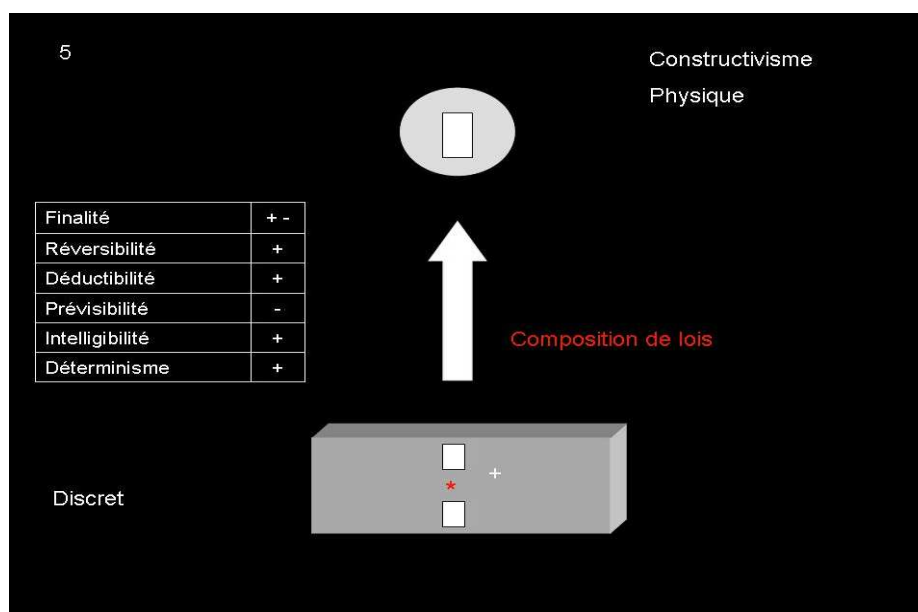


Figure 5 – Schéma type des modèles constructivistes.

tions des molécules sont liées aux valences des corps simples (les atomes), mais aussi dans l'harmonie où les accords sont constitués d'agréations de notes dont les rapports mutuels sont définis par des valences (consonance des intervalles). Par extension, ce type de modèle s'est déployé dans divers domaines des sciences humaines. Par exemples, comme réinterprétation des rapports de classe dans le matérialisme historique comme différentiel structural chez Althusser ; comme réinterprétation par Lacan des productions de l'inconscient : comme produits d'algorithmes structuraux liés aux rapports métaphoriques et métonymiques entre signifiant et signifié ; logique du désir dans une matrice comportant un élément vide (objet a) ; détermination des structures psychopathologiques à partir des combinaisons possibles liées aux relations différentielles liées au Phallus (possession, désir, identification).

Ce cadre structuraliste a été utilisé dans toutes sortes de tentatives pour comprendre l'émergence de formes nouvelles. Citons la théorie de Rosolato sur l'oscillation entre métaphore et métonymie qui serait à la source des créations artistiques et culturelles. Ces modèles structuraux rendent compte de l'émergence

des objets sémiotiques observables comme relevant de la production à partir d'une structure sous-jacente, animée par l'existence au sein de cette structure de rapports différentiels. Dans leur utilisation pragmatique, réifiée dans les pratiques, ils ont tendance à se dégrader dans une sémiotique triviale où tout phénomène émergent est considéré comme le signe apparent (signifiant) d'une entité cachée (signifié) en oubliant que ce rapport sémiotique différentiel est généré par une matrice structurale classifiant les oppositions. La sémiotique peircienne clarifie ces confusions en distinguant signal, indice, icône et signe. En toute rigueur, la co-substantialité entre chose et signal interdit de considérer ce dernier comme émergent, de même pour l'indice. Par contre, icône et signe sont des productions sémiotiques pouvant être considérées comme émergentes d'une détermination signifiante (choix du trait iconique, convention de sens entre signifiant et signifié). L'origine des matrices structurales est laissée dans l'inconnu, et sa détermination est souvent considérée par les structuralistes comme illusoire (à de rares exceptions, cf. Gérard Mendel et sa théorie de la chasse structurale). La conséquence fréquente est une dérive vers une transcendance du symbolique, légiférant sur les

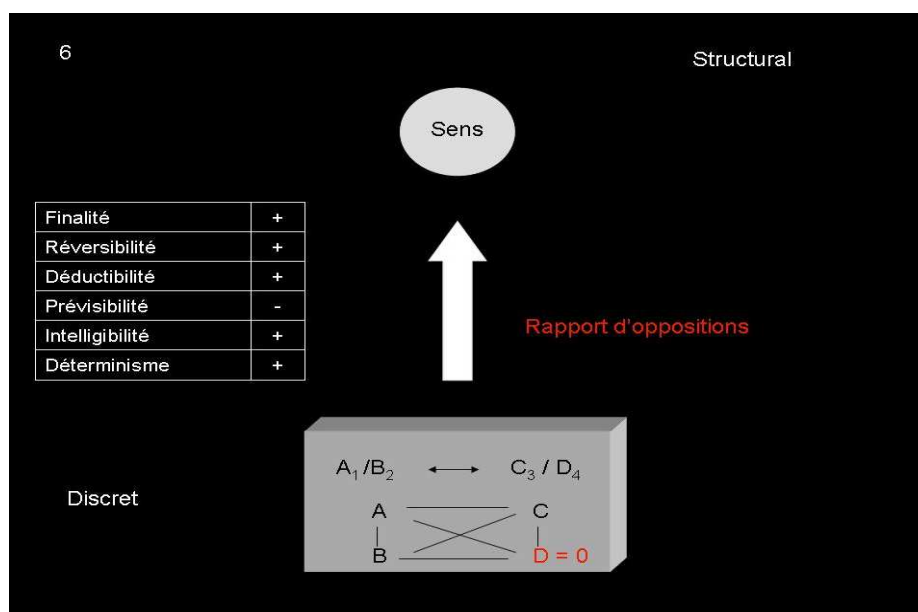


Figure 6 – Schéma type des modèles structuraux (structuralisme).

signes, de façon a-historique (exclusion du problème de l'origine) et considéré une instance toute puissante externalisée. Des explorations théoriques ont été réalisées pour relier les structures symboliques à des dynamiques génératives sous-jacentes (Cf. Jean Petitot).

7. Les modèles « morphodynamiques »

Ces modèles rendent compte de l'existence de morphologies à partir d'un substrat. Ils sont présents chez Turing avec l'idée de morphogènes où des oscillations créatrices de formes se manifestent dans des substrats soumis à une force externe (une agitation moléculaire). L'idée que les contraintes physiques externes agissent comme des agents producteurs de formes émergentes est présente chez D'Arcy Thomson et est illustrée par sa célèbre comparaison entre la morphologie des méduses et celle d'une goutte d'huile. Mais la théorisation la plus aboutie est venue des travaux de René Thom. L'émergence d'objets observables est considérée comme relevant de processus catastrophiques amenant l'apparition de morphologies sur les lignes de fronts des conflits

entre les différents espaces de variables contrôlant un système (Thom). De façon remarquable, il n'existe qu'un nombre réduit de catastrophes élémentaires ($n=7$), indépendantes du substrat, dont la combinaison rend compte de la diversité des morphologies observables. L'émergence résulte de la rupture catastrophique d'un système porté au-delà des limites (seuils) de sa figure de régulation (sa topologie interne).

Les modèles morphodynamiques de l'émergence existent dans tous les domaines des sciences physiques et humaines (de la météorologie à la psychanalyse) Ils sont par essence transdisciplinaires car les formes topologiques résultantes des bifurcations catastrophiques sont indépendantes des substrats dans lesquels elles se produisent. Ces modèles décrivent uniquement la topologie des formes émergentes et non leur métrie (grandeur). Ils peuvent reconstituer le nombre d'espaces dont les interactions déterminent leur apparaître phénoménologique. Mais ils ne peuvent pas expliquer la détermination de telle ou telle forme qui dépend d'une instance de sélection des trajectoires de bifurcation qui reste posée comme une inconnue du modèle (sauf cas particuliers). On peut rattacher à cette famille de modèles,

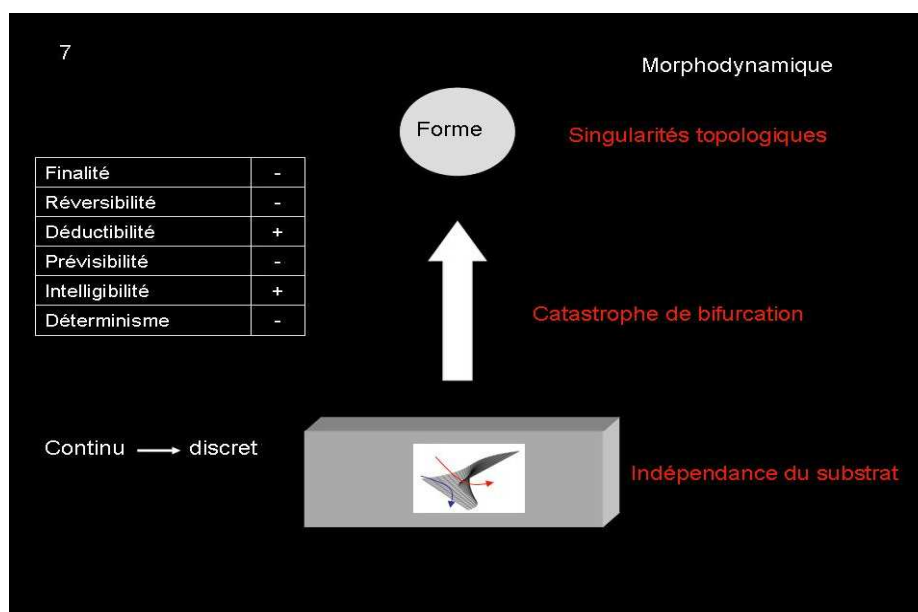


Figure 7 – Schéma type des modèles morphodynamiques. Les flèches sur la surface de réponse de la forme représentent deux trajets possibles. L'un est continu, l'autre entraîne une bifurcation génératrice d'une singularité. Le choix des trajets obéit à une instance de sélection externe.

l'émergence de structures organisées consécutivement à des phénomènes dissipatifs (Prigogine) ou à la percolation : un substrat est l'objet d'un phénomène dynamique d'origine externe qui va modifier sa constitution et faire émerger des objets organisés (cellules).

Dans toutes ces approches, différentes autant par leur projet que par leurs racines épistémologiques, l'émergence est toujours considérée comme une discontinuité qualitative consécutive au franchissement d'un seuil. La nature de ce seuil diffère selon les domaines mais tout objet émergent résulte fondamentalement de son franchissement. Ainsi, l'émergence la plus fondamentale est la transformation de l'énergie en matière. Elle est un franchissement de seuil. La condensation matérielle de l'énergie se réalise au niveau des particules élémentaires à partir du franchissement d'une température de seuil, au-dessous de laquelle le phénomène n'est pas possible (Andrillat). Toute théorie sur l'émergence, quelle que soit l'échelle à laquelle elle se situe doit donc pouvoir penser ce qu'est un seuil et les conditions physiques de son franchissement. Les approches morphodynamiques (Thom) sont paradigmatiques pour com-

prendre les phénomènes du passage dynamique du continu au discontinu. En ce sens, la valeur transdisciplinaire de la théorie des catastrophes reste fondamentale.

8. Les modèles « quantiques »

La mécanique quantique propose de traiter les grandeurs physiques de façon totalement nouvelle, en introduisant l'idée d'une quantification des valeurs (« paquets » discontinus de valeurs) dans les domaines décrits habituellement comme relevant de grandeurs continues. En physique quantique, la notion d'objet disparaît au profit d'un opérateur d'un espace vectoriel complexe (espace de Hilbert). Contrairement aux principes de la physique classique, cet opérateur ne possède pas la propriété de distributivité du fait de l'absence de compatibilité des perspectives descriptives (Parrochia, 2008, p.298). Il en résulte une propriété très contre-intuitive selon laquelle l'existence d'un phénomène n'est pas prise dans une logique classique à deux valeurs (vrai ou faux) mais dans une logique à trois va-

leurs (vrai, faux et indéterminé). L'intrication quantique est un phénomène observé en mécanique quantique dans lequel l'état quantique de deux « objets » doit être décrit globalement, sans pouvoir séparer un objet de l'autre, bien qu'ils puissent être spatialement séparés. L'explication de l'émergence d'objets, par intrication quantique, sans lien de contiguïté avec un substrat a été tentée par ces modèles quantiques et appliquée à la modélisation de l'émergence de la conscience. L'objet émergent d'un système quantique est différent de la somme des objets partiels car il ne possède pas de propriétés précisément déterminées. Totalement contre-intuitifs, ces modèles semblent prometteurs pour l'explication de phénomènes d'émergence indifférents aux contraintes de la localité - un phénomène émerge à distance du substrat, sans contiguïté macroscopique avec lui - et sont indifférents aux contraintes de temps - un phénomène apparaît avant sa cause physique apparente. Les modèles quantiques déconstruisent les rapports entre le temps et l'espace et assènent ainsi une remise en cause violente de nos préconceptions cognitives sur la stabilité spatio-temporelle de notre réalité.

9. Les modèles des « sciences de la complexité »

La notion d'émergence prend son sens fort dans le paradigme de la complexité. Dans ce cadre conceptuel, est considéré comme *émergent* un processus dynamique par lequel de nouveaux objets, structures, fonctions, formes, propriétés, font leur apparition au sein de systèmes dotés des propriétés de la complexité (Atlan, Morin, Le Moigne). Un système complexe est *dépendant des conditions initiales* préexistant à son existence et ses réponses intègrent l'histoire de son développement de façon singulière (propriétés d'*historicité* et de *singularité*). Ces systèmes produisent une instance émergente qui exerce une causalité descendante sur les systèmes sous-jacents de complexité moindre. Elle est irréductible aux propriétés physiques des éléments constitutifs du système (substrat). Tout système dynamique complexe comporte une structure interne composé d'*attracteurs*. Par exemple, la pose d'un crayon sur la boule d'un pendule (système dynamique simple) lancé de façon rotative au-dessus d'une feuille de papier montre le dessin

d'une spirale convergente vers un point fixe, attracteur du système. Les attracteurs sont des entités virtuelles, inobservables, mais dont les interactions sont déterminantes de l'évolution du système dynamique. L'évolution ultime d'un système complexe immergé dans un environnement bruité, hasardeux, et muni de capacités de récursivité est celle de l'émergence d'une instance ayant une influence contraignante sur les parties (*holisme*). Elle est capable d'intégrer sous une forme inédite des éléments issus des niveaux inféodés. Elle est imprévisible. De l'extérieur du système, nous ne pouvons pas prédire avec certitude son comportement même si nous connaissons les valeurs exactes de l'ensemble de ses paramètres. L'instanciation par émergence d'une entité holistique capable de virtualiser l'ensemble des interactions des niveaux inférieurs s'observe dans toutes sortes de domaines. En biologie avec l'émergence des systèmes d'intégration (Varela), dans le Droit comme instance légiférante, en psychanalyse avec la notion d'instance psychique. Tout système dynamique complexe doté de capacités d'auto-organisation plongé dans un environnement comportant le hasard évolue en modifiant ses états intérieurs et en générant des morphologies et des fonctions nouvelles émergentes (Atlan).

Conclusions

La présentation de ces neuf modèles est schématique, sans doute à l'excès. Cependant, elle permet de clarifier le sens du concept d'émergence. Tout objet nouveau, toute apparition phénoménologique d'un événement dans un domaine considéré ne relèvent pas strictement du champ sémantique de l'émergence. Un objet produit, calculé, résultant des interactions physiques, du jeu des grandeurs, des synthèses dialectiques n'est pas en essence un objet émergent car la qualité distinctive fondamentale de l'émergence est celle de *non déductibilité de l'existant*. En toute rigueur, le concept d'émergence devrait être réservé aux modèles du créationnisme pur, des modèles de dynamique qualitative, de la physique quantique et de la complexité. La propriété de non déductibilité impose le détournement de l'intérêt porté aux propriétés du domaine (du substrat) pour s'intéresser à la dynamique en elle-même. L'émergence d'un phénomène non déductible des propriétés du sub-

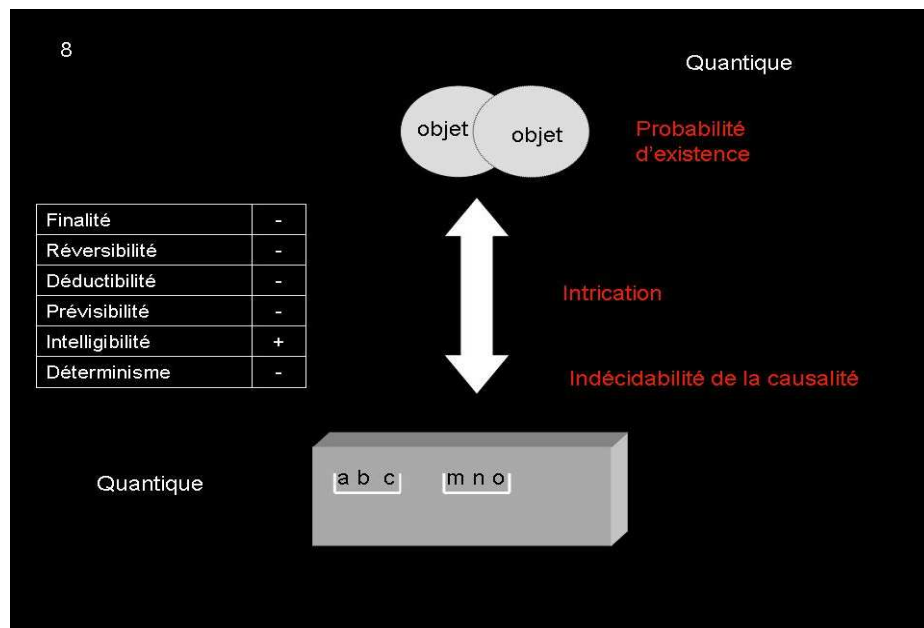


Figure 8 – Schéma type des modèles quantiques.

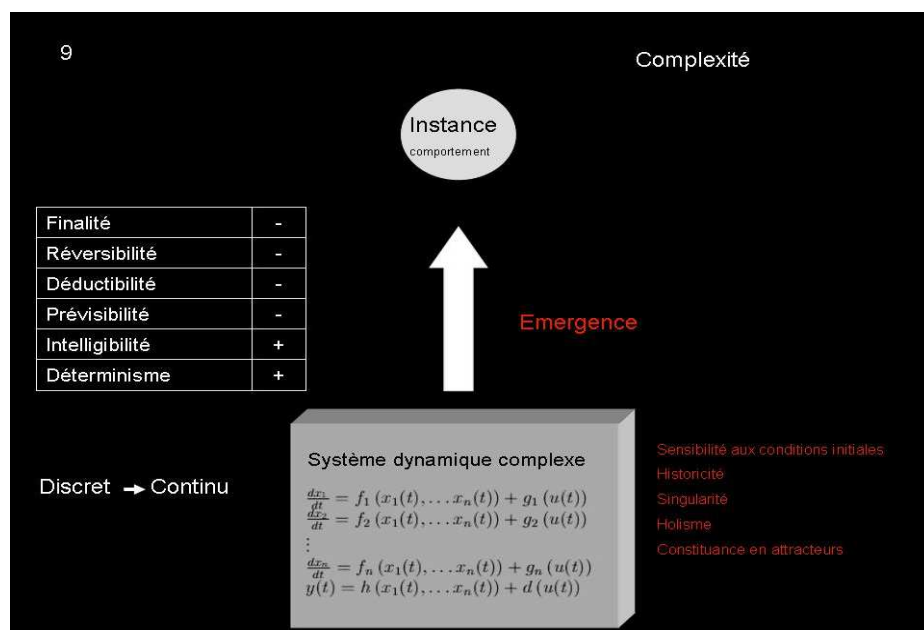


Figure 9 – Schéma type des modèles dynamiques complexes avec l'émergence d'une instance à partir d'un système dynamique complexe modélisable par des équations différentielles.

Les neuf modèles de l'émergence									
1	Créationnisme								
2	Instructionniste								
3	Sélectif								
4	Dialectique								
5	Constructivisme								
6	Structural								
7	Morphodynamique								
8	Quantique								
9	Complexité								

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Finalité	+	+	-	+-	-	+	-	-	-
Réversibilité	-	+	-	-	+	+	-	-	-
Déductibilité	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Prévisibilité	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Intelligibilité	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Déterminisme	+	+	+	+	+	+	-	-	+

Figure 10 – Comparaison des modèles avec leurs critères. Le critère de déductibilité caractérise les véritables modèles émergentistes.

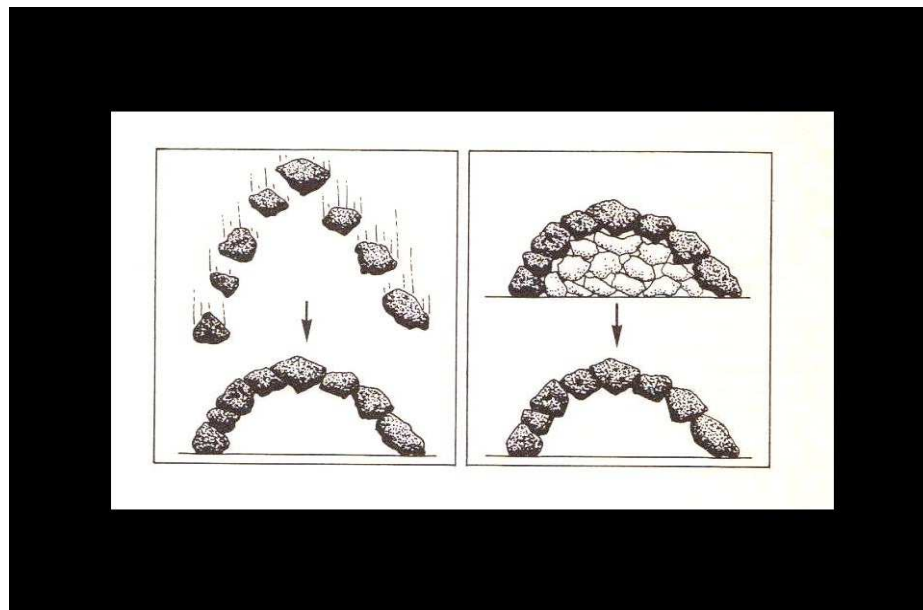


Figure 11 – 1 La probabilité pour une organisation spontanée de molécules est faible (gauche). L'organisation moléculaire a été modelée par un étayage argileux qui a ensuite disparu (droite). Tiré du livre *Aux origines de la vie* sous la direction de Marcel V. Locquin, p.31

strat implique une mise en suspens de la position ontologique classique selon laquelle tout phénomène doit être expliqué de manière physique. Portée à l'extrême, la propriété de non déductibilité peut être vue comme une négation des conditions physiques et amène une conception de l'émergence comme un phénomène totalement indépendant des substrats dans lesquels il se manifeste. C'est là un résultat majeur pour la subversion des découpages disciplinaires (en particulier, par le dialogue entre psychanalyse, neurosciences, philosophies non occidentales, pensées alternatives).

Cependant, le risque est alors grand d'attribuer à l'émergence une qualité extra-mondaine, a-physique, et d'emprunter alors la voie d'un néo-vitalisme. Parmi ces neuf modèles rendant compte de l'émergence, certains modèles sont strictement monistes, d'autres dualistes, d'autres acceptent une pluralité de forces déterminantes. Pour autant, aucun de ces modèles ne peut se passer d'une détermination externe qu'il considère soit comme puissance divine, expression de la vie, hasard, nécessité, gain adaptatif, besoins et passions humaines, transcendance du symbolique, évolution vers la complexité, instance de sélection des trajectoires dans une figure de régulation, logique du sens (...). Globalement, ces modèles expliquent *comment* l'émergence se produit au prix d'un *pourquoi* laissé soit dans l'ombre, soit dans l'inconnu, soit attribué à une instance suprême ou à un moteur existant (variabilité génétique lors de la méiose, vitesse d'horloge d'un processeur, pulsions...).

Une belle illustration de cette problématique est celle des théories matérialistes expliquant l'émergence de la vie sur Terre. De façon syncrétique, trois grands modèles sont en concurrence. La vie, considérée comme agglomérats structurellement organisés de molécules organiques, viendrait d'une agitation hasardeuse de molécules primitives soumises à de fortes températures (volcans sous-marins) ou des facteurs climatiques extrêmes. Le créationnisme prend ici la forme de l'appel à un extraordinaire des conditions initiales. Autre point de vue : la vie, viendrait de l'espace par panspermie, des spores contenus dans des météorites auraient ensemencé la Terre, métaphore d'un coût cosmique ne faisant que déplacer le problème de la généalogie de la vie. La dernière

théorie postule la fonction organisatrice, par le hasard, d'édifices spontanés d'argile qui auraient modelé par soutènement l'organisation structurale des molécules organiques puis auraient disparu laissant apparaître les premières structures vivantes. Curieuse résonnance scientifique au mythe de la création divine de l'homme à partir du moule de l'argile primitif. En tous cas, il n'est pas sûr que l'on puisse évacuer, aussi facilement que le voudrait l'idéalisation scientifique, le mystère de la vie, sous la technicité apparente des modèles de l'émergence.

Indications bibliographiques

- Andrillat H., « Quelles morphogénèses aux premiers stades de l'univers ? » *Aux origines de la vie*, ouvrage coordonné par Marcel V. Locquin, Fayard, 1987.
- Atlan H., *Entre le cristal et la fumée*, Seuil, Paris, 1979.
- Bouligand Y., « La question de la continuité en évolution biologique » dans *Passion des Formes à René Thom*, E.N.S Éditions Fontenay-Saint-Cloud, 1994.
- D'Arcy Wenworth Thompson, *On Growth and Form*, 1917, 1942, The Complete Revised Edition, Dover, 1992, traduction abrégée, 1994.
- Darwin C., *L'Origine des Espèces*, 1859, Flammarion, 1992.
- Deleuze G., « À quoi reconnaît-on le structuralisme ? », *Histoire de la Philosophie*, sous la direction de F. Chatelet, Hachette, 1972.
- Durand G., *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*, Dunod, 1992.
- Einstein A., *Comment je vois le monde*, 1934, 1952, Flammarion, 1979.
- Freud S., *Œuvres complètes, psychanalyse*, XXII volumes, Puf.
- Goldberg D. E., *Algorithmes génétiques*, Addison-Wesley, 1991.
- Grassé P.P., Article « Évolution » *Encyclopaedia Universalis*, tome 9, 1995.
- Greimas A.J., *Sémantique Structurale*, Puf, 1970.
- Hegel, *Phénoménologie de l'Esprit*, 1807, Flammarion, 2012.
- Holton G., *L'imagination scientifique*, 1973, Paris, Gallimard, 1981.

- Husserl E., *Idées directrices pour une phénoménologie*, (trad. P. Ricœur), Gallimard, Paris, 1950.
- Kandinsky W., *Regards sur le passé et autres textes*, 1912 - 1922 Paris, Hermann, 1974.
- Kant E., *Critique de la Raison Pure*, 1781, Gallimard, Pléiade, Paris, 1980.
- Kojève A., *Introduction à la lecture de Hegel, Leçons sur la Phénoménologie de l'Esprit*, Raymond Que-neau, 193 " -1939, Gallimard, 1947, 1968.
- Kuhn T., *La Structure des révolutions scientifiques*, 1962, Flammarion, 1983.
- Jakobson R., *Essais de linguistique générale*, Editions de Minuit, 1963.
- Lalande A., *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, 1926, Puf, 1972, p. 276.
- Lacan J., *Écrits*, Le Seuil, 1966.
- Lamarck, *Philosophie zoologique*, 1809, Garnier Flammarion, 1994.
- Le Moigne J.L., *La modélisation des les systèmes complexes*, Paris, Dunod, 1990.
- Lecourt D., *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*, (sous la direction), Puf, 2006.
- Locquin M.V., *Aux origines de la vie*, (sous la direction de), Fayard, 1987.
- Mainzer K., *Thinking in Complexity, The Complex Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, Springer, 1994.
- Marx K., *Œuvres*, La Pléiade, 1965.
- Mendel G., *La chasse structurale*, Payot, 1977.
- Morin E., *Introduction à la pensée complexe*, ESF éd., Paris, 1990.
- Parrochia D., *La forme des crises, logique et épistémologie*, Champ Vallon, 2008.
- Peirce C.S., *Écrits sur le signe*, Rassemblés, traduits et commentés par G. Deledalle. Paris : Éditions du Seuil, 1978.
- Petitot J., article « Forme », *Encyclopaedia Universalis*, Paris, 1995.
- Petitot J., *Physique du Sens, de la théorie des singularités aux structures sémio-narratives*, Editions du CNRS, 1992.
- Piaget J., *Biologie et Connaissance*, Gallimard, 1967, Delachaux et Niestle, 1992.
- Popper K. R., *La logique de la découverte scientifique*, 1959, Payot, 1973.
- Prigogine I., *Introduction à la thermodynamique des processus irréversibles*, Dunod, 1968.
- Rosolato G., *Essais sur le Symbolique*, Gallimard, 1964.
- Saussure (de) F., *Cours de Linguistique Générale*, 1916, Paris, Payot, 1976.
- Schrödinger E., *Physique quantique et représentation du monde*, 1954, Seuil, 1992.
- Thom R., *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, 1966, Christian Bourgeois éditeurs, 1980.
- Thom R., *Apologie du Logos*, Hachette, 1990.
- Thom R., *Paraboles et catastrophes*, 1980, Flammarion,, 1983.
- Thom R., *Prédire n'est pas expliquer*, ESHEL, 1991.
- Thom R., *Stabilité structurelle et morphogenèse*, deuxième édition, Interéditions, 1977.
- Tort P., *La pensée hiérarchique et l'évolution*, Aubier Résonnances, 1982.
- Varela F.J., *Autonomie et connaissance*, essai sur le vivant, Seuil, 1989.