

BULLETIN N° 122
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séances :

- 1) Mercredi 6 février 2008 : Conférence de Christophe MALATERRE :
« *Origines de la vie : émergence ou explication réductive ?* »
- 2) Mardi 12 février 2008 : Conférence d'Hugues BERSINI Professeur à l'ULB:
« *Qu'est-ce que l'émergence ?* »

Prochaine séance :

mardi 11 mars 2008 : Conférence de notre Collègue Alain STAHL
à propos du livre de M. Kirschner et J.Gerhardt :
« The plausibility of life »

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Michel GONDRAN
SECRETARE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN

TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL
CONSEILERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUJJI.
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNOLOGIES : Pr. François BEGON
PRESIDENT DE LA SECTION DE NICE : Doyen René DARS
PRESIDENT DE LA SECTION DE NANCY : Pierre NABET

PRESIDENT FONDATEUR
DOCTEUR Lucien LEVY (†).
PRESIDENT D'HONNEUR
Gilbert BELAUBRE
SECRETARE GENERAL D'HONNEUR
Pr. P. LIACOPOULOS

février 2008

N°122

TABLE DES MATIERES

- P. 3 Compte-rendu de la séance du 6 février 2008
- P.4 Compte-rendu de la séance du 12 février 2008
- P.7 Compte-rendu de la section de Nancy
- P.11 Compte –rendu de la section de Nice
- P.15 Annonces
- P.16 Documents

Prochaine séance :
MSH, salle 215-18heures

Mardi 11 mars 2008

**Conférence de notre Collègue Alain STAHL à propos du livre de
M. Kirschner et J. Gerhart**

« *The plausibility of life* »

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

Séance exceptionnelle du
Mercredi 6 février 2008

Maison des Sciences de l'Homme, salle 215, à 18 h.

La séance est ouverte à 18 h. 00 sous la Présidence de Michel GONDRAN et en la présence de nos collègues, Gilbert BELAUBRE, Irène HERPE-LITWIN, Pierre MARCHAIS, Alain STAHL

En raison du caractère exceptionnel de la date de cette séance, de nombreux collègues n'ont pu malheureusement se rendre disponibles et nous prient de les excuser.

Conférence de Christophe MALATERRE «Origines de la vie : émergence ou explication réductive ? »

Notre Président nous présente le conférencier du jour, Christophe MALATERRE, qui a un poste de doctorant à l'Université Paris-1 dans le service du Pr GAYON en Philosophie des Sciences.¹ Son sujet de thèse, « Les enjeux philosophiques du concept d'émergence appliqué aux origines de la vie » s'insère particulièrement bien dans notre cycle de travail sur l'« Emergence ». Christophe MALATERRE par ailleurs, avant de s'intéresser à la philosophie des Sciences, a effectué des études d'ingénieur (ECP) et est titulaire d'un Master of Science au MIT.

Le conférencier nous donne le plan de son exposé² :

- **La notion philosophique d'émergence**
 - Un héritage du XIXe siècle
 - Emergence et vie
 - Méaventures scientifiques et philosophiques
 - Ré-émergence de l'émergence
- **Que signifie « (P) est émergent » ?**
 - La nécessité de préciser l'énoncé
 - En quoi peut-il y avoir émergence ?
 - Une approche possible : l'émergence sous un angle pragmatique
- **La vie comme phénomène émergent ?**
 - Reformulation
 - Emergence et défaut d'explication ?

¹ Université Paris I-UMR 8590 CNRS Paris ENS

² Le développement de sa conférence peut-être aisément suivi en lisant le document où il développe ces principaux thèmes

Après avoir revu les différentes étapes de l'émergentisme depuis la fameuse phrase « *Le tout est plus que la somme des parties* » , examine les incursions de la problématique dans les théories de la complexité, il cite les travaux basés sur la simulation par des réseaux booléens et des automates cellulaires. Cherchant ensuite un certain pragmatisme fondé sur l'exemple de propriétés émergentes de l'eau, Christophe MALATERRE propose que pour qu'un phénomène puisse-t-être considéré comme émergent, il faut qu'il soit :

Non-déductible des propriétés des constituants de l'objet
Non-prédictible à partir de ces mêmes propriétés
Non-réductible aux propriétés des constituants...

Ceci suppose une révision des théories de la prédictibilité, de la déductibilité et de la réductibilité. On parle d'émergence d'un phénomène lorsqu'a eu lieu un échec de l'*explication* de celui-ci par des *causes de niveau inférieur*. Le soit-disant caractère émergent et donc imprédictible de la transparence de l'eau par rapport à ses constituants, hydrogène et oxygène disparaît peu à peu avec les progrès de l'analyse des phénomènes vibratoires impliqués.

L'étude de l'émergence de la vie nécessite une définition de la vie que l'on peut entendre comme « *des systèmes auto-entretenus grâce à des propres processus internes de production de composants et une utilisation d'énergie/matière externe, et ancêtres des organismes vivants actuels, sont apparus sur Terre* ». Elle nécessite donc une connaissance des processus physico-chimiques et de l'historicité. Il faut ensuite que ces systèmes ne puissent être expliqués par des processus de niveau inférieur tant au niveau physico-chimique qu'au niveau historique.

L'histoire de l'apparition de la vie ne sera probablement jamais connue. Malgré les éminents travaux de WATSON et CRICK en biologie moléculaire, on ne possède pas encore d'explication physico-chimique complexe. Diverses interprétations physico-chimiques sont proposées p.25 à 29. Plusieurs théories s'affrontent. Les émergentistes prétendent qu'aucune théorie complète ne sera jamais produite, tandis-que les non-émergentistes affirment le contraire : **ils demandent aux émergentistes d'apporter la preuve de l'impossibilité de trouver l'explication.**

Après cet exposé très exhaustif la séance est levée à 20 heures ,

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

Séance du
Mardi 12 février 2008

Maison des Sciences de l'Homme, salle 215, à 18 h.

La séance est ouverte à 18 h. 00 sous la Présidence de Michel GONDRAN et en la présence de nos collègues, Bruno BLONDEL, Alain CARDON, Gilles COHEN-TANNOUJDI, Irène HERPE-LITWIN, Pierre MARCHAIS, Victor MASTRANGELO, Emmanuel NUNEZ,

Etait venu en invité Mircea PREDLEANU Professeur Université à et Directeur de Recherches à la retraite

Etaient excusés : François BEGON, Gilbert BELAUBRE, Françoise DUTHEIL, Jean-Pierre FRANÇOISE, Marie-Louise LABAT, Gérard LEVY, Jacques LEVY, Pierre SIMON, Alain STAHL

Conférence de Hugues BERSINI Professeur à l'U.L.B. :
« Qu'est-ce que l'émergence ? »³

Hugues BERSINI qui est à la base informaticien, spécialiste de l'Intelligence Artificielle (IA) est Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, où il dirige l'IRIDIA laboratoire spécialisé dans l'Intelligence Artificielle. Collaborateur de F.VARELA, il s'est intéressé au traitement informatique de la complexité biologique. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages :

"Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'informatique" publié chez Best Of,
"L'Orienté Objet" publié chez Eyrolles
"Les fondements de l'informatique" publié chez Vuibert
"Des réseaux et des sciences" publié chez Vuibert.
« Qu'est-ce que l'émergence » publié chez Ellipses en 2007

Il s'est plus particulièrement attaché à la modélisation des réseaux neuronaux, des mécanismes de l'évolution par la sélection darwinienne. Pour ce faire, il fait souvent appel à des robots comme l'illustre la projection d'un petit film « morphogénésis » montrant sur un jeu d'échecs de petits robots –fourmis qui s'envoient des signaux et qui arrivent à faire ensemble ce que des individus isolés échouent à réaliser. La même modélisation robotique est réalisée à partir d'un couple de robots qui peuvent à deux franchir un fossé infranchissable pour un robot isolé.

Hugues BERSINI s'intéresse ***au point de vue de l'observateur*** pour caractériser les phénomènes émergents déterministes. Il prend l'exemple de deux observateurs MIC-JIM et MAC-JIM qui verraient respectivement le phénomène déterministe d'un point de vue microscopique et l'autre d'un point de vue global. MIC-JIM voit les unités se connecter les unes avec les autres à l'échelle micro. Rien de NOUVEAU n'apparaît à MIC-JIM. En revanche MAC-JIM qui ne perçoit

³ Nous vous conseillons de (re)lire l'article de Hugues BERSINI paru à ce sujet dans le bulletin n°121 (janvier 2008)

pas les interactions locales voit quelque chose de nouveau et perçoit donc une émergence. La notion d'émergence est alors totalement dépendante de l'observateur. Hugues BERSINI donne en exemple les bouchons de voitures, les colonies de fourmis qui trouvent le plus court chemin pour trouver la nourriture grâce à une signalisation entre fourmis, les formations de réseaux de neurones qui communiquent. Il montre *ainsi le caractère subjectif de nombreuses irréductibilités* invoquées dans les phénomènes d'émergence. Il réfute également certaines théories « Top-down » invoquées par certains émergentistes, en trouvant des théories explicatives « Bottom-up » .

Il distingue l'émergence faible dans laquelle le tout est réductible aux parties de l'émergence forte qui apporte une nouveauté même pour le scientifique le plus déterministe. Pour lui, seule la vie est un phénomène émergent fort. Il donne les conditions nécessaires pour qu'il y ait émergence forte :

- Nécessité d'un phénomène collectif (il faut plus d'un individu)
- Existence d'un observateur naturel (par exemple le trou qui provoque la chute du robot isolé)
- Récompense ou punition par la *sélection naturelle* (par exemple les robots associés sont récompensés).

La sélection naturelle s'exerce au niveau de l'individu et non du groupe mais elle produit des phénomènes d'auto-organisation et de la complexité en biologie. Dans les sociétés humaines l'observateur humain a un mode de reconnaissance calibré par la sélection naturelle.

Cette approche entraîne certains questionnements dans l'assistance :

- Selon notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI, il y aurait émergence lorsque pour l'observateur le grain est suffisamment grossier (référence à la notion d' « agrandissement »). La complexité biologique est telle que l'on s'autonomise par rapport aux niveaux fondamentaux et que ce qui émergerait serait de l'universel à partir de modèles minimalistes. On assisterait à une autonomisation ascendante des concepts. Notre Collègue pose également le problème des systèmes adaptatifs complexes et de l'émergence. Quel serait leur avantage adaptatif ?
- Notre Collègue Victor MASTRANGELO interroge également le conférencier sur le rôle de lois aussi connues que le principe de moindre action en physique pour rendre compte de certaines « émergences »
- Notre Président Michel GONDRAN pose le problème de l'environnement en tant qu' « observateur naturel »

Après cet exposé très exhaustif la séance est levée à 20 heures ,

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

Compte-rendu de la section de Nancy

En ces temps où, malheureusement, le cursus de l'enseignement des sciences semble être délaissé par les jeunes entrant en facultés, il nous a paru intéressant de signaler le travail effectué par l'un des académiciens, membre de notre section de Nancy-Lorraine : Le professeur Yves GRANJON, physicien, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM) de L'INPL de Nancy. La presse régionale s'en était fait l'écho en son temps et je vous laisse découvrir l'article de l'EST REPUBLICAIN.

J'ai donc demandé au Professeur Y. GRANJON de venir nous parler de son travail ,je lui laisse la parole

Le président de la section
Pierre NABET
Professeur honoraire de Médecine

ÉDUCATION

Un guide pour les étudiants

Le directeur de l'ENSEM Nancy s'est associé à une journaliste spécialisée dans l'éducation pour sortir « Étudiant mode d'emploi ». Tout simplement indispensable.

NANCY. - « Étudiant mode d'emploi » est désormais en vente dans toutes les librairies. La concrétisation en trois cents pages d'un projet qui trottait dans la tête d'Yves Granjon depuis longtemps. Universitaire de formation et directeur de l'ENSEM Nancy (École nationale supérieure d'électricité et de mécanique), l'enseignant s'est longuement interrogé sur les éléments déterminants, facteurs d'échec ou de succès des parcours universitaires.

Le fruit de sa réflexion, il l'a couché sur le papier, avec la complicité de Noëmi Constans, journaliste spécialisée dans l'éducation. Un an de travail et d'écriture a été nécessaire pour mettre en forme ce guide, tiré de l'expérience et du quotidien d'un enseignant et du regard critique d'une observatrice extérieure.

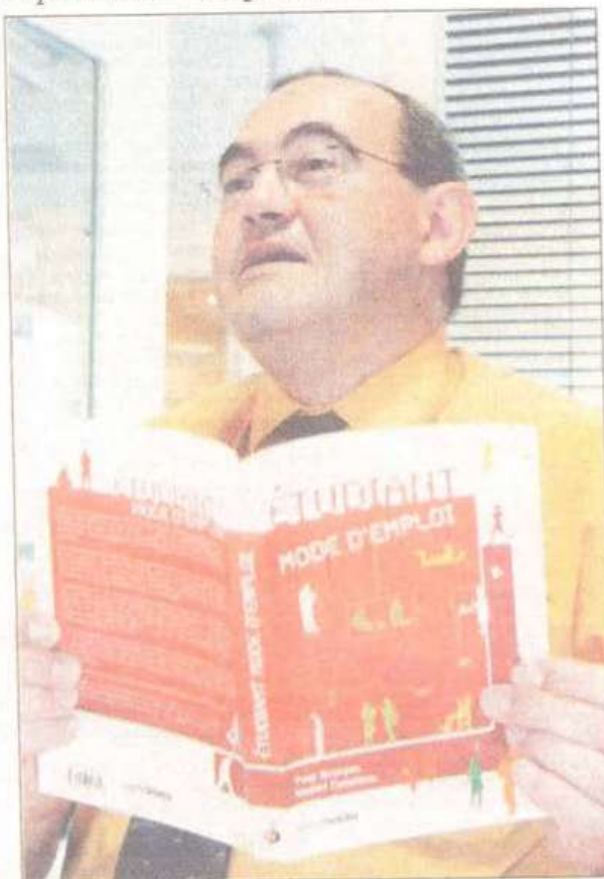
Objectif avoué de cet ouvrage plutôt bien ficelé : « Mettre en main des étudiants toutes les clés susceptibles de leur ouvrir les portes de la réussite », confie Yves Granjon.

« Étudiant mode d'emploi » n'est pas seulement destiné à ceux et celles qui s'apprennent à épouser les études supérieures. « Il s'adresse également aux étudiants confirmés et aux familles qui se posent beaucoup de questions. »

Dédale de formations

Pas toujours simple effectivement de s'y retrouver dans ce dédale de formations, de passerelles et de filières. D'où l'idée de ce guide conçu en deux parties distinctes.

La première consacrée précisément à l'orientation et la présentation détaillée de tous les types d'études, des



Yves Granjon : « La réussite des étudiants me tient à cœur ». Photo Michel FRITSCH

filières et des métiers qui en découlent : études scientifiques, d'ingénieur, de santé, de commerce, de droit, de sciences politiques, de communication, pour n'en citer que quelques-unes.

Le second volet, très documenté également, aborde tous les aspects pratiques de la vie d'étudiant et fourmille de conseils sur la façon d'aborder les études, de s'auto-évaluer, de choisir la bonne méthode de travail.

En marge du parcours strictement universitaire, cet ouvrage, qui bénéficiera par ailleurs d'une remise à jour régulière, s'attarde également sur l'argent, le logement, les activités annexes, les séjours à l'étranger, bref tout ce qui gravite ou gravitera autour de la vie du futur diplômé.

Frédérique BRACONNOT

● « Étudiant Mode d'Emploi » de Yves Granjon et Noëmi Constans, éditions Omniscience. 15 €.

Etudiant mode d'emploi

De Yves Granjon et Noëmi Constans

Un guide indispensable !

Une bonne orientation est à la base du succès dans les études supérieures. Ensuite, pour réussir ce parcours, il faut apprendre à gérer l'autonomie fraîchement acquise après le bac. Rédigé avec la ferme intention d'en finir avec l'échec, ce guide élabore une véritable méthodologie de la réussite. Clair et convivial, truffé d'astuces et de conseils, il réussira à rassurer les plus stressés et à motiver les plus découragés.

L'orientation un enjeu majeur

A l'origine d'un parcours d'études raté ou décevant, il y a souvent une erreur d'aiguillage. L'étudiant en échec ne s'est sans doute pas posé assez de questions, n'a pas bien évalué les enjeux de son projet professionnel, a négligé certaines voies qui auraient pu lui correspondre. La première partie de ce livre, « Quelles études choisir ? » a pour vocation de proposer un panorama clair, complet et objectif des différents cursus de l'enseignement supérieur, en montrant leurs exigences et leurs débouchés. En s'appuyant sur des témoignages d'étudiants et de professionnels, mais aussi sur des schémas précis sans négliger la réalité des métiers, cette partie aide le lecteur à s'interroger sur ses motivations et à faire le choix qui correspond le mieux à sa personnalité.

Une autonomie nouvellement acquise

La seconde partie de ce guide, « Bien dans ses études et dans sa vie », fait le point sur tout ce qu'il faut savoir pour organiser sa nouvelle vie d'étudiant. En effet, une fois son cursus choisi, l'étudiant est souvent livré à lui-même : éloignement du foyer familial, environnement pédagogique, administratif et social différent de tout ce qu'il a connu jusque là, etc. De la gestion de cette autonomie nouvellement acquise va dépendre la réussite de ses études.

En 9 chapitres stratégiques, les auteurs font le tour de tout ce qu'il faut intégrer pour ne pas se laisser déborder. Ils dévoilent les arcanes de l'enseignement supérieur, décryptent tous les points à maîtriser pour s'adapter, donnent des conseils utiles pour vivre au mieux les moments importants, exposent de manière rigoureuse et pragmatiques les méthodes de travail à appliquer pour s'en sortir. Cette partie livre aussi des astuces pour financer ses études, pour trouver un logement compatible avec sa bourse et sa situation familiale, pour gérer sa vie quotidienne, etc. Au final, ils échafaudent un mode d'emploi précis et surtout très pratique du « métier » d'étudiant.

Etudiant mode d'emploi, pour qui ?

Cet ouvrage s'adresse principalement aux élèves confrontés à leurs premiers choix d'orientation au collège ou au lycée, car l'entrée dans l'enseignement supérieur se prépare bien en amont du bac. Particulièrement utile dès l'entrée en seconde, il deviendra essentiel en terminale, au moment où le « grand saut » se prépare, c'est-à-dire lors des préinscriptions et inscriptions. Puis il deviendra, tout au long du cursus, le compagnon idéal pour réussir ses études, tant il regorge de conseils pour se sortir de toutes les impasses.

Ce guide a aussi la vocation d'éclairer les parents sur ce qui attend leurs enfants. Ils y trouveront tous les éléments pour prendre les bonnes décisions, prodiguer les bons conseils, et pour sensibiliser le futur étudiant aux réalités du monde nouveau qui s'ouvre à lui.

Deux auteurs complémentaires

Yves Granjon, ingénieur à 21 ans, docteur en génie électrique à 24 ans, il est maître de conférences deux ans plus tard. En 1983, il devient un des plus jeunes professeurs des universités de France à 32 ans. Il est nommé vice-président du Conseil des études et de la vie universitaire de l'Institut national polytechnique de Lorraine en 002, avant d'être appelé à diriger, deux ans plus tard l'Ecole Nationale Supérieure d'électricité et de mécanique à Nancy, l'école qui l'avait formé 20 ans plus tôt.

Noëmi Constans. Journaliste spécialisée dans la scolarité et la vie familiale , elle a participé à la rédaction de nombreux magazines et suppléments pratiques : *Famille et Education* , *Enfant Magazine*, *Accompagnez le travail de votre enfant*, etc.

La complémentarité de ces regards croisés, l'un plutôt intérieur (puisqu'il enseigne dans le système) , contribue à l'originalité et à la richesse de l'approche développée dans cet ouvrage.

L'éditeur

Omniscience est une maison d'édition née en 2005. Elle s'appuie sur un programme éditorial audacieux privilégiant la créativité et l'exigence . Grâce à un réseau professionnel dynamique , Omniscience constitue avec rigueur et passion, un fonds éditorial de référence.

Informations pratiques

Titre : *Etudiant mode d'emploi*

Auteur : *Yves Granjon et Noëmi Constans*

Nombre de pages : 320

Prix TTC : 15€

Date de parution : 8 juin 2007

Isbn : 978-2-916097-04-6

Diffusion en librairie

25 organigrammes, 80 encarts, des témoignages, 19 chapitres organisés en deux parties, des webographies et bibliographies complètes en fin de chaque chapitre, index

Comptes-rendus de la section Nice-Côte d'Azur

L'amour réel des hommes réclame
nécessairement l'accroissement responsable de
la Science et le développement maîtrisé des
techniques.

Robert Dautray – Mémoires (2007)

Compte-rendu de la séance du 17 janvier 2008 (111^{ème} séance)

Présents :

Jean Aubouin, Richard Beaud, Alain Bernard, Sonia Chakhoff, Patrice Crossa-Raynaud, François Cuzin, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Paul Goux, Yves Ignazi, Jacques Lebraty, Maurice Papo.

Excusés :

René Blanchet, Pierre Couillet, Jean-Pierre Delmont, Michel Lazdunski, Jean-François Mattéi, Jacques Wolgensinger.

1- Approbation du compte-rendu de la 110^{ème} séance.

Le compte-rendu est approuvé à l'unanimité des présents.

2- Nomination.

Notre confrère René Blanchet a été choisi par le Ministre de l'Enseignement et de la Recherche, Valérie Pécresse, pour être membre du comité de suivi de la loi sur l'autonomie des Universités.

Il ne fait pas de doute que cette loi, votée en août 2007, comporte quelques insuffisances, notamment en ce qui concerne la sélection, les droits d'inscription, la participation de personnes étrangères à l'Université lors de l'élection des présidents. Le nouveau comité, comportant 14 membres dont 2 parlementaires, aura la possibilité de formuler toute proposition ou recommandation relative à son application et à sa mise en œuvre et proposera, le cas échéant, des adaptations législatives.

Il faut parfois reculer pour mieux sauter.

3- Prochain colloque : « La démarche scientifique ».

La discussion entamée lors des deux précédentes séances s'est poursuivie.

Le président a fourni le programme d'un cycle de conférences sur « *Question de sciences* ».

A la réflexion, il lui est apparu qu'il fallait modifier l'ordre des conférences en mars 2009.

✚ Octobre 2008 : aspect historique jusqu'à la Renaissance avec Pierre Couillet et Jean-François Mattéi ;

✚ Novembre 2008 : de la Renaissance à nos jours : Benmakhlouf et Dominique Lecourt ;

✚ Décembre 2008 : Claude Allègre et Yoccos ;

✚ Janvier 2009 : Vincent Courtillot et Ruffini ;

✚ Février 2009 : François Cuzin et Michel Lazdunski ;

✚ Mars 2009 : Richard Beaud et Yves Coppens.

✚ Avril 2009 : Jean-Luc Gaffard et Jacques Lebraty

Darcourt, après nous avoir indiqué quelles étaient les modifications survenues au CUM, nous confirme que celui-ci prend en charge toute l'organisation (ce qui, pour nous, représente une aide très importante).

Crossa-Raynaud rappelle que le sujet de ce cycle est « la » Science et non pas « les » sciences. Y a-t-il matière, sur ce sujet, à alimenter un cycle comportant déjà une dizaine d'exposés sans risquer des redondances ? Nous avons vu que nous pouvions réfléchir à l'origine de la Science, comment elle s'est dégagée des mythes, comment elle a eu un renouveau de la Renaissance à nos jours. Nous pourrions terminer par des interrogations sur les motivations de l'homme : « Pourquoi la Science ? »

Mais si nous demandons en plus à deux biologistes, deux physiciens, etc. d'intervenir, comment éviter qu'ils ne parlent de leur science ?

Cuzin : c'est tout le problème. Mais la Science est pour chacun différente.

Bernard : la définition popperienne de la Science est insuffisante, mais personne à ce jour n'en a formulé une meilleure (Popper : « *La recherche scientifique procède par essais, par erreurs, par conjectures et réfutations, non par induction. Le propre d'une démarche scientifique est d'être falsifiable. La falsifiabilité doit remplacer la vérifiabilité comme critère de démarcation entre ce qui est scientifique et ce qui ne l'est pas* »).

Lebraty : le titre « Qu'est-ce que la Science ? » est une définition presque philosophique. Ne vaudrait-il pas mieux : « Qu'est-ce qu'une démarche scientifique ? »

Cuzin : il faut peut-être partir de l'expérience des scientifiques, disciplines par disciplines et voir s'il y a des points communs.

Beaud : les deux premières séances nous permettront de voir comment la Science s'est dégagée des mythes, puis de la religion. La troisième (Allègre –Yoccos) pourrait être « Comment la Science s'est dégagée des mathématiques ? ». La suivante (Courtillot-Ruffini) est essentiellement physique.

En somme, on doit montrer comment les scientifiques ont des démarches différentes. C'est ainsi que la géologie ou la géographie sont très loin des mathématiques. Comment la Science s'est-elle peu à peu séparée de la philosophie ?

Ignazi : il me semble qu'il faut connecter ces réflexions qui visent toutes à donner du recul sur la démarche scientifique utile pour aider les auditeurs à réfléchir sur l'avenir, la vie.

Il faut qu'il soit évident pour le public que les scientifiques s'inscrivent dans le présent et l'avenir de notre société et n'y sont pas indifférents.

Prochaine réunion
le jeudi 21 février 2008 à 17 heures
au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France
06000 NICE

Annonces

Notre Collègue Michel CABANAC, Professeur à la faculté de Médecine de l'Université de Québec nous fait part de la parution de son livre :

« Le Bonheur et les morales des grandes religions – Regard de scientifiques »

Pour plus de renseignements contacter le site :

<http://www.pulaval.com/catalogue/bonheur-les-morales-des-grandes-religions-9077.html>

Documents

Pour étayer sa conférence, Christophe MALATERRE nous a confié l'ensemble des pages projetées lors de sa conférence et qui ont servi de support à la discussion :

P.17 : «*Origines de la Vie : émergence ou explication réductive*» par Christophe MALATERRE

Même si les travaux du prix Nobel de Physiologie et de Médecine 1972 ne mentionnent pas directement la notion d'émergence il nous a paru important de publier son dernier article paru dans « La Recherche »- (Dossiers spéciaux n°30- février 2008 :

P. 33« *L'expérience sculpte la conscience* » par Gérald EDELMAN

Origines de la vie : émergence ou explication réductive ?

6 février 2008

Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences

Christophe MALATERRE

Doctorant Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne

Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et Techniques

(UMR 8590, CNRS, Université Paris 1, ENS)

christophe.malaterre@gmail.com

■ La notion philosophique d'émergence

- Un héritage du XIXe siècle
- Emergence et vie
- Mésaventures scientifiques et philosophiques
- Ré-émergence de l'émergence

■ Que signifie « (P) est émergent » ?

- La nécessité de préciser l'énoncé
- En quoi peut-il y avoir émergence ?
- Une approche possible : l'émergence sous un angle pragmatique

■ La vie comme phénomène émergent ?

- Reformulation
- Emergence et défaut d'explication ?

■ La notion philosophique d'émergence

- Un héritage du XIXe siècle
- Emergence et vie
- Mésaventures scientifiques et philosophiques
- Ré-émergence de l'émergence

L'émergence comme propriété des organismes vivants

- « Le tout est plus que la somme des parties »
- Un héritage du XIXe siècle
 - Mill (1843)
 - Lewes (1875)
- Renaissance d'un vitalisme spiritualiste fin XIXe début XXe
- L'âge d'or de l'émergentisme anglais
 - Une alternative au vitalisme et au mécanisme
 - S'appliquant aussi à la chimie et à l'esprit
 - Alexander (1921), Morgan (1923), Broad (1925)
- Une 'minor philosophical furor' (1926-1930)

Mésaventures scientifiques

- Application de la mécanique quantique à la chimie
 - Calcul de la valeur énergétique de la liaison hydrogène (Heitler, London 1927; James, Coolidge 1933)
 - Nouveaux calculs dans les années 1950
 - Approches *Ab initio* et semi-empirique
- Nouveaux développements en biologie
 - Biologie moléculaire
 - Watson et Crick (1953)
 - Chimie prébiotique
 - Miller (1953)
 - Recherche sur les origines de la vie selon les scénarios proposés par Oparin (1929) et Haldane (1929)

Mésaventures philosophiques

- Hempel et Oppenheim (1948)
- Nagel (1961)
- L'émergence est une notion épistémique
 - L'émergence est relative à l'état des connaissances à un instant donné
 - Elle dépend des théories et des données disponibles
 - Le problème est de savoir si un énoncé donné (au niveau supérieur, émergent) est déductible ou non d'un ensemble *donné* d'énoncés (au niveau inférieur)
 - S'applique aussi à 'la vie comme phénomène émergent'

Un ancrage fort en philosophie de l'esprit et dans les sciences spéciales

- **Partisans de la notion d'émergence en philosophie de l'esprit**
 - Davidson (1970), Bunge (1977), Popper (1977), Sperry (1980, 1986)
- **En toile de fond**
 - Critiques contre le positivisme logique
 - Débat sur le réductionnisme / anti-réductionnisme (en particulier dans les sciences spéciales)
- **Un débat philosophique renouvelé : une seconde 'minor philosophic furor' ?**
 - Physicalisme non réductionniste (e.g. Kim 1989, Beckermann 1992)
 - Survenance (e.g. Kim 1984)
 - Causalité descendante (e.g. Campbell 1974; Sperry 1986; Kim 1992, 1999)

La ré-émergence de l'émergence

- **Dans les sciences des systèmes complexes**
 - Par exemple
 - Les réseaux Booléens (e.g. Kauffman 1993)
 - Les automates cellulaires (e.g. Langton 1989, Bedau 1997)
 - Les systèmes chaotiques et les attracteurs étranges (e.g. Holland 1998, Newman 1996, 2001)
- **'ALife'**
 - La recherche des lois universelles de la vie (Langton 1989)
 - L'importation des systèmes complexes et des analyses computationnelles au sein d'un cadre plus général de recherche sur les origines de la vie
 - Un programme plus large encore aujourd'hui
 - La vie comme un phénomène émergent

La ré-émergence de l'émergence

■ En biologie : les systèmes moléculaires sont complexes

- Des arguments récents contre un 'réductionnisme génétique' fort
 - Les génomes sont plus complexes qu'attendu
 - Il y a autre chose que l'ADN seul

■ Une nouvelle percolation de l'émergence dans le domaine de la biologie

- Les systèmes moléculaires complexes et la 'systems biology'
 - Une approche intégrative, systémique (e.g. O'Malley, Dupré 2005)
- Une tendance qui ne se limite pas à la biologie moléculaire, par exemple :
 - L'organicisme dans la biologie du développement (e.g. Gilbert, Sarkar 2000)
 - Le holisme dans la recherche sur le cancer (e.g. Sonnenschein et Soto 1999)
 - Les organismes comme systèmes complexes (e.g. Sole and Goodwin 2000)

Une percolation de l'émergence dans la recherche sur les origines de la vie ?

■ La recherche est principalement 'mécanistique' et les explications font appel à

- La chimie prébiotique
 - Synthèse de molécules organiques selon des réactions abiotiques (e.g. Miller 1953, Ferris 1999, Orgel 2004)
- L'évolution prébiotique
 - Peut rendre compte de l'apparition de molécules intéressantes, comme des ribozymes (e.g. Cech, Zaug, Grabowski 1981; Johnston, Unrau, Lawrence, Glasner, Bartel, 2001)
- L'auto-organisation
 - Formation de vésicules (e.g. Monnard, Deamer 2002)
 - Pourrait rendre compte de l'apparence de réseaux auto-catalytiques et des premières proto-cellules (e.g. Lee, Severin, Yokobayashi, Ghadiri 1997)

■ Cependant, l'émergentisme semble percoler dans la recherche sur les origines de la vie

- Influence du programme ALife et de l'émergence dans les systèmes complexes (e.g. Emmeche 1997, Bedau 1998)

Luisi (2002, 197) : "life itself is the most dramatic outcome of emergence"

■ Que signifie « (P) est émergent » ?
--

- La nécessité de préciser l'énoncé
- En quoi peut-il y avoir émergence ?
- Une approche possible : l'émergence sous un angle pragmatique

Une approche possible : l'émergence sous un angle pragmatique

■ Que cherche-t-on à signifier en disant qu'un phénomène est émergent ?

- Non-déductible des propriétés des constituants de l'objet
- Non-prédictible à partir de ces mêmes propriétés
- Non-réductible aux propriétés des constituants...

■ Si l'on signifie 'non-ftible', alors cela requiert une théorie (philosophique) de la 'ftition', autrement dit, de ce que 'ftiser' signifie

- Déduction, Prédiction, Réduction...

■ Or, de telles notions sont liées à la notion d'explication

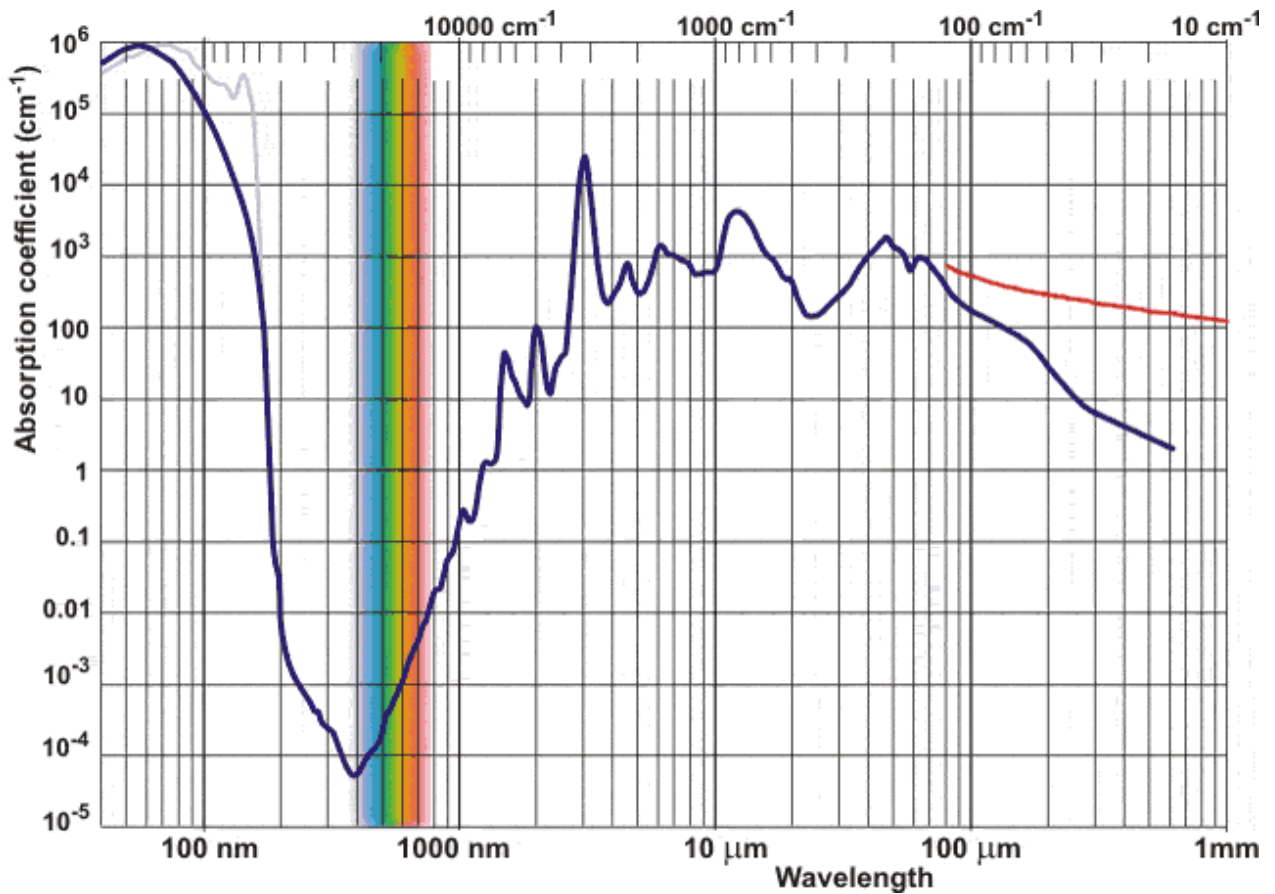
- Cf Hempel & Oppenheim (1948), Nagel (1961)

■ D'où une conception de l'émergence à partir de la notion d'explication

- Emergence signifie échec particulier d'explication
- Dans le cas où ne sont recevables que des explications qui ne font pas appel à des entités englobant l'objet en question (ie de niveau supérieur ou égal à l'objet)

Illustration : le cas de la transparence de l'eau

- « La propriété de 'transparence' de l'eau est émergente »
 - Un exemple récurrent depuis Mill, Broad à nos jours
 - La transparence de l'eau ne peut être déduite des propriétés de ses constituants moléculaires/atomiques (ni prédite à partir de, ni réduite à, etc...)
- Première question : l'eau est-elle transparente ?
- Coefficient d'absorption de l'eau en fonction de la longueur d'onde (d'après Chaplin 2007)



■ **Nécessité d'une reformulation de la propriété de transparence de l'eau**

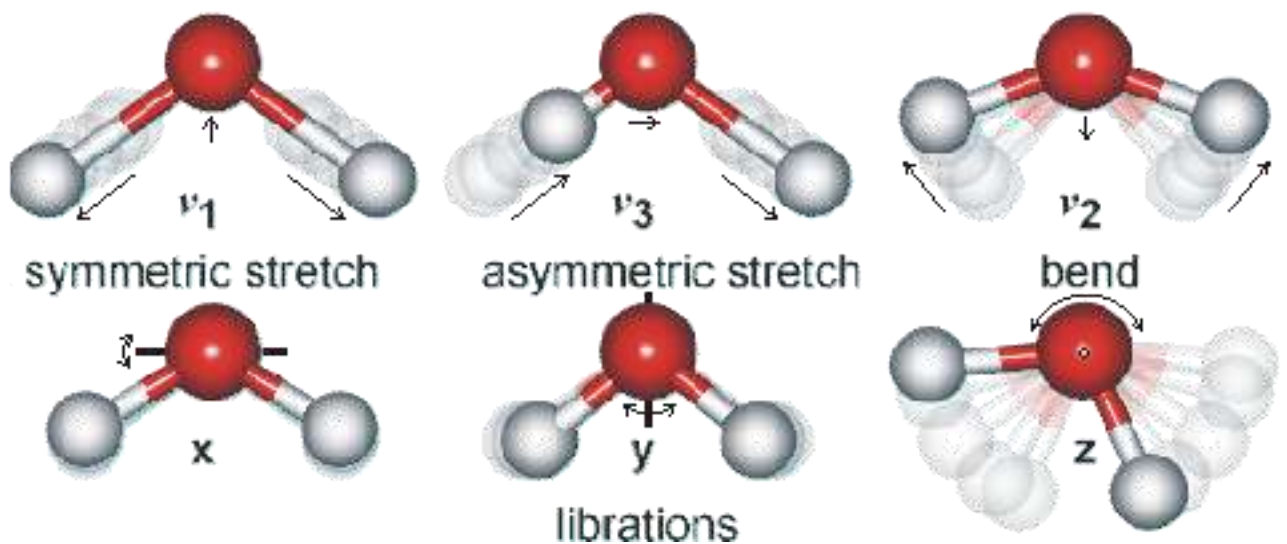
- (P_k) « Une épaisseur de moins de 1 cm d'eau commune H_2O pure, à température et pression ambiantes (20°C, 1 atm) laisse passer au moins 98% du rayonnement du spectre du visible (longueurs d'ondes entre 400 et 700 nm) ».

■ **D'où une reformulation plus générale du phénomène émergent**

- « La transparence de l'eau est émergente » signifie
- « 'L'eau est transparente' est un phénomène émergent », qui signifie à son tour
- « (P_k) est un phénomène émergent »

■ **Or, pourquoi (P_k) ?**

■ **L'eau est une molécule triatomique qui possède plusieurs modes vibratoires en phase liquide (Chaplin, 2007)**



■ **Les fréquences du rayonnement absorbé correspondent à des modes vibratoires de l'eau liquide (Chaplin 2007)**

Longueurs d'ondes	Modes vibratoires
0.2 mm	Torsion intermoléculaire
55 μm	Étirement intermoléculaire
25 μm	L_1 , librations
15 μm	L_2 , librations
6.08 μm	ν_2 , torsion
4.65 μm	$\nu_2 + L_2$
3.05 μm	ν_1 , étirement symétrique
2.87 μm	ν_3 , étirement asymétrique
1900 nm	$a\nu_1 + \nu_2 + b\nu_3$ (avec $a+b=1$)
1470 nm	$a\nu_1 + b\nu_3$ (avec $a+b=2$)
1200 nm	$a\nu_1 + \nu_2 + b\nu_3$ (avec $a+b=2$)
970 nm	$a\nu_1 + b\nu_3$ (avec $a+b=3$)
836 nm	$a\nu_1 + \nu_2 + b\nu_3$ (avec $a+b=3$)
739 nm	$a\nu_1 + b\nu_3$ (avec $a+b=4$)
660 nm	$a\nu_1 + \nu_2 + b\nu_3$ (avec $a+b=4$)
606 nm	$a\nu_1 + b\nu_3$ (avec $a+b=5$)
514 nm	$a\nu_1 + b\nu_3$ (avec $a+b=6$)

■ **La transparence de l'eau est-elle une propriété émergente ?**

- Non si l'explication vibratoire est satisfaisante comme réponse à la question « Pourquoi (P_k) ? »

■ **'Satisfaisante' dans un cadre émergentiste ?**

- Ne fait aucunement appel à des entités d'un niveau supérieur ou égal à celui du système en question dans (P_k) (« épaisseur de moins de 1 cm d'eau commune H_2O pure ») et qui englobent tout ou partie de S
- Au contraire, la réponse est formulée à partir d'entités du domaine moléculaire (propriétés vibratoires) et du domaine physique (rayonnement électromagnétique).

■ **Autrement dit, « le phénomène E , réalisé par le système S , est émergent » signifie**

- E s'énonce sous la forme d'une proposition (P_k) vraie, et
- Il n'y a pas d'explication à la question « Pourquoi (P_k) ? » qui ne fasse appel à des entités d'un niveau supérieur ou égal à S et qui englobent tout ou partie de S

■ **D'où deux conditions à remplir pour déclarer un phénomène émergent**

- Condition 1 : reformulation
- Condition 2 : échec d'explication réductive

■ La vie comme phénomène émergent ?
--

- **Reformulation**
- **Emergence et défaut d'explication ?**

La vie comme phénomène émergent ?

■ Condition 1 : reformulation

- « La vie est un phénomène émergent (dans le cadre de la question de ses origines sur Terre) » se reformule en
- « ‘La vie est apparue sur Terre’ est un phénomène émergent », qui peut aussi se reformuler en
- « ‘Des systèmes auto-entretenus grâce à des propres processus internes de production de composants et une utilisation d'énergie/matière externe, et ancêtres des organismes vivants actuels, sont apparus sur Terre’ est un phénomène émergent »
 - Nécessité d'une définition de la vie
 - Plusieurs interprétations toujours possibles en fonction du contexte
 - Cas 1 : interprétation historique
 - Cas 2 : interprétation physico-chimique

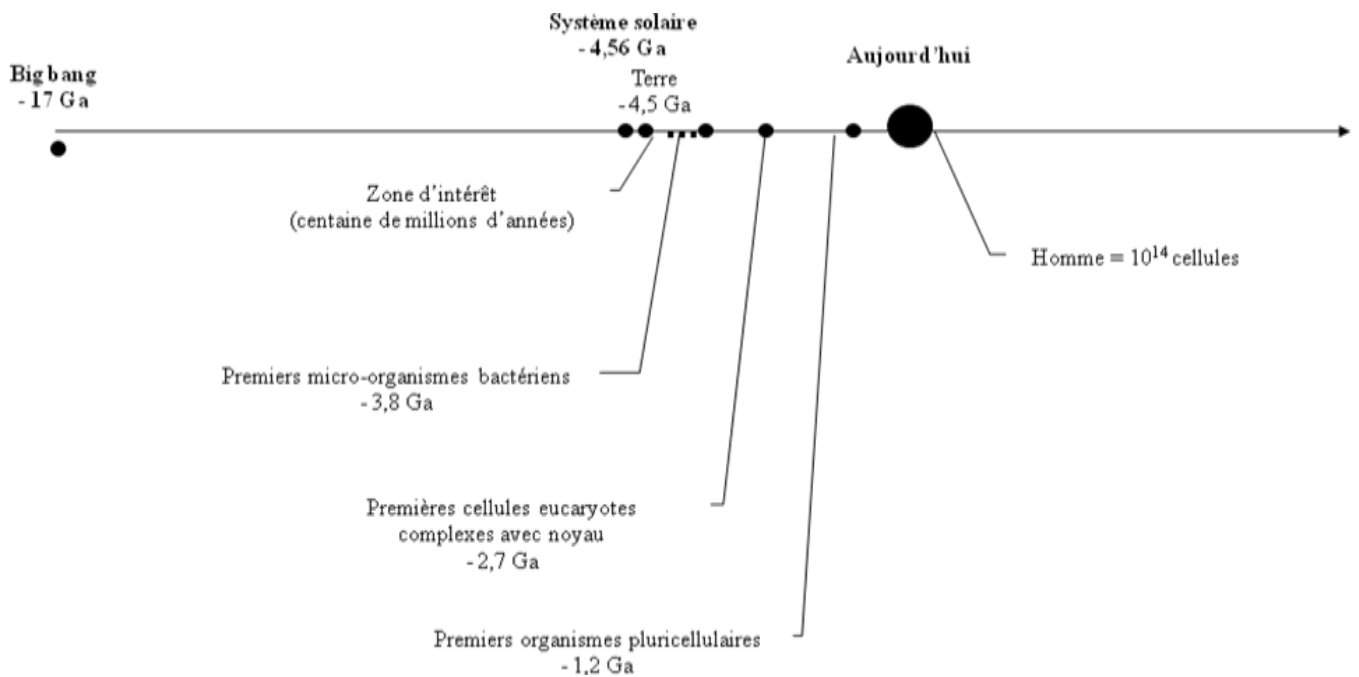
■ Condition 2 : échec d'explication réductive ?

- Existe-t-il une réponse à « Pourquoi ‘Des systèmes S auto-entretenus grâce à des propres processus internes de production de composants et une utilisation d'énergie/matière externe, et ancêtres des organismes vivants actuels, sont apparus sur Terre’ ? » ie, « Pourquoi (P_k) ? », qui ne fasse appel à des entités d'un niveau supérieur ou égal à S et qui englobent tout ou partie de S
 - Dans le cas 1, historique ?
 - Dans le cas 2, physico-chimique ?

Cas 1 : la recherche des ‘origines historiques’ de la vie

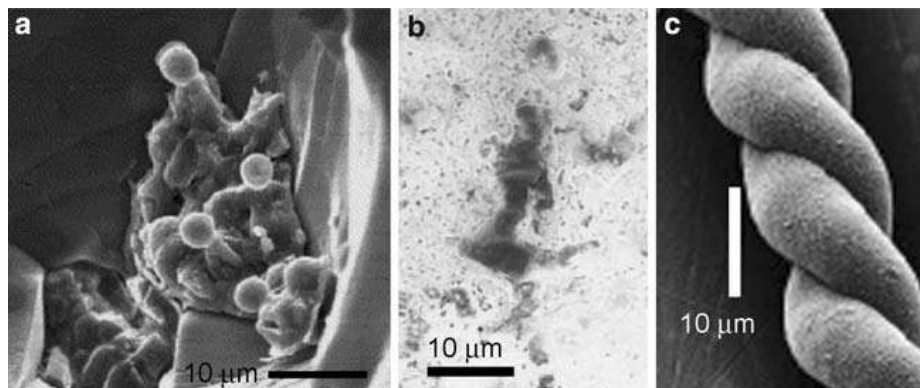
■ Que s'est-il passé ?

Origines de la vie sur Terre : zone d'intérêt



■ La recherche de 'smoking guns' ?

- Controverses sur les traces fossiles (cf van Zuilen 2006)
 - 2,7 Ga : une base commune
 - 3,5 ou 3,8 Ga : controverses (ex Schopf 1993 vs. Brasier *et al* 2002)
 - Morphologie
 - Biomarqueurs (ex: géolipides)
 - Ratios isotopiques (ex: carbone $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, soufre $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, azote $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$)



■ L'environnement de la Terre primitive ?

- Controverses sur l'atmosphère (cf Selsis 2006)
 - H₂, CH₄ ? (Urey, Miller 1953; Kasting 1993 ; Kasting 2005)
- Controverses sur les océans (cf Pinti 2006)
 - Apparition d'eau sous forme liquide vers 4,4 Ga ?
 - Température, forte salinité ?
- Controverses sur les premières croûtes terrestres (cf Albarède 2006)
 - 4,4 Ga : plus ancien matériau terrestre

■ Une fenêtre d'apparition de la vie encore imprécise

- Entre
 - D'une part : 4,4 Ga (apparition d'eau) ou 3,8 Ga (après le LHB)
 - De l'autre : 3,8 Ga (Isua) ou 2,7 Ga ?
- D'où une durée possible
 - De l'ordre de 10-100 Ma
 - De l'ordre de 1 Ga

■ En aucun cas une explication historique

■ A ce jour donc, pas de réponse à la question « Pourquoi (P_k) ? » dans le 'cas 1 historique'

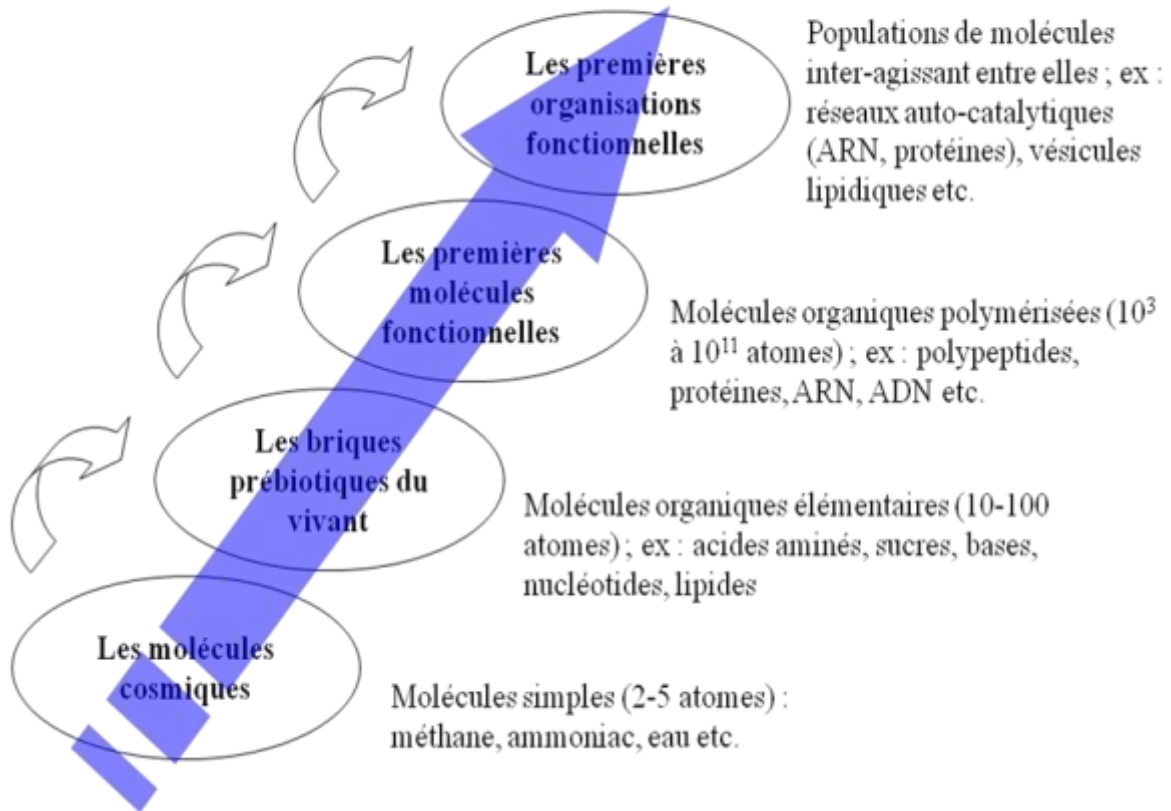
■ Donc échec de la condition 2

■ Donc (P_k), dans le 'cas 1 historique', est un phénomène émergent

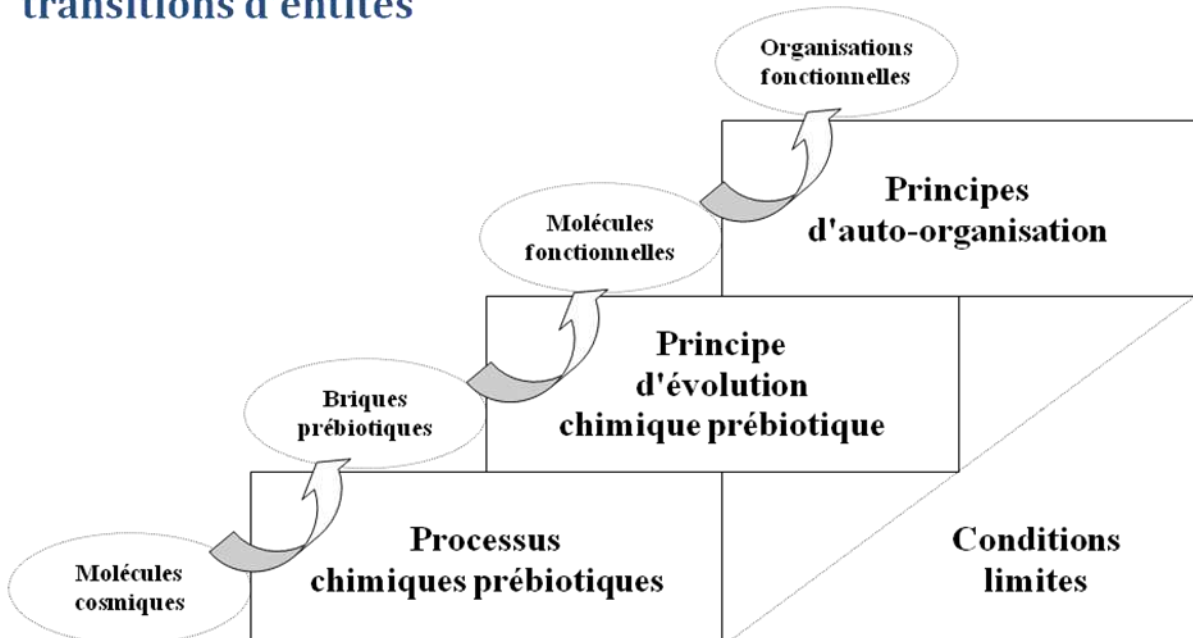
Cas 2 : la recherche des 'origines physico-chimiques' de la vie

■ Comment cela a-t-il pu se passer ?

La transition de l'inerte au vivant fait intervenir quatre grandes classes d'entités



Trois schèmes explicatifs distincts sont associés aux trois transitions d'entités



Exemple 2 – Evolution chimique prébiotique : exemple de l'apparition des ribozymes

■ Réplicase artificielle (Johnston, Unrau, Lawrence, Glasner, Bartel, 2001)

- Ribozyme de 189 nucléotides capable de
 - Se lier à un brin d'ARN indépendamment de sa séquence
 - D'ajouter 14 nucléotides complémentaires

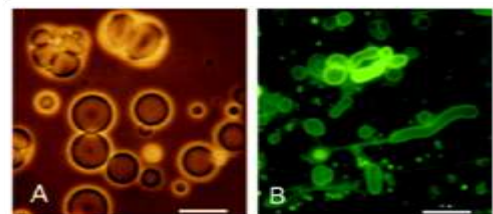


Source : Johnston, Unrau, Lawrence, Glasner, Bartel, 2001

Exemple 3 – Principes d'auto-organisation : exemple des vésicules prébiotiques et des réseaux auto-catalytiques

■ Expliquer l'apparition de premiers signes d'organisation

- Structures (ex: coacervats, vésicules)
- Réseaux métaboliques entretenus (ex: réseaux auto-catalytiques)
 - Rares travaux expérimentaux

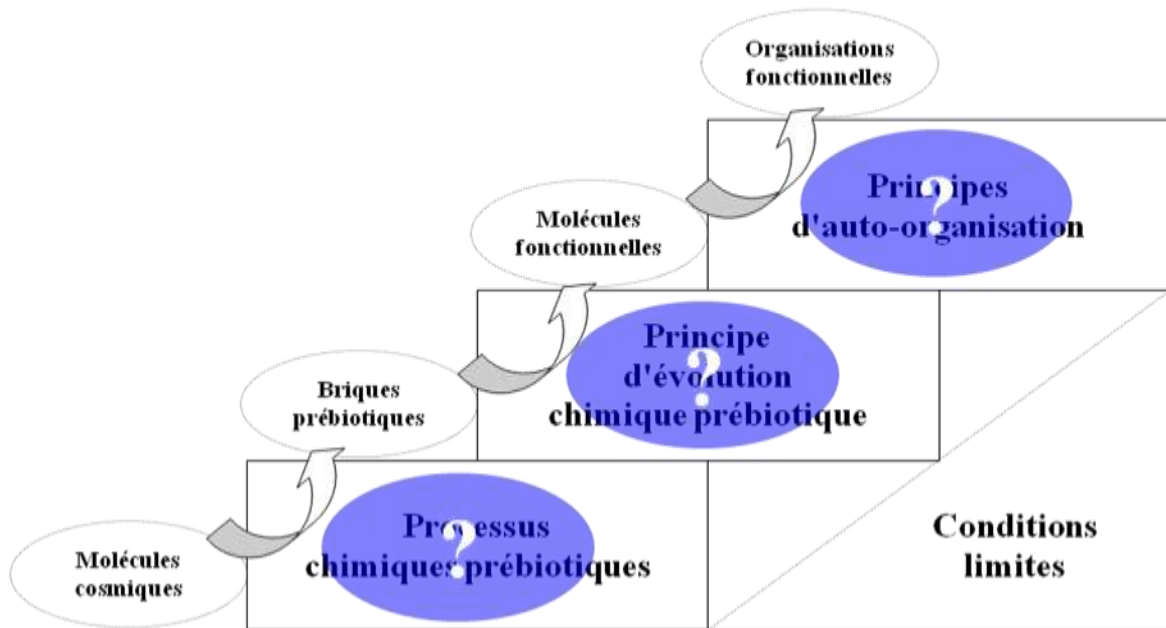


Source: Monnard Deamer 2002

■ Deux cas ?

- Des explications physicalistes
 - Explication de la formation des vésicules lipidiques (ex: Monnard, Deamer 2002)
 - Auto-organisation réductible à des forces physico-chimiques
- Des explications à partir de modèles mathématiques
 - Des explications purement théoriques (ex : Dyson 1982, Kauffman 1986)
 - Très peu de liens avec l'expérience (aujourd'hui): quantités/diversité de molécules trop grandes

Et pourtant encore de nombreuses lacunes



- **A ce jour donc, pas de réponse à la question « Pourquoi (P_k) ? » dans le ‘cas 2 physico-chimique’**
- **Donc échec de la condition 2**
- **Donc (P_k), dans le ‘cas 2 physico-chimique’, est un phénomène émergent**

- **Bien entendu, (P_k), dans le ‘cas 2 physico-chimique’, est un phénomène émergent *étant donné l’état actuel de nos connaissances***
- **Il est donc possible**
 - Pour des émergentistes, d’affirmer qu’il en sera toujours ainsi
 - Pour des non-émergentistes, d’affirmer le contraire

- **Pour un émergentiste, une possibilité serait de démontrer qu’il existe *au moins une* étape de toute explication physico-chimique de la vie qui donne lieu à un phénomène émergent, et ce *indépendamment de l’état de nos connaissances***

- **Existe-t-il donc un tel phénomène émergent par principe**
 - Au sein des processus chimiques prébiotiques ?
 - Au sein des processus d’évolution prébiotiques ?
 - Au sein des processus d’auto-organisation prébiotiques ?

- **La charge de la preuve aux émergentistes**
- **Un enjeu de taille : “The scientific transcendence of the distinction between life and matter would be a death-blow to the theory of emergence” (Ablowitz 1939)**

Récapitulons

- **L'origine de la vie est centrale pour la notion d'émergence, depuis ses débuts jusqu'à aujourd'hui**

- **2/ Pour être moins équivoque et plus spécifique, l'émergence gagne à être adossée à une théorie philosophique de l'explication**
 - La théorie pragmatique de l'explication répond bien aux attentes de la notion d'émergence (reformulation contextuelle, réponse suivant une relation de pertinence)
 - L'émergence pragmatique est définie par deux conditions
 - Condition 1 : reformulation (en proposition vraie)
 - Condition 2 : échec d'explication (suivant une relation de pertinence réductive)
 - Intérêts
 - Préciser le phénomène émergent (sans ambiguïté)
 - Indiquer où se situe précisément l'émergence (défaut d'explication)

- **3/ L'application de l'émergence pragmatique à l'origine de la vie doit être spécifiée en fonction du contexte**
 - Dans le 'cas 1 historique', la vie est émergente, à ce jour
 - Dans le 'cas 2 physico-chimique', la vie est émergente, à ce jour
 - Cependant, rien ne permet d'affirmer qu'elle le sera toujours
 - Charge aux non-émergentistes de reproduire la vie en laboratoire et d'en fournir une explication satisfaisante
 - Charge aux émergentistes d'avancer des preuves d'impossibilité *par principe*
 - En attendant, s'abstenir de qualifier l'origine de la vie d'émergente en un sens plus fort qu'épistémique

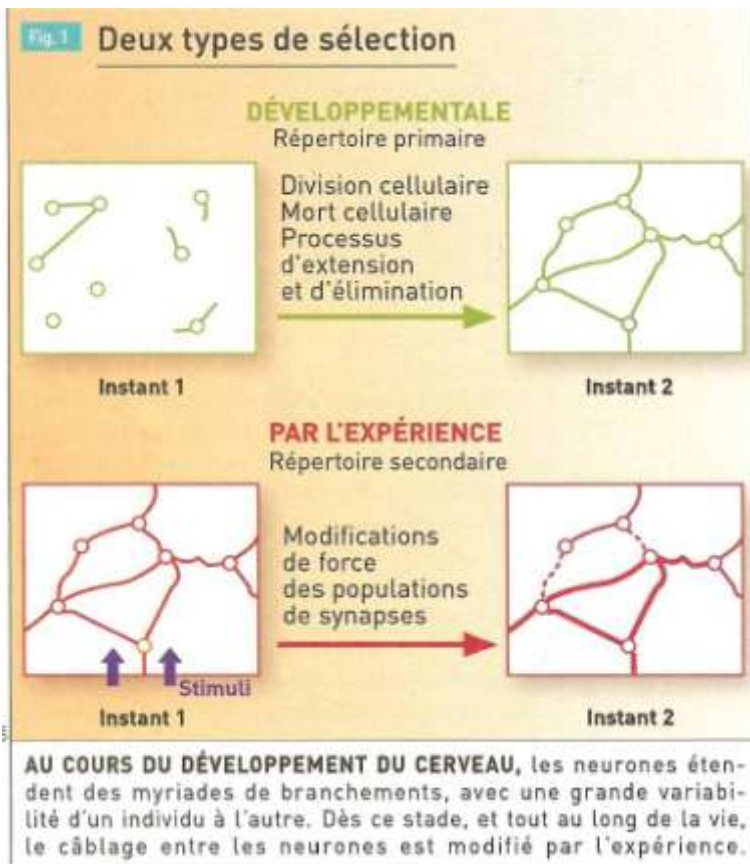
« L'expérience sculpte la conscience »

Article de Gerald EDELMAN publié dans « Les dossiers de la recherche n°30 (février 2008)

Biologiste de la conscience, Gerald Edelman montre, dans son dernier ouvrage, comment sa théorie darwinienne du fonctionnement cérébral explique la production de connaissances. Dans son laboratoire de San Diego, il expérimente la manière dont l'apprentissage modèle notre cerveau. Et il y construit des machines qui miment certains de ses mécanismes

LA RECHERCHE. Comment résumeriez vous votre théorie de la conscience ?

GERALD EDELMAN. Il s'agit d'une théorie darwinienne, qui fait jouer un large rôle à la sélection. Tous les processus à l'œuvre dans le développement du cerveau présentent un certain côté statistique: la neurogenèse, la migration neuronale, les interactions qui régulent la croissance des extrémités neuronales, la mort neuronale programmée, la formation des connexions ... Car tous ces processus n'ont pas lieu exactement de la même façon ni au même endroit d'un neurone à l'autre. Ces variations se combinent pour donner une diversité de structures absolument extraordinaire qui fait que deux individus, même jumeaux, n'ont jamais le même cerveau. C'est la sélection développementale, premier pilier de ma théorie (fig. 1). Par la suite, le câblage entre groupes neuronaux va être modifié en fonction des interactions avec l'environnement, notamment sensoriel. Les neurobiologistes résument cela par l'aphorisme « *Neurons that fire together wire together* » : les neurones qui sont actifs en même temps, par exemple parce qu'ils répondent à la même stimulation sensorielle, vont voir leurs connexions se renforcer. Cette sélection par l'expérience est le deuxième pilier de ma théorie. On obtient ainsi des répertoires primaires et secondaires: des populations de groupes neuronaux comportant des réseaux mis en place par les étapes de sélection qui se sont déroulées respectivement de façon primaire au cours du développement et secondaire par l'expérience. Ces répertoires s'arrangent entre eux en maillages particuliers de groupes de neurones, appelés cartes, qui sont spécialisés dans le traitement d'un attribut, la couleur, l'orientation ...



*La **couche V**, avec la VI, est la plus profonde des six couches laminaires de neurones superposés du cortex.

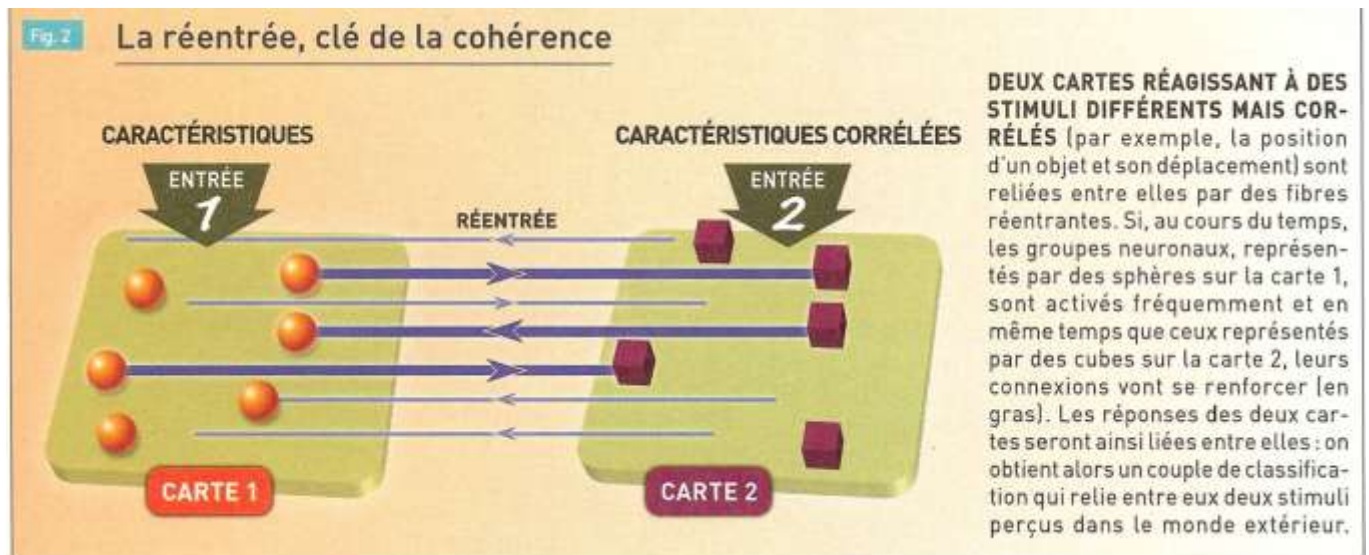
*Le **holisme** soutient que le fonctionnement du cerveau doit être appréhendé comme un tout non dissociable

*Le **localisationnisme** vise à identifier les aires cérébrales nécessaires à la réalisation d'une fonction.

*On qualifie d'**epigénétique** tout phénomène dépendant de l'influence de l'environnement sur l'expression du génome.

L.R. *La perception sensorielle d'un objet du monde extérieur est donc traitée par différentes cartes. Comment le cerveau procède-t-il pour reconnaître l'objet comme un tout ?*

G. E. Par la « réentrée » des informations, qui est le troisième pilier de ma théorie. Elle se matérialise par le réseau très dense de fibres réciproques et massivement parallèles qui connecte entre elles les différentes cartes. Prenons l'exemple de deux cartes. L'une est spécialisée dans la couleur, l'autre dans les contours. Chacune reçoit indépendamment des signaux du monde extérieur. En même temps, des signaux réentrants relient fortement certaines combinaisons actives de groupes neuronaux appartenant à l'une des cartes à différentes combinaisons appartenant à l'autre. Les fonctions et les activités des deux cartes sont donc reliées entre elles (fig.2). Grâce à la réentrée, les cartes vont pouvoir corrélérer des événements qui se déroulent dans le monde extérieur sans que l'on ait besoin d'un superviseur ou d'un soi-disant *homunculus*.



L.R. *Cette théorie de la conscience est-elle en opposition avec d'autres, par exemple celle développée par Francis Crick et Christof Koch ou par Stanislas Dehaene et Jean Pierre Changeux ?*

G. E. D'abord une observation: toutes les théories de la conscience s'accordent aujourd'hui à dire qu'elles doivent se fonder sur les mécanismes physiques et chimiques à l'œuvre dans le cerveau. Auparavant, ce n'était pas évident. Ainsi, il y a une vingtaine d'années, le mathématicien britannique Roger Penrose avait recours à la gravitation quantique pour expliquer la conscience. Cela me rappelle Bergson et son « élan vital ». Pire encore, il y avait les théories dualistes comme celle de feu mon ami John Eccles, un esprit profondément religieux qui ne pouvait se résoudre à ce que l'âme meure avec le corps. Tout le monde est à présent d'accord pour dire que la sélection des groupes neuronaux est un mécanisme essentiel de la conscience. Le débat porte plus sur la réentrée et il est compliqué par le fait que tout le monde n'utilise pas le même vocabulaire. Certains parlent, par exemple, de feed-back (rétroaction). Le principal point de désaccord est dans l'existence d'une localisation de la conscience. Francis Crick avait d'abord évoqué les neurones de la **couche V*** du cortex.⁴ A la fin de sa vie, il est revenu sur cette notion, mais l'idée d'une localisation persiste dans son concept de « corrélats neuronaux de la conscience ». Chez Stanislas Dehaene et Jean-Pierre Changeux, la localisation est plus subtile. Ce ne sont pas des groupes de neurones, mais des régions entières, notamment dans le cortex préfrontal.

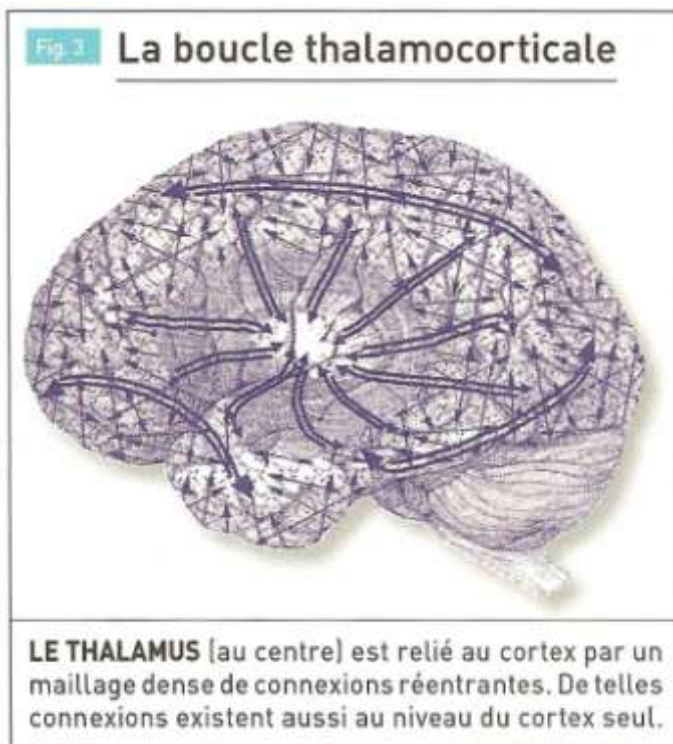
L.R. *Comment vous situez-vous dans cette controverse entre holisme* et localisationnisme* ?*

G.E. Ma démarche est de définir d'abord les propriétés clés de la conscience, puis d'en rechercher les substrats neuronaux possibles. Ces propriétés sont au nombre de deux. D'abord l'intégration: chaque expérience consciente est unique et indivisible. L'intégration est permise par la réentrée. Ensuite la

⁴ F. Crick et C. Koch, *Nature*, 375, 121, 1995.

différenciation : le nombre d' états de conscience que l'on peut éprouver en quelques millisecondes est immense. Partant de cela, quels peuvent en être les substrats neuronaux? Mon hypothèse est qu'il s'agit d'un noyau dynamique, ensemble de groupes neuronaux qui, a un moment donne, interagissent plus entre eux qu'avec les autres groupes neuronaux.⁵ Ce noyau dynamique qui ressemble beaucoup à ce que Dehaene et Changeux appellent « *l'espace global de travail* » (lire « Les deux espaces de travail du cerveau », p. 22) inclut certainement les régions qui forment la boucle thalamocorticale, laquelle relie le thalamus profond et le néocortex superficiel, apparu plus récemment dans l' évolution .(fig. 3). J'insiste sur le caractère dynamique de ce processus: certains groupes de neurones, par exemple dans telle ou telle aire corticale, peuvent, a un instant donne, faire partie du noyau dynamique et sous-tendre l'expérience

consciente, puis ne plus en faire partie l'instant suivant. "Nous avons montré par simulation informatique a large échelle que la réentrée permettait de résoudre le problème de liaison que vous évoquiez dans votre question, c'est-à-dire l'association fonctionnelle et dynamique de groupes de neurones indépendants. Cette association sous-tend la perception consciente des différents éléments d'une scène: couleur, contour, mouvement...



DARWIN EST UN NEUROMÉCANISME, PAS UN ROBOT. Il est doté d'un embryon de cerveau qui se développe par sa propre expérience en interagissant avec le monde extérieur tout en étant relié à un modèle informatique du cerveau humain simulé sur un réseau de calculateurs.

⁵ G. Tononi et G. Edelman, *Science*, 282, 1846,1998.

L.R. Vous venez d'évoquer la simulation informatique. Vous êtes pourtant connu pour critiquer l'analogie cerveau/ordinateur...

G. E. Je reproche aux tenants de l'intelligence artificielle d'être restés « instructionnistes »; c'est-à-dire de

croire que le monde extérieur fournit des instructions au cerveau. Ce n'est pas ainsi que les choses se passent. Prenez une diode: elle ne reconnaît que deux états, l'obscurité et l'illumination. Le cerveau ne peut pas fonctionner comme une diode puisqu'il doit identifier une perception sensorielle parmi des milliards d'états dont l'obscurité et l'illumination ne sont que deux possibilités. C'est pourquoi seule une théorie sélectionniste peut rendre compte des propriétés de reconnaissance du cerveau. Cela ne veut pas dire que la simulation informatique soit inutile : quand on fait un modèle, on ne recrée pas la réalité. On en mime simplement certaines propriétés !

Vous avez exposé la théorie de la sélection des groupes neuronaux pour la première fois, il y a maintenant plus d'une vingtaine d'années. Comment les progrès des neurosciences réalisés depuis s'intègrent-ils dans votre cadre conceptuel ?

G. E. A merveille! Quand j'ai suggéré qu'il fallait envisager le fonctionnement du système nerveux en termes de groupes neuronaux, j'ai rencontré un grand scepticisme, car l'idée de sélection des groupes neuronaux était assez spéculative. Je l'avais empruntée à mes recherches antérieures sur l'immunologie et le développement. Je me suis toujours intéressé à ce que j'ai appelé la science de la reconnaissance. Par reconnaissance, j'entends la mise en correspondance adaptative et continue des éléments d'un domaine physique avec les nouveautés survenant dans les éléments d'un autre domaine physique, plus ou moins indépendant du premier. Ces ajustements ont lieu en l'absence de toute instruction préalable, par sélection au sein d'un ensemble hypervariable. En immunologie, ces deux domaines sont évidemment les anticorps et les antigènes. Dans le développement, ce sont les déterminismes génétiques et épigénétiques*.

En neurosciences, ce sont des structures neuronales dynamiques et des groupes d'informations, de stimuli, provenant du monde extérieur. Mais quand j'ai avancé cette idée, il y a une vingtaine d'années, elle reposait sur assez peu de données expérimentales. Depuis, de nombreuses expériences sont venues montrer l'existence d'une sélection développementale, même si notre connaissance de son action au niveau de la « micro circuiterie » cérébrale reste insuffisante et expérimentale: des études de plus en plus fines portant sur la modification de la force de la synapse en fonction de son activité sont menées au niveau des mécanismes à l'œuvre dans la membrane neuronale.

L.R. Des expériences prouvent-elles l'existence de la réentrée ?

G. E. L'équipe de Reinhardt Eckhorn, à Marburg, en Allemagne, a par exemple montré que des groupes de neurones appartenant à des cartes distinctes émettent des signaux électriques selon des oscillations de même fréquence et de même phase en réponse à la présentation d'un stimulus visuel donné, même s'ils sont très éloignés. Si l'on coupe les fibres permettant la réentrée entre ces groupes, les oscillations deviennent déphasées et adoptent des fréquences différentes ! De plus, la magnétoencéphalographie, une technique d'imagerie cérébrale qui permet de suivre la dynamique des connexions thalamocorticales, montre que la réentrée est un phénomène majeur.

L.R. Ces arguments ne signifient pas que votre théorie soit juste...

G. E. Naturellement. Une théorie n'est pas une preuve. C'est une manière de voir les choses. Une autre théorie pourrait expliquer les mêmes données. Je crois que les neurobiologistes auront de plus en plus besoin de théories. Lorsque j'ai parlé pour la première fois de la sélection des groupes neuronaux, on en était à l'enregistrement unitaire des neurones. Aujourd'hui, on enregistre des centaines de neurones simultanément. C'est comme si des physiciens des particules pouvaient mesurer à chaque instant l'énergie de milliers d'atomes ou de quarks. Cela leur serait complètement inutile sans une théorie pour interpréter leurs données. Or, l'histoire de la biologie n'a pas produit beaucoup de grands théoriciens, à l'exception évidente de Darwin.

L.R. Aujourd'hui quel est le point faible de votre théorie ?

G. E. C'est évidemment tout ce qui a trait aux états de conscience supérieurs. La conscience primaire est l'état qui permet de se rendre compte de la présence des choses dans le monde, d'avoir des images mentales. Mais elle ne s'accompagne pas d'un sens de la personne, de son présent et de son avenir. Dès que des systèmes symboliques entrent en jeu (le langage, la musique, les arts visuels) dans cette conscience supérieure, propre à l'homme, on atteint une complexité incroyable qui nous laisse assez démunis.

L.R. Comment peut-on tester expérimentalement une théorie de la conscience ?

G. E. Une des approches possibles est d'essayer de construire des artefacts conscients. C'est celle que nous poursuivons depuis une dizaine d'années à l'Institut des neurosciences de San Diego aux États-Unis. Le cerveau de ces neuromécanismes que nous avons conçus fonctionne, conformément à ma théorie, par sélection plutôt que par instruction. Les circuits électroniques reproduisent les réseaux neuroanatomiques, et la force des connexions peut être modulée en fonction de l'expérience. J'insiste sur le fait qu'il ne s'agit pas de robots, au sens où leur comportement n'est pas programmé selon une séquence d'algorithmes fixée à l'avance. Nos neuromécanismes évoluant dans le monde réel sont capables de catégorisation perceptive (par exemple attraper des objets rayés et éviter des objets ronds), d'apprentissage et de conditionnement sans instruction. Notre dernier modèle, Darwin X, commence même à avoir une certaine mémoire épisodique, puisqu'il mémorise l'environnement qu'il a déjà exploré⁶.

L.R. On reste cependant très loin de la véritable conscience...

G. E. Évidemment, ne serait-ce que parce qu'il manque à ces neuromécanismes un langage leur permettant d'exprimer ce qu'est leur expérience consciente. Mais je pense que c'est un objectif qui pourra un jour être atteint. En d'autres termes, je ne pense pas qu'un artefact conscient soit nécessairement vivant.

Propos recueillis
par Nicolas Chevassus-au-Louis

⁶ G. Edelman, *Science*, 318, 1103, 2007.