

**BULLETIN N° 119**  
**ACADÉMIE EUROPEENNE**  
**INTERDISCIPLINAIRE**  
**DES SCIENCES**



**Séance du Mardi 13 novembre 2007**

**Assemblée Générale/Elections**

**Conférence de Hugues CHATE Physicien au CEA :  
*"Universalité et Emergence en Physique statistique"***

**Prochaine séance : le Mardi 11 décembre 2007**

**Conférence de Stéphane TIRARD Maître de Conférences  
en Epistémologie et Histoire des Sciences:  
« *L'émergence de la vie sur la Terre :  
entre déterminisme et contingence* »**

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

**PRESIDENT** : Michel GONDRAN  
**SECRETAIRE GENERAL** : Irène HERPE-LITWIN

**TRESORIER GENERAL** : Bruno BLONDEL  
**CONSEILERS SCIENTIFIQUES** :  
**SCIENCES DE LA MATIERE** : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI.  
**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  
**SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR**  
 Pr. P. LIACOPOULOS

novembre 2007

**N°119**

**TABLE DES MATIERES**

- P. 4 Compte-rendu de la séance du 13 novembre 2007 :  
 - Procès Verbal de l'Assemblée générale ordinaire de l'année 2007  
 - Conférence de Hugues CHATE , Physicien au CEA sur « Universalité et Emergence en Physique statistique»  
 P. 10 Comptes-rendus de la Section Nice-Côte d'Azur  
 P. 16 Documents

Prochaine séance : Mardi 11 décembre 2007,  
 MSH, salle 215-18heures

**Conférence de Stéphane TIRARD, Maître de Conférences  
 en Epistémologie et Histoire des Sciences:**

**« *L'émergence de la vie sur la Terre :  
 entre déterminisme et contingence* »**

# APPEL A COTISATION

La cotisation pour la nouvelle année 2007-2008 a été maintenue à 60€ Son montant doit être adressé par chèque à notre collègue Trésorier, Bruno BLONDEL à l'adresse ci-dessous :

**Bruno BLONDEL**  
**Les Jardins de Bures**  
**Pavillon 65**  
**91440 Bures s/Yvette**

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

*Séance du*  
*Mardi 13 novembre 2007*

**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, Bruno BLONDEL , Sonia CHAKHOFF de la Section Nice-Côte d'Azur, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Françoise DUTHEIL, Irène HERPELITWIN, , Emmanuel NUNEZ.

Etaient excusés : François BEGON, René DARS, Marie-Louise LABAT, Gérard LEVY, Jacques LEVY, Victor MASTRANGELO, Pierre NABET, Lucien SEYNAVE, Pierre SIMON, Alain STAHL.

Etait invité Hugues CHATE physicien au CEA sollicité par nous pour une conférence sur « Le Chaos collectif» .

Le premier point à l'ordre du jour appelait la tenue de l'Assemblée Générale annuelle de l'Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences.

## **ASSEMBLEE GENERALE 2007**

L'Assemblée est ouverte par notre Président Michel GONDRAN, avec le concours du Trésorier Général Bruno BLONDEL et de la Secrétaire générale Irène HERPE-LITWIN. Notre collègue René DARS, Président de la Section NICE-CÔTE D'AZUR, empêché, a délégué Mme Sonia CHAKHOFF Secrétaire de la section NICE-CÔTE D'AZUR pour nous présenter son rapport moral. Notre Collègue Pierre NABET, Président de la section NANCY-METZ qui vient de perdre son épouse victime d'une longue et douloureuse maladie nous prie de l'excuser de ne pas avoir pu nous envoyer le rapport moral de la Section de NANCY-METZ. Nous lui transmettons toutes nos condoléances en ces circonstances si douloureuses pour lui.

Tous les membres présents ou ayant envoyé un pouvoir sont à jour de leurs cotisations et peuvent prendre part au vote.

11 pouvoirs ont été reçus :

- 5 par Gilbert BELAUBRE
- 2 par Michel GONDRAN
- 4 par Irène HERPE-LITWIN

Après nous avoir transmis les amitiés de son Président René DARS, notre Collègue Sonia CHAKHOFF nous donne lecture du rapport de la Section Nice –Côte d'Azur :

La section Nice-Côte d'Azur comporte 20 membres. Thierry GONTIER s'est retiré tandis qu'un nouvel adhérent, Egyptologue et Philosophe, Richard BEAUD est venu les rejoindre.

Les principales activités ont résidé en une participation aux travaux de l'Université de Nice, à l'organisation de la Fête de la Science, à des responsabilités dans diverses associations comme « Les Amis de Sophia-Antipolis ». Ceci vise une aide au développement de sujets scientifiques et techniques divers, ainsi qu'une réflexion sur les problèmes du système universitaire régional.

Un cycle de Conférences sur le thème « Entreprise et Mondialisation » a été développé et a donné lieu à la publication d'un ouvrage auprès des Editions P.U.F. avec un CR de présentation .

Les projets de 2008 visent une série de douze conférences sur « Qu'est-ce que la Science ? » A l'issue de ce cycle un colloque d'une journée pourrait se tenir en décembre 2008 (le 16 ou 19) avec une Table Ronde présidée par le Pr. Jean AUBOUIN ancien Président de l'Académie des Sciences. L'accent de ces conférences sera mis sur la rôle de la Méditerranée dans la naissance de la Science occidentale sans occulter le rôle des autres civilisations ainsi que sur les relations entre la Science et la Société, la Politique et la Culture.

Un ouvrage relatif à la problématique du Réchauffement climatique est en préparation.

## RAPPORT MORAL DE L'ACADEMIE

Au siège, à Paris, 11 séances mensuelles ont été tenues, avec une participation moyenne de douze personnes. Les travaux ont principalement porté sur la préparation de notre prochain congrès sur l'émergence.

Les conférences suivantes ont été présentées : Bernard WALLISER « Cognition et émergence », Jacques LEVY « Histoire de la pensée humaine » ; Alain CARDON et Pierre MARCHAIS « De l'émergence des organisations psychiques », Gilbert BELAUBRE, Alain STAHL et Michel GONDRAN « Réflexions croisées sur l'émergence », Jean-Paul DELAHAYE « Complexité aléatoire, complexité organisée », Roger BALIAN « Introduction à l'émergence » ; Michel BITBOL « L'émergence sans propriété fondamentale », Jacques DUBUCS « Emergence diachronique », Philippe HUNEMAN « Concept formel d'émergence, causalité et transition évolutionnaires », Gilles COHEN-TANNOUDJI « Emergence et Stratégies des Théories effectives », Michel GONDRAN « Modélisation et simulation dans les sciences humaines : le cas particulier de l'Ethique de Spinoza », Alain BOUTOT « Approches contemporaines de la morphogenèse ».

Nous prévoyons ce congrès pour décembre 2008 et avons choisi comme titre : « Emergence : de la fascination à la compréhension » *avec la problématique suivante* : « Peut-on expliquer cette totalité qui émerge des parties par les seules propriétés des parties ? » « C'est l'une des questions fondamentales de la méthodologie des sciences qui est, depuis un peu plus de cent ans, au cœur des recherches scientifiques et des interprétations philosophiques sur l'analyse des transitions entre milieux complexes.

Après des décennies d'affrontements philosophiques et métaphysiques, les nouveaux outils des mathématiques et de l'informatique ont permis d'aborder l'étude des phénomènes complexes et de leur émergence. De très grands esprits y ont apporté de l'ordre et de la compréhension. Ce sont eux que nous convions à notre congrès, avec l'ambition de faire le point à un moment nouveau dans l'évolution des idées..

- La section de Nice est toujours très dynamique comme en a témoigné la lecture du rapport par notre Collègue Sonia CHAKHOFF.

### NOUVEAU MEMBRE

Nous avons accueilli à Paris, en Novembre 2006, un nouveau membre, Valérie LEFEVRE-SEGUIN, directrice de recherche au CNRS, responsable de l'équipe « Microsphères » au laboratoire Kastler-Brossel de l'ENS. actuellement conseillère scientifique au service de la recherche universitaire de la DGES au ministère délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche.

Le Président, Michel GONDRAN

---

## ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

### Situation financière au 13 Novembre 2007

Le solde au 10 Octobre 2006 était de 8163,84 euros

#### Crédits 2007 :

Livre « Irruption des géométries fractales dans les sciences » :	207, 51
16 Cotisations AEIS (Nancy)	480, 00
20 Cotisations AEIS (Nice)	600, 00
18 Cotisations AEIS (Paris)	1080, 00

Total Crédits 2007 : **2367, 51 euros**

Dépenses 2007 : **4048,79 euros**

**SOLDE au 13 Novembre 2007** **6482,56 euros**

*de et approuvé*



*secrétaire générale*

*Irène Herpe - Litwin*



*Le Trésorier*

*Bruno BLONDEAU*

Soumis au vote d'approbation, le Rapport Moral ainsi que le Rapport financier, sont acceptés à l'unanimité des présents et des représentés.

## **ELECTION DU NOUVEAU BUREAU**

L'ancien bureau de l'A.E.I.S. se représente.

Après un vote à bulletin secret, Michel GONDRAN est élu à l'unanimité des votants.

### **Autres Membres du Bureau**

Se présentent en tant que:

- Secrétaire général : Irène HERPE-LITWIN
- Trésorier : Bruno BLONDEL
- Conseillers Scientifiques pour les sciences de la matière : Gilles COHEN-TANNOUDJI
- Conseiller Scientifique pour les sciences de la vie : François BEGON.

Le Bureau est élu à main levée à l'unanimité des votants.

CONFERENCE de Hugues CHATE Physicien au CEA sur :  
« *Universalité et Emergence en Physique statistique* »

Hugues CHATE, physicien au CEA qui travaille sur la Complexité insiste sur la relation intime entre émergence et lois de la physique statistique. Il cherche à expliquer le « comment » de l'émergence en cherchant à éliminer la question du « pourquoi » de l'émergence qui, selon lui, semble encore très présente dans diverses théories biologiques. Il essaie de montrer qu'il n'est nul besoin d'invoquer un finalisme anthropomorphique à l'instar des créationnistes, des tenants du « dessein intelligent », voire même des théories darwiniennes pour expliquer l'évolution en biologie.

Il tente de montrer comment les lois de la physique statistique peuvent rendre compte de nombreux phénomènes émergents ce qui est très séduisant par son caractère universel. Il modélise les systèmes complexes en automates cellulaires, en oscillateurs, en attracteurs. Il montre des émergences de chaos collectifs, de synchronisations.

Il pense que toute recherche dans le domaine de l'émergence doit viser à trouver la modélisation minimale nécessaire pour faire émerger une classe d'universalité

Pour mieux saisir la complexité de l'exposé nous vous engageons à lire p. 17 le texte qu'il nous a communiqué .

Certaines prises de position à l'encontre de théories biologiques de l'émergence ont entraîné les réactions de nos Collègues Emmanuel NUNEZ et Gilbert BELAUBRE que nous publions p.29

Après ce riche débat, la séance a été levée à 20heures.

Bien amicalement à vous.

Irène HERPE-LITWIN.

## *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.

Roger Dautray – Mémoires (2007)

### Compte-rendu de la séance du 20 septembre 2007 (107<sup>ème</sup> séance)

#### **Présents :**

Jean Aubouin, René Blanchet, Sonia Chakhoff, Pierre Couillet, Patrice Crossa-Raynaud, François Cuzin, René Dars, Jean-Pierre Delmont, Yves Ignazi, Jacques Lebraty, Jean-François Mattéi, Jacques Wolgensinger.

#### **Excusés :**

Guy Darcourt, Jean-Paul Goux, Gérard Iooss, Michel Lazdunski, Maurice Papo.

#### **1- Approbation du compte-rendu de la 106<sup>ème</sup> séance.**

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

#### **2- Les mois écoulés.**

→ Nous revoyons avec plaisir notre confrère Jean-Pierre Delmont, de passage à Nice avant de retourner au Mexique où, malgré la retraite, il accomplit une année sabbatique. Il nous fera part de ses impressions une prochaine fois.

→ Pierre Couillet revenait de Saint-Etienne de Tinée où les activités estivales d'Aspen-Mercantour, organisées par l'association Robert Hooke qu'il préside, réunissait de nombreux estivants de haut niveau qui sont heureux de partager leur temps entre leur famille et des activités culturelles ou des échanges scientifiques. C'est un vrai succès pour notre confrère Pierre Couillet.

#### **3- Prochain colloque.**

Le titre n'a pas été encore vraiment choisi mais il devrait tourner autour de la naissance de la Science et sur sa nature.

Il s'agira d'un cycle de conférences sur plusieurs semaines avec deux conférenciers par séance.

Les premières seraient consacrées à l'émergence de la Science, à Millet, comme démythification et explication des phénomènes naturels, et les suivantes, aux témoignages de scientifiques actuels qui décriraient ce qu'est, pour eux, la Science. Il conviendrait de distinguer la Science de la technique, la seconde étant la source ou la conséquence de la première.

Pour les témoignages, il faudrait aborder les sciences de l'univers, les sciences de la vie, les mathématiques, la physique, etc.

Certains noms ont été avancés parmi les membres de l'AEIS de Nice ou de l'extérieur. Certains ont déjà donné leur accord de principe. Il conviendra donc de programmer ces séances avec le CUM en les concentrant sur une période assez courte en 2008. Ceci devrait être fait par Pierre Couillet avant notre prochaine réunion d'octobre.

#### **4- Questions diverses.**

Notre Confrère Jean-François Mattéi publie, le 2 octobre, un nouvel ouvrage sur l'épuisement de la culture européenne intitulé : « Le regard vide » (Flammarion).

Il défend la thèse qu'il y a une spécificité de la démarche de la pensée occidentale : elle est idéaliste même si elle est matérialiste. Elle vise à construire une idéalité, qu'elle soit mathématique, physique, politique (de Platon à Marx). Elle est toujours construite à partir d'un regard théorique. Un outil expérimental est d'abord une construction théorique. Exemple : il faut d'abord faire une théorie de l'algèbre avant de la construire. Il y a donc une culture européenne et une identité française, contrairement à ce qu'affirment beaucoup d'intellectuels.

C'est ainsi que la musique européenne est la seule qui soit basée sur douze tons, alors que toutes les autres musiques du monde sont pentatoniques.

Le regard théorique occidental est donc unique. Il n'y a pas de regard théorique chez les Chinois. Pour qu'il y ait un regard théorique, il faut qu'il y ait une idéalité qui implique une distance infinie. Or, actuellement, notre regard est vide et la culture occidentale est en train de disparaître (Camus, Weil, Arendt). Valéry l'a écrit : « nous sommes dans l'après-culture ». Pour qu'un regard soit plein de sens, il faut qu'il projette un idéal, qu'il vise autre chose. Dans le cas des entreprises par exemple, on parle de vision, de mission, de sens, alors que dans la société, c'est actuellement complètement vide.

**Prochaine réunion**  
**le jeudi 18 octobre 2007 à 17 heures**  
**au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France**  
**06000 NICE**

## Compte-rendu de la séance du 18 octobre 2007

(108<sup>me</sup> séance)

### Présents :

Jean Aubouin, René Blanchet, Sonia Chakhoff, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Pierre Delmont, Yves Ignazi, Michel Lazdunski, Jacques Lebraty, Jean-François Mattéi.

### Excusés :

Alain Bernard, Pierre Couillet, François Cuzin, Jean-Paul Goux, Gérard Iooss, Maurice Papo, Jacques Wolgensinger.

### 5- Approbation du compte-rendu de la 107<sup>ème</sup> séance.

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

### 6- Accueil d'un nouveau membre.

Richard Beaud est né en 1942, en Suisse dans un petit village du nom de Albeuve. Il a fait ses études primaires et secondaires en Suisse, il est ensuite entré au séminaire des Franciscains à Fribourg puis dans l'Ordre des Dominicains et a été ordonné prêtre en 1978.

C'est un philosophe et un égyptologue.

En 1971-1972, il a été assistant en théologie à l'Université de Fribourg et a commencé des études d'égyptologie.

En 1975, il a passé un DEA de théologie et de philosophie à l'Institut Catholique de Toulouse et un diplôme supérieur de langue sémitique.

En 1980 il a enseigné la théologie fondamentale à l'Institut Catholique de Toulouse.

Il a ensuite enseigné la philosophie, d'abord de 1989 à 1993 au Studium dominicain de Bordeaux, puis de 1994 à 2006 au Studium dominicain de Lille où il donnait chaque année deux mois de cours. Il résidait le reste de l'année au couvent des Dominicains de Nice. Depuis 2004 il est professeur de philosophie au séminaire diocésain de Nice.

Ses centres d'intérêt et de recherche sont l'idéalisme allemand et la phénoménologie. De ce point de vue, il s'intéresse au domaine des relations "raison et foi" et à la philosophie de la religion.

Il a publié dans la Revue Thomiste des recensions de livres concernant la théologie fondamentale, notamment une étude sur la théologie de Hans Küng. Il a publié également un travail intitulé : "Heidegger : Etre et temps" analysant l'ouvrage de Heidegger. Il a publié aussi

dans les "Cahiers de l'Unia", 2001-2002, n°1, un article : « Réflexion philosophique sur l'origine de la religion, judaïsme, christianisme ».

En égyptologie, après avoir commencé ses études à Fribourg, il les a poursuivies en 1976 à l'Université Paul Valéry de Montpellier et y a obtenu un DEA.

De 1983 à 1989, il a enseigné l'égyptologie à l'Ecole Biblique et Archéologique Française de Jérusalem et de 1984 à 1989 a été chargé de cours en égyptologie à l'Université Hébraïque de Jérusalem. Pendant cette période (1983-1989), il a été membre, à Karnak, de l'équipe chargée des fouilles du temple. (Centre franco-égyptien) et a participé aux fouilles deux mois par an.

Depuis 1997, il donne à Nice un enseignement de l'égyptien hiéroglyphique.

Il s'intéresse au domaine de la théologie de l'Egypte ancienne et à la langue des anciens Egyptiens et à son développement (grammaire).

Il a publié un article de traduction commentée de tableaux d'offrandes du temple de Dendara, pour les Mélanges Polotsky.

Richard Beaud exprime alors sa satisfaction de faire partie de notre Académie car cela va lui permettre de s'enrichir en rencontrant des personnalités travaillant dans des spécialités autres que la sienne.

Il s'est en outre beaucoup intéressé aux textes des Pyramides. Pour cela il faut, comme pour le japonais, intégrer les 6000 signes hiéroglyphiques.

Cette connaissance l'aide beaucoup dans son interrogation fondamentale : « Qu'est-ce que la conscience humaine a voulu dire quand elle a inventé la religion ? »

## **7- Le mois écoulé.**

- Nous avons le plaisir d'annoncer la création prochaine d'une nouvelle section de notre Académie à Nancy.

- M. André Barthe, adjoint au Maire pour la culture nous a reçus et nous a promis de renouveler encore cette année la subvention de la ville de Nice pour nos publications.

- **René Blanchet** nous fait savoir que :

- La fondation Sophia Antipolis a reçu une distinction européenne, le prix Estoril, en raison de son engagement pour les « pôles de compétitivité ».

- Il se développe une action : « Les jeunes et la Science ». Partout en Europe, on s'inquiète de la désaffection des jeunes pour la Science universitaire et les inscriptions de cette année n'ont pas inversé la tendance, bien au contraire.

L'INRIA, en association avec le club PERSAN, a eu l'initiative de contacter les élèves de première qui doivent, depuis 1999, faire des travaux scientifiques d'initiative personnelle encadrés.

L'INRIA, dans l'environnement assez large de Sophia Antipolis, a développé des contacts pour encadrer ces élèves avec un succès considérable dont on s'est très bien rendu compte à Valrose lors de la « Fête de la Science ».

- La loi sur la réforme de l'Université votée en août connaît un certain succès puisque déjà 20 universités (sur 96) se sont engagées à élire leur conseil d'administration et leur Président

nouvelle formule avant la fin de l'année. C'est assez encourageant bien que certains enseignants-chercheurs se montrent pessimistes sur l'avenir de cette réforme. Mme le Ministre Valérie Pécresse a demandé à l'Académie des Sciences de lui fournir un rapport : réflexions sur le thème : « Comment réussir sa première année à l'Université dans le domaine des sciences. La question de l'orientation et de l'organisation des enseignements de licence ».

Ce texte est à la disposition de ceux qui le souhaitent au secrétariat et peut être diffusé largement.

Mme le Ministre souhaite maintenant, d'une part, une étude sur l'évolution des carrières à l'Université et, d'autre part, une étude sur « la Recherche » et notamment sur celle des organismes.

- **Yves Ignazi** a participé à une convention sur le progrès du management (3000 participants). Elle a été l'illustration d'une réflexion, d'un apport et de découvertes très interdisciplinaires au niveau de la gestion des entreprises :

4 grands thèmes ont été discutés

- Peur et plaisir
- Doutes et désirs
- Pouvoir et autorité
- Possible et impossible

Des personnalités de premier plan ont animé les travaux : Eric Alter, Maurice Lévy, Pierre Bellon, etc.

Cette convention a montré, une fois encore, le souci des dirigeants d'entreprise de réagir par la voie de l'interdisciplinarité face à l'incertitude de l'économie.

- **Jean Aubouin** fait remarquer, au sujet du dernier livre de notre confrère Jean-François Mattéi : « Le regard vide » qui analyse le déclin de la culture européenne, que lors d'un voyage, il a pu observer que les cartes chinoises sont des projections coniques centrées sur le méridien central de l'Asie. Dans ces conditions, l'Europe n'est plus qu'un petit cap, tout comme l'Indonésie, où existent, pour eux, des civilisations marginales. N'en fut-il pas de même pour la civilisation grecque face à la Perse qui était alors immense ? Peut-on dire que ce sont les civilisations périphériques qui sont les plus innovantes ?

- **Jean-François Mattéi** : « Ce que vous dites est juste. Tous les anthropologues disent que toutes les civilisations ont été autocentrées, c'est-à-dire qu'elles mesurent l'histoire par rapport à leur schéma religieux, culturel. Ils construisent la carte de l'époque toujours à partir de la position centrale. Pythéas à Massilia et d'autres ont toujours construit leurs cartes à partir du bassin méditerranéen. Ils ne les ont pas centrées sur la Grèce, mais sur *Mare nostrum*.»

Pour les Grecs et même pour les Barbares, le centre du monde était à Delphes. Dans la mythologie, Zeus avait lancé deux aigles pour faire le tour du monde en sens opposés : ils savaient depuis longtemps que la terre était ronde. Les aigles se retrouvèrent à la verticale de Delphes, au centre du monde : l'*omphalos* (le nombril).

C'est après la prise de Constantinople que le Pape Pie II a situé le centre du monde en Europe laquelle est devenue de ce fait la *Repubblica christiania*. L'expression laïque d'Europe vient d'un Pape !

L'un des témoignages actuels du dépérissement de l'Europe, c'est que les autorités culturelles de l'Europe et ses hommes politiques refusent non seulement d'admettre la source chrétienne, mais même la source grecque de l'Europe !

Et pourtant M. Giscard d'Estaing avait mis dans le préambule de la défunte constitution de l'Europe un extrait du discours de Thucydide dans « La guerre du Péloponnèse » : « Nous,

Athéniens, avons inventé la démocratie parce que nous ne sommes les esclaves de personne et que chacun est égal aux autres ».

Ce préambule a été refusé parce que la Grèce ancienne fut esclavagiste ...

**Prochaine réunion**  
**le jeudi 15 novembre 2007 à 17 heures**  
**au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France**  
**06000 NICE**

## Documents

Pour parfaire la compréhension de sa Conférence du 13 novembre dernier, Hugues CHATE nous en a communiqué le texte :

P .17 : *«Universalité et Emergence en Physique statistique »* par Hugues Chaté

Nous vous soumettons également le texte de notre Collègue, Emmanuel NUNEZ qui défend quelque peu la position des biologistes ainsi que sur le même sujet le texte de notre Collègue Gilbert BELAUBRE.

P .29 : *«Texte de nos Collègues en réponse aux prises de position du Conférencier sur la Biologie »*

Par ailleurs, pour préparer la conférence de Stéphane TIRARD , nous vous proposons :

P. 31: « sur « L'Emergence de la vie sur Terre : entre Déterminisme et Contingence » par Stéphane TIRARD

# Universalité et émergence en physique statistique

Hugues Chaté  
Service de Physique de l'Etat Condensé  
CEA -Saclay

## Emergence: quelques remarques liminaires

- éviter de gloser sur le «pourquoi», se concentrer d'abord sur la difficulté réelle, le «comment»
- l'émergence pose surtout problème en biologie (sélection naturelle, vitalisme déguisé, voire créationnisme)
- projet: démonter le spectaculaire, montrer qu'il n'y a rien d'inexplicable, que même le tout le plus surprenant peut se comprendre à partir de ses parties
- ce programme est difficile. Il est tentant, sans une culture et une intuition de physique statistique moderne, de se laisser aller à l'émerveillement

## Physique statistique: les bon outils pour comprendre l'émergence et son universalité

### physique statistique:

- émergence
- universalité
- modèles minimaux

### deux illustrations:

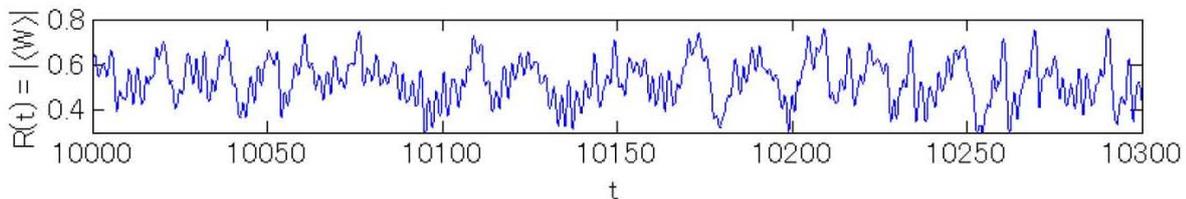
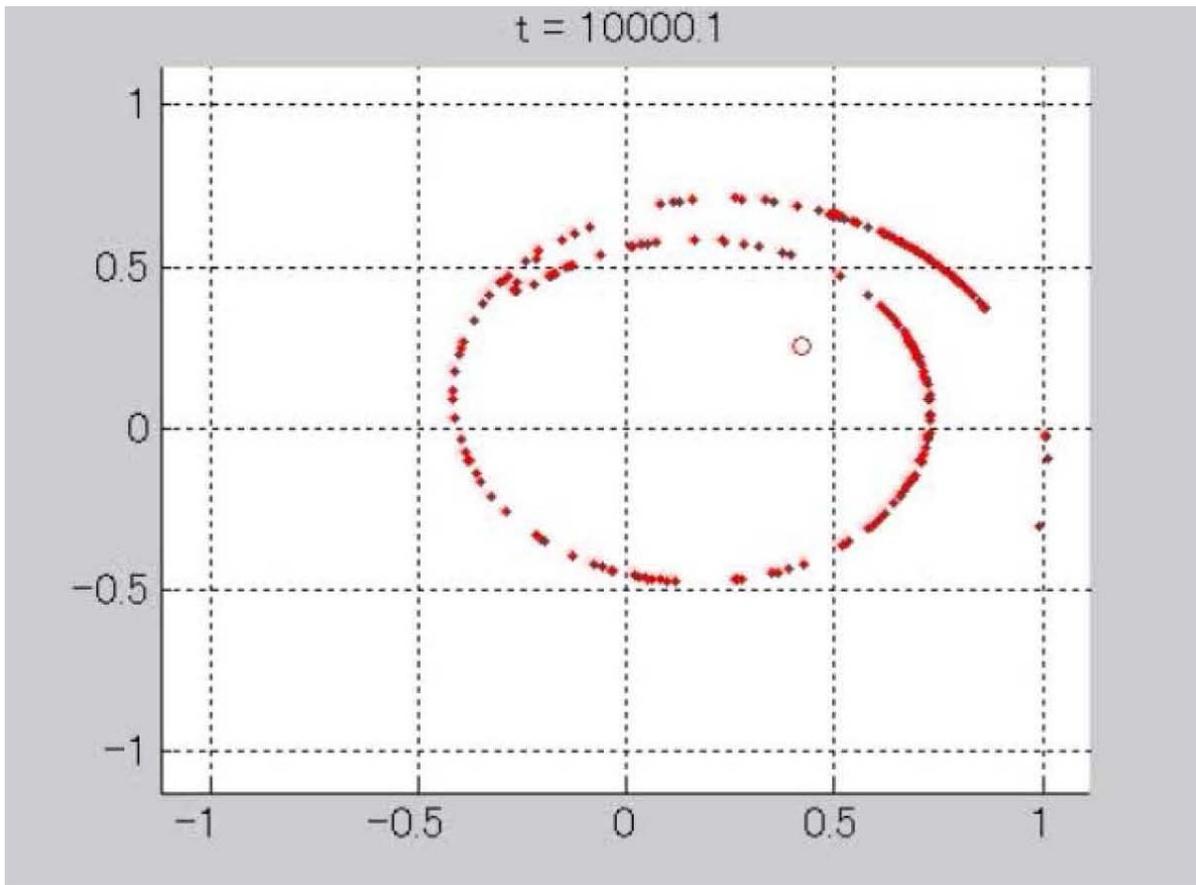
- émergence et automates cellulaires
- modèles minimaux du mouvement collectif

## Émergence

- le programme traditionnel de la physique statistique: passage entre 2 niveaux (micro.macro)
- mais aujourd'hui, pas seulement de la matière à l'équilibre: les molécules sont devenues des «agents»(grains de sable, moteurs moléculaires, cellules, animaux, humains, robots... écono-physique, socio-physique... et bien sûr biologie)
- dans ce cadre moderne, les objets élémentaires et/ou les interactions sont hors-équilibre et non-linéaires: c'est pour ça que le tout n'est pas juste la somme de ses parties
- le «comment» de l'émergence, c'est donc le passage micro.macro en présence de non-linéarité et de fluctuations
- exemple: des oscillateurs non-linéaires simples couplés globalement

$$\dot{W}_j = W_j - (1 + ic_2)|W_j|^2 W_j + K(1 + ic_1)(\langle W \rangle - W_j)$$

## Emergence de chaos collectif



- dynamique individuelle non-chaotique (cycle limite)
- avec couplage: chaos local et global

## Universalité

émergence, mais aussi universalité: bâtir des représentations effectives au niveau macro, au-delà des détails micro

la diversité du réel micro se traduit souvent par une simple variation de paramètres au niveau macro  
..exemple: les équations de Navier-Stokes

en ce sens, ce qui émerge, c'est l'universel, et c'est ça qui intéresse le physicien (statisticien)

savoir passer du micro au macro, en présence de fluctuations, mais surtout comprendre les ingrédients pertinents qui déterminent la classe d'universalité (symétries, lois de conservation...)

exemple: les lois d'échelle, omniprésentes (criticalité, auto-organisée ou pas, croissance, etc)  
lois de puissance.pas d'échelle universalité

## Modèles minimaux

- pour comprendre l'universel qui émerge, pas de souci de fidélité à telle ou telle situation réelle, mais intérêt pour la minimalité:
- plus le microscopique est simple, mieux on est à même de comprendre l'universel qui en émerge
- > construction de modèles minimaux, qu'on ne peut priver d'aucun de leurs ingrédients sans changer qualitativement le macro qui en émerge

## Pas besoin d'être très complexe pour émergence spectaculaire

- briser le cadre psychologique de l'émergence (surprise ou impuissance): montrer que les comportements collectifs non-triviaux émergeants sont génériques et compréhensibles
- d'où le parti pris: systèmes pas très complexes!
  - microscopique ultra-simple, strictement homogène, une seule échelle de temps
  - interactions strictement locales, sans rétroaction globale ("immergence")
  - bruit / fluctuations / chaos local fort

## Deux illustrations

- retour sur les automates cellulaires: l'émergence surprenante d'oscillations macroscopiques synchronisées
- les modèles minimaux du mouvement collectif

## Automates cellulaires et complexité

- automates cellulaires: systèmes dynamiques où tout est discret: espace, temps, variables
- tarte à la crème sur complexité et émergence, mais une émergence restrictive, négative, celle des systèmes dont on ne peut rien (pré)dire du niveau macro
- exemple adopté le plus souvent: classification heuristique de Wolfram

## La fameuse classe 4

□ classes 1 et 2: stationnaires ou périodiques

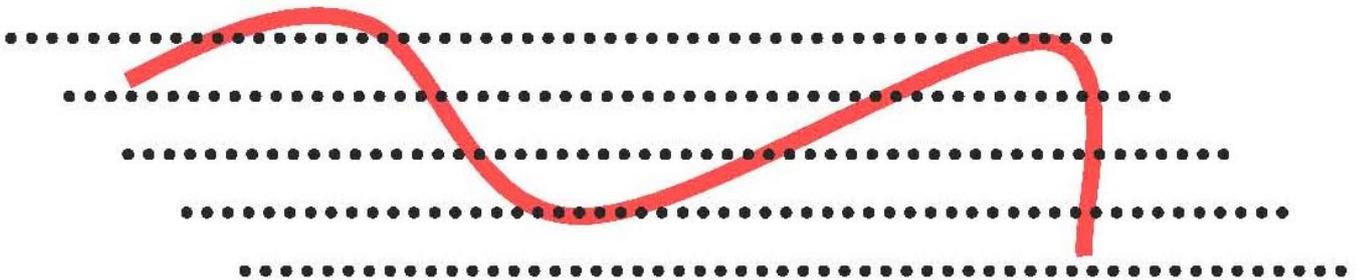
□ classe 3: chaotique, statistiquement stationnaire

□ classe 4: ce qui reste... « au bord du chaos »



## Quelques remarques sur la classe 4

□ si la classe 4 est critique, elle réside sur une (hyper)surface de codimension 1 dans l'espace discret des règles: elle ne contient rien!!



□ tout au plus, si une règle est proche de la surface critique, elle est difficile à décrire au niveau macro car corrélations sur échelles grandes, mais finies

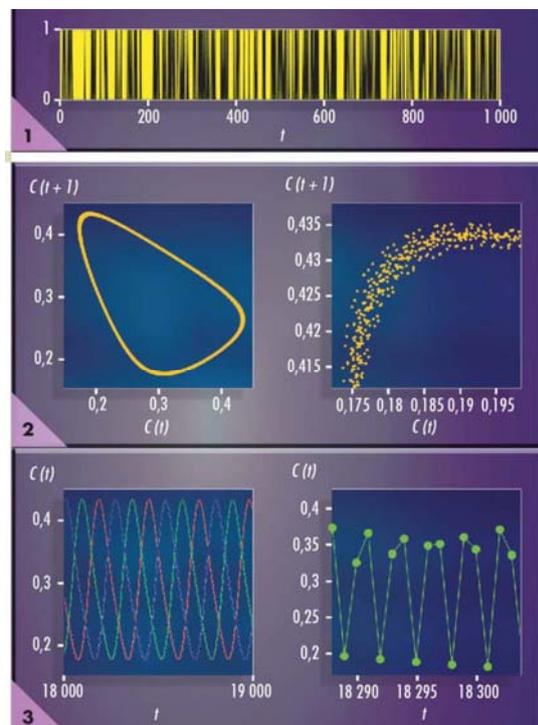
□ définition positive: calculateur universel

L'émergence, c'est aussi un certain degré de surprise... exemple:

- automate à 2 états, **0** ou **1**, sur réseau 3D cubique, règle appliquée en parallèle à tous les sites:
- si, au temps  $t$ , somme sur 6 plus proches voisins et moi-même vaut **0** ou **5**, alors je prends la valeur **1** au temps  $t+1$
- $\sigma_i(t+1) = 1$  iff  $\sum_{j-i} \sigma_j(t) = 0$  ou  $5$

## Résultats

- Règle chaotique localement, mais oscillations continues globalement
- Une dynamique oscillante continue émerge d'un discret chaotique
- Relié à synchronisation, croissance d'interfaces, loi d'échelles universelles



## Extension de la classe 3

- systèmes dynamiques avec de tels comportements collectifs non-triviaux sont génériques >extension de la classe 3
- pour le physicien, surprise et difficulté en l'absence de symétries et lois de conservation
- émergence parfois difficile et surprenante, mais impossible à décrire?

## Mouvement collectif

- des plus grands mammifères jusqu'aux bactéries, et même dans la cellule, des mouvements collectifs en présence de bruit, fluctuations ou turbulence : ubiquité et robustesse
  
- de grands groupes sans leader, sans champ extérieur, sans interactions globales : émergence
  
- propriétés universelles sous-jacentes?



étourneaux dans le crépuscule romain:  
le projet STARFLAG



## Le point de vue du physicien

Non pas:

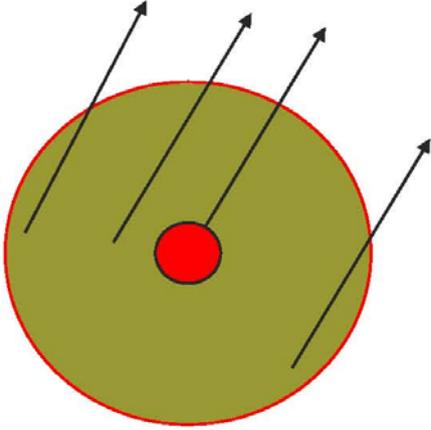
- coût/bénéfice pour l'individu
- coût/bénéfice pour l'espèce
- taille optimale, stratégie optimale

Mais plutôt:

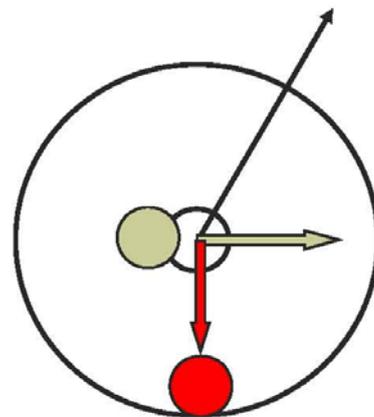
- échelles de temps et d'espace
- universalité, asymptotique
- ingrédients minimaux
- modélisation, pas simulation

## Stratégie de modélisation: minimalité et conditions les plus défavorables

- bruit / fluctuations / chaos fort
- interactions strictement locales
- pas de leader, pas de bords, pas de champ extérieur



Alignement



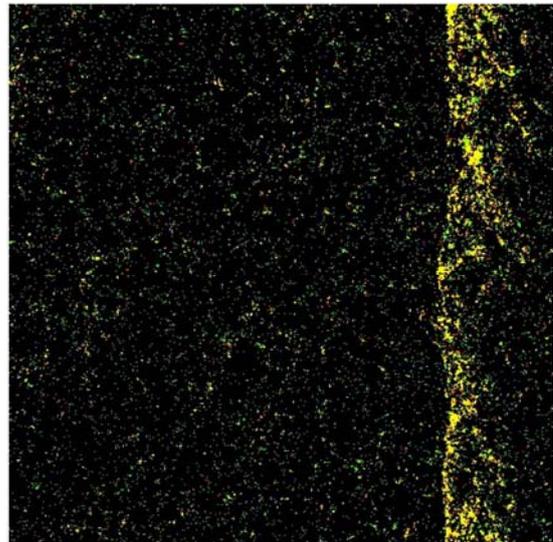
attraction-répulsion

## Modèles à la Vicsek

- particules ponctuelles se déplaçant à vitesse de module constant(jamais fatiguées!)
- dans voisinage de rayon fixe :
  - alignement avec vitesse moyenne des voisins
  - éventuellement attraction
- bruit en plus d'intensité variable  $\eta$ 
  - $\eta=0$  : alignement parfait
  - $\eta$  grand : marcheurs aléatoires
  - mise en mouvement à  $\eta$  fini

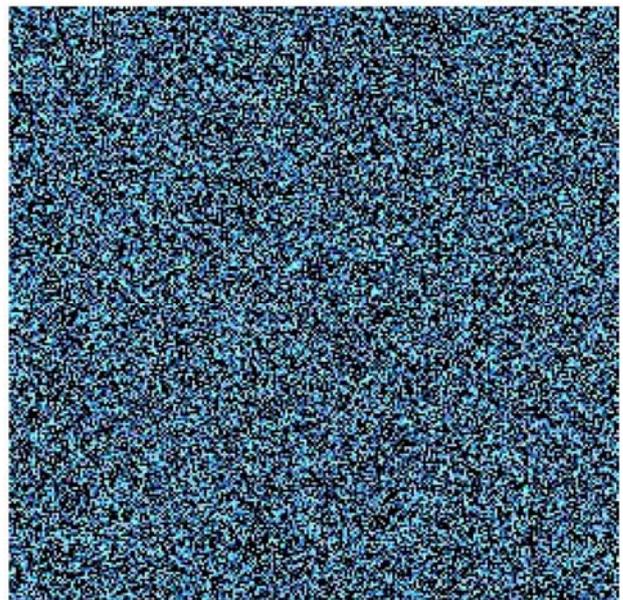
## Quelques résultats de portée (probablement) universelle

- mise en mouvement collectif: transition de phase discontinue
- sans cohésion: mouvement collectif en bandes



toujours sans cohésion:

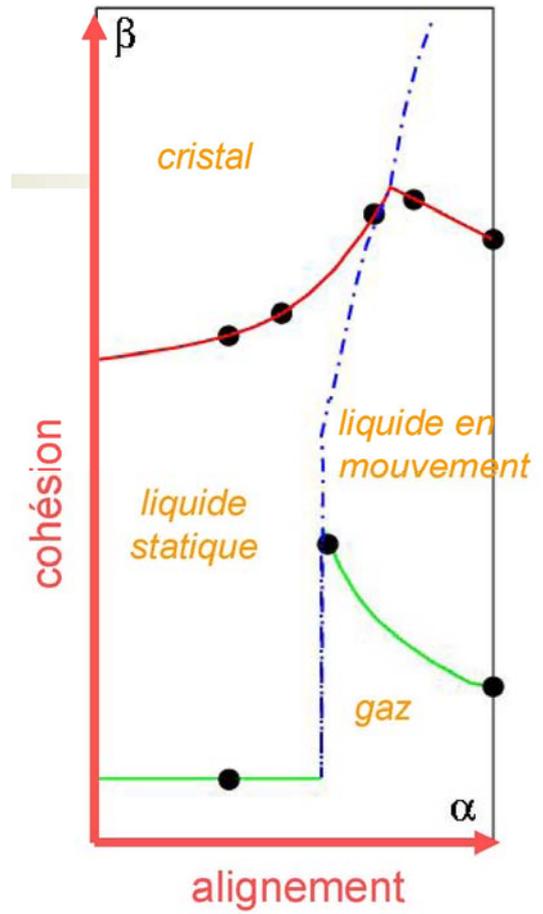
marche vers l'ordre: croissance de structures avec longueur de corrélation proportionnelle au temps



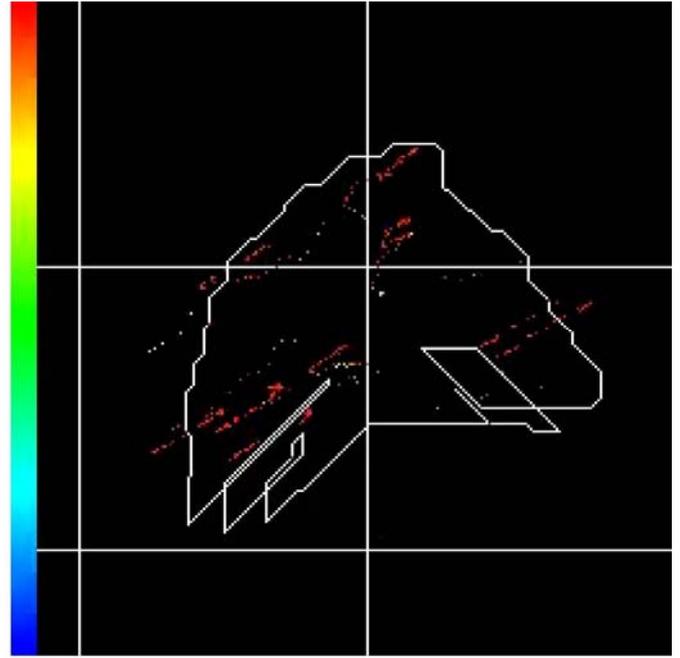
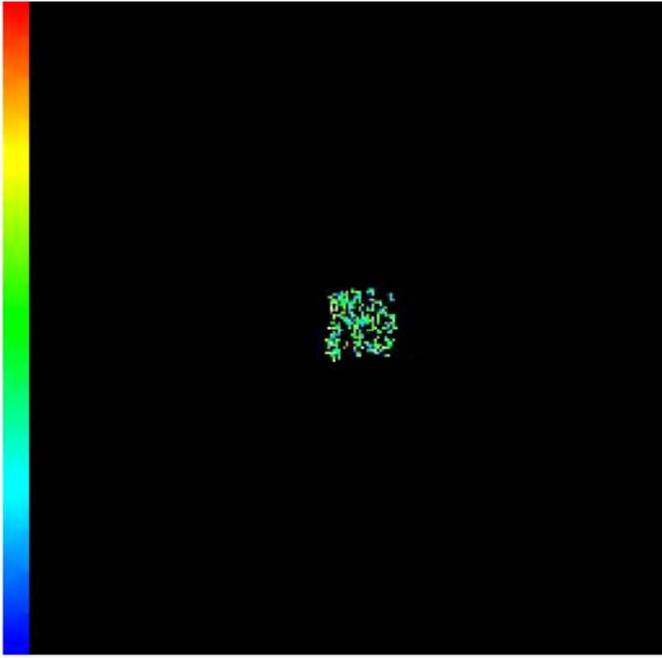
quelques résultats...avec cohésion

□cohésion de groupes arbitrairement grands

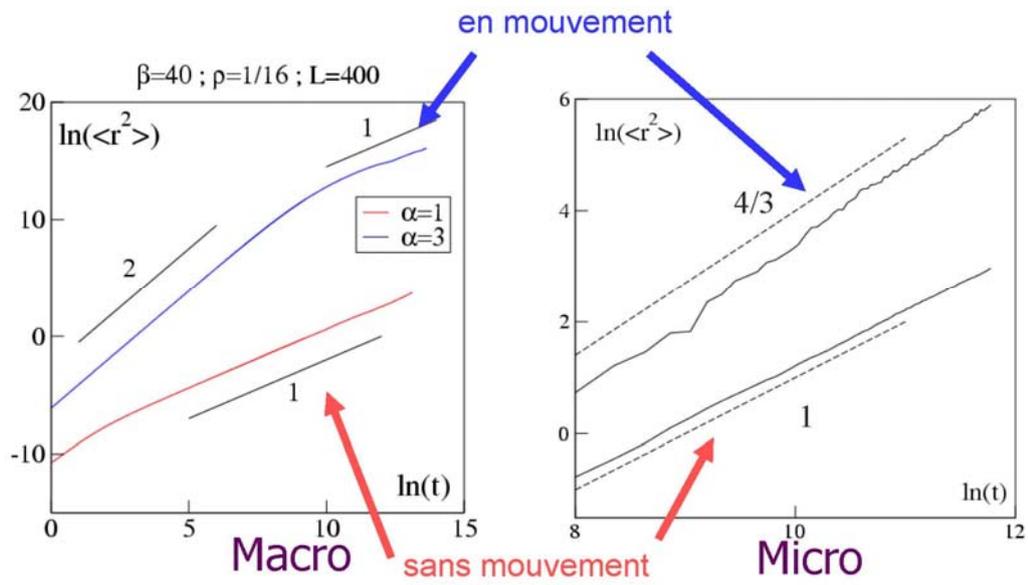
□liquide en mouvement: ordre orientationnel sans ordre positionnel



gouttelettes en mouvement: morphogénèse et superdiffusion



## propriétés de diffusion



retour à la réalité...



## mots de la fin

- émergence de comportements non-triviaux, surprenants, même dans des systèmes d'éléments identiques en interaction locale avec bruit
- mettre à jour les propriétés universelles dans les modèles minimaux, afin de mieux les comprendre,  
et de les tester ensuite dans situations plus compliquées, réelles
- ce qui émerge et qui est robuste (i.e. en présence de fluctuations) est universel, même hors-équilibre

## **Réaction au séminaire de Hugues CHATE**

Par notre Collègue Emmanuel NUNEZ

La communication de Hugues Chate "Le chaos collectif" a induit en moi deux réactions:

- l'une positive concerne l'explication physico-mathématique de la forme prise par un vol d'oiseaux, considérant ce vol comme le résultat d'un processus oscillatoire non linéaire aboutissant à une figure de vol bien définie et caractéristique d'un processus oscillatoire non linéaire mais aussi la mise en évidence sur les photos d'un vol de prédateurs.
- l'autre négative, lorsque l'auteur exclut les analyses biologiques expliquant le comportement de ce collectif d'oiseaux et la forme de leur vol.

Cause ou effet de la forme prise par cet envol, on ne peut pas ne pas évoquer les conséquences de celle-ci. Cette forme va permettre à ces oiseaux de créer une structure de défense vis à vis des prédateurs présents que l'on retrouve dans la formation en "tortue" de légionnaires romains ou dans l'architecture militaire des citadelles défensives voire dans celle des macrophages du système immunitaire.

Cette forme peut aussi permettre aux oiseaux d'économiser de l'énergie et de ne pas s'égarer. On ne peut pas exclure aussi, la possibilité que cette formation favorise une prise de conscience collective permettant un consensus, cognitif ou instinctif, quant à la direction à prendre pour trouver de la nourriture, se reproduire ou fuir le froid.

En fait, il me semble que l'association des analyses physiques des caractéristiques du vol et les interprétations biologiques ne s'excluent pas.

Elles sont les bienvenues dans le cadre de cette Académie interdisciplinaire.

## **Commentaire sur la Controverse ci-dessus**

de notre Collègue Gilbert BELAUBRE

Je donne raison à Emmanuel Nunez lorsqu'il invoque la prise en compte des données biologiques, mais je crains que les données très complexes de la biologie ne nous conduisent à des analyses qualitatives, éventuellement discutables au plan scientifique, ou au mieux à des simulations, qui ne sauraient avoir la valeur d'un modèle théorique.

Je crois que l'on doit appliquer à ces phénomènes la règle scientifique donnée par Hugues CHATE:

Eviter d'utiliser des notions anthropomorphiques comme "coût", "bénéfice", "stratégie".

Préférer étudier les phénomènes selon des critères mesurables: échelles de temps et d'espace, essayer d'analyser les paramètres déterminants pour une modélisation minimale. Rechercher, même si elles sont un passage à la limite toujours discutable, les tendances asymptotiques et les caractères "universels", c'est à dire (à mon avis) les caractères qui permettent d'adopter des modélisations identiques, ou au moins semblables, pour représenter des phénomènes apparaissant dans des domaines variés. Enfin, se méfier des simulations, qui n'ont pas de structure théorique sous-jacente, au profit des modélisations, qui procèdent d'une visée théorique.

La science est théorique, et sa validation se fait lorsqu'elle touche le sol, c'est à dire qu'elle se confronte à ce que nous dit le réel.

CHATE a parlé des vols d'étourneaux. C'est en cours d'étude et il n'a pas encore de modèle définitif.

En revanche, une modélisation parfaite des vols d'oies sauvages a été réalisée par Craig Reynolds grâce à un modèle à trois règles locales, c'est à dire des contraintes comportementales s'exprimant par

- distance minimale des "voisins"
- distance maximale des voisins
- vol dans la même direction (je me demande si on ne pourrait pas déduire la dernière des deux premières.

On n'a pas besoin d'imaginer que chaque oiseau se sente participer à la construction d'une escadrille triangulaire !

Ni qu'il y ait une prise de conscience collective.

# L'émergence de la vie sur la Terre : entre déterminisme et contingence

Par Stéphane TIRARD

Centre François Viète d'histoire des sciences et des techniques (EA 1161 - Université de Nantes) et équipe REHSEIS (UMR 7596 – CNRS – Université Paris 7)

L'expression émergence de la vie sur la Terre est aujourd'hui couramment utilisée pour désigner les origines de la vie sur la Terre, en témoignent, à titre d'exemples, le titre du récent ouvrage de Pier Luigi Luisi, *The Emergence of life From Chemical Origins to Synthetic Biology*<sup>1</sup>, ou celui d'Iris Fry, *The Emergence of Life on Earth*<sup>2</sup>. Cette mobilisation du concept d'émergence par des spécialistes contemporains, scientifiques ou historiens, des origines de la vie, nous incite à nous interroger en tant qu'historien et épistémologue sur cette identification. Un regard rétrospectif nous permettra de comparer la périodisation, depuis un siècle et demi, de l'histoire des théories sur les origines de la vie à celle du concept d'émergence. Ce rapprochement servira ensuite de cadre à une analyse de la tension entre déterminisme et contingence dans les théories sur l'émergence de la vie sur la Terre, cette tension relevant en fait de la nature historique de ce problème.

## De l'abiogenèse évolutive à la chimie prébiotique

Les travaux récents en histoire des sciences sur les théories des origines de la vie montrent que trois périodes principales peuvent être distinguées depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.<sup>3</sup> Il en va de même de l'histoire du concept d'émergence et l'on doit à Anne Fagot-Largeault d'avoir mis en évidence ces différentes étapes<sup>4</sup>. Comme nous allons le constater, il ne s'agit pas de révéler une simple concordance chronologique entre ces deux domaines, mais d'analyser comment la nature même des interrogations sur les origines de la vie apparaît à chaque époque comme un cas exemplaire de réflexion sur l'émergence et semble conditionné par le stade auquel se trouve ce concept. Nous commencerons donc par détailler quelques aspects de l'histoire des théories sur les origines de la vie.

La deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle a été marquée par une reformulation de la question des origines de la vie. Celle-ci a été conditionnée d'une part par l'abandon des générations spontanées, à la suite du débat entre Louis Pasteur et Félix Pouchet durant la première moitié des années 1860, et d'autre part par les conséquences de l'évolutionnisme darwinien, dont l'une d'entre elles était l'existence d'un ancêtre primordial unique. La réflexion sur les origines de la vie était dès lors confrontée au paradoxe suivant : la nécessité d'imaginer la formation de la vie sur la Terre à partir de la matière minérale, alors qu'aucune observation de ce phénomène ne semblait observable dans la nature actuelle.

Deux voies principales de recherches s'imposèrent dès lors. Certains auteurs soutinrent que la vie n'était pas apparue sur la Terre, mais que la planète avait étéensemencée par des germes présents, de toute éternité, dans l'espace. Cette théorie, nommée panspermie, fut notamment soutenue par William Thomson<sup>5</sup> et surtout par Svante Arrhenius au début du XX<sup>e</sup> siècle, qui en

<sup>1</sup> Luisi P. L., *The Emergence of Life from chemical Origins to synthetic Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006.

<sup>2</sup> Fry I., *The emergence of life on earth A historical and scientific overview*, New Brunswick and London, Rutgers University Press, 2000.

<sup>3</sup> Tirard S., « Les origines de la vie, un problème historique », dans Florence Raulin-Cerceau et Stéphane Tirard (Dirs) (2002) Actes du colloque *Exobiologie, aspects historiques et épistémologiques* (15 mai 2001), *Cahiers François Viète*, 2002, 4, pp. 35-48. Autres références sur : <http://tirard.s.free.fr>

<sup>4</sup> Fagot-Largeault A., « L'émergence », in Andler D., Fagot-Largeault A., Saint-Sernin B., Philosophie des sciences, Tome 2, Paris, Gallimard, 2002, pp. 951-1048.

<sup>5</sup> Il le fit par opposition à Darwin. Voir Tirard S., « William Thomson (Kelvin), Histoire physique de la Terre et histoire de la vie », J.-C. Pont, L. Frieland, F. Padovani, L. Slavinskaia (Dir), *Pour comprendre le XIX<sup>e</sup> siècle*, Université de Genève, 20-23 novembre 2002, Olski, Collection Bibliothèque d'histoire des sciences, 2006, pp. 297-306.

approfondit les termes. Finalement les travaux d'un jeune biologiste français, Paul Becquerel, infligèrent un coup d'arrêt à ce courant. Il montra en effet que les spores et les graines ne pouvaient pas résister aux conditions drastiques de l'espace et notamment à l'exposition aux rayons ultraviolets et affirma que la panspermie devait être abandonnée<sup>6</sup>. De fait, les partisans de cette hypothèse se firent beaucoup moins nombreux, voire très rares, au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

L'autre approche des origines de la vie intéressera plus le thème de la présente analyse, il s'agit du courant de l'abiogenèse évolutive. Il est constitué par des auteurs admettant la possibilité d'une évolution progressive de la matière de l'inerte jusqu'au vivant.

Si Darwin ne proposa dans son origine des espèces que des éléments très ténus concernant l'ancêtre primordial, il fournit en 1871, bien que de manière encore très succincte, l'ébauche d'un scénario dans une lettre à son ami le botaniste Joseph Dalton Hooker :

« On dit souvent que les conditions nécessaires à l'apparition des premiers organismes vivants sont réunies à présent et qu'elles l'ont toujours été. Mais si (et quel grand si) on peut imaginer que dans quelques mares chaudes contenant toutes sortes de sels ammoniacaux et phosphoriques, en présence de chaleur de lumière et d'électricité etc il ait pu se former chimiquement un composé protéique capable de subir des modifications complexes, un tel composé serait de nos jours dévoré ou absorbé, ce qui n'a pu être le cas avant la formation des êtres vivants. »<sup>7</sup>

Cette proposition, non diffusée à l'époque, reste néanmoins emblématique du courant qui allait se développer. Il conviendrait de la comparer avec celles d'Herbert Spencer<sup>8</sup>, de Thomas Huxley<sup>9</sup>, de Ernst Haeckel<sup>10</sup>, pour ne citer que les principales. Toutes ont en commun d'admettre cette possibilité d'une évolution de la matière. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les approches précédentes qui revêtaient une dimension très théorique furent complétées par quelques travaux expérimentaux de chimie organique ou par des textes synthétiques dans lesquels des données étaient rassemblées pour tenter de structurer un scénario possible.

La deuxième période dans l'histoire des travaux sur les origines de la vie correspond aux décennies 1920 à 1940. Les textes du soviétique Alexandre Ivanovitch Oparin, en 1924<sup>11</sup>, et celui de John Burdon Sanderson Haldane, en 1929<sup>12</sup>, ont souvent été signalés comme particulièrement remarquables en ce qu'ils renouvelaient la réflexion sur les origines de la vie. Ces deux travaux, absolument indépendants, comptent effectivement parmi les travaux les plus complets et les plus interdisciplinaires du moment. Tous les deux conçoivent des scénarios très proches décrivant l'évolution de la matière sur la Terre primitive et dans les deux cas, une attention particulière est accordée aux conditions primitives. C'est d'ailleurs à Haldane que l'on doit l'expression soupe prébiotique pour désigner la mer primitive, milieu liquide, alors abiotique, dans lequel se seraient déroulées des synthèses organiques et la complexification des molécules ayant ensuite conduit au vivant.

Oparin poursuivra ce travail de synthèse durant toute sa carrière et, notamment, marquera les années 1930 par un ouvrage très détaillé présentant, en fonction des conditions de la terre primitive

<sup>6</sup> Becquerel P., « L'action abiotique de l'ultraviolet et l'hypothèse de l'origine cosmique de la vie », *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, 158, juillet-décembre, 1910, pp. 86-88.

<sup>7</sup> Lettre de Charles Darwin à Hooker, 1 février 1871, in Calvin M., *Chemical evolution Molecular evolution towards the origin of living systems on the earth and elsewhere*, Oxford, Clarendon Press, 1969.

<sup>8</sup> Spencer H., *Principes de biologie*, Paris, Félix Alcan, quatrième édition, 1893.

<sup>9</sup> Thomas H., « Les bases physiques de la vie », conférence donnée à Edimbourg le 8 novembre 1868, dans *Les problèmes biologiques*, Paris, Librairie J.-B. Baillière et fils, 1892, pp. 71-106.

<sup>10</sup> Haeckel E., *Le monisme lien entre la religion et la science, Profession de foi d'un naturaliste*, Paris, Schleicher frères, 1897, p. 11.

<sup>11</sup> Oparin A. I., « The origin of Life » (1924), Trad Ann Synge, in Bernal J. D., *Origin of Life*, London, Weidenfeld et Nocolson, 1967, pp. 199-234.

<sup>12</sup> Haldane J.B.S., "The Origin of Life", *Rationalist Annual*, 1929. In : *On Being the Right Size and other essays*, Oxford University Press, 1991.

qu'il pense avoir établies, comment la matière organique a pu se former et se complexifier jusqu'à donner des cellules.<sup>13</sup>

Pour lui, c'est dans une atmosphère réductrice, privée de dioxyde de carbone, que les premières synthèses ont eu lieu. Il s'appuie ensuite sur la notion de coacervats, des entités globuleuses dont on a montré à l'époque qu'elles pouvaient se former spontanément dans certaines solutions, pour proposer un modèle de la structuration des cellules primitives. Enfin, notons que sur le plan métabolique, le modèle d'Oparin est fondé sur l'hétérotrophie. Toute sa carrière durant, il approfondira ses recherches sur ces mécanismes, négligeant après la seconde guerre mondiale, l'yssekisme oblige, la possibilité d'introduire l'ADN dans son système.

Signalons que dans les années 1930 et 1940, le français Alexandre Dauvillier, explora une voie théorique distincte de celle d'Oparin, puisqu'il proposa une théorie photochimique des origines de la vie.

Enfin, nous devons signaler la réflexion de John Desmond Bernal, d'abord exposée lors d'une conférence en 1947, il la poursuivit en 1951 dans un ouvrage portant le titre de la conférence, *Physical Basis of Life*<sup>14</sup>. Bernal reprit les travaux de ses prédécesseurs et les synthétisa dans un modèle personnel. Parmi les aspects les plus originaux de son scénario, le rôle qu'il attribue aux argiles est tout à fait remarquable. Il suggère en effet que la dispersion des molécules devant réagir entre elles est un obstacle à la complexification de la matière organique et propose que les réactions ont dû se dérouler sur le fond argileux de certaines étendues liquides. Les argiles intervenant alors, à la fois, comme support physique et comme catalyseur.

Ces trois décennies pourraient donc être qualifiées de période des grandes hypothèses, il est en effet notable, qu'outre les travaux d'Oparin sur les coacervats, aucune approche expérimentale du problème des origines ne se développe vraiment. Le temps des expérimentations, c'est à dire de la chimie prébiotique, s'ouvrant en fait au début des années 1950.

Melvin Calvin inaugura cette période en 1952 en exposant une solution de dioxyde de carbone à un rayonnement  $\gamma$ <sup>15</sup>. Il obtint du formaldéhyde et signala ce résultat comme important pour la compréhension des origines de la vie sur la Terre dans la mesure où les conditions expérimentales étaient en accord avec ce qu'il pensait être les conditions de la Terre primitive. Quelques mois plus tard Harold Urey contesta le bien fondé du travail de Calvin, en raison de la présence de dioxyde de carbone dans le milieu initial. Urey était, comme Oparin avant lui, partisan d'une atmosphère primitive réductrice sans dioxyde de carbone. Il préconisa donc des expérimentations avec du méthane comme source de carbone<sup>16</sup>. Dès 1953, ce fut chose faite avec les travaux de Stanley Miller<sup>17</sup> qui aboutirent à la formation de plusieurs acides aminés à partir d'un mélange d'hydrogène, d'ammoniac, de méthane et de vapeur d'eau, exposé à des décharges électriques pendant une semaine.

Ces expérimentations, tant celle de Calvin que celle de Miller, inaugurent la chimie prébiotique, car elles imposent de respecter dans leur protocole les conditions supposées de la Terre primitive. À partir de ce moment, de très nombreuses expérimentations seront réalisées dans le respect de cette consigne. Dès les années 1950 et 1960, les spécialistes de chimie prébiotique, tenteront des synthèses de molécules organiques diverses, caractéristiques à la fois des différents niveaux de la complexité du vivant et également de ce qu'ils considéraient comme étant les trois principales étapes du processus d'apparition de la vie sur la Terre.

<sup>13</sup> Oparin A.I., *The Origin of Life*, pp 26-27, New York, The Macmillan Company, 1938.

<sup>14</sup> Bernal J. D., *The Physical Basis of Life*, London, Routledge and Kegan Paul, 1951.

<sup>15</sup> Garisson W.M., Morrison D.C., Hamilton J.C., Benson A.A., Calvin M., "Reduction of Carbone Dioxide in Aquous Solutions by ionizing Radiation", *Science*, pp 416-418, vol 114, 1951.

<sup>16</sup> Urey H., "On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life, *Proc. Natl. Acad. Sc. U. S.*, 38, pp 351- 363, 1952.

<sup>17</sup> Miller S., "A production of Amino Acids under Possible Primitive Earth conditions", *Science*, vol 117, pp. 528-529, 1953.

La première phase d'expérimentation concerne les acides aminés et les sucres. Quelques années plus tard, les bases azotées caractéristiques de l'ADN font l'objet de tentatives, puis c'est le cas, au début des années 1960, de l'uracile, base de l'ARN. Dès les débuts, il semble donc que ce sont les préoccupations de la biologie moléculaire naissante qui dictent les objectifs à atteindre par la chimie prébiotique.

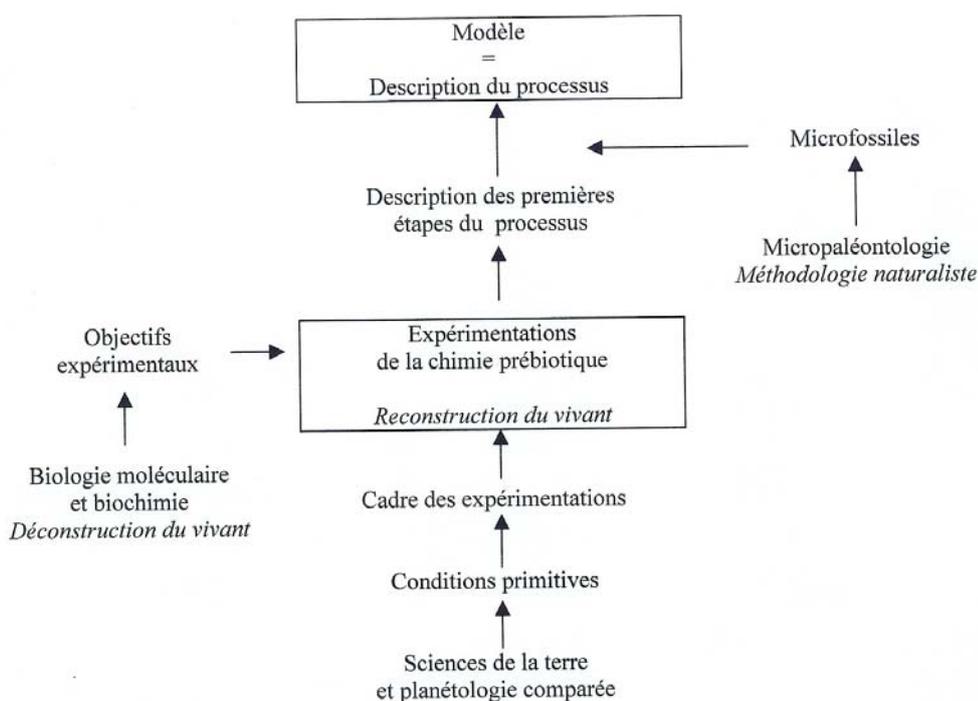
Parallèlement à ces synthèses de « petites molécules », Fox et Harada réussirent une thermopolymérisation d'acides aminés dans des conditions prébiotiques et obtiennent ce qu'ils nomment des protéinoïdes<sup>18</sup>. Enfin, en 1965, le même Fox produisit des microsphères à partir de ces protéinoïdes.

Ces derniers travaux caractérisent en fait les trois étapes du modèle que les spécialistes des origines de la vie tentent alors de construire : la synthèse des petites molécules, notamment les différents monomères, la synthèse des grandes molécules, protéines et acides nucléiques, et enfin la formation des cellules.

La réflexion et les travaux sont alors conditionnés par plusieurs éléments relevant d'une approche interdisciplinaire. Les premières données cruciales sont celles permettant de définir les conditions primitives qui elles-mêmes dictent les conditions expérimentales de départ. La biologie moléculaire et la biochimie qui permettent d'améliorer la description des mécanismes cellulaires semblent, nous l'avons indiqué, dicter les objectifs de la chimie prébiotique. Enfin, la micropaléontologie informe sur la durée maximale ayant pu être celle du processus jusqu'à l'apparition des premières cellules avérées.

Figure 1 : Construction du modèle de la soupe prébiotique.

In Tirard S., « Les origines de la vie : un problème des disciplines », *Aster*, 30, I.N.R.P., Paris, 2000, pp.105-122.



<sup>18</sup> Fox S.W., Harada K., "Thermal Copolymerisation of Amino Acids to a product resembling protein", *Science*, 128, 1214, 1958.

## **Les origines de la vie sur la Terre : un problème d'émergence entre chimie et histoire**

Si nous nous tournons maintenant vers l'histoire du concept d'émergence, nous pouvons à la suite d'Anne Fagot-Largeault, distinguer trois périodes successives, dont les définitions respectives semblent pouvoir inclure le cas des origines de la vie.

Selon cette philosophe, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, l'émergence apparaît comme une énigme, elle révèle les failles du mécanisme et souligne la difficulté que peuvent représenter les « points de contingence ». C'est précisément dans ce contexte que le problème des origines de la vie se voit reformulé, après l'abandon de la génération spontanée, et que s'ouvre la réflexion sur l'abiogenèse évolutive.

Le second temps correspond à la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. L'émergence n'est plus alors « une énigme, mais apparaît comme un fait de structuration ». Remarquons que c'est précisément durant cette période que certains auteurs, tels que Oparine, Haldane, Dauvillier ou Bernal, élaborent des hypothèses précises et argumentées. L'émergence de la vie ne leur apparaît pas comme une boîte noire, mais bien comme un processus intelligible.

Enfin, à partir des années 1950, on entre dans l'ère de ce que Fagot-Largeault appelle les « processus analysables ». Cette période correspond effectivement à l'avènement et au développement de la chimie prébiotique, le problème global des origines de la vie a pu être découpé en une multiplicité de problèmes localisés. En l'occurrence, c'est la biologie moléculaire, qui en déconstruisant le vivant fournit des objectifs, qui sont des sortes jalons, que les synthèses prébiotiques tentent d'atteindre.

Cette correspondance chronologique incite donc à considérer le problème des origines de la vie sur la Terre comme un problème d'émergence. Il convient pourtant maintenant de révéler ce qui en constitue les spécificités.

Nous avons donc constaté que l'approche du problème des origines de la vie s'est bien transformée progressivement et que l'exploration de ce « point de contingence » a abouti durant le troisième quart du XX<sup>e</sup> siècle à la formulation de la théorie de la soupe prébiotique, qui consiste en fait en la proposition d'un processus de complexification de la matière. Comme nous l'avons noté, ce processus est conçu dans un cadre imposé : en ce qui concerne les conditions initiales, par des contraintes historiques révélées par la géochimie et la planétologie, et, en ce qui concerne les buts à atteindre, par les données de la biochimie et de la biologie moléculaire. Ainsi encadré, le processus proposé est conçu sur la base de réactions chimiques parfaitement identifiées et réalisées en laboratoire. Si la naissance de la chimie prébiotique, dans les années 1950 et 1960, semble donc, dans un premier temps, résoudre ce problème d'émergence, il convient pourtant d'analyser le statut épistémologique de la proposition que constitue un tel processus.

En effet, le problème des origines de la vie sur la Terre reste un problème de nature historique, qui comme l'a dit Georges Canguilhem a été « résolu, sans avoir été posé, à l'échelle cosmique, il y a quelques milliards d'années »<sup>19</sup>. Il s'agit dès lors pour la science de se faire historienne et cette

<sup>19</sup> Canguilhem G., *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, Paris, Vrin, 1988, p. 116.

recherche prend une signification différente de celle qu'aurait la résolution du seul problème d'apparition d'un ou plusieurs niveaux d'ordre de complexité supérieurs. L'approche scientifique, forte des méthodes que nous avons évoquées, et qui sont bien les seules disponibles, se heurte ici à la double impossibilité d'observer directement, dans la nature actuelle, le processus à étudier ou d'en trouver des traces fossiles informatives.

Il y a bien eu émergence de la vie, mais la résolution de ce problème d'émergence est donc largement compliqué par le fait que le processus en question est complètement révolu et non répétable. Les expérimentations prébiotiques ne font en fait que tester la possibilité d'existence, dans les conditions prébiotiques, de certaines étapes, très circonscrites, du processus. Bien que très éclairantes sur les possibles voies d'émergence du vivant sur la Terre, les expériences de chimie prébiotique ne peuvent pas réduire que partiellement le champ des possibles, en éliminant ce qui n'est pas chimiquement réalisable. Ce champ des possibles restant alors ouvert à la contingence, cette fois au sens historique du terme, c'est à dire aux différentes voies que le processus aurait pu effectivement emprunter. Pour résumer nous pouvons dire que ce que la science recherche n'est pas simplement *une* voie conduisant à la vie, mais *la* voie ayant conduit à la vie sur la Terre.

Il est donc sans doute utile d'avoir noté l'existence de cette tension entre déterminisme chimique et contingence historique pour bien saisir à quelles difficultés la science s'est vue confrontée depuis un siècle et demi dans ses investigations sur l'émergence de la vie sur la Terre. Cette tension éclaire également les recherches de la fin du XX<sup>e</sup> siècle.

Au début des années 1970, la nature réductrice de l'atmosphère primitive a été remise en question et l'idée que du dioxyde de carbone y était présent s'est imposée. Ainsi, de nouvelles conditions initiales du processus d'émergence se voyaient définies et il était nécessaire de reprendre l'étude systématique des réactions prébiotiques possibles. S'ouvrit alors une période de recomposition de la théorie de la soupe prébiotique.

L'approche du problème de l'émergence se voyait donc marqué par une des conséquences de sa propre historicité, la définition de nouvelles conditions initiales imposant une reconfiguration du champ des possibles. En l'absence totale de traces de cette évolution chimique, la chimie prébiotique, la biochimie et les développements théoriques restaient les seuls recours.

L'existence d'un monde ARN<sup>20</sup>, antérieur au monde ADN, devint une hypothèse considérée comme très probable par une grande partie de la communauté des spécialistes. Elle n'élimine évidemment pas la question des nécessaires processus antérieurs. Quant à cet aspect, la théorie de la relève génétique de A. G. Cairns-Smith prôna, dès les années 1970, l'existence de systèmes génétiques primitifs disparus et ayant servi de relais. Cette théorie constitua une spéculation intéressante sur le plan logique, il restait alors à imaginer ces systèmes, qui, pour les plus primordiaux, pourraient être minéraux. Cairns-Smith pour sa part utilisa les micas.

Ainsi, au-delà des premières cellules dont nous avons la trace fossile, l'étude de l'émergence de la vie reste un problème historique. En l'absence de toute trace l'approche scientifique doit s'appuyer sur les limites du déterminisme chimique pour tenter de repérer, parmi tous les possibles, les étapes qui ont pu constituer le processus d'émergence de la vie sur la Terre. Les données obtenues peuvent alors être articulées dans des modèles contraints, mais aussi caractérisés, par cette tension incontournable entre le déterminisme chimique et la contingence historique.

<sup>20</sup> Walter Gilbert, « The RNA World », *Nature*, 319, 1986, p. 618.