

BULLETIN N° 148
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mardi 12 octobre 2010:
ASSEMBLEE GENERALE AEIS

Prochaine séance : mardi 9 novembre 2010:
MSH, salle 214-18heures

*Le Pr BOUDON qui présidera le prochain congrès , a dû décliner à regret ,
pour des raisons de santé momentanées, d'assister à cette séance.*

Présentation par Franck VARENNE de l'Université de Rouen de :

« La question des validations de modèles en sciences sociales.

Le cas de l'iconicité croissante des simulations computationnelles. »

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Michel GONDRAN
VICE PRESIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL
MEMBRE DU CA Patrice CROSSA-RAYNAUD

PRESIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LEVY (†)
PRESIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE
SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr François BEGON

SECTION DE NICE :
PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :
PRESIDENT : Pr Pierre NABET

Octobre 2010

N°148

TABLE DES MATIERES

P. 02 Compte-rendu de la séance du mardi 12 octobre 2010
 P. 11 Annonces
 P.15 Documents

Le Pr BOUDON, qui présidera le prochain congrès, a dû décliner à regret, pour des raisons de santé momentanées, d'assister à cette séance.

Prochaine séance: mardi 9 novembre 2010 18h MSH, salle 214-18heures :

Présentation par Franck VARENNE de l'Université de Rouen de :

« La question des validations de modèles en sciences sociales.

Le cas de l'iconicité croissante des simulations computationnelles. »

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

Séance du
Mardi 12 octobre 2010

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, Brigitte DEBUIRE, Françoise DUTHEIL, Claude ELBAZ , Irène HERPE-LITWIN, Victor MASTRANGELO.

Etaient excusés François BEGON, Alain CARDON, Gilles COHEN-TANNOUDJI , Françoise DUTHEIL, Jean -Pierre FRANCOISE , Walter GONZALEZ, Marie-Louise LABAT, Saadi LAHLOU, Gérard LEVY, Jacques LEVY, Pierre MARCHAIS, Pierre PESQUIES, Alain STAHL

L'ordre du jour appelle la tenue de l'assemblée générale annuelle de l'AEIS.

ASSEMBLEE GENERALE 2009-2010

En raison des grèves, de nombreux collègues n'ont pu participer en direct à l'AG et ils nous prient de les excuser. Tout particulièrement , contrairement à l'usage des autres assemblées générales , les sections de Nancy et de Nice n'ont pu missionner de délégués, étant dans l'incertitude de pouvoir se déplacer.

De nombreux pouvoirs nous ont été confiés, et en particulier ceux des Présidents des sections de Nancy et de Nice.

LECTURE DES RAPPORTS MORAUX

A) RAPPORT MORAL DE LA SECTION DE NANCY:

Compte-rendu d'activité de la section NANCY de l'A.E.I.S. Octobre 2010

La section de NANCY a poursuivi sa progression lentement mais sûrement. Nous sommes, à ce jour, vingt-deux (22) adhérents, tous universitaires, de NANCY, METZ, et LUXEMBOURG.

Au cours de l'année 2009-2010, la section s'est réunie quatre fois et les sujets suivants ont été présentés :

- Le 17/12/2009 : les fibres naturelles et artificielles, par le Professeur Arnaud GRUEZ.
- Le 25/02/2010 : Le tissu social sur internet, par la Professeuse Ferri BRIQUET
- Le 29/04/2010 : Crise des médiations , crise de l'humanisme, par le Professeur Franck COSSON.
- Le 17/06/2010 : Neurologie des relations interpersonnelles, par le Professeur Didier DESOR.

Pour l'année 2010-2011, la section a programmé de se réunir cinq fois en abordant les sujets suivants :

- Les 21/10/2010 : Les pensées complexe et la raison, par les Professeurs Pierre NABET et Michel COMERLATTI.
- Le 16/12/2010 : Les tissus Biologiques irradiés, par le Professeur Gilles DOLIVET.
- Le 21/02/2011 : La Bactériologie des boissons et en particulier de la Bière, par le Professeur Pierre GERMAIN.
- Le 21/04/2011 : Les nouveaux traceurs radioactifs en Médecine, par le Professeur Alain BERTRAND.
- Le 16/06/2011 :Titre du sujet à définir..... Intervention du Professeur Gérard VAUTRIN.

Nous sommes largement redevable envers le Docteur André ROSSINOT, Maire de NANCY, ancien Ministre, qui met à notre disposition une salle de réunion dans ce beau bâtiment de la Place STANISLAS, qu'est la Mairie. J'invite les Académiciens de l'A.E.I.S. à venir visiter cette place classée.

Le Président de la section de NANCY
Pierre NABET

B) RAPPORT MORAL DE LA SECTION DE NICE

ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES SECTION NICE COTE D'AZUR RAPPORT D'ACTIVITE 2009-2010

Au cours de cette période, la section Nice Côte d'Azur a tenu onze réunions statutaires au siège, 20 rue de France à Nice.

Notre activité s'est concentrée sur les points suivants :

I-Débats.

A la fin de l'année dernière, les membres de notre section ont souhaité concentrer nos discussions sur un thème : « La diversité » dans tous les domaines.

C'est ainsi que nous avons eu des exposés liminaires suivis de débats sur les sujets suivants :

- 1- la Science falsifiée ? (Patrice Crossa-Raynaud) à la suite des données douteuses sur l'évolution du climat,
- 2- le séisme de Port-au-Prince (René Blanchet),
- 3- le maintien de la biodiversité (Patrice Crossa-Raynaud),
- 4- la diversité psychique chez l'Homme (Guy Darcourt),
- 5- génome et diversité (François Cuzin),
- 6- la diversité en médecine (Jean-Pierre Delmont),
- 7- sur « Apprendre à vivre » de Luc Ferry (Guy Darcourt).

II-Relations avec la Mairie de Nice.

Comme suite à nos débats, il nous est apparu que leur richesse méritait sans doute une meilleure diffusion pour certains d'entre eux. Comme nos moyens financiers, très réduits, ne nous permettent plus d'assumer une publication sur papier, nous avons décidé de nous rapprocher de la Mairie pour :

- 1- obtenir une salle de conférences adaptée. C'est le Musée d'Art Moderne et Musée d'Art Contemporain (MAMAC) qui a été choisi.
- 2- nous aider à la diffusion (sur Internet) de ces conférences en utilisant le site Internet de la Mairie de Nice qu'elle met à notre disposition et qui est parfaitement géré. Madame Rampal, adjointe du Maire pour la Culture Scientifique, a accepté notre proposition avec plaisir.

Sont prévues trois conférences-débats pour la fin de l'année.

C) RAPPORT MORAL DE L'ACADEMIE

RAPPORT MORAL DE L'ACADEMIE 2009-2010

Au siège, à Paris, 8 séances mensuelles depuis la dernière assemblée générale ont été tenues, avec une participation moyenne de onze personnes. La séance du mardi 8 décembre a été consacré à la discussion et au choix du sujet du futur congrès. Les travaux de l'année ont essentiellement porté sur la préparation de notre prochain congrès sur l'axiomatisation et la validation dans les Sciences Humaines et Sociales.

Les conférences suivantes ont été présentées :

- mardi 8 décembre 2009 : Choix de la thématique du prochain congrès et par notre collègue Marie-Louise Labat : « Derniers aspects de la problématique des cellules souches »
- mardi 12 janvier 2010: Choix définitif de la thématique du prochain congrès et quelques réflexions sur le déterminisme par nos collègues Gilbert Belaubre et Michel Gondran.
- mardi 9 février 2010: par Daniel Courgeau, directeur de recherche émérite à l'INED : « Réflexion sur la modélisation en sciences sociales »
- mardi 9 mars 2010 : par Marc Barbut, directeur d'Etudes à l'EHESS : « Axes de recherche de la modélisation et de l'axiomatisation de sciences sociales »
- mardi 13 avril 2010 : par Jean Pierre Dozon, directeur scientifique à la Fondation de la MSH : « Axes de recherche de la modélisation et de l'axiomatisation de sciences sociales »
- mardi 11 mai 2010 : par Robert Franck, Professeur émérite à l'Université Catholique de Louvain: « Axes de recherche de la modélisation et de l'axiomatisation de sciences sociales »
- mardi 8 juin 2010 : Réception de notre collègue Brigitte Debuire, Professeur de Médecine, Université Paris-Sud 11. Discussion sur: « Axes de recherche de la modélisation et de l'axiomatisation de sciences sociales »
- mardi 14 septembre 20: par Valentine Roux, directeur de recherche au CNRS: « Le projet Arkeotek : savoir constitué et cumul des connaissances en sciences humaines»

Le colloque « Perspectives des approches expérimentales et théoriques de l'évolution » a eu lieu les 11 et 12 décembre 2009 dans l'amphi Buffon de l'Université Paris 7 Diderot. Le congrès était gratuit pour les étudiants et pour le personnel de l'Université Paris Diderot. Une participation de 20 euros était demandée aux autres participants. L'Université Paris Diderot nous avait prêté l'amphi Buffon. Les différentes interventions ont été enregistrées en audio et les actes seront édités. Ce fut un succès de l'avis des différents participants et de Denis Noble, notre président du congrès, qui assurait « qu'un tel congrès ne pouvait se tenir qu'à Paris ».

Nouveaux membres :

Nous avons accueilli à Paris dans la séance du Mardi 9 février 2010 trois nouveaux membres : Madame Brigitte DEBUIRE, Professeur et Praticien hospitalier à la faculté de Médecine de Paris-Sud 11, chef de service en Biochimie et Biologie moléculaire et Directrice de l'Institut A. Lwoff de Villejuif ; Monsieur Pierre PESQUIES, Professeur au Val de Grâce, ancien Directeur du Laboratoire Central de Biologie Aérospatiale et de l'Ecole d'Application du service de santé pour l'Armée de l'Air, Commandeur de l'ordre National du Mérite et de la légion d'Honneur ; Monsieur Walter GONZALEZ, Docteur en Pharmacologie, Prix jeune chercheur du Congrès International de Cardiologie 1995, Responsable biologie in vivo et in vitro au département Recherche chez Guerbet GroupSA.

Soumis au vote des Collègues présents et représentés, les trois rapports sont adoptés à l'unanimité.

Selon notre Collègue Gilbert BELAUBRE environ quinze années seraient nécessaires pour lancer un projet scientifique associatif et atteindre un régime de croisière. L'Académie, fondée en 1996 approche donc de sa quinzième année. Elle peut s'enorgueillir de nombreux colloques de qualité apportant innovation et débats épistémologiques dans des domaines divers.

Pour parfaire ces tâches, il faut publier les actes de ces colloques chez des éditeurs connus. C'est ce qui est en cours pour la publication du colloque de décembre 2008 « *Emergence : de la fascination à la compréhension* » qui paraîtra chez Springer dans « *Methodos Series* ». Nous essaierons ensuite de publier les actes des congrès sur l'évolution et l'axiomatisation en sciences humaines chez le même éditeur.

II) Rapport financier

Notre Trésorier nous présente la situation financière au 12 octobre 2010. La principale dépense de cette année incombe aux frais d'organisation du congrès sur Darwin pour lequel malheureusement des subventions insuffisantes ont été collectées.

Il en résulte que les demandes de subvention doivent être largement anticipées pour financer autant les déplacements des intervenants que les traductions.

Ces quelques remarques ayant été faites, le rapport financier ayant été soumis au vote, est adopté à l'unanimité des présents.

ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

Situation financière au 12 Octobre 2010

Le SOLDE au 10 Novembre 2009 était de 8583,07 euros

Le SOLDE au 12 Octobre est de 3131,97 euros

Crédits 2010 :

Cotisations AEIS (Nancy)	660,00
Cotisations AEIS (Paris)	1560,00

Participations Congrès Darwin	750,00
Livre « Fractales »	29,80

Total Crédits 2010 : 2999,80 euros

Dépenses 2010 :

Impressions bulletins et postage	1844,90
Remboursements frais de transport et frais hôtel (pour séminaires et réunions)	463,48
Site Internet AEIS	17,82
Timbres	39,20
Traduction d'un chapitre pour ouvrage sur « les émergences »	287,04
Dépenses pour congrès Darwin	5798,46

Total Dépenses 2010 : 8450,90 euros

SOLDE au 12 Octobre 2010

3131,97 euros

**Note : Manque la facture (760 euros) congrès darwin restaurant :
diner du vendredi 11 dec 2009**

signé le 12.10.2010

*Bonne nuit à cœur
le 12/10/2010*

[Signature]

*Jane HERPÉ-LITWIN
Secrétaire générale*

*Le Président
Michel GONDRAU*

[Signature]
Bruno BONDOL
Le Trésorier

[Signature]

III) Election du nouveau bureau

Se présentent comme candidats au titre de l'année 2010-2011 pour le bureau:

Fonction	Candidat
Président sortant	Michel GONDRAN
Président élu	Victor MASTRANGELO
Secrétaire générale	Irène HERPE-LITWIN
Trésorier	Bruno BLONDEL
Membre Conseil d'administration	Patrice CROSSA-RAYNAUD
Membre Conseil d'administration (nouvelle candidature)	Claude ELBAZ

Toutefois Michel GONDRAN étant à l'initiative du prochain sur les Sciences humaines et sociales, c'est lui qui, en tant que Président sortant, restera chargé de ce dossier.

Se présentent comme Conseillers scientifiques au titre de l'année 2010-2011

Disciplines	Candidat
Sciences de la Matière	Gilles COHEN-TANNOUDJI
Sciences de la Vie-Biotechnologies	François BEGON

L'ensemble des candidatures est adoptée à l'unanimité des présents et représentés.

Présidents de section élus (appartenant statutairement au bureau)

Section	Elu
Nancy	Pierre NABET
Nice	René DARS

III) Questions diverses

A) Le futur congrès

Le futur congrès sur « *Modélisation et Axiomatization en Sciences Sociales* » pourrait se dérouler en décembre 2011.

La présidence du congrès a été acceptée par Raymond BOUDON , Professeur émérite à l'Université Sorbonne-Paris IV, philosophe, sociologue de réputation internationale qui a enseigné notamment à Genève (1971-1995), Chicago, Columbia, Florence, Harvard, Québec, Lisbonne, Milan, Montréal, Moscou, Oxford...Il est également membre de l'Académie des Sciences Morales et Politiques et du Groupe d'Etudes des Méthodes Sociologiques de la Sorbonne (GEMASS).

Spécialiste de l' « Individualisme méthodologique » , une théorie qui propose une émergence de bas en haut (« bottom up ») de la société, allant de l'individu au social , en passant par la rationalité et la psychologie des individus. Cette théorie s'oppose quelque peu aux théories sociologiques en vogue en France comme celle de Bourdieu qui voient plutôt un individu déterminé de haut en bas (« Top-down ») . Auteur de très nombreux ouvrages internationalement reconnus, il a récemment publié aux Editions de la Découverte, « La sociologie comme science ».

Cette vision d'émergence , modélisable mathématiquement pourrait donner une orientation à notre congrès.

Il serait également intéressant, selon Robert FRANCK, de convier quelques auteurs anglo-saxons à notre congrès.

B) Publication des actes des précédents congrès

Au moment où nous publions ce bulletin, Gilbert BELAUBRE nous annonce la décision favorable de Springer et la mise au point d'un contrat. Cette information était donnée avant que des auteurs anglophones n'aient été consultés, mais dès maintenant, nous avons reçu :

- Un accord de Paul W. Humphreys pour une préface. Humphreys est un des grands spécialistes mondiaux des phénomènes de transition, et il court le monde entier pour donner des conférences sur le sujet.
- Un accord de Fabio Boschetti, un scientifique australien spécialiste des émergences dynamiques dans les systèmes complexes, pour nous donner un article sur ce thème qui n'était d'ailleurs pas suffisamment représenté dans l'ouvrage.

Après une riche discussion , la séance prend fin.

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

Annances

I) Nécrologie

On nous a fait part du décès de **Benoît MANDELBROT** qui a présidé le Congrès de 2004 de l'AEIS sur « *L'irruption des géométries fractales dans les sciences* » le 14 octobre 2010.¹ La disparition de Benoît Mandelbrot ravive de nombreux et très heureux souvenirs parmi nous. Benoît Mandelbrot était devenu un ami, et nous le retrouvions à chacun de ses passages à Paris.

Le congrès que nous avons organisé en Novembre 2004 pour son 80ème anniversaire a été une fête de la jeunesse, car près de deux cents jeunes (lycéens de Math. Spé.) avaient fait déborder l'Amphithéâtre de l'Université Paris-Necker. Benoit, jusqu'à la fin de sa vie, a été un créateur infatigable. Il a regardé d'un oeil neuf presque tous les domaines scientifiques et en a tiré des formulatins mathématiques d'une grande originalité. Sa fécondité étonnait ses collègues et il s'en amusait en se disant atteint de "bibliorrhée" (un néologisme de plus à son actif !). Aliette, son épouse a toujours été à ses côtés pour protéger sa liberté de création scientifique. Au nom de l'AEIS, nous lui avons manifesté notre affection.

II) Publications de nos Collègues

Nos Collègues Alain CARDON et Pierre MARCHAIS nous annoncent la publication chez *L'Harmattan* de leur ouvrage : « *TROUBLES MENTAUX ET INTERPRETATIONS INFORMATIQUES* »

Notre Collègue Alain STAHL nous fait part d'une nouvelle édition revue et corrigée de son ouvrage paru chez VRIN en 2004 : « *SCIENCE ET PHILOSOPHIE* »

III) Manifestations diverses

A) *Notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI nous fait part du thème de la prochaine réunion PIF(Physique et Interrogations Fondamentales)*

Newsletter PIF 12 : aux frontières de la connaissance, les instruments de l'extrême

Conférences le samedi 27 novembre 2010

Bibliothèque nationale de France Quai François Mauriac, Paris 13^{ème}

« Si Weinberg est le Mozart de la physique, si Rubbia en est le Yehudi Menuhin, Charpak en était le Stradivarius... » [Gilles Cohen-Tannoudji](#)

Un hommage à **Georges Charpak (1924-2010), prix Nobel de physique 1992** sera rendu par **Michel Spiro** (président du conseil du CERN).

Les inscriptions en ligne sont ouvertes pour assister à la *12ème rencontre « Physique et Interrogations Fondamentales : aux frontières de la connaissance, les instruments de l'extrême »*

<http://sfp.in2p3.fr/CP/pifn/fren12.htm>

¹ Voir dans les documents les articles nécrologiques du journal « *Le Monde* »

Programme des interventions

Le rôle des instruments scientifiques dans le progrès des connaissances

Vincent BONTEMS

La mesure du temps

Christophe SALOMON

La chasse au boson de Higgs

Daniel FROIDEVAUX

Mesurer le cosmos à l'aube du temps

François. R. BOUCHET

Le séquençage d'ADN: toujours plus vite

Philippe GLASER

Table ronde animée par **Marie-Odile Monchicourt** et **Vincent Bontems** sur la thématique « *Les grands instruments, enjeux de société et perspectives d'avenir* » avec **Arnaud Beaufort, Jean Jouzel, Denis Le Bihan** et **Jochen Schneider**.

Cette 12^{ème} rencontre a pour objet de mettre en valeur l'importance des instruments scientifiques, en particulier, des « très grands équipements » (TGE).

La douzième rencontre Physique et Interrogations Fondamentales est consacrée aux **frontières de la connaissance et aux instruments scientifiques qui permettent de les explorer**. Chacun sait que pour comprendre la science vive, il faut l'étudier à ses frontières, là où elle progresse, car ce ne sont pas des connaissances marginales qui y émergent mais bien les plus fondamentales, celles qui remettent en cause ce que l'on avait établi sur un domaine de validité plus restreint. Nous attendons donc des participants qu'ils mettent en évidence comment l'extension de leur champ expérimental va de pair avec l'approfondissement théorique de leur discipline. **Mais repousser l'horizon expérimental de la recherche serait impossible sans l'aide des grands instruments scientifiques...[Suite](#)**

Vincent BONTEMS

Comité d'organisation:

SFP: Alain de Bellefon †, Bernard Andrieu, Gilles Cohen-Tannoudji, Étienne Klein

Jean-Pierre J. Lafon, Valérie Lefèvre-Seguin, Jean-Michel Lévy, Marios Petropoulos

Sophie Rémy, Yves Sacquin, Vincent Bontems, Isabelle Cossin

Gérard Tronel, Philippe Raccach

BnF : Aline Annabi, Yvonne Gardas, François Nida, Florence Usclat.

Attachée de presse : Claudette Duplan

Webmestre : Emmanuelle de Laborderie

Pour tout renseignement, demande ou remarque, contacter [Isabelle Cossin](#)

Gilles Cohen-Tannoudji

facebook.com/gilles.cohentannoudji

<http://gcohentannoudji.blog.lemonde.fr/>

[@ l'horizon...](#)

gilles@gicotan.fr ou gilles.cohentannoudji@gmail.com

B) Notre Collègue Christian HERVE de l'Université Paris Descartes nous informe des prochaines rencontres d'Hippocrate

Le **Pr. Patrick Berche**, doyen de la faculté de médecine Paris Descartes et le **Pr. Christian Hervé**, chargé de la mission « relations médecins/patient/familles » ont le plaisir de vous convier aux « *Rencontres d'Hippocrate* » de la faculté de médecine Paris Descartes :

• **Le mercredi 3 novembre 2010, à 18h : « La capacité d'altruisme du citoyen français: le cas des dons d'organes » .**

Avec :

M. Michel DOUCIN (ambassadeur pour la bioéthique au ministère des Affaires Etrangères), Pr. Claude HURIET (néphrologue, président de l'Institut Curie, ancien sénateur), Mme Caroline GUIBETLAFAYE (philosophe et sociologue), Pr. Christophe LEGENDRE (chef du service néphrologietransplantation - Hôpital Necker-Enfants Malades), Pr. Olivier SOUBRANE (chef du service hépatobiliaire et transplantation hépatique - Hôpital St Antoine).

• **Le lundi 22 novembre 2010, à 18h : « L'avenir de la médecine de proximité ».**

Conférence prononcée par Mme Elisabeth HUBERT (ancien ministre de la santé) à propos de son rapport remis au Président de la République.

Discutants :

Pr. Serge GILBERG (PUPH de médecine générale, directeur du département de médecine générale de Paris Descartes), Matthieu PICCOLI et Nicolas GAUTHIER (étudiants de la faculté).

• **Le lundi 17 janvier 2011, à 18h30 : « La transformation de la personne humaine, de la greffe du visage aux personnes hybrides ».**

Avec :

Pr. Laurent LANTIERI (chef du service de chirurgie plastique et reconstructrice - Hôpital Henri Mondor ; première greffe totale de la face) et M. Bernard ANDRIEU (philosophe).

• **Le lundi 14 février 2011, à 18h : « Vivre les dons d'organes avec ses croyances ».**

Avec :

Imam Saïd Ali KOUSSAY (aumônier musulman de l'Hôpital Avicenne – Bobigny), le Grand Rabbin Haïm KORSIA (aumônier général israélite de l'Armée de l'Air et des Armées), Mme Doriane VILLORDIN (responsable du culte catholique de l'aumônerie du GH COCHIN) Mme Mina CHEVROT (mère d'un adolescent décédé donneur d'organe) et un patient transplanté.

Mme Joséphine COSSART (coordinatrice hospitalière de prélèvements d'organes - GHU Cochin), Pr. Denis SAFRAN (chef du service anesthésie-réanimation médicale et médecin référent dons d'organes - HEGP) Pr. Sadek BELOUCIF (Président du Conseil d'orientation de l'Agence de la biomédecine)

• **Le jeudi 10 mars 2011, à 18h : « Les professionnels de santé parlent au médiateur de la République ».**

En présence de M. Jean-Paul DELEVOYE, médiateur de la République

Avec :

Pr. Claire LE JEUNNE (vice-doyenne de la faculté de médecine Paris Descartes ; service de médecine Interne - Hôtel Dieu), Pr. Serge POIRAUDEAU (chef du service rééducationréadaptation de l'appareil locomoteur et des pathologies du rachis – Hôpital Cochin), Pr André GRIMALDI (Université Pierre et Marie Curie, Groupe hospitalier Pitié Salpêtrière) et, sous réserve, M. François CREMIEUX (ARS, ancien directeur de l'Hôtel-Dieu).

• **Le jeudi 7 avril 2011, à 18h30 : « Désacralisation et sacralité du corps. Réflexions sur les pratiques en médecine et en biologie ».**

Avec :

M. Bertrand VERGELY (philosophe et théologien), Pr. Philippe BEAUNE (chef du service biochimie – Hôpital européen Georges-Pompidou), Pr. Henri KREIS (chef du service de néphrologie A1, transplantation rénale - Necker-Enfants malades) et Pr. Jacques-Patrick BARBET (service d'histologie embryologie cytogénétique et anatomie pathologique - Hôpital Saint-Vincent-de- Paul).

**Ces conférences sont organisées
à la Faculté de médecine Paris Descartes**

15 rue de l'école de médecine - Paris 6è (M° Odéon)

Vous pourrez retrouver l'ensemble de ces Rencontres en vidéos, sur le site Internet de la faculté : www.medecine.parisdescartes.fr

Renseignements :

christian.herve@parisdescartes.fr / www.medecine.parisdescartes.fr .

C) Notre Collègue Gianfranco MINATI de l'Associazione Italiana per la Ricerca sui Sistemi (AIRS) nous informe de la tenue d'un colloque de systémique les 14 et 16 octobre précédents sur « *les méthodes , les modèles, les simulations et les approches d'une théorie générale de l'évolution* ». La conférence inaugurale qui était intitulée « Collectively Autocatalytic Sets and the Origin of Life" a été donnée par Stuart KAUFFMANN. Pour toute information, contacter : gianfranco.minati@AIRS.it ou <http://www.airs.it>

Documents

p. 16 : Annonce nécrologique du décès de B.MANDELBROT le 14 octobre 2010 parue dans le journal « Le Monde ». avec une biographie et une analyse des théories financières issues de la géométrie fractale.

P.19: Pour introduire la conférence de Franck VARENNE nous vous proposons un résumé de sa conférence et le résumé et l'introduction de l'article de son article , « Les simulations computationnelles en sciences sociales », NPSS, 5 (2), 2010, pp. 17-49.

Par ailleurs notre Collègue Claude ELBAZ nous a fait part de ses réflexions sur le dilemme entre la conception einsteinienne de la physique et celle de la physique quantique. A cet effet il nous propose deux articles :

p. 22 « Le Programme d'Einstein » , un article de réflexion pure sur le sujet

p.24 « Dynamic properties of almost monochromatic waves » un article où il montre que les propriétés dynamiques et cinétiques d'ondes monochromatiques quasi stationnaires sont formellement identiques à celle de la matière discontinue.

Notre Collègue Françoise DUTHEIL nous a fait part d'une importante découverte relative à l'émergence d'une vie multicellulaire qui serait apparue il y a plus de 2 milliards d'années que nous publions avec nos observations en introduction.

p. 36 « Les Métazoaires , organismes pluricellulaires, seraient 1.4milliards d'années plus vieux qu'estimés jusqu'à présent par les paléontologues »

NECROLOGIE /Article de Stéphane Foucart paru dans l'édition du Monde du 21.10.10.

Benoît Mandelbrot, mathématicien

Etait-il géomètre ? Physicien ? Probabiliste ? Etait-il plutôt un économiste désireux de percer les ressorts secrets des marchés ? Inventeur de la géométrie fractale et théoricien de la "rugosité", le mathématicien Benoît Mandelbrot est mort à l'âge de 85 ans, jeudi 14 octobre, à Cambridge (Massachusetts), sans avoir jamais vraiment choisi. A cette question - son sentiment quant à l'appartenance à une discipline -, posée en 2005 au cours d'un entretien accordé au Monde, il s'était contenté de répondre, après un bref silence : "J'ai une chaire à l'université de Yale, et cette chaire est qualifiée de "chaire de sciences mathématiques"."

Dates clés

20 novembre 1924

Naissance à Varsovie.

1960

Intuition de l'importance de la géométrie fractale.

14 octobre 2010

Mort à Cambridge (Massachusetts).

Portrait Benoît Mandelbrot, explorateur du chaos

Entretien Benoît Mandelbrot : "Il était inévitable que des choses très graves se produisent"

 Le scientifique franco-américain demeure, en tout cas, l'un des rares mathématiciens dont le nom est familier, associé à la singulière beauté de ces figures géométriques dont chaque détail ressemble au tout, ces "fractales" dont il fera un domaine d'étude à part entière. Ce champ de recherche très fécond a enrichi de nombreuses disciplines, mais a aussi saisi le grand public, fasciné par ces formes gigognes à la vertigineuse structure.

Né le 20 novembre 1924 à Varsovie dans une famille juive d'origine lituanienne, il quitte la Pologne avec ses parents, qui fuient la montée de l'antisémitisme. En 1936, les Mandelbrot s'installent en France, où l'un de ses oncles, Szolem Mandelbrojt (1899-1983), enseigne les mathématiques depuis les années 1920.

Le jeune homme montre très vite de remarquables dispositions pour les mathématiques. Et en particulier pour la géométrie. Il aimait à dire qu'il avait "l'oeil absolu", par analogie avec l'oreille absolue de certains musiciens. Après des classes préparatoires au lycée du Parc de Lyon - suivies dans une quasi-clandestinité, sans guère quitter l'internat -, il est reçu à l'Ecole normale supérieure et à l'Ecole polytechnique.

Il optera d'abord pour la première. Mais il y restera deux jours, résultat de relations compliquées avec le mouvement bourbakiste qui domine alors la Rue d'Ulm. Il achèvera donc ses études à Polytechnique. C'est aussi là qu'il fera ses débuts comme maître de conférences. En 1958, il quitte la France pour les Etats-Unis, où il entend passer l'été ; il y restera toute sa vie. D'abord, pendant trente-cinq ans, comme chercheur dans les laboratoires d'IBM puis au département de mathématiques à Yale. Ses différends avec l'establishment mathématique français ne sont pas étrangers à cet exil.

Car, à tous égards, Benoît Mandelbrot est un mathématicien en marge. Peu porté vers l'abstraction, il se fonde parfois sur de simples "intuitions visuelles". Ainsi naissent les fractales, en 1960. Benoît Mandelbrot se plaisait à raconter que c'est l'observation de la courbe montrant l'évolution des cours du coton qui lui donne l'intuition que ces formes itératives - connues depuis longtemps par les mathématiciens - ne sont pas le résultat d'accidents ou de jeux sans intérêt. C'est lui qui baptisera ces curieux objets du nom de fractales (dérivé d'un verbe latin qui signifie "cassé", "brisé"). Et, en les nommant, il leur donne toute leur importance.

"Il a compris comment l'auto-similarité pouvait être utilisée pour engendrer des modèles originaux qui permettent de rendre compte de certains phénomènes naturels, ou donnent des idées innovantes dans la conception de certains objets", dit le mathématicien Jean-Pierre Bourguignon, directeur de l'Institut des hautes études scientifiques (IHES).

Marché fractal, marché inquiétant

Pour le physicien Bernard Sapoval (Ecole polytechnique), auteur d'Universalité et fractales ("Champs", Flammarion, 1997), l'apport conceptuel de cette nouvelle géométrie est "considérable". "Il existe des phénomènes réels qui fabriquent des figures géométriques si compliquées que leur complexité semblait a priori absolument irréductible, explique-t-il. La géométrie fractale a permis de réduire la complexité de certaines de ces formes à un simple nombre, leur dimension fractale. En un mot, Mandelbrot a ajouté au calcul des probabilités une "géométrie" des probabilités."

Par exemple, pour la valeur du périmètre extérieur du mouvement brownien (mouvement aléatoire d'une particule sur un plan), il avait conjecturé la valeur quatre tiers, qui s'est avérée.

Les formes fractales sont innombrables. L'arborescence des bronches de nos poumons est fractale, la côte de la Bretagne, le flocon de neige, les inflorescences du chou romanesco, l'arrangement des atomes dans une soudure, certaines grandes structures de l'univers... On en découvre aussi dans les créations humaines.

Les fractales permettront aussi de porter un nouveau regard sur les mécanismes de marché. C'est l'un des sujets qui obsédait le plus le mathématicien : comment varie un prix ? En sciences, les questions les plus simples sont parfois les plus fécondes.

"L'un des éléments fondamentaux qu'il a apportés à la finance est la notion de discontinuité des variations des prix, dit Christian Walter, chercheur au Centre d'analyse des risques financiers (EM Lyon) et coauteur du Virus B. Crise financière et mathématiques (Seuil, 2009). Une idée en désaccord avec la vision orthodoxe de la majorité des institutions financières dans le monde." L'affaire peut sembler ridiculement picrocholine au béotien. Elle est en réalité fondamentale.

Que les variations des prix soient discontinues - c'est-à-dire qu'à deux instants donnés, même infiniment proches, une denrée peut avoir deux prix radicalement différents - et c'est toute la finance mondiale qui doit s'interroger. "Car la conception "continuiste" de l'économie, née dans les années 1960 aux Etats-Unis, conduit à penser que le risque peut être à tout instant maîtrisé, et couvert", explique M. Walter. Dans leur description fractale, les marchés sont bien plus inquiétants. Du coup, cette vision classique de l'évolution des prix est "fondamentalement fautive et dangereuse", estime M. Walter.

"Les équations de la finance ne peuvent pas fonctionner parce qu'elles supposent une réalité qui n'existe pas, qui est que les prix varient de manière continue. Autrefois, on me disait que je me débattais sur des points de détail, alors qu'en réalité il s'agit d'un point tout à fait essentiel, expliquait Benoît Mandelbrot. Quand les faits changent, les prix changent de façon instantanée. Ce n'est pas un défaut ou une anomalie des marchés, c'est l'essence même des marchés !" Pour le mathématicien, les marchés étaient le reflet de la "rugosité" du monde - fracturé, discontinu, imprévisible.

Avec pragmatisme, les grandes institutions de la finance mondiale ont artificiellement intégré à leurs modèles les sauts et les discontinuités censés prendre en compte les hoquets du monde réel. Mais ces bricolages ne convainquaient guère Benoît Mandelbrot : "Ils sont comme un de ces médicaments que l'on achète sans ordonnance à la pharmacie du coin où il y a une vingtaine de principes actifs et dont on ne sait jamais si un résultat est dû à l'un de ces vingt produits, ou à aucun d'eux !"

Cinquante ans après l'invention des fractales, cette bataille est toujours d'actualité. "Aujourd'hui encore, à Bruxelles, il y a cette opposition entre visions "continuiste" et "discontinuiste", dit Christian Walter. Mais contre toute attente, dans le calcul des fonds propres des banques ou des compagnies d'assurances, on privilégie toujours la vision "continuiste" de l'économie."

Malgré la portée et l'actualité de son travail, le mathématicien franco-américain est, en France, longtemps resté au ban de sa communauté d'origine. Certains critiquent son immodestie ; ses admirateurs rétorquent qu'elle reflétait la crainte que sa contribution ne soit pas reconnue.

Un mathématicien qui ne l'apprécie guère rappelle qu'il se comparait parfois à Euclide ou à Gauss. Un autre, qui le tient en estime, raconte que, présentant la figure de l'Ensemble de Mandelbrot (fractale parmi les plus célèbres), il aimait à dire : "Voici l'Ensemble dont j'ai l'honneur de porter le nom !"

Résumé de la présentation
« La question des validations de modèles en sciences sociales.
Le cas de l'iconicité croissante des simulations computationnelles. »
Références des publications à consulter
 Par Franck VARENNE

Résumé : La validation des modèles en sciences sociales pose de considérables problèmes et rencontre une communauté divisée sur la question. J'étudierai ici le cas plus spécifique de certaines représentations formelles à prétention iconique : les simulations computationnelles complexes (à agents informatiques). Sont-elles simplement plus proches de nos représentations communes, donc plus séduisantes et par là plus trompeuses ? Ou peuvent-elles effectivement permettre de résoudre (en partie) ce problème de la validation des représentations formelles dès lors qu'elles sont délibérément complexes d'un point de vue algorithmique, mais assistées et visualisées par ordinateur ?

Références :

- F. Varenne, « Les simulations computationnelles en sciences sociales », NPSS, 5 (2), 2010, pp. 17-49.
- F. Varenne & D. Phan : "Agent-Based Models and Simulations in Economics and Social Sciences: from conceptual exploration to distinct ways of experimenting", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, 13(1),5, 2010 ; en ligne : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/5.html>
- F. Varenne, "Framework for M&S with Agents in regard to Agent Simulations in Social Sciences: Emulation and Simulation", in *Activity-Based Modeling and Simulation*, Alexandre MUZY, David R. C. HILL & Bernard P. ZEIGLER (dir.), Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise Pascal, 2010, pp. 53-84. En ligne: www.msh-clermont.fr/spip.php

LES SIMULATIONS COMPUTATIONNELLES DANS LES SCIENCES SOCIALES

Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales (NPSS) vol.5, n°2, mai 2010

Résumé : Les sciences sociales entrent résolument - quoique partiellement - dans l'ère computationnelle. Ce constat n'a pas encore de sens précis si on ne l'accompagne d'une analyse discriminante des fonctions épistémiques de la computation dans les différents recours aux ordinateurs pour la modélisation et la simulation en sciences sociales. De par l'introduction de ces nouvelles manières de formaliser (séduisantes car apparaissant comme plus directes et plus ergonomiques), la double question du réalisme des formalismes et de la valeur de preuve des traitements computationnels se pose à nouveaux frais. Cette expansion tous azimuts des simulations computationnelles conduit certains observateurs enthousiastes à penser que l'on a là un nouveau fondement commun pour toutes les sciences sociales. En clarifiant et en distinguant certains des usages épistémiques de différentes simulations computationnelles dans les sciences sociales, cet article montre cependant qu'il vaut mieux s'en tenir à une position médiane et soutenir que l'apport en est principalement méthodologique.

Mots-clefs :

Sciences sociales, sciences computationnelles, modèle, simulation, épistémologie, réalisme, iconicité, fonction épistémique des modèles.

Introduction : computation et sciences computationnelles

A partir des années 1980 pour les sciences physiques, la chimie et les sciences de l'ingénieur² et à partir des années 1990 pour la biologie³, on a assisté à une série de tournants computationnels, c'est-à-dire à une série d'extensions considérables du recours à l'ordinateur dans les pratiques de modélisation. On pourrait objecter que la physique et la chimie recourraient déjà à l'ordinateur dès sa conception et sa diffusion, c'est-à-dire dès les années 1940-1950. Il ne faudrait cependant pas confondre ce qui a été majoritairement et immédiatement un usage mathématique de l'ordinateur avec ce qui est devenu plus tardivement un usage computationnel de l'ordinateur. Un usage mathématique de l'ordinateur est un usage qui l'institue comme machine de calcul et de résolution numérique approchée (mathématique en ce sens étroit) d'un modèle mathématique préalablement formulé et analytiquement non soluble. Dans cette perspective le physicien numéricien peut écrire :

Un modèle mathématique est une représentation ou une interprétation abstraite de la réalité physique qui est accessible à l'analyse et au calcul. La simulation numérique permet de calculer sur ordinateur les solutions de ces modèles, et donc de simuler la réalité physique⁴.

² Voir par exemple *Modélisation mathématique et simulation numérique*, Les Ulis, EDP Sciences 1999. Voir également une première réflexion épistémologique (d'inspiration classique) de Paul Humphreys dans *extending ourselves : computational Science, Empiricism and Scientific Method*, Oxford, Oxford University Press 2004

³ Voir Marek Michalewicz, *Plants to ecosystems. Advances in Computational Life Sciences*. Collingwood (Australia), CSIRO Publishing 1997, Franck Varenne "La simulation informatique face à la méthode des modèles", *I Natures, Sciences, Sociétés*, vol 11, n°1, 2003, p16-28, Franck Varenne. *Dumodèle à la simulation informatique*. Paris, Vrin 2007

⁴ Grégoire Allaire, *Analyse numérique et optimisation*, Paris. Editions de l'Ecole Polytechnique, 2007. Je montrerai plus bas que cette description rapide (notamment avec l'affirmation déductive associée « et donc de simuler la réalité physique » qui, à certains égards, commet une erreur de catégorie), ne peut valoir en toute généralité que pour tout type de simulation sur ordinateur. C'est a fortiori le cas pour les simulations en sciences sociales.

Par contraste, on peut définir un usage computationnel comme ce qui fait de l'ordinateur une machine à modéliser au moyen de computations. Une computation est une opération pas à pas sur des symboles. Elle peut elle-même être interprétée comme un calcul de modèle ou comme la simulation directe du comportement d'un

système cible (réel ou fictif). Mais cela ne lui est nullement nécessaire. Au sens le plus général, une science computationnelle est une science qui utilise l'ordinateur comme une machine à modéliser et à simuler au moyen de computations. Je reviendrai sur la polysémie du terme « simulation » telle qu'elle apparaît dans cette caractérisation.

Rappelons que, depuis la fin des années 1990, les modèles computationnels se sont également largement diffusés dans les sciences sociales : je renvoie à ce sujet aux contributions importantes de Epstein, d'Axelle, de Gilbert et Troitzsch, ou de Conte citées en bibliographie, ainsi qu'au tour d'horizon de *Heath et al.*⁵ Or, au sujet de l'interprétation épistémologique à donner à ce tournant computationnel actuellement négocié par une frange croissante des spécialistes en sciences sociales, on trouve grosso modo trois thèses qui s'affrontent dans les publications spécialisées, de la plus faible à la plus forte :

- 1- Thèse faible : l'adoption des simulations computationnelles s'interprète comme la simple diffusion d'un nouveau type de formalisme inspiré de la physique computationnelle et de l'intelligence artificielle distribuée.
- 2- Thèse moyenne : Les simulations computationnelles proposent une nouvelle méthodologie aux sciences sociales, en permettant d'étendre le domaine de l'explication sociologique et d'entrer dans l'ère de l'« individualisme méthodologique complexe appelée de ses vœux par Manzo⁶ et déjà annoncée en un sens par Dupuy⁷.
- 3- Thèse forte : au-delà d'une nouvelle méthodologie, il s'agit rien de moins que d'une manière inédite de fonder une nouvelle unité des sciences sociales en dépassant les limites des méthodes de modélisation antérieures. Ainsi pensent par exemple Epstein et Axell⁸.

Dans cet article, je ne trancherai pas directement. Cependant je soutiendrai une série d'arguments qui plaident en faveur d'une thèse proche de la thèse moyenne. Mais avant d'en venir à cela, je partirai de l'hypothèse que, pour se faire une bonne idée du caractère innovant des simulations computationnelles en sciences sociales, il est bon d'abord de prendre la mesure de leur variété (section 3 à 6), et pour cela, dans un premier temps de proposer des définitions et des distinctions conceptuelles qui permettent de donner du sens à cette variété (section 1)⁹ puis de comprendre précisément en quoi un modèle formel traité par ordinateur n'est pas systématiquement un modèle de simulation computationnelle (section 2)¹⁰.

C'est seulement alors que la question du statut épistémique des divers types de simulations computationnelles en sciences sociales pourra être abordée (section 7)¹¹ et que la question plus générale et corrélative, de la nature de l'apport des méthodes computationnelles en sciences sociales pourra enfin être plus clairement évoquée (conclusion).

⁵ Brian Heath, Raymon Hill et Franck Ciarallo. "A survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008)", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 12, n°4, 2009, <http://jasss.soc.-surrey.ac.uk/12/4/9.html>

⁶ Gianluca Manzo. « Progrès et « urgence » de la modélisation en sociologie. Du concept de « modèle générateur » et de sa mise en œuvre » *Année sociologie* vol 57, n°1, 2007, p13-61

⁷ Jean Pierre Dupuy, *Introduction aux sciences sociales*, Paris, Ellipses, 1992

⁸ Joshua Epstein et Robert Axell, *growing Artificial Societies-Social Science from the bottom up*. Icambridge, MIT Press 1996

⁹ **Section 1** : Modèles et simulations : distinctions conceptuelles

¹⁰ **Section 2** : Pourquoi passer du modèle à la simulation en sciences sociales ?

¹¹ **Section 7** : Réalisme des formalismes et valeur de preuve des simulations

Le Programme d'Einstein

Par notre Collègue Claude ELBAZ

L'année 2005 a été désignée comme l'Année Mondiale de la Physique. Elle avait été choisie par l'UNESCO, au nom du grand public, pour célébrer les sciences physiques dans le monde entier, exactement cent ans après la parution des travaux révolutionnaires d'Einstein en 1905. Il établissait les bases de la relativité et introduisait la première particule quantique pour la lumière, ce qui lui valut le prix Nobel de 1921. Ainsi, Einstein est considéré comme le plus grand physicien du XX^{ème} siècle.

Pourtant, toute sa vie, s'est opposé avec opiniâtreté à la mécanique quantique et à son interprétation probabiliste. Cette conviction très forte, l'a conduit à se tenir à l'écart du développement de la mécanique quantique, et à se consacrer, sans succès, à la recherche d'une théorie unitaire plus complète, et qui engloberait à la fois la mécanique quantique et la relativité générale.

Il avait reconnu son échec. Mais il nous a laissé un programme, dans lequel il indiquait la voie qu'il convenait de suivre pour y parvenir. Il s'était basé sur ses propres recherches, qui, comme on le sait, avaient été d'une extraordinaire fécondité, et l'avaient conduit à de nombreuses et importantes découvertes. En se démarquant de la voie quantique suivie par la majorité des physiciens, le problème qu'il soulevait, au-delà de la physique fondamentale, n'est pas seulement une affaire de spécialistes. Il nous concerne tous dans la mesure où il s'agit de savoir si, comme le soutenait Einstein, le monde physique est ordonné, et non le résultat du hasard, et s'il est intelligible, et compréhensible à l'aide de modèles simples, sans le recours préalable aux mathématiques. Il déborde par conséquent le cadre de la physique, et même de la science.

Dans son programme, Einstein proposait de faire d'un champ unitaire, continu et emplissant tout l'espace, la base fondamentale de l'univers physique.

« Nous avons deux réalités: la matière et le champ. Il est hors de doute que nous ne pouvons pas à présent concevoir que toute la physique puisse être bâtie sur le concept de matière, comme le croyaient les physiciens du début du XIX^{ème} siècle Ne pourrions-nous rejeter le concept de matière et construire une physique basée uniquement sur le champ ? .. Nous pourrions regarder la matière comme des régions dans l'espace où le champ est extrêmement intense. Il n'y aurait pas de place, pour notre nouvel/e physique, tout à la fois pour le champ et pour la matière, le champ étant la seule réalité. Cette conception nouvelle est suggérée par les grandes conquêtes de la physique du champ ... On pourrait, de cette façon, créer un arrière-plan philosophique nouveau. »

Actuellement, après plus d'un demi-siècle, la conception fondamentale de l'univers, partagée par la quasi-totalité des physiciens, qui s'appuient à la fois sur la théorie, sur les équations et sur l'expérience, est exactement opposée: selon le modèle standard, ce sont les particules qui sont les seuls constituants ultimes de l'univers.

Dans ces conditions, le programme apparaît comme complètement dépassé et obsolète. Pourtant, on constate que l'évolution de la physique et de la technologie s'effectue dans le sens entrevu par Einstein, en privilégiant le champ continu au détriment de la matière discontinue. Ainsi, les étalons électromagnétiques de longueur et de temps, qui servent de références pour toutes les mesures en physique, ont remplacé les anciens étalons matériels. Plus généralement, les outils électroniques et électromagnétiques, incomparablement plus

performants, se substituent progressivement aux outils matériels mécaniques. D'un autre côté, en théorie quantique, toutes les particules sont créées à partir de champs. Par conséquent, le programme d'Einstein, énoncé il y a plus d'un demi siècle, est loin d'être définitivement invalidé.

En exploitant le filon, il est possible d'obtenir certains résultats nouveaux sur les bases de la relativité et de la mécanique quantique. Ils peuvent être considérés comme des premiers éléments qui prouvent la fécondité du programme d'Einstein. Ils ont été publiés séparément dans des revues internationales de physique: Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, et Annales de la Fondation Louis de Broglie, (France), Physics Letters (Europe), Journal of Physics (Grande Bretagne). Ils ont donc été validés par la communauté scientifique. Ils viennent de faire l'objet d'une première synthèse, publiée dans une revue internationale de mathématiques, Asymptotic Analysis.

Elle montre que les propriétés du champ continu permettent de retrouver les propriétés mécaniques et électromagnétiques de la matière. Dans le résumé on peut lire en effet:

Pour un champ scalaire qui se propage à la vitesse de la lumière, les propriétés cinématiques et dynamiques des ondes presque stationnaires, de fréquence presque constante, sont formellement identiques aux propriétés mécaniques de la matière. Toutes deux sont décrites par des équations qui ont la même structure mathématique. Le principe de la conservation de l'énergie découle de la stabilité dans le temps, tandis que le principe variationnel (moindre action) découle de la stabilité dans l'espace. Les équations de la mécanique classique relativiste correspondent à l'approximation de l'optique géométrique, valable pour les fréquences infiniment grandes. Les équations de la mécanique quantique correspondent à l'approximation de l'optique ondulatoire, dans laquelle les relations de Fourier, homogènes vis à vis du champ, sont remplacées par les relations de Heisenberg, homogènes vis à vis de la matière. ..

[1] C. Elbaz, C.R.Acad. Sc. Paris t 297 (17 octobre 1983)

[2] C. Elbaz, C.R.Acad. Sc. Paris t 298, Série II, nO 13 1984

[3] C. Elbaz,,Phys. Lett. A 109 (1985) 7,8

[4] C. Elbaz Annales de la fondation Louis de Broglie, vol1, n°1(1986) 65,84

[5] C. Elbaz, Phys. Lett. A 114 A (1986) 445,450

[6] C. Elbaz, J. Phys. Math. Gen. **20** (1987) L 279

[7] C. Elbaz, Phys. Lett. A 123 (1987) 205,207

[8] C. Elbaz, J. Phys. Math. Gen. **20** (1987) L 647

[9] C. Elbaz, Phys. Lett. A 127 (1988) 308,314 [

[10] C. Elbaz, Phys. Lett. A 132 (1988) 305, 309

[11] C.Elbaz, Annales de la Fondation Louis de Broglie, vol 14, n°2 (1989) 165, 176

[12] C. Elbaz, Phys. Lett. A204 (1995) 229-235

[13] C. Elbaz, Asymptotic Analysis, 68 (2010) 77-88

Dynamic properties of almost monochromatic standing waves

Claude Elbaz

5 Allée des Sophoras, 92330, Sceaux, France

E-mail: claudeelbaz@hotmail.com

Abstract. For a scalar field propagating at light velocity c , we show that kinematic and dynamic properties of almost monochromatic standing waves, with frequency $\Omega(x, t) = \omega \pm \delta\Omega(x, t)$, where ω is constant, and $\delta\Omega(x, t) \ll \omega$, are formally identical with mechanical properties of matter. They are both described by equations with the same mathematical structure. The energy conservation stems from stability in time, while the variational principle stems from stability in space. In classical mechanics of a particle, the relativist equations correspond to the geometrical optics approximation as $\omega \rightarrow \infty$. The quantum mechanical equations correspond to the wave optics approximation, in which wave homogeneous Fourier relations are replaced by the material Heisenberg relations.

Keywords: relativist mechanics, quantum mechanics, progressive and standing waves, almost progressive waves, almost standing waves, duality, variational principles

1. Introduction: Monochromatic waves

1.1. Progressive and standing waves

It is well known that the d'Alembertian equation

$$\square\epsilon = \Delta\epsilon - (1/c^2)(\partial^2\epsilon/\partial t^2) = 0, \quad (1)$$

which describes the propagation of a scalar field at light velocity c in vacuum, admits harmonic monochromatic plane wave solutions with constant frequency $\omega = kc$, either advanced waves, of the form $\exp i(\omega t + kx)$, or retarded waves of the form $\exp i(\omega t - kx)$. They constitute two distinct subgroups inside the progressive group. Equation (1) admits also standing waves of the form $u(kx)\psi(\omega t)$, with separated space and time variables (x, t) , which constitute a different group. Each type of waves can be considered as forming elementary general solutions, while the other type represents the resulting ensemble. Thus, by superposition of two progressive waves, propagating in opposite directions we obtain a standing wave

$$\epsilon = \cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx) = 2 \cos(kx) \cos(\omega t). \quad (2)$$

Inversely, by superposition of two standing waves oscillating in quadrature with respect to the time and to the space, we obtain a progressive wave

$$\epsilon = \cos \omega t \cdot \cos kx + \sin \omega t \cdot \sin kx = \cos(\omega t - k \cdot x). \quad (3)$$

Thus, the progressive and standing waves play a symmetrical and complementary role as elementary general solutions of the field equation. From an elementary point of view, it is equivalent to consider that the scalar field is basically constituted by:

- two kinds of progressive waves, propagating in opposite directions, whose superposition leads to a standing wave, or by
- two kinds of standing waves, oscillating in quadrature with respect to time and to space, whose superposition leads to a progressive wave.

Usually, a general field is considered as basically constituted by progressive waves, justifying its Fourier analytical expansion. Consequently, the standing waves, when occurring, are considered as derived from progressive waves. Then, they are not specifically studied. In this article, we propose to adopt the alternative approach, in which the standing waves form the basic components, and to investigate their specific mathematical properties.

1.2. Monochromatic standing waves

Standing waves of the form $\varepsilon(x, t) = u(x)\psi(t)$, where the amplitude function $u = u(x)$, and the phase function $\psi = \psi(t)$, are independently defined, are solutions of (1) when they verify the relation

$$(1/u)\Delta u = (1/\psi)(\partial^2 \psi / c^2 \partial t^2) = -k_0^2 = -\omega_0^2 / c^2 = \text{Constant.} \quad (4)$$

A standing wave is necessarily monochromatic since its frequency ω_0 is constant and well defined. It oscillates locally in its rest system (x_0, t_0) . We can obtain it by superposition of two progressive waves with the same frequency ω_0 , propagating in opposite directions

$$\varepsilon = \cos(\omega_0 t_0 - k_0 x_0) + \cos(\omega_0 t_0 + k_0 x_0) = 2 \cos(k_0 x_0) \cdot \cos(\omega_0 t_0). \quad (5)$$

When the frequencies ω_1 and ω_2 , measured in a system (x, t) are different, we find

$$\varepsilon = \cos(\omega_1 t - k_1 x) + \cos(\omega_2 t + k_2 x) = 2 \cos(kx - \beta \omega t) \cdot \cos(\omega t - \beta kx), \quad (6)$$

where

$$\omega = (\omega_1 + \omega_2)/2 = (k_1 + k_2)c/2 = kc \quad \text{and} \quad \beta = v/c = (\omega_1 - \omega_2)/(\omega_1 + \omega_2). \quad (7)$$

By identification of the first terms in (3) and (4), we obtain

$$\omega_1 t - k_1 x = \omega_0 t_0 - k_0 x_0 \quad \text{and} \quad \omega_2 t + k_2 x = \omega_0 t_0 + k_0 x_0. \quad (8)$$

Their half sum and difference lead to

$$kx - \beta \omega t = k_0 x_0 \quad \text{and} \quad \omega t - \beta kx = \omega_0 t_0. \quad (9)$$

Since $\omega t - kx = k(ct - x)$, the product of the relations (8) gives

$$k_1 k_2 (c^2 t^2 - x^2) = k_0^2 (c^2 t_0^2 - x_0^2), \quad (10)$$

so that

$$k_1 k_2 = k_0^2 \quad \text{or} \quad \omega_0^2 = \omega_1 \omega_2, \quad (11)$$

$$(c^2 t^2 - x^2) = (c^2 t_0^2 - x_0^2). \quad (12)$$

The Lorentz transformation, characterized by the invariant (12), stems from (9) and (11):

$$x_0 = (x - vt) / \sqrt{(1 - \beta^2)}, \quad t_0 = (t - vx/c^2) / \sqrt{(1 - \beta^2)}. \quad (13)$$

In a previous work, [2,3], we showed that the factor $\sqrt{(1 - \beta^2)}$ is specific of standing waves.

The Lorentz transformation, which plays a fundamental role in relativity, is then specific of standing waves of the field propagating with the velocity of light.

By superposition of a retarded plane wave with frequency $\omega_1 = k_1 c$, and an advanced wave with frequency $\omega_2 = k_2 c$, propagating with the velocity of light c , we obtain a standing wave with rest frequency $\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$, geometrical mean of the component frequencies. It is moving uniformly with velocity $v = \beta c = c(\omega_1 - \omega_2) / (\omega_1 + \omega_2)$. Its moving frequency ω , is the arithmetical mean $\omega = (\omega_1 + \omega_2) / 2$ of the component frequencies.

A standing wave of the field, formed by the superposition of waves with same frequencies propagating in opposite directions, presents the first quality of matter at rest, to remain in the same place of localisation in space. When the frequencies are different, the permanent localisation stays in a moving system.

The kinematical properties of standing waves of the field, propagating with the velocity of light, are formally identical with kinematical properties of matter in special relativity.

2. Almost monochromatic progressive waves

2.1. Boundary limiting conditions

A monochromatic plane wave of the form $\cos(\omega t - kx)$ is unlimited with respect to time and space, since we can choose any value for x and t , up to $\pm\infty$. This is unsatisfactory for effective practical applications. Usually, one imposes limiting supplementary boundary conditions, based on matter, behaving as source for its emission, and as detector for its reception. However, from a wave point of view, this is also quite unsatisfactory since they are of inhomogenous origin.

In order to stay in an entirely homogenous frame, we rather consider limiting conditions offered by wave packets. The simplest elementary wave packet is obtained by superposition of two progressive waves with near frequencies $\omega_1 = k_1 c$ and $\omega_2 = k_2 c$, propagating in the same direction with the velocity of light

$$\cos(\omega_1 t - k_1 x) + \cos(\omega_2 t - k_2 x) = 2 \cos(kx - \omega t) \cos \beta(\omega t - kx). \quad (14)$$

We obtain a beating wave, where the mean wave $\cos(\omega t - kx)$, with frequency $\omega = kc = (\omega_1 + \omega_2) / 2$ and wavelength $2\pi/k$, propagating with the velocity of light, is modulated by $\cos \beta(\omega t - kx)$, a wave with frequency $\beta\omega = (\omega_1 - \omega_2) / 2 = \Delta\omega / 2 = \Delta kc / 2$ and wavelength $2\pi/\beta k$, propagating also with

the velocity of light. Since $\beta < 1$, the modulating wavelength is larger than the mean wavelength, and it behaves as an envelope for it.

In a wave packet, the wave envelope behaves as a homogenous boundary condition limiting the mean wave with respect to space and time.

2.2. Almost monochromatic progressive wave definition

When the component frequencies difference becomes very small $\Delta\omega = 2\beta\omega \rightarrow 0$, the modulation amplitude $\cos \beta(\omega t - kx) \rightarrow 1$. Since $\cos \beta\omega(t - x/c) \approx 1 - \beta^2\omega^2(t - x/c)^2$, the modulation amplitude is constant to the second-order of frequency. As a consequence, we can neglect its variations when we restrict ourselves to the first-order approximation.

In the first-order approximation, a wave packet behaves as a monochromatic wave with constant amplitude. Its constant frequency ω is the mean value of the component frequencies. Its modulation frequency $\beta\omega$, very small with respect to ω , can be considered as a perturbation $\beta\omega = \delta\omega$. Consequently, the monochromatic component frequencies $\omega_1 = \omega + \delta\omega$ and $\omega_2 = \omega - \delta\omega$ define the boundaries inside which the wave packet can be assimilated to a monochromatic wave with frequency very close to the constant frequency ω : it is an almost monochromatic wave.

An almost monochromatic wave is a monochromatic wave to the first-order only, with a frequency $\omega \pm \delta\omega$ varying very slightly with respect to a constant mean frequency.

We will take into account the necessarily limited character with respect to space and time of a wave, in admitting that the field $\varepsilon(x, t)$ is basically composed of almost monochromatic waves, or monochromatic waves to the first-order only, with a frequency $\Omega(x, t)$ varying very slightly around a constant mean frequency ω :

$$\Omega(x, t) = K(x, t)c = \omega \pm \delta\Omega(x, t) \approx \omega, \quad \text{with } \delta\Omega(x, t) \ll \omega. \quad (15)$$

We will represent an almost progressive monochromatic plane wave by

$$\varepsilon(x, t) = \exp i\varphi(x, t) \quad \text{with } \varphi(x, t) = \Omega(x, t)t - \mathbf{K}(x, t) \cdot \mathbf{x} + 2n\pi, \quad (16)$$

where the second-order variation products $\delta\Omega dt \approx 0$ and $\delta\mathbf{K} dx \approx 0$, defined modulo 2π , are neglected.

2.3. The first-order approximation and geometrical optics

When we limit ourselves to first-order, the frequency $\Omega(x, t) \approx \omega$ is practically constant for $\delta t \ll 2n\pi/\omega$ and $\delta x \ll 2n\pi c/\omega$, we can then write

$$\partial\varphi/\partial t = \Omega(x, t) \approx \omega, \quad \nabla\varphi = -\mathbf{K}(x, t) \approx \mathbf{k}, \quad (17)$$

$$d\varphi(x, t) = \Omega(x, t)dt - \mathbf{K}(x, t) \cdot d\mathbf{x} \approx \omega dt - \mathbf{k} \cdot d\mathbf{x}. \quad (18)$$

The relation (1) with (16) reduces then to the eikonal equation

$$(\partial\varphi/c\partial t)^2 - (\nabla\varphi)^2 = 0 \quad \text{or} \quad \Omega^2 - \mathbf{K}^2 c^2 = 0. \quad (19)$$

Since the second-order variations $\delta\Omega$ and $\delta\mathbf{K}$ are neglected, oscillatory effects are hidden. This characterizes the geometrical optics approximation, with propagation along rays as motion trajectories [8].

2.4. The second-order approximation and wave optics

The wave properties of almost monochromatic waves are second-order approximation effects, since the frequency variation verifies $d\Omega(x, t) = d\delta\Omega(x, t)$.

From (6) and the identity $\partial\nabla\varphi/\partial t = \nabla\partial\varphi/\partial t$, we find

$$\nabla\Omega + \partial\mathbf{K}/\partial t = 0. \quad (20)$$

From (1) and (16) we obtain the second-order relation

$$(\partial\Omega/c^2 \partial t) + \nabla \cdot \mathbf{K} = 0, \quad (21)$$

which leads, with (20) to the propagation equations

$$\square\Omega = \square\delta\Omega = 0 \quad \text{and} \quad \square\mathbf{K} = \square\delta\mathbf{K} = 0. \quad (22)$$

These relations generalize the property of an elementary progressive plane wave packet (14) formed by two monochromatic plane waves, to consist of a mean wave with frequency ω , propagating with the velocity of light, modulated by a wave with frequency $\beta\omega = \delta\omega$, propagating also with the velocity of light.

A progressive almost monochromatic field consists of two levels of propagation with the velocity of light:

- mean waves, with frequency $\Omega(x, t)$, with constant high level mean value ω ;
- locally disturbed waves, or modulated waves, with small level disturbing frequencies $\delta\Omega(x, t)$.

Since the mean frequency Ω is very high by comparison with the disturbing frequencies $\delta\Omega$, an almost monochromatic field may verify simultaneously:

- geometrical optics approximation for the mean waves;
- wave optics approximation for the disturbing waves, or modulated waves.

3. Almost standing waves

3.1. Definition

A monochromatic standing wave of the form $u(kx)\psi(\omega t)$, is unlimited with respect to time and space, since we can choose any value for x and t , up to $\pm\infty$. This is unsatisfactory for effective practical applications. Usually, limiting supplementary boundary conditions, based on matter, including its role as source for its creation, are imposed. From a wave point of view, this is also quite unsatisfactory since they are of inhomogenous origin.

Like for progressive waves, which can be considered as its elementary components, we rather stay in an homogeneous frame by considering an usual monochromatic standing wave as a limit. We approximate it with an almost standing wave, almost monochromatic, with a frequency $\Omega(x, t) = \omega \pm \delta\Omega(x, t)$, varying very slightly around a constant mean frequency ω . We can represent it as solution of the field equation (1), of the form

$$\varepsilon(x, t) = U(x, t)\Psi(x, t), \quad (23)$$

where, to the first-order, the phase function $\Psi(x, t)$ and the amplitude function $U(x, t)$ take the form

$$\Psi(x, t) = \exp i\varphi(x, t) = \exp i[\Omega(x, t)t - \beta\mathbf{K}(x, t) \cdot \mathbf{x}], \quad (24)$$

$$U(x, t) = U[\mathbf{K}(x, t) \cdot \mathbf{x} - \beta\Omega(x, t)t], \quad (25)$$

with a constant velocity $v = \beta c$.

3.2. Kinematical properties

All previous properties of monochromatic standing waves remain valid to the first-order since $\Omega \approx \omega = kc$. At this level of approximation, kinematical properties of almost standing waves are identical with kinematical properties of monochromatic standing waves (4)–(13).

From (1) and (23), the eikonal equation becomes

$$(\partial\varphi/c\partial t)^2 - (\nabla\varphi)^2 - K_0^2 = (\partial\varphi_0/c\partial t_0)^2 - K_0^2 = 0, \quad \Omega^2 - (\beta\mathbf{K}c)^2 = \Omega_0^2 = K_0^2c^2, \quad (26)$$

where frequencies and wave vectors are very slightly different from their mean values. It reduces to the usual monochromatic eikonal standing wave

$$\omega^2 - (\beta\mathbf{k}c)^2 = \omega_0^2 = k_0^2c^2, \quad (27)$$

when the second-order variation frequencies $\delta\Omega_0 = \delta K_0c$ are neglected. Nevertheless, the relation (27) must be supplemented by boundary conditions, to take into account the presence of matter, and to define ω_0 or k_0 . They are then of heterogenous origin with respect to the field ε . For instance, in the simplest case (2), we set that $\cos(kx)$ is defined for $l \geq x \geq 0$, so that x is defined inside the range $\Delta x = l$. The different standing wave solutions are harmonics of the fundamental mode $\lambda_1 = 2\pi/k_1 = l$. Their wavelengths λ_n are such that, with n as integer numbers

$$\lambda_n = 2\pi/k_n = l/n, \quad \Delta k = k_{n+1} - k_n = 2\pi/l, \quad \Delta k \cdot \Delta x = 2\pi. \quad (28)$$

By using the same method for frequencies, or by setting $\omega = kc$ and $x = ct$ in (2), we obtain

$$\Delta\omega \cdot \Delta t = 2\pi. \quad (29)$$

Then, for monochromatic standing waves, the Fourier relations (28) and (29) are equivalent to material boundary conditions. As they deal only with field data, they are homogeneous.

For almost standing waves they make precise the first approximation domain in defining the variations limits for $\delta\Omega$ and δK , see [1].

From a mathematical point of view, differential equations which describe almost standing waves properties, stem from those of monochromatic standing waves through the method of variation of constants (Duhamel principle), by replacing the constant ω by the function $\Omega(x, t) = K(x, t)c = \omega \pm \delta\Omega(x, t)$, according to (15). Then, in Eq. (4), the constant k_0^2 is generalized by the mean quadratic value of $K_0(x_0, t_0) = k_0 \pm \delta_0(x_0, t_0)$,

$$\langle K_0^2(x_0, t_0) \rangle = \langle [k_0 \pm \delta K_0(x_0, t_0)]^2 \rangle = k_0^2 + \delta K_0^2(x_0, t_0). \quad (30)$$

3.3. Dynamical properties

From (1) and (23)–(25), the second-order derivatives, through the small frequency variations, lead to the dynamical properties of the almost standing waves.

3.3.1. Time stability and energy conservation

When we take into account the second-order variation for the phase φ in $\varepsilon = U \exp(i\varphi)$, at $\square\varepsilon = 0$, or $\partial^\mu \partial_\mu \varepsilon = 0$, we find, after separation of the real and imaginary parts

$$\partial^\mu \partial_\mu U - U \partial^\mu \varphi \partial_\mu \varphi = 0 \quad \text{or} \quad \partial^2 U / c^2 \partial t^2 - \nabla^2 U - U [(\partial\varphi/c \partial t)^2 - (\nabla\varphi)^2] = 0, \quad (31)$$

$$\partial^\mu (U^2 \partial_\mu \varphi) = 0 \quad \text{or} \quad \partial(U^2 \Omega) / c^2 \partial t + \nabla \cdot (U^2 \beta \mathbf{K}) = 0. \quad (32)$$

In the (x_0, t_0) rest frame of reference, $\beta = 0$ so that (32) reduces to

$$\partial(U_0^2 \Omega_0) / \partial t_0 = 0. \quad (33)$$

For a monochromatic standing wave in uniform motion, ω , β and \mathbf{k} are constant, and (32) reduces to

$$\partial u^2 / \partial t + \nabla \cdot u^2 \mathbf{v} = 0. \quad (34)$$

It is a continuity equation expressing square amplitude conservation, associated with the energy density of the field. In the rest frame of reference, it reduces to

$$\partial u_0^2 / \partial t_0 = 0, \quad (35)$$

which is consistent with the explicit time independence of the amplitude function $u_0(x_0)$ of a monochromatic standing wave, so that $\partial u_0(x_0) / \partial t_0 = 0$. Afterward, a velocity v dependent term stems from the Lorentz transformation, $u_0(x_0) \rightarrow u(x - vt)$.

The energy density conservation principle for a standing wave, stems from its space repartition time stability, which remains valid when in motion.

3.3.2. Proper energy and interaction energy

Energy density continuity equation (32) is valid for progressive waves, with $\beta = 1$, and for standing waves with $\beta < 1$, for monochromatic waves with ω and \mathbf{k} constant, and for almost monochromatic waves with varying $\Omega(x, t)$ and $\mathbf{K}(x, t)$. It shows that, in general, an energy density must be associated with $U^2 \Omega$, product of the square amplitude by the mean frequency Ω .

The property for the energy density of an almost standing wave, to be proportional to its mean frequency Ω , is consistent with the adiabatic variation of its frequency, according to its definition.

The relation $\delta\Omega(x, t) \ll \Omega(x, t) \approx \omega$, shows that its properties remain practically unchanged during a period $2\pi/\Omega \approx 2\pi/\omega$.

In (32), the total energy density is the sum of the mean wave energy density similar to a monochromatic wave (34), where the main frequency Ω is practically constant and equal to ω , and of disturbing wave with relatively very small frequency $d\Omega = d\delta\Omega$:

$$[\partial U^2 / \partial t + \nabla \cdot U^2 \mathbf{v}] + (U^2 / \Omega) [(\partial\delta\Omega / c^2 \partial t) + \nabla \cdot \mathbf{k}] = 0 \quad (36)$$

or

$$d(U^2\Omega) = \Omega dU^2 + U^2 d\delta\Omega = 0. \quad (37)$$

The first term, which remains at first-order approximation for a standing wave, represents the proper density energy variation of an almost standing wave.

The second term, represents the perturbed energy density, due to the local frequency variation $d\delta\Omega(x, t)$. The local variations $\delta\Omega(x, t)$, whose summation gives a total null result, propagate between different points of the field, in order to establish an equilibrium with a mean constant frequency ω , the same everywhere. Then, the disturbing field is an interaction field between different points of the almost standing wave.

The continuity equation for the energy density of an almost standing wave, expresses local interactions between the proper standing wave and the interactions field.

3.3.3. Stability in space: Variation principle

Position of a standing wave at rest. The simplest elementary solution, with spherical symmetry, finite at the origin of the coordinate system, for Bessel spherical functions, solutions of the Helmholtz equation (4) for standing waves with constant frequency $\omega_0 = k_0c$, has the form $u_0 = (\sin k_0r_0)/(k_0r_0)$. It represents a lumped function, with an extremum at the origin x_0 , where it oscillates between -1 and $+1$. The associated energy density $u_0^2 = [(\sin k_0r_0)/k_0r_0]^2 = 1$ is then maximum.

In the geometrical optics approximation, the proper wavelength λ_0 and period T_0 of the standing wave at rest, are infinitely small, and null at the limit; or, this is equivalent, the proper frequency ω_0 and wave vector k_0 tend towards infinity. Then, the amplitude u_0 solution of the Helmholtz equation, as well as the energy density u_0^2 , tend towards point like Dirac distribution

$$(k_0/\pi)(\sin k_0 \cdot r_0)/(k_0 \cdot r_0)_{k_0 \rightarrow \infty} = \delta(r_0). \quad (38)$$

It then behaves as a free classical material particle isolated in space.

In geometrical optics approximation, the energy density repartition in space of a standing wave at rest is point like and described by a Dirac distribution.

In general, the position x_0 of the energy density center $u_0^2(x_0)$ of a standing wave, or of its amplitude center $u_0(x_0)$, is defined by the central extremum of its space repartition spread into the whole domain. It verifies

$$\nabla_0 u_0^2(x_0) = 0. \quad (39)$$

The energy density repartition in space of a standing wave at rest is extremum at its energy density center.

The position x_0 of the energy density center of a standing wave, as a particular and remarkable point, serves to locate it, like the mass center for solid matter.

Position of a moving standing wave. When we take into account the eikonal equation (26), the relation (31) for a moving almost standing wave, leads to

$$\Delta U - (\partial^2 U / c^2 \partial t^2) + K_0^2 U = 0. \quad (40)$$

It reduces to

$$\Delta u - (1/c^2)(\partial^2 u / \partial t^2) + k_0^2 u = 0 \quad (41)$$

for the amplitude function of a standing wave, which generalizes the Helmholtz equation for a standing wave in uniform motion with velocity v , see [2]. It shows that the stability of the energy density repartition in the rest system, is not affected by the motion. In the geometrical optics approximation, its elementary solution tends toward $\delta(\mathbf{r} - \mathbf{v}t)$, since (41) is the Lorentz transform of the Helmholtz equation.

Through the Lorentz transformation $x_0 = (x - vt)/\sqrt{1 - \beta^2}$ we find the energy density center position x , of a standing wave in uniform motion with velocity \mathbf{v} . Relation (39) becomes

$$\nabla_0 u_0^2 = \nabla u^2 + (\partial u^2 \mathbf{v} / c^2 \partial t) = 0, \quad \nabla \times \mathbf{v} = 0 \quad \text{or} \quad \pi^{\mu\nu} = \partial^\mu w^\nu - \partial^\nu w^\mu = 0, \quad (42)$$

$w^\mu = (u^2, u^2 \mathbf{v} / c) = u_0(x_0)^2 (1, \mathbf{v} / c) / \sqrt{1 - \beta^2}$ is the energy density four-vector.

The four-dimensional energy density tensor $\pi^{\mu\nu}$ of a standing wave vanishes.

In (42), since u^2 is the standing wave energy density spread in space, and then a potential energy density, the term $-\nabla u^2 = -\nabla w_p = \mathbf{F}$ is a density force. In the term $\partial u^2 \mathbf{v} / c^2 \partial t$, the quotient u^2 / c^2 is a mass density; the product $(u^2 / c^2) \mathbf{v}$ is a density momentum. Consequently, with relation (42) we recover Newton's equation of motion $\mathbf{F} = dm\mathbf{v}/dt = -\nabla E_p$ applied to densities. It states that space stability repartition of a standing wave energy density, holds, either when it is at rest, (39) or in motion (42).

Relation (42) is verified if we set that the four-dimensional energy density w^μ is a four-gradient. It is mathematically equivalent to the variation equation [4]

$$\delta \int da = 0 \quad \text{or} \quad \delta \int \partial^\mu a dx_\mu = 0 \quad \text{with} \quad w^\mu = \partial^\mu a. \quad (43)$$

When we take into account the equivalence between the kinematical properties of a field standing wave and matter, we recover the general variational principle, according to which, in the context of the geometrical optics approximation.

In order to move from a point to another one, matter or light follows the trajectory of least action, so that its first variation vanishes. As a result, among all possible trajectories, only one is effectively followed.

Position of a moving almost standing wave. For of a moving almost standing wave, the continuity equation applies to the total energy density $W = U^2 \Omega = w + \delta W$, sum of the mean standing wave w and of the interactions, or disturbances δW :

$$\Pi^{\mu\nu} = \partial^\mu W^\nu - \partial^\nu W^\mu = 0, \quad \text{that is,} \quad \Pi^{\mu\nu} = \pi^{\mu\nu} + \delta \Pi^{\mu\nu} = 0. \quad (44)$$

By difference with the null four-dimensional energy density tensor $\pi^{\mu\nu}$ for a standing wave, now, the four-dimensional energy density tensor $\pi^{\mu\nu}$ for an almost standing wave no longer vanishes. In the first case, this expresses the space stability of an isolated standing wave, while in the second case, the space stability concerns the whole almost standing wave, behaving as a system composed of two sub-systems, the mean standing field with frequency $\Omega(x, t) \approx \omega$, and the interaction field with frequency $\delta \Omega(x, t)$, each one exerting an equal and opposite energy density strength $\pi^{\mu\nu} = -\delta \Pi^{\mu\nu}$ against the other [4].

The least action relation (43) extends to an almost standing wave with total energy density W ,

$$\delta \int dA = 0 \quad \text{with } W^\mu = \partial^\mu A. \quad (45)$$

4. Application to matter

4.1. Classical mechanics

In analytical mechanics of a material point, or of a material particle, its mass m remains constant in uniform motion. It is then considered as a parameter which does not depend explicitly of the space and time co-ordinates (x, t) . We admit that it obeys relativity principle, either introduced as a conjecture, according to Einstein in 1905, or as a fundamental principle, and then justified only by its consequences. It follows that the relations between the equations in a rest system and in a uniform moving system obey the Lorentz transformation, where the light velocity, as a fundamental constant, is heterogeneous to matter. As a consequence, the introduced proper energy $w = mc^2$ and momentum $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ verify the relation $w^2 - \mathbf{p}^2 c^2 = w_0^2$. We admit, as a fundamental general principle, [6,9], that the motion obeys the principle of least action s , equivalent mathematically to the Newton equation of mechanics:

$$\delta \int ds = 0 \quad \text{or} \quad \delta \int \partial^\mu s dx_\mu \quad \text{with } p^\mu = \partial^\mu s, \quad (46)$$

$$w^2 - \mathbf{p}^2 c^2 = w_0^2 \quad \text{or} \quad \partial^\mu s \partial_\mu s = m_0^2 c^2 \quad \text{or} \quad (\partial s / c \partial t)^2 - (\nabla s)^2 = m_0^2 c^2. \quad (47)$$

Since p^μ is a constant parameter, the action s is differentiable to the first-order only.

In classical electrodynamics, the electromagnetic energy of a particle $eV_0(x_0, t_0)$, which is emitted or absorbed in interactions, is very small in comparison with its proper energy $m_0 c^2$. We consider as an extended particle, a particle whose energy includes proper and interactions energy, then its electromagnetic interactions energy represents its small variations [4]

$$M_0 c^2(x_0, t_0) = m_0 c^2 \pm \delta M_0(x_0, t_0) c^2 \approx m_0 c^2, \quad \delta M_0(x_0, t_0) = eV_0(x_0, t_0) \ll m_0 c^2. \quad (48)$$

We can verify that in classical mechanics, kinematical and dynamical properties of an extended material particle are formally identical with kinematical and dynamical properties of an almost standing wave of the field, with the proper mass energy $M_0(x_0, t_0) c^2$ in correspondence with the energy density $U_0^2(x_0, t_0) \Omega_0(x_0, t_0)$.

We recover, in particular, the propagation equations

$$\square_0 M_0(x_0, t_0) c^2 = \square_0 \delta M_0(x_0, t_0) c^2 = e \square_0 V_0(x_0, t_0) = 0,$$

in a rest system, leading to $\square V(x, t) = 0$ and $\square \mathbf{A}(x, t) = 0$ in motion, as well as the minimum coupling equation for a point charged particle, with the two possible occurrences $\pm e$ for the charge in (48). For a positive charge e :

$$P^\mu = p^\mu + eV^\mu / c \quad \text{or} \quad E/c = mc + eV/c, \quad \mathbf{P} = \mathbf{p} + e\mathbf{A}/c, \quad (49)$$

$$dS = P^\mu dx_\mu \quad \text{or} \quad p^\mu = \partial^\mu S - eV^\mu / c. \quad (50)$$

Because of the coordinate dependence of the potential V^μ , and then of the momentum P^μ , the action S is derivable to the second-order, yielding the Lorentz gauge $\partial_\mu V^\mu = 0$:

$$\partial^\mu \partial_\mu = \partial_\mu P^\mu = (e/c) \partial_\mu V^\mu = 0 \quad \text{or} \quad \partial V/c \partial t + \nabla \cdot \mathbf{A} = 0. \quad (51)$$

For instance, we previously showed [4] that relation (44) applied to matter, is mathematically equivalent with the Newton's equation of motion for an extended classical particle

$$d\mathbf{P}/dt = -\nabla M c^2 + (\nabla P^2)/2M. \quad (52)$$

From (49), it reduces to the Lorentz force for a point-like charged particle

$$d\mathbf{p}/dt = e(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{H}/c). \quad (53)$$

4.2. Quantum mechanics

In quantum mechanics, the Klein–Gordon relativistic equation for a free particle with mass m_0 ,

$$\partial^2 \psi / c^2 \partial t^2 - \Delta \psi + k_0^2 \psi = 0 = \partial^2 \psi_0 / c^2 \partial t_0^2 + k_0^2 \psi_0 \quad \text{or} \quad \partial^\mu \partial_\mu \psi = -k_0^2 \psi, \quad (54)$$

with the constant k_0 defined by the fundamental Planck–Einstein–de Broglie relations

$$E_0 = h\omega_0/2\pi = m_0 c^2 = hk_0 c/2\pi, \quad \text{so that} \quad k_0 = 2\pi m_0 c/h, \quad (55)$$

becomes, for the moving particle

$$E = h\omega/2\pi = mc^2 = hkc/2\pi \quad \text{and} \quad \mathbf{p} = m\mathbf{v} = m\beta c = h\beta kc/2\pi. \quad (56)$$

The Klein–Gordon equation (54) is formally identical with the phase function $\psi_0(x_0, t_0) = \psi(x, t)$ of a monochromatic standing wave of the field (4).

Following (56), the elementary solution of (54) for a free particle takes the form

$$\psi = \exp(-i2\pi/h)(Et - \mathbf{p} \cdot \mathbf{x}) \quad \text{or} \quad \psi = \exp(-i2\pi/h)s = \exp(-i2\pi/h)p^\mu x_\mu. \quad (57)$$

The energy-momentum $p^\mu = (E/c, \mathbf{p})$ is independent of coordinates $x_\mu = (ct, -\mathbf{x})$, so that

$$\partial\psi/\partial t = (-i2\pi/h)E\psi \quad \text{and} \quad \nabla\psi = (i2\pi/h)\mathbf{p}\psi \quad \text{or} \quad \partial^\mu\psi = (-i2\pi/h)p^\mu\psi. \quad (58)$$

These relations lead to differential operators acting on the ψ function of quantum mechanics

$$E \rightarrow i(h/2\pi) \partial/\partial t, \quad \mathbf{p} \rightarrow -i(h/2\pi)\nabla \quad \text{or} \quad p^\mu \rightarrow i(h/2\pi) \partial^\mu. \quad (59)$$

This method favors and emphasizes the localized material variables of a particle, with regard to its extended wave-like ψ function. By continuity with this approach, following (56), the wave parameters ω

and \mathbf{k} are replaced by the corresponding material parameters E and \mathbf{p} in the wave Fourier relations (28) and (29), leading towards the Heisenberg uncertainty relations

$$\Delta p \cdot \Delta x = h, \quad \Delta E \cdot \Delta t = h. \quad (60)$$

It is well known that the Klein–Gordon equation (54) yields the non-relativistic Schrödinger equation of quantum mechanics, when we change the origin of energy, by considering the kinetic energy $E_c = mv^2/2 = mc^2 - m_0c^2$, instead of the proper energy $E = mc^2$. The differential Klein–Gordon equation of second degree (54), leads also to the spinor relativistic Dirac differential equations of first degree, for a free particle and its associated antiparticle, paving the way towards quantum electrodynamics, and to quantum field theories [7].

In order to obtain the Klein–Gordon relativistic equation for a bound particle with mass m_0 and electric charge e , in an electromagnetic potential $[V(x, t), \mathbf{A}(x, t)]$, following (49), we replace the constant parameters p^μ by varying $P^\mu(x, t)$, through the method of variation of constants:

$$\Psi = \exp(-i2\pi/h)[(E + eV)t - (\mathbf{p} + e\mathbf{A}/c) \cdot \mathbf{x}], \quad (61)$$

$$\Psi = \exp(-i2\pi/h)S = \exp(-i2\pi/h)P^\mu x_\mu. \quad (62)$$

Differentiation of (61) gives

$$\partial\Psi/\partial t = (-i2\pi/h)(E + eV)\Psi \quad \text{and} \quad \nabla\Psi = (i2\pi/h)(\mathbf{p} + e\mathbf{A}/c)\Psi, \quad (63)$$

leading to the quantic operators acting on the Ψ bound Klein–Gordon equation

$$E \rightarrow i(h/2\pi) \partial/\partial t - eV, \quad \mathbf{p} \rightarrow -i(h/2\pi)\nabla - e\mathbf{A}/c \quad \text{or} \quad p^\mu \rightarrow i(h/2\pi) \partial^\mu - eV^\mu. \quad (64)$$

5. Conclusion

Kinematic and dynamic equations of a monochromatic standing field, and equations of relativistic classical and quantum mechanics for a neutral particle exhibit the same mathematical structure. This structural identity holds for an almost standing field which includes a perturbation field, and an extended material particle, which includes electromagnetic energy, comparable to a perturbation with respect to the proper particle energy.

References

- [1] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, Pergamon, Oxford, 1970, p. 319.
- [2] C. Elbaz, Quelques préprérés mathématiques des ondes stationnaires, *C. R. Acad. Sci. Paris* **297** (1983), 455–458.
- [3] C. Elbaz, L'onde stationnaire et la transformation de Lorentz, *C. R. Acad. Sci. Paris* **298**(13) (1984), 543–546.
- [4] C. Elbaz, Classical mechanics of an extended material particle, *Phys. Lett. A* **204** (1995), 229–235.
- [5] L. Landau and E. Lifchitz, *Mechanics*, Pergamon, Oxford, 1960, p. 154.
- [6] L. Landau and E. Lifchitz, *The Classical Theory of Fields*, Pergamon, Oxford, 1962, p. 25.
- [7] M. Maggiore, *A Modern Introduction to Quantum Field Theory*, Oxford University Press, Oxford, 2005.
- [8] A. Maréchal, *Handbuch der Physics*, Optique, Vol. 24, 1955, p. 16.
- [9] H. Schaub and J.L. Jenkins, *Analytical Mechanics of Space Systems*, AIAA, Reston, VA, 2003.

Les Métazoaires , organismes pluricellulaires, seraient 1.4milliards d'années plus vieux qu'estimés jusqu'à présent par les paléontologues

Observation de la rédaction: Le développement d'une famille multicellulaire de dimension macroscopique (plusieurs centaines de cellules au minimum) nous donne une nouvelle chronologie du développement de la vie sur terre. Mais, si elle 'est avéré, ce qui semble résulter d'un avis convergent de spécialistes incontestés et incontestables, elle devrait déboucher sur des découvertes du même genre qui devraient nous apporter des informations sur la diversité du vivant à cette époque. Mais ensuite, il restera à faire des hypothèses sur ce qui s'est passé entre -2miliards d'années et -670millions d'années, datation actuelle de l'apparition des premiers organismes multicellulaires qui sont nos ancêtres. Il se eput que des disparitions massives et totales de multicellulaires se soient produites lors des bouleversements géologiques que la terre a connus et que la vie multicellulaire ait pu reprendre à partir des bactéries.

TEXTE DE LA COMMUNICATION de Françoise DUTHEIL

Lors de la conférence à René Descartes le 15 septembre dernier nous avons eu une déclaration de Georges Vendryès sur une découverte géologique près de Franceville au Gabon. Les métazoaires, organismes polycellulaires seraient 1,4 milliards d'années plus vieux qu'estimés jusqu'à présent par les paléontologues !! Pour plus d'informations voir :

<http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2010/06/la-vie-est-compliqu%C3%A9e-depuis-2-milliard-dann%C3%A9es-.html#tp>

Demain matin, risque d'épidémie de syncopes chez les paléontologues. La faute à Nature qui, sous une série d'images d'un fossile de plusieurs centimètres, parle de «vie multicellulaire» vieille de 2 milliards d'années ! Or, pour les spécialistes, ce genre de vie - complexe, organisée et macroscopique - ne peut être plus ancien que 670 millions d'années. Ce grand bond... en arrière suscite des réactions viscérales d'incrédulité.

Ces fossiles spectaculaires, porteurs d'une véritable révolution dans les sciences de l'évolution, ont été présentés en exclusivité mardi dernier à un groupe de journalistes dans les locaux du laboratoire Hydrasa (Hydrogéologie, argiles, sols et altérations) de l'Université de Poitiers et du CNRS.

Cet énorme pavé dans la mare scientifique est lancé par une équipe internationale réunie par une découverte issue d'un travail de routine géologique dans une carrière de grès près de Franceville, au Gabon, mené par Abderrazak El Albani, maitre de conférence à l'université de Poitiers et géologue au laboratoire Hydrasa.

C'est pourtant là (photo à gauche) qu'El Albani et son thésard gabonais Frantz Ossa Ossa mettent la main en 2008 sur de premiers fossiles. Visibles à l'œil nu, si nombreux qu'on peut en trouver plusieurs dizaines au mètre carré et dans un état de conservation tout simplement miraculeux. Ils prennent des photos et en rapportent quelques échantillons à Poitiers.

Peu familiers des formes de vies les plus anciennes, ils contactent quelques paléontologues, envoient les photos, leur proposent de venir à Poitiers examiner leur collection. Rusé, El Albani cache souvent la date des roches à ses interlocuteurs. Leur première réaction les conduit donc à identifier ces fossiles à la faune d'Ediacara il y a 670 millions d'années. C'est la première faune macroscopique connue, les premiers

«métazoaires», disent les spécialistes, des êtres aux corps mous, vivant en eau peu profonde. Les spécimens gabonais les plus gros - jusqu'à 12 cm - se voient même proposer des dates plus récentes encore. Puis, lorsque le malicieux géologue révèle la datation des terrains, deux milliards d'années, c'est la stupéfaction. «Impossible !», s'entend-il rétorquer. Des portes se ferment avec, parfois même, le refus de tout nouveau contact par crainte du ridicule auprès des collègues.

Cette crainte s'explique. L'un des signataires de l'article de Nature, Alain Meunier (Professeur à l'Université de Poitiers), précise que cette découverte met en cause toute l'histoire de l'émergence de la vie telle que «nos cours la présentent». Rigolard, il conclut : «en septembre, je change le cours».

La publication de cet article par Nature est l'aboutissement d'un long processus, arbitré par un processus de peer review («revue par les pairs») particulièrement exigeant. Selon un adage bien connu des labos, où l'on professe un conservatisme éclairé, il faut des «preuves extraordinaires» à l'appui d'une «proclamation extraordinaire». Ces preuves, ces arguments solides ont été apportés par une équipe internationale de 21 chercheurs réunie autour d'El Albani. On y relève le paléontologue suédois Stefan Bengtson, l'Américain Donald Canfield, Emmanuelle Javaux (Liège), Andrey Bekker. Des moyens d'investigation performants ont été mobilisés (sonde ionique, microtomographie en rayons X, le synchrotron national suisse au Paul Scherrer Institute, spectromètres de masse...) pour des analyses géochimiques et morphologiques d'une précision exceptionnelle.

Curieusement, la datation - élément clé de la découverte - ne soulève que peu de discussion. La région est labourée depuis cinquante ans par les géologues français, à la recherche de gisements d'uranium. Une région célèbre dans les milieux géologiques et nucléaires, car c'est là, à moins de 30 km du site paléontologique, que des réacteurs nucléaires naturels ont fonctionné il y a 2 milliards d'années, celui d'Oklo étant le plus étudié.

La qualité des fossiles laisse pantois. Les magnifiques couches d'argile, d'un gris perle, très fin et uniforme, ont été préservées depuis deux milliards d'années par une ceinture de roches plus anciennes et très solides. Peu chauffées, peu bousculées, peu comprimées, ces argiles sont un cadeau rarissime de la nature pour une période aussi ancienne.

Le milieu a donc pu être caractérisé avec précision : un fond de mer peu profond, 30 à 40 mètres, proche d'un delta fluvial, où l'on peut encore lire les traces des marées.

Les cadavres ont subi un processus de fossilisation rapide et efficace. En 80 jours environ après leur mort, des bactéries ont transformé des corps probablement gélatineux et pleins d'eau, tout juste aplatis, en une multitude de cristaux de pyrites formant un ensemble solide inaltérable par l'argile qui s'est doucement déposée sur eux. Une aubaine de paléontologue.

Ces fossiles, faciles à détacher de leur gangue argileuse, ont subi de nombreuses analyses. Arnaud Mazurier, ingénieur de la société ERM à Poitiers, fait visiter dans le sous-sol du laboratoire un équipement de microtomographie à 350 000 euros, capable de scanner aux rayons X les fossiles avec une précision diabolique, permettant d'en tirer le portrait en trois dimensions. Ces portraits ont de quoi troubler. Sur les plus de 250 fossiles récoltés, une quinzaine de formes se distinguent, avec des tailles variées. L'image d'une biodiversité, d'un écosystème ?

Les analyses géochimiques montrent que la matière organique à l'origine des fossiles est bien biotique et non un artefact minéral mimant des formes de vie. Et plus encore, un «biomarqueur typique d'organismes eucaryotes, plus complexe que les bactéries», explique El Albani, a été mis en évidence.

Cette découverte nécessairement «majeure», affirme Philippe Janvier, du Muséum national d'histoire naturelle, soulève pourtant plus de questions qu'elle n'apporte de réponses. Malgré la précision

des reconstitutions en 3D, la nature précise de ces êtres demeure mystérieuse. Au point que Janvier, pourtant co-signataire de l'article, rechigne à assumer sa conclusion principale qui parle de «macro-organismes». Et évoque la possibilité d'assemblage d'unicellulaires échangeant informations et matières. S'agit-il de colonies d'organismes, qui occupent le fond de la mer... ou d'organismes coloniaux, premier regroupement d'unicellulaires préfigurant les véritables êtres multicellulaires ? La seconde interprétation rassure ceux qui hésitent devant la radicale nouveauté. Pourtant, aucune colonie bactérienne ou de protistes ne montre le degré de complexité des fossiles gabonais, mêlant, par exemple, une structure centrale de grande taille et une sorte de collerette plus fine autour.

Cette hésitation de Janvier annonce un furieux débat entre spécialistes où les arguments vont s'échanger comme les obus à Gravelotte. Car si ces fossiles sont bien ceux d'organismes complexes, dotés de fonctions biologiques leur permettant d'exploiter leur environnement et d'une reproduction, la réécriture de l'histoire de la vie devient radicale.

Imaginez la Terre il y a 2,1 milliards d'années. Avec une Lune si proche que les marées sont gigantesques. Un jour plus court de plusieurs heures tant la planète tourne vite sur elle-même. Un soleil masqué par une atmosphère épaisse, rougeâtre, plus dense qu'aujourd'hui et si chargée en gaz carbonique qu'elle tuerait net un respirateur d'oxygène comme nous. Mais, depuis peu, la teneur en oxygène est brusquement montée à 10% de l'actuelle. Trop peu, encore, pour qu'une barrière d'ozone protège la Terre des UV agressifs du Soleil, mais suffisamment pour que l'oxygène pénètre 30 à 40 mètres sous la surface des océans... et donc permette l'émergence d'êtres de grande taille au métabolisme élevé, consommateur d'oxygène.

Si cette histoire est vraie - c'est l'opinion d'El Albani - plusieurs questions surgissent. Ces premiers êtres multicellulaires sont-ils reliés, génétiquement à la vie actuelle, via la faune d'Ediacara ? Si c'est le cas, les horloges moléculaires utilisées pour reconstruire les généalogies entre grandes classes d'êtres vivants sont caduques. On peut s'attendre à une vigoureuse contre offensive des tenants de ces techniques.

Si cette continuité constitue la véritable histoire, pourquoi n'en voit-on aucune trace dans les archives géologiques ? Lacune de la documentation et une vie restée «cachée» ? Possible... Mais une autre hypothèse surgit. Et si une chute ultérieure de la teneur en oxygène, ou une autre variation de l'environnement, avait éradiqué cette première expérience de vie macroscopique ? L'absence de preuve deviendrait alors... la preuve d'une absence. Un raisonnement toujours délicat à soutenir. Il faut de surcroît accepter l'idée d'une deuxième invention de la vie multicellulaire et macroscopique.

Cette découverte ouvre de nouvelles pistes. La plus urgente, c'est de sanctuariser le site. Cela suppose une discussion avec la société gabonaise qui exploite la carrière et une intervention politique. Il serait avisé de le faire avant qu'une université fortunée d'outre Atlantique n'achète le terrain, souligne mi-figure mi-raisin El Albani. Ensuite, chercher d'autres sédiments argileux de la même époque, au Brésil par exemple. Enfin, pousser l'analyse de la collection déjà réalisée puisque moins de la moitié l'a été pour l'article de Nature. L'enjeu est tel que l'élucidation de la nature des fossiles recueillis justifie un effort exceptionnel.

Cette traque de l'argile terrestre rejoint la découverte publiée le 25 juin dans Science par une équipe franco-américaine: il y a 4 milliards d'années, Mars a pu abriter des océans importants qui ont laissé des argiles. Aujourd'hui pour l'essentiel recouvertes par des roches volcaniques, extraites du sous-sol par le bombardement cosmique. Et «c'est là», insiste Jean Pierre Bibring (Institut d'Astrophysique spatiale d'Orsay) qu'il faut chercher d'éventuels signes de vie ou de pré-vie. Vous cherchez la vie, traquez l'argile.