

BULLETIN N° 166
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mercredi 12 juin 2012:
Conférence de Patrick HENNEBELLE
Astronome-adjoint Université Paris Sud
Laboratoire de Radioastronomie, École Normale Supérieure
« De la formation des étoiles à la dynamique des disques protoplanétaires »

Prochaine séance :
mardi 11 septembre à 17h30 Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris
Conférence de Marc OLLIVIER
Astronome à l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay
Directeur du programme interdisciplinaire du CNRS
"Environnements Planétaires et Origines de la Vie" (EPOV)

«Exoplanètes et Recherche de la vie»

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
VICE PRESIDENT : Pr Jean-Pierre FRANÇOISE
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Claude ELBAZ

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

MEMBRE S CONSULTATIFS DU CA :
 Gilbert BELAUBRE
 François BEGON
 Bruno BLONDEL
 Patrice CROSSA-REYNAUD
 Michel GONDRAN

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUJJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr Brigitte DEBUIRE

SECTION DE NICE :
PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :
PRESIDENT : Pr Pierre NABET

juin 2012

N°166

TABLE DES MATIERES

- P. 03 Compte-rendu de la séance du mardi 12 juin 2012
- p.11 Compte-rendu de la section Nice Côte d'Azur du 19 avril 2012
- p.16 Compte-rendu de la section Nice Côte d'Azur du 16 mai 2012
- P. 21 Annonces
- P. 24 Documents

Prochaine séance:

mardi 11 septembre à 17h30 Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris

Conférence de Marc OLLIVIER
Astronome à l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay
Directeur du programme interdisciplinaire du CNRS
"Environnements Planétaires et Origines de la Vie" (EPOV)

«Exoplanètes et Recherche de la vie»

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

Séance du
Mardi 12 juin 2012

Maison de l'AX 17h30.

La séance est ouverte à 17 h30 sous la Présidence de Victor MASTRANGELO et en la présence de nos collègues Gilbert BELAUBRE, Michel BERREBY, Alain CARDON, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Claude ELBAZ, Irène HERPE-LITWIN, Jacques LEVY, Pierre MARCHAIS, Alain STAHL.

Etaient excusés François BEGON, Bruno BLONDEL, Michel CABANAC, Daniel COURGEAU, Françoise DUTHEIL, Jean -Pierre FRANCOISE, Robert FRANCK, Michel GONDRAN, Walter GONZALEZ, Marie-Louise LABAT, Gérard LEVY, Saadi LAHLOU, Valérie LEFEVRE-SEGUIN, Emmanuel NUNEZ, Pierre PESQUIES, Alain STAHL.

I) La séance est dédiée à la Conférence de Patrick HENNEBELLE, du Laboratoire de Radioastronomie de l'École Normale Supérieure:

« De la formation des étoiles à la dynamique des disques protoplanétaires »

Notre Président nous présente notre conférencier:

Patrick HENNEBELLE est Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. Normalien, agrégé de physique, il a obtenu une Thèse de Physique en 2000 à l'ENS-Observatoire de Paris sous la direction de Michel Pérault (Formation et Evolution de la Structure dans le milieu interstellaire).

De 2001 à 2003 il a été post-doctorant à l'Université de Cardiff en Grande Bretagne au département de physique et d'astronomie où il a travaillé dans le groupe de travail sur la formation des étoiles. de 2003 à 2005 il a été post-doctorant à l'ENS Observatoire de Paris où il a obtenu un poste d'Astronome adjoint.

En 2008 il a obtenu la médaille de bronze du CNRS et en 2010 la prime d'excellence scientifique.

De 2003 à 2009 il a à la fois enseigné l'astrophysique à de jeunes normaliens et la physique à des étudiants de l'Université Pierre et Marie Curie. Depuis 2009 il y enseigne la physique ondulatoire. Depuis 2012 il enseigne en master d'astrophysique et il est en charge de la préparation du concours de l'ENS.

Il a participé à de très nombreux colloques sur le milieu interstellaire et est "referee" dans des publications telles que Astronomy and Astrophysics, Astrophysical Journal, Monthly notices of the Royal Astronomical Society, Nature, Publication of Astronomical Society of Japan, Journal of applied mathematics. Il a également participé à l'élaboration de nombreux projets. Il est également l'auteur de plus de plus de 45 publications internationales.

Par ailleurs il est membre des organismes suivants:

2007-: chercheur associé au Commissariat à l'énergie atomique, Saclay)

2007-2010: membre du réseau européen CONSTELLATION (PI: Mark Mc Caughrean)

2008: participation à l'élaboration scientifique du programme national "Physique et Chimie du Milieu Interstellaire". Contribution au rapport final.

2009-: membre du conseil scientifique du PCMI (programme national de physique et chimie du milieu interstellaire)

2009-: élu au conseil du laboratoire I of LERMA (laboratoire d'études du rayonnement et de matière en astrophysique)

2010: membre du panel du comité de l'Observatoire du Sud de l'Europe (P87, P88)

2011: membre du conseil scientifique de l'Université Pierre & Marie Curie (UPMC)

Exposé du conférencier

1°) Le plan de l'exposé peut se schématiser ainsi:

Petite histoire de l'univers
Qu'est-ce qu'une étoile ?
Comment se forment les étoiles ?
La dynamique des disques protoplanétaires
Les contraintes des météorites

2°) A l'aide de splendides diapositives notre conférencier nous retrace **l'histoire de notre Univers** qui aurait été à l'origine très dense et très chaud. Les petites fluctuations énergétiques auraient entraîné la formation des galaxies.

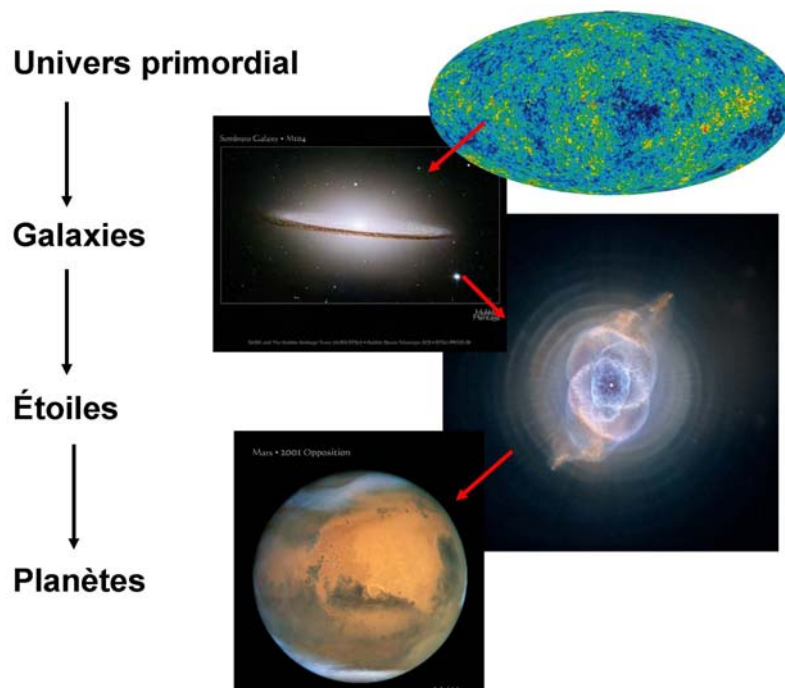
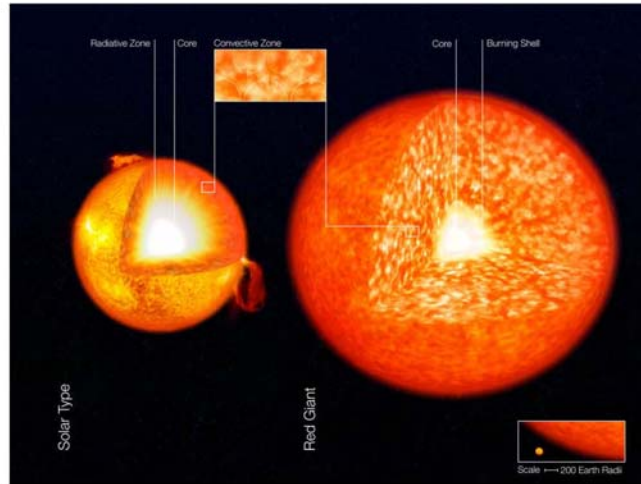


Figure 1: Schéma évolution de l'Univers

3°) **Notre soleil** posséderait un centre très chaud émettant des photons en périphérie. Il ne posséderait pas une structure uniforme et posséderait des couches de convection et de radiations entraînant des réactions nucléaires avec synthèse d'éléments lourds tels que le carbone à partir des éléments légers initiaux H2 et He.



The Structure of Stars

ESO Press Photo 00/07/16 11:00/07

Figure 2 : Structure des Etoiles

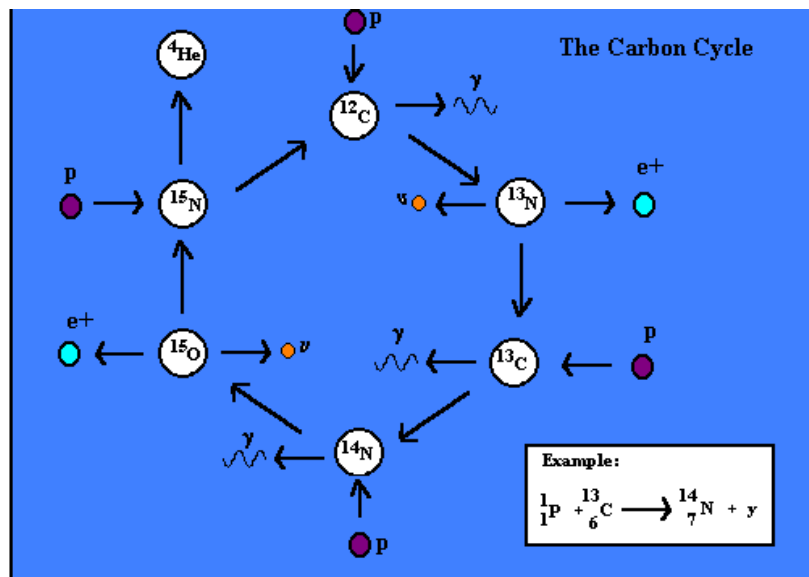


Figure 3 : réactions nucléaires à partir du carbone

4°) Il nous présente également les outils d'observation:

1) IRAM : interféromètre, Domaine radio millimétrique (6 antennes)/ IRAM 30m Grenade



Figure 4 : Interféromètre d'Atacama

2) ALMA: Atacama Large Millimeter Array 64 antennes situé à 5000m d'altitude avec un pouvoir de résolution sans précédent

3) Le télescope spatial Herschel qui vient d'être lancé → Ouverture d'un nouveau domaine spectral
Le télescope est sensible à des radiations non visibles (UV, IR, γ).

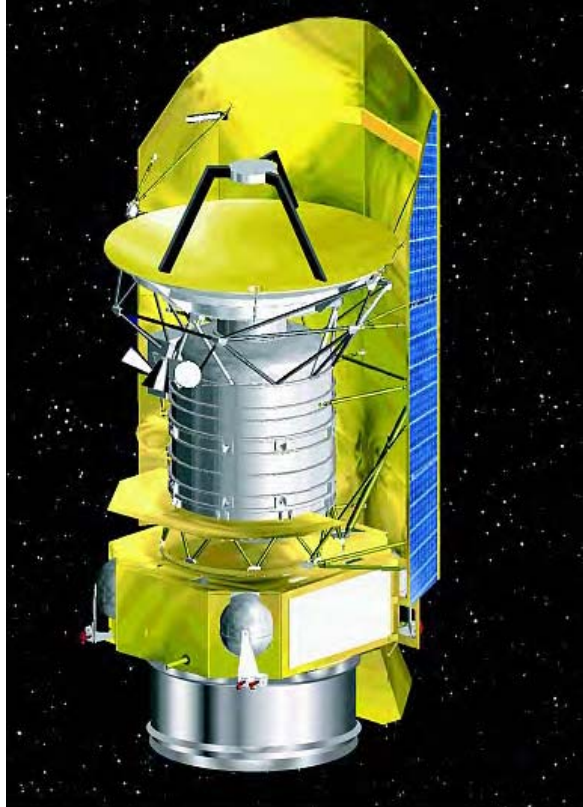


Figure 5: télescope spatial Herschel

Notre Galaxie offre des images différentes selon les traceurs moléculaires et les radiations recherchées. Il existerait d'importants amas de gaz moléculaires eux-mêmes à l'origine de la formation des étoiles.

5°) Formation des étoiles

Les étoiles se forment au sein des nuages moléculaires eux-mêmes animés de mouvements internes turbulents et supersoniques. La turbulence violente du gaz entraîne des compressions et donc une augmentation des forces de gravitation aboutissant pour finir à des effondrements gravitationnels.

6°) **Champ magnétique**

Il influence fortement l'évolution des galaxies. Sa présence résulte elle-même d'événements antérieurs. Il joue un rôle important dans la dynamique du gaz et dans les forces de Lorentz. (polarisation de la lumière par un champ magnétique). Le rôle de l'énergie magnétique est comparable à celui des énergies thermiques ou électriques.

7°) **Gravité et contraction du gaz**

Sous l'effet de la gravité le gaz moléculaire se contracte et forme des **cœurs préstellaires**. L'augmentation de la densité entraîne elle-même un refroidissement puis un certain équilibre isotherme avec effondrement du gaz.

Les étoiles se forment rarement seules. Elles sont généralement associées à un compagnon.

8°) **Conservation du moment cinétique/équations régissant les mouvements des particules**

La conservation **du moment cinétique global** (voir formulaire d'équations figure 7) des objets est fondamentale . Au cours de l'effondrement gravitationnel, la rotation est amplifiée (comme un patineur qui ramenant les bras, accélère). Il en résulte la formation de **disques circumstellaires**.

L'accrétion du gaz sur l'étoile en formation est toujours accompagnée d'émission de jets de matière très rapides et très collimatés. De la rotation amplifiée résulte la formation de disques circumstellaires dans lesquels la force centrifuge domine la gravité. Il en résulte la formation de sortes de "crêpes" plates, ou **disques d'accrétion** qui jouent un grand rôle ensuite dans la formation des planètes. (Voir figure 6).

Une étoile résulte d'une interaction à n corps provoquant des amas divers.

9°) **Accrétion du gaz**

L'accrétion du gaz autour de l'étoile s'accompagne toujours d'émissions et de jets de matière très rapides (Figure 6).

10°) **Evolution du disque protoplanétaire**

La force centrifuge est égale et opposée à la force de gravité pour assurer la stabilité du disque. Ceci entraîne une durée de vie du disque qui peut aller de un million d'années à 10 millions d'années....

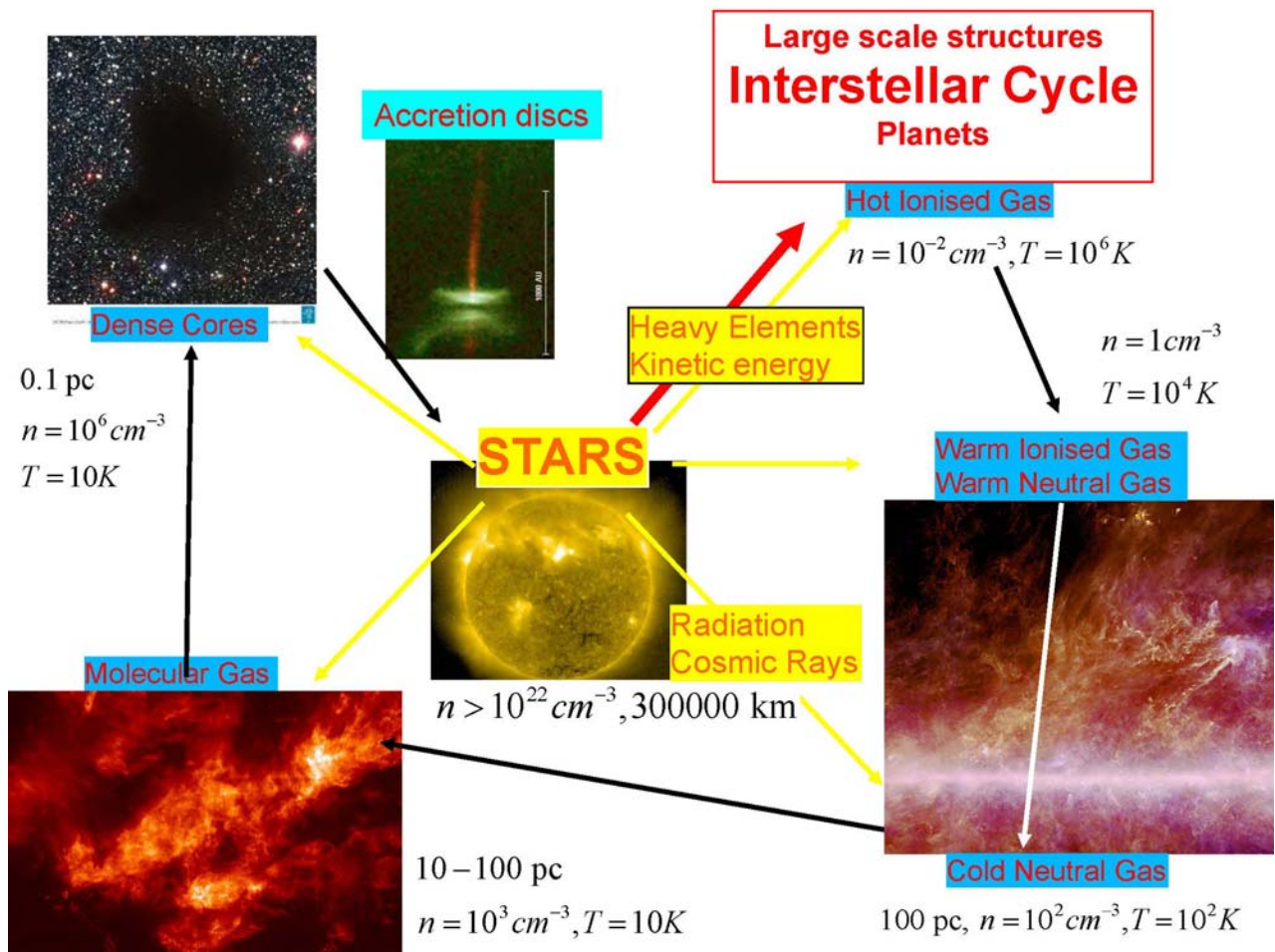


Figure 6 :Cycle interstellaire- Planètes

(Spitzer 1978, Shu 1992)

Equation of state: $P = k_b / m_p \rho T$

Ionisation Equilibrium: $\rho \gg \rho_i, \rho_i = c \sqrt{\rho} \quad (\rho > 10^3 \text{ cm}^{-3})$

Energy Equation: $\partial_t e + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} e + (\gamma - 1) e \vec{\nabla} \cdot \vec{v} = -L$

Continuity Equation: $\partial_t \rho + \nabla(\rho \vec{v}) = 0$

Momentum Conservation:

Mom. Cons. for ions: $\rho(\partial_t \vec{v} + \vec{v} \nabla \vec{v}) = -\vec{\nabla} P + \rho \vec{\nabla} \phi + v_{in} \rho \rho_i (\vec{v}_i - \vec{v})$

Induction Equation: $\rho_i (\partial_t \vec{v}_i + \vec{v}_i \nabla \vec{v}_i) = v_{in} \rho \rho_i (\vec{v} - \vec{v}_i) + \frac{1}{4\pi} \vec{\nabla} \vec{B} \times \vec{B}$

Poisson Equation: $\partial_t \vec{B} + \vec{\nabla}(\vec{B} \times \vec{v}) = 0$

Poisson Equation: $\Delta \phi = -4\pi G \rho$

Figure 7: Equations régissant les transformations

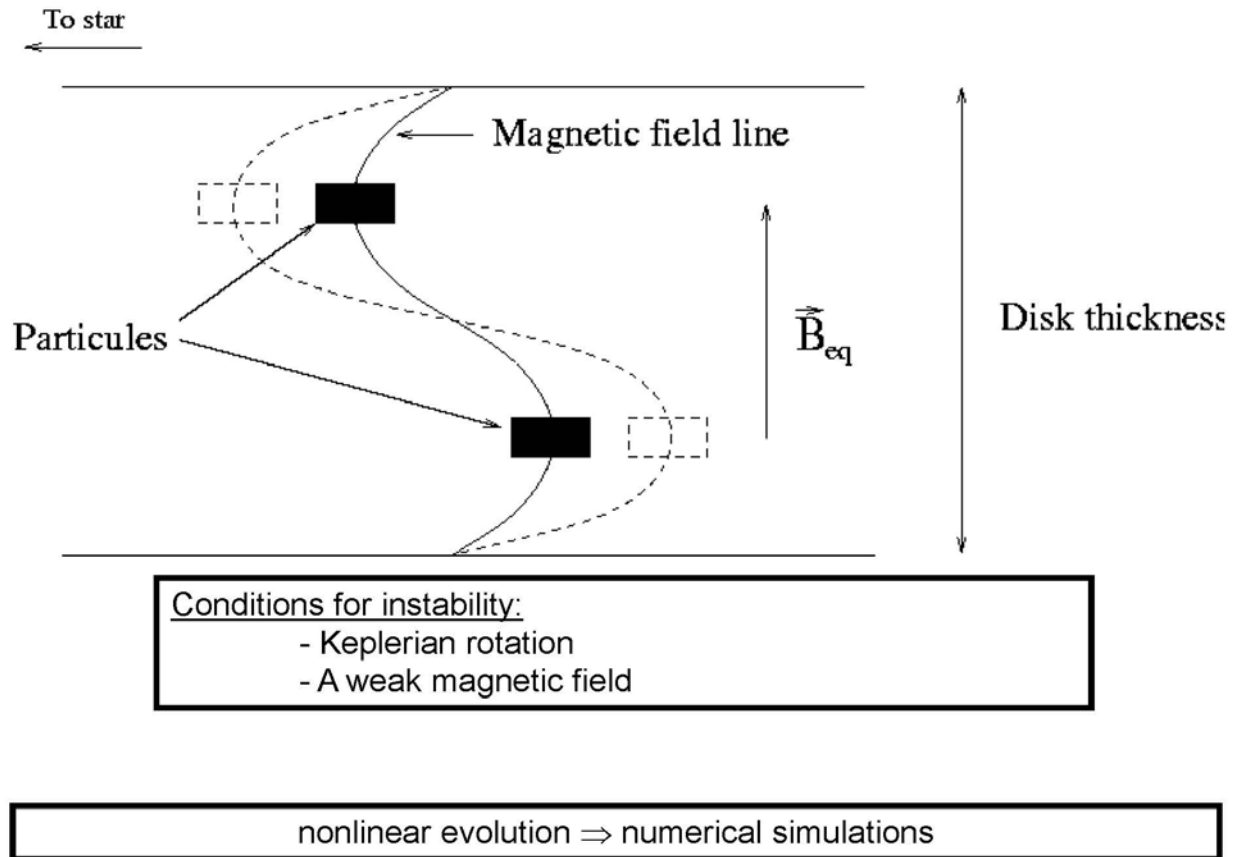
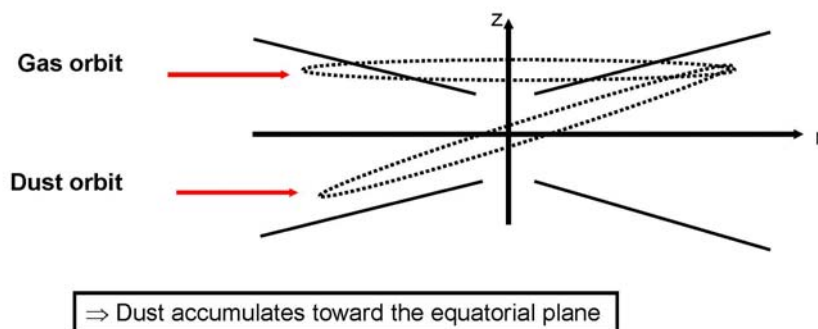


Figure 8 : Instabilité magnéto-rotationnelle selon Balbus et Halvey 1991

11°) Une certaine **instabilité magnéto-rotationnelle** affecte ensuite le disque protoplanétaire voir figure 8:

12°) **Coagulation des poussières** (voir figure 9)



Coupling between gas and solids

$$F_{drag} = m_p \frac{\rho_s}{\rho_{dust} a} (v_g - v_{dust}) = m_p \frac{v_g - v_{dust}}{\tau_s}$$

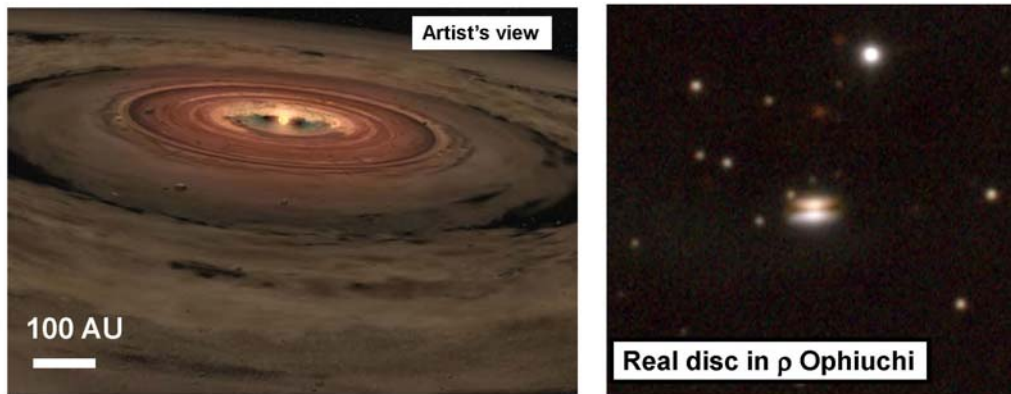
Figure 9 : Les planètes résultent de la coagulation des poussières

Selon les circonstances, elles acquièrent des orbites différentes. Ainsi les grosses planètes s'écartent de l'étoile et se déplacent lentement (migration de type II) tandis que les petites planètes se déplacent rapidement et à plus faible distance (migration de type I).

13°) Rôle des météorites

Les météorites semblent jouer un rôle important dans les planètes assujetties à des migration de type I comme la Terre. Notre planète est ainsi riches en chondrites, sédiments cosmiques (voir figure 10)

★ Chondrites' components (CAIs, matrix, chondrules) formed and aggregated in the solar accretion disc 4.6 Ga ago



★ Chondrites agglomerated to form large asteroids, some of which differentiated [metal-silicate segregation]

Figure 10: Nos hypothèses: les composants "Chondrites" se sont formés et agrégés dans le disque d'accrétion solaire il y a 4,6 giga-années.

14°) En conclusion:

- Les étoiles jouent un rôle central dans notre univers, aussi bien pour les grandes structures (les galaxies) que pour les planètes et la vie qui peut s'y développer.
- Leur formation met en jeu des processus physiques aussi complexes que variés tels que le champ magnétique, la turbulence et la gravité.
- La compréhension de ce phénomène nécessite l'utilisation conjointe des grands télescopes et des calculateurs massivement parallèles.
- La formation des disques protoplanétaires est concomitante de la formation des étoiles.
- L'étude des météorites nous renseigne sur les origines de la nébuleuse primordiale

Quelques questions sont ensuite posées au conférencier concernant la nature des molécules formant les gaz primitifs.

II) Questions diverses

1°) Notre Président après avoir remercié notre Conférencier pour sa brillante présentation, nous fait part de la candidature de Jean SCHMETS, mathématicien et Professeur à l'Université de Liège en Belgique. Après lecture de son CV et de sa lettre de motivation sa candidature est soumise au vote et acceptée à l'unanimité des votants.

Après quoi, notre séance prend fin,

Compte-rendu de la section

Nice-Côte d'Azur

O mon âme, n'espère pas à la vie éternelle, mais épuise le champ des possibles.

Pindare

Compte rendu de la séance du 19 avril 2012

(158^{ème} séance)

Présents :

Richard Beaud, René Blanchet, Patrice Crossa-Raynaud, François Cuzin, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Pierre Delmont, François Demard, Pierre Gouirand, Yves Ignazy, Jacques Lebraty, Maurice Lethurgez.

Excusés :

Jean Aubouin, Jean-François Mattéi, Daniel Nahon, Maurice Papo, Jean-Marie Rainaud. (Maurice Lethurgez s'était excusé pour la séance du 15 mars 2012).

1- Approbation du compte rendu de la 157^{ème} séance.

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

2- Le mois écoulé.

- a) Il est rappelé à ceux qui l'auraient oublié qu'ils ont à verser les soixante euros de la cotisation.
- b) La déglaciation. René Blanchet fait état des nombreux travaux qui ont été effectués sur différents glaciers du monde. Ils ont fait l'objet d'une publication dans « Nature » qui montre qu'il y a eu, entre -17000 ans et -14000 ans, une augmentation très brutale de la température suivie d'un dégagement important du CO₂ et d'une remontée aussi rapide du niveau de la mer, de l'ordre de dix à quinze mètres. Ce phénomène ne pouvait évidemment pas être, à l'époque, d'origine anthropique mais très probablement océanique. Or les modèles actuels sur l'évolution du climat négligent un peu trop le rôle des océans.

3- Programme des prochaines conférences.

Le 23 mai, M. Namouni, astronome : « Les exoplanètes, de Descartes à Kepler »

Le 27 juin, notre confrère Jean-François Mattéi : « Les civilisations sont diverses : y a-t-il une supériorité de la civilisation occidentale ? »

Le mardi 25 septembre : Pierre Gouirand : «

Le mardi 30 octobre : M. Louis Trabut : «

Le mardi 27 novembre : à définir

A examiner les sujets des conférences qui ont été tenues lors des deux années précédentes, on observe que nous nous sommes plusieurs fois écartés du thème prévu de « La diversité ». Nous avons par exemple abordé plusieurs fois celui de la géopolitique. On pourrait donc imaginer, à l'avenir, que nous puissions aborder simultanément d'autres thèmes. Ont été proposés : la continuité, la géopolitique (suite), la transparence et la mythologie. Ces thèmes sont tous très intéressants mais ils méritent d'être explicités. A savoir de préciser les sujets des exposés et les noms des conférenciers qui peuvent les aborder, si possible localement.

4- Les ARNs: François Cuzin.

Actuellement les travaux sur les ARN constituent un véritable choc disciplinaire –l'ouverture d'un nouveau champ de recherche– en fait l'élargissement d'un champs ouvert depuis des années pour les spécialistes. Ils posent plus de questions qu'ils n'apportent de réponses.

L'ARN est une molécule très proche, sur le plan chimique, de l'ADN mais elle est en fait très différente par sa structure (un seul brin) et son mode de développement dans la cellule. Ces molécules sont beaucoup plus petites que les molécules d'ADN.

Elles sont formées de quelques milliers d'éléments alors que dans l'ADN, ils sont répétés plusieurs milliards de fois. Ce sont des molécules dont on connaissait certaines fonctions depuis longtemps, essentiellement dans les ribosomes qui sont le lieu de synthèse des protéines dans les cellules. Ils sont connus depuis fort longtemps : ce sont des assemblages complexes d'ARN. Comme la majorité, sinon la totalité des ARNs, ils fonctionnent toujours sous la forme d'assemblages avec des protéines. On parle d'ailleurs plus de « ribonucléoprotéines » que d'ARN.

Ensuite sont découverts les ARNs qui assurent la traduction du code génétique pour la synthèse des protéines : ARNs de transfert et, inclus dans le modèle de Jacob et Monod (1961), la prédiction d'ARNs messagers qui sont synthétisés au contact du gène et qui apportent la séquence d'information pour la synthèse des protéines.

On a vécu comme cela avec *tous les* ARNm responsables de la synthèse des protéines jusqu'aux années 2000. On avait pourtant quelques indications tendant à montrer que les ARNs devaient servir à autre chose. En particulier parce que l'on a montré depuis longtemps que certains virus ont pour génome des ARNs qui ont alors le même rôle que l'ADN pour la conservation des informations génétiques.

Les travaux récents élargissent en fait le champ d'application de concepts qui étaient déjà établis, par exemple le rôle des ARNs dans la structure de la chromatine, l'activité enzymatique des ribozymes, etc. Les exemples donnés dans la suite (épigénétique du chromosome X, ribozymes) se réfèrent souvent à des travaux initiés il y a des années, voire des décennies.

On a d'abord découvert que des ARN de petite taille, beaucoup plus souples dans leur structure que les très longues molécules d'ADN, fonctionnent comme des protéines. On sait que, par repliement, elles peuvent créer des structures tridimensionnelles qui leur permettent d'interagir avec d'autres, en particulier des substrats de petites molécules et de servir de catalyseur dans les réactions chimiques à l'intérieur de la cellule. On parle donc de *ribozymes* pour désigner ces ARN qui ont un rôle de catalyse dans la cellule.

Il en est découlé des spéculations sur l'origine de la vie pour laquelle on doit faire l'hypothèse de molécules capables de véhiculer une information et de la reproduire.

Or l'ARN est capable de cela. Certains ARN, dans leur fonction de catalyse enzymatique, peuvent permettre des synthèses, dans la mesure où les substrats nécessaires sont présents dans le milieu, pour catalyser des chaînes identiques et donc de se reproduire. On peut ainsi avoir dans un tube à essai un système chimiquement parfaitement défini dans lequel on va voir ces molécules d'ARN se reproduire et s'accumuler.

Ce qui manque pour l'instant, pour imaginer une évolution disons darwinienne, c'est l'élément sélection. Est-ce que dans cette opération on va voir se reproduire des molécules d'ARN et certains types de molécules émerger pour qu'elles soient sélectionnées.

Si des molécules d'ARN et des protéines s'étaient ainsi associées dans la « soupe primitive » il y a quatre milliards d'années, elles auraient pu initier le développement de structures autoreproductibles qui pourraient être à l'origine de la vie (avec beaucoup de conditionnels, tout ceci reste essentiellement spéculatif).

Il est un autre domaine où se situe l'explosion des connaissances, c'est celui de la cellule où on trouve des classes d'ARN nouvelles. Notamment des petits ARN de l'ordre d'une vingtaine de nucléotides qui interviennent dans la modulation de l'expression de gènes très bien définis. Chacun de ces micro-ARN est en charge d'un gène dont il va régler le niveau d'expression. Cela est crucial au niveau du développement d'un individu. C'est ainsi que l'on a trouvé des déviations pathologiques qui, se produisant au départ au niveau de l'activité de ces ARN, sont à l'origine de processus cancéreux. Beaucoup de chercheurs pensent qu'on a là une piste pour agir directement sur ces éléments régulateurs particuliers.

Les *piARNs* sont une autre classe très importante dans les processus de reproduction, aussi bien mâle que femelle, chez les mammifères.

Une des découvertes faites à l'occasion des perfectionnements du séquençage du génome via l'ADN de nos chromosomes est qu'une petite partie seulement est utilisée pour la synthèse des protéines : environ 3 % seulement de l'ADN du noyau. 97 % du reste est pourtant fonctionnel et sert essentiellement à la synthèse d'ARN, certains très courts, d'autres très longs, qui sont synthétisés de manière coordonnée dans la cellule. Le nombre de ces ARNs découverts augmente de jour en jour du fait du développement des techniques rapides de séquençage. Les données descriptives sont accumulées à un rythme plus rapide que l'analyse des fonctions, laquelle exige des investissements à plus long terme. On accumule des connaissances qui nous permettent déjà de dessiner les contours de la science de demain.

Plusieurs groupes de chercheurs ont abordé l'étape à plus long terme de suppression sélective chez la souris d'ARNs déterminés. Les premiers résultats connus laissent encore les questions ouvertes, les animaux qui sont privés des deux premiers ARNs ainsi étudiés se portent comme un charme. Mais une souris de laboratoire vit dans des conditions très artificielles qui n'ont rien à voir avec celles de ses cousines vivant dans la nature.

Il reste encore des centaines d'autres ARN à étudier mais pour la raison explicitée dans l'exemple précédent, les choses ne seront donc pas simples.

Enfin, certains de ces ARN sont impliqués dans le processus épigénétique, c'est-à-dire dans le contrôle de l'expression de gènes ou de groupes de gènes. L'un des premiers exemples a été la suppression par un jeu compliqué d'« ARNs régulateurs » de l'expression de la totalité des gènes portés par le chromosome X chez la femelle des mammifères. Le génome du mâle, homme ou animal, ne comporte qu'un chromosome X associé à un chromosome différent, Y. Le génome femelle comporte deux chromosomes X et pas de Y. Une double dose de gènes du X, donc des protéines correspondantes, ne permettrait pas le fonctionnement normal de la cellule femelle. Une expression équivalente dans les deux sexes est assurée par le blocage de l'ensemble de l'un des chromosomes X de la femelle.

Plus récemment, de petits ARNs ont été impliqués dans une hérédité épigénétique très différente de l'hérédité mendélienne. Par exemple, un des phénomènes médicaux actuels est la recrudescence épidémique du diabète dans nos sociétés. On sait que cela vient évidemment d'une nutrition anormale (le

régime « McDo ») mais on sait maintenant que le père obèse et diabétique transmet la maladie à sa descendance, même si celle-ci a retrouvé un régime alimentaire sain. Cela a été montré très bien chez la souris avec une nourriture trop riche en graisses. Les ARN des testicules des mâles induisent la même pathologie.

Patrice Crossa-Raynaud : l'ARN pourrait-il être à l'origine de l'ADN ?

François Cuzin : qui peut savoir ? Il est possible qu'un ARN particulier ait réussi à se maintenir dans la cellule.

Patrice Crossa-Raynaud : l'ARN est-il toujours à un seul brin ?

François Cuzin : le plus souvent, les ARN sont souvent sous la forme d'épingles à cheveux, donc à double brin mais dans une structure moléculaire très différente de l'ADN. Comme toujours en biologie, la règle rencontre des exceptions et certains virus ont un génome formé de deux brins complémentaires d'ARN. On a sous-estimé pendant des décennies le rôle des ARN. Le schéma génétique découvert vers les années 50 était évidemment trop simple, comme c'est souvent le cas. La constitution chimique est relativement simple : une succession d'esters phosphoriques et de sucres. On peut actuellement analyser ces complexes protéines – ARN. On sait aussi arrêter le fonctionnement d'un ARN donné dans une cellule et observer le résultat dans le métabolisme de la souris par exemple. On peut très facilement modifier génétiquement les souris, c'est-à-dire leur ADN puisque, finalement, tout vient de lui. On va donc de la chimie à la biochimie et à la biologie.

Richard Beaud : tout ce que vous nous avez dit ouvre un monde d'interrogations sur les plans de la biologie, de la médecine, de la psychologie, de la psychiatrie, etc.

François Cuzin : cela peut aller loin parce qu'il y a un domaine qui apparaît de plus en plus, qui est celui de la structuration du cerveau. Or à travers le cerveau, on touche à des tas de problèmes vertigineux comme par exemple qu'est-ce que c'est que l'humanisation.

On commence à avoir des exemples dans le sens à la fois de la pathologie, comme l'autisme, ou d'autres, neurologiques, que l'on sait être hérissables sinon héréditaires.

On arrive à toucher des domaines bien au-delà de ceux qui sont les miens mais qui vont toucher à des questions très fondamentales sur le cerveau humain, la personnalité, la mémoire.

5- Assemblée générale extraordinaire.

Comme suite à la démission de Mme Sonia Chakhoff de ses fonctions de trésorière, il convenait de la remplacer. Pour cela, le Président a commencé par demander le transfert de notre compte à l'agence de la BNP, rue de France afin que le nouveau trésorier soit déchargé de la responsabilité de toute la gestion précédente.

Le docteur Guy Darcourt ayant accepté de devenir le trésorier de l'AEIS Nice Côte d'Azur, le nouveau bureau est ainsi désigné :

Président	René Dars, 11 voix pour, 1 abstention,
Secrétaire général	Patrice Crossa-Raynaud, 11 voix pour, 1 abstention,
Trésorier	Guy Darcourt, 11 voix pour, 1 abstention.

Après le vote, le Président clôt l'assemblée extraordinaire de notre Association.

Exceptionnellement
Prochaine réunion
le mercredi 16 mai 2012 à 17 heures
au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France
06000 NICE

Prochaine conférences au MAMAC
M. Namouni
astronome
« Les exoplanètes, de Descartes à la mission Kepler »
Mercredi 23 mai 2012 de 16 heures à 18 heures

Compte-rendu de la section

Nice-Côte d'Azur

La vérité m'a toujours fait regretter l'incertitude.

Confucius

Compte rendu de la séance du 16 mai 2012

(159^{ème} séance)

Présents :

Jean Aubouin, Richard Beaud, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Pierre Delmont, Pierre Gouirand, Jacques Lebraty, Maurice Lethurgez.

Excusés :

René Blanchet, François Cuzin, Yves Ignazy, Michel Lazdunski, Maurice Papo, Jean-Marie Rainaud.

1- Approbation du compte rendu de la 158^{ème} séance.

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

2- Le mois écoulé.

Notre confrère Pierre Gouirand nous fait un résumé du différend qui existe entre Marseille et Nice concernant le Comité Régional du Tourisme (CRT) installé en 1968 lors de la création des régions. Marseille avait été choisie comme siège de ce comité. Nice a protesté en disant que les Alpes-Maritimes représentent plus de 50 % des activités touristiques de la région. En outre, la Côte d'Azur est connue dans le monde entier. Nice tire donc le tourisme de la région.

Depuis huit ans s'est installée une guerre entre de comité régional dont le siège est à Marseille et le comité régional Riviera Côte d'Azur dont le siège est à Nice, dont notre confrère est le trésorier et qui est le plus ancien de France, créé en 1942.

Or un comité régional du tourisme dépend directement du ministère du tourisme alors qu'un comité départemental du tourisme dépend de la région. En outre, le comité régional peut créer des actions de promotion qui ne peuvent pas l'être par le comité départemental. C'est la raison pour laquelle Nice souhaite que le comité régional Riviera Côte d'Azur soit maintenu.

Or depuis quelques mois, un responsable du comité régional du tourisme à Marseille a prôné la fusion des deux comités, ce qui a aussitôt provoqué la réaction des élus locaux (MM Estrosi et Ciotti et même M. Allemand.) La Côte d'Azur est la deuxième région touristique de France après Paris.

3- Débat.

Les éditions du CNRS viennent de publier, sous la direction d'Henry de Lumley, un ouvrage qui réunit sous le titre : *L'univers, la vie, l'homme : émergence de la conscience*, une série de conférences tenues au collège des Bernardins à Paris (disponible chez Amazon, 19,25 €).

Richard Beaud : ce livre est très intéressant, les premiers chapitres sont d'excellents résumés des recherches actuelles (astrophysique, paléontologie, apparition de la vie). Ils débouchent ensuite sur « l'apparition de la conscience » qui a amené avec elle le langage, le symbolisme, la communication, l'interrelationalité. Ce livre, sans les traiter naturellement, car ce n'est pas son objectif, soulève de nombreuses questions philosophiques qui mériteraient que nous en discutions. Je pense entre autres, au problème de la vie. Qu'est-ce que la vie ? Ou encore au problème de la conscience. Que recouvre ce mot ? Seule une approche pluridisciplinaire est de nature à nous aider à avancer en de tels domaines. Je suis heureux de la parution de ce livre sous le point de vue de ces deux objectifs : synthèse des travaux menés dans ces diverses disciplines et invitations à un travail pluridisciplinaire.

Jean Aubouin : l'ascendance de l'Homme est sujette à controverse. La moindre différence morphologique incite à créer de nouvelles espèces en forme de buisson, ce qui est sans doute exagéré. Cela dit, la coexistence des hommes de Neandertal et de Cro-Magnon (dont nous sommes issus) est bien celle de deux espèces différentes mais qui seraient très proches puisque, semble-t-il, interfécondes.

Patrice Crossa-Raynaud : ce ne serait donc que des races ou variétés différentes. Il en va de même de nos jours entre les Aborigènes d'Australie et nous.

Richard Beaud : ce qui m'intéresse dans ce livre, c'est, entre autres, ce qui est dit concernant les lois auxquelles le cosmos est soumis ; ce sont des lois inchangeables et intangibles ; il n'y aurait rien si ces lois étaient changeantes. La première loi est celle de la mécanique quantique et la seconde, celle de la relativité générale. Ce fait devrait donner lieu à un débat Science-Philosophie.

Jean-Pierre Delmont : ce débat philosophique n'est pas nouveau. C'est celui entre Newton et Pascal. Tous deux, grands scientifiques, ont eu une crise mystique mais ont évolué différemment. Le pourquoi des lois évoque évidemment un législateur.

Richard Beaud : je ne le pense pas et, bien plus, je récusé cette manière de voir. Je pense, au contraire que, quand on parle de lois régissant notre cosmos, ce terme de « loi » ne doit pas être compris dans un sens purement objectif, car la notion de « réalité » est inséparable de notre manière de voir. Dans ce que nous appelons « loi », il y a inévitablement quelque chose de nous ; la « réalité » « pure », ou « en-soi », cela n'existe pas.

Guy Darcourt : l'Homme a inventé des divinités parce qu'à sa naissance, le bébé prend conscience d'être entre deux géants qui peuvent le détruire ou l'éduquer et le protéger. Toutes les religions ont ces caractéristiques.

Richard Beaud : on peut développer toutes les théories que l'on veut pour expliquer l'origine de la religion. Mais ce n'est pas notre propos maintenant. Il ne faut pas mêler Dieu à toutes les sauces. Cela conduit inévitablement au « créationnisme ». Je soulève un problème philosophique. J'essaie de comprendre ce qu'est la « réalité » et ce que veut dire l'expression « lois du réel », ou « lois de la réalité ». Je pense qu'on réduit le problème en ne comprenant par « réalité » que ce qui est objectif, ou ce qui est posé là devant nous.

Jacques Lebraty : il y a opposition épistémologique historique entre deux points de vue : le constructivisme qui déclare que la réalité n'est que la projection de notre pensée et le positivisme pour qui la réalité est expérimentalement connaissable. Ces deux positions sont en opposition dialectique, et finalement les deux sont nécessaires pour avancer.

Richard Beaud : je me méfie de l'expression « projection de notre pensée ». Elle nous ramène à un idéalisme un peu dépassé. Pour moi la « notion de réalité » est absolument inséparable de notre regard. Nous ne voyons jamais les choses dans leur en-soi. Il y a une dialectique constante entre le sujet observant et l'objet observé. La notion de « réalité » implique ces deux données. C'est pourquoi, si l'on veut comprendre, il est nécessaire qu'il y ait un dialogue constant entre scientifiques et philosophes. Je dis bien dialogue, échange, écoute réciproque.

Maurice Lethurgez : nous sommes toujours à la recherche d'un équilibre entre ces deux tensions.

Jean Aubouin : c'est le vieux débat entre Platon et Aristote.

Maurice Lethurgez : la pensée en « logique » est hypothético-déductive. Il y a toujours une hypothèse qui est projetée et qui est ensuite vérifiée ou non. En psychologie, on étudie chez l'enfant l'organisation d'une pensée intellectuelle. On a ainsi étudié l'émergence d'une pensée hypothético-déductive. Pour un enfant, l'entrée en 4^{ème} correspond à une rupture dans l'enseignement des mathématiques. Piaget a montré que les enfants en sont alors encore aux opérations concrètes et, brusquement, avec l'algèbre, on fait un saut que certains enfants ne peuvent pas faire. Tous les enfants n'arrivent pas au même moment à ce stade hypothético-déductif et certains décrochent. Ce qui ne veut pas dire qu'un an après, par exemple, ils n'auraient pas été capables d'assumer ce saut.

Jean Aubouin : il y a une différence fondamentale entre ce qui suit une observation et ce qui ne l'est pas. En science, il n'est pas exact de dire qu'on a une hypothèse et qu'on la vérifie alors qu'en vérité, mises à part les mathématiques, les sciences dépendent à l'origine de l'observation suivie de mesures et d'une synthèse. La somme des observations permet de changer de paradigme. On l'a vu récemment avec la tectonique des plaques. C'était, au départ, basé sur des observations et non sur des idées préconçues.

Patrice Crossa-Raynaud : vous avez un peu reproché à ce livre de ne pas aborder le « pourquoi ». Mais c'est oublier que la démarche scientifique ne s'intéresse qu'au « comment » et se garde du « pourquoi » qui est du domaine de la philosophie.

Richard Beaud : c'est pourquoi j'insiste sur la nécessité de la non-séparation du travail scientifique et de la réflexion philosophique. Si on institue une séparation stricte entre les deux, on ne fait qu'une partie du chemin. J'insiste, la « réalité », cela ne veut pas dire « les choses dans leur en-soi ». Cela n'existe pas. Dès que mon regard se pose sur quelque-chose, ce quelque-chose n'est plus un « en-soi », il est le résultat de mon regard et de ce qui vient à moi. Dans ce que nous appelons « les choses », il y a toujours de la subjectivité. On le voit à propos du big-bang, personne ne l'a observé, il reste une hypothèse, certainement maintenant, la plus plausible ; que signifie là, le mot réalité ? Un tableau noir couvert de formules mathématiques et algébriques. Cela montre bien que la notion de réalité n'a rien à faire avec les choses en-soi.

Jean Aubouin : c'est exact mais historiquement, la Science s'est arrêtée à Archimède pour ne reprendre son avancée que plus de mille ans après, ce qui ne fut pas le cas de la philosophie.

La démarche scientifique, c'est d'abord d'admettre que les faits ont raison par rapport à l'idée qu'on en a. Quand on ne reconnaît pas les faits et seulement l'idée qu'on en a, on tombe dans l'idéologie. Pour la climatologie par exemple, on raisonne actuellement avec des modèles qu'on ne confronte plus assez à la réalité. Or la réalité finit par s'imposer.

Jacques Lebraty : hors idéologie il convient peut-être d'ajouter le point de vue de l'incomplétude. Un bon exemple est celui du boson de Higgs (particule élémentaire hypothétique) qui doit exister sinon la physique du modèle standard, s'effondre.

Un autre exemple est celui du théorème de Gödel (1931) qui suscite encore de nos jours beaucoup de réflexions et de colloques. L'énoncé de ce théorème a pour conséquence qu'il n'est pas possible de prouver la non-

contradiction d'une construction mathématique à partir de ses propres axiomes. Pour prendre une image, cela signifierait que le raisonnement mathématique n'aboutit pas, comme le bon sens le suggère, à la construction virtuelle d'une pyramide reposant sur sa base mais plutôt sur sa pointe ! Telle est l'idée de l'incomplétude qui me semble se référer à un autre concept que celui d'idéologie.

4- **Nouveaux thèmes de conférence.**

Après discussions, il semble que le thème de la mythologie et des mythes soit assez riche pour permettre de programmer un cycle de conférences. Nos confrères Lethurgez et Beaud proposent déjà :

► Maurice Lethurgez :

- Le mythe à distinguer des légendes, comme récit fabuleux destiné à expliquer les faits, des phénomènes, voire le monde lui-même.
- Le mythe comme tendance à mythifier l'Histoire ; les personnages qui sont passés à l'état de mythes.
- Dans nos sociétés, nous voyons naître sous nos yeux la mythification de certaines vedettes.
- La valeur du mythe comme potentiel émotif puissant où l'Homme trouve protection et exaltation. Par exemple, Georges Sorel voyait dans la grève générale un mythe utile à la classe ouvrière.
- La production mythique comme élément de l'organisation sociale, un lien de cohésion entre les membres du groupe.
- Le mythe comme élément de la sensibilité poétique.

► Richard Beaud

- Recherche sur la signification anthropologique du langage mythologique.
- Les premiers langages sont des mythes.
- L'aujourd'hui des mythes.
- Recherche sur la signification mythologique de la démarche scientifique.
- Exposition et recherche au sujet de la signification des mythes de la Création en Egypte et dans la Bible.
- Que cache le mythe moderne de la transparence ?

Ces thèmes se recoupent un peu et peuvent difficilement constituer un cycle de conférences.

*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*o*

Prochaine réunion
le jeudi 21 juin 2012 à 17 heures
au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France
06000 NICE

Prochaine conférences au MAMAC
Jean-François Mattéi
« Y a-t-il une supériorité de la civilisation européenne »
Mercredi 27 juin 2012 de 16 heures à 18 heures

Annances



C'est avec une grande douleur que nous avons appris le décès le samedi 14 juillet 2012 de notre Collègue biologiste, spécialiste des cellules-souches, Marie-Louise LABAT, ancienne Directeur de Recherches au CNRS.

Atteinte depuis plusieurs années d'une longue et douloureuse maladie, elle avait continué jusqu'à il y a seulement quelques mois à se passionner pour les cellules souches adultes dont la prolifération était maitrisable par le système immunitaire contrairement aux cellules souches embryonnaires.

Son état général ayant beaucoup empiré elle avait opté pour un séjour dans une clinique spécialisée à Morlaix, non loin de Commana, son village natal.

Les obsèques ont eu lieu mercredi 18 juillet 2012 à Commana .

Parution d'Ouvrage de notre Collègue Alain CARDON

"Modélisation constructiviste pour l'autonomie des systèmes"

Notre Collègue Alain CARDON nous fait part du fait qu'il a terminé un livre de 209 pages dédié à la modélisation informatique sur le thème de l'autonomie des systèmes fonctionnels, intitulé "Modélisation constructiviste pour l'autonomie des systèmes", permettant à tout ce qui est électronique et qui communique par réseaux d'être un organe dans un système global ayant des besoins, des désirs, des intentions et des émotions, en formant des nappes distribuées de niveau méta.

Cet ouvrage est accessible sur un sous-site d'Automates Intelligents, mais il est téléchargeable (gratuitement) sur le site:

<http://www.admiroutes.asso.fr/larevue/2012/127/Livrecardon3.pdf> ou sur www.alaincardon.net

(Il suffit simplement de taper le titre dans un moteur de recherche : "Modélisation constructiviste pour l'autonomie des systèmes")

Il pense que le système va se faire très rapidement, dans des endroits spécialisés, et que nous n'aurons plus trop à nous occuper de la gestion des individus, des groupes et des masses, où tout cela sera dans un réseau considérable exerçant ses tendances multi-échelles par tous ses effecteurs automatiques. Selon lui, il est vrai que la conclusion du magnifique reportage d'Arte du 5 Mai sur "Survivre au progrès" ne laisse pas d'espoir.

Il continue pour l'instant ses travaux de recherches solitaires dans le domaine du langage, sur l'intention à faire se générer des énonciations langagières avec ressenti dans des systèmes artificiels, en interprétant ce que Thom avait découvert il y a 40 ans.

Notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUJJI nous informe de la prochaine rencontre PIF13 "Les nouvelles lumières" qui portera entre autres sur les découvertes des satellites PLANCK et HERSCHEL:

Elle aura lieu le 24 novembre 2012 à la BnF:

Programme

9h Accueil

9h15 Ouverture Président de la SFP – *Représentant de la BnF*

9h30-10h Introduction : L'esprit des Lumières souffle-t-il encore ? *Etienne Klein*

Les lumières des origines

10h-10h30 Lumières cosmologiques pour explorer lois et histoire de l'Univers *François Bouchet*

10h30-11h Le télescope spatial Herschel éclaire la naissance des étoiles *Vincent Minier*

11h-11h15 Echanges avec le public

Les autres lumières

11h15-11h45 La lumière des neutrinos *Daniel Vignaud*

11h45-12h Echanges avec le public

12h-14h Déjeuner libre

14h-14h30 Café rencontre avec les orateurs dans le foyer de l'auditorium

Les lumières extrêmes

14h30-15h Les matériaux anciens à la lumière du synchrotron *Loïc Bertrand*

15h-15h30 Des impulsions ultracourtes *Anne L'Huillier*

15h30-15h45 Echanges avec le public

15h45 - 16h Musique des lumières: intermède musical *Philippe Foulon*

Les fausses lumières

16h - 16h30 Comment des scientifiques contribuent à la montée du mysticisme *Yves Gingras*

La gouvernance éclairée

16h30-18h Table ronde animée par *Vincent Bontems* et *Marie-Odile Monchicourt* avec *Philippe Busquin*, *Yves Gingras*, *Michel Spiro*, *Tzvetan Todorov*.

Pour plus d'informations consulter: <http://sfp.in2p3.fr/CP/pifn/fren13.htm>

Documents

Pour préparer la conférence de Marc OLLIVIER nous vous proposons :

p. 25 tiré du site <http://www.rtflash.fr/moisson-d-exoplanetes-renforce-l-espoir-trouver-vie-ailleurs/article> : Une moisson d'exoplanètes renforce l'espoir de trouver la vie ailleurs

p. 26 le tableau des diapositives présentées le 13 octobre 2009 à l'Université d'Orsay par Marc OLLIVIER de la conférence "Y a t-il de la vie ailleurs?" <http://exoplanet.eu/>

Une moisson d'exoplanètes renforce l'espoir de trouver la vie ailleurs

Marc OLLIVIER

L'exceptionnelle moisson d'exoplanètes de 2009, 85 au total dont au moins une rocheuse comme la Terre, ravive l'espoir de trouver un jour la vie ailleurs dans l'univers, alors que sur Terre de nombreuses espèces risquent de disparaître avant même d'avoir été détectées. Hasard du calendrier, l'ONU a proclamé 2010, "année internationale de la biodiversité", après une année 2009 consacrée à l'astronomie. L'humanité est invitée à préserver les espèces sur Terre après avoir regardé le ciel. L'extrême diversité de la vie terrestre et sa capacité à s'adapter renforce d'ailleurs, selon les astronomes, les espoirs que la vie existe ailleurs.

"On trouve de la vie pratiquement partout là où il y a de l'eau liquide et où elle a pu s'adapter", souligne Marc Ollivier (Institut d'astrophysique spatiale, Orsay), "que ce soit au fond des océans, dans les lacs volcaniques extrêmement acides, dans les lacs et les mers les plus salés" et même des bactéries résistant aux radiations "au coeur des centrales nucléaires".

Il y aurait, selon les scientifiques, entre 8 et 30 millions d'espèces vivantes sur Terre pour seulement 1,8 million connues à ce jour. Mais près du quart de toutes les espèces vivantes pourrait disparaître d'ici le milieu du siècle sous la pression des activités humaines.

Au moment où l'homme fait peser la menace d'une nouvelle extinction massive sur Terre, des efforts croissants sont faits pour trouver la vie ailleurs : 415 planètes tournant autour d'autres étoiles que le Soleil ont été découvertes en l'espace de quatorze ans, dont 85 en 2009, selon le dernier bilan.

"L'année 2009 est vraiment la plus riche en terme de découvertes d'exoplanètes", relève François Bouchy (Institut d'astrophysique de Paris). "C'est 23 de plus qu'en 2007 et 2008", ajoute sa collègue Claire Moutou qui a également contribué à l'identification de la première planète rocheuse comme la Terre, Corot-7b. Trop près de son étoile, c'est un enfer brûlant considéré comme inhabitable. Grâce au satellite Kepler, lancé en mars, les astronomes espèrent trouver des planètes soeurs de la Terre pouvant abriter la vie, alors que les premières exoplanètes détectées à partir 1995 étaient des géantes gazeuses comme Jupiter.

"Les petites planètes, c'est l'objectif des prochaines années", résume Marc Ollivier. "On cherche des endroits où il y a de l'eau liquide", c'est-à-dire des planètes ni trop chaudes, ni trop froides à une distance jugée habitable de leur étoile. Mais, pour l'instant, on ne peut pas "détecter les signatures mêmes de la vie" (vapeur d'eau, méthane, CO₂) dans l'atmosphère de petites exoplanètes, a-t-il expliqué. Même avec de meilleurs instruments, il faut que la vie "ait colonisé l'ensemble de la planète" pour laisser dans son atmosphère une signature visible depuis la Terre, souligne Mme Moutou.

Pour les exoplanètes toutes très lointaines, seule l'observation à distance est envisageable, mais des sondes peuvent être envoyées sur Mars, Titan ou d'autres satellites de Saturne ou Jupiter dans l'espoir d'y détecter la vie. Face aux progrès de l'astronomie, l'Eglise s'interroge sur l'existence d'une vie extraterrestre, quatre siècles après avoir condamné au bûcher l'astronome et philosophe Giordano Bruno qui affirmait l'existence d'une infinité de mondes habités.

AFP

Y-a-t-il de la vie ailleurs ?

(si oui, où et comment la détecter ?)

Conférence AMA 09 - ORSAY - 13 octobre 2009 - M.O.

Marc Ollivier

Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay

<http://exoplanet.eu/>

Résoudre l'équation de Drake

• Equation de Drake

$$N_{\text{civil}} = N_* \cdot F_{\text{Pl}} \cdot F_{\text{habit}} \cdot F_{\text{vie}} \cdot F_{\text{civil}} \cdot \frac{\langle T_{\text{civil}} \rangle}{T_*}$$

• 2 approches

- Globale : SETI

$$\rightarrow N_{\text{"bruyantes"}} = N_{\text{civil}} \cdot F_{\text{"bruyante"}}$$

- Pas à pas

L'approche SETI

- Conséquences immédiates si réussite

- Absence de signification de l'absence de signal

Approche pas à pas

...*"Pleurant, je voyais de l'or, - et ne pus boire"*. (A. Rimbaud)

1) Combien y-a-t-il d'étoiles dans le ciel ?

Nombre d'étoiles dans la Galaxie :

Quelques 1011 dans la Galaxie

Des milliards de galaxies et des amas de galaxies

2) Quelle fraction d'étoiles a des planètes ?

A la recherche des exoplanètes...

Des planètes par dizaines:

13/10/2009

• 315 systèmes planétaires

• 373 planètes (>300 par VR)

• 39 systèmes multiples : 1 quadruple, 1 quintuple

Plusieurs milliers d'étoiles surveillées en VR :

Une vingtaine de programmes de recherche au sol et depuis l'espace
par transits et microlentilles gravitationnelles

Des planètes partout

Autour des étoiles de toutes tailles

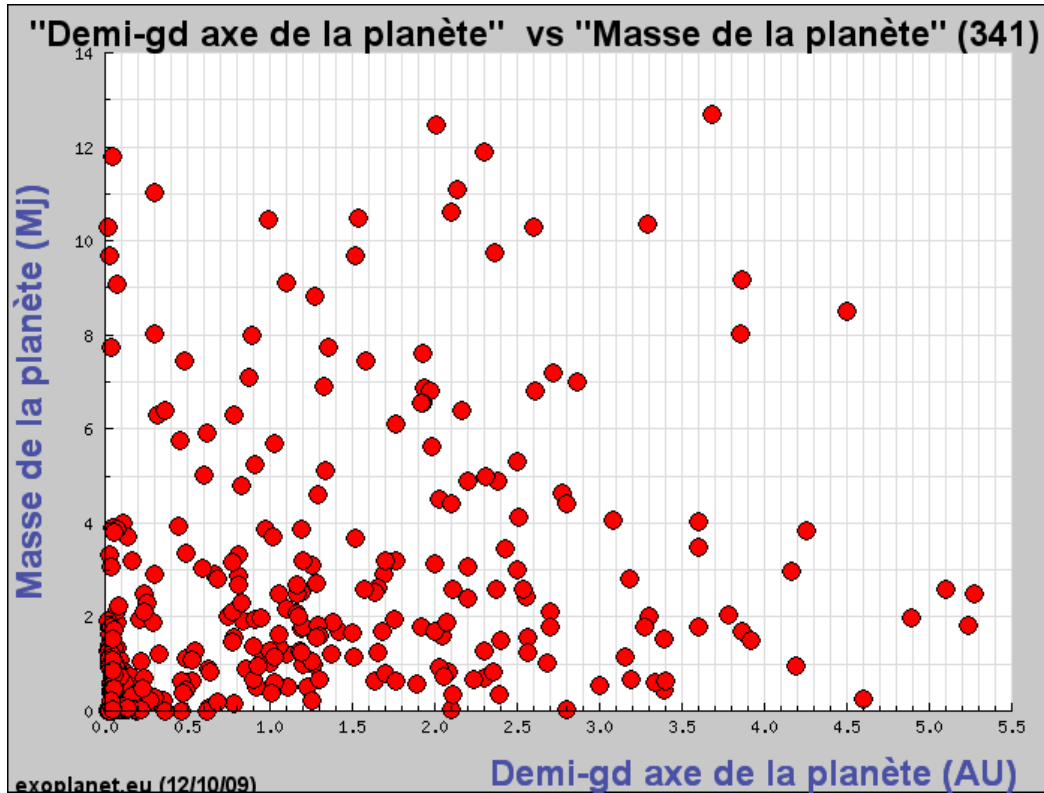
Type solaire : ex HD 209458 (G0V)

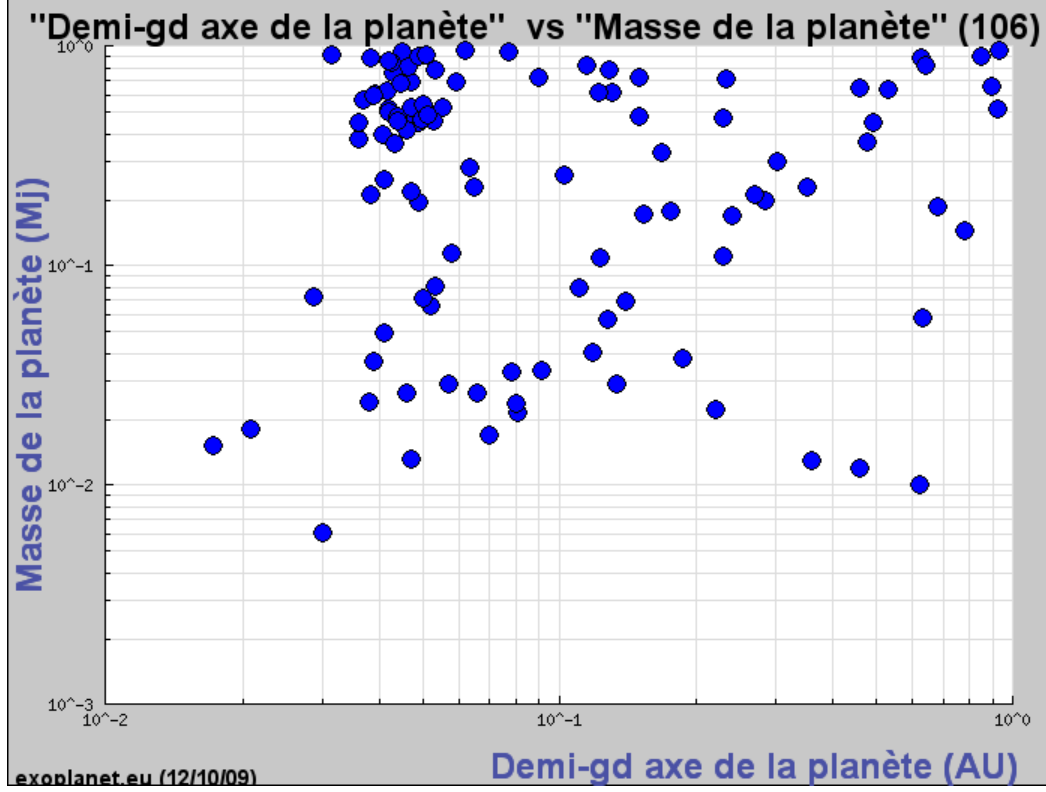
Géantes : ex HD 47536 (K1 III : 23.5 R \square)

Naines : ex Gl 581 (M4)

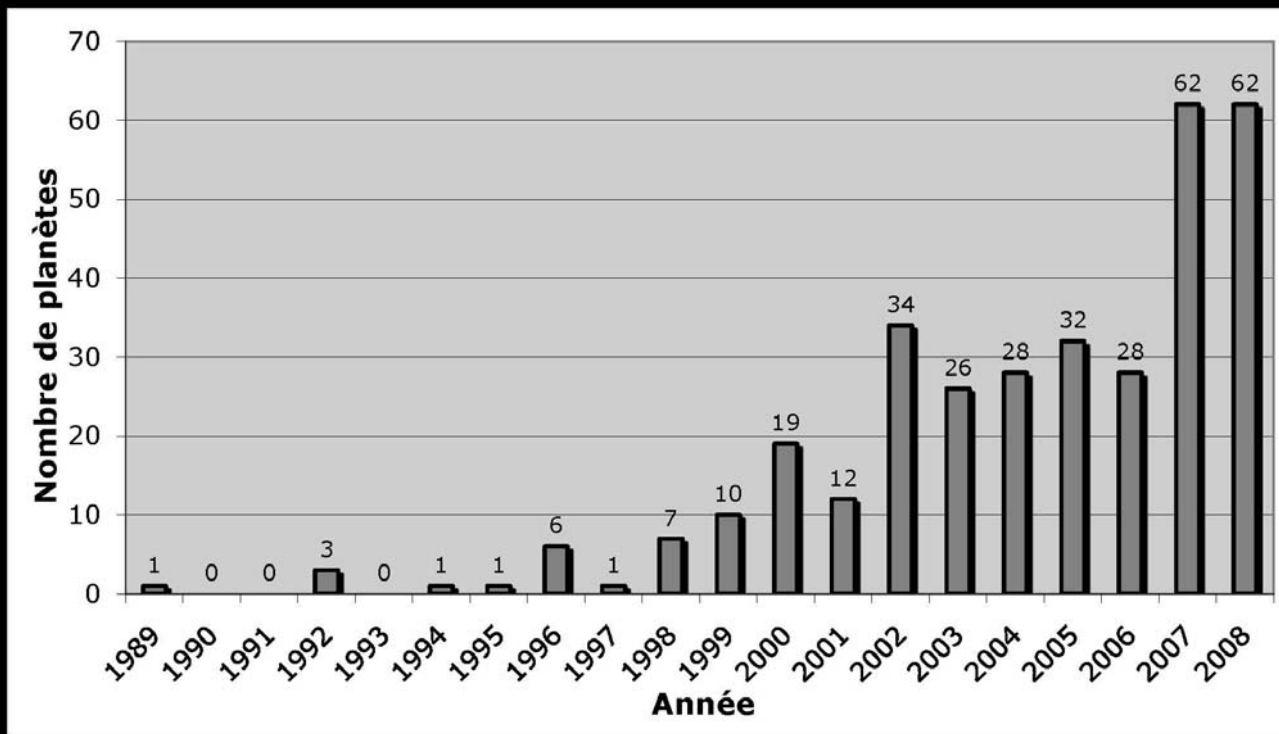
Autour des étoiles en fin de vie
Pulsar : ex PSR 1257+12
Naines blanches : ex V 391 (naine SdB)
Autour des objets jeunes : ex 2MASS 1207 (naine brune 5 Mans)
Dans les systèmes en formation : ex Fomalhaut
Dans les disques de débris : ex Béta Pic

La diversité des exoplanètes





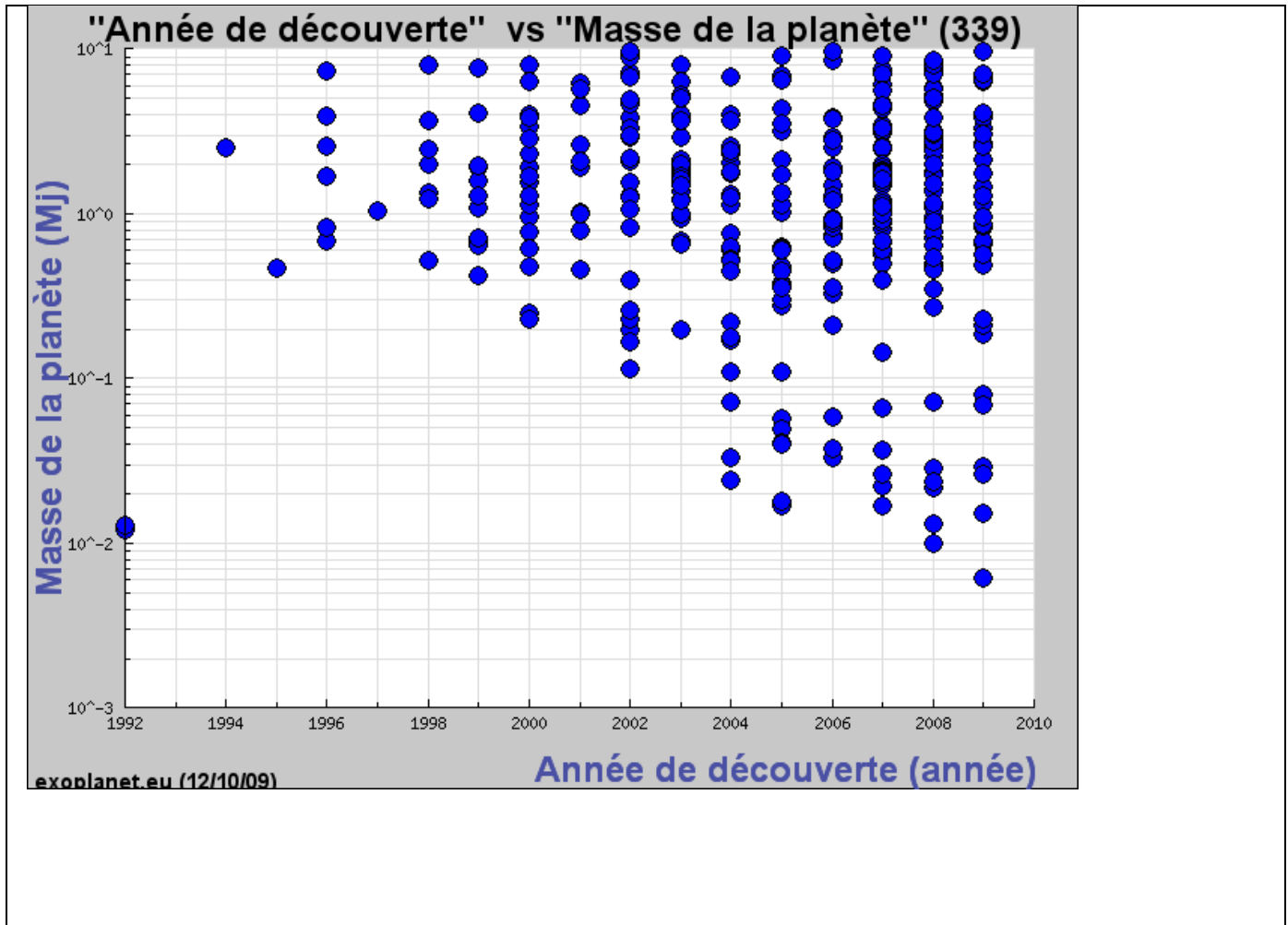
Des découvertes nombreuses



Conférence AMA 09 - ORSAY - 13 octobre 2009 - M.O.

11

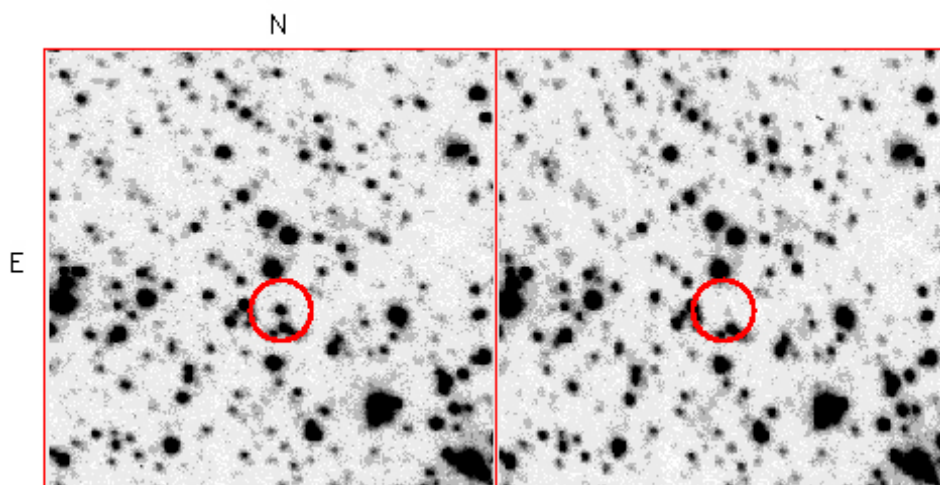
Amélioration de la détectivité



Vers les exoplanètes telluriques

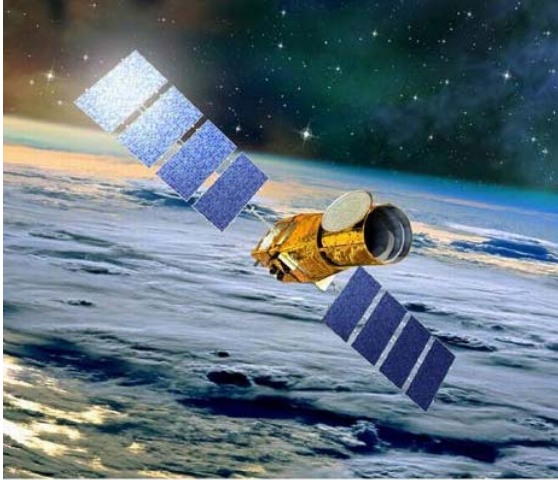


VR : HARPS et filiation

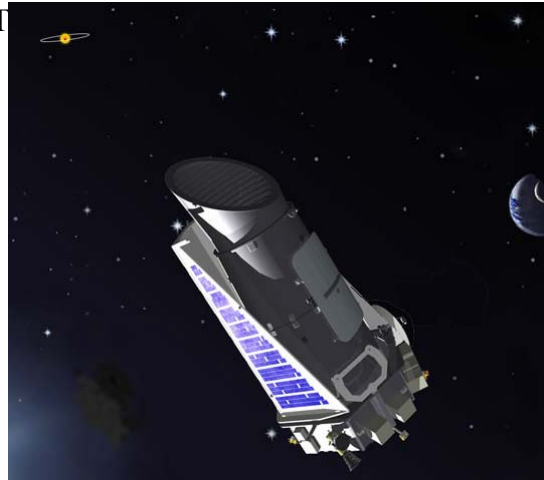


Microlensing gravitationnel

TR : CoRoT



© CNES - Mai 2004/illus. D. Ducros

**Combien d'exoplanètes ?**

Entre 5 et 10 % de planètes géantes, dont 2 % de planètes géantes chaudes
(moins de 0.1 u.a. de leur étoile)

Peut-être plus ?

Satellites des planètes géantes ?

Continuité de la distribution en masse

Les premières exoplanètes telluriques font leur apparition

Total : quelques dizaines de % d'étoiles à planètes ?

3) Quelle fraction des exoplanètes est habitable?

De la nécessité de savoir de quoi l'on parle...

Comment définir la vie ?

Un système:

structuré (contient de l'information)

Reproductif

Évolutif : modification aléatoire et sélection du plus performant

Certes, mais comment la caractériser à distance (détection analyse) ?

Hypothèse 1 : la vie doit se développer à l'échelle de la planète et modifier son environnement pour être détectable

Quelle(s) forme(s) de vie envisager ?

Un codage chimique de l'information : Chimie du carbone

Existence de 2 formes : C réduit (CH₄) et C oxydé (CO₂) et tous les nombres d'oxydation intermédiaires

Chimie du carbone : chimie universelle ?

Au laboratoire : 107 molécules (hors ADN) : 105 non carbonées

Dans le milieu interstellaire : plus de 80 % de molécules organiques identifiées

Une chimie en solution dans l'eau liquide (Brack 93)

Solvant polaire ionisant et solvatant

Solvant capable d'induire des liaisons par pont hydrogène

Solvant à activité modérée (hydrolyse)

Solvant résistant aux UV (photodissociation : formation de O₃)

Définir une planète habitable

1) Présence d'une grande quantité d'eau liquide

2) Présence d'une quantité importante de carbone (CO₂, CH₄, molécules organiques extraplanétaires)

Ex : la Terre : origine du carbone réduit

1019 à 1020 kg de C réduit dont 0.01% de vivant

Flux météoritique: taux actuel : 30 T/an

4 % de chondrites carbonnées

4 % de matière organique dans les chondrites carbonnées (dont 5 % solubles dans l'eau)

→ 50 kg de matière organique par jour

→ 1014 kg sur 5 Gans au taux actuel de bombardement

LHB → x1000 → 1017 kg de C réduit apporté par les météorites

Nécessité de réduire le CO₂ atmosphérique

La zone d'habitabilité

Océan liquide

Océan vaporisé

Océan gelé

Zone où l'eau liquide peut se maintenir à la surface.

Sur une fraction inconnue de cette zone, la planète peut maintenir un biotope, où la photosynthèse et une production biologique est possible (eau et lumière présents simultanément).

Une vie endolithique est possible sans eau à la surface (Mars) ou en dehors de la HZ (Europa) mais semble difficile à détecter à distance

Rosing et al. (2005, 2006)

ZH : planète en équilibre radiatif

Flux reçu de l'étoile = flux émis par la planète

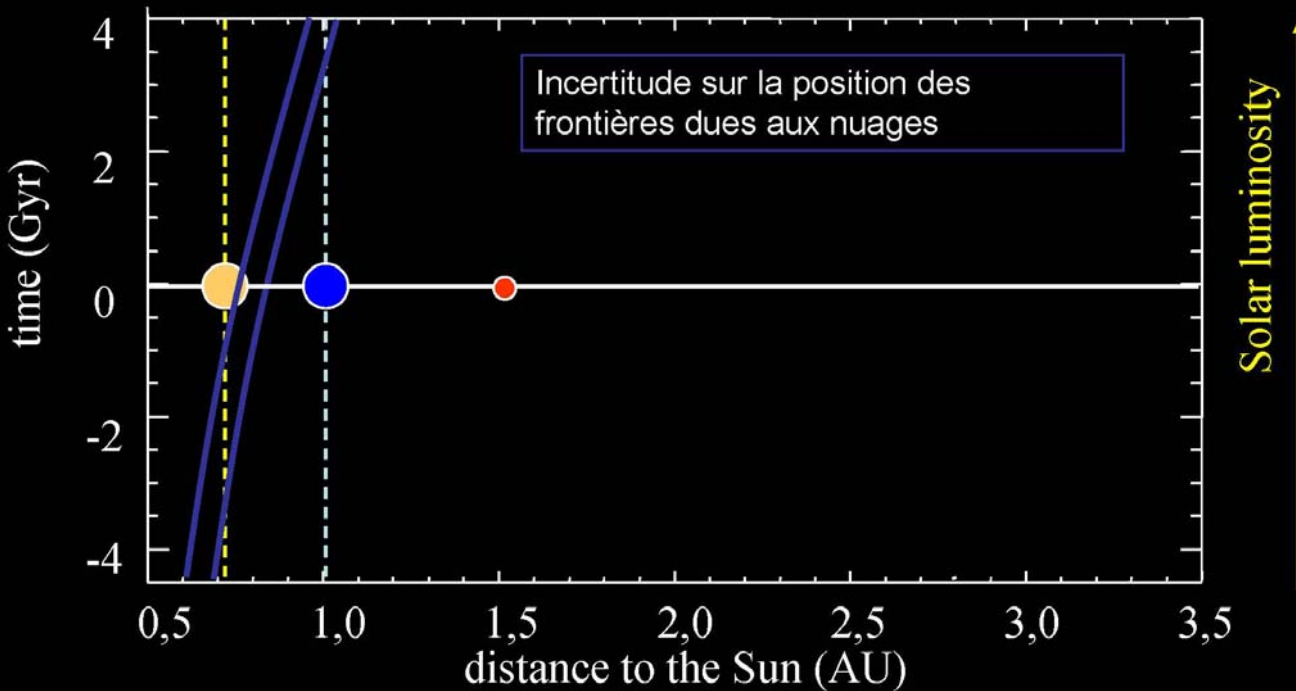
PAS DE PRISE EN COMPTE DES GAZ A EFFET DE SERRE NI DE L'ATMOSPHERE NI DES EFFETS DE PHASE NI DU CHAUFFAGE INTERNE

Les paramètres qui limitent la ZH

- Ensoleillement stellaire variable (soleil jeune ~ 70 % de la luminosité actuelle)
- Limite interne : rôle de l'eau et de l'opacité due aux nuages (albédo)
- Limite externe : rôle des gaz à effet de serre

Pas de prise en compte des sources de chauffage interne

Limites interne de la ZH

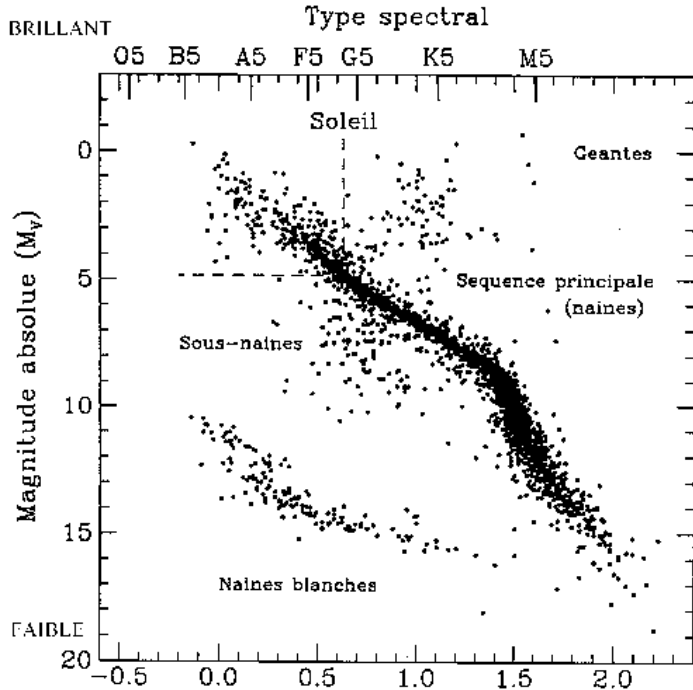


Conférence AMA 09 - ORSAY - 13 octobre 2009 - M.O.

23

Classification spectrale des étoiles

Le diagramme Hertzsprung-Russel



Séquence principale

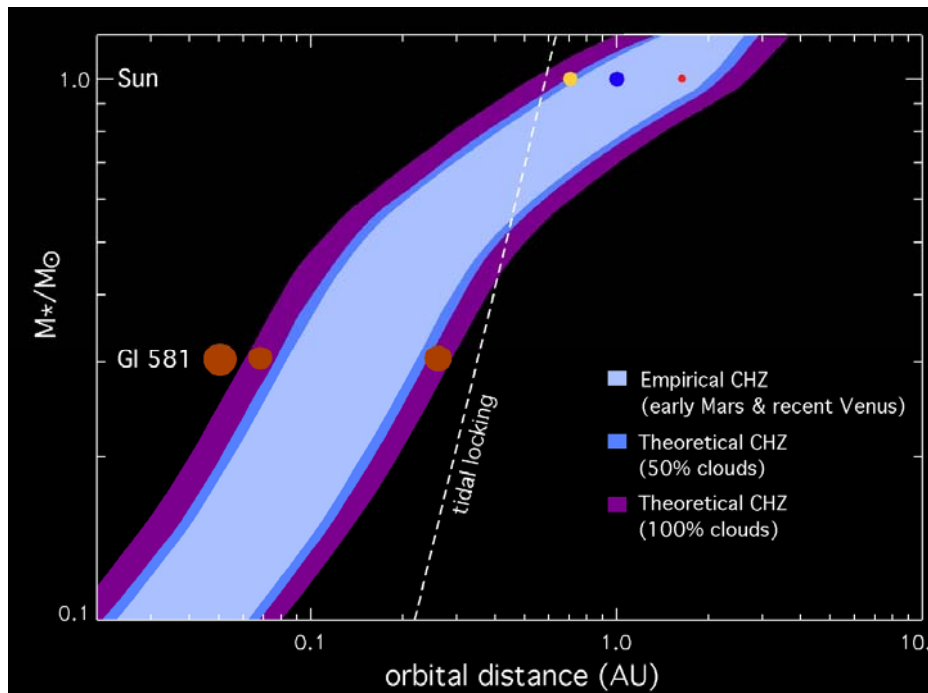
- 90 % des étoiles

• Relation univoque entre :

- Température
- Luminosité
- Masse
- Durée de vie

$$t_{vie} \approx 10^{10} \cdot [m_{soleil}/m]^2 \approx 10^{10} \cdot [L_{soleil}/L]^{2/3}$$

Zone d'habitabilité et type stellaire

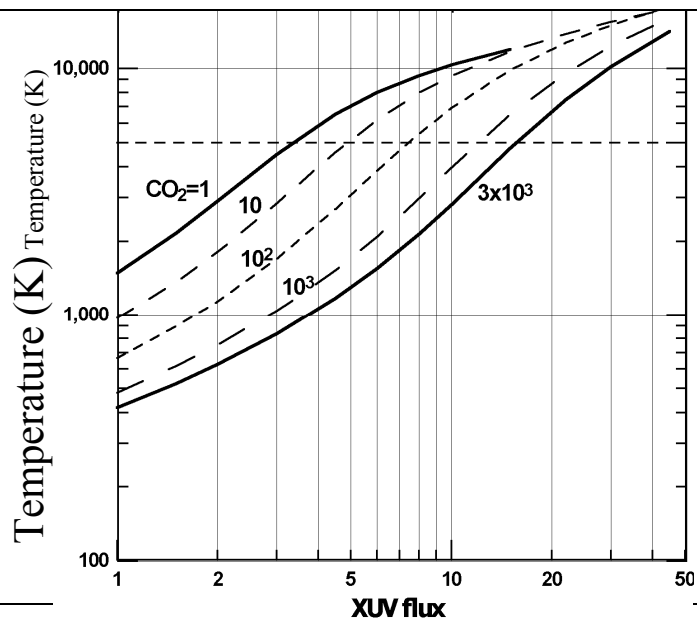


Habitabilité autour des étoiles M

(numéro récent d'Astrobiology)

exposition à un flux intense et durable de radiations X-EUV, et vent solaire intense (Scalo et al., 2007), fréquentes CMEs (Kodatchenko et al., 2007) et éruptions

Les planètes dans la ZH sont rapidement phase-lockée par effets de marée - effets sur le climat (Joshi, 1998, 2003)



Exospheric XUV heating

Finalemment : quelle fraction habitable ?

- Nécessité de calculer la ZH pour chaque système planétaire
 - Nécessité d'identifier l'eau et certains paramètres physico-chimique (T, albedo, ...)
 - Nécessité de faire une observation directe des exoplanètes
- Combien de planètes habitables détectables ?

4) Quelle fraction des (exo)planètes est effectivement habitée ?

Du laboratoire aux grands espaces sidéraux...

Comprendre les processus conduisant à la vie (1)

L'expérience d'Urey et Miller : synthèse d'acides aminés à partir d'une atmosphère abiotique
"primitive" réductrice

Ammoniac

Hydrogène

Méthane

Eau

Énergie

Formation de nombreuses molécules organiques complexes en une semaine

PB : marche avec plusieurs types d'atmosphères mais ds conditions particulières (acidité)

Comprendre les processus conduisant à la vie (2)

Les difficultés de l'approche analytique

Inconnue sur la nature exacte de l'atmosphère primitive (composition + conditions physico-chimiques)

Difficulté à passer des briques organiques aux premiers organismes vivants

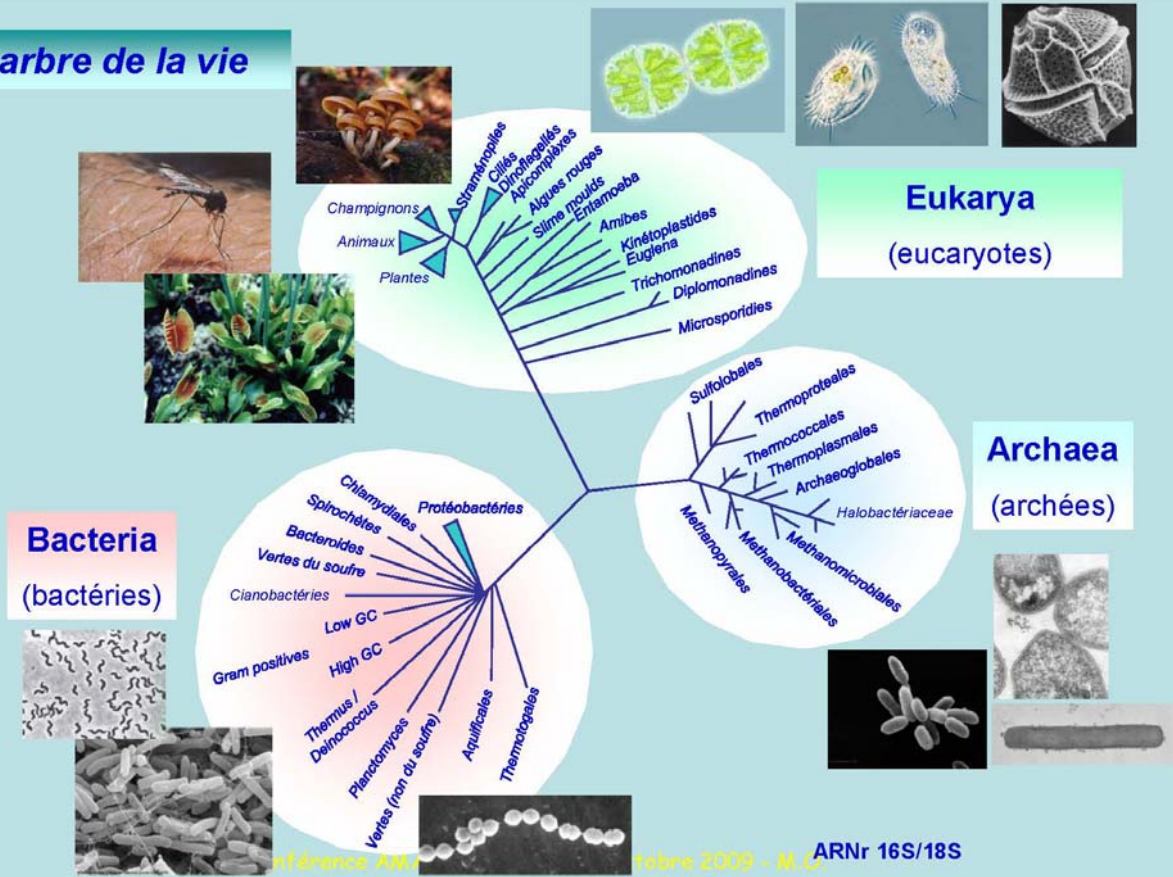
Unicité des chemins ?

Rôle des processus d'évolution (longue durée ou catastrophiques)

Information parcellaire et parfois biaisée.

Identifier la vie primitive et comprendre son évolution

L'arbre de la vie



Les extrémophiles

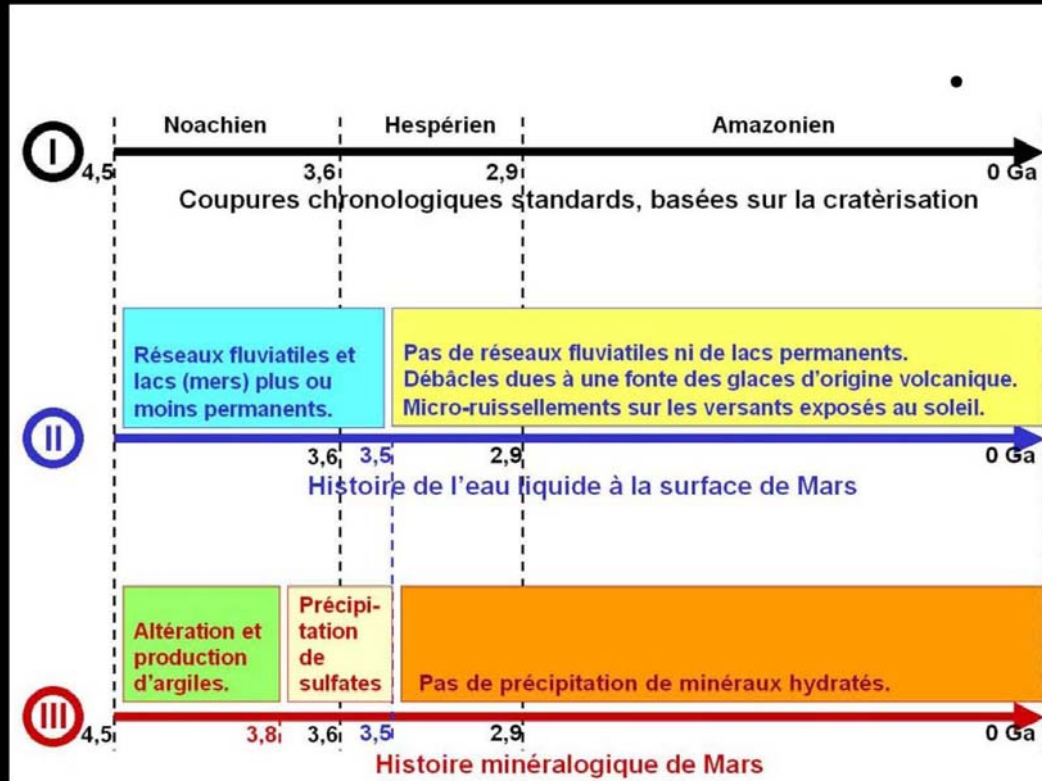
Pyrolobus fumarii

Mid-Atlantic Ridge

113°C

Explorer l'environnement terrestre proche : Mars

La « révolution » Mars Express / OMEGA

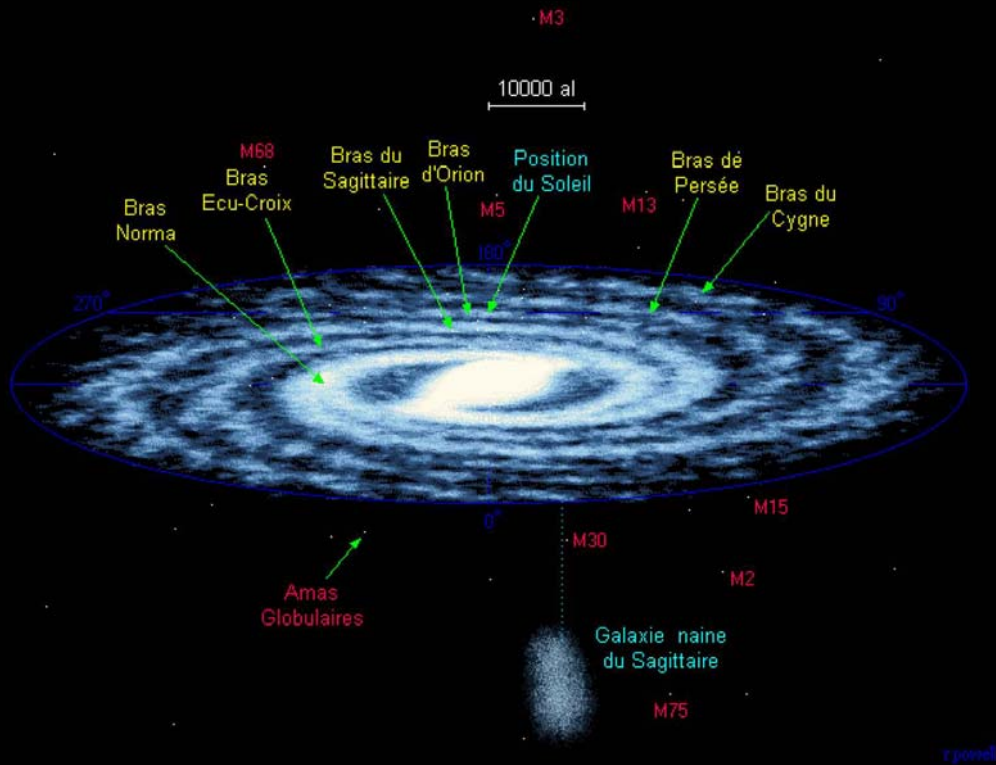


Conférence AMA 09 - ORSAY - 13 octobre 2009 - M.O.

34

Chercher la vie sur Mars
La vie sur Europa ?

La vie hors système solaire



Conférence AMA 09 - ORSAY - 13 octobre 2009 - M.O.

37

Approche observationnelle

Critères d'habitabilité effective (1)

Critère de détection à distance et détermination de la composition chimique de l'atmosphère
(critère spectroscopique)

Critère fiable

Pas de faux positif

Critère sélectif

Pas de modèle paramétrable avec paramètres ad hoc

Exhaustivité pas indispensable

Les faux négatifs sont acceptés

Recherche de l'éthanol (alcool éthylique)

Approche observationnelle

Critères d'habitabilité effective (2)

• Déséquilibre thermodynamique

- Lovelock (1975)

sur Terre : gaz hors équilibre \Leftrightarrow origine biologique

(ex: CH_4/O_2)

- pas de fondement physique mais correct empiriquement

(Sagan - Observations avec Galileo)

• $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

- sur la Terre primitive : $[\text{CH}_4] = 10^{-4}$ <- abiotique

$[\text{CH}_4] = 10^{-2}$ <- biotique

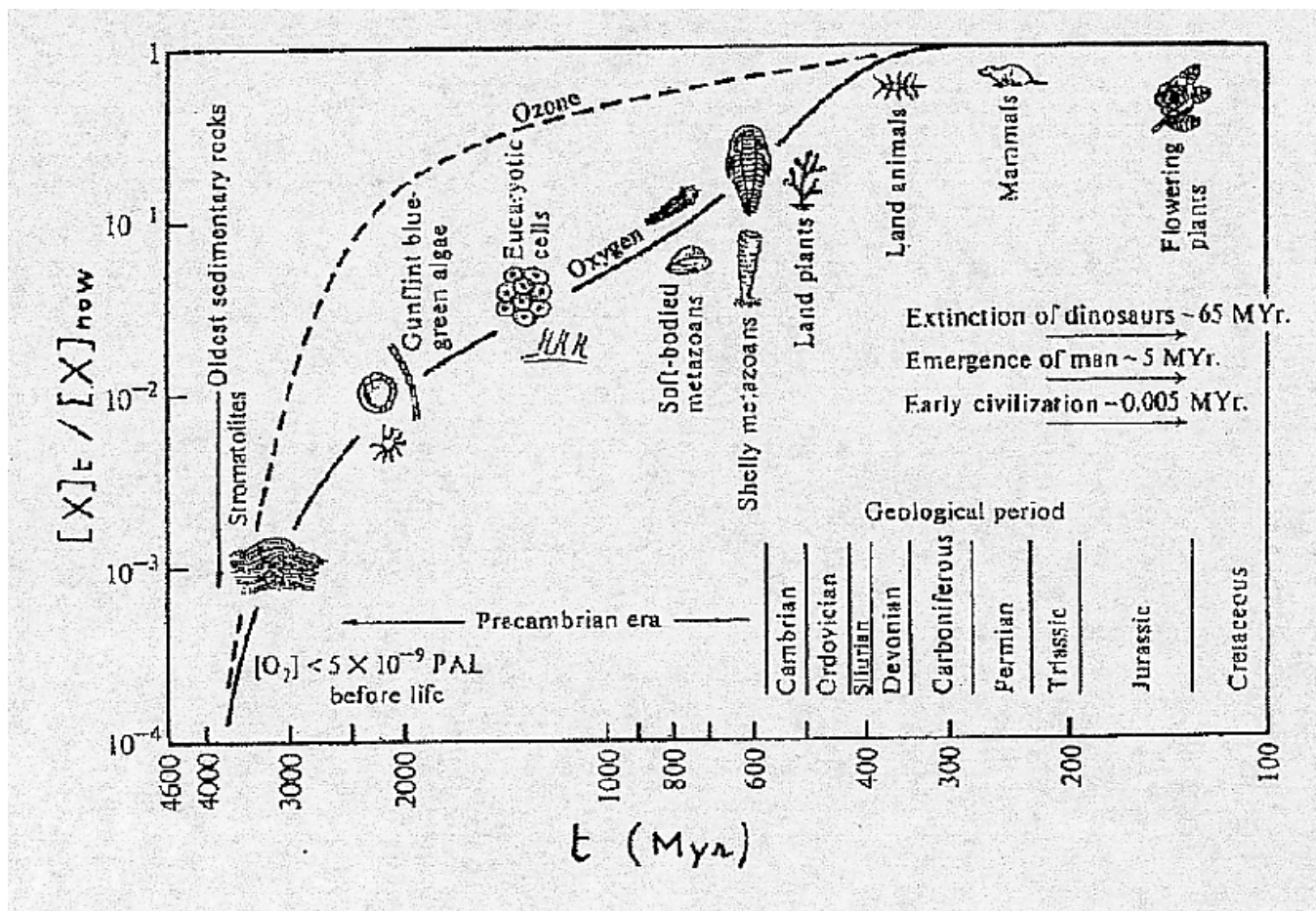
- un possible "critère" (faible : Kasting 1993)
- $\text{CO}_2 + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (Owen, Léger, Selsis et al.)

Dégagement de O_2 comme critère de vie

- Développement à grande échelle → beaucoup de carbone organique (partiellement réduit)
 - matériau abondant : CO_2 (complètement oxydé)
 - Besoin de réduire C à partir CO_2
 - $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{énergie} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - photons, chaleur du manteau
 - O_2 : gaz très réactif (/rochers, /gaz volcaniques)
 - disparaîtrait ($\tau \sim 5 \text{ Myr}$) si pas régénéré
 - (ex: $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$)

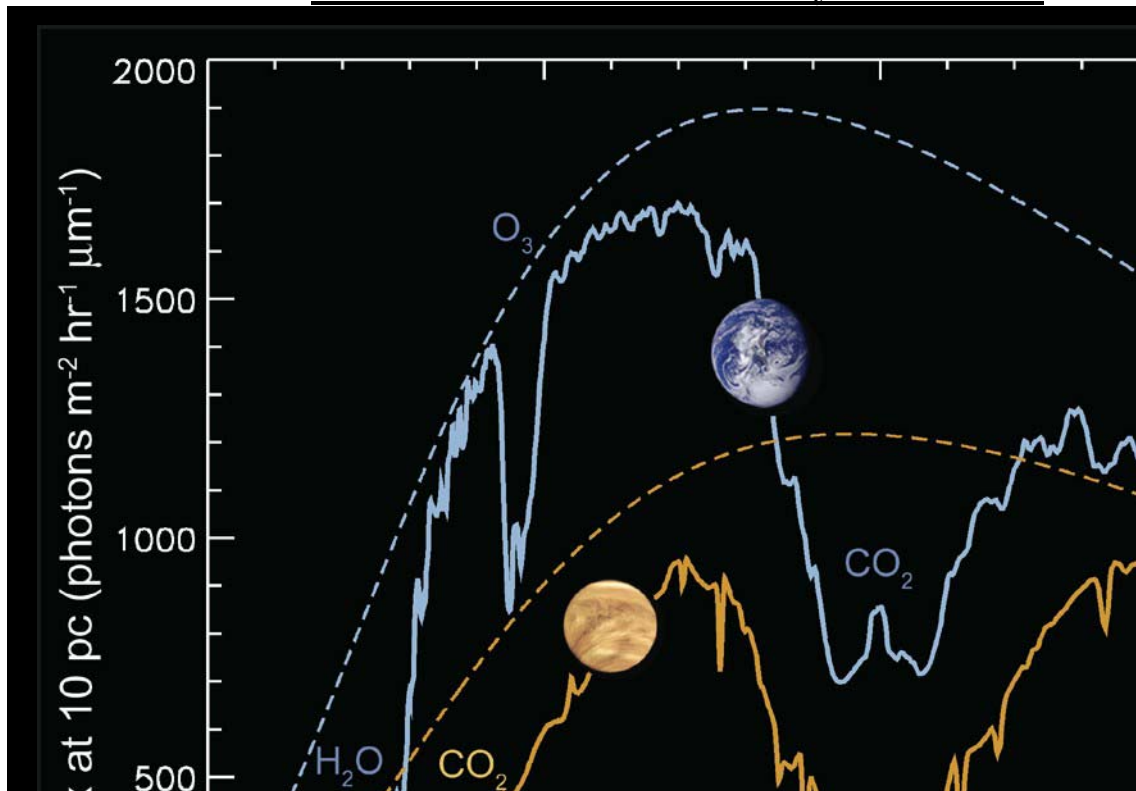
La présence massive de H_2O et O_2 dans une atmosphère planétaire peut être un bon critère pour une vie basée sur la chimie du carbone (Owen 1980)

O_3 comme traceur de O_2



O_3 marqueur logarithmique de O_2 (Léger et al. 1993)

Critère d'habitabilité dans le Système Solaire



Selsis & Tinetti (Darwin proposal)

Comment tester l'habitabilité effective

- .Nécessité d'observer la composition atmosphérique au premier ordre
- .Spectre avec une résolution de quelques dizaines et un S/B de quelques dizaines
- .Problématique instrumentale complexe

Conclusions (1)

- A ce jour, la vie n'a pas été détectée ailleurs que sur Terre.
- A ce jour aucune exoplanète n'est assurément habitable et encore moins habitée
- Il est possible d'obtenir des informations sur l'habitabilité par spectroscopie des atmosphères
- Il faut se préparer à être surpris (rôle de la biologie et de la chimie)
- L'observation directe de la surface des exoplanètes est illusoire.