

BULLETIN N° 183
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



lundi 3 mars à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris

CONFÉRENCE

"Premiers résultats cosmologiques du satellite Planck"

par François R. BOUCHET

Directeur de Recherche CNRS/Institut d'Astrophysique de Paris

Réflexions sur le déroulement du Colloque:

"Formation des Systèmes stellaires et planétaires Conditions d'apparition de la vie"

Prochaine séance :

lundi 7 avril à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris

Suite des REFLEXIONS SUR LE COLLOQUE AEIS 2014:

"Formation des Systèmes stellaires et planétaires Conditions d'apparition de la vie"

***CONFERENCE* : Gravitation quantique et complémentarité généralisée**

par notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDI

EXAMEN de nouvelles candidatures

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

MEMBRE S CONSULTATIFS DU CA :

Gilbert BELAUBRE
François BEGON
Bruno BLONDEL
Patrice CROSSA-REYNAUD
Michel GONDRAN

COMMISSION FINANCES: Claude ELBAZ,
COMMISSION MULTIMÉDIA: Pr. Alain CORDIER

COMMISSION CANDIDATURES: Pr. Jean-Pierre FRANCOISE

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 Brigitte DEBUIRE

CONSEILLERS SPECIAUX:

EDITION: Pr Robert FRANCK
AFFAIRES EUROPEENNES :Pr Jean SCHMETS
RELATIONS VILLE DE PARIS et IDF: Michel GONDRAN ex-Président
RELATIONS UNIVERSITES et MOYENS MULTIMEDIA: Pr Alain CORDIER
RELATIONS AX et MÉCENAT : Gilbert BELAUBRE

SECTION DE NICE :

PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :

PRESIDENT : Pr Pierre NABET

mars 2014

N°183

TABLE DES MATIERES

- p. 03 Compte-rendu de la séance du lundi 3 mars 2014
- p. 11 Comptes rendus de la section Nice Côte d'Azur des 16 janvier et 20 février 2014
- p. 32 Annonces
- p. 35 Documents

Prochaine séance :

lundi 7 avril à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris

Suite des REFLEXIONS SUR LE COLLOQUE AEIS 2014:

"Formation des Systèmes stellaires et planétaires Conditions d'apparition de la vie"

**CONFERENCE : Gravitation quantique et complémentarité généralisée
par notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI**

EXAMEN de nouvelles candidatures

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

Séance du

Lundi 3 mars 2014

Maison de l'AX 17h

La séance est ouverte à 17h sous la Présidence de Victor MASTRANGELO et en la présence de nos Collègues Gilbert BELAUBRE, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Alain CORDIER, Françoise DUTHEIL, Claude ELBAZ, Jean -Pierre FRANCOISE , Irène HERPE-LITWIN, Alain STAHL

Etaient excusés François BEGON, Bruno BLONDEL, Michel CABANAC, Alain CARDON, Daniel COURGEAU, Robert FRANCK, Michel GONDRAN, Walter GONZALEZ, Gérard LEVY, Jacques LEVY , Valérie LEFEVRE-SEGUIN , Pierre MARCHAIS, Pierre PESQUIES, Jean SCHMETS, Jean VERDETTI.

Etaient présents en tant que visiteurs:

- Claude MAURY, Ingénieur des mines
- Jean-Pierre BESSIS de l'Association X-Philo

I. Conférence de François R. Bouchet :

A.) Présentation du Conférencier

Notre Président nous donne quelques éléments essentiels concernant François BOUCHET:

François BOUCHET est cosmologue, Directeur de Recherches au CNRS à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP,CNRS et UMPC) .

Il est l'auteur de près de 250 articles scientifiques et et actes de Colloque.

François BOUCHET s'intéresse à la Formation des structures cosmologiques:

- Structures à grande échelle - le Web cosmique
- Formation de galaxie,
- Anisotropies du fond cosmique microonde

ainsi qu'à la lumière fossile, la plus vieille lumière de l'Univers.

- Participation à des projets

ARCHEOPS <http://www.archeops.org/>

PLANK SURVEYOR <http://l2.iap.fr/>

Il a présidé le conseil scientifique du programme national de cosmologie et celui interdisciplinaire du CNRS "Particules et Univers: observation des données , information". En 1993, il a été l'un des initiateurs du projet PLANCK, un observateur spatial développé par l'ESA, dont le but était de cartographier les infimes variations de température du fond diffus cosmologique. Il a ensuite codirigé le consortium de réalisation de l'une des caméras de

PLANCK , l'instrument HFI dont il coordonne aujourd'hui le traitement des données . Avec son équipe il est au cœur de l'étude de l'Univers primordial et de la lumière fossile. En 2013, ils ont publié " l'image ultime de l'univers".

Il a reçu le prix de la société Française des Spécialistes en Astronomie en 1993 et le prix ARRI 2011 du rayonnement français.

Pour plus de renseignements on peut consulter le site suivant:

- <http://tpx.iap.fr/annu/people/faces/bouchet.jpg>

Concernant ses activités de recherches on peut consulter les sites suivants:

- **Simulations numériques pour l'étude des grandes structures de l'univers:**

http://www.iap.fr/ActivitesScientifiques/ThemesRecherche/CosmologieStructuration/simulations_numeriques.html

- **Rayonnement cosmologique fossile:**

http://www.iap.fr/ActivitesScientifiques/ThemesRecherche/CosmologieStructuration/rayonnement_cosmo_fossile.html

- **Formation et évolution des galaxies**

http://www.iap.fr/ActivitesScientifiques/ThemesRecherche/CosmologieStructuration/formation_galaxies.html

- **ARCHEOPS / PLANK SURVEYOR:**

http://www.iap.fr/ActivitesScientifiques/Operations/presentation_archeops_plank.html

B.Conférence " Premiers résultats cosmologiques du satellite Planck "

I. Introduction de la conférence Par François BOUCHET

Imaginé en 1992, décidé par l'ESA en 1996, lancé en 2009, Planck a livré le 21 mars 2013 ses premières **cartes du ciel millimétrique** à 9 fréquences, ainsi que celles qui s'en déduisent, en particulier la carte des **anisotropies du Rayonnement Cosmologique de Fond (RCF)**, qui indique les variations minuscules, en fonction de la direction d'observation, de la température du rayonnement fossile autour de sa température moyenne de 2.725K. Je rappellerai brièvement comment ces cartes à haute résolution angulaire d'une précision de quelque parties par million ont été obtenues, de la collecte à l'analyse des 500 premiers milliards d'échantillons fournis par notre instrument HFI.

Les anisotropies du RCF traduisent l'empreinte des **fluctuations primordiales** qui sont initiatrices de la croissance des grandes structures de l'Univers, telles que transformées par leur évolution au cours des premiers 370 000 ans, c'est à dire jusqu'à ce que l'Univers devienne transparent et que se forme l'image que nous enregistrons aujourd'hui. Les caractéristiques statistiques de ces anisotropies permettent de contraindre conjointement **la physique de la génération des fluctuations primordiales** et celle de leur évolution. Elles nous renseignent sur la valeur possible des paramètres des modèles qui sont confrontés aux données. Je décrirai notre **évaluation de la densité des divers constituants de l'Univers (matière usuelle, matière sombre froide, énergie noire...)**, avec ses implications en termes de quantités qui en dépendent comme le taux d'expansion ou la courbure spatiale.

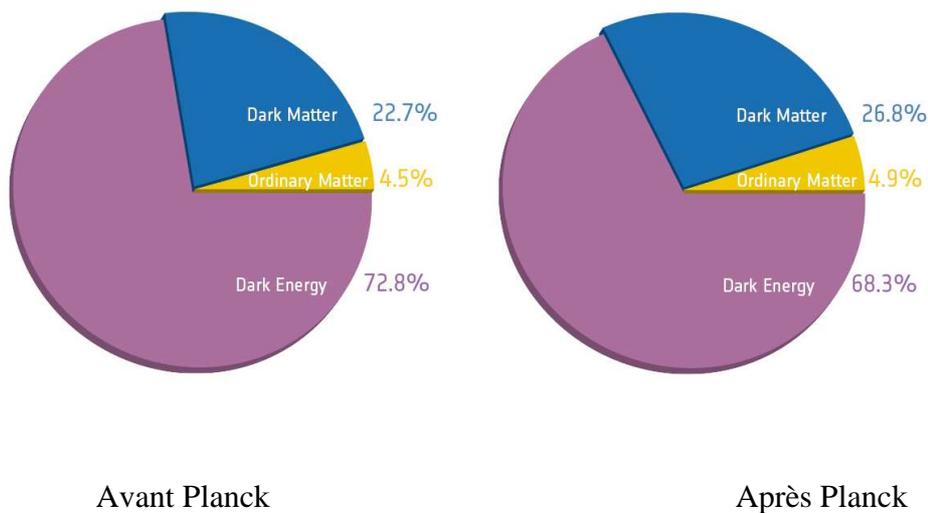
Je ferai le point sur ce que nous avons appris sur la génération des fluctuations, et discuterai des extensions **au modèle standard minimum, dit Lambda-CDM, que ce soit en terme de modèles physique non-minimaux -- inflation à plusieurs champs par exemple, ou de constituants supplémentaires -- comme cordes cosmiques ou quatrième neutrino.**

Enfin, je décrirai rapidement d'autres résultats prometteurs qui nous renseignent sur la distribution de la matière parcourue par l'image du RCF au cours de son voyage de plus de 13 milliards d'années jusqu'à nous. Je mentionnerai en particulier ce que nous pouvons apprendre sur **la distribution de la matière sombre -- qui est détectée par la distorsion de l'image du RCF qu'elle engendre par effet de lentille gravitationnelle, ou celle du gaz chaud --** qui est révélée par la distorsion spectrale du RCF que sa présence induit.

Planck en un mot:

- Mission M de ESA, retenue en 1996, lancement le 14 3ai 2009 à Kourou avec Herschel, 29 mois d'opération à L2, études dans le ciel à 5HFI
- Mesure optimale ultime des anisotropies du RCF et de la polarisation
 - 2 instruments: des bolomètres¹ HFI 100 mK, des radiomètres LFI 20K (8 études)
- Fréquences traitées: 33, 44, 70 100, 143, 217, 353, 545,857 GHz
- Résolution angulaire : 32, 27,13, 10, 7, 5, 5, 5,4 arcmin
- Sensibilité: $\Delta T/T \sim 2 \times 10^{-6}$, 5 $\mu\text{K}/\text{beam}$

Le camembert cosmique



Résumé de la conférence

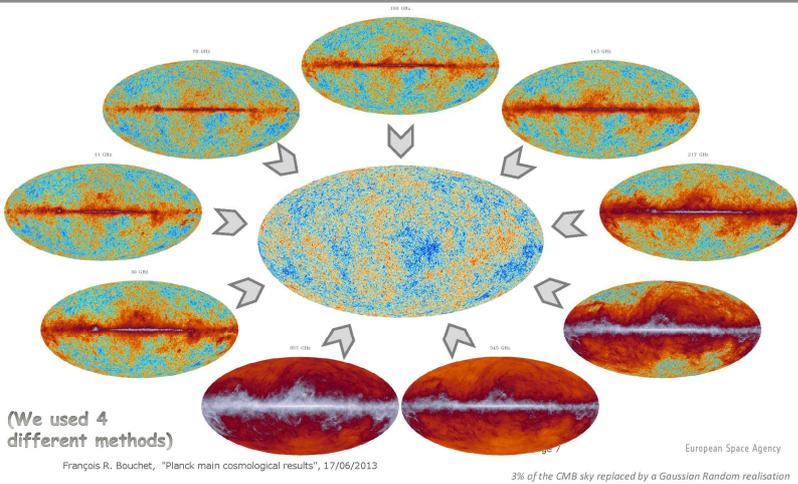
Planck a été conçu à l'époque de COBE. En juin 2010, une couverture complète du ciel est effectuée. En Novembre de la même année, une deuxième couverture est faite. En Janvier 2012, il a effectué deux fois sa période nominale, 5 couvertures du ciel, 900 milliards de données. Planck, devant mesurer des températures et des variations de températures extrêmement faibles, il ne faut pas que lui même soit générateur de chaleur ; il faut donc le refroidir par un système complexe à base d'Hélium super fluide dont nous avons déjà parlé. La température des capteurs est de 0,1K, température incroyablement basse, 100mK au dessus du zéro absolu ; bien plus

¹ Un **bolomètre** (du grec *bolè*, « radiation », et *metron*, « mesure ») est un détecteur développé par [Samuel Pierpont Langley](#) en [1878](#) afin d'étudier le [rayonnement électromagnétique solaire](#). Son principe est simple : il convertit l'énergie du rayonnement électromagnétique incident en chaleur au sein de l'absorbeur. Ce dernier est (ou est lié à) un [thermomètre](#) dont les propriétés électriques ou magnétiques dépendent de la température, on peut ainsi mesurer les variations d'impédance du détecteur, et donc l'énergie électromagnétique incidente

froid que le fond du ciel qui est à 2,7K. La précision de la régulation de température de ces détecteurs (des bolomètres) a été pendant 900 jours de : $0,1\text{K} \pm 0,1\text{mK}$

L'ANALYSE DES DONNÉES.

Cleaning the background from its 7 veils

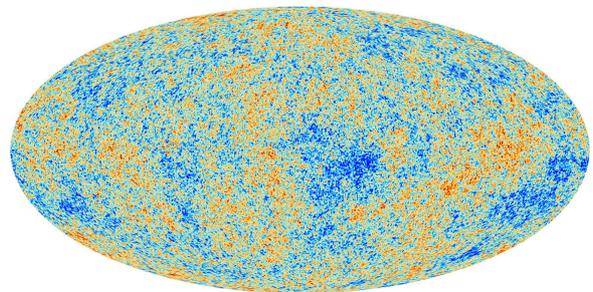


Planck grâce à HFI voit le ciel à travers 9 filtres allant de 100GHz (approx 3mm) à 857GHz. Ce sont les résultats bruts des bolomètres pour chaque fréquence.

Tout ce qui est rouge (principalement des poussières interstellaires) n'est pas le rayonnement d'arrière plan (le CMB).

Un traitement ad hoc permet, en éliminant les perturbations et les signaux parasites d'aboutir à la carte complète du CMB

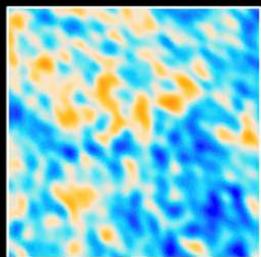
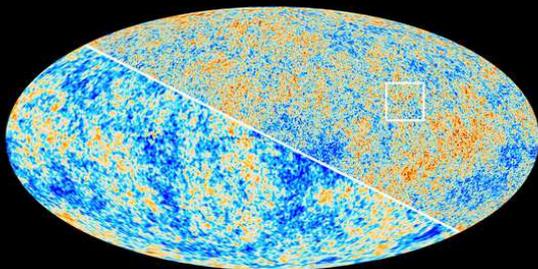
Elle comporte 50 millions de pixels et est bien



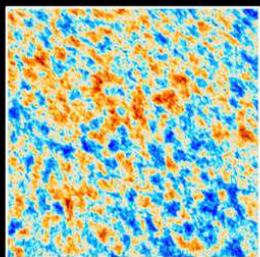
plus précise que WMAP. On peut y distinguer des variations un million de fois plus petites que le rayonnement moyen.

On peut s'en rendre compte en [consultant cette image](#) qui compare les données Planck et WMAP

The Cosmic Microwave Background as seen by Planck and WMAP



WMAP



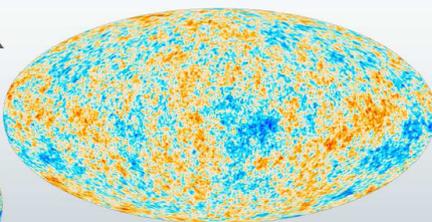
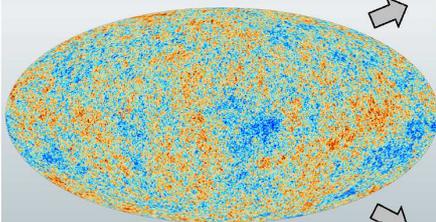
Planck



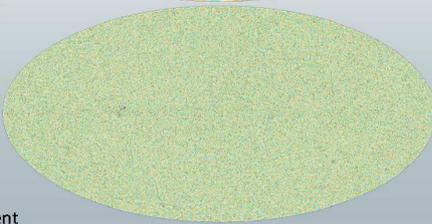
Our window



Smoothed map (suppressing scales $\theta < 1$ deg) :
Quantum Fluctuations imprinted
When the age of the Universe was in the
interval $[10^{-39}, 10^{-12}]$ seconds



Difference map (scales $\theta < 1$ deg) :
Acoustic oscillations at small scales
< ct when $t=380\,000$ years (~ 150 Mpc today).
Which allows to take a census of the Universe content



Planck avec ses mesures très précises confirme aussi la **théorie de l'Inflation**, rappelons qu'après le Big Bang, alors que l'Univers était âgé de 10^{-35} sec, il aurait subi une expansion prodigieuse (sa taille aurait été multiplié par un facteur énorme : 10^{26} !).

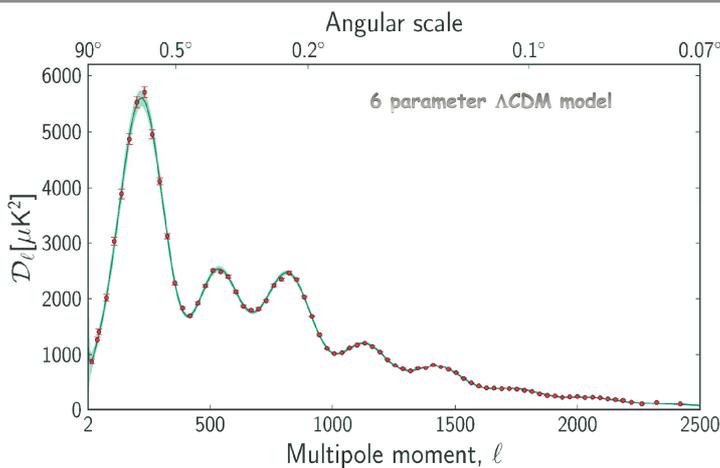
Les fluctuations quantiques présentes au début de l'Univers au cours du phénomène d'inflation ont été transformées en fluctuations à l'échelle cosmologique qui sont

devenues la source des grandes structures actuelles. La lumière garde l’empreinte de ces fluctuations originales, et c’est elle que les détecteurs de Planck voient. Mais ces fluctuations vont évoluer et se propager depuis ces 380.000 ans (date du CMB) jusqu’à maintenant ; la distance maximale qui peut être parcourue correspond à approx 1 degré en largeur sur la carte. On peut donc séparer dans cette image globale du CMB (celle de gauche) en la lissant à 1°, en deux parties : les fluctuations à grande échelle (>1°) en haut et à petite échelle (<1°) en bas.

Sur l’image à grande échelle, la lumière n’a pas eu le temps de parcourir la distance entre les différents points, ce sont des points du ciel qui n’ont pas pu communiquer entre eux. Un phénomène d’expansion énorme a donc dû se produire, validant ainsi le modèle.

Ces points dans le CMB sont un peu comme des vagues de différentes hauteurs sur la mer (de différentes largeurs sur la carte du CMB) que l’on va analyser en fonction de leur hauteur (de leur largeur pour le CMB) ; cela va nous donner le spectre de puissance. Ce spectre est parfaitement confronté

Theory confronts data



François R. Bouchet, "Planck main cosmological results", 17/06/2013

Page 14

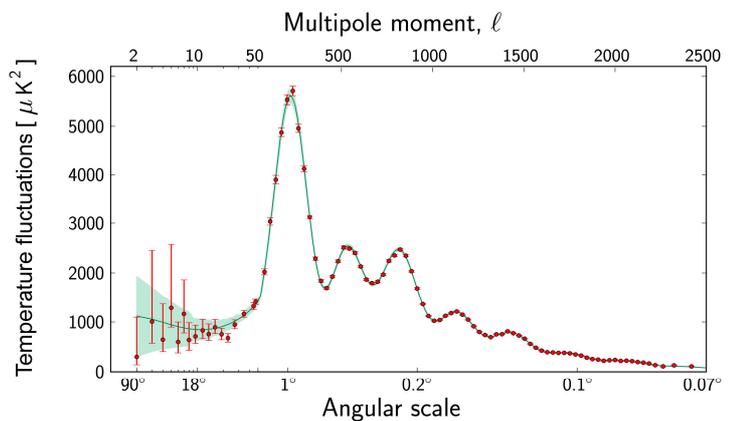
European Sp

avec la théorie. On compare les prédictions des modèles avec les données des observations pour déterminer le meilleur jeu de paramètres pour un modèle donné.

le meilleur modèle est celui qui comporte 6 paramètres ; c’est le LCDN (Lambda Cold Dark Matter)

Les 6 paramètres sont :

- $\Omega_b h^2$ Baryon density today - The amount of ordinary matter
- $\Omega_c h^2$ Cold dark matter density today - only weakly interacting
- Θ Sound horizon size when optical depth τ reaches unity
(Distance traveled by a sound wave since inflation, when universe became transparent at recombination at $t \sim 380\,000$ years)
- τ Optical depth at reionisation (due to Thomson scattering of photons on e^-), i.e. fraction of the CMB photons re-scattered during that process
- A_s Amplitude of the curvature power spectrum (Overall contrast of primordial fluctuations)
- n_s Scalar power spectrum power law index ($n_s - 1$ measures departure from scale invariance)
- Others are *derived* parameters within the model, in particular
 - Ω_Λ "Dark Energy" fraction of the critical density (derived only if assumed flat)
 - H_0 the expansion rate today (in km/s per Mpc of separation)
 - t_0 the age of the universe (in Gy)



Les données de Planck permettent d'accéder aux différentes valeurs de ces paramètres :

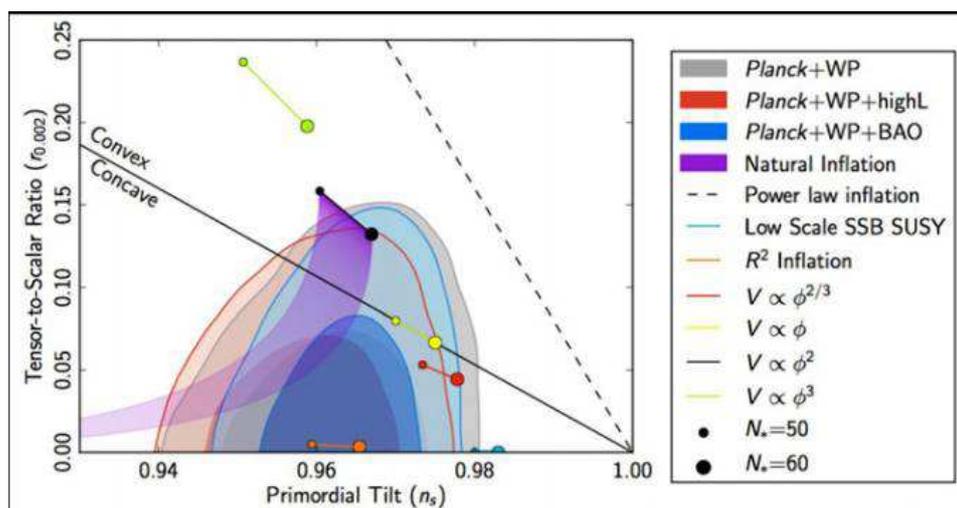
Parameter	Planck (CMB+lensing)		Planck+WP+highL+BAO	
	Best fit	68 % limits	Best fit	68 % limits
$\Omega_b h^2$	0.022242	0.02217 ± 0.00033	0.022161	0.02214 ± 0.00024
$\Omega_c h^2$	0.11805	0.1186 ± 0.0031	0.11889	0.1187 ± 0.0017
$100\theta_{MC}$	1.04150	1.04141 ± 0.00067	1.04148	1.04147 ± 0.00056
τ	0.0949	0.089 ± 0.032	0.0952	0.092 ± 0.013
n_s	0.9675	0.9635 ± 0.0094	0.9611	0.9608 ± 0.0054
$\ln(10^{10} A_s)$	3.098	3.085 ± 0.057	3.0973	3.091 ± 0.025

Ces paramètres montrent (après calculs) que l'Univers est plus vieux de 50 millions d'années, son âge exact : 13,82 Ga et qu'il a un peu plus de matière que ce que l'on pensait.

Le spectre de puissance est déterminé par deux nombres : l'un décrit l'amplitude typique des fluctuations de densité d'une taille physique donnée, l'autre décrit l'amplitude relative des fluctuations de densité entre deux échelles différentes, ce que l'on appelle indice spectral des perturbations (n_s). En fait n_s qui ne vaut pas 1, mais $0,96 \pm 0,0054$

Ce facteur représente la taille des grumeaux à différentes échelles dans l'Univers primordial ; s'il était égal exactement à 1, les grumeaux auraient tous la même taille ; ce qui serait contraire à la théorie de l'inflation, il fallait en fait que ce facteur soit aux alentours de 0,96. Planck en apporte la preuve pour la première fois.

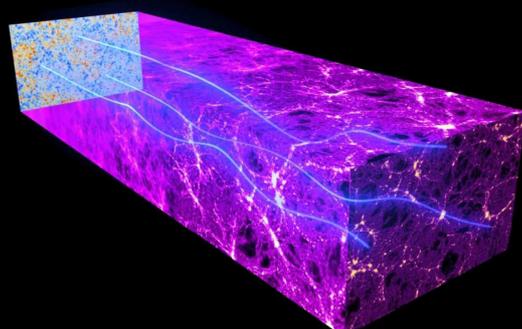
C'est un résultat fondamental qui confirme la prédiction de l'inflation.



En fonction des différents modèles cosmologiques d'inflation, on peut placer ceux ci sur ce graphe, par rapport aux différents résultats de Planck. Cela apporte des contraintes à ces différents modèles. On remarque que le modèle orange (R^2 inflation) est le plus proche des mesures. Certains modèles sont totalement exclus les autres sont moins probables

GRAVITATIONAL LENSING DISTORTS IMAGES

The gravitational effects of intervening matter bend the path of CMB light on its way from the early universe to the Planck telescope. This "gravitational lensing" distorts our image of the CMB (smoothing on the power spectrum, and correlations between scales)



$$\hat{T}(\vec{\theta}) = T(\vec{\theta} + \vec{\nabla}\phi) \approx T(\vec{\theta}) + \vec{\nabla}\phi \cdot \vec{\nabla}T(\vec{\theta}) + \dots$$

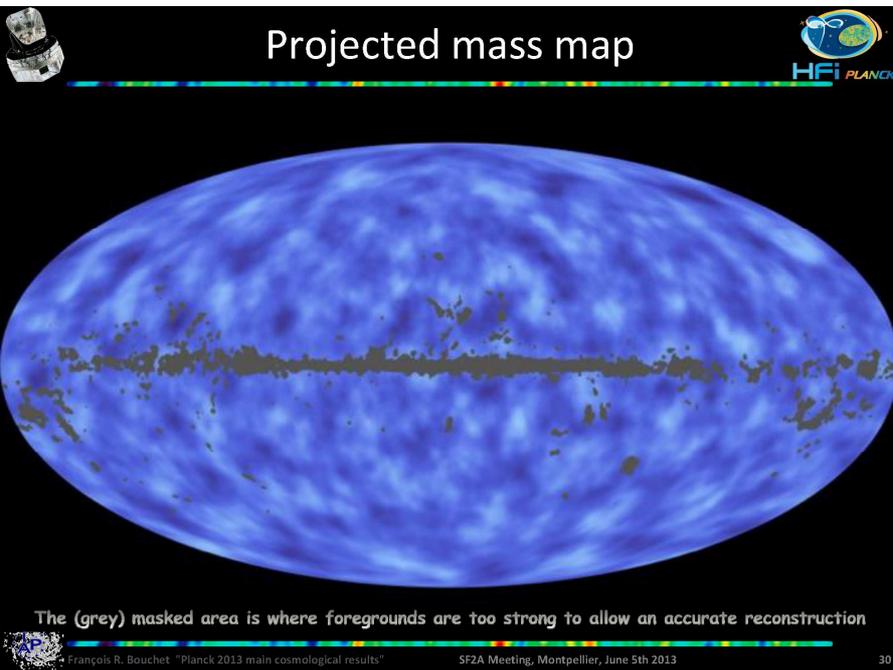
$$\vec{\phi} = \Delta^{-1} \vec{\nabla} \cdot [C^{-1} T \vec{\nabla} (C^{-1} T)]$$

DÉTECTION INDIRECTE DE LA MATIÈRE NOIRE.

La lumière primordiale du CMB, pour nous parvenir, traverse l'espace où elle peut par endroit rencontrer des masses de matière (amas de galaxies par exemple) et subir un effet de lentilles gravitationnelles, si bien que ce que l'on (Planck) observe est altéré par cet effet. Les rayons lumineux sont légèrement déviés et donnent

ainsi une image déformée à l'arrivée (maintenant).

En retranchant l'action de cette matière on peut accéder au CMB tel qu'il était à l'origine et aussi ainsi remonter et reconstruire la carte des masses de la matière noire qui produit l'effet détecté.



Ci-contre la carte de la matière sombre (principalement) contenue dans l'Univers depuis les 380.000 ans jusqu'à maintenant et qui provoque l'effet de lentille gravitationnelle sur le CMB.

Les régions avec plus de masse sont en couleur claire, celles avec moins de masse en foncée.

On ne peut pas caractériser le centre de l'image qui est notre propre galaxie.

De nouvelles données relatives à la polarisation seront publiées dans les prochains mois.

II. REFLEXIONS SUR LE DEROULEMENT DU COLLOQUE "Formation des Systèmes stellaires et planétaires Conditions d'apparition de la vie"

- Notre Président nous fait part des commentaires très chaleureux des divers membres du comité scientifique du Colloque qui n'étaient pas membres de l'AEIS.
- L'Institut Henri Poincaré a également beaucoup apprécié le colloque et nous propose de nous accueillir pour le prochain Colloque de 2016 .
- Un certain nombre de candidatures à l'AEIS ont fait suite au colloque. Les candidatures complétées selon le protocole de l'AEIS, seront examinées à partir de notre séance du 7 avril 2014.
- L'absence du journaliste de Libération, Sylvestre HUET, a été quelque peu préjudiciable à la tenue de la Table Ronde finale.

III. REFLEXIONS CONSECUTIVES RELATIVES A LA PREPARATION DU PROCHAIN COLLOQUE:

Suite au colloque AEIS-2014, Il a été décidé de créer trois commissions:

1. Commission chargée du recrutement au sens large

- Faire venir de jeunes collègues universitaires retraités...
- Examen de la liste des participants au colloque aeis-2014
- Examen des listes des colloques précédents
- Etablir une liste de personnalités qui sont déjà intervenues dans nos colloques précédents afin de constituer en quelque sorte un comité de parrainage de notre société savante

- Etc....

Notre collègue Jean-Pierre Francoise est chargé d'animer cette commission constituée de : Jean Schmets, Alain Cordier, Gilbert Belaubre, Irène Herpe-Litwin, Victor Mastrangelo

2. Commission multimédia

Cette commission est chargée dans l'immédiat de mettre à niveau notre site internet ; ensuite de faire en sorte qu'il se compare favorablement aux sites de sociétés savantes comparables telles que :

- Academia Europaea (Royaume-Uni)
- European Academy of Sciences (Belgique)
- Académie Européenne des Sciences, Arts et Lettres
- Etc.....

De prendre des contacts en vue d'actions pédagogiques avec :

- L'Université Permanente de Paris,
- le CERIMES (Centre de ressources et d'information sur les multimédias pour l'enseignement supérieur)
- le service multimédia de l'IN2P3 pour l'enregistrement si possible de nos colloques ;
- l'Agence Universitaire de la Francophonie ;
- Etc....

Notre collègue Alain Cordier est chargé de cette commission avec comme membres : Michel Gondran, Irène Herpe-Litwin, Robert Franck et Victor Mastrangelo

3. Commission des Finances

Chargée de répondre aux appels d'offres de :

- Mairie de Paris,
- Région Ile de France,
- Collecte de fonds auprès de fondations, d'institutions ou d'associations :
- Commission Européenne,
- M.E.S.R → CERIMES,
- Ministère des A.E,
- CEA,
- Agence Universitaire de la Francophonie,
- Fondation roi Baudoin (Belgique),
- Association Réalités et Relations Internationales (ARRI)
- Etc...

D'après le ministère de l'intérieur, pour que notre société savante soit reconnue d'utilité publique, il faut que nous ayons au préalable 200 membres au minimum et au moins 50 000 euros de revenus annuels. Le haut fonctionnaire qui a examiné notre dossier a un *a priori* favorable mais il nous faut atteindre, dit-il, de manière impérative la taille critique. La commission est prise en charge par notre trésorier général Claude Elbaz avec Françoise Dutheil, Gilbert Belaubre, Michel Gondran....

Après cette très riche séance, nos travaux prennent fin.

Irène HERPE-LITWIN

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

Plus on a de connaissances, moins on a de certitudes.

B. Cyrulnick.

Compte rendu de la séance du 16 janvier 2014

(177^{ème} séance)

Présents :

Richard Beaud, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Pierre Gouirand, Jacques Lebraty, Maurice Lethurgez, Claude Nigoul, Matthias Waechter.

Excusés :

Jean Aubouin, René Blanchet, Pierre Bourgeot, Jean-Pierre Delmont, Yves Ignazi, Maurice Papo, Jean-Marie Rainaud.

1- Approbation du compte rendu de la 176^{ème} séance.

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

2- Nouveau membre.

Nous sommes très heureux d'accueillir notre nouveau membre :

Priv-Doz. Dr. Matthias Waechter (matthias.waechter@cife.eu) 06 30 04 24 03,
Directeur général du Centre International de formation européenne.

3- La Méditerranée (Maurice Lethurgez).

« Au cœur du continent “Méditerranée” LUCRECE fit que la poésie
passa du mythe à la lecture des choses »

Ma contribution portera sur deux points. En préambule je présenterai deux idées du poète Gabriel Audisio extraites de son œuvre en trois volumes intitulée « Jeunesse de la Méditerranée » publiée en 1935. Et en seconde instance, j'aborderai ce que Lucrèce, il y a un

peu plus de deux mille ans, apporta « au cœur du continent “Méditerranée” » sur lequel régnait alors Rome.

Préambule :

Dans ce préambule je me dois d'éclairer l'expression « continent “Méditerranée” », dont l'impropriété géologique et géographique semble évidente. Voici donc ce qu'écrivait le poète Gabriel Audisio.

« Il ne fait pas de doute pour moi, que la Méditerranée soit un continent, non pas un lac intérieur, mais une espèce de continent liquide aux contours solidifiés. Déjà Duhamel dit qu'elle n'est pas une mer mais un pays. Je vais plus loin, je dis : une patrie. Et je spécifie que, pour les peuples de cette mer, il n'y a qu'une vraie patrie, cette mer elle-même, la Méditerranée. Et c'est pourquoi je dis : la patrie “méditerranée”, en redonnant à ce qualificatif la force centripète que “méditerranéenne” a complètement perdue. »

En fait les données de l'histoire, de l'archéologie, de l'anthropologie etc. ont montré que si une mer en principe sépare, la Méditerranée n'a fait que relier entre eux les peuples qui la bordaient. Elle ne les sépare pas, elle les relie.

Certes associer continent, pays et patrie à méditerranée peut nous faire sourciller alors que traditionnellement la méditerranée est définie comme un lac intérieur.

Le mot « continent » évoque la terre, la solidité géologique d'un immense espace, et celui de « pays » proposé par Georges Duhamel vient l'enrichir de nouvelles significations, celles d'un territoire immense habité par des communautés humaines, pour enfin dans la pensée de Gabriel Audisio atteindre à l'extension politique du mot « patrie » (j'allais presque écrire l'extension poétique).

La patrie c'est étymologiquement le « **pays du père** » c'est à dire de la « *communauté politique à laquelle on appartient ou à laquelle on a le sentiment d'appartenir, le pays habité par cette communauté humaine* ». (cf le Grand Robert). Ce « pays du père », d'où tous les peuples des « *contours solidifiés* » de la Méditerranée sont “génétiquement” issus, constitue la « patrie “Méditerranée” » Cette patrie méditerranée n'est-elle pas le lieu de naissance d'une Civilisation que l'on définit comme « *ensemble de phénomènes sociaux à caractères religieux, moraux, esthétiques, scientifiques, techniques, communs à une grande société ou à un groupe de sociétés* » ? cf Grand Robert). N'est-ce pas de cela dont nous avons envisagé de parler, de tout ce qui nous est commun en ce « pays du père » que constitue la « **Méditerranée** » ?

Une autre expression peut nous interpeller dans la pensée de Gabriel Audisio c'est celle de « force centripète » cette force qui va vers le centre et donc qui concentre, cette force qu'il associe à « patrie méditerranée » et oppose à « patrie méditerranéenne » qu'il connote de ce fait de « force centrifuge » c'est à dire de force qui nous éloigne du centre et vise à la dispersion.

La pensée de l'Académie européenne interdisciplinaire des sciences ne vise-t-elle pas à favoriser les forces centripètes plutôt que les forces centrifuges dans cette réflexion sur la Méditerranée ?

Par ailleurs, je me permettrai d'ajouter une autre réflexion prise à Gabriel Audisio quand il nous dit : que la Méditerranée ne connut jamais « *les navigations hauturières dans l'abrutissement des solitudes et des espaces infinis, (...) mais les courtes traversées de port à port, de terre à île.* » et il ajoute « *Notre mer, la Méditerranée, c'est la grande trésorière du cabotage. Elle est celle qui noue à la gorge des pays les perles baroques des itinéraires côtiers.* »

Ne pensez-vous pas que cette idée de cabotage est conforme à l'esprit qui nous anime sur le thème de la Méditerranée où par la diversité des escales réflexives notre projet ne s'apparente-t-il pas à un cabotage intellectuel ?

Ce préambule peut susciter à lui seul un certain nombre de questions aussi je n'irai pas plus loin, me préoccupant surtout d'approcher le thème central de ma contribution afin de témoigner que par son œuvre poétique : « *De natura rerum* » que l'on traduit « De la nature des choses » ou « De la nature », cet épicurien, (poète-philosophe et homme de sciences tout à la fois), il y a un peu plus de 2000 ans fit passer la poésie du mythe et de la superstition à ce que le Professeur émérite Claude Gaudin intitula la « lecture des choses » dans son livre « *Lucrèce. La lecture des choses* » (publié en 1999 aux éditions Encre marine).

Une approche de la pensée philosophique de LUCRECE à travers son poème « De la nature des choses » :

Le professeur émérite de l'université de Nice Sophia Antipolis Jean Marie Lévy-Leblond, physicien épistémologue dans un article de Philosophie Magazine N° 46 de Février 2011 écrivait que dans le *De natura rerum* de Lucrèce se trouvaient de « *remarquables prémonitions* » et que « *Rien n'est plus troublant pour un physicien que la lecture de natura rerum* » et il ajoutait : « *Ce texte fait vaciller en permanence le scientifique d'aujourd'hui entre le sentiment de familiarité (j'y reconnais une partie de nos idées sur la matière, l'espace, l'infini...) et celui de l'étrangeté (mais sa façon de penser n'a rien à voir avec nos représentations théoriques modernes) Le paradoxe est que les conceptions lucrésiennes (et celles des atomistes de l'Antiquité grecque, dont il reprend les idées) témoignent d'intuitions profondes et de prémonitions remarquables, tout en reposant sur des arguments désormais irrecevables.(...) Ainsi Lucrèce, du point de vue de la science moderne, a souvent raison... Pour de mauvaises raisons !* »

Allons maintenant à la rencontre du « *De natura rerum* » de Lucrèce.

Lucrèce serait né à Rome autour de 98 av. JC et serait mort en 55 av JC. C'est un contemporain de Pompée, César et Cicéron. On sait très peu de choses de sa vie. Ce que l'on sait c'est qu'il étudia l'histoire, les sciences et la philosophie et qu'il s'est particulièrement familiarisé avec la pensée de trois philosophes grecs : Empédocle (5^{ème} siècle av. JC), Démocrite (4^{ème} siècle av. JC), Épicure (3^{ème} siècle av. JC).

Lucrèce ne se pose pas en fondateur de doctrine. Il témoigne simplement de ses dettes intellectuelles replaçant son discours dans une tradition qui remonte aux premiers penseurs grecs comme Anaxagore, Empédocle. Il convoque même Homère. Toutefois il va réussir le tour de force de mettre la poésie au service de la philosophie et son texte est le premier de ce genre dans l'histoire de la pensée.

Épicure n'aimait pas la poésie, Platon lui-même la condamnait. Tout cela parce qu'au départ Logos et Muthos se confondaient dans la parole poétique qui prévalait avant que le discours philosophique ne prenne le dessus. Lucrèce, en philosophe, va transgresser le tabou. Il va, en poète-philosophe, être l'initiateur latin du renouvellement des cosmogonies grecques visant à faire sortir ses lecteurs de l'emprise de ce qu'il appelait « superstitions ».

Lucrèce reconnaît toutefois que « *ces vérités obscures découvertes par les Grecs, sont malaisées à mettre en lumière dans la poésie latine ; d'autant plus ajoute-t-il, qu'il me faudra souvent essayer de termes nouveaux, à cause de l'indigence de la langue latine et de la nouveauté des pensées.* » C'est pourquoi si traduire c'est passer d'une langue à une autre cela nécessite à la fois de traquer le sens que recouvrent les mots mais aussi le sens qui s'exprime et se devine entre les mots. Traduire c'est allier Savoir et Sagesse dans le tissage d'un verbe qui ne trahisse pas l'idée.

Lucrèce vécut donc en philosophe épicurien à contre-courant des valeurs morales et religieuses ainsi que de la mentalité romaine dominante plus proche alors du stoïcisme. Il était de ceux qui soutenaient que les dieux n'existent pas ou que, s'ils existent, ils nous sont indifférents. C'est ainsi qu'au Chant I verset 6 il dénonce ce qu'il appelle « *le poids de la superstition* » accordant à celui qu'il appelle le « Grec », c'est à dire à Épicure la primeur de cette dénonciation :

« Partout sur la terre, le genre humain gisait honteusement, écrasé sous le poids de la superstition, monstre dont la tête apparaissait dans les régions célestes et dont l'affreux regard terrifiait d'en haut les mortels. Un Grec le vit : et le premier parmi les humains il osa lever la tête contre le monstre des regards assurés et lui tenir tête. »

Par son œuvre Lucrèce va appeler les hommes de son temps à entendre « **le cri de la nature** » : « *Ô misère de l'esprit humain ! Ô aveuglement des cœurs ! Dans quelles ténèbres, dans quels périls ne passons-nous pas cet instant de vie qui nous est donné ! Eh quoi ! N'entendez-vous pas le cri de la nature ?* » (Chant II 2ème verset)

En philosophe intègre il rend à Épicure ce qu'il doit à Épicure. C'est ainsi que quatre des six livres ou chants qui composent son « *De natura rerum* » s'ouvrent par un éloge à Épicure. En voici un exemple (chant III verset 1) :

« Ô toi qui le premier, du sein des ténèbres les plus profondes, sus élever la lumière éclatante qui fait briller à nos yeux les biens de la vie ; sois mon guide, ô gloire de la nation grecque ! Je marche en posant mes pieds dans les traces de tes pas ... » Et il ajoute au début du Chant III que « *Aussitôt que la doctrine issue de ton divin génie annonce à nos esprits les lois de la nature, les terreurs de l'imagination se dissipent, les voûtes du monde s'entrouvrent ; je vois dans l'espace infini, la nature à l'œuvre.* »

Ce passage où Lucrèce parle des effets produits par la doctrine d'Épicure mérite qu'on s'y arrête.

En premier lieu arrêtons-nous sur la notion de « *lois de la nature* ». Que signifie cette notion pour le poète-philosophe Lucrèce et pour tous ceux qui ont écouté l'annonce d'Épicure ? Ces

« *lois de la nature* » ne sont certes pas encore les lois qui expriment la compréhension rationnelle des faits observés à un niveau d'observation donné d'où sont extraits les rapports nécessaires et constants entre les phénomènes physiques observés ou entre les constituants d'un ensemble. Ce qu'il définit sous le terme de « lois de la nature » ce sont les principes au cœur des choses, principes qui agissent en dehors de toute intervention des dieux.

Pour ceux, qui adhèrent à ces principes, nous dit Lucrèce « *les terreurs de l'imagination* » se sont dissipées. C'est à dire qu'ont disparu ces sentiments d'impuissance et d'angoisse des hommes confrontés aux phénomènes et aux forces terrifiantes de la nature qui les avaient conduits jusque-là à leur donner des figurations anthropomorphiques et à ne les concevoir que relevant du bon vouloir des dieux.

Ces « *terreurs de l'imagination* » dissipées, nous dit le poète, « *les voûtes du monde s'entrouvrent* ». Cette métaphore des « *voûtes du monde* » est ici extrêmement significative de la conception que le poète se fait du monde qui, par le recours au mot **voûte** définit le monde comme étant une **construction** dont la connaissance ne peut se concevoir que progressivement par la mise en évidence des « lois de la nature » qui la constituent. Car ces voûtes n'ont fait que s'entrouvrir et la lumière de la raison est venue petit à petit libérer l'imagination des ténèbres initiales où cette dernière développait ses figurations anthropomorphiques. Et il ajoute un peu plus loin « ... *voici le principe par où nous débiterons* : “Jamais rien n'est produit de rien par un acte de divinité (...) Car si quelque chose se formait de rien, toute espèce d'êtres pourrait naître indifféremment de tous les corps sans germes particuliers. »

Et c'est alors qu'éclate le « je » du poète-philosophe, lequel par ces « *voûtes du monde* » entrouvertes dit « *je vois dans l'espace infini, la nature à l'œuvre* ». Si, en tant que philosophe, Lucrèce sait ce qu'il doit à Épictète, par ce « je », le poète dit que lui est le seul à y voir « *la nature à l'œuvre* » sous-entendu telle qu'il va la montrer.

L'espace pour lui est infini. Il le développait déjà au Chant I « *L'univers (...) n'est limité en aucun sens : car il faudrait qu'il eût une extrémité ; or pour qu'un objet ait une extrémité, il faut, ce semble, qu'il y ait hors de lui quelque chose qui le termine et d'où l'on puisse voir l'endroit au-delà duquel nos sens ne peuvent plus le suivre. Comme il faut avouer qu'il n'y a rien en dehors du tout, il n'y a pas d'extrémité : il est donc dépourvu de limites et de mesure : et peu importe dans quelle région de l'univers tu te places : car quel que soit le poste occupé par l'observateur, l'infini s'étend également dans tous les sens.* »

Il ajoute un peu plus loin : « *D'ailleurs, si l'univers se trouvait enfermé dans un espace limité de toutes parts, s'il avait des bornes, toute la matière disponible, entraînée par le poids de ses atomes solides, se serait précipitée déjà de toutes part vers le fond ; rien ne pourrait plus s'accomplir sous la voûte du ciel ; il n'y aurait même plus de ciel ni de lumière du soleil : car toute la matière, se déposant depuis l'immensité des temps, demeurerait amoncelée dans l'inertie. Au contraire, nous voyons que les **atomes** n'ont aucun repos, parce qu'il n'y a pas de dernier fond où ils puissent s'amasser et se fixer. De toutes parts, les choses s'accomplissent sans trêve, et les atomes de la matière, précipités du sein de l'infini, affluent éternellement.* »

Abordons cette notion d'atome qui est centrale au cœur de son œuvre. Il pose au Chant II que

« *Les atomes sont donc toujours agités : car souviens-toi, écrit-il, que dans l'univers il n'y a pas de fond ni de lieu où ils puissent se fixer, l'espace étant sans mesure et sans limite, infini dans tous les sens.* »

S'appuyant sur le spectacle que nous offre « *un rayon de soleil (qui) se glisse dans une chambre ténébreuse* » il va essayer de montrer ce qu'il imagine être le mouvement infini des atomes. Il invite le lecteur à regarder ces « *mille corpuscules (qui) s'agitent en tumulte dans le vide au sein des rayons de la lumière. Ils semblent engagés dans une guerre sans fin : ils se livrent des combats et des assauts, chargeant troupe contre troupe : point de repos : sans cesse ils se divisent et se rallient. **D'après cette image tu peux te représenter l'agitation sans trêve des éléments de la matière dans le vide infini.** Un petit fait peut nous donner, au moins par analogie, l'idée des plus grands et nous mettre sur la trace de la vérité. Ces corpuscules, qui s'agitent dans les rayons du soleil, méritent d'autant plus ton attention, que leur agitation trahit le secret des mouvements invisibles des atomes.* »

Mais qu'est-ce que la nature pour Lucrèce qu'il voit à l'œuvre dans l'espace infini ? Si initialement le mot « nature » renvoie à l'ensemble des êtres créés, à l'univers, chez Lucrèce la nature correspond à l'idée qu'en tout ce qui existe est un même principe qui se produit ou du moins se détermine lui-même en tout ou partie, sans avoir besoin d'une cause étrangère, c'est donc le principe créateur qui est en toute chose.

Au Chant I il écrit : « *tout ne peut naître de tout, parce que chaque corps possède en soi des vertus distinctives.* » et quelques pages plus loin il ajoute « *La nature agit donc au moyen de **corps imperceptibles*** » et au verset suivant il pose que « *tout n'est pas matière condensée et continue en tous sens ; les corps sont mêlés de vide* » ; « *Ainsi donc, précise-t-il, l'espace impalpable, le vide, le lieu inoccupé existe réellement. Autrement, les corps seraient incapables de mouvement car la résistance, la vertu de faire obstacle, qui est le propre de la matière, se trouverait partout et toujours : rien donc ne pourrait se déplacer, puisque rien ne commencerait à céder la place.* »

En adepte de la pensée d'Épicure, et dans le prolongement de la doctrine « matérialiste » de Démocrite pour lequel la nature est composée d'atomes dont les mouvements sont régis par des lois mécanistes, Lucrèce va donner à ce matérialisme un statut philosophique en

définissant ces « *corps premiers de la matière* » « *ces corps imperceptibles* » comme étant des « principes » et donc en les définissant comme étant « les raisons des choses ». Lucrèce s'il reconnaît que l'atome est matériel, il ne réduit pas la matière à ce qu'on voit et qu'on touche. Il ne confond pas la matière avec les choses.

Ce rationalisme le conduisant à montrer que dans le Tout de l'univers, les principes de la production des choses sont les choses elles-mêmes. Il transmet le plus fidèlement possible la doctrine d'Épicure mais admirant Homère et surtout Empédocle il invoque dès le premier vers de son œuvre « Vénus » qu'il associe plus loin à « Mars » (Chant I extraits des versets 1, 3 et 4).

« Mère du peuple romain, douce Vénus, ô toi qui fais les délices des hommes et des dieux, qui répand la vie (...) c'est par toi que tout être vivant est conçu et appelé à voir la lumière du soleil. » (verset 1)

« Puisque aussi tu gouvernes seule la nature, que sans toi rien ne paraît à la divine lumière du jour, (...) je voudrais qu'on sentît ta présence dans les vers que j'essaye de composer sur les lois de la nature. » (verset 3)

« Que grâce à toi, les sauvages fureurs de la guerre s'assoupissent un moment ; (...) Mars le dieu des armes, vient souvent, le cœur blessé d'un éternel amour reposer sa tête sur tes genoux ». (verset 4)

En invoquant « Vénus » et « Mars » il semble se couler dans le moule traditionnel des invocations poétiques et religieuses de son temps mais philosophiquement, s'il affirme sa filiation par exemple avec la pensée d'Empédocle (vision cosmologique dominante de l'époque) c'est pour mieux la critiquer.

En effet de la vision cosmologique d'Empédocle, Lucrèce retient la notion d'éléments constitutifs des corps, alors même qu'il critiquera la conception d'Empédocle qui pose que l'unité du multiple tient à la permanence des quatre éléments de base : l'eau, l'air, le feu et la terre auxquels ce dernier a donné symboliquement des noms de divinités (Zeus pour l'air, Héra pour la terre, Adoneus pour le feu et Nestis pour l'eau).

Lucrèce retient aussi de lui qu'il y a, à la base de toute chose, une quantité constante de matière, sans augmentation ni perte d'aucune sorte, ce qui aurait pu lui permettre de dire avant Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. » Sur ce point Empédocle, pour se faire comprendre, eut recours à la comparaison du peintre qui, à partir de très peu de couleurs fondamentales, produit toutes les images qu'il veut.

Et Lucrèce retient aussi le principe de ces deux grandes forces, principe imaginé par Empédocle pour que ces quatre éléments se compénètrent et se séparent et se retrouvent sans fin, ces deux grandes forces à jamais antagonistes et complémentaires que sont pour Empédocle : l'Amour et la Haine symbolisées au début du poème de Lucrèce par « Vénus » et « Mars » comme principes de composition et de décomposition, principes d'attraction et de répulsion que met en œuvre la nature entre les éléments c'est-à-dire les atomes définis comme « principes » composant le Tout de l'univers.

Mais si selon Lucrèce il y a quelque chose à retenir dans la pensée d'Empédocle il va montrer en quoi au Chant I « (...) *ce grand homme s'est trompé* », *ainsi que les autres sages (...) génies inférieurs à lui par tant de côtés* » car à ses yeux « *quand ils ont abordé les principes constitutifs des corps, tout leur savoir est tombé en ruines* ». Lucrèce développe ainsi un à un ses arguments :

« Ils admettent le mouvement, tout en supprimant le vide (...) et en ne l'admettant pas (...) dans la substance des choses ; (...) Ils ne posent pas de limites à la division des corps, nul terme où s'arrête la destruction ; (...) il n'y a pas pour eux, de dernier degré de petitesse ; (...) ils posent pour principes des corps une matière sans solidité ; (...) il s'en suit que tout

l'univers devra retomber dans le néant et que la multitude des êtres devra renaître de rien pour refléurir ; (...) Enfin si tout est formé de quatre éléments, et si tout va s'y résoudre ; pourquoi verrait-on là le principe des corps plutôt que dans les corps le principe de ces substances ? ».

Question essentielle que celle que pose Lucrèce : Pourquoi verrait-on dans ces quatre éléments le principe des choses plutôt que dans les corps le principe de ces substances ?

S'adressant au début du Chant I à Memmius, le disciple en quelque sorte, c'est-à-dire le futur lecteur à qui il destine son livre, il lui dit : *« j'entreprends de t'expliquer les vérités les plus hautes sur le ciel et sur les dieux ; je te montrerai les éléments de l'univers ; de quels principes la nature forme les corps, les accroît et les entretient ; à quoi elle les ramène par la dissolution quand ils ont péri. Ce sont ces principes que, dans nos leçons, nous appelons matière ou principes générateurs des corps, quelquefois semences des corps ; nous leur donnons aussi le nom de corps premiers, parce qu'ils sont les premiers éléments de toutes choses. »*

Si Lucrèce poète latin s'inquiète de la difficulté de traduire la pensée (et pas seulement les mots) des Grecs, c'est que les mots sont pour lui comme *« des corps avec leurs constituants phoniques qui recèlent plus de significations possibles que le groupement de syllabes toujours soumis à des contraintes arbitraires »* écrit le professeur Claude Gaudin dans son livre *« Lucrèce. La lecture des choses »* Lucrèce aura donc recours, à propos de la singularité des choses, à l'analogie. Il nous invitera à penser que *« cette singularité des choses est produite par la variation combinatoire entre des éléments communs ou identiques et il avance qu'il en est ainsi dans les choses comme dans les mots du langage, différent des lettres identiques puisque l'alphabet compte un nombre restreint de lettres. C'est à ses yeux, dans la matière des noms, dans l'arrangement intime de leurs éléments que se trouve l'origine de leurs différentes significations. »*

C'est ainsi que le professeur émérite Jean Marie Lévy-Leblond physicien épistémologue dans l'article précédemment cité, reconnaît que *« la comparaison des atomes avec les lettres est une métaphore fondatrice de l'argumentation lucrécienne : les combinaisons infiniment variées des atomes permettent la constitution de matériaux naturels, tout comme, les combinaisons alphabétiques permettent l'expression écrite des mots (...) La persistance de cette analogie au cœur de la pensée scientifique jusqu'à nos jours (du grand livre de la Nature de Galilée au code génétique) montre le caractère essentiel de ce texte dans notre culture. »*

Lucrèce va reprendre à son maître Épicure la notion de *« clinamen »*, par laquelle selon Épicure les atomes chutent éternellement dans un vide infini, en raison de leur poids et sans jamais rencontrer de résistance et leur nombre infini dans cet espace sans orientation absolue les amène à se rencontrer de façon hasardeuse et toutes ces rencontres sont à l'origine des mondes multiples.

Lucrèce s'il reprend cette notion de *« clinamen »* il substitue comme agent des rencontres, à la notion de hasard principe externe aux atomes, **le principe de la « déclinaison »** qu'il conçoit interne aux atomes. En effet, au Chant II il montre que si les atomes ne faisaient que tomber en ligne droite comme le dit Épicure *« à la manière de goutte de pluie, nulle rencontre, nul choc n'aurait pu se produire ; et la nature n'aurait jamais été enfantée »* Lucrèce émet donc l'hypothèse que les atomes ont en eux cette possibilité qui leur est propre de s'écarter de la verticale qu'il appelle *« déclinaison »* laquelle propriété leur donne la possibilité de *« mouvement qui rompt la chaîne de la fatalité, de façon que les causes ne forment pas une succession sans fin »* Et il se demande si ce n'est pas de cette déclinaison qu'est née *« sur la terre cette liberté dont jouissent les êtres animés »*

Alors il s'interroge « *D'où vient cette puissance affranchie du destin, grâce à laquelle chacun de nous va où sa volonté le conduit ? (...) sans aucun doute, ajoute-t-il, notre volonté est le principe de nos actes (...) Tu ne peux nier, dit-il à Memmius le lecteur disciple, qu'il existe aussi dans les corps premiers une cause indépendante des chocs et de la pesanteur, et à laquelle nous devons cette faculté innée : car nous voyons que rien ne peut venir de rien* »

Dans la pensée de Lucrèce nous pouvons dire que le principe d'indétermination à l'œuvre dans la nature s'il rend possible toutes les évolutions imprévisibles, garantit en même temps la liberté des mouvements des êtres vivants. On peut donc dire que la vision du monde de Lucrèce jusque dans ses constituants les plus élémentaires est non déterministe au sens de fatum, de destin. Sa vision proclame que la liberté règne dans l'univers, ce qui suppose qu'entre le monde animal et le monde humain existe une différence de degré et non de nature et que le libre arbitre est au cœur de l'humain.

Lucrèce exprime au Chant I sa crainte que Memmius « *déconcerté par les fictions des poètes* » se sépare de son propre enseignement à savoir : « **qu'un terme certain est assigné aux misères des hommes** », la mort dont il ne dit pas le mot, mais dont il l'assure que fort de cela il pourrait tenir tête à des poètes comme Ennius qui « *Proclame encore (...) qu'il existe une vaste demeure de l'Achéron, où il ne reste plus de nous ni âmes ni corps, mais certains fantômes d'une pâleur étrange.* » « *Et quoi ?* Précise-t-il pour s'opposer à ce qu'il appelle « simulacre », *il ne tiendrait qu'à moi d'évoquer à tes yeux mille fantômes capables de bouleverser la conduite de ta vie...* » C'est pourquoi Lucrèce s'écrira de nouveau au Chant III qu'il « *faut chasser sans ménagement ces terreurs qu'inspirent l'Achéron : c'est elles qui empoisonnent toute la vie humaine (...) noircissant tout des couleurs de la mort.* »

En fait nous dit-il au Chant I « *C'est qu'on ignore la nature de l'âme. Naît-elle avec le corps, ou bien y est-elle introduite au moment de la naissance ? Périt-elle avec nous, dissipée par la mort, ou va-t-elle enfin, par l'ordre d'un dieu, dans le corps d'autres animaux, ainsi que l'a chanté Ennius ? ...* » **Cette question à ses yeux mérite donc comme les autres qu'on y réfléchisse** et qu'il ne suffit donc pas ajoute-t-il au Chant I que « *nous rendions un compte satisfaisant de tout ce qui se passe au-dessus de nos têtes, des révolutions du soleil et de la lune, et de la nécessité par laquelle chaque chose s'accomplit sur la terre : il faut surtout examiner d'un regard pénétrant les principes qui font subsister l'âme et l'esprit ; quels sont les objets qui se présentent à nous dans l'état de veille et nous épouvantent quand nous sommes troublés par la maladie ou ensevelis dans le sommeil ; comment enfin nous croyons voir et entendre près de nous ceux qui ne sont plus et dont la terre possède les os.* »

Ce qui signifie que sur tous les objets « qui se présentent à nous » dans l'état de veille ou de sommeil qu'il s'agisse des pensées, des rêves, des émotions, des sensations, des simulacres des choses que nous imaginons, c'est le même regard de la raison qu'il importe de porter. Car pour un épicurien, le point de départ se trouve dans les sensations que nous procurent les sens. Et c'est à partir des sensations que se manifeste le sens. « L'impression vécue a déjà un statut conceptuel » écrit le professeur Gaudin. C'est à partir du « sensible » produit par la sensation qu'émerge le sens. Nous touchons là à la production du sens sous son double aspect : la sensation et le concept.

En affirmant que les éléments ultimes de la nature sont des atomes matériels et que ceux-ci doivent être considérés comme « les principes » de la réalité des choses, Lucrèce développe un véritable discours philosophique. Ayant emprunté l'hypothèse des atomes à Démocrite cela lui permettra, comme le fit Épicure pour ce qui concerne les dieux, de « *forcer, écrit-il au Chant I, les barrières jalouses qui ferment le temple de la nature* ». Il explique donc l'ordre des choses de ce monde par ces principes et donc la nature de l'homme, c'est à dire ce qu'il faut entendre par son âme et sa pensée. Il explique l'esprit par la matière qui lui serait ontologiquement hétérogène. Il fait « *des atomes matériels les principes multiples d'intelligibilité* » selon le professeur Gaudin.

De fait, Lucrèce s'oppose à toute métaphysique. C'est du groupement de certains atomes eux-mêmes insensibles que naîtra la diversité des sensations. Il s'oppose en ceci au vitalisme, cette doctrine qui au sens large admet que les phénomènes de la vie possèdent des caractères sui-generis par lesquels ils diffèrent radicalement des phénomènes physiques et chimiques et manifestent ainsi la présence d'une « force vitale » irréductible aux forces de la nature inertes. (Dictionnaire de Philosophie Lalande).

Il nous faut bien conclure ce qui ne peut être qu'un effleurage de l'œuvre de Lucrèce, lequel il y a plus de 2000 ans assumait une confiance totale dans une explication du monde par la science. Par ailleurs il s'opposait dans le prolongement d'Épicure à toute superstition et posait cette prise de position comme principe de base de ce que l'on pourrait appeler un rationalisme militant qui préfigure d'ailleurs le mouvement de l'*Aufklärung*, le mouvement des Lumières.

En effet au XVIII^{ème} siècle, Lucrèce fut plus vivant que jamais. Il incarnait alors un matérialisme rebelle à toute finalité mais il divisait les penseurs des Lumières. Diderot s'inspira de son poème scientifique pour son « Rêve de d'Alembert », même s'il contestait sa théorie des atomes alors que Voltaire, attaché à la notion de l'Être suprême, ce grand horloger du monde, est anti Lucrèce. Depuis toujours Lucrèce a ses « pour » et ses « contre ». Le poète Francis Ponge en 1942 déclarait vouloir écrire avec le « Parti pris des choses » une sorte de « *De natura rerum* ». Raymond Queneau fit de même avec sa « Petite cosmogonie portative » en 1950. Et le mouvement dit « L'Oulipo » joua à imposer des contraintes au langage pour créer de nouvelles possibilités de sens. Les Oulipiens se réfèrent d'ailleurs au « *clinamen* » comme principe de déviation, pour introduire un jeu dans les mécanismes du langage.

Comme vous le voyez, vingt siècles après sa naissance la philosophie de Lucrèce brille toujours de sa paradoxale lumière tirée des ténèbres du monde et se dresse comme un phare sur les bords du continent méditerranée projetant ses lumières qui furent les prolégomènes de ce qui allait être et devenir le rationalisme militant au cœur de notre Civilisation.

Claude Nigoul : dans cet exposé, je retiendrai cette prémonition étonnante de ce qui sera affirmé bien plus tard. Il y manquait évidemment la dimension du temps.

Un autre aspect montre que la Méditerranée ne subsiste que par une construction de l'esprit.

J'ai été particulièrement frappé par le fait que cette conception d'une réalité méditerranéenne, ce « continent méditerranée », liquide bordé de solide, il n'y a que nous qui parlons de Méditerranée, en premier lieu les Français, depuis en gros 150 ans. C'est donc une construction de l'esprit, un mythe créateur.

Richard Beaud : c'est effectivement surtout en France qu'il y a un discours sur la Méditerranée, d'un lieu à partir duquel les rencontres se sont faites. On notera l'importance de la Grèce qui rencontre tout le monde sémitique, surtout à Alexandrie qui est le lieu fondateur d'une pensée nouvelle. C'est là que la Bible a été traduite en grec ; c'est là où Platon, avec l'assomption d'une philosophie préexistante, fait une reformulation.

Plus proche de nous, cette philosophie grecque s'est répandue vers l'Espagne où elle a donné naissance à une vision de l'Homme et du monde absolument nouvelle, avec la conception de l'intellectuel agent d'Averoes. Alors, dans notre Occident, il y a en chaque homme une forme profonde qui détermine son identité. Il y a donc rencontre entre l'homme des deux côtés de la Méditerranée et en même temps une confrontation qui est à la base de toute notre pensée moderne.

Il est vrai que c'est en France que l'on tient ce discours.

Claude Nigoul : je suis entièrement d'accord avec ce que vous dites et c'est pourquoi j'étais d'accord lorsque vous avez suggéré de traiter du monothéisme. Il y a quelque part une réalité spécifique au monde méditerranéen qu'a enfanté ce qui est le squelette de la civilisation. Il y a là une sorte de mystère.

4- **L'union bancaire.**

Jacques Lebraty : passer de Lucrèce à l'union bancaire européenne représente une sorte de choc thermique ! Aussi, à titre de transition, je vous signale le livre d'Alain Finkielkraut : « L'identité malheureuse » ouvrage que j'ai beaucoup apprécié. Sur la forme la langue française y est maniée de façon merveilleuse et sur le fond, le philosophe traite d'un problème éternel, celui de l'universel versus le particularisme. D'autres ont montré que poussés à l'extrême ces deux pôles ont un aboutissement commun : le totalitarisme (Michel Meyer : Petite métaphysique de la différence).

Claude Nigoul : je signale de même un ouvrage d'un sociologue de Montpellier, Jean-Claude Michéa : « L'empire du moindre mal » où il montre que l'évolution de nos sociétés dans le cadre de la mondialisation est l'expression d'un libéralisme poussé à son extrême et correspond à la mise en place d'un individualisme total qui passe par la déstructuration de tout ce qui peut constituer une personnalisation des hommes. Elle a comme prolongement un totalitarisme mou où l'homme se réduit à un individu qui n'est plus qu'un consommateur déstructuré.

Il prolonge le livre de Finkielkraut.

Jacques Lebraty : parler de l'union bancaire est un sujet très aride. D'abord d'un point de vue technique. Evoquer les ratios que doivent respecter les banques, la vérification de leur position bilancielle par des crashes ou stress tests, les conditions de leurs défaillances éventuelles, n'est pas simple. Mais là ne réside pas le plus compliqué. Tous ces problèmes techniques s'insèrent dans un environnement de relations international qui conduit à la suite d'après négociations a des calendriers en fait incertains où il n'est pas toujours évident de discerner ce qui est fait, ce qui va être fait et ce qui ne sera vraisemblablement jamais utilisé car renvoyé aux calendes grecques (certaines mesures de l'accord de décembre 2013 sont prévues pour 2025 !).

Ajoutons que le milieu international que nous évoquons est le milieu européen, l'union bancaire ne concernant que les pays qui appartiennent à la zone euro en crise latente. Faut-il rappeler que cette zone est traversée par des courants politiques profonds qui s'expriment au niveau du Parlement européen et que ce dernier n'est pas forcément d'accord avec ce que font les ministres des finances des pays membres. Si l'on complète ce tableau en rappelant l'imminence des prochaines élections européennes qui risquent de modifier la composition du Parlement on réalise pourquoi actuellement beaucoup de citoyens (et même d'experts) se perdent quelque peu dans les méandres de la question de l'Union Bancaire Européenne.

Tout est parti de la faillite de la banque d'affaires « Lehman Brothers » que les proches du Président Bush ont laissé s'accomplir sans anticiper vraiment l'ampleur de l'effet système qui allait en résulter. Ce qui est vite apparu évident est que finalement c'étaient les contribuables qui assumaient le coût d'arrêt de l'inferral effet systémique et que l'évitement de l'effondrement de tout le système financier mondial se traduisait par une augmentation d'un endettement public déjà considérable. On en est arrivé ainsi, en 2012, à ce que les journalistes ont appelé « l'année des faillites imminentes ».

Le risque d'explosion du système financier mondial apparaissait bien réel malgré toutes les précautions déjà prises par ce qu'on appelle le « comité de Bâle » dont le rôle était

précisément de réguler l'activité bancaire (ce comité avait préconisé tout un ensemble de mesures visant à augmenter les fonds propres des banques en gage de leur solidité). Manifestement les précautions des comités de Bâle se révélaient insuffisantes comme en témoignait la situation monétaire en 2012 : les banques ne voulaient plus se prêter entre elles, paralysant ainsi tout le système et notamment les crédits à l'économie. L'effet systémique déclenchait alors ce qui est le plus grave en matière bancaire, une crise de confiance majeure.

Même s'il faut se méfier de la notion d'homme providentiel force est de constater la simultanéité de l'action clairvoyante de deux experts, les deux Mario, l'un grand banquier, Mario Draghi, formé à l'école de Goldman Sachs et nommé à la tête de la BCE, l'autre, Mario Monti, professeur d'université provisoirement à la tête du gouvernement italien. Il faut se souvenir de l'audace de leurs décisions. Le gouverneur de la BCE encouragé par Mario Monti eut le courage de se lancer comme le faisait aux Etats Unis Ben Bernanke dans une politique non conventionnelle de « *quantitative easing* » (assouplissement monétaire) ; à ce détail près que les statuts de la BCE étaient beaucoup plus restrictifs que ne l'étaient ceux de la Réserve Fédérale (banque centrale américaine) sur ce point.

Que n'a-t-on pourtant dit sur la dangerosité de ces liquidités artificielles déversées sur le système financier et qui pourtant nous ont sauvés d'un crash mondial (rappelons qu'aux Etats Unis certains membres du Tea Party proposent de traîner en justice pénalement le gouverneur de la Réserve Fédérale pour création de fausse monnaie !Devant ce constant cheminement au bord du gouffre, Mario Monti est alors intervenu avec l'idée générale suivante : plus jamais ça ! Il proposait donc de créer une supervision (surveillance) européenne capable d'anticiper les difficultés : l'Union Bancaire Européenne. Il s'agissait de mettre au point un système qui puisse surveiller les banques et agir en cas de dysfonctionnement, ce qui est particulièrement nécessaire et difficile lorsque l'on dispose d'une monnaie unique utilisée dans des Etats membres à des niveaux parfois très éloignés de développement les uns des autres.

Après une suite de réunions marathon, les ministres des finances de la zone euro ont abouti à un accord sur la création de l'Union Bancaire Européenne s'inspirant des principes suivants :

- Pour éviter de nouveaux dysfonctionnements profonds, il est nécessaire de disposer d'un système de surveillance, de supervision, au niveau de la zone euro
- Il apparaît nécessaire également de disposer d'un mécanisme d'intervention en cas de détection de situations graves pouvant conduire à la faillite de la banque
- Enfin, dans le cas de faillite déclarée, ce n'est pas uniquement aux contribuables de combler le déficit, actionnaires et créanciers de la banque doivent être mis à contribution.

Fin 2013, les ministres des finances de la zone euro ont donc conclu un accord que l'on peut résumer en trois points :

1° Au niveau de la surveillance, les ministres des finances, décident de créer, dès 2014, une supervision unique du système bancaire européen confiée à la BCE (Banque Centrale Européenne). Dans le territoire européen, il existe 6000 banques dont beaucoup sont très petites. Les contrôles par la BCE concerneront en fait, environ de 130 à 200 établissements, les plus importants, c'est-à-dire ceux dont les difficultés entraîneraient des effets systémiques. Dès février 2014 la BCE procédera à des « stress tests » pour établir un diagnostic préalable de l'état actuel de solidité des banques de la zone euro.

2° On projette de mettre en place un moyen d'action quand une banque est détectée en difficulté ; il s'agit d'un « mécanisme unique de résolution » chargé d'organiser tout l'avenir de la banque, par étape croissante suivant l'ampleur de ses difficultés : augmentation de capital, recours aux actionnaires et créanciers, faillite pure et simple en fin de compte décidée par l'ensemble des ministres de la zone euro. Cette dernière disposition a été vivement voulue par l'Allemagne qui s'opposait formellement à ce que ce rôle de liquidateur soit tenu par la commission européenne.

3° Une série de mesures complémentaires ont été également décidées :

- Les dépôts des épargnants ne sont garantis que jusqu'à 100 000 €.

- Un fond de garantie constitué par un prélèvement effectué sur chaque banque est prévu. Si la faillite est trop importante et que l'appel aux actionnaires et créanciers et les sommes dont dispose ce fonds de garantie ne suffisent pas, ce sont alors les Etats qui seront mis à contribution.

- Si malgré tous ces recours le compte n'y est pas resté un dernier « filet de sécurité » (backstop) qui pourrait être par exemple les fonds accumulés au titre du « Mécanisme Européen de Stabilité » créé durant la crise de l'euro afin de sauver les économies en difficulté au sein de la zone. Il est prévu que la mise en œuvre de ce programme d'action s'échelonne sur une période allant de 2015 à 2025 !

Ne fonctionnera donc pour le moment que la phase de supervision. Tout le reste demeure encore très flou notamment le fait que le Parlement européen doive approuver cet accord et que de fortes oppositions se manifestent. L'idée générale du désaccord tient au fait que les parlementaires européens et notamment le président Martin Schulz estiment que la part faite au processus de résolution intergouvernementale est trop importante. Plus de multilateralisme est souhaité garantissant notamment un rôle actif plus significatif du parlement européen. Les partisans de l'accord répondent qu'en ce domaine on ne dispose le plus souvent que d'un week-end pour décider sur la faillite ou non d'une banque ce qui semble difficile à réaliser dans le cadre d'un processus parlementaire. On le voit la discussion ne fait que commencer !

Guy Darcourt : Malgré toutes les difficultés signalées, n'il y a-t-il pas tout de même un progrès par rapport à la situation ancienne ?

Jacques Lebraty : certes, mais on peut voir la bouteille à moitié pleine ou à moitié vide ! Dans le premier cas cette volonté de surveiller et même d'agir en commun est louable mais n'est-ce pas tout de même le moins que l'on puisse faire. Et cela au prix de tant d'embûches, de procédures, de temps pour progresser ! Dans le deuxième cas pourtant (la bouteille à moitié vide), les problèmes de fond subsistent, et il ne faut pas en faire systématiquement porter la responsabilité sur l'Allemagne. Peut-on lui reprocher d'être réticente à financer des pays membres qui auraient fait n'importe quoi dans le passé et encore aujourd'hui ! En réalité, la réponse à la question posée implique un rappel historique. Avec la création de la communauté du charbon et de l'acier (CECA), l'idée avait été de dire : puisqu'il apparaît impossible d'unifier d'emblée politiquement l'Europe « commençons à traiter de problèmes spécifiques le reste suivra ». Pas mal de sujets ont ainsi progressé (circulation des capitaux et des hommes, monnaie unique...) ou reculé (défense..). Mais sur le plan de l'union politique, c'est la bouteille à moitié vide qui triomphe. Or, il semble que l'on soit parvenu à un point de blocage. Les sujets spécifiques ont de plus en plus de mal à être résolus, le cœur n'y est plus. Faute d'avancées dans l'union politique attention que ne se vide la moitié déjà pleine de la bouteille !

5- Questions diverses.

Guy Darcourt : nous avons créé, en 1981, avec quelques collègues psychiatres français, tunisiens, algériens et marocains une « Association Franco-Maghrébine de Psychiatrie » qui a

Le temps c'est l'image mobile de l'éternité.
Platon.

Compte rendu de la séance du 20 février 2014

(178^{ème} séance)

Présents :

Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Pierre Gouirand, Maurice Lethurgez, Claude Nigoul,

Excusés :

Jean Aubouin, Richard Beaud, René Blanchet, Pierre Bourgeot, Jean-Pierre Delmont, Maurice Papo, Matthias Waechter.

1- Approbation du compte rendu de la 177^{ème} séance.

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

2- La Méditerranée (Patrice Crossa-Raynaud).

L'amélioration des plantes cultivées en Méditerranée

Généralités.

Les plantes cultivées ont toutes une origine sauvage.

Les nôtres ont, le plus souvent, des ancêtres méditerranéens mais certaines ont été importées il y a fort longtemps d'Extrême-Orient ou, plus récemment, d'Amérique du Sud (16^{ème} siècle.)

L'Homme exerce depuis qu'il les a découvertes aux débuts de la sédentarisation, au néolithique, une pression de sélection millénaire.

Les plantes sauvages ont une variabilité cachée, sous la forme de caractères récessifs, qui ne s'exprime que si le caractère est à l'état homozygote. On sait maintenant que ces caractères récessifs proviennent de diverses modifications du génome : mutations diverses. Beaucoup sont létales, mais certaines sont favorables ou simplement sans effets néfastes. Les variations non utiles ont été conservées sous la forme de séquences muettes à l'état hétérozygote.

Mais ces caractères cachés qui apparaissent spontanément sur quelques individus à l'état homozygote présentent parfois un avantage déterminant pour la domestication et les agriculteurs, qui n'ont pas manqué de les observer, ont tenté de les conserver dans la descendance.

L'amélioration des plantes cultivées c'est donc essentiellement l'émancipation des caractères récessifs.

Cette méthode de sélection, très ancienne, commune à tous les peuples agricoles, est dite

« massale », ou en masse. Elle consiste à repérer un caractère génétique nouveau apparaissant spontanément au gré des fécondations croisées. L'agriculteur souhaite fixer la nouveauté si la multiplication végétative est possible (bouturage par exemple) ou bien il récoltera séparément les graines de la plante observée et les ressèmera dans l'espoir de les retrouver l'année suivante.

Mais ce faisant, il n'a pas contrôlé les géniteurs mâles et femelles : le caractère n'est pas fixé.

Mais en procédant ainsi pendant plusieurs années, il arrive pourtant à fixer le caractère sous la forme homozygote.

Un caractère souvent donné en exemple est celui du rachis solide des blés, ce qui facilite la récolte puisque l'épi reste entier alors que c'est évidemment un défaut majeur dans la vie sauvage puisque cela s'oppose à la dispersion des épillets et donc des graines.

Parmi les caractères qui ont été lentement favorisés est celui de la grosseur qui existe chez tous les végétaux (et aussi les animaux). On peut citer par exemple les fines asperges sauvages qui sont botaniquement identiques à nos grosses asperges blanches vendues au marché.

Il en va de même pour les très petites « pommes d'api », ancêtres de la Golden ou des petites poires « sept en bouche » ancêtres de la « doyenne du comice ».

Il convient ici de noter le très petit nombre d'espèces sauvages ayant été aptes à la domestication. Une douzaine d'espèces seulement parmi les centaines de céréales sauvages. Notre alimentation repose sur un très petit nombre d'espèces.

La sélection « massale » tâtonnante a finalement été très efficace même si elle fut lente. Elle se poursuit encore de nos jours. C'est ainsi que les variétés d'arbres fruitiers comme la cerise

« hâtive de Burlat », la pomme « Golden delicious », l'abricot « Bergeron » ont été découvertes il y a peu, poussant spontanément dans une haie.

L'application des lois de Mendel, au début du siècle dernier, a permis de s'affranchir notablement du hasard et de mettre au point la sélection généalogique ou dirigée, où l'on maîtrise les géniteurs mâles et femelles des croisements et où l'on observe systématiquement tous les descendants. Elle a permis de réaliser des améliorations agricoles spectaculaires.

Mais que ce soit la sélection massale ou généalogique, elles ont toutes les deux le défaut de faire perdre, par consanguinité, la variabilité génétique existant dans les espèces sauvages.

Nos variétés cultivées, surtout celles, anciennes, issues de la sélection massale, sont devenues tributaires de l'Homme qui les a créées.

Il suffit d'observer le retour à la broussaille des restanques des collines méditerranéennes façonnées par des générations de paysans misérables acharnés à coloniser un milieu hostile.

La sélection humaine est en dehors de la nature de sorte que tout ce que l'Homme crée est provisoire et disparaîtrait s'il ne s'en occupait plus. La trace de l'Homme s'effacerait s'il n'était plus là.

Nos variétés cultivées sont le résultat de modifications génétiques : mutations, délétions (pertes d'un petit fragment d'ADN), transferts de gènes, épigénétique, fragments de virus, etc. N'en déplaise aux écologistes, elles sont toutes des OGM.

Avant de donner quelques exemples d'amélioration de plantes cultivées en Méditerranée, une dernière remarque générale.

Le professeur Jesse Ausubel a montré récemment que les bienfaits sanitaires, nutritionnels et environnementaux des progrès de l'agronomie ont été si considérables depuis la dernière guerre mondiale, qu'au cours des cinquante dernières années, où la population mondiale a plus que doublé, la production agricole a triplé tandis que les surfaces agricoles restaient stables (+ 12 %). Il reste encore des terres disponibles car on ne cultive plus que les meilleures, notamment en Europe et il n'y a plus de famine. Mais ces productions abondantes chagrinent les adeptes de la culture biologique, celle du retour à l'Antique, voire au Préhistorique.

Le blé

Il fait partie de l'immense famille des céréales, avec le riz et le maïs. Il est une des bases de l'alimentation humaine. Depuis le Néolithique, au Proche-Orient, vers 9000 ans avant JC, il a été une des

premières espèces domestiquées. C'est ainsi que, dans l'Égypte la plus ancienne, on célébrait Osiris pour avoir donné le blé aux hommes parmi ses bienfaits, leur permettant de vivre sans la chasse.

Le genre *Triticum*, nom botanique du blé, comporte de nombreuses espèces qui présentent une constitution génétique extraordinaire. Elles sont toutes originaires des montagnes de Turquie, le Taurus notamment, où l'on situe le centre de diversification.

Les espèces les plus anciennes, le *Triticum*, ont un génome de $2n = 14$ chromosomes. On peut citer le *Triticum monococcum* ou engrain, qui fut cultivé. Ce *Triticum monococcum* (AA), il y a 500 000 ans, s'est croisé spontanément avec une autre céréale voisine : *Aegilops speltaoides* (BB) pour constituer, on ignore comment, un blé tétraploïde $2n = 28$ chromosomes où les génomes du *Triticum* et de l'*Aegilops* cohabitent sans jamais se mélanger (AA.BB).

De cette synthèse unique est issue une série d'espèces différentes. On peut citer comme cultivées :

<i>Triticum durum</i>	le blé dur
<i>Triticum dicoccum</i>	l'amidonnier
<i>Triticum turgidum</i>	le blé poulard branchu (Auvergne) ou le blé dit « des pharaons »

Un autre événement aussi improbable s'est produit à nouveau au Moyen-Orient il y a 9000 ans environ aux débuts de la domestication : une nouvelle fusion entre un blé tétraploïde (28 chromosomes) et *Aegilops tauschii* (DD) qui a formé un blé hexaploïde (AA, BB, DD) qui a donné notamment le blé tendre (*Triticum aestivum* ou *vulgare*) et la grande épeautre (*Triticum spelta*) appréciée des adeptes de la culture bio car plus rustique mais moins productif.

A l'INRA de Paris, Jolivet a mis vingt ans pour analyser et reconstituer un blé hexaploïde, à partir de diploïdes sauvages, ce qui était survenu spontanément, et en prenant soin de conserver la variabilité des espèces sauvages à $2n = 14$ chromosomes d'origine.

Ces travaux ont ensuite été poursuivis par les maisons de semence : Vilmorin, Limagrain, etc. pour créer des variétés plus productives et résistantes aux maladies (rouille).

Cela, joint à la maîtrise des fertilisations chimiques et la lutte contre les mauvaises herbes, a fait que la production de blé tendre qui était de 20 qx à l'hectare environ dans les années 30, a été, en 2012, de 70 qx à l'hectare.

Le blé tendre est mieux adapté aux conditions climatiques du nord de la Méditerranée alors que le blé dur l'est mieux aux pays du sud (Afrique du nord, Italie du sud) plus arides.

La différence essentielle entre le blé tendre et le blé dur est que le premier, dont les graines contiennent du gluten élastique, donne de la « farine » panifiable alors que celle du deuxième, qui a un autre type de gluten et qui est riche en protéines, ne l'est pas (semoule).

La culture du blé a poussé les hommes à mettre peu à peu au point les instruments nécessaires :

- le bâton pour creuser des trous,
- la houe en pierre,
- l'araire,
- la charrue,
- la faucille,
- le battage (fléaux),
- le van.

On a calculé qu'il fallait jadis trois heures de travail pour récolter un kg de blé. Les mauvaises récoltes d'origine climatiques provoquaient des famines en Europe (comme il n'y a pas si longtemps pour le riz aux Indes et en Chine). La dernière famine en France remonte à 1709. Le blé a été en fait une source essentielle d'énergie (amidon) et de protéine (gluten) pour les hommes méditerranéens.

Robert Pitte, de l'Institut, a récemment montré que les tables européennes connaissaient les nouilles bien avant le retour de Chine de Marco Polo (1295). Des tablettes cunéiformes traduites en 1994 leur attribuent même une postériorité mésopotamienne.

Les Chinois du nord, qui connaissaient le blé tendre via la Route de la soie trois siècles avant notre ère, ont inventé la fabrication des pâtes fraîches à bouillir avec de nombreuses variantes : nouilles, raviolis, etc.

En Méditerranée, les nouilles fraîches sont connues vers la même époque dans les communautés juives. On a découvert, dans les ruines d'Herculanum, une machine à faire des nouilles (+ 79 de notre ère).

C'est à Naples vers l'an 800 que l'on invente la « pasta secca » à la semoule de blé dur introduite en Sicile par les Arabes. Celle-ci était donc déjà utilisée aussi dans les pays arabes d'Afrique du nord pour le couscous cuit à la vapeur et les galettes au four. Elles sont introduites en France par Catherine de Médicis.

La vigne

Vitis vinifera existe encore à l'état sauvage en lisière dans les bois de Méditerranée. C'est une liane qui présente des sexes séparés et donne des petites grappes de baies comestibles.

Elle a subi, il y a très longtemps, une mutation rendant ses fleurs hermaphrodites (mâle et femelle) qui a été évidemment conservée par tous les viticulteurs.

Les variétés que nous connaissons sont anciennes et forment deux groupes. Les variétés à gros grains, dites raisin de table, originaires du Proche-Orient musulman : dattier de Beyrouth, muscat d'Alexandrie, (le professeur Pirovano, vers 1940, a eu l'idée, à Naples, de croiser ces deux variétés et la chance d'obtenir, du premier coup, la variété « Italia » connue dans toute l'Europe et cultivée en tonnelles) et des variétés de cuve pour la production de vin. Il existe aussi une variété ancienne sans pépins, la sultanine ou raisin de Corinthe donnant les raisins

secs. Chaque région viticole a ses variétés de cuve. La région méditerranéenne de l'Europe représente 62,7 % du vignoble mondial.

Tout aurait pu continuer à évoluer tranquillement si la production européenne n'avait pas été confrontée, à partir de 1862, à un ravageur sans remède : le phylloxera.

Importé d'Amérique du nord sur des plants de *Vitis* américains contaminés, ce puceron d'un demi-millimètre dont les femelles se multiplient sans fécondation, se nourrit sur les racines des vignes européennes et tue les ceps en moins de trois ans.

Les premiers cas ont été observés dans l'Hérault et toutes les vignes européennes furent contaminées en moins de quarante ans et le reste du monde ensuite, car il existe des formes sexuées ailées qui facilitent la dispersion. Seules les vignes implantées dans des sols sablonneux sont épargnées (Camargue). Aucun traitement n'est efficace. Ce fut un véritable désastre ravageant des millions d'hectares.

L'identification du responsable fut faite par trois membres de l'Académie des Sciences et des Lettres de Montpellier : MM. Bazille, Planchon et Sahut en 1868. Planchon commet l'imprudence de rédiger un compte rendu pour l'Académie des Sciences de Paris où le Comte Paul de Gasparin et ses confrères, sans être venus sur le terrain, mettent en doute avec condescendance que les pucerons observés soient les responsables des mortalités observées. Rien de sérieux ne pouvait venir du Midi. La cause était la sécheresse.

En très peu d'années, toute la France est victime de l'épidémie : la production de vin qui était de 70 millions d'hectolitres tombe à 25 millions en 1879.

Jules Planchon et Louis Viallat entreprennent une prospection en Amérique du nord avec des collègues locaux, pour ramener des variétés des *Vitis* américaines : *vitis rupestris*, *riparia*, *labrusca*, etc., résistantes au phylloxera et espèrent pouvoir s'en servir comme porte-greffe de *Vitis vinifera*.

Rapidement ils sélectionnent les types les mieux adaptés à nos sols. La viticulture européenne est sauvée.

Mais le phylloxera n'est pas entré seul en France. Il fut accompagné de deux maladies cryptogamiques : le mildiou et l'oïdium de la vigne se sont installés définitivement partout et nécessitent toujours des traitements pluriannuels à la bouillie bordelaise dont on a des raisons de craindre que le cuivre accumulé intoxique peu à peu le sol.

On a donc tenté, par hybridation, de créer des variétés résistantes. De très nombreux chercheurs publics ou privés s'y sont consacrés.

Le premier croisement avec *Vitis labrusca* a donné un hybride résistant avec un goût « foxé », ressemblant au cassis que l'on trouvait sur les marchés de Nice sous le nom de « framboisé », évidemment impropre à la vinification, sauf pour un palais américain.

Des centaines de croisements ont été faits sans résultats définitifs et se poursuivent encore avec des succès mitigés. Leur utilisation en France est interdite, sauf dérogation, depuis 1935. En revanche, en Suisse depuis 1980, il y a une liberté totale et de plus en plus de nouveaux cépages remplacent les traditionnels pour leur excellence gustative et leur résistance aux maladies.

Les techniques actuelles transgéniques bien maîtrisées permettraient peut-être de transférer plus efficacement les gènes de résistance des vignes américaines à *Vitis vinifera*. Mais que diraient les écologistes ? Il est douteux que l'INRA se lance dans l'aventure, d'autant que les chercheurs spécialisés ont quitté la France. Et puis le bouquet d'un vin issu de Pinot noir, de Cabernet ou de Merlot est-il seulement le fait des ADN ou épigénétique ? Les viticulteurs bio sont évidemment très tentés (AOC génériques).

L'olivier

Olea europea, espèce typiquement méditerranéenne qui peuple, avec le lentisque, le chêne kermès, etc. les collines de tous nos rivages (maquis). Cette espèce est particulièrement résistante à la sécheresse et à la concurrence d'autres espèces. C'est ainsi qu'elle a survécu sur de nombreuses restanques plus ou moins abandonnées.

Les agriculteurs ont, depuis l'Antiquité, sélectionné de nombreuses variétés plus riches en huile (5 kg de fruit pour 1 l d'huile en moyenne). Ces variétés sont très bien adaptées à leurs conditions de culture. Mais cette adaptation très ancienne a eu comme conséquence mal expliquée, que les variétés cultivées ne produisent régulièrement que dans les zones où elles ont été sélectionnées. Le Cailletier à Nice, la Frantoïo à Florence, la Chemlali autour de Sfax en Tunisie par exemple.

Toutes ces variétés sont sûrement très anciennes.

C'est ainsi que j'ai pu identifier des noyaux antiques découverts dans les restes d'une ancienne huilerie de la petite ville romaine abandonnée de Sufetula (Sbeitla) comme étant de la Chemlali toujours cultivée à Sfax.

L'huile d'olive a longtemps été la seule graisse liquide disponible, ce qui en a fait une production majeure des pays méditerranéens. Cette production a très longtemps été confiée par les agriculteurs à de très nombreux moulins à huile : meules en pierre, scourtins, presses, etc. Les petits producteurs apportaient journalièrement leur récolte au moulin.

Vers la fin du 19^{ème} siècle, la production d'huile d'olive a connu une crise majeure avec la concurrence de l'huile de graines exotiques : l'arachide, beaucoup moins chère. De nombreuses exploitations ont alors été plus ou moins abandonnées. Dans les années 60, l'association des producteurs d'huile d'olive a eu l'idée de faire la promotion de ce produit : fruit du soleil héritier de la Grèce, bénéfique pour la santé grâce à des polyphénols. On y a ajouté le régime crétois ensuite. Cette propagande, discutable, a eu un effet miraculeux en sorte que de nombreuses plantations ont été rénovées, notamment en Italie et surtout en Espagne et même à Nice.

Mais cette production de nouveau abondante ne pouvait plus être traitée dans des moulins artisanaux plus ou moins disparus, sauf pour quelques productions de luxe.

Les olives ont le défaut de mûrir pratiquement toutes en même temps, surtout s'il s'agit, comme nous l'avons vu, de variétés régionales uniques, multipliées végétativement ou par greffage.

On a donc mis au point des moulins à huile industriels de divers types, capables de traiter en continu des volumes considérables. Les olives récoltées sont en effet très sensibles, après récolte, à la fermentation et doivent donc être traitées rapidement sinon l'acidité de l'huile augmente.

Lorsqu'on achète de l'huile d'olive marquée « vierge extra », première pression à froid, c'est exact. Mais, le plus souvent, il est indiqué, en tout petit : « huile provenant de la communauté européenne », ce qui

veut dire qu'après le pressage à froid, on vérifie l'acidité éventuelle des lots qui ne doit pas dépasser 5% et on les mélange pour donner aux consommateurs un produit ayant toujours le même goût : fruité, doux, etc.

Récemment est apparue l'huile de palme. Les producteurs d'huile sentant le danger, ont réagi en expliquant qu'elle était mauvaise pour la santé, ce qui est discutable. N'empêche que la mention « sans huile de palme » fait florès. Il est bien difficile aujourd'hui d'échapper aux craintes alimentaires. Elles ont, pour la plupart, des origines douteuses ne reposant sur rien de sérieux. Plus le nombre d'informations non sélectionnées est important dans un espace social, plus la crédulité se propage (Gérald Bronner : *in* « La démocratie des crédules »).

Les arbres fruitiers

Dans les pays méditerranéens, on cultive plusieurs espèces d'arbres fruitiers que l'on peut regrouper en :

Rutaceae : Citrus (agrumes) originaires de l'Asie du sud : Indes, Java : oranges, citrons, pamplemousses, clémentines, etc.

Rosacées : pommiers, poiriers, prunus divers (pêchers, abricotiers, cerisiers, prunus, etc.), originaires de Chine centrale via la Route de la soie.

Les agrumes sont cultivés en Afrique du nord, au Moyen-Orient ainsi qu'en Espagne et en Italie du sud. Les pommiers et poiriers sont mieux à leur place dans les pays du nord de la Méditerranée. Les prunus poussent dans toute la zone.

Pendant des siècles, ces productions fruitières étaient plantées en mélange dans des jardins, près des sources d'eau d'irrigation et ne faisaient pas l'objet d'un commerce important.

On a retracé le cheminement de l'abricotier qui, venu de Chine, a progressé le long des rivières du Pamir ou du Ladakh, de l'Indus puis de l'Anatolie pour atteindre en deux branches, l'une les rivages de l'Afrique du nord au sud et l'Espagne ; l'autre de l'Arménie à la Roumanie au nord, puis la France et enfin l'Espagne.

Dans ces deux branches, la plupart des arbres sont issus de semis non greffés et les fruits sont séchés au soleil pour l'hiver ou transformés en alcool (prunes dans les Balkans).

La culture fruitière en France a très longtemps constitué un accessoire pour l'agriculteur (châteaux, monastères ou commerce local). Au début du 20^{ème} siècle, on offrait encore à Lille une orange à un enfant pour Noël.

Une mutation commerciale s'est produite au début du 20^{ème} siècle en Afrique du nord avec les agrumes. Sur le modèle observé en Californie et en Floride où l'on plantait, dans des terres vierges, des vergers monovariétaux (Washington navel, Valencia late), des producteurs créent avec succès, en Afrique du nord, de vastes exploitations de ces mêmes variétés destinées aux marchés européens avec les mandarines et, vers 1920, une nouveauté, la clémentine. En Italie et en Espagne, les vergers sont longtemps traditionnels : en mélange.

En France, la culture fruitière est restée longtemps confinée aux abords des grandes agglomérations. C'est ainsi que près de Paris, sur le modèle des jardins du roi à Versailles, on entretient des vergers de pêchers à Montreuil -où les arbres sont adossés à des murs pour éviter le gel- et des vergers de pommiers et de poiriers en espaliers soumis à des tailles extrêmement sophistiquées et coûteuses dans la vallée de la Loire.

On ne dispose pas en effet, à cette époque, des moyens de transporter rapidement les fruits, fragiles, sur de longues distances.

Tout va brusquement changer après la dernière guerre, avec la mise en place de la chaîne du froid : dès la récolte, les fruits sont triés, lavés, mis en cagettes, entreposés dans des chambres froides et expédiés par camions frigorifiques dans la nuit jusqu'aux marchés.

Cette évolution brutale a été initiée par quelques exploitants, dont M. Herman à Bergerac avec la Golden, prenant modèle sur ce qu'ils avaient vu alors aux Etats-Unis dans les années 40. Mais il convenait, pour cela, de choisir des variétés en nombre limité, aptes à cette nouvelle production, avec comme qualités indispensables, d'avoir des fruits résistants aux manipulations, colorés et fermes avant maturité complète. Des variétés américaines avaient été sélectionnées dans ce sens : les pommes Golden

delicious et Red delicious, les pêches Elberta, Dixigem, Dixired, mais aussi françaises : poires Bon chrétien (Williams), Comice,

abricot Polonais et Bergeron, prune d'Agen, Reine-claude, cerise Burlat et Napoléon, etc. Il y en a eu de nouvelles depuis. Il convenait aussi de standardiser la production en diminuant les frais de taille et de récolte : pommiers et poiriers en espalier, prunus en gobelets.

Sur ce modèle, la production fruitière en France a connu une véritable explosion depuis 50 ans. Il y a 170 000 hectares de vergers actuellement (1% de la superficie agricole), du verger familial au grand domaine. Il en va de même en Espagne et en Italie.

En France, la production fruitière se situe essentiellement dans les départements du sud, depuis Rhône-Alpes jusqu'à l'Aquitaine. Elle est en tête de la production d'abricots et troisième de pommes. C'est le troisième producteur européen de fruits derrière l'Espagne et l'Italie qui n'ont pas manqué de profiter des innovations françaises.

4- Le mois écoulé.

Notre Président a rencontré M. Dominique Fache, nouveau Président de la Fondation Sophia Antipolis où il a été nommé par Pierre Laffitte. Nous souhaitons mieux connaître l'organigramme de la Fondation afin de rechercher des personnes susceptibles d'animer nos conférences à la Bibliothèque Louis Nucéra.

Guy Darcourt résume un avis récent du Conseil National d'Ethique sur la « neuroamélioration » et un article paru dans *Le Monde* qui en fait une analyse. Ce concept de neuro-amélioration est une sorte de fourre-tout de toutes les actions possibles sur le psychisme de gens sains.

On connaît depuis longtemps des médicaments psychostimulants (Maxiton), anxiolytiques (de type bêtabloquants) qui coupent les angoisses, le trac. Il existe maintenant des méthodes qui sont des stimulations cérébrales. Ces méthodes font partie de ce qu'on appelle le transhumanisme.

Parmi ces moyens, certains sont sans danger, mais d'autres peuvent avoir des conséquences néfastes, par exemple des médicaments destinés à traiter les troubles d'hyperactivité chez les enfants ont été utilisés, à tort, chez des enfants sains. La position du Comité National d'Ethique m'a paru très ouverte et nuancée. Elle ne tombe pas dans les aberrations des positions radicales du tout ou rien. Elle cherche à évaluer chaque technique pour en voir les bénéfices et les risques et en déduire si on peut la conseiller, l'accepter avec réserves ou la rejeter. C'est une approche intelligente qu'on souhaiterait voir utilisée pour tous les problèmes de biologie.

Prochaine réunion
le jeudi 20 mars 2014 à 17 heures
au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France 06000
NICE

Prochaine conférence à la Bibliothèque Nucéra Parking
Promenade des Arts
le mercredi 26 mars 2014 de 17 à 19 heures Gilles
Bogaert, chercheur en astroparticules au CNRS
« *Contribution de l'Observatoire de Nice à la mesure de la vitesse de la
lumière au XIX^{ème} siècle* »

Announces

1. Notre Président et nos Collègues de la section de Nancy nous ont transmis le programme de leur dernier colloque " **Biomimicry and Cardiac Surgery**" qui s'est tenu à Nancy le 26 mars 2014 sous l'égide de l'AEIS entre autres:

8.30 AM	<p><i>Welcome (Dr P. Maureira & Dr. N. Tran)</i> Visit of the School of Surgery and introduction to the European Workshop of Surgical Simulation Introduction of the Day: Pr. V. Mastrangelo President of European Academy of Interdisciplinary Sciences, AEIS Mr. JP. Jehl, T. Buvat Université de Technologie Ouverte Pluripartenaire uTOP</p>
9 AM - 11 AM	<p><i>Different concepts & Supportive Methodologies</i> <i>Opening session</i> "The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for the future: creation of platforms of research and open innovation ?" <i>Francis Pruche, Deputy Mayor, Economic Development of Senlis, France</i> <i>Biomimicry in Cardiovascular approaches: Current possibilities</i> "Biomimicry and 3D printing: limits & perspectives" <i>Pr. Laure Morel & Pr. Mauricio Camargo, EA 3767-Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs (ERPI), Nancy, France</i> "Biomimicry in cardiac movement: Real-time image-based description of respiratory and cardiac movements: a new algorithm" <i>Pr. A. El Hamidi & Dr. B. Denis De Senneville, University of la Rochelle, France & Image Sciences Institute, University Medical Center Utrecht, Netherlands</i> "Biomimicry and new approaches of vascular pressure measurements" <i>Pr. D. Rouxel & Dr. H. Mjehed, Institut Jean Lamour, Nancy, France</i> "Biomimicry and Nanotechnologies: Current concepts" <i>Pr. JL. Six, Laboratoire de Chimie Physique Macromoléculaire, UMR 7568, CNRS, Nancy, France</i> "Some Remarks on Vascular Adaptation with Stent and Graft" <i>Pr. M. Garbey, Methodist Institute for Technology Innovative and Education, MITIE, Houston, Texas, USA</i> "Vascular Mechanism and Heart Failure" <i>Dr. P. Lacolley, INSERM U1116, Nancy, France</i> "New Concepts of vascular reconstruction: Limits and Perspectives" <i>Pr. P. Menu, Ingénierie Moléculaire et Physiopathologie Articulaire (IMoPA), Biopôle, Nancy, France</i></p>
11AM-12.30PM	Debate
12.30PM-1.30PM	Lunch
1.30PM-4.30PM	<p><i>Towards heart reparation</i> "Current concepts of Heart Cell and Tissue reparation: Experiences of the Nancy Team" <i>Dr. N. Tran & Dr. P. Maureira, School of Surgery, Inserm U1116, Nancy France</i> "Muscular cell regeneration" <i>Dr. C. Pinset, I-Stem - Institut des cellules Souches pour le Traitement et l'Étude des Maladies Monogéniques, Paris-France</i> "New concept of Heart Valve Repair" <i>Dr. P. Maureira & Pr. LP. Dasi, Colorado State University, Colorado, USA</i> "Heart reparation: the Bridge to Recovery concept" <i>Dr. L. Jihua, Dr. Tran & Dr. Maureira, School of Surgery, Inserm U1116, Nancy France</i> "Heart reparation: from stem cells towards the biomechanical artificial heart (Carmat)" <i>Pr. J. Chachques, Laboratoire de Recherches Biochirurgicales, Université Paris Descartes - HEGP Paris, France</i> "Heart reparation: New concepts of Heart-Assisted Exoskeleton" <i>Dr. B. Piotrowski, Dr. P. Maureira & Dr. N. Tran. Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique de Matériaux, LEM3, Metz, France & School of Surgery, Nancy-France</i> Debate: Artificial Heart & Other possibilities of heart supports</p>
4.30PM	Debriefing and end of the workshop

2. Notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDI nous fait part de la prochaine tenue d'un Colloque sur la Robotique:

INVITATION

Colloque organisé par le Comité des Arts Mécaniques

LA ROBOTIQUE ACTUELLE ET FUTURE

MERCREDI 9 AVRIL 2014

De 14h à 18h30

Hôtel de l'Industrie,
4 place St Germain des Prés
75006 Paris

Métro ligne 4, station Saint-Germain-des-Prés, **Bus** 95 et 63
Parking Vinci, 171 Boulevard Saint Germain-des-Prés 75006 Paris

Ouvert à tous

Les places sont limitées, merci de bien vouloir vous inscrire par mail
à: hoteldelindustrie@gmail.com

Contact: Tel : 01 44 39 20 50

PROGRAMME

Modérateur : Professeur Yves Berthaud, Directeur UFR Science de l'Ingénieur (UPMC)

14 h

Introduction

Olivier Mousson, Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et Raja Chatila, Directeur de l'ISIR (UPMC---CNRS), Responsable du Labex SMART

14h15 – 15h30

Session 1:

Recherche et Développement

Aide à la Personne:

Rodolphe Gélén, ste Aldebaran

Micro--robotique:

Stéphane Régnier, Professeur UPMC (ISIR)

Drones:

Pascal Morin Chaire, RTE UPMC (ISIR)

15h30-15h45 Pause

15h45 –16h45

Session 2:

Applications industrielles Mécatronique et robotique:

Bertrand Waxin, Directeur Sté REDEX

Robotique de Défense et Sécurité : Initier le marché France

Joël Morillon, Sté NEXTER

Nouveaux usages en robotique mobile:

Guy Caverot, Sté BA Systems

16h45-17h05

Session 3 :**Start-up et économie de la robotique**

Renaud Champion, Secrétaire Général de SYROBO

17h05 – 18h20

Session 4 :**Table ronde Robotique et Santé Avec Michel de Mathelin, Directeur laboratoire ICUBE, Strasbourg et Responsable de la plateforme nationale Equipex ROBOTEX**

- **Retour sur expérience:** Dr Hervé Baumert, chirurgien Groupement hospitalier Paris- St Joseph
- **les exosquelettes :** Pr Massimo Bergamasco, Université de Pise
- **BA Healthcare et le robot Discovery:** Guy Caverot, Sté BA Systems
- Agnes-Roby Brami, Directeur de Recherche INSERM (ISIR)
- Clément Société Endocontrol (Grenoble)
- SOUS RESERVE

18h20

Conclusion: Thierry Triomphe, Ministère du Redressement Productif

18h30Cocktail

Documents

En vue de la réflexion on sur la table ronde du colloque AEIS-2014 "Formation des systèmes stellaires et planétaires-conditions des origines de la vie", notre Collègue Alain STAHL nous a confié:

p.36: le chapitre 13 sur l'origine de la vie de son ouvrage "*Science et philosophie: Rivaies, étrangères, ou complémentaires*" qui comporte quelques corrections par rapport à la version originale

En vue de sa conférence : "*Gravitation quantique et complémentarité généralisée*" notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUJJI, nous propose la lecture d'un article qu'il a publié sur le site <http://arxiv.org/abs/1402.0823>:

p.41: "*An interpretive conjecture for physics beyond the standard models: generalized complementarity*"

Ceci est le chapitre du livre « Science et philosophie » de notre Collègue Alain STAHL consacré à l'origine de la vie, revu en vue d'une troisième édition, prévue pour la fin de l'année.

CHAPITRE 13 L'ORIGINE DE LA VIE

« En recherchant expérimentalement, à l'échelle du laboratoire, la solution d'un problème (l'origine de la vie) résolu, sans avoir été posé, à l'échelle cosmique, il y a quelques milliards d'années, la science contemporaine pose elle-même un problème, qu'on nous permettra de dire philosophique ».
G. Canguilhem.

« Je pense qu'il est tout à fait possible que la vie soit si extrêmement improbable que rien « n'explique » son origine ».
K. Popper.

« L'origine de la vie apparaît aujourd'hui (1982) presque comme un miracle, tant sont nombreuses les conditions qu'il aurait fallu satisfaire pour démarrer la vie ». F. Crick.

Quoiqu'il y ait des liens évidents entre la question de *l'origine* de la vie et celle de son *évolution* ultérieure, nous les considérerons séparément. La première concerne surtout les chimistes et reste extrêmement spéculative ; peu de données y sont certaines, il est d'autant plus nécessaire de les mentionner avec précision ; les mécanismes complexes, par lesquels la vie a pu apparaître, nous échappent (sont très improbables au sens du chapitre précédent). Nous étudierons successivement l'apparition sur la terre de molécules organiques d'une complexité croissante, se rapprochant de celles de la vie, puis celle de la vie elle-même. Nous terminerons par une approche remontant le temps, anticipant sur le chapitre suivant, et utilisant nos connaissances récentes sur l'évolution des génomes.

Nous avons, au chapitre biologie, sinon donné une définition - impossible - de la vie, au moins essayé d'en montrer les principales caractéristiques, qui peuvent être transformées en conditions de son apparition ; les détails peuvent en être discutés, mais leur esprit recueille un assez bon consensus de la communauté scientifique. De même, il est assez bien admis que la vie, dès son origine, exige que toutes ces conditions soient satisfaites ; mais leur détail recèle des flous. Sur le plan pratique, il est vain d'espérer fixer précisément une date à l'origine de la vie, et de connaître exactement ce que fut le premier être vivant.

Il est utile de commencer par un bref résumé des phénomènes astronomiques généraux qui ont conduit à la formation des étoiles et des planètes. Les premières étoiles massives ont synthétisé les éléments « lourds » (au-delà de l'hydrogène et de l'hélium) ; leur explosion a ensuite éjecté tous leurs éléments dans le milieu interstellaire. Bien après, l'effondrement gravitationnel de nuages de gaz interstellaires a créé de nouvelles étoiles et, quand il aboutit à un disque, des étoiles munies de planètes ; des observations récentes performantes montrent la grande diversité de tels systèmes, mais d'assez nombreux cas révèlent des planètes, assez analogues à celles du système solaire, avec des atmosphères et des molécules ; les programmes futurs y chercheront des traces de vie, mais feront face à des difficultés diverses : la découverte d'une planète semblable à la terre est très loin d'impliquer qu'il y ait une vie sur elle ; plus on sera loin, plus il sera difficile de disposer de « biosignatures » sûres ; des formes de vie enfouies sont indécélables. Dans le milieu interstellaire, une chimie de glaces, activées par les rayonnements ou par des protons rapides, peut mener à des acides aminés ; cette chimie a été observée en astronomie et simulée en laboratoire ; on a fait de même pour les chondrites chargées de matière organique.²

La terre, probablement issue (avec la lune) de la collision de deux planètes dans une catastrophe majeure, s'est solidifiée il y a 4,4 milliards d'années, et resta soumise pendant des centaines de millions d'années à d'intenses bombardements de météorites. L'eau et le carbone, nécessaires à la vie, ont pu être partiellement apportés par de gros astéroïdes. La première atmosphère était riche en gaz carbonique et en eau, pauvre en méthane ; le passage à des quantités importantes d'oxygène est dû à l'action ultérieure de la

² Les chondrites carbonées constituent une classe de météorites primitifs. Leur matière organique est assez différente de celle de la vie terrestre. La partie soluble de cette matière peut témoigner d'une faible chiralité, toujours lévogyre. Les chondrites peuvent avoir joué un rôle à l'origine de la vie. En revanche, on conçoit mal comment les acides aminés produits dans le milieu interstellaire auraient pu arriver intacts sur terre.

matière vivante. Le volcanisme et le rayonnement solaire, non encore filtré par la couche d'ozone, étaient beaucoup plus importants qu'aujourd'hui ; la température de l'océan était de l'ordre de 50°, mais beaucoup plus élevée dans des sources hydrothermales.

On a de bons arguments pour voir les premiers indices de la vie dans des fossiles, édifés par des bactéries anaérobies, déjà assez diversifiées, il y a 3,5 milliards d'années, dans les premières roches sédimentaires encore visibles aujourd'hui. Ainsi, la vie est apparue « relativement vite », il est même possible qu'elle ait précédé ces traces visibles, à des dates pour lesquelles nous ne disposons pas de marqueurs chimiques ou isotopiques sûrs.

Section 1. L'apparition des premières molécules biochimiques.

Des expériences, en progrès constants, permettent de simuler les conditions décrites un peu plus haut sur l'état initial de la terre. Il apparaît d'abord une première possibilité de synthèse de produits simples, mais intermédiaires essentiels, comme la formaldéhyde ou l'acide cyanhydrique. L'on peut ensuite tracer un chemin vers les « premières briques » de la vie, comme certains acides aminés,³ le ribose, les nucléotides. Un point fondamental est que la thermodynamique exclut que les composants de la vie aient pu se former en milieu dilué : les premiers polymères, linéaires, y exigeraient des apports d'enthalpie impossibles, la stabilité des molécules de la vie n'est assurée que par des phénomènes de repliement, qui exigent, en cercle vicieux, des tailles beaucoup plus grosses. Force est d'admettre que ces premières briques se sont formées hors d'équilibre, en milieu hétérogène, dans des vésicules ou plutôt sur des interfaces.⁴ Tout ceci reste très flou.⁵

Section 2. L'origine de la vie proprement dite.

Les premiers êtres vivants que nous repérons étaient déjà dotés de structures et de mécanismes complexes, mais essentiels, communs à toute leur descendance, dont nous devons poser qu'ils étaient nécessaires à l'apparition de la vie. Enchaînant avec la section précédente, à partir des premières briques, il faut choisir entre début par des protéines ou par des acides nucléiques. L'ARN simple brin est maintenant privilégié car, en plus du rôle de détenteur de l'information génétique qu'il partage avec l'ADN, il a aussi des propriétés de catalyse (à vrai dire d'une sélectivité assez faible, sans comparaison avec celle des enzymes actuelles), qui ont pu permettre l'apparition des premières protéines.⁶ On admet généralement que ces protéines ont été produites sans intervention d'un code génétique, par la formation statistique de séquences peptidiques ; elles sont peu stables ; les mécanismes qui les ont produites sont obscurs. L'ARN est une molécule complexe, difficile à former. Il faut ensuite, utilisant le code qu'il porte, expliquer la synthèse de suffisamment d'espèces de protéines biologiques performantes (dont les repliements stéréospécifiques permettent des réactions très sélectives) parmi la multitude d'espèces de protéines concevables.⁷ Il faut aussi rendre compte de l'apparition de toute une série d'autres molécules indispensables à la vie : l'adénosine-triphosphate (ATP) permettant de capter l'énergie solaire ; les

³ Une difficulté est que certains acides aminés essentiels ne sont pas obtenus par de telles méthodes.

⁴ Donnons quelques précisions sur ces différentes hypothèses.

Sur celle des *vésicules* : des coarcevats se forment spontanément dans des solutions mélangeant protéines et lipides, mais de là à obtenir la membrane d'une cellule !

Sur celle des *interfaces*, A. Cairn-Smith (1965) a été un pionnier, audacieux, puisqu'il va jusqu'à considérer que *l'argile* n'est plus un simple catalyseur, mais que ses "cristaux" constituent la première forme de vie ! Dans des expériences de G. Wächterhäuser (1988), du *FeS colloïdal* fournirait à la fois le site et le catalyseur permettant la formation de peptides.

L'hypothèse initiale, avec la célèbre expérience de S. Miller (1952), tablait sur l'existence, aujourd'hui infirmée, d'une atmosphère réductrice à base de méthane.

⁵ L'idée que la vie viendrait directement d'autres parties de l'univers, où la vie était déjà installée, relève de la science-fiction, et ne fait que déplacer le problème. On perçoit de même la gratuité de la question : peut-il y avoir « ailleurs » d'autres formes de vie, totalement différentes dans leurs modalités (comme une vie fondée sur le silicium) ?

⁶ Ceci est présenté comme une façon de résoudre un problème de type poule/œuf. Des travaux déjà anciens (S. Spiegelman, 1967) avaient permis in vitro la réplication de brins d'ARN. La découverte des propriétés catalytiques de l'ARN est due (1983) à T. Cech et S. Altman.

⁷ Des questions, formellement passionnantes, mais aux réponses difficiles, visent ce que pourrait être une forme minimale de vie : Quelles fonctions essentielles ? Quelles protéines indispensables ? Quelle taille du génome ?...

L'annexe M pose deux questions, aujourd'hui sans réponses précises : Quelle est la proportion de ces protéines « performantes » ? Certainement inférieure à 1% (ce qui, si on exige que plusieurs espèces différentes soient apparues simultanément, réduirait énormément la « probabilité » de la vie – et de son évolution). Le code génétique est-il totalement arbitraire, ou a-t-il été soumis à une sélection ? Des arguments, montrant la sophistication du code actuel (*voir réf. Freeland-Hurst*) jouent en faveur d'une sélection, qui – elle aussi – réduirait les probabilités !

thioesters transporteurs d'énergie... Avant que l'on puisse parler d'un être vivant, il faudrait également comprendre la constitution du ribosome nécessaire à la synthèse des protéines, celle des membranes complexes séparant l'être vivant de l'environnement extérieur, celle enfin d'une cellule complète.

Un choix doit être fait entre différentes hypothèses concernant le *lieu* où la vie est apparue : Dans des cheminées hydrothermales profondes ? Mais on se heurte à la difficulté supplémentaire de résister à des conditions extrêmes, il est plus raisonnable de penser que les êtres vivants qu'on y découvre aujourd'hui résultent d'une longue évolution. Sur des surfaces argileuses ou des pyrites, servant de catalyseurs ? Mais les vrais catalyseurs minéraux de la chimie industrielle sont des composés précis et complexes obtenus par des procédés très raffinés.

Evoquons enfin quelques autres grands problèmes. Les polymères prébiotiques, qui ne se forment qu'avec de faibles rendements, ne sont pas construits par une succession précise de maillons (comme l'est la matière vivante), mais de manière aléatoire. Beaucoup de molécules organiques complexes ont capté, on ne sait comment, un atome excentrique (fer, phosphore, soufre...), qui se trouve avoir ensuite joué un rôle essentiel dans leur métabolisme ; les premiers êtres vivants s'en passaient-ils ? Tant qu'il n'y a pas d'autoréplication, il n'y a pas de sélection darwinienne, avec ce que nous avons appelé son rôle de « réducteur d'improbabilité ».⁸

Pour résumer, il n'y a pas aujourd'hui de réponse unique et satisfaisante. On nous présente un grand nombre d'hypothèses concurrentes (bactéries ordinaires ou archées thermophiles – argile ou pyrite, comme catalyseur – polyterpènes ou phospholipides, pour la formation des membranes ...), dont aucune ne constitue une théorie scientifique, au sens plein (structurant ses hypothèses ; se prêtant à des vérifications expérimentales, autres que fragmentaires...). Toutes s'affaiblissent mutuellement. Parfois, on ne dépasse guère le Timée ! On a vu⁹ que de nombreux cycles chimiques très complexes réglaient le métabolisme des êtres vivants ; il est simpliste de prétendre les expliquer par des phénomènes *d'auto-catalyse*.

Ajoutons une autre formidable interrogation, celle de la *chiralité*¹⁰ : dans le monde physique, seules les interactions « faibles » l'introduisent et, pour les molécules chimiques, à des taux extrêmement bas. La faible chiralité, toujours lévogyre, observée dans les météorites, peut trouver son origine dans une chiralité plus générale, qui aurait existé dans toute la nébuleuse, d'où a émergé le système solaire ; l'une et l'autre sont déjà difficiles à comprendre. Surtout, dans le monde de la vie, la chiralité est *totale* ; il est aussi difficile de concevoir comment elle s'y est introduite qu'il est facile de comprendre pourquoi elle s'y maintient !

De toute façon, pour chacune de ces hypothèses, nous sommes dans cette situation analysée au chapitre précédent, où la multiplication des événements improbables conduit à penser que leur explication est hors de notre portée.

Nous pouvons, parallèlement, nous demander si l'homme sera un jour capable de reproduire la vie (par une sorte de *fabrication*, plutôt que de *création*). Suffirait-il de disposer de la séquence parfaite d'un génome pour faire se développer un être vivant, qui lui corresponde ?¹¹ Non, à l'évidence, compte tenu de l'abîme existant entre la complexité, déjà grande, d'un génome et celle de l'être vivant. Il faudrait, au minimum, avoir bâti une cellule originelle et que cette cellule se reproduise, dans un environnement nourricier favorable.¹² Remarquons que, pour cette tâche déjà gigantesque, l'expérimentateur peut

⁸ Cf. les questions prophétiques (1957) de G. Canguilhem : « Le domaine de validité de l'explication darwinienne peut-il être étendu du biologique au pré-biologique ? L'évolution avant et après la constitution du code génétique est-elle la même ? Comment passer d'un chaos de réactions chimiques à un métabolisme ordonné, à son auto-conservation et à son auto-reproduction ? »

Peut-on envisager une « sélection darwinienne » dès que l'on est au stade d'un ARN se répliquant ? Ce me semble être une extension assez factice de ce concept : l'ARN peut se répliquer en de nouvelles variétés, mais qu'est-ce qui sélectionnera les formes plus propices à l'évolution de la vie ? Trop souvent, la motivation se borne, constatant la très faible probabilité de la vie, à l'espoir d'une solution physicaliste.

⁹ A la note 116*.

¹⁰ Plus généralement, l'annexe N explique les questions de chiralité.

¹¹ Cette question est beaucoup plus réaliste et moderne qu'une question antérieure de R. Penrose : si l'industrie humaine était assez ingénieuse pour agencer des molécules dans l'espace, dans une disposition identique à celle d'un être vivant, aurait-elle créé un vivant, double du premier ? – ou, seulement, un cadavre ?

¹² C. Venter et H. Smith ont obtenu (2010) une bactérie, dont ils ont synthétisé le génome. Cette bactérie est vivante, en particulier, elle se reproduit. Elle n'a pas d'ancêtres, mais il ne s'agit pas d'une création, puisque son génome a été introduit dans la cellule d'une bactérie « naturelle », qui a apporté son métabolisme, si complexe.

sélectionner les molécules dont il partira, choisir les appareils et les conditions opératoires optimales. Combien plus délicat est le travail du théoricien qui doit forger des hypothèses sur les molécules disponibles sur terre il y a 3,5 millions d'années, et les conditions physiques qui y régnaient !

On peut étendre la question de l'origine de la vie à *toutes les planètes de l'univers accessible*. Mais ceci ne suffit pas à y répondre de façon satisfaisante : Si on admet (simples ordres de grandeur !) que cet univers – par nature, *fini* – se compose de 10^{12} galaxies de 10^{12} étoiles, et qu'une étoile sur dix (évaluation optimiste) est capable d'avoir une planète aux conditions favorables à la vie, on ne multiplie la probabilité de l'apparition de la vie dans *l'univers* par rapport à l'apparition sur la *seule terre* que par $10^{12+12-1} = 10^{23}$ « seulement » ; ce n'est rien par rapport aux échelles de probabilités de 10^{-200} envisagées !

Rappelons que même les probabilités les plus fantastiquement faibles peuvent se réaliser quand on introduit *l'infini* (qu'il s'agisse d'un univers *infini* ou d'une *infinité* d'univers possibles). Sous ces hypothèses, la vie est déjà apparue une infinité de fois. C'est là dessus que jouent les différentes formes du principe anthropique ; mais peut-on vraiment parler d'*explication* ?

Section 3. L'origine unique de la vie sur terre.

Si l'apparition de la vie sur terre est très improbable, combien plus (car il faudrait multiplier plusieurs fois des probabilités extrêmement faibles) le serait son apparition *répétée*. Autrement dit, **tous les êtres vivants, quelles que soient leurs espèces, descendent d'un ancêtre unique**. Cette thèse, est fondamentale pour la compréhension de la théorie de l'évolution. Les naturalistes la complètent par les observations suivantes :

Compte tenu de la petitesse des seules forces « chirales » de la nature, les interactions faibles, on peut penser que les premières molécules pré-biotiques se sont présentées en quantité pratiquement égales. Si la vie était apparue plusieurs fois indépendantes, il n'y a aucune raison que ce soit chaque fois des molécules lévogyres (gauches) qui aient été tirées dans ce jeu de pile ou face.¹³

– Depuis les premières bactéries, tous les êtres vivants partagent certaines protéines, un même code génétique¹⁴ et beaucoup de gènes.

– A partir des métazoaires, les êtres vivants présentent dans leurs organes ou dans leurs fonctions de grandes ressemblances. Malgré l'apparition de *changements évolutifs majeurs*, beaucoup d'innovations incorporent ou adaptent des traits de l'innovation précédente. Un exemple spectaculaire est celui des gènes homéoboites : leur ensemble constitue une ébauche « d'anatomie invisible », commune aux invertébrés et aux vertébrés, séparés depuis plus de 500 millions d'années.¹⁵

– Enfin, les classifications en taxons supérieurs à l'espèce ont, elles aussi, un sens profond, dont la filiation commune est la meilleure explication.

On a déjà vu la difficulté de situer, dans les sciences historiques du vivant, les frontières marquant l'émergence d'une propriété.¹⁶ C'est spécialement difficile ici puisque, pour définir la vie, chacune de ses caractéristiques fixe une étape différente. Quelle que soit celle qui sera retenue, sur le plan de la stricte logique, il y a eu un instant unique pour elle ; il y a eu un premier être vivant sur la terre.

Il y a aussi un assez bon consensus parmi les naturalistes pour estimer que *toutes* les espèces *actuelles* partagent la même origine. A partir de là, par une procédure « descendante », on a introduit un **concept théorique**, celui de LUCA¹⁷ : le dernier ancêtre commun à tout le vivant actuel. Les immenses progrès des taxonomies contemporaines¹⁸, révisant les classifications antérieures, et divisant les êtres vivants en trois clades (bactéries, archées et eucaryotes), donnent quelques éclairages sur cet être. Il était forcément un unicellulaire, se reproduisant par division cellulaire ; il possédait l'essentiel des protéines

¹³ On trouvera à l'*annexe N* quelques développements sur la chiralité.

¹⁴ Les quelques exceptions constatées ne contredisent pas la thèse d'un code génétique unique au départ.

¹⁵ Cf. 9-4 (et aussi 14-5, où nous considérerons « l'évo-dévo »).

¹⁶ *En **, à propos de la liberté. La question philosophique générale des frontières sera reprise au chapitre 20. *, avec la liberté ;

¹⁷ D'après l'anglais « Last Universal Common Ancestor ».

¹⁸ Voir au prochain chapitre l'*annexe 14-1*.

ribosomiques communes aux trois clades ; son code génétique était voisin du nôtre. Il marque la première divergence majeure (il y a 3,2 à 3,5.10⁶ ans) dans la succession des êtres vivants, généralement considérée comme ayant fait se détacher les archées des bactéries, première forme de la vie (mais ce dernier point n'est pas fondamental pour mon propos). Mais il nous faut pousser l'analyse logique jusqu'au bout, le « changement évolutif majeur »¹⁹ est le suivant : Une bactérie unicellulaire se divise en deux, la nouvelle cellule est à la base des archées. Ainsi, compte tenu de l'extrême difficulté (extrême improbabilité) de ce processus, le *concept théorique* s'incarne encore en un individu unique ! Ce point fondamental n'est pas généralement reconnu, on se contente de voir dans LUCA le premier branchement sur un arbre phylogénétique abstrait. Bien entendu, la vie a connu bien d'autres ancêtres avant LUCA. Après, on peut penser que l'évolution s'est déployée (avec, probablement au départ, un grand rôle joué par les transferts latéraux de gènes).

Références du chapitre 13.

Berlinski, D. (2008), Origines. L'esprit, la vie, la matière. Saint-Simon. Ouvrage original, très documenté, qui oblige à reconsidérer beaucoup d'idées préconçues.

Duve, C. de (2005), Singularités. OJ.

Forterre, P. et als, (2013), De l'inerte au vivant. La ville brûle. Cet ouvrage récent (2013) nous laisse sur notre faim. La co-auteure M-C. Maurel nous assène: « Tout le monde est désormais convaincu que les conditions physiques et chimiques étaient réunies sur Terre pour fabriquer des acides aminés, des bases azotées, des sucres... en grandes quantités. » ; un autre coauteur S. Huet : « La question des origines de la vie... reste l'un des grands défis à portée de main ». Mais C. Malaterre y voit « un saut de complexité absolument phénoménal ».

Freeland, S et Hurst, L. The genetic code is one in a Million, in J Mol Evol (1998) 47:238-248.

Hypothèses sur l'origine de la vie (2013), colloque Académie des Sciences. <http://www.academie-sciences.fr/video/v160913.htm>

Luisi, P. (2006), The Emergence of Life. Cambridge.

Maynard-Smith, J. et Szathmary, E. (1999), The Origin of Life. Oxford. « Just so theory »!

Pross, A. (2012), What is Life? Oxford. Ouvrage typique : Dans une première partie, l'auteur montre qu'il est difficile de comprendre l'origine de la vie ; dans une deuxième, il expose ses propres vues, bien floues.

¹⁹ Ce sera le vocabulaire du *chapitre 14-évolution* (voir en particulier la *définition de la note**), où nous reviendrons sur LUCA.

An interpretive conjecture for physics beyond the standard models: generalized complementarity

Gilles Cohen-Tannoudji

Laboratoire de Recherche sur les Sciences de la Matière (LARSIM)

CEA-Saclay

1/ Introduction

The recent advances in particle physics with the discovery of the last missing link of the standard model, the Higgs boson, and in cosmology with the establishment of a new standard cosmological model, the so-called Λ CDM model, offer a rare opportunity of assessing the current status of the philosophy of physics and of proposing conjectures about its future in connection with the most challenging issue of elaborating a quantum theory of gravitation.

In a famous article written in 1936, Albert Einstein stresses how difficult it seems to him to reconcile relativity (special and general) with quantum theory;

“This leads us to transpose the statistical methods of quantum mechanics to fields that is to systems of infinitely many degrees of freedom. Although the attempts so far made are restricted to linear equations, which, as we know from the results of the general theory of relativity, are insufficient, the complications met up to now by the very ingenious attempts are already terrifying. They certainly will raise sky high if one wishes to obey the requirements of the general theory of relativity, the justification of which in principle nobody doubts¹.”

While the “terrifying complications” have already been overcome through the quantum field theory used in the physics of non-gravitational fundamental interactions, the difficulties raising “sky high” of reconciling general relativity with quantum theory, that is of elaborating a quantum theory of gravitation are still facing us. However we believe that some progress is currently being made towards their solution, thanks to the very interesting heuristic schemata that we shall discuss below.

The epistemology which underlies our conjecture of generalized complementarity is due to the Swiss mathematician-philosopher *Ferdinand Gonseth* (1890-1975). In a

¹ Albert Einstein, *Physics and Reality*, Journal of the Franklin Institute Volume 221, Issue 3, March 1936, Pages 377–378

contribution² to a special issue, devoted to the concept of complementarity, of the review *Dialectica* he interpreted complementarity as a schema articulating two *reality horizons*: an *apparent* one which is the realm of experiment, intuition and phenomenology, and a *profound* one which is the realm of fundamental theoretical issues. In *Dialectica*, the article of Gonthier is in French; it is accompanied by the following summary in English:

The concept of complementarity is here presented in a manner both general (abstract) and elementary, suitable for physics as for other fields. Knowledge progresses through an unveiling of successive horizons of reality, three of which are here considered: The natural horizon (Eigenwelt), the classical horizon and the horizon of quantum theory. The concept of complementarity appears at a fundamental level in the relationship between any two horizons of which one plays the role of an apparent, the other of a deeper horizon. The “compulsory” framework for considerations of this kind is a methodology of open dialectic. Within this framework, the concept of “wave-corpusele” complementarity appears as a specialization of a more general scheme.

The complementarity issue of the *Dialectica* review is particularly interesting for the philosophy of physics because it contains the contributions of five of the father-founders of quantum theory (all Nobel prize laureates), W. Pauli (who coordinated, with F. Gonthier, the director of the review, the edition of the issue), N. Bohr, A. Einstein, W. Heisenberg and L. de Broglie. The author of the present paper has analyzed³ the article of Gonthier in a website devoted to the analysis of articles useful for the history and philosophy of sciences, and has discussed the relevance of the concept of horizon of reality in a survey of the French contributions to the philosophy of sciences⁴.

In terms of horizons of reality, our interpretive conjecture consists

1. On deepening the quantum horizon of reality to a *triple quantum horizon*, the one of quantum gravity, involving, together with the elementary quantum of action \hbar , two other elementary quanta: the Boltzmann’s constant k_B , interpreted, when multiplied by $\text{Log}2$, as an elementary quantum of information and the Planck scale area⁵ $A_p = \frac{\hbar G}{c^3}$, interpreted as an elementary quantum of space-time area

² F. Gonthier *Remarque sur l’idée de complémentarité* *Dialectica*, Vol. 2, N° 3/4, pp. 413-420, Editions du Griffon Neuchâtel (1948).

³ G. Cohen-Tannoudji <http://www.bibnum.education.fr/physique/physique-quantique/remarque-sur-l-idee-de-complementarite>

⁴ G. Cohen-Tannoudji, *Philosophy and 20th Century Physics* in *French Studies in the Philosophy of Sciences* (Edited by Anastasios Brenner and Jean Gayon) Boston Studies in the Philosophy of Science, Volume 276, pp.115-140, Springer (2008)

⁵ We assume special and general relativity, and thus we can put to 1 the velocity of light c , in such a way that the Planck scale area A_p stands either for the space area $A_{\perp} = \frac{\hbar G}{c^3}$ or the space-time area $A_{\parallel} = \frac{\hbar G}{c^4}$

2. On articulating through what we call *generalized complementarity* this most profound horizon with three *doubly quantum horizons*, that can play with respect to it the role of apparent horizons of reality:
 - a. *entanglement thermodynamics* taking into account the quantum of action and the quantum of information,
 - b. *holography and thermodynamics of horizons* taking into account the quantum of information and the quantum of space time area,
 - c. *gauge/gravity duality* taking into account the quantum of action and the quantum of spacetime area.

2/ Entanglement thermodynamics relating action and information quanta

The quantum of information

Quantization of information is advocated by all approaches which give information a foundational role. See, for instance the statement of Zeilinger in a tribute to Wheeler, the father of the celebrated “it from bit” aphorism: “In conclusion, it may very well be said that information is the irreducible kernel from which everything else flows. Then the question why nature appears quantized is simply a consequence of the fact that information is quantized by necessity.” Usually, the necessity of quantizing information has been tackled through the “exorcism” of the Maxwell demon, this allegory or thought experiment imagined by Maxwell, in which a “demon” would be able to sort the molecules of a gas at thermal equilibrium according to their velocities and to create, without any expense of work, a difference of temperature, thus violating the second principle of thermodynamics⁶ (see for a historical survey). According to Wheeler⁷, the most convincing exorcism lies in the Landauer⁸ principle: “The thermodynamically costly act, which prevents the demon from breaking the second law, is not (as often supposed) the measurement by which the demon acquires information about the molecule being sorted, but rather the resetting operation by which this information is destroyed in preparation for making the next measurement.” The smallest amount of information which has to be destroyed in this operation, equal to $k\ln 2$, is

⁶ J. Earman and J.D. Norton, *Exorcist XIV: The Wrath of Maxwell's Demon. Part I. From Maxwell to Szilard*, Stud. Hist. Phil. Mod. Phys. Vol. 29, 435-471 (1998)

⁷ J. A. Wheeler, *World as system self-synthesized by quantum networking*, IBM J. Res. Develop. Vol. 32 N° 1 (1988)

⁸ R. Landauer *Irreversibility and heat generation in the computing process*, IBM Journal of Research and Development, 5 pp. 183-191, 1961

the quantum of information; it can be called the quantum of *relevant information*, according to the terminology of reference⁹.

The Unruh effect and entanglement thermodynamics in quantum field theory

If action and information are quantized, we expect the ratio of the Planck's and Boltzmann's constants to express, in the profound horizon, their equivalence. In a relativistic framework, the *acceleration radiation* effect discovered by Unruh¹⁰ precisely involves this ratio. This effect has been carefully analyzed by Paul Teller¹¹. Ordinary quantum field theory is formulated in a flat (Minkowski) space-time and it is assumed that all observers move inertially. Teller calls "Minkowski quanta" the particles that are registered by a detector moving inertially. Now it turns out that a detector that registers no particles when moving inertially in the vacuum state, which Teller calls the "Minkowski vacuum", registers particles, that he calls "Rindler quanta", when it is in a uniformly accelerated motion. Actually, the Rindler quanta are the ones of a thermal bath with a temperature T related to the acceleration a by means of the "Unruh constant": $U = \frac{\hbar}{k_B c}$; $T = U \frac{a}{2\pi}$. It is important to note that the

phenomenon of black hole evaporation conjectured by Hawking¹² is nothing but an acceleration radiation effect with acceleration equal to the surface gravity at the black hole horizon, and temperature related to it by means of the Unruh constant: $T = \frac{\hbar}{kc} \frac{c^4}{8\pi GM}$.

In an article entitled *Spacetime thermodynamics without hidden degrees of freedom*¹³, the authors stress the difference between ordinary statistical thermodynamics and what they call *entanglement thermodynamics*. Quantum entanglement induces entropy even in a pure state of a pair of entangled degrees of freedom living on both sides of a horizon when one integrates out one of the two degrees of freedom. The thermal bath just above mentioned of Rindler quanta seen by an accelerated observer and not seen by an inertial observer relate to *entanglement thermodynamics and not to statistical thermodynamics*: whereas in statistical thermodynamics, entropy measures our ignorance, in entanglement thermodynamics, entropy measures quantum entanglement, namely a "genuinely quantum

⁹ C. Rovelli *Relative information at the foundation of physics* arXiv:1311.0054v1 [hep-th] 31 Oct 2013

A. Grinbaum, *The Significance of Information in Quantum Theory*, PhD Thesis (arXiv:quant-ph/0410071v1)

¹⁰ W.G. Unruh, Phys. Rev. D14, 870, (1976)

¹¹ Paul Teller, *An Interpretive Introduction to Quantum Field Theory*, pp. 110-112, Princeton University Press, 1995

¹² S.W. Hawking, Black hole explosions? Nature 248 5443 (1974)

¹³ G. Chirco, H. M. Haggard, A. Riello and C. Rovelli *Spacetime thermodynamics without hidden degrees of freedom* arXiv:1401.5262v1 [gr-qc] 21 Jan 2014

phenomenon which does not exist in classical physics". Let us note to conclude this section that S. Kolekar and T. Padmanabhan have established the *Indistinguishability of thermal and quantum fluctuations*¹⁴ which confirms that the Boltzmann constant has to be considered as a genuine elementary quantum equivalent to the quantum of action.

3/ Holography and thermodynamics of horizons

The Bekenstein constant and the black hole entropy

Thermodynamics needs not only the possibility of defining a temperature but also of defining an entropy. The Unruh constant allows defining a temperature on a Rindler horizon and it is the work of Bekenstein and Hawking on the thermodynamic interpretation of the dynamics of black holes that allows defining entropy on horizons. We sketch here the reasoning that led Bekenstein¹⁵ to associate to the horizon of a black hole an entropy proportional to the area of the event horizon expressed in Planck's units. Let us assume that we drop into the black hole of mass M the smallest amount of energy capable to carry the minimal amount of information, namely the quantum $k_B \text{Ln}2$, in the form of a photon, the wave length of which is the Schwarzschild radius of the black hole $R_S = 2MG/c^2$. The increase of the energy content of the black hole is $\Delta Mc^2 = \Delta E = \hbar c / R_S$, so that $\Delta M = \hbar / (cR_S)$, which implies that the radius is increased by $\Delta R_S = 2\Delta MG/c^2 = 4\pi\hbar G / (c^3 R_S)$ and the area is increased by $\Delta A_H = 8\pi\Delta R_S R_S = 4\hbar G / c^3$, which is a universal constant equal to four times the Planck's area. From this differential evaluation we can extrapolate to the total entropy of the black hole by assuming that a small black hole has zero entropy, so that there is no integration constant. We thus expect

$S_{BH} = \eta k_B \text{Ln}2 \frac{1}{4A_p} A_{BH}$, where the unknown constant η is of order 1. Actually, from the

Hawking¹⁶ [Erreur ! Signet non défini.] temperature, it is easy to fix the value of this unknown constant, and one finally gets $S_{BH} = BA_{BH}$, where the constant $B = \frac{k_B}{4A_p}$ (B for

'Bekenstein') translates the equivalence principle between information and surface area.

¹⁴ S. Kolekar and T. Padmanabhan *Indistinguishability of thermal and quantum fluctuations* arXiv:1308.6289v2 [gr-qc]

¹⁵ J.D. Bekenstein, *Black Holes and Entropy* Phys. Rev. D 7, 2333, (1973)

¹⁶ S.W. Hawking, *Black hole explosions?* Nature 248 5443 (1974)

The Bekenstein bound and the holographic principle

Since forming a black hole is the most efficient way to compress matter inside a given volume, the Bekenstein entropy appears as a bound on the information content of any sphere in space-time. This leads to the *holographic principle*¹⁷: “How many degrees of freedom are there in nature, at the most fundamental level? The holographic principle answers this question in terms of the area of surfaces in space-time: (...) A region with boundary of area A is fully described by no more than $A/4$ degrees of freedom, or about 1 bit of information per Planck area.”

Holography and gravity-thermodynamics connection

The idea that gravity can be described as an emergent phenomenon has a very long history starting from the work of Sakharov¹⁸. The gravity-thermodynamics connection was discovered by Ted Jacobson¹⁹ who used the proportionality of entropy and the horizon area and classical²⁰ thermodynamic identities to derive the Einstein’s equation as an equation of state. The implications of this connection have then been thoroughly and comprehensively investigated by Padmanabhan²¹.

In a previous article²² Padmanabhan shows that general covariance and the principle of equivalence force us to include in the semi-classical action functional for quantum gravity a term involving the second derivative of the metric. This can be done by adding to the bulk term in the Lagrangian a surface term, depending on the second derivative of the metric that can be ignored in a classical theory but not if one wants to quantize the theory of gravity: to have the correct symmetry, the Lagrangian must be of the form $L \propto (\partial g)^2 + \partial^2 g \equiv L_{\text{bulk}} + L_{\text{sur}}$. If, to describe the dynamics, one uses only L_{bulk} , which means that one assumes that the degrees of freedom are the components of the metric and that they reside in the space-time volume, one obtains a description that is highly gauge-redundant. Actually, since one can choose around any event, a local inertial frame, so that $L_{\text{bulk}} \propto (\partial g)^2$ vanishes, whereas one cannot make the surface term to vanish by any choices of coordinates, it seems that “the true

¹⁷ R. Bousso, *The holographic principle*, Rev.Mod.Phys.74:825-874 (2002) (arXiv:hep-th/0203101)

¹⁸ A. D. Sakharov, Sov. Phys. Dokl. 12, 1040 (1968)

¹⁹ T. Jacobson, Phys. Rev. Letters 75, 1260 (1995)

²⁰ In reference 9, the authors have shown that the thermodynamics in which these identities hold is entanglement thermodynamics

²¹ For a recent review and references see: T. Padmanabhan *General Relativity from a Thermodynamic Perspective* arXiv:1312.3253v1 [gr-qc] 11 Dec 2013

²² T. Padmanabhan, *Gravity: A New Holographic Perspective* arXiv:gr-qc/0606061v2 27 Jun 2006

degrees of freedom of gravity for a volume \mathcal{V} , which cannot be eliminated by a gauge choice, reside in its boundary $\partial\mathcal{V}$ and contribute only to L_{sur} around any event”.

Furthermore it turns out that the bulk and the surface parts of the Einstein Hilbert Lagrangian are related by a relation that shows that both have the same information content

$$\sqrt{-g}L_{\text{sur}} = -\partial_a \left(g_{ik} \frac{\partial \sqrt{-g} L_{\text{bulk}}}{\partial (\partial_a g_{ik})} \right)$$

This relation shows that the transition from L_{bulk} to the Einstein-Hilbert lagrangian $L_{\text{EH}} = L_{\text{bulk}} + L_{\text{sur}}$ is very similar to the transition, in Lagrangian mechanics, from the coordinate representation characterized by $L_q(\dot{q}, q)$ to the momentum representation characterized by $L_p = L_q - \frac{d}{dt} \left(q \frac{\partial L_q}{\partial \dot{q}} \right)$ which give the same equations of motion.

Einstein equation and horizon thermodynamics

The role of the surface term in determining the true degrees of freedom is supported by the evaluation of the area law of the horizon entropy. Consider a spherically symmetric metric with a horizon: $g_{00} = 1/g_{rr} = -f(r)$ where the function $f(r)$ vanishes at the horizon $r = a$. Near the horizon, the metric reduces to the Rindler metric with a surface gravity (acceleration) equal to $\kappa = (c^2/2)f'(a); (f'(a) \neq 0)$ The discussion in the preceding section

allows identifying a temperature associated with the horizon $T = \frac{\hbar c f'(a)}{4\pi k_B} = \frac{1}{2\pi} \frac{\hbar}{k_B c} \kappa$, where

we recognize what we called the Unruh constant. We can now write the Einstein's equation for this metric in the form $(1-f) - rf'(r) = -(8\pi G/c^4)Pr^2$ where $P = T_r^r$ is the radial

pressure. On the horizon $r = a$, the equation reduces to $\frac{c^4}{G} \left[\frac{1}{2} f'(a)a - \frac{1}{2} \right] = 4\pi Pa^2$. We now

consider two solutions of the Einstein's equation differing infinitesimally at horizons of radii a and $a + da$, and multiplying by da , we get $\frac{c^4}{2G} f'(a)ada - \frac{c^4}{2} da = P(4\pi a^2 da)$, and

multiplying and dividing the first term by k_B and by \hbar (in order to make appear the Unruh and the Bekenstein constants) one obtains the following interpretation of the Einstein's equation as an entanglement thermodynamic identity for the infinitesimal displacement of the horizon of an amount da

$$\underbrace{\frac{\hbar}{k_B c}}_T \underbrace{\frac{c^2 f'(a)}{4\pi}}_{dS} \underbrace{\frac{k_B c^3}{G \hbar}}_{-dE} d\left(\frac{1}{4} 4\pi a^2\right) - \frac{1}{2} \frac{c^4 da}{G} = Pd \underbrace{\left(\frac{4\pi}{3} a^3\right)}_{PdV}$$

Towards a solution to the cosmological constant problem?

Following his investigations along this line of thinking, T. Padmanabhan reinterprets the standard equations of Cosmo-dynamics in terms of a *holographic principle of equipartition*²³ underlying the *emergent perspective of gravity*²⁴ and eventually leading to a possible solution to the cosmological constant problem²⁵.

4/ Gauge/gravity duality, quantum field theory and quantum gravity

A quantum extension of the equivalence principle

The last doubly quantum reality horizon that we now discuss relates the quantum of action to the quantum of space-time area, the ratio of which is nothing but the inverse of the Newton constant G . Since all non-gravitational interactions are described by gauge theories, gauge/gravity duality is reminiscent of the classical equivalence principle which states that in absence of non-gravitational forces a test body is not submitted to gravitation, and somehow extends this principle to quantum gravity.

Hadronic strings: the prehistory of gauge/gravity duality

In the seventies the hadronic string heuristic model picturing hadrons as open strings the end points of which are confined quarks or antiquarks provided a hint toward a sub-hadronic confining theory. When QCD was discovered, this picture became more ambitious following the work of G. 't Hooft²⁶ who conjectured that at the limit when the number of colors N_c goes to infinity with $g^2 N_c$ fixed (g^2 being the squared of the QCD coupling constant), QCD confines quarks and antiquarks as the end points of color singlet hadronic strings. Then G. Veneziano, considering the limit where both the number of colors and the number of flavors go to infinity showed that when unitarizing the hadronic string picture, emerges beside the open string picture a *closed string sector*, involving purely gluonic hadronic strings. But at that time the string picture was being abandoned to the profit of QCD

²³ T. Padmanabhan, *Emergence and expansion of Cosmic Space as due to the quest for Holographic Equipartition*, arXiv: 1206.4916v1 [hep-th] 21 Jun 2012

²⁴ T. Padmanabhan, *Emergent perspective of Gravity and Dark Energy*, arXiv: 1207.0505v1 [Astro-ph CO] 2 Jul 2012

²⁵ T. Padmanabhan, *The Physical Principle that determines the value of the Cosmological Constant*, arXiv:1210.4174v1 [hep-th] 15 Oct 2012

T. Padmanabhan and H. Padmanabhan, *Solution the Cosmological Constant Problem*, arXiv:1302.3226v1 [astro-ph.CO] 13 Feb 2013

²⁶ 't Hooft, G. (1974). A planar diagram theory for strong interactions. Nucl. Phys. B 72, 461.

to describe hadrons at the fundamental level and to the profit of a theory of fundamental strings at the Planck scale to describe quantum gravity, with open strings for matter and closed strings for gravitation.

Gauge/gravity duality in string theory

After huge developments in research about string theory applied to quantum gravity, the interest to string theory came back to the research of the string theories equivalent to QCD, and that is how emerged the concept of gauge/gravity duality through the so-called ADS/CFT (Anti de Sitter/Conformal Field Theory) concept²⁷. G.T. Horowitz and J. Polchinsky begin their introductory paper²⁸ on gauge/gravity duality by the following assertion: “Hidden within every non-Abelian gauge theory, even within the weak and strong nuclear interactions, is a theory of quantum gravity”.

Gauge/gravity duality in quantum field theory

These authors explain that the path to this duality has been tortuous but they suggest that it can also be uncovered in the framework of quantum field theory. In a pedagogical review article²⁹, S.L. Adler explains how the Einstein Hilbert gravitational action is obtained as a symmetry-breaking effect in quantum field theory. He shows that for a non-abelian gauge theory with massless matter fields the scale invariance can be dynamically broken due to the singular behavior of the theory in the infrared, and he shows that the coefficients of the Einstein Hilbert lagrangian (at least the cosmological constant) can in principle be computed: the Nambu-Goldstone scalars of the symmetry breaking (the longitudinal component of the intermediate vector bosons in the case of the Brout Engler Higgs mechanism in the electroweak theory, and the pions in the case of chiral symmetry breaking in QCD) have a “dilaton” partner (the Higgs boson in electroweak theory and the sigma boson in QCD), namely a massless scalar with quantum numbers of the vacuum, that acquires mass in the symmetry-breaking mechanism, that gives mass to the particles with which it couples, with a coupling proportional their mass. This sounds like a scalar mediated gravitational interaction inducing a cut-off in the infrared singular non-abelian gauge theory. Could it be that this gravitational interaction is nothing but quantum gravity induced through gauge/gravity duality at the scales of the infrared cut-offs?

²⁷ J.M. Maldacena, *The large N limit of superconformal field theories and super gravity*, Adv. Theor. Math. Phys. **2**, 231 (1998)

²⁸ G.T. Horowitz and J. Polchinsky, *Gauge/gravity duality* arXiv:gr-qc/0602037v3 18 Apr 2006

²⁹ S. L. Adler *Einstein gravity as a symmetry-breaking effect*, Review of Modern Physics, pp. 729-765, Vol. 54, N°3 (1982)

5/ Conclusion

We have concluded the section devoted to gauge/gravity duality as well as the preceding one devoted to holography by questions that we leave open because their answers relies on a lot of work by researchers with much more expertise than ours. In any case, we want to stress in conclusion that our conjecture of generalized complementarity seems to have a fairly good heuristic power: in each doubly quantum reality horizon it is at work by relating the two quanta which are equivalent in the doubly quantum reality horizon (considered as the profound horizon) and contradictory in the singly quantum reality horizons (considered as forming the apparent horizon); in the same way, generalized complementarity leads one to consider the two schemes discussed in sections 3 and 4 (holography and gauge/duality) as equivalent in the most profound reality horizon, the one of the triply quantum gravity, and contradictory in the pair of doubly quantum reality horizons forming the apparent horizon.

Acknowledgements It is a pleasure to thank very fruitful discussions with Alexei Grinbaum, Miche Spiro, Carlo Rovelli, Vincent Bontems and Etienne Klein