

LE RAYONNEMENT DE FOND COSMOLOGIQUE.

Sur cette image du ciel en micro-ondes, on distingue, en arrière-plan du disque de la Voie lactée et du milieu interstellaire, le motif granulaire du fond diffus cosmologique. C'est pour cartographier avec précision ce fossile de la première lumière émise dans l'Univers qu'a été lancé en 2009 le satellite *Planck*.

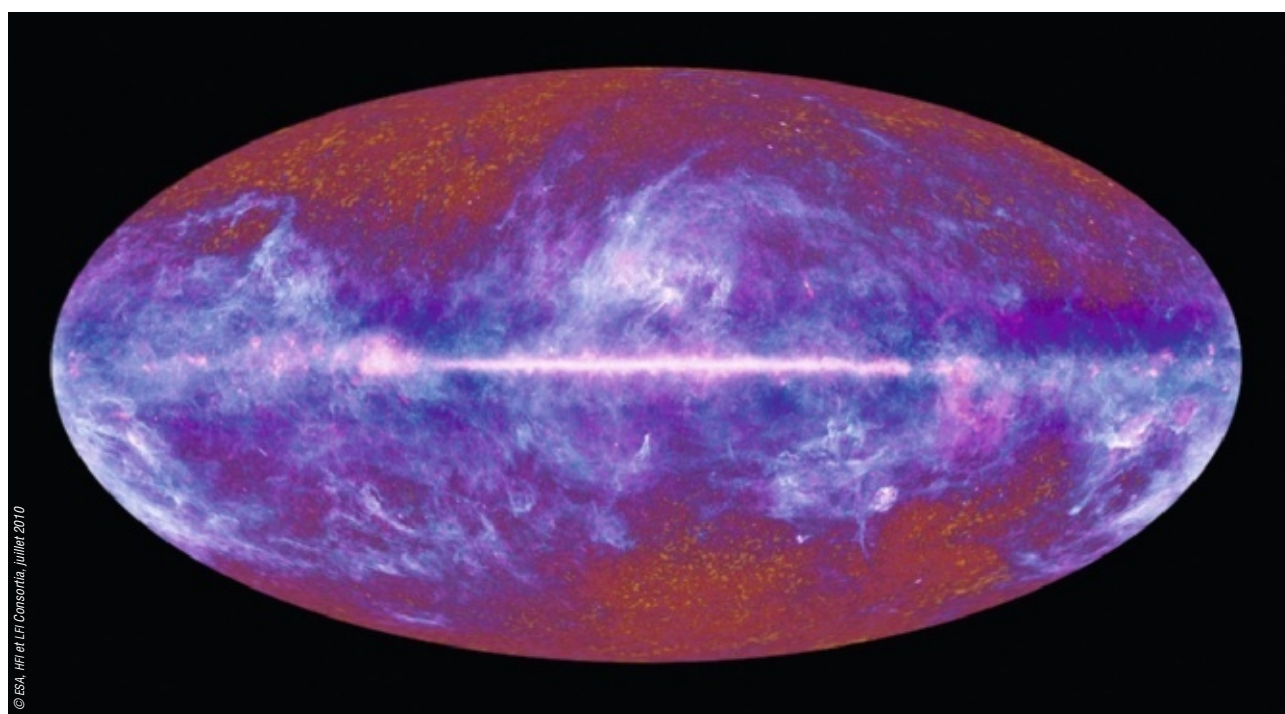
Le rayonnement du fond diffus a été émis 380 000 ans après le Big Bang, lorsque les électrons se sont recombinés aux noyaux pour former les atomes. C'est un élément clef du modèle standard de la cosmologie, qui décrit comment l'Univers a évolué en se dilatant et en se refroidissant à partir d'une phase chaude et dense.

Le tableau est aujourd'hui le suivant : la matière usuelle, ou baryonique, ne représente que quatre

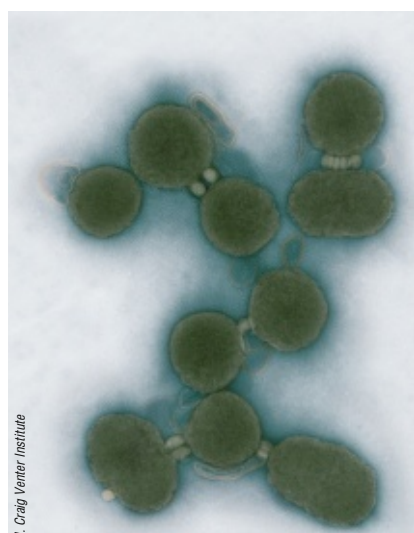
pour cent du contenu en énergie du cosmos. Le reste se partage entre la matière noire (24 pour cent), composée de particules massives sans interactions avec la matière ordinaire, et l'énergie sombre (72 pour cent), qui crée une répulsion gravitationnelle et provoquerait l'accélération de l'expansion cosmique. Dans les premières fractions de seconde, une brève phase d'expansion accélérée, l'inflation, a homogénéisé le contenu de l'Univers et engendré les infimes fluctuations de densité détectées dans l'image du fond diffus. Ces fluctuations de densité ont par la suite donné naissance, par l'action de la gravité, aux galaxies et amas de galaxies. Mais de nombreuses questions demeurent. Que sont la matière noire et l'énergie sombre ? Existe-t-il des modèles alternatifs qui s'en passent ? Quel est le moteur

de l'inflation ? Quelle est la bonne théorie physique pour décrire l'Univers primordial ?

En améliorant la résolution et la sensibilité de la carte des fluctuations du fond diffus, le satellite *Planck* apportera des éléments de réponse. Préciser les proportions de matière baryonique, de matière noire et d'énergie sombre permettra de mieux contraindre les hypothèses sur leur nature, de mieux tester les prédictions sur la nucléosynthèse ou de vérifier que la courbure de l'Univers est nulle. Par ailleurs, *Planck* livrera la première carte précise de la polarisation du fond diffus, qui pourrait révéler la trace d'ondes gravitationnelles primordiales. Tous ces résultats, et d'autres, telle la cartographie des grandes structures, permettront d'affiner les modèles d'évolution de l'Univers. □



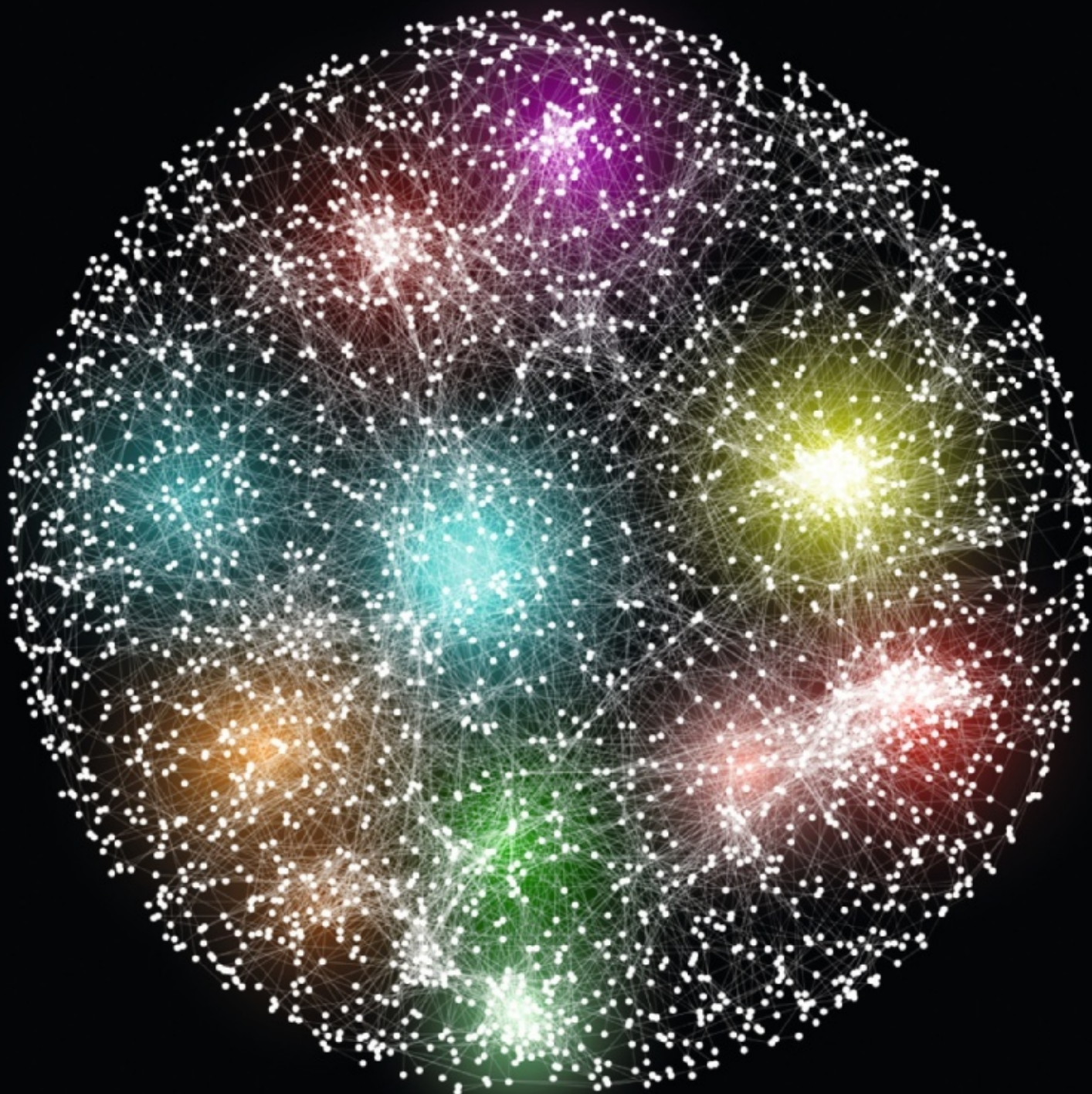
© ESA, IRI et LFI Consortium, juillet 2010



J. Craig Venter Institute

LA BIOLOGIE SYNTHÉTIQUE. Ces cellules, vues ici en microscopie électronique à transmission, ont fait parler d'elles en mai 2010. Elles ont été reprogrammées au moyen d'un génome synthétique : des chercheurs de l'Institut J. Craig Venter, aux États-Unis, ont synthétisé un génome presque identique à celui d'une bactérie connue et l'ont introduit dans une espèce bactérienne proche. Après la division cellulaire, les cellules filles qui en avaient hérité ont changé d'identité, se mettant à produire les protéines codées par le génome synthétique. Ces travaux ont inauguré l'ère de la biologie synthétique. La méthode, nouvelle étape du génie génétique, est simple en théorie : identifier des séquences génétiques qui remplissent des fonctions souhaitées, les combiner pour obtenir des fonctions plus complexes, et les insérer dans des cellules, qui exécuteront alors ces fonctions.

Les applications potentielles sont multiples : spécialiser des cellules dans la production de molécules utiles ou dans la capture du dioxyde de carbone, les rendre résistantes à des virus, voire, à plus long terme, faire revivre des bactéries anciennes ou créer de nouveaux organismes... Mais les obstacles sont nombreux. On est loin de connaître tous les gènes nécessaires à une tâche, le rôle des autres constituants cellulaires, l'impact de la réduction du génome sur l'adaptabilité d'une cellule, etc. Et il faut que les travaux s'accompagnent de toutes les précautions éthiques et expérimentales nécessaires. □



LA SCIENCE DES RÉSEAUX. Il ne s'agit pas d'un feu d'artifice, mais d'une représentation graphique du réseau des interactions entre les trois quarts des quelque 6 000 gènes de la levure de bière, *Saccharomyces cerevisiae*.

Sur cette cartographie d'environ cinq millions d'interactions génétiques, publiée début 2010 par une équipe majoritairement canadienne, les nœuds du réseau correspondent à des gènes, et deux nœuds sont reliés entre eux si les deux gènes qu'ils représentent interagissent. Les groupes de nœuds d'une couleur donnée figurent des gènes intervenant dans un type de fonctions de la cellule. Par exemple, les nœuds en jaune représentent des gènes impliqués dans la sécrétion de

vésicules intracellulaires et leur transport, tandis que les nœuds en vert clair sont liés aux fonctions de réplication et de réparation de l'ADN.

L'analyse détaillée d'un tel réseau aide à comprendre le fonctionnement du système représenté. D'autant que, depuis plusieurs années, sous l'impulsion notamment d'Albert-Lászlo Barabási, aux États-Unis, se développe l'étude générale des réseaux, indépendamment des objets concrets qu'ils représentent. Qu'il s'agisse du réseau Internet, des relations entre individus au sein d'une communauté, des connexions entre neurones dans le cerveau, du réseau de distribution de l'électricité, des réseaux de contacts humains par lesquels se propage une épidémie, des chaînes

alimentaires dans le monde vivant, etc., des propriétés universelles se révèlent parfois.

Ainsi, malgré l'apparence désordonnée des réseaux complexes, l'approximation consistant à les considérer comme des assemblages aléatoires de nœuds et de liens n'est, le plus souvent, pas valable. Les chercheurs ont par exemple découvert que beaucoup de réseaux très différents sont « invariants d'échelle », c'est-à-dire que la probabilité qu'un nœud soit connecté à n autres nœuds est proportionnelle à une certaine puissance de n .

La recherche de telles propriétés universelles caractérisant l'architecture et le fonctionnement des réseaux, qu'ils soient fixes ou changeants, est un domaine en plein essor. □

LA BIODIVERSITÉ. Ce crustacé copépode long d'un demi-millimètre, *Ceratonotus steiningeri*, a été découvert en 2006 dans le cadre du Recensement de la vie sous-marine (*Census of Life*) par 5 400 mètres de fond, au large de l'Angola, puis dans le Pacifique.

C'est l'une des 5 000 espèces nouvelles pour la science collectées depuis 2000 par ce recensement. Les océans sont tout un monde qui reste à explorer, notamment à plus de 1 000 mètres de profondeur. Alors que les scientifiques ont décrit 250 000 espèces marines environ, il en existerait plus d'un million, micro-organismes mis à part – lesquels représenteraient 90 pour cent de la masse de tous les organismes marins. Ainsi, il resterait environ 5 000 poissons marins inconnus (près de 17 000 ont été décrits). Et 75 pour cent des espèces vivant en profondeur en Méditerranée resteraient à collecter et à décrire. Dans les forêts tropicales, qui abritent 50 à 75 pour cent de la biodiversité terrestre, des dizaines de milliers d'espèces sont aussi à découvrir, si leur rythme d'extinction, 100 à 1 000 fois plus rapide qu'avant l'ère industrielle, en laisse le temps.

Ce sont surtout des arthropodes et des végétaux, mais aussi des oiseaux et des mammifères. De quoi justifier nombre de missions naturalistes sur le terrain et des mesures concrètes de protection. La Terre reste à explorer... et à préserver. 



Jean-Michel

LE NANOMONDE. Ces flocons sont en or et ne mesurent que deux micromètres de diamètre et 40 nanomètres d'épaisseur. Déposés sur une plaque de verre par lithographie électronique, c'est-à-dire à l'aide d'un faisceau d'électrons, ils illustrent les possibilités des nanosciences et des nanotechnologies.

Les termes de nanosciences et de nanotechnologies se sont peu à peu imposés pour décrire les recherches et la construction de systèmes de tailles comprises entre le micromètre et le nanomètre, c'est-à-dire le milliardième de mètre. Il ne s'agit donc ni d'une nouvelle science ni d'une nouvelle branche technique, mais d'un ensemble d'études et de réalisations mettant en jeu des phénomènes physiques, chimiques ou biologiques portant sur de petits groupes d'atomes et de molécules. C'est

souvent le caractère quantique des phénomènes en question qui les rend utiles pour créer « nanomachines », « nanomatériaux » et autres « nanomédicaments », autrement dit des dispositifs nanométriques dotés des fonctions (mécaniques, optiques, chimiques, électroniques, biologiques ou médicales) souhaitées.

L'idée de constructions à l'échelle moléculaire fut évoquée dès les années 1950 par Richard Feynman, puis popularisée par certains ingénieurs et auteurs de science-fiction, qui la présentèrent comme le moyen de transformer la Terre en un paradis technique, ou au contraire en un enfer où les humains ne pourront se défendre contre des objets plus petits que leurs cellules...

Les nanosciences et les nanotechnologies se développent grâce à un éventail toujours plus grand de techniques permettant d'étudier et d'agir

à l'échelle nanométrique : microscopie optique, électronique ou à sonde locale, microstructuration des surfaces (par photolithographie, lithographie électronique, etc.), manipulations à l'échelle moléculaire (mécanosynthèse, auto-assemblage moléculaire, etc.).

Ce domaine est riche de travaux variés : la « neige » d'or montrée ici sert par exemple à l'étude fondamentale des ondes électroniques de surface nommées plasmons. Du côté des applications, de plus en plus de laboratoires sur puce, de micromoteurs électriques, de lasers miniaturisés, de composants nanoélectroniques et d'autres microsystèmes apparaissent. Et les perspectives étonnantes ne manquent pas : on parle de nanorobots mobiles à l'intérieur du corps, d'essaims de microrobots domestiques, de robots de combat imparables parce qu'invisibles... 



© CNRS Photobiologie/SM/Université de Bordeaux 1/
F. Labarret, N. Marquèsant, D. Talaga, UMR5250 - Institut des sciences moléculaires