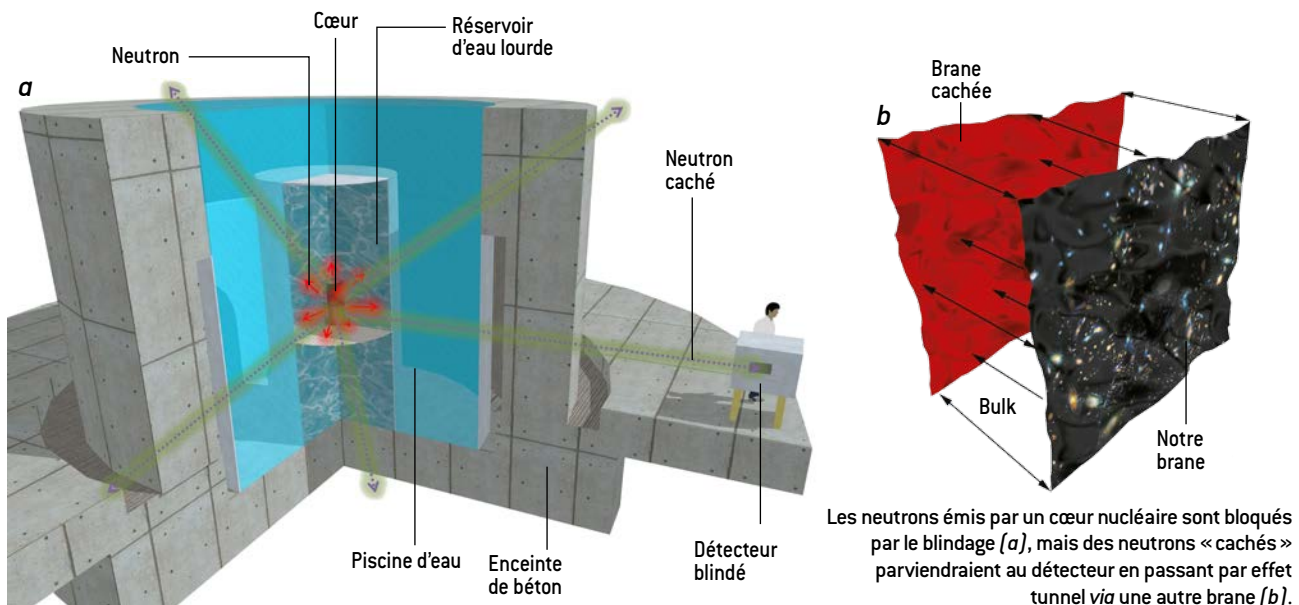


## Cosmologie

# Des neutrons pour explorer le multivers

Dans le cadre de certaines théories, notre univers pourrait coexister avec d'autres. En évaluant la probabilité que des neutrons passent d'un monde à un autre par effet tunnel, des physiciens ont estimé la distance minimale qui nous sépare d'un tel autre univers.



(a) Michaël Sarrazin (Unamur) ; (b) Melissa Thomas

**E**t si l'Univers avait plus de trois dimensions d'espace ? Certaines théories le supposent, et l'une des conséquences possibles est que d'autres univers à trois dimensions coexisteraient avec le nôtre. Michaël Sarrazin, de l'université de Namur, Guillaume Pignol, de l'université Grenoble-Alpes, et leurs collègues ont testé la possibilité que des neutrons passent de notre univers à un autre de ces mondes. L'expérience a eu lieu auprès d'un réacteur nucléaire de l'institut Laue-Langevin, à Grenoble.

L'idée des dimensions supplémentaires est née dans les années 1920 avec les travaux du mathématicien Theodor Kaluza et du physicien Oskar Klein, qui ont proposé l'existence d'une cinquième dimension. Elle serait enroulée sur elle-même en une boucle si petite qu'elle ne nous est pas perceptible. Les dimensions supplémentaires ont trouvé un nouvel essor avec la théorie des cordes, dont une version est décrite avec un espace-temps à dix dimensions.

En 1990, Joe Polchinski a remarqué que les cordes ne sont pas les seuls objets décrits par cette théorie : il a introduit la notion de *p*-branes, ou « membranes de dimension *p* ». Cette idée a conduit à de nombreux scénarios en cosmologie. L'univers dans lequel nous vivons serait une 3-brane dont nous percevons les trois dimensions d'espace. Cette 3-brane serait plongée dans un espace de dimensionnalité supérieure, le *bulk*, où se trouvent d'autres 3-branes.

Est-il possible de tester la présence d'autres mondes branaires ? Dans la plupart des scénarios, la matière est confinée sur sa 3-brane et seuls les gravitons (les particules hypothétiques qui véhiculent l'interaction gravitationnelle) voyagent dans le *bulk*. Cependant, une particule de notre univers pourrait « sauter » dans une autre 3-brane par effet tunnel.

Cet effet quantique est d'autant plus probable que l'autre monde est proche du nôtre. Il faut comprendre « proche » dans le *bulk*, c'est-à-dire dans les dimensions supplémentaires autres que les

trois que nous percevons. Ainsi, ce monde pourrait être à moins de 1 millimètre du nôtre et nous serait néanmoins inaccessible !

Michaël Sarrazin, Guillaume Pignol et leurs collègues ont estimé une limite supérieure à la probabilité qu'un neutron traverse le *bulk* par effet tunnel en mesurant le flux de neutrons qui s'échappent éventuellement d'un réacteur nucléaire. En principe, tous les neutrons sont bloqués par le blindage du réacteur et aucun n'atteint le détecteur placé à l'extérieur. Mais certains éviteraient le blindage en passant par effet tunnel dans une autre brane et en revenant de la même façon à proximité du détecteur.

Le flux mesuré étant nul, les chercheurs en ont déduit, dans un modèle simple supposant deux mondes branaires aux propriétés identiques, que la distance minimale entre les deux 3-branes est supérieure à 87 fois la longueur de Planck, soit environ...  $1,4 \times 10^{-33}$  mètre.

**Sean Bailly**

*Phys. Lett. B*, vol. 758, pp. 14-17, 2016

# 30

## micromètres

Dans le modèle dit ADD, c'est la taille maximale des dimensions supplémentaires, en postulant qu'il en existe deux de plus que celles que nous percevons.\*

## Paléontologie

### Un cœur que l'évolution a simplifié

L'évolution du vivant ne s'effectue pas toujours dans le sens d'une complexité croissante. L'étude de la structure du cœur d'un poisson à nageoires rayonnées, menée par l'équipe de José Xavier-Neto, du laboratoire brésilien de biologie de Campinas, l'illustre.

Ces chercheurs ont étudié une soixantaine de fossiles de *Rhacolepis buccalis*, un poisson datant d'une période chaude du Crétacé, il y a quelque 119 millions d'années. Dans deux d'entre eux, l'équipe brésilienne a découvert un cœur fossilisé.

Pour aller plus loin, les chercheurs ont fait appel au synchrotron européen de Grenoble, l'ESRF, où des physiciens les ont aidés à scanner l'intérieur des cœurs avec des rayons X de très grande énergie. Les images obtenues, d'une résolution de 6 micromètres, sont surtout très contrastées, ce qui est précieux pour distinguer les tissus.

Ces images ont révélé avec netteté un cône artériel (partie



Ce fossile de *Rhacolepis buccalis* provient de la formation géologique de Santana, du bassin de Araripe, au Brésil. Ce site est célèbre pour la très bonne conservation en trois dimensions de ses fossiles.

reliant le ventricule aux artères) comportant cinq rangées de valves, alors que le cœur de la plupart des poissons actuels n'en présente qu'une.

Comment interpréter cette observation ? Comme *Rhacolepis buccalis*, les poissons à nageoires rayonnées – qui représentent plus de 99,8 % des poissons actuels – sont des actinoptérygiens. *Polypterus*, un actinoptérygien basal (situé à la base du groupe des actinoptérygiens), avait neuf rangées de valves dans son cœur. *Rhacolepis*

*buccalis* n'en a que cinq. Certains actinoptérygiens primitifs, tels que les tarpons, en ont deux. Les autres membres actuels du groupe n'en ont qu'une, tandis que leur cône artériel a pratiquement disparu pour être réduit à la forme d'un bulbe. Ce faisceau d'indices suggère qu'au cours de l'évolution, une simplification du dispositif d'éjection du sang dans les branchies s'est produite en plusieurs étapes, donc de façon graduelle.

F. S.

eLife, vol. 5, e14698, 2016

## Climatologie

### Gaz de schiste : une pollution insidieuse

Bruno Franco, du Groupe infrarouge de physique atmosphérique et solaire (GIRPAS) à Liège, a mesuré l'évolution de la quantité d'éthane dans l'atmosphère depuis le milieu des années 1980. Les résultats mettent en évidence un changement de tendance intrigant. Alors que sa concentration diminuait d'environ 1 % par an, elle réaugmente depuis 2009, à raison de 5 % par an. Avec Emmanuel Mahieu, responsable du GIRPAS, il a cherché à comprendre cette inversion de tendance en contactant leurs collègues du réseau NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change). Ces

derniers font la même constatation, les plus fortes croissances étant observées au Colorado et à Toronto, à proximité de nombreuses zones d'exploitation de gaz de schiste. Les forages américains sont-ils responsables de cette augmentation considérable ?

L'extraction du gaz de schiste par fracturation hydraulique libère des hydrocarbures, dont du méthane et de l'éthane, dans un rapport plus ou moins constant. Afin de quantifier les émissions d'éthane dues à cette activité, les chercheurs ont donc comparé les flux de méthane, détectables depuis l'espace, avec une carte de la répartition des puits d'extraction

aux États-Unis. D'après les résultats, cette industrie aurait conduit à l'augmentation de 75 % des émissions d'éthane en provenance d'Amérique du Nord. Les chercheurs ont aussi pu déduire que l'exploitation du gaz de schiste aux États-Unis représente 10 % des émissions annuelles globales de méthane d'origine humaine.

Cette industrie a certes réduit les émissions de CO<sub>2</sub>, mais elle contribue à l'augmentation des émissions de méthane, dont l'effet de serre est environ 25 fois plus puissant que celui du CO<sub>2</sub>.

Alice Maestracci

B. Franco et al., Environmental Research Letters, vol. 11(4), 044010, 2016

#### Dr Fluide and Mr Solide

Le mélange d'eau et de Maïzena a des propriétés étonnantes. Il se comporte comme un liquide mais devient très dur lorsqu'une violente « pression » est exercée dessus : on peut marcher sur une piscine remplie de ce mélange. Il appartient ainsi à la famille des fluides dits non newtoniens.

Les physiciens en comprennent le comportement macroscopique, mais n'étaient pas d'accord sur le mécanisme en jeu à l'échelle microscopique. Deux modèles étaient avancés, mais aucun ne s'accordait parfaitement avec les expériences. John Royer, de l'institut américain NIST, et ses collègues ont résolu le conflit.

Avec un colloïde constitué de microbilles de silice baignant dans un mélange d'eau et de glycérol, les chercheurs ont montré que le comportement liquide-solide du système est contrôlé par le frottement entre les billes, mais qu'à faible concentration, l'expulsion du fluide entre les billes joue aussi un rôle important. Ainsi, ces deux processus agissent de concert.



L'extraction des gaz de schiste se fait grâce à des derricks de forage. Cette activité libère d'importantes quantités de méthane et d'éthane dans l'atmosphère.