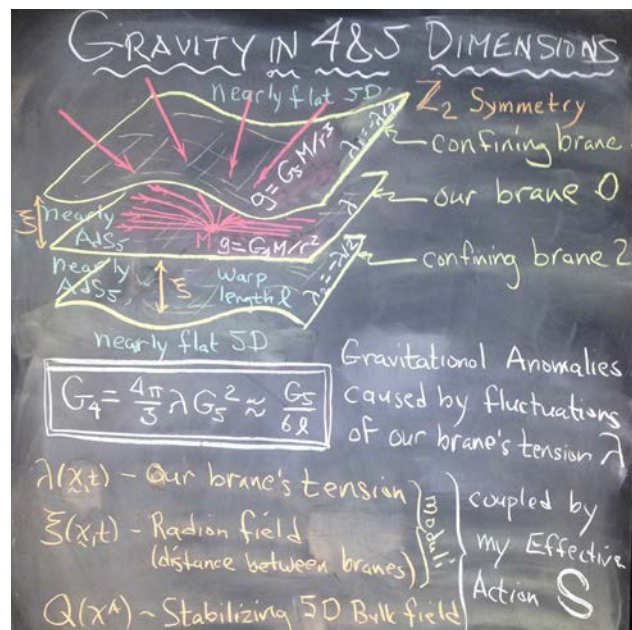
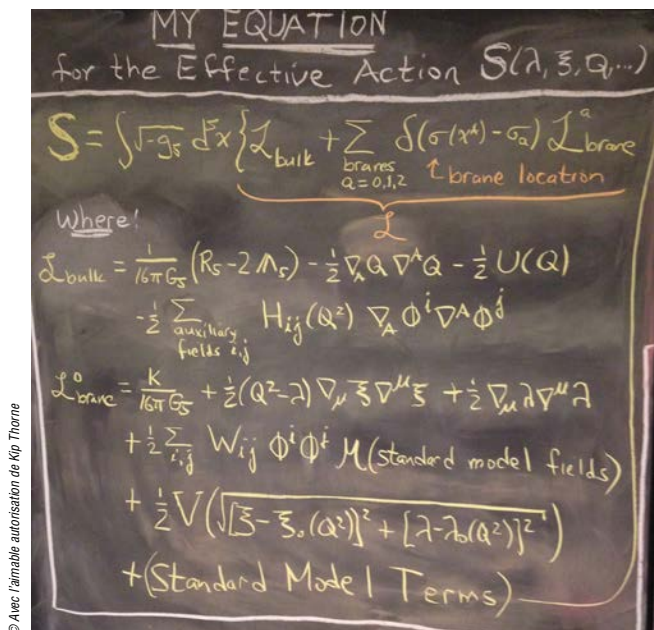




**LES TABLEAUX NOIRS DU PROFESSEUR BRAND** dans le film *Interstellar* sont couverts de formules de physique théorique, où s'entremêlent de façon relativement fidèle à la science les concepts de dimensions supplémentaires et ceux de la physique quantique.

Brand. En physique, l'« action » est une grandeur ayant pour dimension le produit d'une énergie par un temps. Son importance est due à un principe très général, le principe de moindre action : le trajet effectivement suivi par un objet entre deux points donnés est celui qui conduit à un extremum (maximum ou minimum) de l'action. Ainsi, en mécanique, au lieu de penser la trajectoire à partir de forces, on l'imagine comme la courbe qui optimise l'action. Ce principe de moindre action est simple, puissant et général, non seulement en mécanique classique, où il est strictement équivalent aux lois de Newton, mais aussi en électromagnétisme et en mécanique quantique ou relativiste. Sa généralisation a été si fructueuse qu'elle fonde toute la physique théorique moderne.

Les termes  $g_5$  et  $d^5x$  présents dans l'équation de Brand indiquent que sa théorie est bien construite à cinq dimensions : une de temps et quatre d'espace. Le problème est qu'il a été montré que le « sandwich  $AdS_5$  » est instable, car les deux branes qui confinent la nôtre subissent une compression. Dans son équation, Brand tente donc d'écrire une action effective qui pourrait résoudre ce problème : elle contient des termes associés à chaque brane (numérotée 0, 1 ou 2) et un terme associé au *bulk* censé stabiliser l'ensemble. La quête du professeur, l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique, n'est toujours pas achevée aujourd'hui. Diverses approches telles que la gravité quantique à boucles, la théorie des

cordes ou la géométrie non commutative font l'objet d'intenses recherches.

*Interstellar* aborde d'une autre façon, plus visuelle, la question des dimensions spatiales supplémentaires. Vers la fin du film, Cooper, l'un des astronautes, pénètre dans le trou noir Gargantua qui est au cœur de l'intrigue. Il se retrouve alors dans un espace-temps étrange, le « tesseract ». En géométrie, le tesseract est un objet quadri-dimensionnel qui est au cube ce que le cube est au carré. De même que la surface d'un cube est constituée de six faces carrées, l'hypersurface délimitant un tesseract est constituée de huit cellules cubiques.

## Voir les dimensions supplémentaires

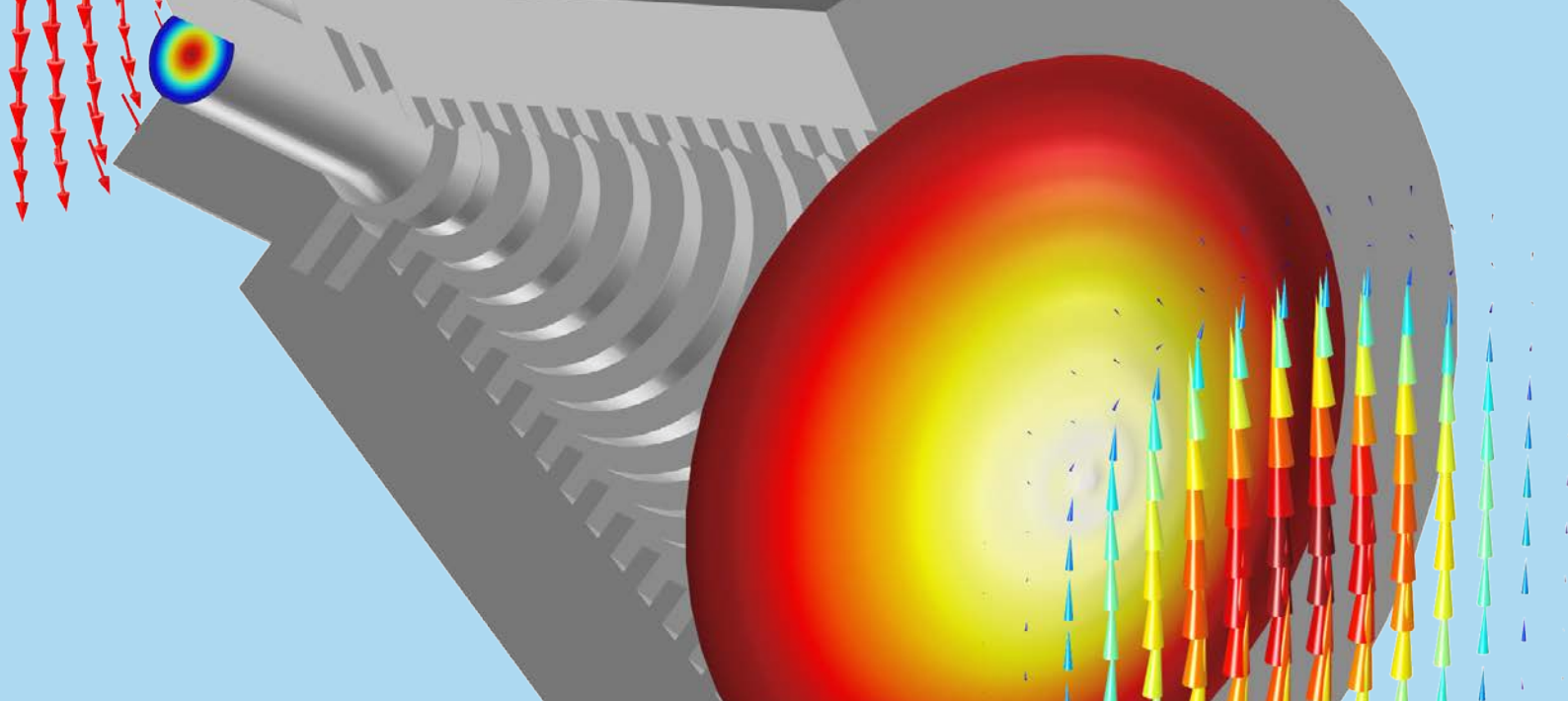
Dans le film, cette structure géométrique permet à Cooper de passer de la singularité centrale du trou noir au *bulk* à cinq dimensions. Il se retrouve alors hors de notre brane et, pour lui, le temps devient l'analogue d'une dimension spatiale. C'est pour cela qu'une fois dans le tesseract, Cooper voit la chambre de sa fille Murph, la future adjointe du professeur Brand, multipliée à l'infini mais avec des temporalités différentes. Il est alors capable de communiquer avec elle à travers le temps au moyen de signaux gravitationnels, fournissant les données dont elle a besoin pour résoudre l'équation du professeur Brand.

Par ses propriétés fascinantes, le tesseract apparaît dans bien d'autres œuvres. Ainsi,

dans le film *Cube 2 : Hypercube*, huit personnages sont piégés dans un tesseract qui apparaît comme un réseau de cubes connectés dont certains altèrent le déroulement du temps. Dès 1941 et sa nouvelle *La Maison biscornue*, Robert Heinlein décrivait une maison construite selon le patron tridimensionnel d'un tesseract. C'est ce même patron que Salvador Dalí utilisa pour sa peinture de 1954 *Crucifixion (Corpus Hypercubus)* suggérant que, tout comme le tesseract existe dans un espace quadridimensionnel inaccessible à l'esprit humain, Dieu pourrait exister dans une dimension qui nous est incompréhensible.

La compréhension fine de la plupart des phénomènes décrits dans *Interstellar* requiert des connaissances en relativité générale, en mécanique quantique et une touche de théorie des cordes. Le résultat est un film à la fois intéressant et intrigant, qui marie histoire forte et ambition scientifique. *Interstellar* reste une œuvre de science-fiction où liberté artistique et extrapolation scientifique font partie du jeu. Mais en invitant les spectateurs à s'interroger sur la nature de l'espace et du temps, il a une vertu pédagogique et se situe pleinement dans ce que, en 1909, Maurice Renard nommait le merveilleux scientifique, c'est-à-dire « l'aventure d'une science poussée jusqu'à la merveille ou d'une merveille envisagée scientifiquement ».

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. Jean-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris.



# LA MULTIPHYSIQUE POUR TOUS

L'évolution des outils de simulation numérique vient de franchir un cap majeur.

Des applis spécialisées sont désormais développées par les spécialistes en simulation avec l'application Builder de COMSOL Multiphysics®.

Une installation locale de COMSOL Server™, permet de diffuser les applis dans votre organisme et dans le monde entier.

Faites bénéficier à plein votre organisme de la puissance de l'outil numérique.

**[comsol.fr/application-builder](http://comsol.fr/application-builder)**

