



SCIENCES (3/3)

L'univers simulé sur 13,7 milliards d'années

Une équipe d'astronomes français simule l'univers à l'échelle des galaxies grâce à la puissance des supercalculateurs.

Ptolémée embrassait l'univers de ses seuls yeux. Galilée gagna en lucidité par l'intercalation de quelques lentilles. Puis les télescopes s'allongèrent, le ciel se fit plus proche. Au siècle dernier, le regard trop myope, l'astronome confia ses télescopes aux capteurs électroniques, révélateurs d'un monde insoupçonné. Aujourd'hui, l'observation de l'univers ne suffit plus à comprendre sa complexité, la simulation s'impose de plus en plus dans le silicium des supercalculateurs.

Une vingtaine de cosmologistes français se sont ainsi lancés dans un projet d'une audace frisant la mégalomanie : simuler l'histoire de l'univers. Mais comment résister en la matière à la folie des grandeurs ? Ces physiciens de 5 laboratoires (*) sont partis des seules conditions initiales que l'on connaisse, la photographie de l'univers 380.000 ans après le big bang. Ce vieux cliché découle de ce que les astronomes nomment le fond diffus cosmologique. C'est le premier rayonnement émis par la matière, une information lumineuse qui s'apparente aux fossiles des paléontologues. Découvert en 1965, il a fallu attendre le satellite américain WMAP en 2003 pour en tirer une cartographie exploitable, dans la gamme des micro-ondes.

Selon la théorie du big bang, dans la première seconde de l'univers, la soupe originelle n'était constituée que de quarks, d'électrons et de photons. La température de la matière chuta dans les secondes qui suivirent et les particules se combinèrent pour créer des neutrons, des noyaux d'hydrogène puis d'hélium. A peine 400.000 ans plus tard, l'univers devint de plus en plus glacial à cause de l'expansion de l'univers. Les électrons s'acoquinèrent aux noyaux pour former les atomes. La matière, jusqu'alors opaque,

libéra les photons, qui depuis, constituent le fond cosmologique.

Des sortes de grumeaux

La cartographie du fond diffus montre que la répartition spatiale de la matière était loin d'être homogène. L'univers concentrait déjà à cette époque celle-ci dans des sortes de grumeaux. Les chercheurs intègrent ces zones de densité dans leurs codes puis simulent sur eux les forces de gravité à grande échelle. A plus petite échelle, les calculs prennent aussi en compte la mécanique et la physique des fluides. Les grumeaux attirent à eux des nuages de gaz chaud. Ce phénomène d'effondrement de la matière a fini par produire 700 millions d'années plus tard les premières galaxies sphériques. Elles résultent d'un combat de titans entre cet effet de la gravité et la résistance de la pression thermique. Plus tard, ces galaxies évoluèrent en amas de galaxies, qui sont les plus gros objets actuels. Certaines se sont aplaties en spirale comme notre voie lactée.

L'année dernière, les cosmologistes ont ainsi simulé la vie de la moitié de l'univers sur 13,7 milliards d'années au cours de deux mois de simulation. Le code a tourné sur le gros ordinateur du CEA à Bruyère-le-Châtel. « Nous avons lancé la simulation des trajectoires de 70 milliards de particules puis nous avons attendu deux mois sans y toucher jusqu'à ce que le calcul parvienne à l'univers actuel », explique Romain Tessier, l'un des responsables du projet. Le résultat est stupéfiant. On y pénètre grâce à la salle de visualisation 3D du CEA, équipé de lunettes stéréoscopiques. En quelques minutes, on fait le tour du cube qui contient un demi-univers simulé. La simulation permet tous les caprices. On voyage au milieu des galaxies à la vitesse d'un million de fois celle

de la lumière, avec l'impression de naviguer dans un réseau de neurones cérébraux. L'expérience est distrayante mais elle permet aux chercheurs de communiquer autour du modèle. La simulation n'offre pas pour autant une carte IGN de notre monde. Les astronomes ne savent même pas situer dans ce dédale de galaxies notre belle voie lactée. « Il y a une dizaine d'endroits où elle pourrait se trouver », estime Romain Tessier. D'après les chercheurs, ce premier modèle colle bien avec la réalité observée dans les grandes échelles. Ce niveau de détail fait appel à la physique de la matière noire. Le modèle ne décrit pas l'échelle des étoiles à l'intérieur des galaxies, qui fait appel à une autre physique. Pour ce niveau de détail, les chercheurs mettent en œuvre d'autres modèles plus précis. Une telle simulation sur 10 milliards de particules a été réalisée sur la grosse machine espagnole MareNostrum. Les participants au projet préviennent toutefois de l'imperfection de leurs modèles, qui ne prennent pas en compte, par exemple, les champs électromagnétiques. La puissance galopante des futurs supercalculateurs permettra d'enrichir ces codes au fur et à mesure.

MATTHIEU QUIRET

(*) LUTH, IAP, Lerma, CRAL, CEA.

La simulation en chiffres

- 2 mois de calculs sur 6.144 processeurs.
- 70 milliards de particules simulées.
- 13 milliards d'années.
- 50.000 gigaoctets de mémoire.
- 140 milliards de mailles.
- Echelle des galaxies et des amas de galaxies.