

## Projet Horizon : la simulation numérique repousse les limites de la connaissance de l'Univers

En astrophysique, la résolution des équations de la mécanique des fluides autogravitants à l'aide d'algorithmes toujours plus efficaces et sur des supercalculateurs toujours plus puissants permet de modéliser la formation des structures de l'univers, et de comparer les modèles aux observations astronomiques avec un réalisme sans précédent.

Tel est l'objectif d'une simulation menée en 2007 sur les machines du CCRT.

La simulation a été menée dans le cadre du projet Horizon, une collaboration entre le CEA, le CNRS et les universités regroupant une vingtaine de chercheurs et d'enseignants.

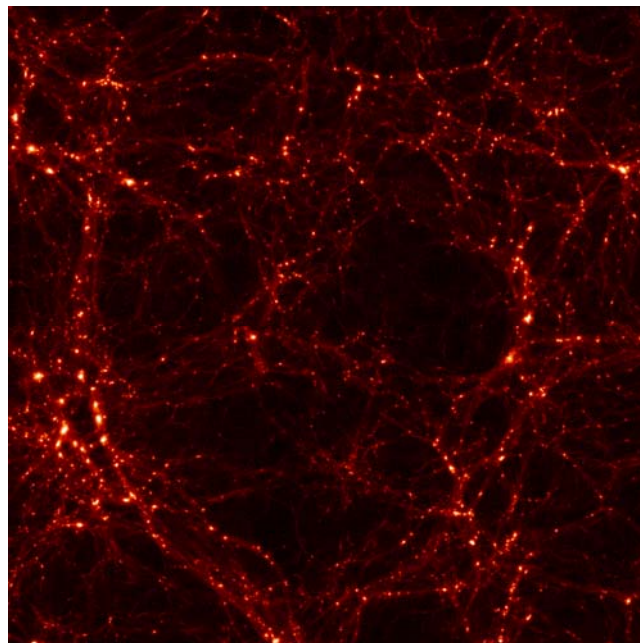
Dans un premier temps, les chercheurs ont défini les "conditions initiales" susceptibles de servir de point de départ aux simulations en observant ce que l'on appelle le rayonnement fossile à 3 degrés K<sup>1</sup> ; il est alors possible de suivre les trajectoires individuelles d'un grand nombre de particules qui servent à décrire le fluide cosmologique.

Avec près de 70 milliards de particules et plus de 140 milliards de mailles, le calcul réalisé au CCRT représente le record absolu pour un système à N corps<sup>2</sup> modélisé par ordinateur.

Pour la première fois dans l'histoire du calcul scientifique, il est possible de décrire la moitié de l'univers observable tout en couvrant une galaxie comme la Voie Lactée avec plus d'une centaine de particules !

Pour simuler un tel volume avec autant de détails, les membres du Projet Horizon ont utilisé les 6144 processeurs Intel Itanium2® du calculateur BULL NovaScale 3045 du CCRT pour faire fonctionner à plein régime le programme « RAMSES ».

Celui-ci, développé au CEA en collaboration avec les astrophysiciens du Projet Horizon, met en jeu une grille adaptative<sup>3</sup> permettant d'atteindre une finesse spatiale inégalée (l'équivalent d'une grille cubique de 262144 mailles de côté).



Grâce aux experts de BULL et du CCRT, ce programme a pu utiliser de façon optimale les ressources de l'ordinateur pendant près de deux mois, consommant plus de 18 téraoctets (soit 18 000 gigaoctets) de mémoire vive et générant près de 50 téraoctets de données sur disque. énergétique de plus de 5 %.

Le même projet, réalisé sur un ordinateur individuel, aurait pris plus de mille ans.

La simulation du Projet Horizon permet de prédire la distribution de matière dans l'Univers avec une précision et un réalisme sans précédent. Les chercheurs pourront bientôt comparer le modèle avec les observations de tout le ciel bientôt disponibles grâce à la mission spatiale Planck de l'Agence spatiale européenne, dont le lancement est prévu en 2008.

Ils pourront aussi préparer les futures expériences de lentille gravitationnelle<sup>4</sup> comme le projet « Dark UNiverse Explorer » dont l'objectif est de déterminer la nature de l'énergie noire.

**Pour en savoir plus : [Site de l'IRFU](#)**

<sup>1</sup> Ce rayonnement est la trace fossile de l'Univers lorsqu'il est enfin devenu transparent à la lumière - il est alors âgé de 380 000 ans. Cette lumière nous parvient 13 milliards d'années plus tard, et nous donne accès aux conditions qui régnaient alors dans le plasma cosmologique.

<sup>2</sup> On appelle « système à N corps » un ensemble de points matériels, ou "particules" qui subissent leur attraction gravitationnelle mutuelle. Les systèmes à N corps demandent l'utilisation d'ordinateurs puissants pour pouvoir calculer les trajectoires de chaque particule.

<sup>3</sup> Pour résoudre les équations de la mécanique des fluides à l'aide des ordinateurs, on discrétise l'espace en petits éléments de volumes ou "mailles". Cet ensemble de mailles, que l'on appelle « grille » ou « maillage », recouvre le système que l'on souhaite décrire, dans le cas présent une large fraction de l'Univers. Pour améliorer la précision du calcul, on utilise des mailles plus petites dans les régions denses comme les galaxies : le maillage s'adapte automatiquement en fonction des conditions locales, d'où le terme « maillage adaptatif ».

<sup>4</sup> La lumière provenant des galaxies les plus lointaines est défléchie par l'effet gravitationnel de la matière qui se trouve sur son trajet. Cet effet de "lentille", prédit par la théorie de la relativité générale d'Einstein, permet de mesurer la quantité de matière présente entre ces galaxies et nous, et donc de tester l'ensemble de la théorie de formation des structures de l'Univers.