



**ATTENTION: sous embargo jusqu'au 7 mars, 17h, heure locale**

## L'EXPANSION DE L'UNIVERS SIMULÉE

La rotation de l'espace-temps et les ondes gravitationnelles simulées pour la première fois dans des calculs de formation des grandes structures de l'Univers

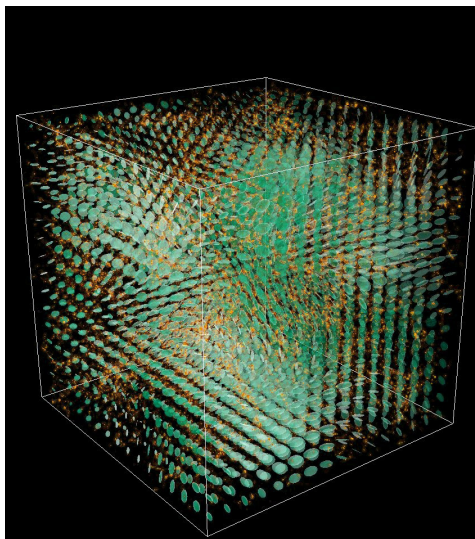
**L'Univers est en perpétuelle expansion. Il change, crée de nouvelles structures qui fusionnent. Mais comment notre Univers évolue? Des physiciens de l'Université de Genève (UNIGE) ont mis au point un nouveau code de simulations numériques qui offre un aperçu du processus complexe de la formation des structures en cosmologie. En se basant sur les équations d'Einstein, ils ont pu intégrer dans leurs calculs les mouvements de rotation de l'espace-temps et calculer l'amplitude des ondes gravitationnelles, dont l'existence a été confirmée pour la première fois le 12 février 2016. Une étude à lire dans la revue *Nature Physics*.**

Jusqu'à présent, les chercheurs qui étudiaient la formation des grandes structures cosmologiques se basaient sur des codes numériques de la gravitation newtonienne. Ce genre de codes postule que l'espace en tant que tel n'évolue pas, il est dit figé, alors que le temps, lui, s'écoule. Les simulations qu'il permet sont extrêmement précises sur la matière de l'Univers qui bouge lentement (à savoir d'environ 300km par seconde). Par contre, lorsque les particules de matières se meuvent à haute vitesse, ce type de codes ne permet que des calculs approximatifs. De même, il ne permet pas de décrire les fluctuations de l'énergie sombre. Constituant 70% de l'énergie totale de l'Univers (le 30% restant est fait de la matière noire et de la matière ordinaire), elle est responsable de son expansion accélérée. Il fallait donc trouver une nouvelle manière de simuler la formation des structures cosmologiques et permettre l'étude de ces deux phénomènes.

### La théorie de la Relativité générale appliquée

L'équipe de Ruth Durrer, du Département de physique théorique de la Faculté des sciences de l'UNIGE, a ainsi créé un code, nommé *gevolution*, basé sur la théorie de la relativité générale d'Einstein. En effet, la relativité générale considère l'espace-temps comme étant dynamique, c'est-à-dire que l'espace et le temps sont en perpétuel changement, contrairement à l'espace figé de la théorie newtonienne. L'objectif était de prédire l'amplitude et l'impact des ondes gravitationnelles, ainsi que ceux du frame-dragging (la rotation de l'espace-temps) induits par la formation des structures cosmologiques.

Pour ce faire, les physiciens de l'UNIGE ont découpé dans l'es-



Les ondes gravitationnelles générées pendant la formation des structures dans l'Univers. Les structures (distribution des masses) sont indiquées comme points brillants, les ondes gravitationnelles par des ellipses. La taille de l'ellipse est proportionnelle à l'amplitude de l'onde et son orientation représente la polarisation.

© Ruth Durrer, UNIGE

pace une portion cubique constituée de 60 milliards de zones contenant chacune une particule (c'est-à-dire une portion de galaxie), afin d'analyser la manière dont elles bougent vis-à-vis de leurs voisines. Grâce à la Librairie LATfield2 (développée par David Daverio de l'UNIGE), qui résout des équations partielles non linéaires, et au Super Calculateur du Centre suisse de calcul scientifique de Lugano, les chercheurs ont pu étudier le mouvement des particules et calculer la métrique (la mesure des distances et du temps entre deux galaxies dans l'Univers) en utilisant les équations d'Einstein. Le résultat de ces calculs donne des spectres permettant de quantifier la différence entre les résultats obtenus grâce à *gevolution* et à ceux issus des codes newtoniens. Ceci a permis de mesurer l'effet du frame-dragging et des ondes gravitationnelles introduits dans le modèle.

### **Les ondes gravitationnelles et le frame-dragging prédits par *gevolution***

En effet, le frame-dragging et les ondes gravitationnelles n'avaient jamais été introduits dans des calculs jusqu'à la création du code *gevolution*. Ceci ouvre la voie à la confrontation des résultats de simulation de l'expansion de l'Univers à la réalité de celle-ci. Les physiciens de l'UNIGE vont ainsi pouvoir tester la théorie de la relativité générale à des échelles beaucoup plus grandes qu'actuellement. Afin d'ouvrir les recherches au maximum dans ce domaine, la professeure Ruth Durrer et son équipe vont rendre public leur code *gevolution*. Les mystères de l'énergie sombre seront peut-être bientôt éclaircis.

## contact

### **Ruth Durrer**

022 379 68 84  
Ruth.Durrer@unige.ch

### **Martin Kunz**

022 379 63 50  
Martin.Kunz@unige.ch

## **UNIVERSITÉ DE GENÈVE** **Service de communication**

24 rue du Général-Dufour  
CH-1211 Genève 4

Tél. 022 379 77 17  
media@unige.ch  
www.unige.ch