

Énergie noire et modèles d'univers

Françoise Combes présente son cours dans la série les courTs du Collège de France



Transcription de la vidéo :

Le cours de cette année sera sur les modèles d'univers et l'énergie noire. L'énergie noire est un composant découvert en 1998 lorsque l'on s'est aperçu que l'expansion était accélérée. L'expansion de l'univers n'est pas décélérée comme on le pensait autrefois parce que la gravité est attractive, donc devrait décélérer l'expansion, mais l'expansion s'accélère. Pourquoi ? C'est vraiment très surprenant. Il a fallu inventer un nouveau composant de l'univers, qu'on appelle l'énergie noire, et sa particularité est, non pas d'être attractif, mais répulsif. C'est une force qui va repousser l'univers et lui permettre d'accélérer son expansion. C'est une nature complètement inconnue : on est obligés d'utiliser des adjectifs comme « noir » parce qu'on ne la voit mais ça peut être une énergie sombre.

L'ESA, l'Agence Spatiale Européenne, va lancer Euclide, un télescope optique et infrarouge, un peu comme Hubble, mais qui, au lieu de faire des petits champs de vue comme Hubble, aura des champs de vue très grands, ce qui permettra de voir tout le ciel. On aura un très grand nombre de galaxies. C'est ça, le but d'Euclide : voir douze milliards de galaxies avec une très bonne résolution spatiale puisqu'on est dans l'espace et on est affranchis de la turbulence de l'atmosphère. Ces douze milliards de galaxies vont nous permettre de regarder ce qu'est devenu l'univers en fonction de son âge. On va remonter à la moitié de l'âge de l'univers, voir comment sont distribuées ces galaxies, et ainsi pouvoir savoir quelle est l'expansion de l'univers, est-ce qu'elle a été accélérée à la moitié de l'âge de l'univers ou pas. Pour l'instant on sait que l'expansion s'accélère aujourd'hui. Qu'était cette accélération dans le passé ? C'est ce qu'on va voir avec les douze milliards de galaxies. Il nous faut de la statistique pour avoir cette expansion.

La loi d'accélération de l'expansion va nous donner la nature de l'énergie noire. Est-ce que c'est vraiment un cinquième élément ? Ou va-t-on être obligés d'ajouter une cinquième force à l'univers ? C'est-à-dire rajouter un champ stellaire, une autre force. Ou alors c'est une constante cosmologique qu'il faut rajouter à la relativité générale d'Einstein. Une des solutions à ce secteur noir est de modifier la loi de la gravité, la relativité générale d'Einstein qui a été fabriquée au siècle dernier. On commence à penser que notre difficulté de déterminer la nature de l'énergie noire vient peut-être de là : est-ce qu'il suffirait de modifier la loi de gravité pour expliquer tout le secteur noir ? Nous nous intéressons en particulier à ce point de vue mais nous ne sommes pas les seuls, bien sûr. Beaucoup d'hypothèses sur la gravité modifiée ont été effectuées. On s'intéresse en particulier à une loi de gravité qui permettrait d'expliquer la matière noire en même temps. Pour expliquer la masse manquante qu'on ne voit pas, soit on suppose qu'il y a beaucoup de matière noire et on garde la gravité connue ; soit on dit qu'il n'y a pas de matière noire du tout et on modifie la gravité, donc c'est l'un ou l'autre. Nous nous sommes beaucoup intéressés à tous ces modèles de gravité modifiée. Nous faisons des simulations numériques pour essayer de la contraindre et, dans ces résultats de satellite, on aura peut-être des solutions à ces questions-là.

Cela remet vraiment en cause tout notre modèle, notre vision du cosmos. On voit que cette vision a beaucoup évolué puisque déjà Einstein avait pensé à rajouter une constante cosmologique à ses équations pour avoir un univers stationnaire, immuable, qui ne varie pas, qui est infini. Il avait pensé que c'était la plus grande erreur de sa vie en l'ajoutant, il l'avait ensuite enlevée parce qu'on avait découvert, au début du XX^e siècle, l'expansion de l'univers, Hubble, et on avait vu que l'univers n'était pas stationnaire. Quoiqu'en 1940 Fred Hoyle et ses collaborateurs avaient supposé qu'en effet l'univers était encore stationnaire, c'est-à-dire qu'il y avait la création de matière, il y avait une expansion donc l'univers se dilue, mais il compensait cette dilution par une création de matière : dans les quasars, les trous noirs, la matière se crée. Maintenant ce modèle n'est plus du tout en vigueur. Mais on sait qu'il y a un Big Bang au début, donc l'univers n'est pas du tout stationnaire, il s'est créé à un moment donné. Toutes les observations sont tout à fait compatibles avec ce Big Bang. Donc on voit que notre vision de l'univers s'est perturbée, déformée avec la découverte de cette énergie noire en 1998 et on sait maintenant que l'expansion s'accélère : c'est une autre vision de l'univers et on aimerait savoir si on peut extrapoler. Est-ce que, grâce à cette énergie sombre, on va avoir une expansion continuellement accélérée et donc il va déchirer un peu tous les objets par cette force ? Ou alors, peut-être, on a tort d'extrapoler, encore une fois, parce qu'on a toujours extrapolé dans le passé, on s'est trompés complètement. Donc peut-être qu'on a tort d'extrapoler et peut-être qu'on va retomber, par une autre force qu'on ne connaît pas aujourd'hui, avec un Big Crunch qui serait le pendant du Big Bang. Certains astronomes sont en effet dans ces modèles-là avec des rebonds : l'univers aurait eu un Big Bang, un Big Crunch, et puis plusieurs rebonds. Ils font ainsi revivre un univers stationnaire puisque ce serait périodique. Ce n'est pas la majorité. On est plutôt dans le modèle où l'univers est en expansion accélérée infinie.