

Première carte 3D de la matière noire

Le fantôme prend forme

Concordance parfaite entre la matière visible et la mystérieuse matière noire.

C'est ce qu'affirment les astrophysiciens à la vue de leur toute nouvelle carte en volume d'un gigantesque cube d'Univers. Même si, à petite échelle, quelques divergences apparaissent...

David Fossé

“UNE première”, “un travail extraordinaire”, “une avancée majeure”... Dans les labos de cosmologie, les éloges fusent après la publication, le 8 janvier, de la carte la plus vaste et la plus fine jamais réalisée de la matière noire — cette substance hypothétique, censée représenter 80 % de la masse totale de l'Univers ! Ne serait-ce que pour la performance, ces louanges sont justifiées. Le “relevé Cosmos” couvre une portion de ciel équivalant à 8 Pleines

Lunes. Mieux, cette carte en volume plonge jusqu'à une époque où l'Univers n'avait que 60 % de son âge actuel. Pour l'obtenir, le Britannique Richard Massey et ses collègues ont dû mesurer la forme et la distance de plus de 500 000 galaxies. Un travail qui a nécessité 320 heures d'observation du satellite Hubble et une armada de grands télescopes.

Titanesque ? À l'évidence. Toutefois, cette carte pose un problème : à certaines échelles, elle affiche des différences notables avec celle de la matière visible. Or, selon le modèle favori des cosmologistes, la matière noire doit coller comme un gant aux concentrations de matière “baryonique” — la matière ordinaire dont les étoiles, les planètes et nous-mêmes sommes faits.

Cette étrange substance qu'est la matière noire ne rayonne pas et demeure totalement invisible. Seuls ses effets gravitationnels sur la matière visible et sur la lumière trahissent sa présence. Ils ont permis d'estimer sa masse : six fois celle de la matière baryonique ! Autant dire que sa force d'attraction est si irrésistible que la matière ordinaire ne peut qu'y être intimement mêlée. Aux amas de galaxies observables avec les télescopes, il doit inévitablement correspondre des

concentrations encore plus élevées de matière noire... C'est le cas pour la carte de Richard Massey quand on la regarde à grande échelle. Mais si on l'examine dans les détails, des discordances apparaissent çà et là avec la répartition de la matière visible. Alors, problème théorique, erreurs de mesure ou artefacts négligeables ?

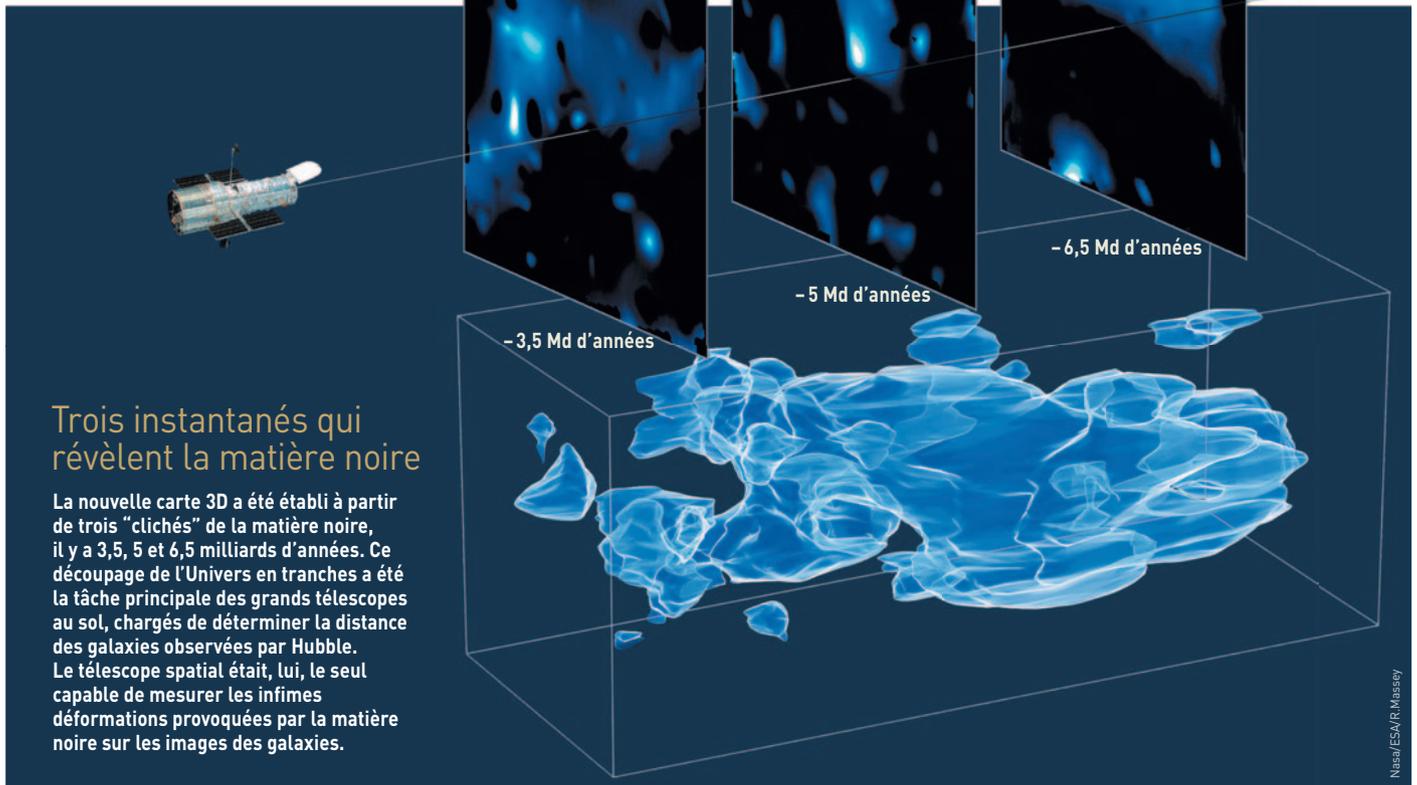
“Dans les grandes lignes, il y a quand même une bonne correspondance”, répond Douglas Clowe, de l'université de l'Ohio. L'astrophysicien n'a pas collaboré avec Richard Massey, mais il connaît la musique : *“La reconstruction des contours de la matière noire à partir de son effet gravitationnel est délicate, prévient-il. Il s'agit de mesurer de très faibles distorsions dans les images pâles et minuscules de galaxies lointaines”* (voir encadré p. 30).

Bloquer la respiration de Hubble

Or Massey et ses collègues ont cherché à mesurer ces déformations jusque sur des galaxies de magnitude 24, quinze millions de fois moins lumineuses que la plus faible étoile visible à l'œil nu ! *“Nous avons vraiment poussé le télescope spatial dans ses derniers retranchements”,* confirme Richard Massey. Pour obtenir des clichés de la finesse requise, le Britannique et



Le télescope spatial Hubble a été utilisé pour cartographier la matière noire en fonction de ses effets gravitationnels.



Trois instantanés qui révèlent la matière noire

La nouvelle carte 3D a été établie à partir de trois "clichés" de la matière noire, il y a 3,5, 5 et 6,5 milliards d'années. Ce découpage de l'Univers en tranches a été la tâche principale des grands télescopes au sol, chargés de déterminer la distance des galaxies observées par Hubble. Le télescope spatial était, lui, le seul capable de mesurer les infimes déformations provoquées par la matière noire sur les images des galaxies.

son équipe ont d'abord dû contrôler la "respiration" de Hubble. "Le télescope se dilate et se contracte périodiquement, car il s'échauffe lorsqu'il sort de l'ombre de la Terre et se refroidit quand il y entre", explique-t-il. La variation n'est que de quelques microns — une paille, comparé aux 10 m de long du télescope —, mais elle brouille la mise au point et déforme l'image des galaxies. "Cette déformation est du même ordre de grandeur que celle créée par la matière noire, note Richard

Massey. Il a donc fallu la corriger a posteriori, en analysant soigneusement l'aspect des étoiles sur chaque cliché : une forme allongée signifie que la mise au point n'était pas bonne."

Ce sont ensuite les détecteurs de la caméra ACS⁽¹⁾ qui ont joué des tours aux astronomes. "Leur électronique se dégrade avec le temps sous l'effet des rayons cosmiques, explique le Britannique. Sur les images, cette usure se traduit par un léger allongement des objets faibles." Quand on cherche

à mesurer une infime déformation sur un grain de poussière, n'y a-t-il pas de quoi s'arracher les cheveux ?

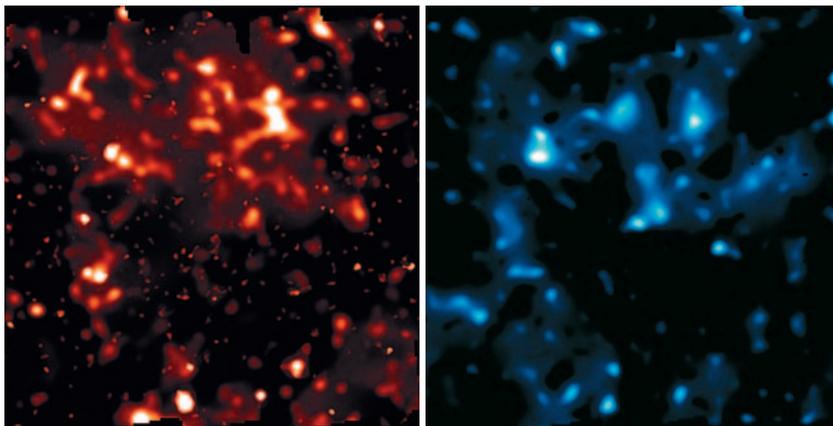
Paradoxalement, c'est la connaissance de ces parasites qui rend les astronomes si confiants dans leur nouvelle carte de la matière noire. "Ils ont été scrupuleusement pris en compte", assure Hervé Aussel, du laboratoire Astrophysique interactions multi-échelles (Saclay). De

→ Zoom

Un **bruit de fond** est un signal parasite (une sorte de "neige" sur les images), généralement incontrôlable, qui limite la précision d'une mesure. Un signal ne peut être considéré comme réel que s'il émerge nettement du bruit.

même, le bruit de fond résiduel (**Zoom**) de la carte a été soigneusement évalué⁽²⁾. Or celui-ci reste important à petite échelle. Du coup, les petites régions de matière sombre qui ne correspondent à aucune présence de matière visible n'inquiètent pas grand monde. Existence-elles seulement ? "Jusqu'à présent, toutes les 'galaxies noires' annoncées ici ou là se sont évaporées dès que l'on a eu de meilleures données", souligne tranquillement Douglas Clowe. À l'inverse, certaines zones lumineuses paraissent peut-être isolées parce que leur contrepartie "sombre" n'a pas réussi à émerger du bruit de fond...

Le flegme des scientifiques a aussi des raisons plus fondamentales. Ce constat de bon sens, d'abord : si tout ce qui brille



Est-ce que la distribution de la matière visible (à gauche) correspond à celle de la matière noire (à droite) ? Oui, répondent les astrophysiciens. Les différences apparentes seraient seulement dues au fait que nous sommes à la limite de ce qui est techniquement faisable.



CPHT/J.-C. Cuillanère

Une carte compatible avec Mond ?

↳ Et s'il n'y avait pas une once de matière noire dans le relevé Cosmos ? Les images déformées de ses galaxies ne pourraient-elles pas être provoquées par la seule matière visible, moyennant une légère altération de la loi de la gravitation générale sur les grandes distances, comme l'astrophysicien israélien Mordehai Milgrom en fait l'hypothèse dans sa théorie Mond⁽¹⁾ ? "Dans leurs grandes lignes, les déformations constatées dans Cosmos sont sans doute compatibles avec Mond", répond Douglas Clowe (université de l'Ohio). Pour en avoir le cœur net, il faudrait toutefois modéliser soigneusement le parcours des rayons lumineux en provenance des galaxies lointaines, et donc connaître précisément la masse de toute la matière visible s'intercalant entre elles et nous. Qui s'y colle ?

(1) Lire le dossier du C&E n° 440.

Vue d'une partie du champ Cosmos, situé dans la constellation de la Baleine, photographié par Hubble. Les objets les plus ténus repérés par le télescope spatial atteignent la magnitude 28.

est constitué de matière ordinaire, toute la matière ordinaire ne brille pas forcément ! "On ne voit que celle qui rayonne suffisamment, c'est-à-dire surtout les étoiles", précise Alexandre Réfrégier, du CEA. Les grumeaux de matière noire apparemment vides pourraient très bien abriter du gaz ordinaire froid ou des étoiles bien cachées. Il est aussi possible que de la

matière ordinaire s'échappe d'une petite structure de matière noire, faiblement attractive, sous le souffle de plusieurs explosions de supernovae. Enfin, grâce à une découverte récente de Douglas Clowe, nous savons aujourd'hui que les deux types de matière se découpent parfois provisoirement. Ainsi, dans 1E0657-556, une paire d'amas galactiques en train

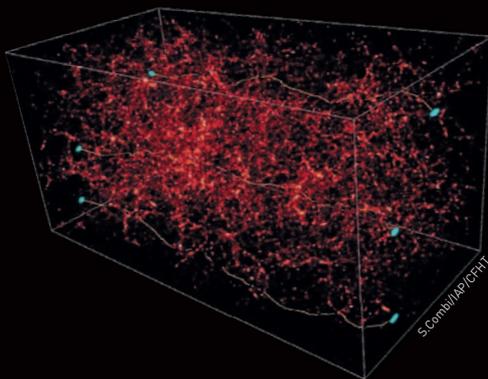
de fusionner, le gaz chaud, qui représente 90 % de la matière ordinaire, ne suit pas la distribution de la matière noire.

"Finalement, le grand mérite de cette carte est de montrer que notre méthode fonctionne, reprend Alexandre Réfrégier. Nous sommes capables de décrypter les images distordues des galaxies et de "voir" la matière noire avec une bonne précision à plusieurs époques." Pour aller plus loin, il faudrait cartographier ainsi une vaste partie du ciel, avec un télescope spatial doté d'un grand champ. Cet instrument, baptisé Dune, est déjà dans les cartons. Il pourrait couvrir la moitié du ciel à partir des années 2015-2017. Alexandre Réfrégier vient de proposer le concept à l'Agence spatiale européenne. Et les chasseurs de fantômes se frottent déjà les mains. ■

(1) Advanced Camera for Survey.

(2) Ce bruit de fond a été estimé grâce à la proportion sur les images de galaxies lointaines de déformations radiales, dues à des effets instrumentaux ou bien intrinsèques aux galaxies. Seules les déformations tangentielles sont réellement causées par la matière noire à l'avant-plan, qui joue le rôle de "lentille gravitationnelle".

Comment l'invisible déforme le visible



↳ Lorsque la lumière d'une galaxie lointaine croise une forte concentration de matière, elle est déviée par l'action de la gravitation comme à travers une lentille. Cet effet de "lentille gravitationnelle", prévu par la théorie de la relativité générale, se traduit par une déformation de l'image de la galaxie utilisée pour cartographier la matière noire dans l'Univers.

Le trajet d'un rayon lumineux à travers l'Univers est dévié par la masse que celui-ci contient (matière visible et invisible). L'orientation apparente d'une galaxie n'est pas forcément son orientation réelle.



→ Écoutez à ce sujet
Jean-Marc Bonnet-Bidaud
sur cietelespaceradio.fr