

Nouvelles contraintes sur les modèles d'énergie noire par l'abondance des galaxies massives très lointaines

Dans un article récemment publié dans le dernier numéro de septembre 2020 dans la revue *The Astrophysical Journal*, une équipe de recherche internationale de l'Observatoire astronomique INAF-Rome et Padova, l'Observatoire national du Japon à Tokyo, l'Université Paris-Saclay, l'Université de Paris et le CNRS à l'Observatoire PSL Paris et Sorbonne Université, ont combiné pour la première fois les données astronomiques de trois sondes différentes et indépendantes sur l'abondance des galaxies les plus massives à des décalages vers le rouge élevés pour obtenir de nouvelles contraintes sur des modèles d'énergie noire de grande actualité. Les sondes et les résultats combinés permettent de fortement contraindre (et même d'exclure) des modèles qui n'étaient actuellement pas contraints ou qui étaient même favorisés par d'autres preuves. Ils ouvrent également la possibilité d'alléger ou même d'expliquer la tension actuelle sur les valeurs de la constante de Hubble H_0 .

Comme on le sait, l'Univers est actuellement dans une phase d'expansion accélérée. Le contenu actuel est largement dominé (presque 75%) par une forme d'énergie noire, responsable de l'expansion accélérée. Bien que la nature de l'énergie noire reste inconnue, les modèles les plus simples supposent être liés à l'énergie du vide et à l'évolution d'une telle énergie, un cas particulier étant la constante cosmologique bien connue.

La paramétrisation générale de l'énergie noire permettant son évolution cosmique se fait en fonction de deux paramètres (w_0 , w_a): le paramètre local w_0 et la dérivée du temps de l'équation d'état w_a . (En particulier, les valeurs $w_0 = -1$, $w_a = 0$ donnent l'énergie noire sans évolution, c'est-à-dire le cas de la constante cosmologique).

L'objectif de l'équipe est de dériver des contraintes de précision pour l'évolution de l'équation-d'état de l'énergie noire qui sont complémentaires et vont au-delà des sondes existantes. L'équipe propose de sonder la nature et l'évolution de l'énergie noire à travers l'évolution de la population de galaxies au cours du temps cosmique.

L'équipe a calculé les abondances de systèmes massifs prédits dans différents modèles dynamiques d'énergie sombre à des décalages vers le rouge z élevés dans une gamme de décalages vers le rouge entre 4 et 7, et a comparé ces prédictions avec les abondances mesurées des galaxies les plus massives observées à de tels décalages vers le rouge.

L'équipe a obtenu des contraintes robustes sur les combinaisons des paramètres d'énergie noire (w_0 , w_a) dans les différents modèles dynamiques d'énergie sombre en utilisant trois sondes indépendantes:

(i) la fonction de masse stellaire observée d'objets massifs aux décalages vers le rouge $z \geq 6$ obtenue à partir du relevé CANDELS.

(ii) la densité volumique estimée des halos galactiques massifs dérivée de l'observation de galaxies massives formant des étoiles détectées dans la gamme submillimétrique à redshift $z \approx 4$.

(iii) la rareté du système le plus massif (avec une masse de gaz estimée supérieure à $3 \times 10^{11} M_{\odot}$) observée au redshift $z \approx 7$: la galaxie infrarouge lointain-hyperlumineuse SPT0311–58 récemment détectée par le South Pole Telescope (SPT).

Pour chaque observable, l'hypothèse la plus conservatrice pour la relation entre la composante baryonique observée et la masse de matière noire M a été considérée, et ainsi les contraintes obtenus sont le plus sûres et prudents.

(iv) Enfin, l'équipe montre que la combinaison des contraintes obtenues à partir des trois sondes ci-dessus exclut une fraction importante de l'espace des paramètres (w_0, w_a) des modèles d'énergie noire et en a obtenu une équation analytique simple pour résumer ces contraintes:

$$w_a \gtrsim -3/4 - (w_0 + 3/2),$$

c'est-à-dire: des modèles actuellement autorisés (ou même favorisés) par d'autres preuves existantes sont fortement contraints voire exclus. À titre d'exemple, la figure ci-dessous illustre certains de ces résultats.

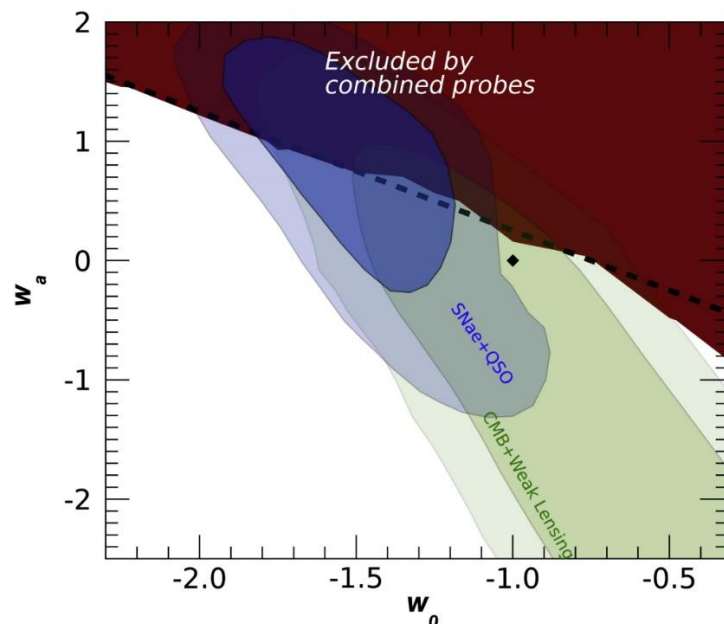


Figure 1. Régions d'exclusion (niveau de confiance 2σ) dans le plan ($w_0 - w_a$) dérivées de la combinaison de trois sondes différentes: avec le champ CANDELS, avec les galaxies submillimétriques à $z \approx 4$ et avec la galaxie infrarouge lointain SPT0311–58 à $z \approx 7$. Pour chaque observable, le cas le plus prudent a été considéré pour la conversion de la masse stellaire en masse de matière noire. La ligne du contour noire à traits montre l'expression analytique obtenue pour la frontière de la région exclue: $w_a = -3/4 - (w_0 + 3/2)$. Parmi les résultats, la figure implique qu'une fraction majeure de l'espace des paramètres favorisé par les quasars distants, combinée au CMB et à la lentille gravitationnelle faible, est exclue au niveau de confiance 2σ .

Ces résultats ne dépendent pas des détails de la physique baryonique impliquée dans la formation des galaxies. Ils ne dépendent pas non plus de la nature (chaude ou froide) du composant de matière noire compte tenu de la limite actuelle de la masse $m_x \geq 3$ keV des candidats de matière noire (relique thermique). Pour les masses de particules de matière noire dans la gamme du keV (matière noire chaude), le spectre de puissance sur les échelles de galaxies massives $M \geq 10^{10} M_\odot$ comme celles étudiées dans ce travail est identique au spectre de puissance de matière noire froide et par conséquent, les résultats sont les mêmes.

Ces résultats ouvrent également la possibilité à que la tension actuelle (jusqu'à 5σ) entre les valeurs de la constante de Hubble H_0 dérivées à partir de l'univers primordial (CMB) et celles obtenues à partir des mesures de l'univers actuel puisse être atténuée voire expliquée dans ce contexte, car les combinaisons des paramètres (w_0 , w_a) qui permettent le rapprochement des différentes mesures de H_0 sont autorisées aussi par les résultats de ce travail.

Reference: *Constraints on Dynamical Dark Energy Models from the Abundance of Massive Galaxies at High Redshifts*, N. Menci et al.

[The Astrophysical Journal, Volume 900, Number 2, p 108 September 2020](#)

Link to the article:

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aba9d2>

Link to the e-Print : <https://arxiv.org/abs/2007.12453>

Contact : Norma Sanchez, CNRS PSL-Paris Observatory Sorbonne University
LERMA UMR 8112

Norma.Sanchez@obspm.fr

<https://lerma.obspm.fr/~sanchez/>
