> Comment passe-t-on d'un Univers brumeux à un Univers grumeleux ? Probablement à cause de la matière noire, plus lourde que la matière ordinaire.

les galaxies se sont formées entre 100 millions et 1 milliard d'années après.

Comment l'immense nuage de matière uniformément distribuée de l'Univers primordial s'est-il transformé en de grandes structures comme les galaxies ? Comment les atomes ont-ils fusionné pour permettre ce passage d'un Univers brumeux à un Univers grumeleux ? Sans doute à cause de la matière noire. Puisqu'elle est probablement plus lourde que la matière ordinaire, elle aurait ralenti plus tôt. De petites fluctuations microscopiques ont progressivement évolué en minuscules surdensités de matière noire qui ont grossi en accrétant davantage de matière noire (attirée par la force gravitationnelle) et ont continué à croître par effet boule de neige. Parce que la matière noire semble normalement soumise à l'interaction gravitationnelle, mais très peu, voire pas du tout, aux trois autres interactions (forte, faible et électromagnétique), ces petites accumulations de matière noire ont mieux résisté aux tempêtes de rayonnement électromagnétique qui sévissaient aux débuts de l'Univers. En revanche, la matière ordinaire a dû avoir beaucoup plus de mal à s'agglutiner dans cet environnement hostile.

Une fois la matière visible refroidie suite à l'expansion de l'Univers, elle aussi a commencé à s'accumuler autour des surdensités de matière noire déjà formées. C'est ainsi que la matière noire aurait semé les graines des galaxies. « Tout cela aurait été possible sans la matière noire, mais aurait pris beaucoup plus de temps », affirme Alexandre Arbey, cosmologiste au Cern.

Afin de tester ces hypothèses, les spécialistes ont recours aux simulations. Un modèle d'évolution est validé si, en partant de l'image que nous avons de l'Univers 380 000 ans après sa naissance, et après avoir simulé comment il évoluerait sur 13,8 milliards d'années, il livre quelque chose qui ressemble à ce que nous observons aujourd'hui. De tels modèles existent, et ils montrent l'histoire de l'Univers en accéléré grâce à l'énorme puissance de calcul des ordinateurs d'aujourd'hui. Ainsi, 13,8 milliards d'années d'évolution de l'Univers se retrouvent condensées, faisant apparaître la formation des grandes structures en quelques secondes. Et les modèles théoriques qui n'incluent pas la présence de matière noire ne reproduisent pas ces grandes structures : s'il en fallait, voilà un argument de plus en faveur de son existence. Reste à savoir en quoi elle consiste…

— L'autrice —

> Pauline Gagnon
a été physicienne au Cern et à l'université d'Indiana.

Cet article est la traduction de « The dark side of the universe », paru dans *American Scientist* (mai-juin 2017).

— À lire —

> Anne M. Green, Dark matter in astrophysics/cosmology, https://arxiv.org/abs/2109.05854, 2021.

> G. Bertone *et al.*, A new era in the search for dark matter, *Nature*, vol. 562, pp. 51-56, 2018.

> P. Gagnon, Who cares about particle physics ? Making sense of the Higgs Boson, the Large Hadron Collider and CERN, *Oxford University Press*, 2016.

> V. C. Rubin., The rotation of spiral galaxies, *Science*, vol. 220, pp. 1339-1344, 1983.

ABONNEZ-VOUS À Pour la Science

OFFRE D'ABONNEMENT DURÉE LIBRE

2 FORMULES AU CHOIX

	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier 12 numéros par an	✓	✓
Le magazine en version numérique 12 numéros par an		✓
Le hors-série papier 4 numéros par an	✓	✓
Le hors-série en version numérique 4 numéros par an		✓
Accès à pourlascience.fr actus, dossiers, archives depuis 1996		✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	**6,50 €** PAR MOIS	**8,20 €** PAR MOIS
	31 % de réduction *	**43 %** de réduction *

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Service Abonnement Groupe Pour la Science – 235 avenue Le Jour se Lève– 92100 Boulogne Billancourt – email : serviceclients@groupepourlascience.fr

PAG22STDDOS

☑ OUI, je m'abonne à Pour la Science en prélèvement automatique

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher) et je complète l'autorisation de prélèvement ci-dessous.

☐ FORMULE **PAPIER + HORS SÉRIE**
- 12 n° du magazine papier
- 4 Hors-série papier

6,50€ PAR MOIS -31 %

1-F-HSPAP-N-3PVT-6,5€

☐ FORMULE **INTÉGRALE**
- 12 n° du magazine (papier et numérique)
- 4 Hors-série (papier et numérique)
- Accès illimité aux contenus en ligne

8,20€ PAR MOIS -43 %

1-F-INT-N-3PVT-8,2€

2 / Mes coordonnées

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

.....

Code postal |_|_|_|_|_| Ville : .....

Tél. : |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Courriel : ..... @ .....

(indispensable pour la formule intégrale)

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / Mandat de prélèvement SEPA

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : .....

.....

Code postal |_|_|_|_|_| Ville : .....

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

IBAN |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : .....

Adresse : .....

Code postal |_|_|_|_|_| Ville : .....

Date et signature

Organisme Créancier : Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
N° ICS FR92ZZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

4 / MERCI DE JOINDRE IMPÉRATIVEMENT UN RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement : 1 an. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2023 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site boutique.groupepourlascience.fr. Photos non contractuelles. Vous pouvez acheter séparément les numéros de *Pour la Science* pour 6,90 € et les hors-séries pour 7,90 €. En souscrivant à cette offre, vous acceptez nos conditions générales de vente disponibles à l'adresse suivante : https://rebrand.ly/CGV-PLS.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société *Pour la Science*. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. *Pour la Science* ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à *Pour la Science*. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : https://rebrand.ly/charte-donnees-pls. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

Groupe Pour la Science - Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris cedex 14 – Sarl au capital de 32 000€ – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 58.14 Z