

LES « PETITS POIS VERTS » ONT SORTI L'UNIVERS DES « ÂGES SOMBRES »

INVITÉ PAR LA FONDATION YVES ET INEZ OLTRAMARE, L'ASTRONOME ET ÉCRIVAIN VIETNAMIEN TRINH XUAN THUAN ÉTAIT DE PASSAGE À GENÈVE ALORS QUE SON DERNIER OUVRAGE, LA « PLÉNITUDE DU VIDE », VIENT DE PARAÎTRE. RENCONTRE

Campus: Votre dernier livre est consacré au vide. Y a-t-il beaucoup de choses à dire sur l'absence totale de matière?

Trinh Xuan Thuan: Mon livre traite de l'histoire du vide en physique. Et c'est une longue histoire. Plusieurs philosophes grecs, des atomistes tels Leucippe (vers 500 av. J.-C.) et Démocrite (vers 460-370 av. J.-C.) ainsi que des stoïciens, défendent déjà l'idée d'un espace vide, sans lequel les atomes ne pourraient, selon eux, se mouvoir. Aristote (vers 428-348), en revanche, affirme que la nature a horreur du vide. Pour lui, l'espace contient toujours quelque chose, qu'il s'agisse de terre, d'eau, d'air, de feu ou d'éther. Cette dernière est une substance mystérieuse remplissant l'univers et dans laquelle évoluent les planètes et les étoiles. La voix d'Aristote étant beaucoup plus influente que celle des autres, sa pensée s'impose et domine les débats durant deux millénaires. Dans mon ouvrage, je raconte comment il a fallu attendre le XVII^e siècle et des savants tels que Galilée (1564-1642), Evangelista Torricelli (1608-1647) ou encore Blaise Pascal (1623-1662) pour voir la doctrine aristotélicienne être sérieusement remise en question.

Que disent ces auteurs ?

Ils mettent au point des expériences – celles-ci constituant le fondement de la méthode scientifique – qui contredisent l'affirmation selon laquelle la nature a horreur du vide. Utilisant des colonnes de mercure dans des tubes de verre dressés à l'envers dans des jattes remplies

elles aussi de mercure, Torricelli et Pascal parviennent à créer du vide. C'est à la même époque qu'a lieu l'expérience dite des « hémisphères de Magdebourg », réalisée par Otto von Guericke (1602-1686). En créant du vide dans l'espace délimité par deux demi-sphères de bronze, l'ingénieur allemand les fait tenir ensemble par la seule force de la pression atmosphérique. Cette dernière est si élevée que la puissance conjuguée

**« POUR ARISTOTE,
L'ESPACE CONTIENT
TOUJOURS QUELQUE
CHOSE, QU'IL S'AGISSE
DE TERRE, D'EAU, D'AIR,
DE FEU OU D'ÉTHÉR »**

de deux attelages de huit chevaux, chacun tirant une demi-sphère dans des directions opposées, n'arrive pas à les séparer.

La notion d'éther est-elle alors abandonnée ?

Non. Le physicien anglais Isaac Newton (1643-1727) fait de nouveau appel à l'éther car il a besoin d'un repère absolu pour décrire les mouvements des objets à travers l'espace et d'un médium pour transmettre sa fameuse force de la gravité qui attire les masses entre elles. Plus tard,

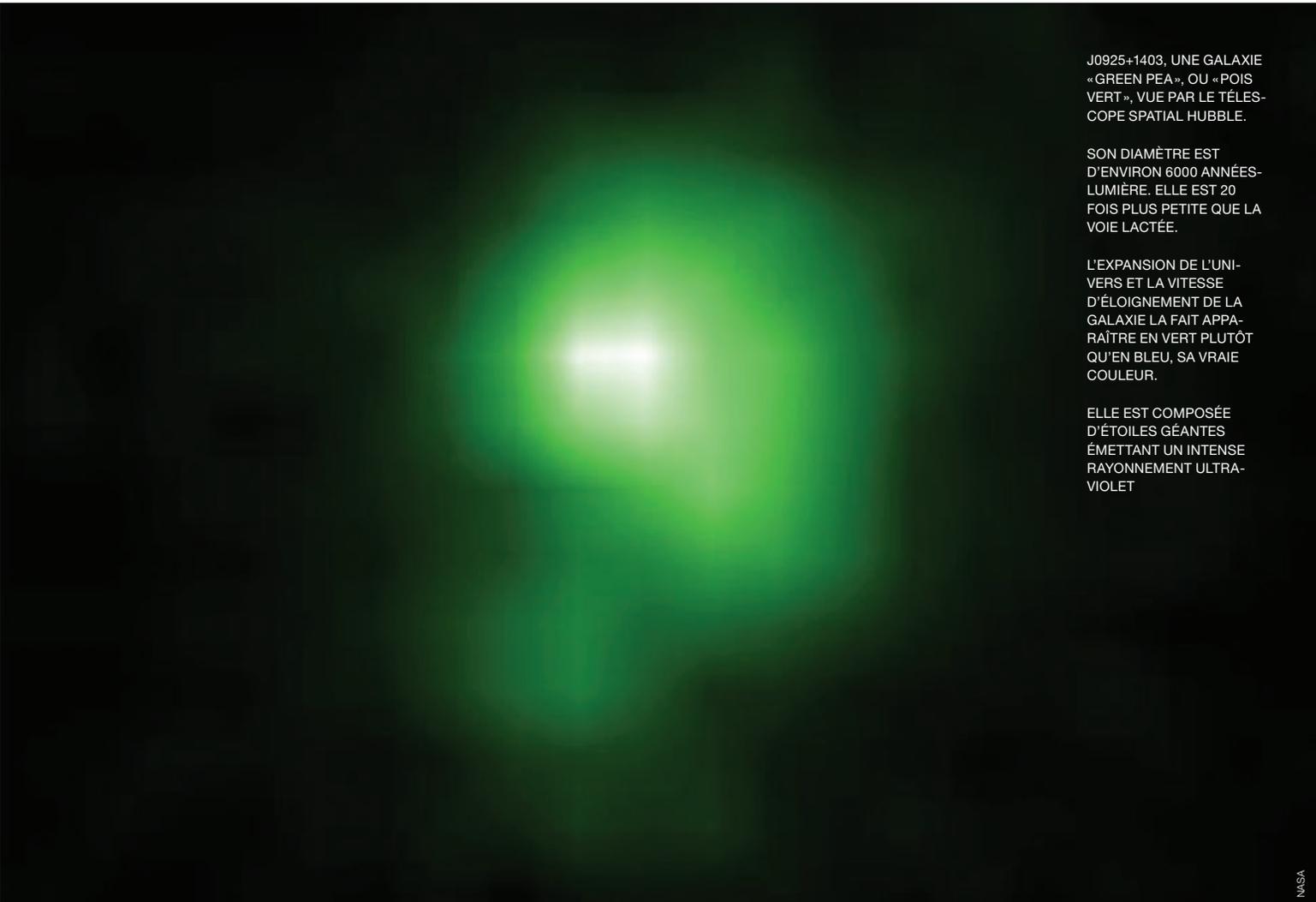
lorsque Michael Faraday (1791-1867) et James Maxwell (1831-1879) réalisent la synthèse de l'électricité et du magnétisme (l'électromagnétisme), ils pensent toujours que les ondes se propagent dans un milieu rempli d'éther. Albert Michelson (1852-1931) et Edward Morley (1838-1923) sont les premiers à tenter de mesurer la présence de l'éther. Selon eux, étant donné que la Terre est plongée dans cette substance et qu'elle est en mouvement par rapport à elle, on devrait détecter une sorte de « vent d'éther » qui se manifesterait par des variations de la vitesse de la lumière dépendant de la direction du mouvement de la Terre. Ils mettent au point une expérience (l'interféromètre Michelson-Morley) destinée à vérifier l'hypothèse mais ne détectent aucun signe de la présence d'un « vent d'éther ».

Est-ce le coup de grâce pour l'éther ?

Il sera en réalité porté par Albert Einstein (1879-1955). Lorsqu'il développe sa théorie de la relativité restreinte en 1905, il se débarrasse de l'éther et postule à la place une vitesse de la lumière constante, indépendante du mouvement de l'observateur. Le succès de sa théorie fera le reste.

Le vide est-il enfin vraiment vide ?

Oui et non. L'Univers est très vide mais contient malgré tout une foule de choses, dont des galaxies, des étoiles, des planètes, des nuages de gaz intergalactiques, etc. La matière ordinaire, composée de protons, de neutrons, d'électrons et des autres particules connues, ne compte que pour 5% du contenu total en masse et en énergie de l'Univers. Il faut lui ajouter d'abord la « matière noire exotique » (27% du contenu de l'Univers) dont on sait qu'elle existe puisqu'elle exerce une force d'attraction sur la matière



J0925+1403, UNE GALAXIE «GREEN PEA», OU «POIS VERT», VUE PAR LE TÉLESCOPE SPATIAL HUBBLE.

SON DIAMÈTRE EST D'ENVIRON 6000 ANNÉES-LUMIÈRE. ELLE EST 20 FOIS PLUS PETITE QUE LA VOIE LACTÉE.

L'EXPANSION DE L'UNIVERS ET LA VITESSE D'ÉLOIGNEMENT DE LA GALAXIE LA FAIT APPARAÎTRE EN VERT PLUTÔT QU'EN BLEU, SA VRAIE COULEUR.

ELLE EST COMPOSÉE D'ÉTOILES GÉANTES ÉMETTANT UN INTENSE RAYONNEMENT ULTRA-VIOLET

NASA

ordinaire (les étoiles et les galaxies, par exemple) à très grande échelle mais dont on ignore totalement la nature. Et le reste (68% du contenu de l'Univers) est encore plus mystérieux puisqu'il s'agirait d'une énergie sombre qui, à une échelle encore plus considérable, exercerait une force de répulsion responsable de l'accélération de l'expansion de l'Univers. En tenant compte de tout cela, l'espace contient en moyenne l'équivalent de cinq atomes d'hydrogène par mètre cube. Ce vide intersidéral est des dizaines de millions de fois plus poussé que le meilleur vide que l'on puisse obtenir en laboratoire. Mais ce n'est pas tout. Si l'on se tourne vers l'infiniment petit, la mécanique quantique affirme que le vide n'est en réalité jamais parfaitement vide mais peuplé de paires de particules virtuelles apparaissant et disparaissant aussitôt. Lorsque l'énergie à disposition est suffisante, ces particules virtuelles peuvent devenir réelles. Des paires de particules-antiparticules peuvent ainsi surgir et s'annihiler en créant du rayonnement. Cela peut se produire notamment aux abords des trous noirs. Le physicien britannique Stephen Hawking s'est basé sur ce phénomène pour prédire l'évaporation des trous noirs.

Quelle est selon vous l'avancée majeure en astronomie accomplie au cours de votre carrière?

Il y en a beaucoup. Le Télescope spatial Hubble a révolutionné notre vision de l'Univers. La découverte des premières planètes extrasolaires, ici à Genève, représente aussi un important bouleversement. En cosmologie, cependant, il me semble que la découverte la plus importante est celle, en 1998, de l'accélération de l'expansion de l'univers. En d'autres termes, ce dernier ne se contractera jamais en un Big crunch symétrique au Big bang originel mais grandira et se refroidira à l'infini. C'est précisément cette observation qui implique que la fameuse énergie sombre existe, exerçant une force répulsive et représentant près de 70% du contenu de l'Univers. Du coup, cela pose aussi l'un des plus grands défis de l'astronomie, à savoir découvrir la nature de cette énergie sombre ainsi que celle de la matière noire exotique. Lorsqu'on comprendra ces deux phénomènes, on pourra aussi résoudre le problème de la formation des galaxies. Tout est lié.

Vos recherches se concentrent sur des galaxies naines compactes et sur un événement qui

s'est déroulé dans la jeunesse de l'Univers: la réionisation. Vous avez d'ailleurs cosigné avec Daniel Schaerer et Anne Verhamme, respectivement professeur associé et maître-assistante au Département d'astronomie de l'UNIGE, un article sur ce sujet paru dans la revue «Nature» du 14 janvier. De quoi s'agit-il?

La réionisation de l'Univers représente un important problème en cosmologie. Pour le comprendre, il faut remonter le temps jusqu'à quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang, survenu il y a 13,8 milliards d'années. Durant cette période de la vie de l'Univers, la température est tellement élevée que les électrons ne peuvent pas se lier aux noyaux atomiques. En d'autres termes, l'Univers est alors totalement ionisé. Cependant, en grandissant et en se diluant, l'espace se refroidit progressivement. Et en l'an 380 000 après le Big Bang, la température passe sous les 3000 °K, soit presque celle qui règne à la surface du Soleil. A partir de là, les premiers atomes, comme l'hydrogène (un proton et un électron) et l'hélium (deux protons, deux neutrons et deux électrons), peuvent se former.

Bio express

20 août 1948 naissance à Hanoï, au Vietnam.

1966 Baccalauréat en mathématiques élémentaires au lycée français Jean-Jacques Rousseau. Il quitte le Vietnam et passe une année à l'École polytechnique de Lausanne.

1970 Bachelor en physique au California Institute of Technology (Caltech)

1974 Thèse en astrophysique à l'Université de Princeton sous la direction de Lyman Spitzer, père du télescope spatial Hubble.

1976 Professeur d'astrophysique à l'Université de Virginie à Charlottesville

1988 Publication de son premier livre, *La Mélodie secrète, panorama de la cosmologie moderne et de ses implications philosophiques*.

2000 Parution de *L'Infini dans la paume de la main, dialogue avec le moine bouddhiste Matthieu Ricard sur les convergences et les divergences de la science et du bouddhisme dans leurs descriptions du réel*.

2016 Parution de son dernier ouvrage, *La plénitude du vide*, qui raconte l'histoire de la notion physique du vide.

Que se passe-t-il alors ?

Les atomes se recombinent et le rayonnement peut se propager librement. C'est de cet instant que date le fond diffus cosmologique que l'on observe encore aujourd'hui sous la forme d'ondes radio et qui nous provient de toutes les directions. On entre alors dans ce que l'on appelle les Ages sombres (Dark Ages). Les étoiles n'existent pas encore, les galaxies non plus, c'est le noir complet. Au cours des centaines de millions d'années qui suivent, les nuages neutres composés d'hydrogène et d'hélium vont petit à petit s'agglomérer sous l'effet de la gravité, attirer de plus en plus de matière jusqu'à atteindre une masse critique au-delà de laquelle la gravité prend le dessus et la matière s'effondre. La densité augmente, la température également et dès que celle-ci dépasse une quinzaine de millions de degrés, les réactions nucléaires s'enclenchent. Les étoiles s'allument et les premières galaxies aussi.

Qui a brillé en premier, les étoiles ou les galaxies ?

On ne sait pas encore. Quoi qu'il en soit, au cours du premier milliard d'années apparaissent des étoiles massives qui émettent un rayonnement ultraviolet très intense qui a pour effet de réioniser les nuages d'hydrogène et d'hélium intergalactiques. L'objectif de mes recherches, c'est justement d'étudier les propriétés de ces premières étoiles et galaxies responsables de la réionisation de l'Univers, et comprendre comment le rayonnement ultraviolet de ces étoiles massives s'est échappé des galaxies.

Comment vous y prenez-vous ?

En réalité, il n'est pas possible, à l'aide de la technologie actuelle, d'observer directement ces sources primitives. Avec le télescope spatial Hubble, on peut détecter des objets très lointains et donc remonter dans le temps jusqu'à plus d'un milliard d'années après le Big Bang. Ce n'est pas assez reculé dans le temps. Ce sera la tâche de son successeur, le James Webb Space telescope (6,5 mètres de diamètre au lieu de 2,4 pour Hubble) dont le lancement est prévu pour 2018.

Comment faites-vous en attendant ?

Nous faisons le pari que les sources ultraviolettes responsables de la réionisation sont des galaxies naines (environ 100 fois moins massives que la nôtre), bleues (car remplies d'étoiles massives) et compactes. Comme il est impossible d'observer celles qui sont nées seulement quelques centaines de millions d'années après le Big Bang, car elles sont trop lointaines et donc trop peu lumineuses, nous en étudions des plus récentes, plus proches et donc plus brillantes mais qui ressemblent beaucoup à ces galaxies naines primitives. Avec Daniel Schaerer, Anne Verhamme et d'autres

« L'OBJECTIF DE MES RECHERCHES, C'EST D'ÉtudIER LES PROPRIÉTÉS DES PREMIÈRES ÉTOILES ET GALAXIES RESPONSABLES DE LA RÉIONISATION DE L'UNIVERS »

collègues, nous en avons analysé cinq situées à environ 3 ou 4 milliards d'années-lumière. À cause de cette distance, elles nous apparaissent en vert, c'est pourquoi on les appelle des « pois verts » (green peas). Le défi a consisté à mesurer leur spectre ultraviolet pour vérifier si elles émettent assez de rayonnement pour ioniser l'hydrogène et l'hélium de l'Univers. Et c'est bien le cas, pour les cinq galaxies. Nous allons essayer de poursuivre nos recherches avec Hubble, dont le temps d'observation est compté, mais notre souhait est bien sûr de détecter des sosies de ces galaxies naines, beaucoup plus lointaines et primitives, avec le James Webb telescope. On aimerait prouver que ce sont bien ces petits pois verts qui ont réionisé l'Univers il y a environ 13 milliards d'années-lumière.

Propos recueillis par Anton Vos

Références : « La Plénitude du vide », par Trinh Xuan Thuan, Albin Michel, 2016, 341 P.