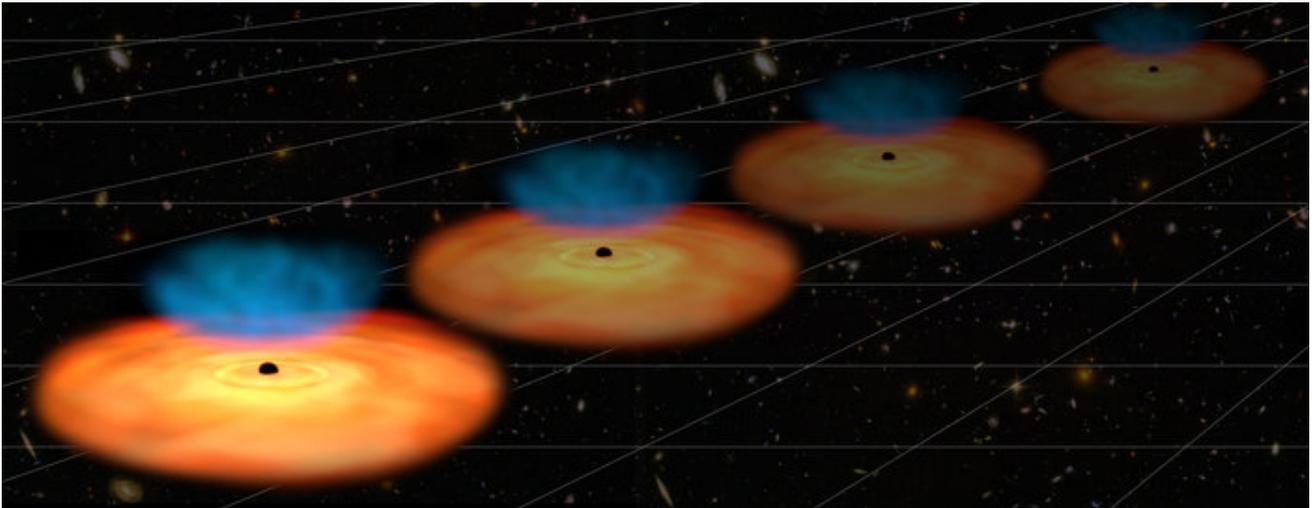


Des galaxies actives nous mènent vers une nouvelle physique de l'expansion cosmique



ESA - 28 Janvier 2019

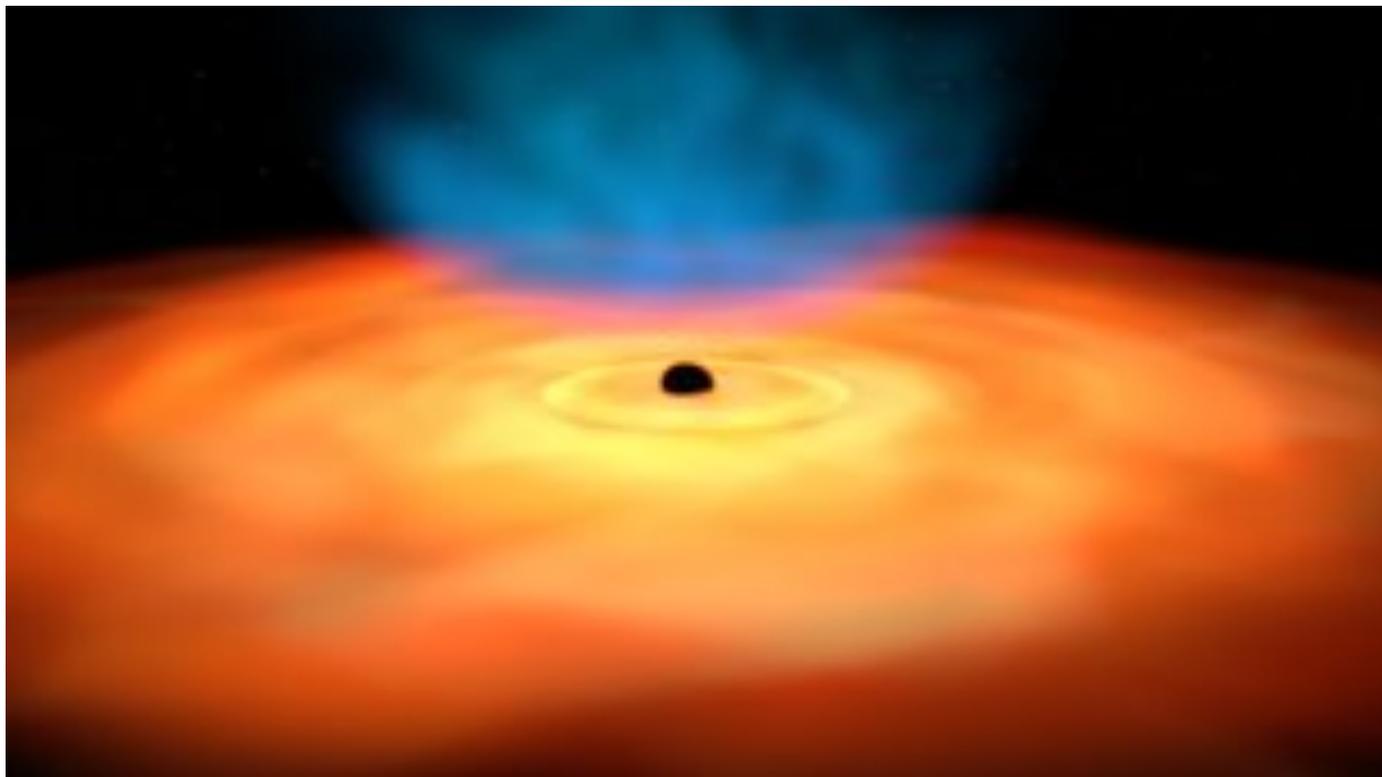
En enquêtant sur l'histoire de notre cosmos avec un grand échantillon de galaxies distantes observées par le télescope XMM-Newton de l'ESA, un groupe d'astronomes a trouvé qu'il y avait plus à dire sur l'expansion de l'Univers primitif que ce que prédisait le modèle standard de la cosmologie.

Si l'on s'en tient au scénario généralement admis, notre Univers contient quelques pourcents de matière ordinaire [ou baryonique]. Un quart du cosmos serait fait de l'insaisissable « matière noire » que l'on peut percevoir gravitationnellement mais qu'on ne peut pas voir, et le reste consiste en la plus mystérieuse encore « énergie sombre » qui dirigerait l'accélération actuelle de l'expansion de l'Univers.

Ce modèle est construit sur une multitude de données collectées depuis plusieurs décades depuis les rayonnements de micro-ondes du « fond diffus cosmologique », la première lumière dans l'histoire du cosmos, perçue seulement 380.000 ans après le Big Bang et observée avec des détails sans précédent par la mission du satellite Planck de l'ESA, jusqu'à des observations plus « locales ». Les données récentes incluent les explosions de supernovæ, les amas de galaxies et les distorsions gravitationnelles générées par la matière noire sur les galaxies distantes, et peuvent être utilisées pour tracer l'expansion cosmique depuis l'époque primordiale de l'histoire cosmique à travers les derniers neuf milliards d'années.

Une récente étude menée par Guido Risaliti de l'Université de Florence en Italie et Elisabeta Lusso de l'Université de Durham au Royaume-Uni, nous dirige vers un autre type de traceur cosmique, les **quasars**, qui pourraient remplir l'écart entre ces observations, mesurant l'expansion de l'Univers jusqu'il y a 12 milliards d'années auparavant.

Les Quasars sont les cœurs des galaxies où un trou noir supermassif très actif attire la matière depuis son proche environnement à des taux très élevés, rayonnant brillamment dans le spectre électromagnétique. Quand elle tombe sur le trou noir, la matière forme un disque tourbillonnant qui irradie en lumière visible et ultraviolet. Cette lumière, à son tour, réchauffe les électrons proches, générant ainsi des rayons-X.



Trou noir supermassif (image d'artiste)

Il y a trois ans, Guido et Elisabeta ont réalisé que la relation bien connue qui existe entre les rayons ultraviolets et les rayons-X d'une part et la brillance des quasars d'autre part pouvaient être utilisés pour estimer la distance de ces sources, chose qui est notoirement compliqué en astronomie et, in fine, prouve l'expansion de l'Univers. Les sources astronomiques qui nous permettent de mesurer leurs distances sont appelées « chandelles standard ».

La classe la plus notable est celle des supernovæ de type Ia, consiste en la fin spectaculaire des naines blanches après qu'elles se soient trop remplies de la matière d'une étoile compagne, générant ainsi une explosion d'une intensité prévisible qui permet aux astronomes de localiser avec précision sa distance. Les observations de ces supernovæ à la fin des années 1990 ont révélé l'expansion accélérée de l'Univers depuis les quelques derniers milliards d'années.

« Utiliser les quasars comme chandelles standard donne un gros potentiel puisque nous pouvons les observer à de beaucoup grandes distances que les supernovæ de type Ia, et nous pouvons ainsi sonder des temps plus reculés dans l'histoire du cosmos » explique Elisabeta.

Avec un ensemble considérable de quasars sous la main, les astronomes ont mis leur méthode en pratique et les résultats sont intrigants.

En parcourant les archives de XMM-Newton, ils ont rassemblé des données sur 7.000 quasars, et les ont combinées avec des observations en lumière ultraviolette depuis le télescope terrestre « Sloan Digital Sky Survey ». Ils ont aussi utilisé un nouvel échantillon de données obtenues par XMM-Newton en 2017, pour explorer des quasars extrêmement éloignés, en les observant comme ils étaient lorsque l'Univers n'avait que 2 milliards d'années. Enfin, ils ont complété les données avec un petit nombre de quasars encore plus éloignés ainsi qu'avec d'autres plus proches, observés par les télescopes « Chandra » et « Swift X-ray » de la NASA.



XMM-Newton

« Un échantillon aussi grand nous a permis d'examiner minutieusement la relation entre les rayons-X et ultraviolets émis par les quasars avec un soin rigoureux, ce qui a grandement affiné notre technique pour évaluer leurs distances » dit Guido.

Traduction : Olivier Sabbagh

NDT sur les quasars :

Un **quasar (source de rayonnement quasi-stellaire, *quasi-stellar radiosource* en anglais, ou plus récemment « source de rayonnement astronomique quasi-stellaire », *quasi-stellar astronomical radiosource*)** est une galaxie très énergétique avec un noyau actif. Les quasars sont les entités les plus lumineuses de l'Univers. Bien qu'il y ait d'abord eu une certaine controverse sur la nature de ces objets jusqu'au début des années 1980, il existe maintenant un consensus scientifique selon lequel un quasar est la région compacte entourant un trou noir supermassif au centre d'une galaxie massive. Leur taille est de 10 à 10 000 fois le rayon de Schwarzschild du trou noir. Leur source d'énergie provient du disque d'accrétion entourant le trou noir.

Avec les télescopes optiques, la plupart des quasars ressemblent à de petits points lumineux, bien que certains soient vus comme étant les centres de galaxies actives (couramment connus sous l'abréviation AGN, pour Active Galaxy Nucleus). La majorité des quasars sont beaucoup trop éloignés pour être vus avec de petits télescopes, mais 3C 273, avec une magnitude apparente (ou relative) de 12,9, est une exception. À 2,44 milliards d'années-lumière, c'est un des objets lointains observables avec un équipement d'amateur.

Certains quasars montrent de rapides changements de luminosité, ce qui implique qu'ils sont assez petits (un objet ne peut pas changer plus vite que le temps qu'il faut à la lumière pour voyager d'un bout à l'autre ; voir l'article sur le quasar J1819+3845 (en) pour une autre explication). Le quasar ULAS J1120+0641, observé en 2011, est longtemps resté le plus lointain jamais observé, à $z = 7,09$ (donc à environ 12,9 milliards d'années-lumière de la Terre). Fin 2017 est annoncée l'observation du quasar ULAS J1342+0928, à $z = 7,54$; ce quasar a une luminosité bolométrique* de $4 \times 10^{14} L_{\odot}$ et est interprété comme un trou noir de $8 \times 10^8 M_{\odot}$ **.

On pense que les quasars gagnent en puissance par l'accrétion de matière autour des trous noirs supermassifs qui se trouvent dans le noyau de ces galaxies, faisant des « versions lumineuses » de ces objets connus comme étant des galaxies actives. Aucun autre mécanisme ne paraît capable d'expliquer l'immense énergie libérée et leur rapide variabilité.

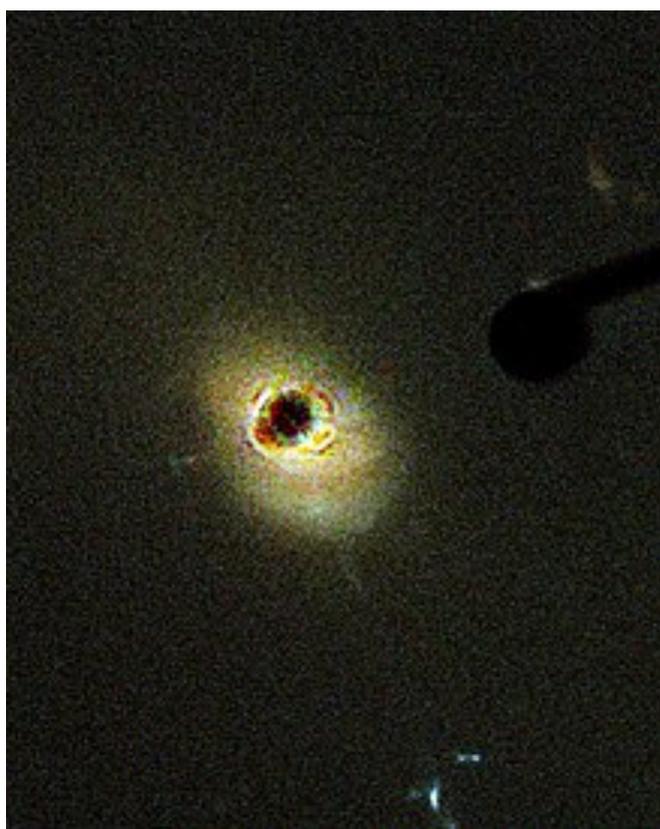
Structure

Un quasar est composé de trois grandes parties principales :

- Le trou noir supermassif comportant la quasi-totalité de la masse du quasar (de quelques millions à quelques dizaines de milliards de fois la masse du Soleil). Il est également le centre du quasar.
- Le disque d'accrétion est le disque formé par la matière qui tombe dans le trou noir. La force de friction engendrée par le frottement des gaz dans le disque génère une forte chaleur.
- Les jets de gaz qui sont expulsés du disque d'accrétion par les lignes de champs magnétique du trou noir atteignent une vitesse proche de celle de la lumière.

Propriétés

*Le quasar 3C 273, le plus lumineux jamais observé.
Photographie prise par le télescope spatial Hubble.*



On recense plus de 100 000 quasars (113 666 d'après le plus grand catalogue en 2006). Tous les spectres observés montrent des décalages vers le rouge allant de 0,06 à 6,4 (voir la loi de Karlsson). Par conséquent, tous les quasars connus se situent à de très grandes distances de nous, le plus proche de nous étant à environ 240 Mpc (~783 millions d'a.l.) et le plus éloigné étant à environ 4 Gpc (~13 milliards d'a.l.), aux limites de l'univers observable. Comme la lumière prend beaucoup de temps pour couvrir ces grandes distances, la plupart des quasars qui se trouvent au-delà de 1 gigaparsec de distance sont vus NDT : tels qu'ils existaient dans un passé très lointain de l'Univers, leur lumière ne nous parvenant qu'aujourd'hui.

Quoique faibles quand ils sont observés optiquement (leur décalage vers le rouge élevé implique que ces objets s'éloignent de nous) les quasars sont les objets les plus brillants connus dans l'Univers. Le quasar qui apparaît le plus brillant dans notre ciel est l'hyper-lumineux 3C 273, dans la constellation de la Vierge. Il a une magnitude apparente d'environ 12,9 (assez brillant pour être vu avec un petit télescope) mais sa magnitude absolue est de -26,7. Cela veut dire qu'à une distance de 10 pc (~ 33 années-lumière), cet objet luirait dans le

ciel aussi fortement que le Soleil. La luminosité de ce quasar est donc 2×10^{12} fois plus forte que celle du Soleil, ou environ 100 fois plus forte que la lumière totale d'une galaxie géante, telle que notre Voie Lactée.

Le quasar super-lumineux APM 08279+5255 avait, lorsqu'on l'a découvert en 1998, une magnitude absolue de $-32,2$, quoique les images à haute résolution des télescopes Hubble et Keck révèlent que ce système est gravitationnellement grossi. Une étude du grossissement gravitationnel dans ce système suggère qu'il a été amplifié par un facteur d'environ 10. Cela est encore beaucoup plus lumineux que les quasars tout proches tels que 3C 273. On pensait que HS 1946+7658 avait une magnitude absolue de $-30,3$, mais lui aussi était mis en valeur par l'effet de grossissement gravitationnel.

On a découvert que les quasars variaient en luminosité sur différentes échelles de temps. Certains varient en brillance tous les x mois, semaines, jours ou heures. Cette découverte a permis aux scientifiques de *théoriser* le fait que les quasars génèrent et émettent leur énergie dans une petite région, puisque chaque partie de quasar doit être en contact avec d'autres parties sur une échelle de temps pour coordonner les variations de luminosité. Ainsi, un quasar dont la luminosité varie sur une échelle de temps de quelques semaines ne peut être plus grand que quelques *semaines-lumière*.

* En astronomie, la **magnitude bolométrique** désigne la magnitude d'un objet céleste en prenant en compte la totalité du spectre électromagnétique, du domaine radio jusqu'aux rayons gamma. Il s'agit d'une mesure de sa luminosité dans une échelle logarithmique.

** $8 \times 10^8 M_{\odot}$ veut dire 8×10^8 masses solaires, soit 800.000.000 de masses solaires !!