

propriétés physiques de ces objets ainsi que leur décalage vers le rouge. Ce travail a été rendu possible par le télescope géant *Keck*, à Hawaï. Environ 80 pour cent des sources identifiées par ROSAT se sont révélées être des noyaux actifs de galaxies. On a longtemps pensé que ces noyaux étaient des quasars et des galaxies (dites de Seyfert) de type 1 : des sources dont les larges raies d'émission suggèrent que nous observons directement leurs régions les plus centrales, où de pantagruéliques trous noirs font bombance. En aspirant la matière environnante, ils convertissent de façon très efficace son énergie gravitationnelle en rayonnement, provoquant ainsi d'intenses flambées de rayons X.

Vautrés dans la poussière

Dans l'Univers local, nous connaissons d'autres types de noyaux actifs, nommés galaxies de Seyfert de type 2 ou quasars de type 2, qui se manifestent par des spectres dont les raies d'émission sont étroites, voire inexistantes. Aujourd'hui, dans le cadre du «modèle unifié des noyaux de galaxies» proposé au milieu des années 1980, on sait expliquer l'existence d'un second type de noyaux actifs. Ce modèle postule que les noyaux actifs de galaxies possèdent non seulement un trou noir central, mais aussi un tore de gaz et de poussière. En fonction de son orientation par rapport à l'observateur, ce tore peut, dans certains cas, cacher le trou noir. Le modèle a été amélioré, mais ces prévisions de base ont été conservées.

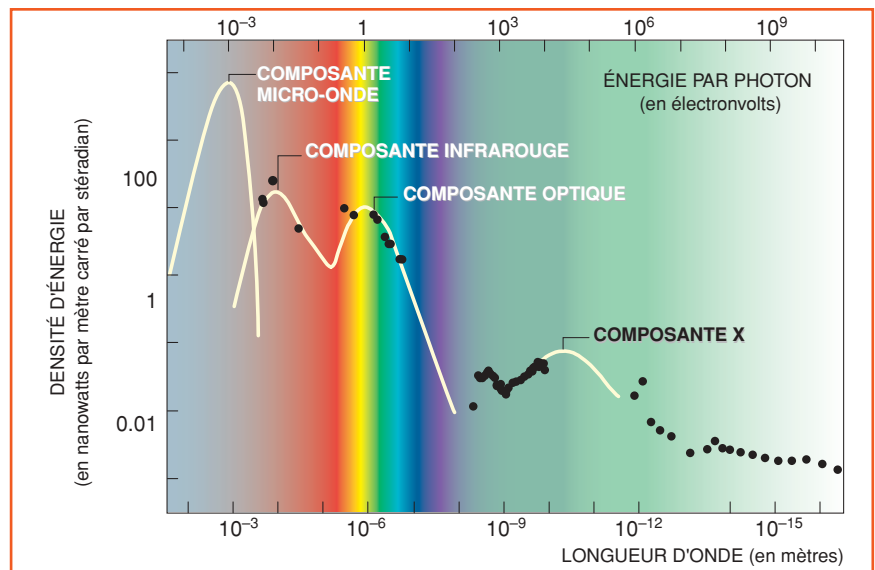
Ce résultat étant acquis, un paradoxe est apparu lorsque les astronomes s'en sont servi pour mettre en œuvre leur seconde stratégie, la synthèse de population. Ils ont combiné les spectres des différents types de noyaux actifs en tenant compte de leur proportion observée dans l'Univers local. Ils espéraient que le spectre résultant correspondrait bien à celui du fond diffus dans le domaine des rayons X. Ce ne fut pas le cas. Les spectres des noyaux actifs de galaxies de l'Univers local sont plats, alors que, comme nous l'avons dit, le fond diffus présente un pic à 30 kiloélectronvolts. En 1989, Giancarlo Setti, de l'Université de Bologne en Italie, et Lo Woltjer, de l'Observatoire de Haute-Provence, en France, ont proposé une solution à ce problème. Selon eux, nos modélisations par synthèse de population étaient fondées sur l'attribution de mauvaises proportions aux différents

types de noyaux actifs de galaxies. G. Setti et L. Woltjer affirmèrent que, contrairement à ce qui avait été supposé, la majorité des sources du fond diffus X est constituée de noyaux actifs de galaxies de type 2 (et non de type 1), obscurcis par la poussière, mais dont les trous noirs centraux, supermassifs, émettent des rayons X très énergétiques pouvant traverser leurs tores de gaz et de poussière (tandis que la partie moins énergétique de leur spectre est absorbée). Ce type de population produirait un spectre différent de celui que l'on calculait et qui, peut-être, correspondrait mieux aux observations.

Les théoriciens ont alors utilisé la synthèse de population pour déterminer la combinaison de noyaux actifs de galaxies qui explique le spectre du fond diffus, en tenant compte de la façon dont ces objets évoluent au cours du temps. Ainsi, Andrea Comastri et ses collègues de l'Institut Max Planck de Garching, en Allemagne, ont montré que les modèles de synthèse de population expliquent le spectre du fond diffus en rayons X jusqu'à environ 300 kiloélectronvolts si la majorité (80 à 90 pour cent) de l'énergie produite dans le trou noir est voilée par un nuage épais. En retour, pour expliquer l'intensité de l'émission reçue, on doit considérer que le nombre de trous noirs supermassifs est beaucoup plus grand que prévu. On

pense qu'ils se sont formés dans presque toutes les galaxies. Ces monstres seraient peut-être passés inaperçus sans l'étude du fond cosmique dans le domaine des rayons X.

Signalons qu'un paradoxe semblable a été résolu de façon analogue dans les domaines visible et infrarouge. Le fond diffus visible est la somme des émissions des étoiles, décalées vers le rouge par effet Doppler en raison de l'expansion de l'Univers. Le fond infrarouge a un spectre identique à celui de la poussière chauffée par le rayonnement stellaire à des températures comprises entre 10 et 100 kelvins (et, lui aussi, décalé vers le rouge). L'énergie correspondant à l'émission de poussière doit, au bout du compte, prendre sa source dans les étoiles (et les noyaux actifs de galaxies). Cependant le fond diffus infrarouge est plus brillant que le fond diffus visible... comme si la Lune, qui réfléchit la lumière du Soleil, était plus brillante que le Soleil ! Comme précédemment la solution consiste à supposer qu'une fraction notable des sources de rayonnement dans l'Univers est occultée par du gaz et de la poussière : les étoiles formées dans l'Univers jeune sont beaucoup plus nombreuses que prévu, mais elles sont masquées par la poussière, la composante visible du fond diffus ne représentant, pour ainsi dire, que la partie émergée de l'iceberg stellaire.



4. LE FOND DIFFUS est produit par l'ensemble des objets célestes qui ont peuplé l'Univers. Ce spectre, établi par les astronomes à l'aide de leurs observations (les points noirs), présente quatre maxima qui correspondent aux différents rayonnements produits. La lumière fossile du plasma primordial décalée vers le rouge par l'expansion universelle domine la composante dans le domaine des micro-ondes : c'est le fond diffus cosmologique. Le fond infrarouge est produit par les poussières qui emplissent les galaxies et qui sont chauffées surtout par la formation d'étoiles. La partie optique du fond diffus correspond à l'émission des étoiles libres de toute poussière ; enfin, celle du domaine X est engendrée par des trous noirs supermassifs tapés au cœur de nombreuses galaxies.