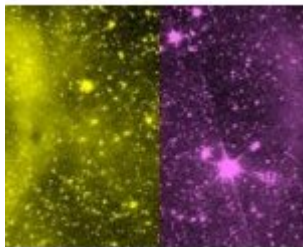


# La masse des disques d'accrétion dans les noyaux actifs de galaxies



Date de mise en ligne : dimanche 1er décembre 2002

**Les quasars doivent leur énorme luminosité à l'accrétion de matière par un trou noir super-massif, situé au centre de certaines galaxies. Avant d'être avalée par le trou noir, la matière spirale vers le centre en tournant dans un disque d'accrétion, trop petit pour qu'on puisse en général le résoudre avec les télescopes. Les techniques d'interférométrie radio à très longue base (VLBI, avec des bases de la longueur du rayon terrestre) ont permis de résoudre ce disque, grâce à l'émission maser très intense de petits nuages moléculaires vraisemblablement liés au disque.**

La courbe de rotation qui est alors observée permet de déduire quelques propriétés du disque (sa masse, sa taille). Jean-Marc Huré, de l'Observatoire de Paris et de l'Université Paris VII, vient de montrer que dans la galaxie NGC 1068, le disque d'accrétion aurait une masse comparable à celle du trou noir super-massif central (9 millions de masses solaires), et une taille atteignant un parsec (3 années-lumière), une information précieuse qui apporte une preuve supplémentaire que les disques de quasars sont bel et bien des systèmes gigantesques. Les quasars ont été découverts à la fin des années 60. Ils sont, avec leur analogues moins énergétiques appelés "Noyaux Actifs de Galaxies" (ou AGN), parmi les objets les plus lumineux de l'Univers. Aujourd'hui encore, nous sommes loin d'avoir compris l'ensemble des mécanismes qui pourraient libérer une telle quantité d'énergie. Toutefois, il semble assez bien établi que l'accrétion de matière sur un trou noir supermassif en soit le principal responsable.

Figure 1. Vue d'artiste des régions centrales d'un quasar, son trou noir et son disque ( $R_g$  est le rayon du trou noir, soit ici environ 10 micro-parsec).

La structure et la dynamique du disque d'accrétion restent bien mystérieux. Le disque n'est pas directement observable car la résolution des télescopes actuels est encore insuffisante. C'est dans le domaine des très courtes longueurs d'onde (rayons UV, X et gamma) qu'il est essentiellement étudié. Mais les spectres à courtes longueurs d'onde ne donnent des informations que sur les régions les plus internes du disque (échelle du micro-parsec), tout près du trou noir. Les parties externes du disque (à l'échelle du milliparsec) sont composées de gaz plus froid et rayonnent dans les domaines visible, infra-rouge, et millimétrique. On soupçonne qu'à ces distances, la masse du disque (généralement considérée comme petite) commence à jouer un rôle sur sa propre dynamique, et donc sur son évolution et sur sa structure. A l'échelle du parsec par exemple, les modèles indiquent que la masse du disque pourrait atteindre (voire dépasser) celle du trou noir autour duquel il orbite. On s'attend alors à des effets très particuliers, comme un écart à la rotation keplérienne ou/et à la génération d'instabilités gravitationnelles (ondes spirales, etc.) qui pourraient conduire à la formation d'objets compacts dans le disque (étoiles, planètes) (Collin & Zahn, 1999, A&A, 344, 433). Ajoutons que le disque d'accrétion, en tant que réservoir de matière gaz et poussière, possède inévitablement une certaine masse et donc génère un certain champ de gravité. Lorsque cette masse dépasse une certaine fraction de la masse centrale (de l'ordre de 10% typiquement), alors l'écart à la rotation keplérienne se fait ressentir : la force centrifuge est compensée par l'attraction gravitationnelle combinée du trou noir et du disque.

Figure 2. Photo du noyau de NGC 1068 prise par le télescope spatial Hubble. De ce point de vue, un cas intéressant est celui de la galaxie active (de type Seyfert-2) NGC 1068. On a observé il y a plusieurs années dans cet objet une forte émission maser des molécules d'eau (à l'état de vapeur) à une distance comprise entre 0.65 et 1.1 parsecs du trou noir. Les émissions maser auraient lieu à la surface du disque. La courbe de rotation externe déduite de l'effet Doppler n'est pas keplérienne du tout. Un calcul récent par Jean-Marc Huré, de l'Observatoire de Paris, (employant une méthode d'inversion de l'équation de Poisson) vient d'étayer l'hypothèse que le disque externe pourrait bien être responsable de cet écart à la loi de Kepler (Huré J.M., A&A Let., 2002, 395,21).

Figure 3. Courbe d'effet Doppler, courbe de rotation et image reconstituée du disque de la galaxie NGC 4258 (d'après Miyoshi, M. et al. 1995, Nature, 373, 127).

Figure 4. Diagramme position/vitesse : observations (taches) et modèle (lignes). La contribution du disque est en trait fin, celle du trou noir en pointillés et la courbe totale est en rouge. (10 mas = 0.7 parsec environ pour NGC 1068). Une autre galaxie intéressante est NGC 4258 : dans cet objet, des émissions maser ont aussi été détectées mais ici, la rotation du disque semble en parfait accord avec la loi de Kepler. Le disque de NGC 4258 serait-il donc peu massif, contrairement au cas de NGC 1068 ? C'est ce que tout le monde pense... Or une étude similaire à la précédente (Huré J.-M., astro-ph/0210421) montre qu'une telle conclusion est loin d'être acquise. En effet, il est possible de reproduire une rotation keplérienne avec un disque finalement assez massif, réduisant par la même de 25% la masse du trou noir que l'on semblait connaître quasi-parfaitement.

Figure 5. Forme présumée du disque de NGC 1068 et position possible des petits nuages moléculaires. Les lignes sont les lignes de champ de gravité radiale : dues au trou noir (pointillés fins) et dues au disque (pointillés large et dégradés de couleur). La morale de l'histoire est que la répartition de la masse dans le parsec central des AGN et des Quasars ne se réduit sans-doute pas à la seule composante "trou noir" et que d'autres objets siégeant à ces distances tel que le disque d'accrétion apportent peut-être une contribution non négligeable. La méthode d'inversion des courbes de vitesses utilisée ici devrait donc permettre de mieux contraindre la distribution de la masse dans ces astres, d'affiner ou de corriger la masse du trou noir central et de progressivement dévoiler la partie externe des disques.

## Référence

- J.-M. Huré, 2002 Origin of non-keplerian motions of masers in NGC 1068 Astronomy and Astrophysics 395, L21 astro-ph/0210180

## Contact

- Jean-Marc Huré  
Observatoire de Paris, LUTH