

Deuxième partie

Contribution à l'étude de la géométrie des régions à l'origine des BALs à l'aide l'effet de microlentille gravitationnelle

Chapitre 7

Introduction

Cette partie de la thèse est consacrée à l'étude des raies en absorption larges observées dans le spectre de 10 à 20 % des quasars (e.a. Knigge et al. [2008], Ganguly & Brotherton [2008]). Les premières interprétations de ces raies en termes de diffusion dans un vent en expansion (e.a. Scargle et al. [1972], voir Fig. 7.1) ont rapidement montré leurs limites quant à la description de la variété de profils observés (Turnshek et al. [1984], Korista et al. [1993]). De nos jours, de nombreux éléments favorisent une interprétation de la géométrie des régions BAL en termes de vent équatorial, ce dernier ne couvrant qu'une fraction de la source de continuum égale à la fraction de quasars BAL observés. Plusieurs études (voir Sect. 1.2.3) ont ainsi suggéré que les quasars BAL et non-BAL seraient issus d'une population parente identique, les quasars BAL étant dès lors des quasars "normaux" vus sous un angle particulier. Différents auteurs ont également suggéré une connexion physique entre la région BAL et la région où sont formées les raies larges en émission (e.a. Turnshek [1987]), ces dernières pouvant, comme les BALs, être issues de vents rapides (e.a. Cassidy & Raine [1993], Murray et al. [1995]) Cependant, de nouvelles observations tendent à montrer que l'interprétation de la région à l'origine des BALs en termes de vent équatorial pourrait s'avérer trop simpliste, une fraction non négligeable de quasars révélant des BALs produites dans un vent de type polaire (e.a. Brotherton et al. [2006], Zhou et al. [2006], Doi et al. [2009]).

Un des problèmes récurrent lié aux quasars BAL réside en la caractérisation de la géométrie et des dimensions des régions à l'origine de ces raies larges en absorption. Une technique particulièrement intéressante pour investiguer la structure de ces régions consiste en l'utilisation de l'effet de microlentille gravitationnelle. Considérons un objet très distant comme un quasar, un objet d'avant plan massif comme une galaxie ou un amas de galaxie et un observateur terrestre. La théorie de la relativité montre qu'un

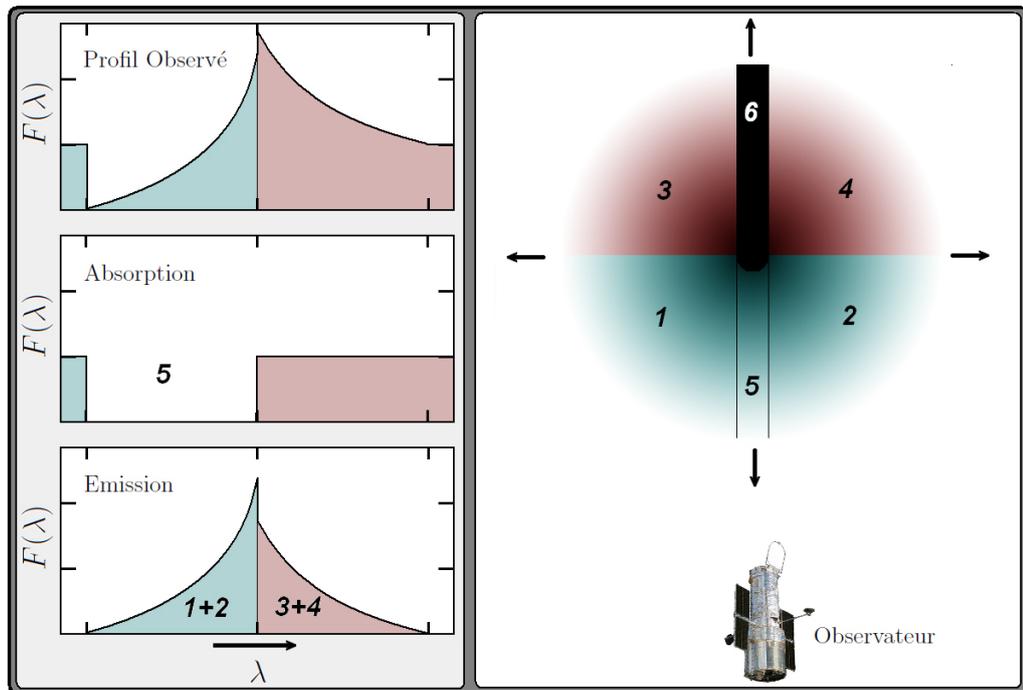


FIG. 7.1 – Illustration de la formation d'un profil de raie de résonance de type P Cygni dans un vent en expansion sphérique autour de la région émettant le continuum (représentée en noir ici). La composante en absorption du profil est produite par la diffusion des photons émis par le continuum dans la colonne de gaz située entre ce dernier et l'observateur distant (zone 5). Le vent étant en expansion, seuls les photons situés du côté bleu de la raie sont diffusés. Cette expansion explique également le fait que seules les zones 1 et 2 contribuent à l'aile bleue de la composante en émission, alors que les zones 3 et 4 contribuent à l'aile rouge. La zone 6, masquée de l'observateur par la source du continuum ne participe pas au profil total.

objet massif déforme l'espace-temps en son voisinage. Ainsi, si la galaxie se situe à proximité de la ligne de visée joignant l'observateur et le quasar distant, le potentiel gravifique de la galaxie va dévier les rayons lumineux émis par le quasar de leur trajectoire initiale, engendrant l'observation de multiples images plus ou moins amplifiées (Fig. 7.2). Etant donné la masse du déflecteur (une galaxie), l'écart entre les images du mirage produit est typiquement de l'ordre de la seconde d'arc (cf. Sect. 10.2.1). On parle alors de macrolentille.

Les galaxies étant elles-mêmes composées d'une multitude d'étoiles, ces dernières peuvent également agir en tant que lentilles gravitationnelles. Ces lentilles possèdent néanmoins un potentiel gravifique bien inférieur à celui d'une galaxie, ne nous permettant pas de résoudre angulairement les images multiples produites lorsqu'une étoile se trouve sur la ligne de visée au quasar. En effet, ici, la séparation angulaire entre les composantes du mirage est typiquement de l'ordre de la micro-arcseconde, bien en dessous des possibilités actuellement offertes par les meilleurs observatoires (dans le domaine visible). On parle alors d'effet microlentille. Bien que les images du mirage soient non résolues, on peut observer une amplification significative de la luminosité d'une des composantes du mirage. Le phénomène de microlentille, déjà évoqué dans les années 20 par Chwolson, s'avère intéressant dans de nombreux cas astrophysiques allant de l'étude et la caractérisation des planètes extrasolaires à l'étude de la distribution de la matière sombre dans l'Univers (e.a. Kayser et al. [1986], Wambsganss [2006] et références proposées).

Dans le cas des quasars, l'intérêt de cette micro-amplification réside dans le fait que la section efficace projetée des microlentilles est de l'ordre de la taille angulaire communément admise pour les régions à l'origine de l'émission du continuum (cf. Sect. 1.3). On s'attendrait ainsi à observer, lors d'un tel événement, une amplification significative du continuum émis, les raies en émission, formées dans une région bien plus étendue (cf. $R_{BLR} \sim 0.1$ à 1 parsec), ne subissant que de petites modifications de profils. De plus, en se déplaçant au sein de la galaxie lentille, la microlentille va amplifier successivement des zones d'émission différentes. Ainsi si différentes parties du spectre sont produites dans des régions physiquement séparées, un effet chromatique pourra être observé lors du transit de la microlentille, nous permettant d'obtenir de précieuses informations quant à la géométrie et les dimensions des régions internes des quasars.

Très tôt, différents auteurs ont discuté l'intérêt d'utiliser la technique des microlentilles afin d'obtenir des informations quant aux dimensions et à la géométrie de la BLR, en se basant sur des hypothèses simplificatrices (Nemiroff [1988], Canizares [1982], Fluke & Webster [1999]). Leurs études montrèrent la puissance de cette technique tout en soulignant la difficulté

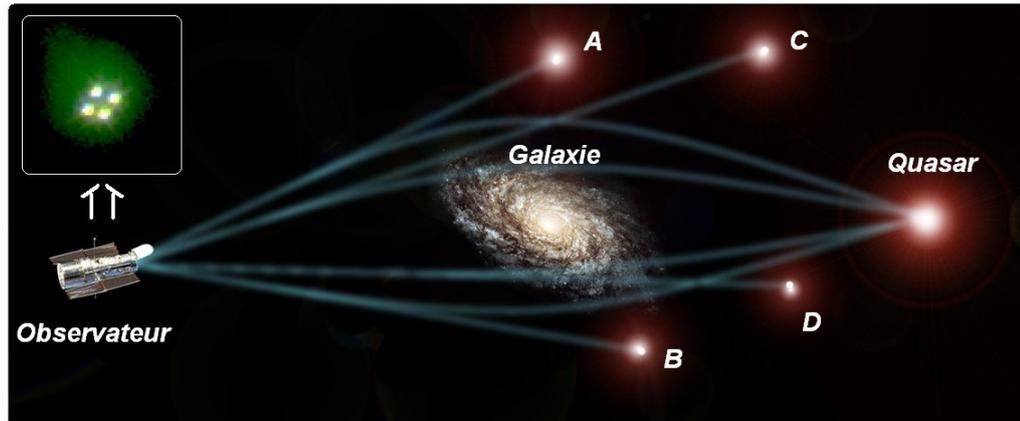


FIG. 7.2 – Lorsqu’un objet massif tel une galaxie ou un amas de galaxie se situe le long de la ligne de visée entre un observateur et un objet lointain comme un quasar, son potentiel gravifique déforme localement l’espace-temps, courbant les rayons lumineux émis par le quasar. L’observateur constate alors l’apparition de plusieurs images du même objet. On parle alors de mirage gravitationnel.

de tirer des informations sur la BLR étant donné l’étendue de cette région par rapport à la section efficace d’une microlentille typique (e.a. Schneider & Wambsganss [1990]). Cependant, de récents travaux basés sur la technique de “reverberation mapping¹” semblent suggérer que la BLR pourrait être moins étendue que prévu (e.a. Wandel et al. [1999], Kaspi et al. [2000]). Etant donné ces nouvelles contraintes et sur base de différents modèles génériques de BLR, Popovic et al. [2001], Lewis & Ibata [2004] ou encore Abajas et al. [2005] ont montré que le phénomène de microlentille pouvait se manifester notamment via variations asymétriques des ailes bleues et rouges des profils ou encore via des variations du redshift des raies en émissions. De telles observations ont notamment été reportées dans le cas du mirage J1131-1231 (Sluse et al. [2007]). Notons également que plusieurs études théoriques et observationnelles montrent l’intérêt d’utiliser cette technique pour mieux comprendre l’origine de l’émission X dans les quasars (cf. Chartas et al. [2002], Chartas et al. [2004], Jovanovic et al. [2008] et références citées dans cet article).

Les raies BAL peuvent également être affectées par le phénomène de microlentille (e.a. Chelouche [2003, 2005]). Une des premières observations d’un tel effet dans le spectre d’un quasar BAL fut réalisée dans le cas du quasar H1413+117 (Angonin et al. [1990]). La composante D de ce mirage gravitationnel montre clairement des différences spectrales par rapport aux

¹Cette technique consiste à étudier les corrélations entre les variations de certaines raies spectrales et celles du continuum (e.a. Peterson & Horne [2004]).

autres composantes (voir Sect. 11.2). Ces différences, particulièrement visibles pour la raie de résonance du CIV, se marquent notamment dans le profil en absorption. Plusieurs interprétations ont été suggérées afin d'expliquer ces différences (cf. Hutsemékers [1993], Lewis & Belle [1998]), mais elles nécessitent une configuration précise de l'alignement microlentille/région BAL. En considérant différents modèles génériques de microlentilles, Hutsemékers et al. ([1994]) suggèrent que cette variation du profil en absorption pourrait aussi s'expliquer si l'on admet que cette dernière est due à une émission sous-jacente peu ou pas affectée par la microlentille. Dans ce cas, il est alors aisé de séparer les parties en absorption et en émission du profil observé, révélant l'existence possible d'un vent équatorial dans un flux de matière en expansion quasi-sphérique (Hutsemékers et al. [2009]) tel que suggéré par de récentes études théoriques (Proga & Kallman [2004]).

Le but de cette partie de la thèse est de vérifier ces hypothèses et de voir ce que l'effet microlentille peut nous apporter sur la connaissance de la géométrie et des dimensions des régions à l'origine de ces raies en absorption. Une majeure partie de notre travail a consisté en l'élaboration d'un code de transfert radiatif flexible capable de simuler des profils de raies de résonance issus d'un vent représentant de façon réaliste la géométrie de la région BAL. Nous présentons le code de transfert radiatif MCRT dans le Chapitre 8. Dans le chapitre suivant, nous discutons l'implémentation d'un modèle de vent à deux composantes polaire et équatoriale ainsi que l'efficacité de ce dernier à reproduire des profils de raies BAL observés dans un échantillon de quasars (Korista et al. [1993]). Ce chapitre se clôture par un article soumis pour publication au journal *Astronomy & Astrophysics* et dans lequel nous discutons les informations que nous pouvons obtenir sur la région BAL à l'aide des ajustements de profils de raies. Une seconde partie consiste en l'étude de l'effet de microlentille gravitationnelle sur les modèles de vents simulés à l'aide de MCRT. Dans le Chapitre 10, nous rappelons dans un premier temps les bases de l'effet de lentille gravitationnelle et discutons la méthode permettant d'appliquer l'effet d'amplification aux profils générés par MCRT. La seconde partie de ce chapitre est dédiée à l'étude des modifications engendrées par l'effet de microlentille selon le modèle de vent utilisé. Dans le Chapitre 11, nous discutons l'application des techniques ainsi développées au cas du quasar BAL H1413+117. Le dernier chapitre est consacré aux conclusions et perspectives. Notons que les résultats décrits dans les Chapitres 10 et 11 seront incorporés dans un article actuellement en cours de rédaction.