

# Découverte d'un quasar binaire

Autor(en): **Meylan, Georges**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **45 (1987)**

Heft 222

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898853>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Découverte d'un quasar binaire<sup>1</sup>

GEORGES MEYLAN

*"Assurons-nous bien du fait, avant de nous inquiéter de la cause. Enfin nous éviterons le ridicule d'avoir trouvé la cause de ce qui n'est point."*

Fontelle (*Histoire des Oracles*)

## 1. Introduction

Les données de base de la cosmologie observationnelle classique (loi de Hubble) ont été fournies par l'étude photométrique et spectrométrique des galaxies relativement proches. En ce qui concerne la cosmologie observationnelle moderne, les contraintes proviennent de travaux concernant deux types importants d'objets extragalactiques: les amas de galaxies et les galaxies à noyaux actifs (désignées par le sigle AGNs pour Active Galactic Nuclei).

Le concept de "galaxies à noyaux actifs" a émergé au cours de ces 20 dernières années suite à la découverte d'une certaine continuité des propriétés exhibées (dans l'ordre de leur découverte) par les galaxies de Seyfert, les galaxies N, les quasars et les objets BL Lacertae, appelés parfois blasars pour souligner le fait qu'ils sont apparentés aux quasars. Une de leurs plus intéressantes caractéristiques est leur très grande luminosité. Tous ces objets, et spécialement les quasars, les objets les plus brillants connus à ce jour, permettent des observations à de très grandes distances et justifient les essais entrepris afin d'utiliser les galaxies à noyaux actifs dans des tests cosmologiques basés sur des effets relativistes.

La découverte des quasars, voilà environ 25 ans, a été un des événements les plus excitants de l'histoire récente de l'astronomie. En dépit de lents progrès concernant la compréhension de leur nature physique, ces objets astronomiques, dont certains possèdent les plus grands décalages cosmologiques vers le rouge connus (i.e. redshift  $z$ ), fournissent aujourd'hui encore les meilleures sondes pour explorer les régions les plus reculées de l'univers. Et malgré les nombreuses difficultés, tant théoriques qu'observationnelles,— peu ou pas de réponses définitives ont été apportées aux questions les plus simples et élémentaires—, l'enthousiasme des astronomes pour l'étude des quasars n'a pas faibli, bien au contraire.

## 2. Lentille gravitationnelle ou paire de quasars

Quoique discutée et prédite théoriquement depuis longtemps par Eddington, Einstein et Zwicky, la découverte observationnelle encore récente (première en 1979) du phénomène de lentille gravitationnelle a occasionné une intense activité dans ce domaine, lequel apparaît un des plus vivants de l'astronomie extragalactique moderne. Rappelons que le phénomène de lentille gravitationnelle apparaît lorsqu'il y a interposition d'une masse importante et relativement peu lumineuse le long de la ligne de vue d'un quasar. Le chemin par-

couru par les particules de lumière émises par le quasar n'est plus rectiligne dans le voisinage de la masse interposée, mais est plus ou moins fortement perturbé (courbé) par le champ de gravitation de cette dernière. Le quasar ne présente plus une image simple mais au contraire multiple (généralement une image double est observée). Actuellement, 7 lentilles gravitationnelles sont répertoriées, ce nombre variant légèrement avec l'enthousiasme des auteurs.

Mais d'autres causes pourraient expliquer l'apparence double d'un quasar, en particulier la plus naturelle d'entre elles, qui fait appel au possible caractère binaire de tout objet astronomique. Basées sur le degré de groupement observé des galaxies à faibles décalages vers le rouge et sur des extrapolations raisonnables pour les grands décalages vers le rouge, les probabilités pour que certaines des lentilles gravitationnelles observées soient en fait de réelles paires physiques de quasars avec de faibles séparations angulaires ne sont pas nulles. Plusieurs paires sont en fait actuellement connues, avec des séparations angulaires et des décalages vers le rouge qui laissent penser à des appartenances au même amas ou super-amas. Toutefois, aucune paire physique, avec petite séparation angulaire et décalages vers le rouge à peu près identiques, n'est connue. Trouver une telle paire de quasar serait extrêmement intéressant, car cela fournirait des moyens d'investigation de phénomènes qui ne peuvent être explorés à l'aide des lentilles gravitationnelles, e.g. la nature des groupements de galaxies à grands décalages vers le rouge, le rôle des interactions gravitationnelles dans l'allumage et l'entretien de l'émission d'énormes quantités d'énergie par les galaxies à noyaux actifs.

Nous décrivons ci-dessous la découverte de ce qui semble être le premier quasar binaire, apparemment associé avec la radio source PKS 1145 - 071, avec un décalage vers le rouge égal à  $z = 1.345$  et dont les deux composantes sont séparées en projection sur le plan du ciel par 4.2 secondes d'arc.

## 3. Les nouvelles observations

En 1971, grâce au Palomar Sky Survey, la radio source OM - 076 a été identifiée pour la première fois avec un objet bleu d'apparence stellaire, de magnitude 7.5. Sa "redécouverte" en 1975, sous le nom de PKS 1145 - 071, a confirmé la précédente identification optique. Une étude spectroscopique de cet objet, publiée en 1986, lui a attribué le statut de quasar, avec un décalage vers le rouge de 1.345. Aucun auteur n'a mentionné jusqu'à ce jour le caractère binaire de cette source.

### 3a. Les images CCD

A la fin de l'année passée, l'auteur du présent article a obtenu trois nuits d'observation pour étudier le collapse gravitationnel dans les parties centrales des amas globulaires des Nuages de Magellan. L'instrument utilisé, un CCD (Charge

<sup>1</sup> Basé sur des observations obtenues à l'Observatoire Européen Austral (ESO), La Silla, Chili, au Mont Hopkins Observatory (Multiple Mirror Telescope), Arizona, USA et au National Radio Astronomy Observatory (VLA), New Mexico, USA



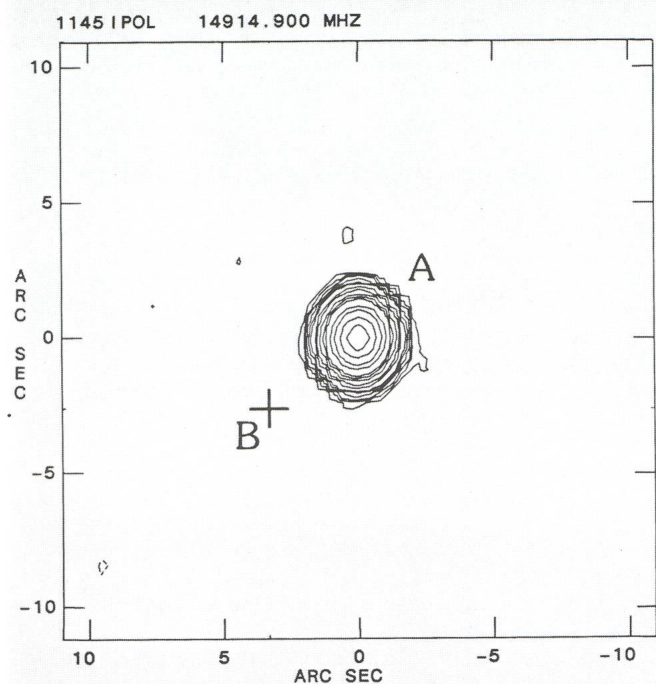


Figure 1: Carte radio et image CCD du quasar binaire QQ 1145 - 071. Les deux composantes sont désignées par A et B. La figure de droite, obtenue à l'aide d'un CCD à l'Observatoire Européen Austral (ESO), La Silla, Chili, est la première évidence du caractère binaire de l'objet. La figure de gauche, obtenue à l'aide du VLA, ne montrant une émission radio que dans la composante A, permet d'éliminer l'hypothèse de lentille gravitationnelle en faveur du véritable caractère binaire de cette source double, la première du genre.

Coupled Device), fait partie d'une nouvelle génération de détecteurs qui remplacent avantageusement les anciennes plaques photographiques. Petite merveille électronique, ce genre de récepteur contient, concentrées sur environ un centimètre carré, une quantité impressionnante d'unités réceptrices (dans le cas présent 163 840 exactement), chacune capable de compter le nombre exact de photons incidents qu'elle reçoit. Les avantages des CCDs par rapport à la technique photographique sont, entre autres, une grande efficacité quantique, une bonne linéarité et le fait de fournir immédiatement, via la structure même de l'appareil, une forme digitalisée de l'image, donc directement traitable par ordinateur.

En plus des images CCD concernant les amas globulaires, des images CCD supplémentaires, utilisées à des fins de calibrations, ont été également obtenues pendant la même nuit, généralement sur des régions du ciel très pauvres en étoiles brillantes et en objets étendus diffus. Le choix de ces champs pauvres a été, au préalable, l'objet d'un examen attentif afin que chacun d'eux fournisse un résultat scientifique intrinsèque, en plus du rôle de calibration. Ainsi, chaque champ contient un quasar connu, susceptible d'être dédoublé par une lentille gravitationnelle.

Au cours de la nuit du 28 au 29 décembre 1986, utilisant un CCD monté au foyer cassegrain du télescope de 2.2 mètres de diamètre de l'Observatoire Européen Austral (ESO), situé à La Silla, dans le sud du désert d'Atacama, au Chili, deux images (B, avec un filtre dans le bleu et V, avec un filtre dans le visible) de PKS 1145 - 071 ont été obtenues. La grande qualité du télescope et de l'instrumentation a permis immédiatement de dévoiler pour la première fois le caractère binaire de ce quasar (voir Figure 1).

La séparation des deux composantes A et B vaut:

$$\Delta \alpha_{A-B} = -3.3 \pm 0.1 \text{ secondes d'arc}$$

$$\Delta \delta_{A-B} = +2.6 \pm 0.1 \text{ secondes d'arc,}$$

ce qui donne une séparation totale de  $4.2 \pm 0.1$  secondes d'arc. La nuit d'observation n'ayant pas été idéale sur le plan photographique, la calibration en magnitude est incertaine (magnitude apparente approximative de la composante A  $\sim 18$ ), mais il est possible de déduire le rapport d'intensités pour les deux images:  $I_A/I_B = 2.15 \pm 0.15$  avec le filtre B, et  $2.7 \pm 0.1$  avec le filtre V.

Grâce à sa position équatoriale (déclinaison égale à  $-7^\circ$ ), PKS 1145 - 071 peut être observé à partir des deux hémisphères. Cet avantage, associé à une collaboration internationale efficace, a permis de déclencher une cascade d'observations bienvenues.

### 3b. Les observations spectroscopiques

Des spectres ont été obtenus par George Djorgovski (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics), durant les nuits des 2 au 3 et 3 au 4 janvier 1987, avec un spectrographe Réticon monté sur le Multiple Mirror Telescope (MMT) au Mont Hopkins en Arizona (USA). Ces spectres ont confirmé immédiatement que les deux objets A et B sont des quasars ayant pratiquement le même décalage vers le rouge.

A premier coup d'oeil, les deux spectres semblent similaires, mais une analyse détaillée laisse voir des différences signifi-



tives: par exemple, le raie C IV 1549 du carbone (en émission, caractéristique des quasars) possède une largeur équivalente nettement plus grande dans la composante A que dans la composante B. Le décalage vers le rouge du quasar A, basé uniquement sur la raie C IV a une valeur  $z_A = 1.345 \pm 0.001$ , correspondant à 69% de la vitesse de la lumière!

Un grand soin a été apporté à la mesure de la différence en vitesse  $\Delta z_{A-B}$  existant entre les deux quasars. Les déterminations de  $\Delta z_{A-B}$  ont été effectuées à l'aide de deux techniques différentes, l'une basée sur la raie C IV seule et l'autre à partir des spectres entiers, traités à l'aide de la méthode dite de corrélation croisée. La première technique donne  $\Delta z_{A-B} = 0.001 \pm 0.003$ ; la seconde technique, plus précise, donne  $\Delta z_{A-B} = (9.3 \pm 2.7) \times 10^{-4}$ , ou en termes de vitesse,  $\Delta v_{A-B}^{\text{opt}} = 280 \pm 80 \text{ km s}^{-1}$  pour les spectres pris lors de la première nuit et  $\Delta z_{A-B} = (6.5 \pm 3.8) \times 10^{-4}$ , ou en termes de vitesse,  $\Delta v_{A-B}^{\text{opt}} = 200 \pm 110 \text{ km s}^{-1}$  pour la seconde nuit.

L'analyse des spectres a fourni l'information suivante: les deux composantes sont des quasars, tous deux ont à peu près le même décalage vers le rouge, mais il semble qu'une très légère différence en vitesse existe, de l'ordre de  $250 \pm 100 \text{ km s}^{-1}$ . A ce stade des observations, aucun choix définitif n'a pu être effectué face à l'alternative: lentille gravitationnelle ou quasar binaire.

### 3c. Les observations radio

Des observations radio de PKS 1145 - 071 ont été obtenues par Richard Perley (National Radio Astronomy Observatory) pendant la nuit du 8 au 9 janvier 1987, avec le Very Large Array (VLA) radiotélescope, situé près de Socorro, au Nouveau-Mexique (USA). A cause de la configuration alors disponible, seules les données prises aux longueurs d'ondes égales à 2 et 1.3 centimètres possèdent une résolution suffisante pour déterminer clairement si l'objet contient deux points d'émission ou seulement un. La carte radio (voir Figure 1) des observations effectuées à la longueur d'onde égale à 2 centimètres (avec une excellente dynamique de  $\sim 2700:1$ ) illustre le principal résultat: seule une source est visible en radio, ayant les coordonnées (époque 1950.0):

$$\alpha = 11^{\text{h}} 45^{\text{m}} 18.29^{\text{s}} \quad \delta = -07^{\circ} 08' 00.56''$$

avec une erreur de 0.05 seconde d'arc en chaque coordonnée. La position du plus brillant des deux quasar observés a aussi été déterminée, à partir du Palomar Sky Survey, utilisant une vingtaine d'étoiles de référence et des méthodes astrométriques sophistiquées. La position du quasar A est définie (époque 1950.0) par:

$$\alpha = 11^{\text{h}} 45^{\text{m}} 18.30^{\text{s}} \quad \delta = -07^{\circ} 08' 01.05''$$

Il n'y a donc pas de doute: la radio source PKS 1145 - 071 est associée avec le quasar A.

### 4. Une paire gravitationnellement liée

En résumé, les images CCD et la spectroscopie concernant PKS 1145 - 071 sont marginalement consistantes avec l'interprétation de la paire de quasars comme étant due à une lentille gravitationnelle. La contrainte observationnelle cruciale pro-

vient des observations radio: le rapport des intensités radio aux longueurs d'ondes centimétriques est de l'ordre de 500, alors que dans le domaine optique, ce même rapport vaut  $\sim 2.5$ . Il faudrait, afin de sauver l'hypothèse de lentille gravitationnelle, faire appel à de fantastiques variabilités du rapport  $L_{\text{Opt}}/L_{\text{Radio}}$  de la luminosité optique à la luminosité radio, dans des échelles de temps de l'ordre d'une année. De telles variabilités n'ont jamais été observées dans une source extragalactique.

Une conclusion s'impose: la paire de quasars QQ 1145 - 071 est probablement un véritable quasar binaire.

Les données observationnelles peuvent, alors, être interprétées en termes de grandeurs physiques: dans un modèle cosmologique de Friedman (avec  $H_0 = 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ,  $\Lambda_0 = 0$ , and  $q_0 = 0$ ), le module de distance du système vaut ( $m-M$ ) = 44.1, et la séparation de 4.2 secondes d'arc correspond à 25.0 kiloparsecs. si l'on substitue  $q_0 = 1/2$ , les deux nombres ci-dessus égalent 43.4, et 18.1 kiloparsecs, respectivement.

A partir de la séparation angulaire et de la différence en vitesse (petite, mais significative) entre les deux composantes A et B, il a été possible, pour la première fois, d'obtenir une estimation directe de la masse d'un quasar. Sous l'hypothèse de mouvements orbitaux des deux composantes autour du centre de masse du système, la troisième loi de Képler donne  $M_A + M_B = 4.5 \cdot 10^{11} M_{\odot}$ , valeur raisonnable puisqu'elle représente environ deux fois la masse de notre Galaxie.

### 5. Conclusion

L'étude d'un quasar binaire apparaît essentielle dans le contexte de la compréhension générale de l'origine et du maintien de l'émission des noyaux de galaxies actifs. Des observations de phénomènes de marées sont fréquemment rapportés dans des cas d'association galaxie-quasar à faibles décalages vers le rouge. De tels phénomènes pourraient jouer un rôle essentiel dans la dynamique interne des quasars. Des collisions entre galaxies pourraient être un moyen plausible d'amener de la matière près des noyaux actifs situés en leurs centres et par là de les "nourrir". Dans le cas du système QQ 1145 - 071, on pourrait assister à une telle interaction, ayant en fait eu lieu voilà environ 10 milliards d'années, à une époque lointaine pendant laquelle la densité des quasars était nettement supérieure à celle d'aujourd'hui.

Une autre hypothèse intéressante pourrait être que cette paire n'est qu'un indice de la présence d'un amas de galaxies à grand décalage vers le rouge: comme les quasars sont des objets rares, deux quasars voisins peuvent suggérer une région à grande densité de galaxies. Ainsi des images CCD du champ autour de la paire QQ 1145 - 071, avec longs temps d'intégration (une heure au lieu des cinq minutes de décembre 1986), associées à de nouvelles observations spectroscopiques, apporteront des éléments de réponses aux nombreuses questions encore pendantes. Deux nuits d'observations sont déjà réservées, en février 1988, avec le grand télescope de 3.6 mètres de diamètre de l'Observatoire Européen Austral (ESO).

#### Adresse de l'auteur:

Dr. GEORGES MEYLAN, European Southern Observatory  
Karl-Schwarzschild-Strasse 2, D-8046 Garching bei München