

COMPLE-RENDU DES SEANCES TENUES ENTRE JANVIER ET MAI 1973
A L'OBSERVATOIRE DE MEUDON

TRIBUNAL DES REDSHIFTS ANORMAUX

TABLE DES MATIÈRES

2 Introduction

3 Anomalies dans le redshift du soleil

4 Ecart de la loi de déflexion d'Einstein dans le voisinage du soleil

6 Redshifts anormaux dans les étoiles doubles

9 La distribution des QSO

11 Associations quasars-galaxies

14 Paires quasars-galaxies (étude statistique)

17 Redshifts des galaxies compagnons

19 Corrélation entre le type morphologique et le redshift des galaxies d'un même système

23 Différences importantes de redshift dans une même galaxie

25 Petits groupes

27 Etude du quintette de Stephan

29 Objets reliés par un pont lumineux et présentant une grande différence de redshift

32 Conclusion

34 Quelques suggestions pour faire avancer le problème

37 Libre opinion

INTRODUCTION

-2-

Depuis une dizaine d'années des paradoxes observationnels s'accroissent : des objets (quasars par exemple) semblent être liés par des ponts de matière à des galaxies, on pourrait s'attendre à une similitude de leurs redshifts, signifiant que les 2 objets sont à la même distance, et pourtant ceux-ci peuvent avoir des différences importantes pouvant atteindre $20\,000\text{ km s}^{-1}$. Il semble donc qu'un certain nombre d'objets ne suivent pas la loi de Hubble. Le redshift pourrait donc ne pas être un bon indicateur de distance, il existerait un redshift intrinsèque à chaque objet dont la cause est encore inconnue, les explications "classiques" (Doppler, Einstein) n'étant pas satisfaisantes. Des tentatives d'explication sont proposées par Pecker et Vigier : le redshift supplémentaire serait dû à des interactions photons - photons ; ainsi que par Hoyle et Narlikar : les constantes physiques (masse de l'électron) sont variables avec l'espace ambiant.

Des réunions de travail hebdomadaire, de janvier à Mai 73, entre observateurs et théoriciens sur le problème des redshifts anormaux nous ont permis de cerner la question. Chaque séance était consacrée à un sujet précis faisant l'objet d'un exposé.

Ce compte-rendu, rassemblé par C. Balkowski, L. Gougenheim et J. Schneider, donne un résumé des divers exposés, les conclusions du groupe de travail, ainsi que des suggestions. On trouvera également en appendice, un essai d'explication théorique, communiqué par J.P. Vigier.

Exposé par F. Roddier - Observatoire de Nice (résumé par le tribunal)

Le décalage spectral de deux raies se produisant dans la photosphère solaire a été mesuré par F. Roddier (Annales d'Astrophysique

28, 465 et 478) en divers points du disque solaire. Le dispositif

expérimental utilisé (jet atomique) permet d'obtenir un profil instru-

mental très étroit, et la mesure de faibles décalages. Les mesures faites

à partir de la raie de résonance du strontium montrent un redshift

inférieur à la valeur théoriquement attendue (décalage spectral gravi-

tationnel). Cet effet est attribué aux mouvements convectifs qui se

produisent dans la région du Soleil où se forme cette raie (granules).

Un modèle de ces granules (thèse de Gonzi) rend très bien compte de

l'effet observé (non seulement le décalage de la raie, mais aussi son

profil), sauf au bord du disque, où le décalage observé reste supérieur

au décalage gravitationnel. Les mesures faites à partir de la raie de

résonance du Calcium (qui se produit plus haut dans la photosphère

solaire que la raie du strontium) montrent sur tout le disque solaire

un décalage spectral significativement supérieur au décalage gravita-

tationnel.

Cependant, ces effets inexplicables par ce que nous savons du champ

des vitesses à la surface du Soleil, pourraient être dus à un effet de

pression perturbant les niveaux d'énergie des atomes produisant la raie.

Les calculs de Physique Atomique ne sont faits actuellement que pour des

atomes (subissant la perturbation de l'hydrogène). A aucun résultat

n'est connu pour les alcalino-terreux. On peut cependant penser que

l'effet observé pourrait s'expliquer par cet effet de pression.

- ECART DE LA LOI DE DEFLECTION D'EINSTEIN
DANS LE VOISINAGE DU SOLEIL -

P. Merat
J. P. Viglier
Institut Henri Poincaré

On a constaté, dès les premières mesures de la déflexion de la lumière par le soleil, que cette déflexion excède la prédiction de la relativité générale qui est de $1,75''$ au bord du soleil. Mikhalov (1) par exemple dans un article de révision précise que les observations donnent une valeur moyenne de $2,09'' \pm 0,15''$ ou encore une valeur moyenne pesée de $1,93'' \pm 0,07''$. Ceci indique un excès d'environ 10 % sur la valeur d'Einstein.

Les expériences de laboratoire ayant établi la validité de la prédiction du red-shift gravitationnel à 1 % de barre d'erreur avec une précision incompatible avec cette déflexion, ceci soulève d'importance tant problèmes théoriques. D'où la nécessité d'une comparaison plus détaillée des résultats d'observation avec les prédictions d'Einstein à toutes distances du bord du soleil ; ce qui pourra être utile dans l'orientation des recherches à venir.

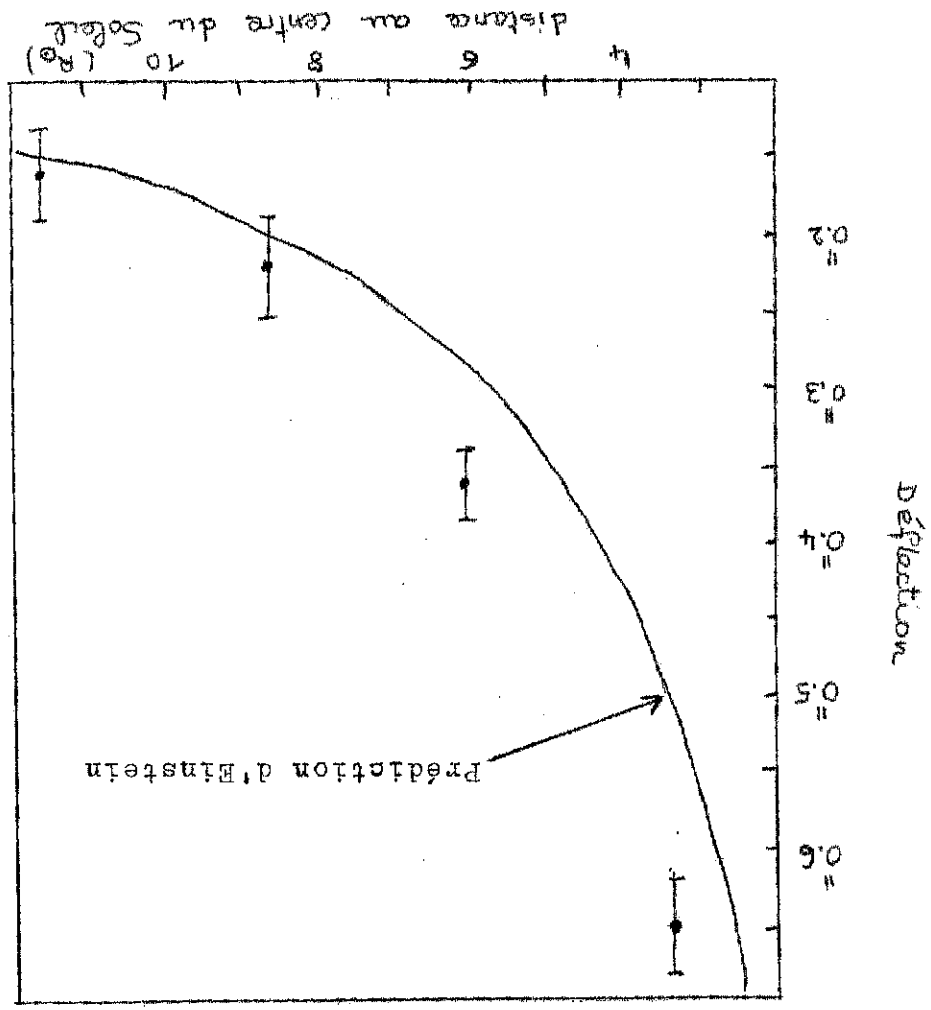
Nous avons analysé tous les résultats disponibles de la déflexion de la lumière à partir des observations faites lors des éclipses du soleil à partir de 1919 pour vérifier la signification statistique de l'écart sur la loi d'Einstein. Notre analyse montre la validité de cette loi à de grandes distances du soleil - ce qui est confirmé par les mesures récentes de déflexion des ondes radio par le soleil faites par Setelestad et al (2) ainsi que par Muhleman et al (3) - mais l'existence d'un écart pour les ondes optiques à proximité du bord du soleil. En effet nous trouvons un excès significatif de déflexion de $(8 \pm 2) \%$ sur la prédiction d'Einstein à une distance moyenne de 3.4 rayons solaires en prenant pour origine le centre du soleil.

Lors de notre analyse nous avons repris les problèmes posés par les possibilités d'erreurs systématiques. Cette reconsidération critique démontre que celle-ci ne peut modifier la signification statistique de nos résultats.

1 - A.A. Mikhailov
 Roy. Astron. Soc. M. N. 119 593 (1959)

2 - G.A. Seelstad
 R.A. Stramek et
 K.W. Weller
 Phys. Rev. Letters, 24 1373 (1970)

3 - D.O. Muhleman
 R.D. Bkers et
 E.B. Fomalont
 Phys. Rev. Letters, 24 1377 (1970)



REDSHIFTS ANORMAUX DANS LES ÉTOILES DOUBLES

Exposé de J.P. VIGIER sur la base d'un papier en collaboration avec L. KUHL et J.C. PECKER

L'existence de certaines difficultés pour interpréter les redshifts de certaines étoiles est connue depuis longtemps. Par exemple, les étoiles chaudes (O et B) de la Constellation d'Orion ont en moyenne un redshift supérieur à celui des étoiles qui les accompagnent. Mais ce n'est là qu'un effet statistique interprétable de différentes façons.

Plus frappant est le cas d'étoiles doubles dont une des composantes est très chaude. On y observe des différences de redshifts difficiles à interpréter. Plusieurs cas sont bien connus :

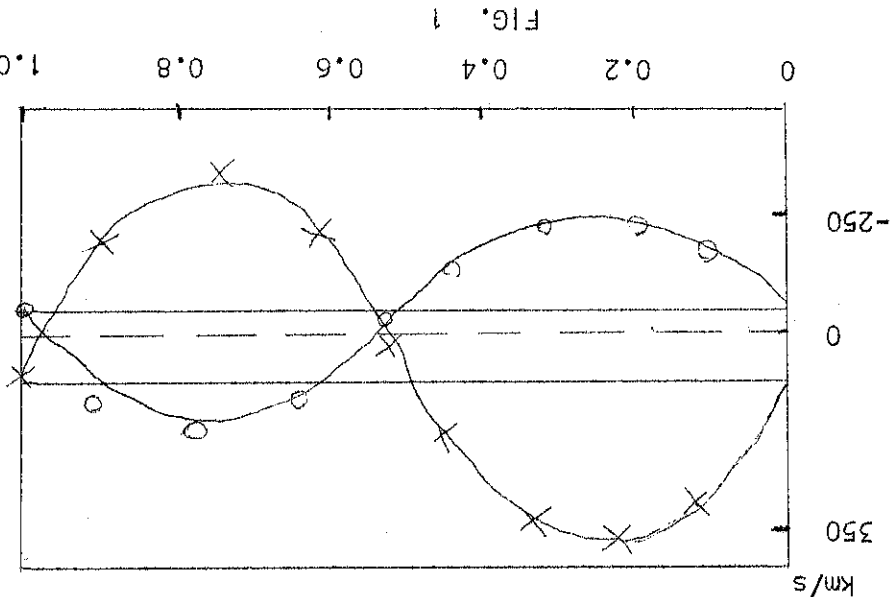
HD	Δv (kms ⁻¹)	Réf.
68273	82	8
168206	190	9
186943	105	9
190918	110	9
193576	89	9
193928	93 ?	10
211853	105	9
228766	90	9

Il semble qu'il s'agisse d'un effet général des étoiles doubles dont une des composantes est une étoile Wolf-Rayet.

Prenons, par exemple, le cas de HD 193576. On observe (voir figure 1) :

- a) un spectre d'émission dans l'une des composantes (W.R.): HeII 4686 Å etc...
- b) un spectre d'absorption (toile B)

H β
H γ
H δ



La période est 4,21238 jours, la distance de 1,1 kpc. La vitesse moyenne (par rapport au champ des étoiles voisines), intégrée dans le temps, est :

$$\begin{aligned} \bar{v}(B) &= -34 \text{ kms}^{-1} \\ \bar{v}(WR) &= +56 \text{ kms}^{-1} \end{aligned}$$

soit un Δv de + 90 kms^{-1} pour la W.R.

Wilson s'est demandé s'il s'agissait d'un effet systématique. Il a répondu oui en s'appuyant sur la table de Beals⁵. On y observe en effet un $\Delta z > 0$ entre l'émission et absorption, pas un seul cas de violet shift.

Différentes interprétations possibles ont été rejetées :

1°) Un mouvement d'ensemble de l'étoile WR et de son enveloppe. Non car l'effet est différentiel (entre la WR et l'étoile B)

2°) Effet Stark ? Rejeté par Willson car pour Hell 4686 il donne au premier ordre un effet nul ; au second ordre, il nécessiterait des champs beaucoup trop intenses

3°) Effet gravitationnel ? Soulève de sérieuses difficultés. Par exemple pour HD 193576 $M \sim 9,76 M_{\odot}$, $\Delta v = 90 \text{ kms}^{-1}$

En utilisant $R = \frac{10^5 c \Delta v}{g}$ on obtient $R = 0,072 R_{\odot}$

c'est-à-dire environ le rayon de Jupiter pour l'enveloppe. Ceci fournit pour la densité de la W.R. $\rho > 3 \cdot 10^4 \rho_{\odot}$, ce qui n'est pas absolument impossible mais conduit à un flux $> 600 \text{ flux}_{\odot}$ soit $1,5 \cdot 10^{35} \text{ erg/sec}$ soit $10^8 \text{ erg/cm}^3/\text{sec}$. En appliquant la loi du corps noir, ceci aboutit à $T = 10^6 \text{ K}$ *

* Remarquons cependant que dans l'hypothèse où il y aurait un "trou noir" au centre de la W.R., ces conclusions seraient à revoir.

Reste une dernière explication : un effet d'absorption lié à l'expansion de l'enveloppe. On déduit de la théorie des enveloppes en expansion¹¹ qu'il peut se produire une absorption par l'enveloppe de la lumière émise par l'étoile W.R. ; il peut en résulter une absorption forte de la partie la plus bleue des raies d'émission et par conséquent un profil asymétrique dont le centre de gravité est déplacé vers le rouge ; comme la technique usuelle de mesure des redshifts utilise le centre de gravité de la raie, il en résulte un "pseudo-redshift". L'absorption peut dans le cas des raies larges être suffisamment grande pour donner un redshift et suffisamment faible pour ne pas donner une grande asymétrie. Il est à remarquer que cet effet ne peut expliquer des déplacements de 80 kms⁻¹ que lorsque les raies sont larges. Comme on a observé de tels redshifts anormaux sur des raies étroites il n'est pas clair qu'on tienne là la bonne explication. Le problème reste ouvert.

Sans vouloir interpréter ces faits (ce n'est pas l'objet de cet exposé) remarquons qu'ils sont qualitativement et quantitativement compatibles avec l'emploi d'une formule $\Delta z \approx A^3 R$ où $A \approx 2 \cdot 10^{-29} \text{ deg}^{-3} \text{ cm}^{-1}$ et où T et R sont la température et le rayon de la source. Un calcul évident donne $\Delta z \approx 100 \text{ kms}^{-1}$ pour $T \approx 40000^\circ \text{K}$ ce qui est une température courante pour une W.R.

Remarquons enfin que, quelle que soit l'interprétation du phénomène, si les galaxies compagnons étudiées par Arp¹² et L. Bottinelli et L. Gougenheim⁷ contiennent un excès d'étoiles du type W.R., O et B, on aurait une explication de l'excès de redshift de 80 kms⁻¹ trouvé dans ces galaxies (voir l'exposé sur cette question).

Références

1	D. Ter Haar, Phil Mag. 45 1023 (1954)
2	O.R. Wilson, Ap. J. 91 379 (1940) et 91 392 (1940)
3	O.R. Wilson, Ap. J. 109 76 (1948)
4	G. Münch, Ap. J. 112 266 (1950)
5	H. Beals, Pub. Dominion Ap. Obs. 4 271 (1930)
6	Araki et Kurikawa, Zs. für Ap. 13 89 (1936)
7	L. Bottinelli et L. Gougenheim, à paraître dans Astr. et Astro.
8	Ganesh et Boppu, Kodai Kanal Obs. Bull. N° 183 (1967)
9	Hiltner, Ap. J. 113 317 (1951)
10	Ganesh et Boppu, Kodai Kanal Obs. Bull. N° 185 (1968)
11	Castor, M.N. 149, 130 (1970)
12	Arp, Nature, 225 1034 (1970)

J. Crovisier Observatoire de Meudon -

La distribution angulaire des Q.S.O. dans le ciel est-elle isotrope ?

La réponse est difficile, car elle demande la connaissance d'un échantillon important et homogène sur une grande partie du ciel.

1°) Arp (1970, A.J. 75 1) a étudié les quasars du 3 C + Parkes.

Il tente d'associer les Q.S.O. de magnitude moyenne par paires, mais le résultat est très contestable. Il tente aussi de montrer une association entre les quasars faibles et les galaxies brillantes du Super amas.

L'échantillon de Arp est petit, d'une homogénéité douteuse. Les calculs statistiques ont une apparence publicitaire désagréable.

2°) Willis (1971, Nature Phys. Sc 234 168) traite le sujet d'une manière plus objective.

a) sur un échantillon homogène de Q.S.O. du 4 C, il ne trouve aucun écart significatif à une distribution isotrope, même en faisant des distinctions de redshift et de magnitude.

Il faut cependant souligner la faiblesse de son échantillon : 56 Q.S.O.

b) sur l'échantillon des 208 Q.S.O. connus à l'époque :

il note un excès significatif de Q.S.O. de Z élevés dans

l'hémisphère galactique Sud - ce qu'aucun effet de sélection observatoire ne semble expliquer. Cet effet est-il réel ?

CONCLUSIONS

Il ne pourra y avoir progression dans ce problème que si l'échantillon de Q.S.O. est augmenté.

Une autre possibilité d'aborder le problème consiste à étudier les radieuses identifiées à des objets bleus (B.S.O.). D'importants travaux d'identification sont en cours (Bologne ...).

Grueff et Vigotti pensent avoir découvert une anisotropie vis à vis des indices spectraux radio pour ces B S O (vérification en cours ou prévue).

A rapprocher est la différence fortement significative des indices spectraux des radio sources des surveys 5 C 1 et 5 C 2.

Ledenmat Institut Henri Poincaré

Un certain nombre d'associations possibles entre quasars et galaxies ont été mises en évidence par ARP [(1), (2)] dans une recherche concernant plus généralement les associations entre radio-sources et galaxies dites "particulières" (ainsi classées par le même auteur (3)). Environ 25% des radio-sources associées avec une galaxie particulière se sont révélées être des QSS.

Par association il faut clairement entendre association physique entre la galaxie et (la ou) les radio-sources voisines (l'étude de ARP tend à étayer la thèse d'une explosion de la galaxie-mère ayant donné naissance à une ou plusieurs radio-sources). ARP a examiné le voisinage d'une soixantaine de galaxies de son Atlas (essentiellement de A 100 à A 150) et montré que 30 d'entre elles possèdent des radio-sources anormalement proches, donc "associées".

Le problème est évidemment d'apprécier la réalité de la proximité de deux objets voisins dans le ciel telle que la montre les plaques photographiques. ARP étudie chaque cas séparément et donne une estimation de la probabilité d'une proximité fortuite; l'association est retenue lorsque cette probabilité est très faible.

Pour ce genre d'estimation la procédure est la suivante: autour d'une galaxie particulière A la densité de radio-sources de flux égal ou supérieur à une limite choisie est $\lambda >$ par degré carré; à $\lambda >$ correspond le rayon R d'un cercle à l'intérieur duquel il y a la probabilité I de trouver une radio-source. Si l'on trace alors un cercle de rayon R autour de la galaxie A et s'il existe une radio-source (de flux égal ou supérieur à la limite choisie) à la distance r de A, la probabilité pour que cette distance r soit fautive (i.e. que A et la radio-source soient fortuitement proches sur la plaque photographique) est

$$p(x) = < \bar{\lambda} > \pi r^2 \quad (x \text{ en min. d'arc})$$

$$\text{ou } p(x) = r^2 / R^2$$

En d'autres termes plus l'écart angulaire entre la radio-source par rapport à la galaxie A est petit plus l'association des deux objets a de chances d'être réelle.

Si une seconde radio-source, de flux égal ou supérieur à une nouvelle limite, est présente dans le voisinage de la galaxie A, on peut définir de façon évidente les quantités $\lambda' > \lambda$, R' , r' et la probabilité d'une proximité accidentelle des trois objets devient

$$p(r, r') = \frac{r^2}{r^2 - r'^2} \frac{R^2}{R'^2}$$

Cette probabilité sera encore affaiblie si l'on introduit un critère de configuration tel que l'alignement des objets à l'intérieur d'un angle

$\Delta\theta$. Alors

$$p(r, r') = \frac{r^2}{r^2 - r'^2} \frac{R^2}{R'^2} \frac{\Delta\theta}{180}$$

Il est à noter que certaine des associations retenues par AHP contiennent trois radio-sources.

Les probabilités ainsi calculées sont certes très basses (de 10^{-2} à 10^{-6}).

Mais chaque cas étant traité isolément, les probabilités sont difficilement comparables au sens où elles apparaissent comme purement locales (il est à noter que l'auteur échappe partiellement à cette critique car il a priori écarte de son étude les régions où la densité de radio-sources est exceptionnellement élevée). De ce fait tout traitement statistique semble illusoire, et aucun cas d'association proposé ne peut être retenu comme certain.

C'est pourquoi, plutôt que de rechercher par des méthodes statistiques, ainsi que le fait l'auteur, le pourcentage d'associations erronées que sa méthode risque de fournir, il semble plus naturel de s'attacher à mettre en évidence d'éventuelles corrélations physiques entre les objets associés (particulièrement les QSS) et leurs galaxies-mères (4), ce qui devrait permettre de confirmer ou infirmer les associations proposées.

Ref.

- (1) Arp Ap.J. vol. 148 (mai 67)
- (2) Arp Science vol 174 (1971)
- (3) Arp Atlas of Peculiar Galaxies Ap. J. Suppl. 14 (1966)
- (4) Todzis, Astr. Letters (à paraître).

L'article de base (1) considère toutes les radiosources plus brillantes que 9 unités de flux ou que $m = 18.5$ et de z mesuré et les galaxies du catalogue de de Vaucouleurs, soit 2600 galaxies (0.1 par degré carré). La probabilité de trouver une galaxie à moins de r minutes d'arc d'une radiosource est :

$$p = \frac{\lambda \pi r^2}{3600} = 8.7 \cdot 10^{-5} r^2 \quad (\lambda \approx 1)$$

et pour N radiosources :

$$n^w = Np$$

est le nombre de galaxies situées par hasard à moins de r minutes d'une radiosource. Avec les quasars du catalogue 3CR, $n^w = 0.17$ pour $r = 7'$ alors que 3 associations sont observées.

Tenir compte de l'existence des amas modifie légèrement λ . Dans le même

article, on compare également le nombre observé \bar{m} et le nombre moyen n^w de galaxies situées par hasard à moins de r minutes d'arc d'une radiosource. Avec les

QSR du catalogue 3CR, on trouve :

r	m	n^w	P
3	2	0.05	$1.3 \cdot 10^{-3}$
5	3	0.14	$3.6 \cdot 10^{-4}$
7	4	0.28	$1.8 \cdot 10^{-4}$
10	4	0.56	$2.2 \cdot 10^{-4}$
15	4	1.28	$3 \cdot 10^{-2}$
20	5	2.28	$5.4 \cdot 10^{-2}$

Dans ce tableau, P est la probabilité pour que \bar{m} soit dû au hasard.

En fait, si on regarde la distribution du nombre d'associations à la dis-

tance r en fonction de r , on voit que cette distribution ne s'écarte pas significativement de ce qu'on attend pour $r > 7'$ et que seules les 4 associations

telles que $r < 7'$ s'écartent de ce qu'on attend d'une distribution au hasard.

L'article (2) effectue le même travail en considérant 222 QSR du 4CR et 166

QSR du catalogue de Bologne. Le résultat en est le tableau suivant (où N est le

nombre de QSR au voisinage desquels on va chercher des galaxies et $N(\Delta\theta)$ le nombre de galaxies distantes angulairement de moins de $\Delta\theta$ d'un QSR).

Source	N	$N(\Delta\theta)$			N	$N(\Delta\theta)$		
		0-7'.5	7'.5-15'	15'-30'		0-7'.5	7'.5-15'	15'-30'
3C z mesuré	38	4	0	2	38	4	0	2
3C tous		0	0	4		12	0	1
4C QSR identifiées par Olsen	25	0	0	0	48	0	0	1
Parques	70	0	0	1	111	1	1	1
4C QSR identifiées par Bolton et Willis	0	0	0	0	51	0	1	0
QSO catalogue de Bologne	32	0	1	4	166	2	8	12
Tous les QSR "possibles"								

La seule probabilité anormalement basse provient de quatre objets signalés dans l'article (1), toutes les autres distributions sont compatibles avec une distribution aléatoire.

L'article (3) signale qu'une des quatre sources ne devrait pas figurer dans le groupe considéré car elle est en fait composée de 2 sources plus faibles résoluës dans le 4C. Les auteurs ont fait le même travail sur le Parkes catalogue et ne trouvent aucune anomalie dans les distributions des distances d'un QSO à la galaxie la plus proche.

Le dernier article sur le sujet (4) signale un cinquième à rajouter aux quatre déjà mentionnés. La radio source identifiée avec NGC 7412 est maintenant identifiée à un QSO se trouvant à 23" de cette galaxie. Il remarque aussi que si on se base sur le redshift de la galaxie pour évaluer la distance de la paire galaxie-QSO, pour les cinq paires retenues, la distance mutuelle QSO-galaxie est 13 kpc avec une très faible dispersion autour de cette valeur.

Conclusion

Il y a quatre associations "anormalement" proches de quasars avec une galaxie. Aucune association ne pouvant être due à des distributions au hasard n'est observée avec les catalogues autres que le 3CR, ce qui enlève beaucoup de force à l'argument statistique. Les distances angulaires de ces associations sont d'un ordre de grandeur plus petites que celles considérées par Arp ; ce qui signifie que si cet effet est réel, il ne s'agit pas du même que celui considéré par Arp. La seule suggestion qu'on puisse faire est de regarder de plus près ces quatre objets pour tenter d'y déceler des propriétés particulières et éventuellement un lien physique avec la galaxie.

Références

- (1) EM. Burbidge, G. Burbidge, Solomon, Strittmatter, Ap. J. 170 233
- (2) J.N. Bahcall, C.F. McKee, N.A. Bahcall Ap. L. 10 147
- (3) C. Hazard, N. Sanitt Ap. L. 11 77
- (4) G. Burbidge, O'Dell, Strittmatter Ap. J. 175 601

L. Bottineilli

Observatoire de Meudon

L. Gougenheim

Le principe de l'étude est le suivant : on s'intéresse à des groupes de galaxies bien connus, dans lesquels l'appartenance de chaque galaxie au groupe n'est pas contestée. On sélectionne parmi ces groupes ceux qui sont constitués d'une galaxie " principale " entourée de " compagnons " , et on cherche s'il existe une différence systématique entre le redshift de la galaxie principale et ceux des compagnons.

I - Étude de 5 groupes proches et de 6 galaxies compagnons dans les

bras d'une galaxie spirale.

Arp, 1970, Nature 225, 1034

L'ensemble de ces groupes fournit 19 galaxies compagnons ; toutes, sauf 2, ont des excès de vitesse par rapport à la galaxie principale et la valeur moyenne de cet excès est 80 km s^{-1} . La galaxie principale est sélectionnée comme étant celle de plus grande dimension (qui est en général aussi la plus lumineuse).

II - Étude de 20 groupes de galaxies proches.

(Bottineilli et Gougenheim sous presse dans Astronomy and astro-
physics).

Parmi les groupes de de Vaucouleurs sont retenus ceux ayant une galaxie dont la luminosité excède de 50 % celle des autres. Ne sont retenus que les membres sûrs de ces groupes et ceux dont le redshift est connu avec une bonne précision (erreur moyenne sur la vitesse inférieure à 80 km s^{-1}). Les excès de vitesse des 52 galaxies compagnons par rapport à la galaxie principale ont une valeur moyenne de 90 km s^{-1} . Leur distribution, si elle est normale, n'a que 1 % de chance d'être centrée autour de la valeur 0 km s^{-1} .

Par ailleurs aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre l'excès de vitesse et la brillance superficielle.

Inexpliqué.

ne semble pouvoir rendre compte de l'effet observé, qui reste entre la galaxie principale et ses compagnons. Aucun de ces biais galaxies de champ, différence de distance à l'intérieur d'un groupe certain nombre de compagnons " peu lumineux ", qui seraient des spirales (effet instrumental), non-appartenance au groupe d'un systématique entre les vitesses radiales des elliptiques et des Trois biais observationnels sont examinés : différence

CORRELATION ENTRE LE TYPE MORPHOLOGIQUE ET LE
REDSHIFT DES GALAXIES D'UN MEME SYSTEME
G. des FORETS et Jean SCHNEIDER

En 1961, de Vaucouleurs (1961, et G. de Vaucouleurs et A. de Vaucouleurs, 1963) trouvait une différence de 500 kms^{-1} entre les redshifts moyens des galaxies elliptiques et des spirales de l'amas de Virgo. En ce moment-là, il attribuait cette différence à l'existence de deux amas superposés contenant l'un des elliptiques et distant de 8 Mpc, l'autre des spirales et distant de 11 Mpc. La différence systématique des redshifts entre elliptiques et spirales a été réétudiée par Jaakkola (1971) pour trois catégories d'objets :

1°) Amas : - Virgo
- 5 amas pour chacun desquels plus de 15 redshifts ont été mesurés
- 4 amas pour chacun desquels 2 à 8 redshifts ont été mesurés

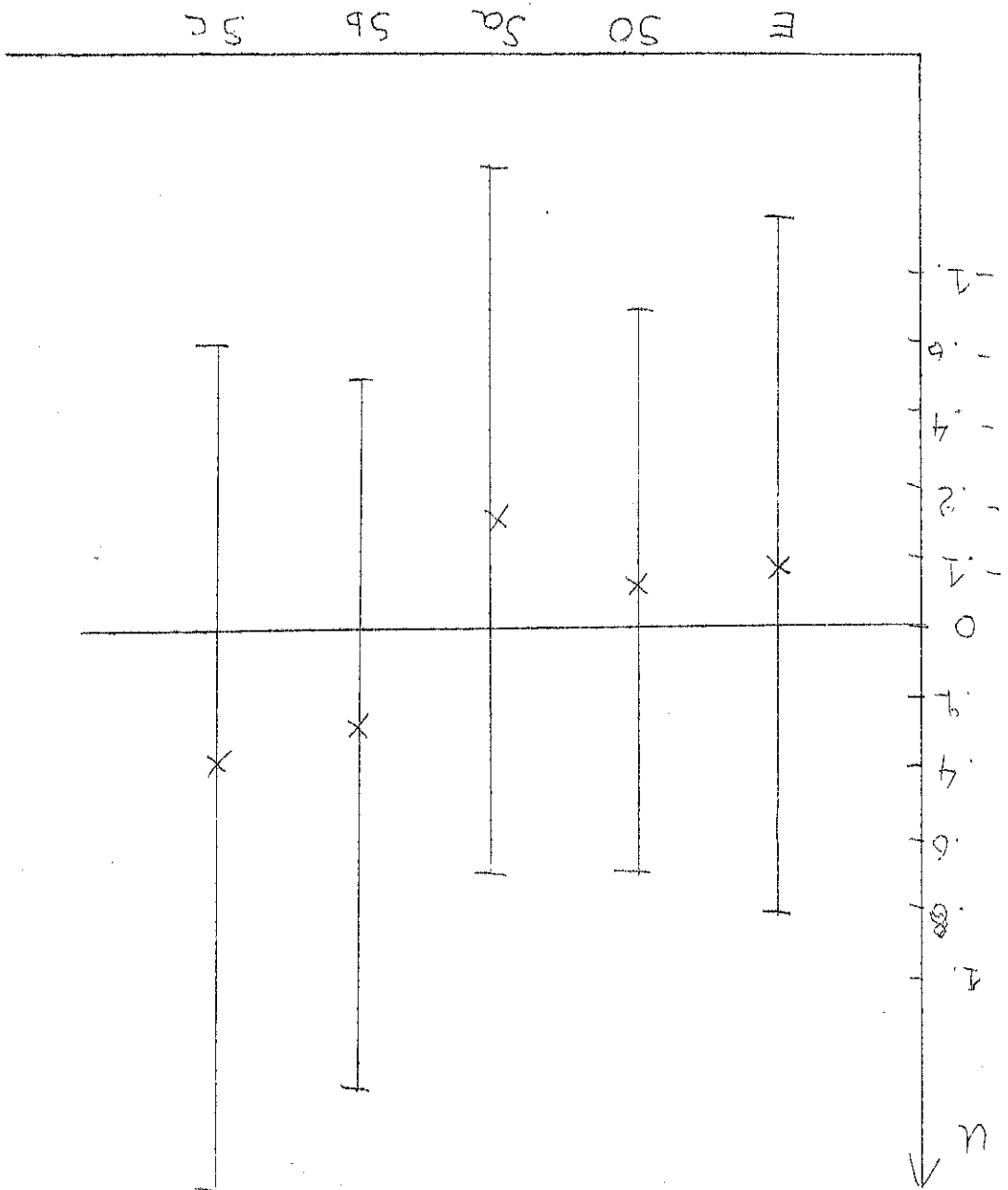
2°) 35 groupes de 3 à 19 objets
3°) 18 paires de galaxies

En introduisant la variable $u = (V - V) / \sigma_V$ (où σ_V est la dispersion des vitesses à l'intérieur de chaque groupe), il trouve des valeurs de u pour chaque type morphologique . . . représentées sur la figure 1 :

$$\bar{V}(E + S_0) = 1120 \pm 76 \text{ kms}^{-1} \quad \bar{V}(S) = 1185 \pm 95 \text{ kms}^{-1}$$

Ces résultats ne montrent pas une différence très significative entre elliptiques et spirales ; il est, d'autre part, impossible d'en faire la discussion car il ne donne aucun détail, pas la liste des objets qu'il a considérés. Depuis lors, cet effet a été réétudié pour les amas de Virgo et de Coma : Virgo : Tammann (1972), en utilisant 122 redshifts, ne trouve aucune différence entre redshifts des elliptiques et des spirales :

FIGURE 1



Mais de Vaucouleurs (1973) fait remarquer que Tammann a inclus dans ses calculs statistiques des galaxies qui selon lui n'appartiennent pas à Virgo. Lorsqu'il restreint les données à l'amas de Virgo, il trouve :

$$\bar{V}(E + S_0) = 1000 \pm 150 \text{ km s}^{-1} \quad \bar{V}(S) = 1350 \pm 150 \text{ km s}^{-1}$$

(cette différence n'étant pas encore très significative).

Coma : Tiffet (1972), en utilisant 75 redshift de l'amas de Coma trouve :

$$\Delta V = \bar{V}(E) - \bar{V}(S_0) = -690 \pm 280 \text{ km s}^{-1}$$

Mais les données de Tiffet ne concernent que les galaxies situées dans le cœur de l'amas. En étudiant l'amas dans son ensemble, des Forets et Schneider (1973) ont montré que la différence ΔV s'estompe progressivement lorsqu'on va du centre au bord de l'amas. Plus précisément, ils trouvent que le redshift $\bar{V}(S_0)$ des S_0 est le même au centre et au bord ; par contre, pour les E, le redshift $\bar{V}(E)$ est plus faible au centre ($\bar{V}(E) - \bar{V}(S_0) = -750 \pm 350 \text{ km s}^{-1}$ au centre) pour remonter à la valeur de $\bar{V}(S_0)$ au bord.

Ces différences systématiques de redshift entre E et non E dans les amas pourraient peut-être s'expliquer par des mouvements d'ensemble des galaxies accompagnés d'un effet d'absorption différentiel entre E et non E ou d'une distribution spatiale différente pour les E et les non E. Pour Coma, en particulier, supposons que les deux conditions que voici sont réalisées :

A Coma est en explosion ce qui donne à chaque galaxie une contribution centrifuge systématique à sa vitesse ; cette contribution est observée sur le bord puisque la vitesse est alors transverse à la ligne de visée.

B Le cœur de Coma absorbe en partie la lumière émise par les E situées derrière le cœur et non celle des S_0 (question de longueur d'onde)

Dans ce cas, la moyenne des redshifts calculée pour les galaxies visées dans le cœur est plus petite pour les E que pour les S_0 car, à cause de l'absorption, on voit davantage de E située en avant du cœur de Coma ; mais alors à cause de l'explosion les E observées en avant du cœur sont systématiquement déplacées vers le bleu par rapport à la moyenne de l'amas. Cela n'est qu'un premier essai d'explication qui est à étudier plus avant.

Références

- G. des FORÊTS, J. SCHNEIDER, A et A 1973 (à paraître)
I. JAAKOLA, Nature 234 537 (1971)
W. TIFFT, AP. J. 175 613 (1972)
G. TAMMAN, A et A 21 355 (1972)
G. de VAUCOULEURS, Ap. J. suppl. 6 213 (1961)
A de VAUCOULEURS et G. de VAUCOULEURS, A.J. 68 96 (1963)
G. de VAUCOULEURS, 1973 (à paraître)

DIFFERENCES IMPORTANTES DE REDSHIFTS DANS UNE MEME GALAXIE

Jean SCHNEIDER

Dans plusieurs galaxies compactes, Zwicky a trouvé des redshifts très différents à l'intérieur d'une même galaxie ; malheureusement, il n'en parle pas de façon précise, parfois seulement par allusion. Il s'agit des objets suivants :

Nom * V_S kms⁻¹ **

1	111 ZW 2	26.850
2	1 ZW 126	11.880
3	V11 ZW 475	9.300
4	1 ZW 22	14.500
5	1 ZW 188	11.150
6	1 ZW 198	16.960
7	1 ZW 206	5.535
8	1 ZW 208	8.740

* Les noms sont ceux du "catalogue of selected compact galaxies"
 ** Ces vitesses sont les vitesses "normales" telles qu'elles figurent dans le catalogue

Voici le détail des anomalies trouvées par Zwicky :

1 Série de Balmer dédoublée en émission $\rightarrow V_S = 28.230$ et $V_S = 26.500$
 Raies [011], [011], [NeIII] interdites $\rightarrow V_S = 26.850$
 Réf. (1) page 3

Zwicky voit dans cette différence un effet Einstein, mais il semble (3) que des phénomènes d'éjection expliquent cette différence ; d'autre part, Sargent (2) ne signale pas le doublement des raies H et donne un redshift unique $V_S = 26.111$ kms⁻¹.

2 Les bandes d'absorption H β semblent dédoublées conduisant à deux systèmes de redshift $V_S = 11.880$ kms⁻¹ et $V_S = 31.330$ kms⁻¹ (\leftarrow possible)
 Réf. (1) page 248
 Sargent (2) ne signale pas les raies correspondant à $V_S = 31.330$ kms⁻¹.

5 Dans l'introduction de (1) page XXV, Zwicky signale des raies Balmer très larges (9.000 kms^{-1} de largeur !) avec un redshift $V_S = 9.300 \text{ kms}^{-1}$. Il indique une possibilité d'un dédoublement des raies donnant lieu à un deuxième Cz de 19.900 kms^{-1} . Mais il ne reparle pas de cette possibilité dans le catalogue proprement dit.

4 Dans (1) page 168, Zwicky affirme voir un dédoublement des bandes d'absorption G, H, K du Calcium, correspondant respectivement à $V_S = 14.500 \text{ kms}^{-1}$ et à $V_S = 25.270 \text{ kms}^{-1}$.

Sargent (2) ne signale que $V_S = 12.300 \text{ kms}^{-1}$ mais il note (page 411) que l'objet possède des extensions filamenteuses (ce qui montre la possibilité d'éjections dans cette galaxie).

5 6 7 8 Dans l'introduction de (1), page XXV, Zwicky dit que des différences internes de redshifts allant jusqu'à 2.000 kms^{-1} "ont presque certainement été observées" pour chacune de ces galaxies. Mais aucune précision et aucune référence ne sont données. Zwicky y voit encore un effet Einstein, mais comme dans le cas de 1 des effets cinématiques ne sont pas à rejeter, si toutefois cette différence de vitesses existe bel et bien. Sargent (2) a mesuré ces quatre galaxies et ne signale pas la présence d'un deuxième redshift.

Enfin, Zwicky a trouvé en 1961 une galaxie anonyme de Coma ($\alpha = 12\text{h}48'5$, $\delta = 28^{\circ}6'5$, $m = 15.0$) dont le redshift central est $V_S = 7.700 \text{ kms}^{-1}$ alors que le redshift d'une Supernova du halo est de 7.000 kms^{-1} (5). Puisque cette différence de 700 kms^{-1} est trop grande pour être expliquée par la rotation de la galaxie il en déduit qu'il s'agit d'un effet Einstein. On ne peut toutefois pas tirer trop de conclusions de cette mesure puisque des erreurs de plusieurs centaines de kms^{-1} sont fréquentes en ce domaine.

En conclusion, retenons que Zwicky n'est affirmatif quant à l'existence de deux redshifts que dans un seul cas (1 ZW 22). D'autre part, chaque fois que Sargent a mesuré le redshift de ces galaxies, il ne retrouve aucun des redshifts supplémentaires signalés par Zwicky ce qui montre qu'il faut prendre ces derniers avec beaucoup de prudence. Il est évident qu'il faut remesurer avec une sensibilité au moins égale à celle de Zwicky le spectre des galaxies 1 ZW 126, V 11 ZW 475 où la différence est la plus grande et surtout 1 ZW 22 où Zwicky est le plus affirmatif.

Références

(1) F. Zwicky, catalogue of selected compact galaxies and of postruptive galaxies

(2) W. Sargent, Ap. J. 160 405 (1970)

(3) H. Arp, Ap. J. 152 1101 (1968)

(4) F. Zwicky, Advances In Astronomy and Astrophysics 5 (1967)

(5) F. Zwicky, C.R. Acad. Sci. 262B 1566 (1966)

(6) F. Zwicky, Advances In Astronomy and Astrophysics 7 p. 276 (1970)

C. Balicowski - Observatoire de Meudon

- PETITS GROUPES -

Un "petit groupe" a un diamètre d'environ 100 kpc, il contient jusqu'à 7 galaxies et la distance entre les objets est de l'ordre d'un diamètre de galaxie. Dans certains de ces groupes l'une des galaxies peut avoir un redshift très différent de ceux des autres membres. On peut se demander alors si cette galaxie appartient réellement au groupe. Différentes considérations : magnitudes, aspect des galaxies, calcul de probabilité ... peuvent donner des indications en faveur de l'appartenance ou de la non-appartenance, mais on ne peut jamais conclure de façon certaine. Il faut pour cela utiliser des méthodes de détermination des distances indépendantes du redshift : critères 21 cm, région H II, classe de luminosité ... (ceci n'a été fait jusqu'à présent que pour le quintet de Stephan).

Liste des petits groupes "à Z normaux"

W 159 (= Arp 324) est un groupe de 3 galaxies elliptiques, l'une

d'elles a un z d'environ 13000 km/s, les 2 autres de

10.000 km/s. Dans ce cas un effet de projection est probable

car le champ est riche en galaxies. (Nuclei of galaxies,

p. 351, édité par O'Connell)

W 172 (= Arp 329) est une chaîne de 5 galaxies. Quatre d'entre elles

ont un z de 16.000 km/s, la 5ème a un z d'environ 37.000 km/s.

L'éventualité d'un mouvement de cette dernière galaxie par

rapport aux autres n'est pas rejetée.

(Sargent ApJ 153, L 135, 63)

en général pas satisfaisantes.

encore connues. Les explications gravitationnelles ou Doppler ne sont
ces cas là, de toutes façons les causes des Z anormaux ne sont pas
Si on peut parfois résoudre le problème de l'appartenance, dans

ApJ 138, 873, 63)

Il existe d'autres petits groupes dans lesquels il faudrait mesurer
les Z de toutes les galaxies (par exemple une chaîne près de NGC 247 -

(Zwicky PASP 64, 242)

si bien établi.

de l'appartenance de cette galaxie au groupe, c'est le seul cas
un Z de 35 km/s. Le lien physique existant ne peut être douteux
reliées par un filament, deux ont un Z de 7.000 km/s la 3ème

Triplet de Zwicky (= VV 43 = Arp 145) : trois galaxies spirales sont

Quintet de Stephan: (= Arp 319) : voir résumé correspondant .

(Seyfert PASP 63, 72, 51)

17 kpc environ entre les objets.

sa vitesse). L'extrême compacité du groupe est remarquable :
qu'une extension de la plus grosse galaxie. (il faudrait mesurer
4 autres ont un Z de 4500 km/s environ, la 6ème n'est peut-être
Sextet de Seyfert (= VV 115) : Une des galaxies a un Z de 20.000 km/s

C. Balkowski
L. Bottinelli
P. Chamaroux
L. Gouguenheim
J. Heidmann
Observatoire de Meudon

Dans ce groupe serré de galaxies, 4 membres ont des redshifts élevés (de l'ordre de 6000 km s⁻¹ si on les exprime en vitesses) et le 5ème (NGC 7320) a un redshift plus faible (environ 800 km s⁻¹ exprimé en termes de vitesse radiale).

Le problème posé est le suivant : la galaxie de faible redshift est-elle un objet de champ ou non ? Pour y répondre, il est nécessaire de disposer d'une détermination de la distance pour chacun des membres, indépendante de la loi de Hubble.

Différentes études ont été faites dans ce but.

I - Détermination de la distance de NGC 7319 et de celle de NGC 7220 (Balkowski, Bottinelli, Chamaroux, Gouguenheim et Heidmann) Astronomy and Astrophysics, 25, 319 (1973)

La mesure du profil de la raie 21 cm de l'hydrogène neutre dans ces deux galaxies permet de déterminer un certain nombre de paramètres intégraux de ces 2 galaxies. La comparaison avec les valeurs moyennes de ces paramètres obtenues pour des galaxies "classiques" de même type morphologique conduit aux résultats suivants :

- Les paramètres dont la détermination est indépendante du choix de la distance ont des valeurs normales pour le type morphologique que considère (il s'agit des trois paramètres rapport de la masse d'hydrogène à la luminosité, densité en hydrogène projetée sur le disque et maximum de la vitesse de rotation)

- Les autres paramètres fournissent 5 critères de distance. Trois de ces critères sont indépendants et donnent les résultats

suivants :

$$\text{Distance de NGC 7320} = \left(12 + 9 \begin{matrix} - \\ 5 \end{matrix} \right) \text{ m.e.} \cdot \text{ Mpc}$$

$$\text{Distance de NGC 7319} = \left(22 + 15 \begin{matrix} - \\ 9 \end{matrix} \right) \text{ m.e.} \cdot \text{ Mpc}$$

Les deux galaxies pourraient être situées à la même distance.

La probabilité que NGC 7319 soit à sa distance cosmologique est

seulement de 1,3%.

II - Détermination des distances de NGC 7320, NGC 7318 B et NGC 7319

(Arp, article sous presse)

1) Des mesures de diamètres apparents de régions H II dans les deux

galaxies NGC 7320 et NGC 7318 B montrent que ces diamètres apparents

ont la même distribution dans les deux galaxies, impliquant donc des

distances semblables, voisines de 10 Mpc, si on suppose que celles de

ces régions H II qui ont le plus grand diamètre apparent (5") ont un

diamètre linéaire de 200 pc.

2) Une supernova observée dans un bras de NGC 7319 présente une

magnitude apparente lors de son maximum plus en accord avec la distance

cosmologique (1,5 m trop grande) qu'avec la distance de 10 Mpc (5 m

trop faible), lorsqu'on attribue à cette supernova la magnitude absolue

de la supernova paraît normale.

3) Une photographie très posée, en utilisant une plaque III a-J ,

montre l'existence d'un filament tenu reliant NGC 7320 à NGC 7320 C,

de vitesse 6000 km s^{-1} . Ce filament plaide en faveur d'une interaction

entre NGC 7320 et les autres membres du quintette.

OBJETS RELIÉS PAR UN PONT LUMINEUX

ET PRÉSENTANT UNE GRANDE DIFFÉRENCE DE REDSHIFTS

Jean Heidmann

Observatoire de Meudon

Si deux objets sont reliés par un pont lumineux, il y a de grandes chances pour qu'ils soient physiquement associés, surtout si le champ où ils se trouvent est relativement vide. Ils sont alors à la même distance. S'ils ont une différence de décalage spectral, cette différence n'est pas due à l'expansion de l'univers ; si en plus cette différence est grande, on peut montrer dans certains cas qu'elle n'est pas due à une différence de vitesses relatives (d'éjection par exemple) ; on obtient, alors un cas de décalage spectral anormal.

Le meilleur exemple est fourni par NGC 7603, spirale reliée

à un compagnon elliptique d'aspect particulier par deux ponts (Arp,

Ap. J. Lett. 7, 221) . Ici $z = 0.029$ pour la spirale et 0.056 pour

l'elliptique, soit une différence de $cz = 8100 \text{ km s}^{-1}$. Le pont le plus

brillant semble perturber le bord de l'elliptique, donc il ne s'agit pas d'une superposition par perspective. De plus les ponts sont courbés,

ce qui implique qu'ils ne sont pas dus à l'interaction gravitationnelle du compagnon éjecté de la spirale à 8000 km s^{-1} , car avec une vitesse aussi grande les ponts devraient être rectilignes.

Un autre cas, moins probant, est fourni par NGC 772, grande

spirale reliée par un filament à une petite galaxie compacte (Arp, Ap.

Lett. 5, 257). Cette petite compacte est elle-même située au bout d'un

bras d'une petite spirale à bras épais. $cz = 2437 \text{ km s}^{-1}$ pour la grande

spirale, 19680 pour la petite. On peut critiquer la liaison non directe

et le fait qu'il y a dans le champ plusieurs autres petites galaxies.

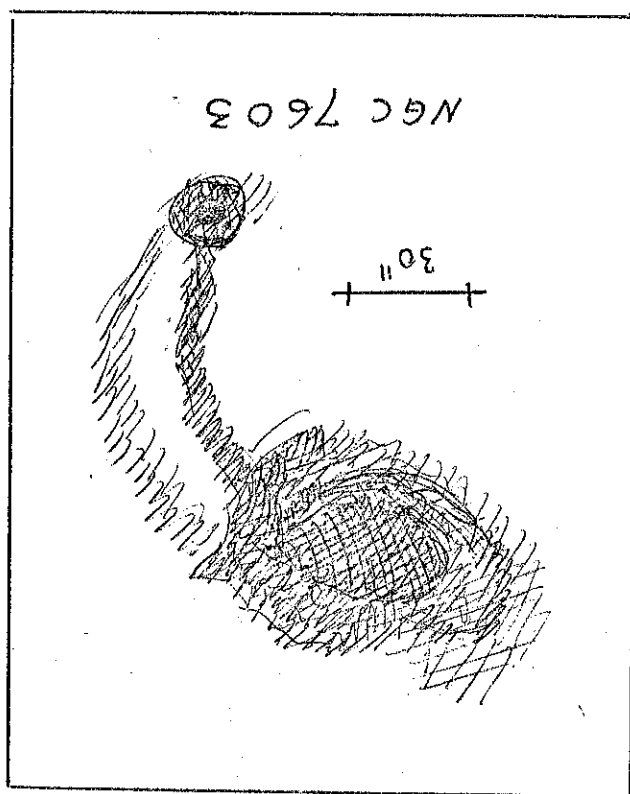
Le cas de NGC 4319 - Markarian 205 a été très controversé.

Avec un filtre H α , Arp a trouvé un pont rectiligne reliant l'objet

compact M_a 205 au noyau de la spirale NGC 4319, mais ce jet n'a pas été retrouvé par d'autres observateurs (Ap. J., Lett. 176, 5). Selon Arp (communication privée) il est possible que son filtre H α ait débordé vers les grandes longueurs d'ondes et que ce pont émerge dans ces ondes et pas en H α . Le cliché de Arp est unique ; d'autres clichés très poussés ont été pris avec des III a J, mais dans ceux-ci la courte liaison visible résulte probablement de la juxtaposition des images très denses des deux objets.

Enfin dans le quintette de Stephan, Arp (Ap. J. sous presse) a trouvé un pont partant sûrement de NGC 7320 et se dirigeant probablement vers NGC 7320 C, mais sans l'atteindre complètement. La différence de ce est d'environ 5000 km s⁻¹. Même si ce "pont" est incomplet, il prouve que NGC 7320 subit une interaction gravitationnelle de la part des autres membres du quintette, qui ont tous un ex supérieur d'environ 5000 km s⁻¹, donc qu'un redshift anormal existe (voir discussion sur le quintette de Stephan).

Pour mémoire : un cas assez probant mais nécessitant des études supplémentaires : le triplet de Zwicky (voir discussion sur les Petits Groupes).



Parmi les différentes "preuves observationnelles" de l'existence de décalages spectraux anormaux, telles qu'elles viennent d'être examinées, on peut distinguer trois groupes.

Le premier comporte l'ensemble des mesures dans notre galaxie, montrant un écart par rapport à l'effet gravitationnel attendu. Dans le cas du décalage spectral observé dans les raies du spectre solaire, le résidu non explicable par l'effet gravitationnel pourrait être par un effet de pression, perturbant les niveaux d'énergie des atomes responsables des raies observées. Il semble que seuls des progrès de la physique atomique pourraient permettre de conclure.

Il existe entre des objets galactiques des différences de redshifts grandes : dans le cas des étoiles doubles où l'un des compagnons est une Wolf-Rayet, celle-ci pourrait avoir un excès de vitesse de 100km/s pour lequel aucune explication n'a été trouvée.

Dans une seconde catégorie, on peut regrouper toutes les études statistiques qui ont généralement le défaut de porter sur un nombre d'objets trop faible pour que la signification de l'effet obtenu soit solidement établie. Par exemple, une différence systématique entre la vitesse moyenne des galaxies elliptiques et celles des lenticulaires dans l'amas Coma disparaît à mesure qu'on s'éloigne du centre de l'amas ; dans l'amas Virgo, les elliptiques ont une vitesse moyenne significativement différente ou non de celle des spirales selon qu'on exclue ou non une extension et cet amas. Les galaxies compagnons apparaissent avoir une vitesse significativement supérieure à celle de la galaxie principale et aucun des effets étudiés ne semble susceptible de provoquer ce résultat. Cependant, la considération de ces divers effets conduit à retirer des objets de l'échantillon statistique, et diminue le degré de signification du résultat.

La troisième catégorie concerne tous les groupes serrés de galaxies dans lesquels un objet possède un décalage spectral très différent de celui des autres. L'association physique de ces objets peut être décelée de différentes façons. Le groupement apparaît sur le ciel de ces objets est si serré qu'il semble peu plausible de l'attribuer à un effet de projection (Sextet de Seyfert). Cependant, il n'est guère possible de chiffrer ce que veut dire l'expression "peu plausible" et tout calcul de probabilité portant sur un seul objet est dénué de sens.

L'existence d'un pont de matière entre objets de décalage spectraux différents (7603). Si l'association entre Markarian205 et NGC 4319 peut être contestée parce

que des mesures contradictoires ont été faites par différents auteurs, il appa-
rait par contre que les deux autres cas sont bien établis.

Une troisième méthode a été utilisée dans le cas du quintette de Stéphane :
l'utilisation de trois critères de distance différents (supernova, diamètres des
régions HII, critères hydrogène) conduit à des résultats difficilement explica-
bles (mais partiellement contradictoires).

Cette revue a donc fait apparaître un certain nombre de cas inexplicables :
les plus intéressants concernent cette dernière catégorie d'objets particu-
liers pour lesquels la connexion physique apparaît sûrement établie, de même
que la grande différence de décalage spectral,

Aucune explication satisfaisante n'a été fournie jusqu'ici à partir de
lois physiques connues. Mais il est peut-être un peu trop tôt pour invoquer de
nouvelles lois. On ne peut exclure par exemple l'hypothèse selon laquelle ces
différents cas possèdent des explications différentes.

Un accroissement du matériel d'observation constitue certainement l'objec-
tif immédiat le plus important.

Le problème des "redshifts anormaux" est donc resté ouvert après l'examen détaillé qui a été fait. Il y a peut-être moyen d'apporter des éléments de réponse (dans un sens ou dans l'autre) en effectuant des observations ou des corrélations nouvelles. C'est ainsi que plusieurs propositions de travaux sont venues au cours des séances de travail.

1°) Compagnons de galaxies

Comme le "redshift anormal" des galaxies compagnons est du même ordre de grandeur que celui des étoiles de Wolf-Rayet (80 - 100 km/s), ne pourrait-il être dû à une population très riche en étoiles du type W.R. ? D'où l'idée d'étudier la population stellaire de ces galaxies satellites.

Une corrélation entre le redshift et le type morphologique ayant peut-être été trouvée dans les amas de galaxies, voir si une telle corrélation ne se retrouve pas pour les galaxies compagnons.

2°) Quintet de Stephan

Au lieu de mesurer les diamètres des régions HII, ce qui soulève des difficultés car Arp était à la limite du "seeing", en mesurer la luminosité pour voir si elle est la même en moyenne dans 7320 et dans 7318 a.

Confirmer (par des photos à la caméra électronique par exemple) la connexion physique entre 7320 et 7320c.

3°) Association Q50 - amas de galaxies

En liaison avec l'hypothèse selon laquelle il existerait deux classes de Q50, les Q50 cosmologiques et les Q50 non cosmologiques, voir si les propriétés des Q50 trouvés dans les amas les font tomber dans la catégorie des Q50 "cosmologiques".

En liaison avec les idées de Arp, il n'est pas impossible que toutes les galaxies des groupes dans lesquels on a observé un Q50 aient un redshift anormal ; d'où la suggestion d'appliquer les critères de distance à ces galaxies pour voir si elles suivent la loi de Hubble.

4°) Petits groupes

Appliquer les critères de distance (déjà utilisés pour le quintet de Stephan) au triplet de Zwicky et aux compagnons de N7351, N2403, N2903, N4151.

5°) Paires QSO-galaxie

Si les quatre QSO que Burbidge situe sur une droite dans un diagramme $\log z$ - $\log \Delta \alpha$ sont vraiment associées à la galaxie voisine, ils sont susceptibles d'avoir des propriétés particulières ; d'où la suggestion de chercher si ces QSO ont des propriétés particulières ou s'ils tombent dans la classe des QSO non "cosmologiques".

La mesure de la rotation Faraday d'un QSO et de la galaxie associée indiqueraient peut-être si ces deux objets sont situés à des distances comparables ou non.

6°) Redshift du soleil

L'effet Lindholm est pour le moment la seule explication normale possible. Il semble que le calcul de cet effet pour les alcalino-terreux (sur lesquels les mesures de redshift ont été faites) soit très difficile à faire. Par contre, cet effet est calculable sur les alcalins. Il est par conséquent suggéré de remesurer le redshift du soleil sur les raies du sodium.

7°) Corrélation redshift-type morphologique dans les amas de galaxies

L'écart de redshift entre les elliptiques et les lenticulaires ou les spirales est actuellement significatif à deux déviations standard près ; pour augmenter la significativité statistique, il faudrait davantage de mesures de redshift dans Virgo et dans Coma.

D'autre part, ce genre d'études devrait être étendu à d'autres amas (Persée, Cancer, etc...) ce qui nécessite également des mesures de redshift et des déterminations de type morphologique.

Enfin, il faudrait étudier dans le cas de Coma si un cœur absorbant de l'amas ne peut pas expliquer la différence de redshift entre elliptiques et lenticulaires.

8°) Redshifts multiples dans les galaxies compactes

Etant donné qu'on ne dispose à ce sujet que de quelques indications de Zwicky, il serait du plus haut intérêt de refaire ses mesures.

9°) Ponts de matière

Le seul progrès qui semble actuellement possible dans la confirmation ou l'infirmité des ponts douteux est de les photographier à la caméra électronique ou dans des plaques III aJ dans les mêmes conditions que Arp. Il serait souhaitable de prendre des spectres de ces ponts (pour étudier le gradient de redshift) le jour où la technique le permettra. Mesurer systématiquement les redshifts des compagnons en bout de bras des galaxies figurant dans les catalogues de Arp et de Vorontsov Vellamiov.

10°) Etoiles doubles

La seule explication "classique" actuelle, l'absorption par une enveloppe en expansion, repose sur une discussion du profil des raies (largeur et asymétrie). Il serait donc utile d'avoir de très bonnes mesures des profils de raies (notamment pour la raie H β 4861) des Wolf-Rayet présentant un excès de redshift.

11°) Autres suggestions

Si d'une part certains QSO sont le siège d'un redshift anormal et si, d'autre part, les noyaux de Seyfert sont apparentés à des QSO, il est possible que les noyaux de Seyfert présentent un redshift anormal ; d'où l'idée de chercher s'il y a une différence significative entre le redshift du noyau d'une Seyfert et celui du reste de la galaxie. Le jour où la technique le permettra, il sera intéressant de mesurer le redshift des galaxies elliptiques trouvées comme "enveloppes" de deux QSO (Kris-tian Ap. J. 779 L61, 1973). Dans l'hypothèse où il existe un redshift anormal dû à une interaction entre photons et dépendant de la densité de photons, E. Gérard et Cheynet ont suggéré que le redshift des QSO devrait varier en même temps que leur éclat. Un bon test de cette hypothèse serait donc de suivre le redshift des QSO au cours du temps. Pour la même raison, le redshift d'une supernova devrait être plus grand à son maximum de luminosité. Il serait donc très intéressant de mesurer le redshift d'une supernova au cours de l'explosion et après l'explosion.

LIBRE OPINION

Red-Shifts anormaux et collisions photons-photons

A. Roberts, J.C. Becker, J.P. Viegler

Un des modèles (1) (2) d'explication des red-shifts anormaux possibles récemment discutés (Aryp etc.) repose sur l'interaction entre photons de masse $m_\gamma \neq 0 \leq 10^{-48}$ gr.

Dans ce cas on peut envisager différents modèles de couplage photons-photons associés à des Lagrangiens non linéaires.

Pour interpréter les faits il faut satisfaire à certaines conditions.

1°) Ces couplages ne doivent pas perturber l'Electrodynamique Quantique, la théorie du Corps noir et les propriétés connues de superposition des ondes.

2°) Ils doivent correspondre à une déflexion angulaire négligeable associée à une perte d'énergie constante par collision ($\delta Z \sim \cdot 10^{-9}$)

3°) Ils doivent tendre à la limite $m_\gamma \rightarrow 0$ vers la théorie habituelle.

Une étude semi-rigoureuse montre que ces conditions peuvent être satisfaites

I. Si $m_\gamma \neq 0$ on a un troisième état de spin ($J_j = 0$) associé à des photons longitudinaux γ_L .

L'emploi de l'interaction $e_j A_\mu$ avec des particules chargées que l'on ajoute au Lagrangien $L = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - \frac{1}{2} \gamma_L^2$ des photons libres de masse non nulle (en négligeant le couplage photon-photon dans un premier stade) montre (3)

a) que les photons longitudinaux γ_L sont émis avec une probabilité $\frac{1}{2}$ par rapport aux photons transverses γ_T habituels. Un calcul de

Deser montre alors que $e A_{\mu}^{\nu} \rightarrow e A_{\mu}^{\nu} + m_{\nu} \cdot \delta_{\mu}^{\nu}$ si bien que les λ_T sont émis (absorbés) avec des énergies très faibles qui ne troublent pas la formule du corps noir si $m_{\nu} \rightarrow 0$. Les λ_T se comportent pratiquement comme des particules scalaires indépendantes.

II. En ce qui concerne les types de couplage photons-photons possibles il faut écarter des graphes du type de la Fig. 1. qui perturberaient de façon observable le moment magné-

tique de Muons par exemple.

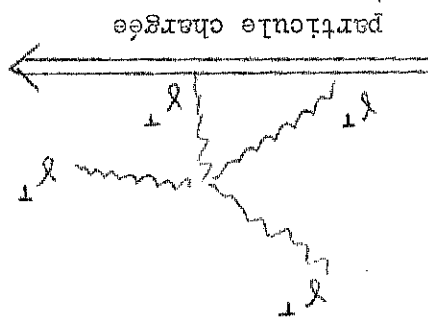


Fig. 1

Si $m_{\nu} \neq 0$ il est possible de les éliminer en favorisant des couplages entre λ_I et λ_{II} et d'introduire par exemple des graphes (Fig. 2) du type

considéré par Corben et Schwinger (médié par l'échange d'un boson sca-

laire virtuel lourd B) qui satisfont

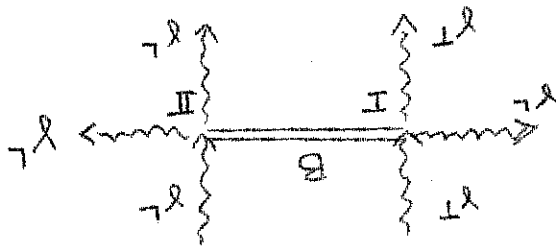
aux conditions 2). Si les vertex I et

II correspondent à des constantes de

couplage $V_{II} \gg V_I$. On peut ainsi

éviter des objections du type proposé

par Omès (4).



III. Si $m_{\nu} \neq 0$ on peut donc les utiliser et à l'aide d'opérateurs de

position (généralisés par Flore au cas $m_{\nu} = 0$) introduire

des sections efficaces $\sigma(\lambda_I, \lambda_{II})$ qui donnent pour un λ_{II} incident

$$\delta Z = - \text{Const.} \int n_{\lambda_I}(\lambda_I) \cdot \sigma(\lambda_I, \lambda_{II}) \cdot d\lambda_I \quad (1)$$

sur la trajectoire P avec une densité $n_{\lambda_I}(\lambda_I)$ de λ_{II} .

Dans un corps noir on a $n_T \sim \int n^3$ soit statistiquement

$$Z = -A \int \mathbb{P}^3 (1) d1$$

(avec $A \sim 2 \cdot 10^{-23} \text{ deg}^{-3} \cdot \text{cm}^{-1}$) s'il y a un nombre de collisions (~ 100)

suffisant pour déplacer des rates en bloc. Le sens statistique de 2) suffit pour écarter des objections basées sur le résultat négatif

d'expériences du type de Weiss et Grodzins (5) car le libre parcours moyen dans une densité de $\gamma \sim$ celle du soleil est $\sim 10^6$ mètres.

IV. Si on approche 2) avec

$$Z = -A \int \mathbb{P}^3 R^s$$

3)

où \mathbb{P}^s et R^s désignent les températures de surface et le rayon d'une

source s'étendue on prévoit un red-shift supplémentaire associé à des

sources entourées d'un "bain" de photons γ_T .

Dans ce cadre on prévoit (en utilisant des valeurs de λ voisines de $2 \cdot 10^{-29} \text{ deg}^{-3} \text{ cm}^{-1}$) :

a) un red-shift anormal (associé au champ de photons du soleil) observé au bord de $\sim 1/5$ de Einstein $\sim 10^{-7} \rightarrow 4 \sim 2 \cdot 2 \cdot 10^{-29} \text{ deg}^{-3} \text{ cm}^{-1}$.

b) Une déflexion anormale de la lumière au voisinage du soleil

$\delta \sim 1/5$ de Einstein. Il y a des indications en ce sens (voir exposé de Mérat).

c) Un red-shift anormal des sources occultées par le soleil. Déjà

observé par Sadegh et al (mais critiqué par Shapiro). Une expérience

est en cours de préparation à Bonn sur l'anneau A.

d) Un red-shift anormal associé aux étoiles chaudes (O et B). Il y a

déjà eu des observations étranges sur des étoiles doubles dont un élément est très chaud (Wolf-Rayet). (voir exposé particulier).

e) Un red-shift anormal de galaxies compagnons plus chaudes ($\sim 100 \text{ km/sec}$) a été observé par Arp et confirmé à Meudon (voir exposé particulier).

f) Des red-shifts anormaux dans nids de galaxies contenant nuages H II à températures différentes. Il y a des indications en ce sens.

g) Des red-shifts anormaux dans des galaxies de types différents

(Jaakola)

h) Des red-shifts anormaux dans des quasars très chauds d'où corrélation entre Z et leur température. Il y a aussi des indications en ce sens (voir exposé de Satevski).

Enfin la loi 3) permet d'attribuer la plus grande part du red-shift de Hubble à l'action d'un champ de radiation γ_L à ~ 30 K l'équivalent $\Pi(\gamma_L)$ ayant en le temps de s'établir.

1) Pecker, Roberts, Vigier C.R. Acad. Sc 274 765 (1972)
 2) Pecker, Roberts, Vigier Nature 241 338 (1973)
 3) Vigier. CR. Acad. Sc. 276 697 (1973)
 4) R. Aldrovandi et al. Nature 241 339 (1973)
 5) R. Weiss and L. Grodzins. Phys. Lett. 1 342 (1962)