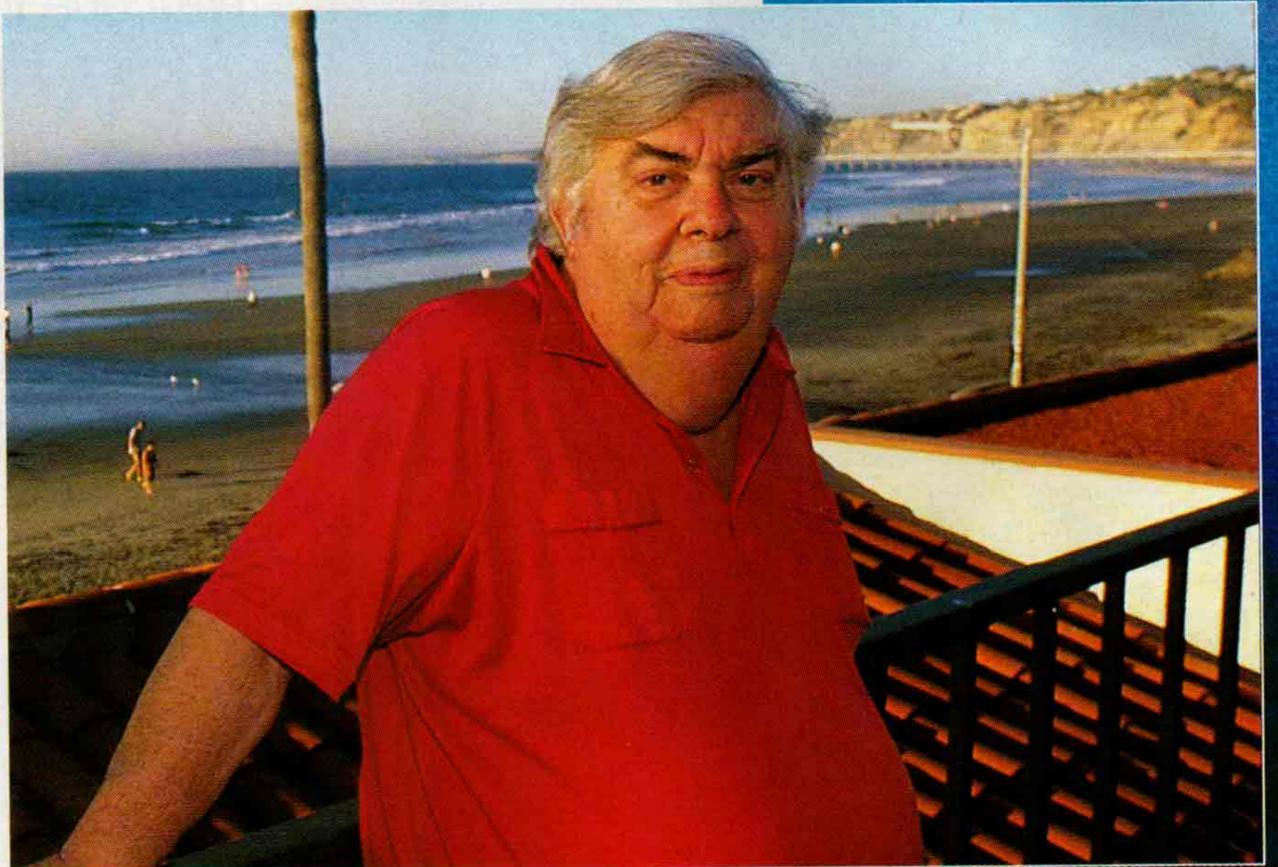


# Geoffrey Burbidge

## L'art de la critique

**S'**IL était l'un des mousquetaires d'Alexandre Dumas, il serait à coup sûr Porthos à cause de sa stature imposante et de sa voix de stentor, qui a fait plus d'une fois sursauter les assistances respectueuses des colloques d'astrophysique. Aujourd'hui proche d'une retraite scientifique qu'il se refuse encore à envisager, Geoffrey Burbidge, titulaire de la chaire de professeur de physique de l'université de San Diego, reste toujours le même homme. Cette fine lame de l'esprit est prête à tous les duels et c'est sans surprise qu'on le retrouve au milieu des quatre mousquetaires de la cosmologie : l'Anglais Fred Hoyle, l'Indien Jayant Narlikar, l'Américain Halton Arp et lui-même, tous quatre décidés à battre en brèche la théorie orthodoxe du big bang. Mais au-delà de la polémique cosmologique, Geoffrey Burbidge, Geff pour les intimes, donne l'exemple d'un chercheur invétéré de vérités, pour qui les questions importent plus que les réponses. Il reconnaît sans ambages et avec une grande honnêteté que *"dans la science, il faut sans cesse des idées nouvelles et le prix à payer est sans doute de se tromper dans la moitié des cas"*.

Son itinéraire même est original. Bien qu'ayant fait la plus grande partie de sa carrière aux États-Unis, il est issu de la prestigieuse et très "british" école d'astrophysique de Cambridge. Après sa thèse en 1951, il intègre la Société royale d'astronomie, où il rejoint le pionnier de la radioastronomie, Martin Ryle, pour tenter d'expliquer la profusion de radiosources cosmiques découvertes par les radars de la Seconde Guerre mondiale. Mais l'atmosphère ne lui convient guère. La rencontre avec sa femme, Margaret — astronome renommée, actuellement responsable d'un des principaux instruments du télescope spatial Hubble — lui fournit l'occasion de s'évader. Installé



propos recueillis par Jean-Marc Bonnet-Bidaud, astrophysicien au CEA

**Avec près de cinquante ans de carrière derrière lui, Geoffrey Burbidge n'a rien perdu de son goût du débat et de la controverse. Mondialement reconnu pour ses travaux sur les quasars, il en agace aujourd'hui plus d'un en venant déranger le bel ordonnancement de la cosmologie. C'est dans la ville de La Jolla, le long du Pacifique, qu'il nous a reçus. Il porte sur le monde scientifique un regard très critique, condamnant notamment ces chercheurs qui acceptent trop volontiers d'emprunter les chemins tout tracés.**

A. Cirou/C&E

**À San Diego, en Californie, l'astrophysicien Geoffrey Burbidge poursuit ses travaux astrophysiques sur les quasars. Dénonçant le caractère dogmatique de la théorie du big bang, il explore de nouvelles hypothèses cosmologiques.**

d'abord à Chicago, le couple se fixera à l'Institut technologique de Californie, à Pasadena où, après une rencontre avec Fred Hoyle et William Fowler, ils écriront en octobre 1957 "La synthèse des éléments dans les étoiles", l'un des plus mémorables articles de l'astrophysique moderne — il décrit dans le moindre détail comment les étoiles fabriquent les éléments chimiques. Une bible de plus de cent pages qui reste la référence absolue. La carrière des Burbidge bascule définitivement vers la cosmologie lorsqu'en 1963 sont identifiés les premiers qua-



sars. Les énigmes posées par ces objets lointains, dont l'origine et la nature exactes sont encore inconnues, vont fasciner Geff Burbidge. Il y consacra une part importante de sa recherche, établissant patiemment les catalogues les plus complets dont le dernier est sorti en 1993.

Grand spécialiste du sujet, il se refuse toujours à accepter l'interprétation classique des quasars comme des trous noirs géants au centre de galaxies particulières. Ses doutes sur la source d'énergie et l'éloignement réel des quasars rejoignent ceux d'Arp, de Hoyle et de Narlikar, avec qui il a élaboré en 1993 et 1994 une nouvelle version de la théorie de l'Univers stationnaire, qu'il pose en théorie rivale du big bang.

*Ciel et Espace* : Vous êtes quelque peu à part dans la communauté astrophysique internationale. Vous êtes considéré comme le grand spécialiste des quasars, mais vous n'êtes ni tout à fait un pur théoricien, ni tout à fait un observateur...

**Geoffrey Burbidge** : Cela tient à mon parcours. J'étais à l'origine un physicien théorique. J'ai fait mes études à Bristol puis j'ai passé ma thèse en 1951 à Londres sur les processus physiques du rayonnement avant d'arriver au Laboratoire Cavendish de la Société royale d'astronomie, à Cambridge. Mais je suis venu à l'astronomie de terrain par hasard, tout simplement en rencontrant ma femme Margaret. Grâce à elle, le physicien théoricien que j'étais

est toujours resté en contact étroit avec les observations astronomiques les plus récentes. J'ai commencé par l'aider dans ses observations — c'est d'ailleurs en France, à l'observatoire de Haute-Provence, que nous avons réalisé les premières, au début des années 50. C'est aussi en raison de ses recherches que nous sommes partis ensuite aux États-Unis, le seul endroit, à l'époque, où l'on trouvait de très grands télescopes. Par la suite, j'ai moi-même dirigé de 1978 à 1984 l'un des importants établissements américains, l'observatoire national de Kitt Peak, en Arizona.

Au début, à Cambridge, je travaillais avec Martin Ryle (qui dirigeait alors le laboratoire Cavendish et qui reçut plus tard, en 1968, le prix Nobel de physique conjointement avec A. Hewish pour la découverte des pulsars) sur la source d'énergie des étonnantes radiosources qui avaient été découvertes par les radars. C'était surtout de la théorie mais j'avais déjà un œil attentif sur les observations. Pour moi, la nature est avant tout comme elle est, non pas comme nous voulons qu'elle soit. Il faut sans cesse confronter nos idées au réel, le plus honnêtement possible. Il me semble qu'aujourd'hui trop de données d'observation, lorsqu'elles ne plaisent pas, sont tout simplement ignorées ou discréditées.

**C. & E.** : Vous avez rapidement quitté Cambridge. Quelle était l'atmosphère de l'époque ?

**G. B.** : Assez mauvaise. Martin Ryle était plutôt paranoïaque. Il menait la vie dure à Fred Hoyle

qui venait de proposer avec Bondi et Gold sa théorie de l'Univers stationnaire. Je ne connaissais pas Hoyle à l'époque mais je me souviens que, lors de la pause du thé, Ryle soupçonneux envoyait systématiquement un de ses jeunes étudiants vérifier que tous les bureaux et tiroirs étaient fermés. Martin Ryle refusait toute discussion. Il était persuadé que les radiosources étaient dues à des oscillations cohérentes de plasma. Malheureusement pour lui, il avait tort comme on l'a appris avec la découverte des quasars.

**C. & E.** : Découverte dont vous avez été l'un des témoins privilégiés et qui a transformé votre vie, semble-t-il, puisque les quasars sont encore aujourd'hui votre

NOAO/C&E

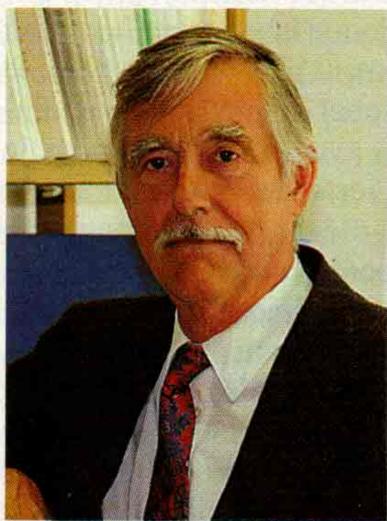
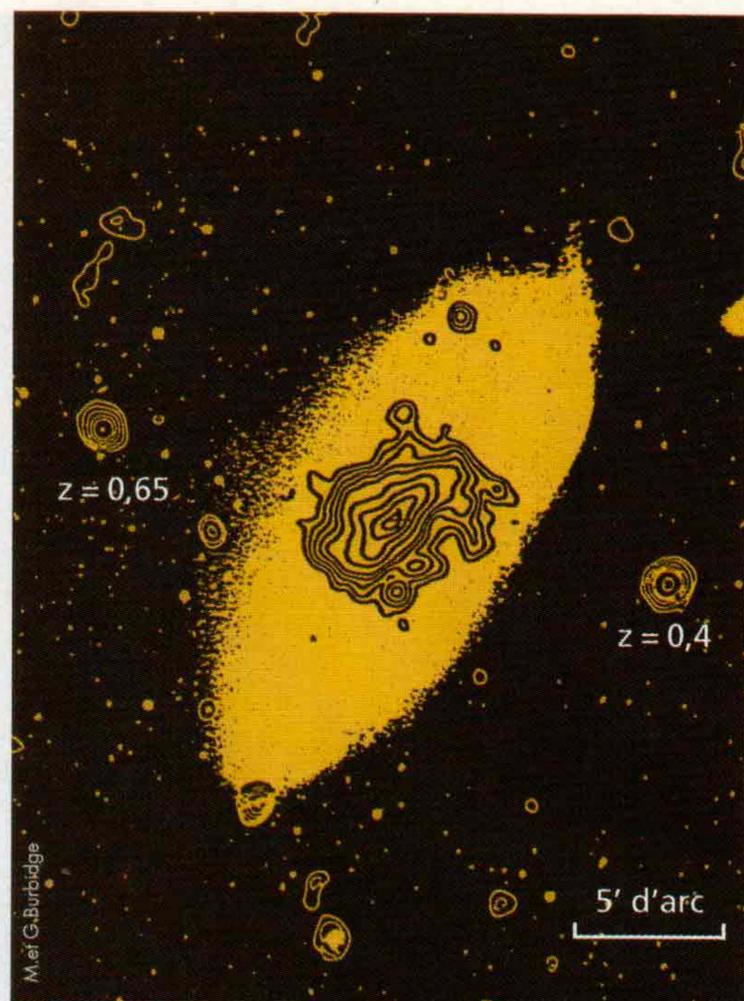
## Interview

principal sujet d'étude. Quel a été son impact immédiat ?

**G. B. :** Énorme. Ce fut une découverte totalement inattendue, comme la plupart des grandes découvertes astronomiques. Jusque-là, nous vivions encore dans l'héritage de Hubble : l'Univers était constitué de galaxies très stables et très anciennes. Du jour au lendemain, il a fallu tout reconsidérer. Lorsqu'en 1963, Maarten Schmidt a publié le premier spectre du quasar 3C273, le problème le plus important n'a pas été le fameux décalage vers le rouge, mais plutôt l'étonnante variabilité de ces objets. J'étais aux premières loges, ayant beaucoup travaillé sur les processus de production d'énergie. Avec Fred Hoyle et Wallace Sargent, nous avons été les premiers à faire remarquer ce que l'on a

**La proche spirale NGC 4258 et ses deux quasars. Dans le cadre cosmologique classique, les deux astres sont situés par hasard sur la ligne de visée de la galaxie, à plusieurs milliards d'années-lumière derrière elle. Une hypothèse contestée par Margaret et Geoffrey Burbidge.**

Vous partez d'une source centrale qui normalement devrait rayonner principalement des ondes gravitationnelles. Vous devez supposer qu'une partie de cette énergie est convertie par un mécanisme inconnu en d'immenses jets de particules relativistes de près d'un million d'années-lumière. En passant, aucun physicien ne sait "faire"



**Avec Geoffrey Burbidge, ils sont les quatre mousquetaires en guerre contre le big bang. De gauche à droite, l'Américain Halton Arp, l'Indien Jayant Narlikar et le Britannique Fred Hoyle. Observateurs ou théoriciens, ces astronomes fondent une partie de leur opposition à la théorie orthodoxe du big bang sur l'interprétation des décalages spectraux cosmologiques.**

appelé par la suite le paradoxe Compton. Les quasars, puisqu'ils sont variables, ne peuvent être que des sources de faible dimension. Or l'énergie qu'ils émettent est si énorme qu'elle devrait littéralement les faire gonfler. En fait, ils sont trop ponctuels pour une telle énergie. C'est là le paradoxe qui n'est toujours pas vraiment résolu, à moins, bien sûr, d'imaginer que les quasars sont plus proches que nous le pensons.

**C. & E. :** Pourtant, bien des scientifiques se satisfont aujourd'hui du modèle des trous noirs massifs au cœur de galaxies lointaines pour expliquer la source d'énergie des quasars...

**G. B. :** Actuellement, beaucoup d'astrophysiciens continuent à mettre en avant cette hypothèse de trous noirs géants cachés au centre des galaxies, mais ils savent bien que les véritables problèmes de physique ne sont pas résolus. Tout d'abord, personne ne sait comment se forment ces trous noirs gigantesques. Ensuite, il faut expliquer comment tant d'énergie est transmise vers l'extérieur.

des jets aussi longs, sans qu'ils soient instables. Ensuite, ces particules cèdent leur énergie aux électrons du gaz environnant et, finalement, ce sont ces électrons qui produisent le rayonnement radio que nous voyons. À chaque étape, il y a une considérable déperdition d'énergie et il vous faut donc une source centrale démesurée. J'ai compris les difficultés de ce mécanisme au début des années 60, lors d'un de ces fameux congrès Solvay, organisés en Belgique. Tous les principaux physiciens de l'époque étaient présents : Heisenberg, Dirac, Oppenheimer, Segrè... J'étais encore jeune. Je venais de présenter ces observations sur les radiogalaxies et je fus soumis à un feu roulant de ques-

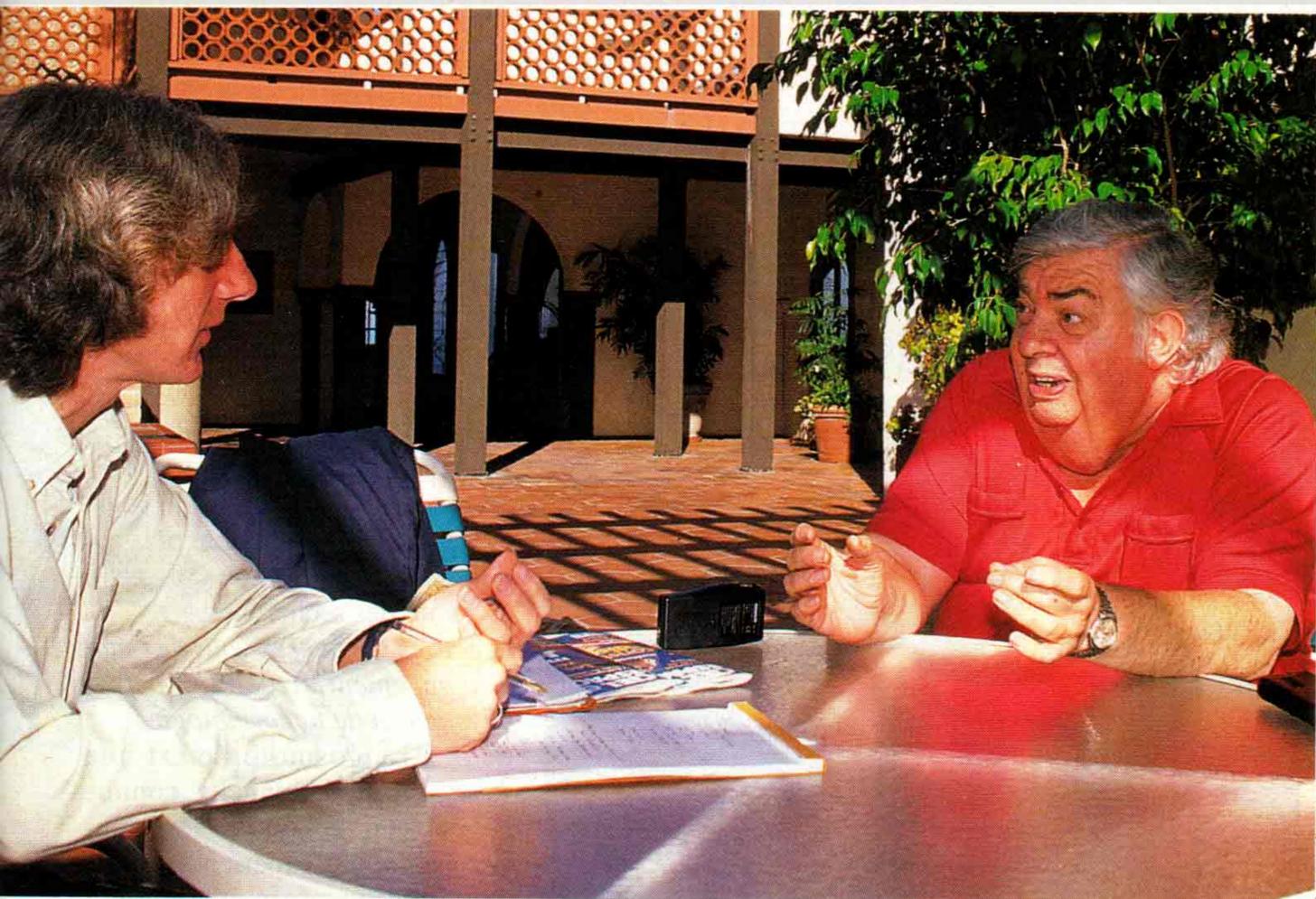
**Margaret et Geoffrey Burbidge, en grande conversation avec le roi Baudouin, lors du congrès Solvay de 1964, à Bruxelles.**

tions. Finalement, Segrè s'est levé et m'a dit : "Savez-vous avec quelle efficacité nous produisons des jets de particules dans les accélérateurs ?" Je l'ignorais. Par la suite, il m'a aidé à obtenir les données et l'efficacité n'est pas supérieure à 0,1 % ! Ce problème d'efficacité n'est toujours pas résolu trente ans après. Je ne conteste pas la présence de masses importantes au centre des galaxies, mais beaucoup utilisent le paradigme du trou noir massif alors que rien ne permet de démontrer qu'il peut fonctionner.

**C. & E. :** L'histoire des quasars est bien sûr marquée par la mésaventure de Arp qui se vit interdire d'observer au mont Palomar. Qu'en avez-vous pensé ?

**G. B. :** Halton Arp a été traité de façon révoltante. J'étais à l'époque directeur de





À l'université de San Diego, où il enseigne la physique, Geoffrey Burbidge répond aux questions de Jean-Marc Bonnet-Bidaud. En 1963, avec la découverte des quasars, la carrière de l'astronome a basculé définitivement vers la cosmologie.

**C. & E. :** Cela signifie-t-il que vous remettez en cause le décalage vers le rouge dû à l'expansion de l'Univers ?

**G. B. :** En aucune manière. L'expansion existe, il n'y a pas de doute là-dessus. Alan Sandage a clairement démontré la nature cosmologique de l'expansion des galaxies. Mais pour les quasars, les choses sont moins simples. Sandage, qui est un vieil ami, me

dit toujours : "Geff, les décalages vers le rouge, c'est la boîte de Pandore. Si on doute d'un, on doute de tous." Ce n'est pas forcément le cas mais il y a tout de même beaucoup d'anomalies... Il est très plausible que, superposé au décalage vers le rouge cosmologique, existe un décalage vers le rouge intrinsèque, lié au quasar lui-même. Beaucoup de grands physiciens ont abordé cette question : Edwin Hubble lui-même, Max Born, Fred Zwicky... Certains ont même évoqué l'hypothèse d'une lumière qui se "fatiguerait" sur son parcours. Sans succès, semble-t-il, mais les problèmes demeurent, même si beaucoup veulent les ignorer.

Je vais vous donner un exemple récent. Il y a environ deux ans, une équipe de l'Institut Max Planck a étudié avec le satellite à rayons X Rosat la galaxie NGC 4258. C'est une grande galaxie spirale assez proche de la nôtre, à environ 20 millions d'années-lumière. Les chercheurs allemands ont trouvé deux sources X compactes de part et d'autre de la galaxie. Dans leur article, ils concluent que ces sources sont situées de telle sorte qu'elles paraissent avoir été éjectées de la galaxie. Arp a noté qu'elles étaient bleues et compactes comme les quasars. Ma femme Margaret les a observées en février dernier : ce sont bel et bien deux quasars, l'un à un décalage de 0,4, l'autre de 0,65 ! Ce n'est pas un cas isolé, bien sûr. On peut citer NGC 2639 et beaucoup d'autres. Dès lors, comment conclure à une superposition accidentelle ?

**C. & E. :** Quelle est votre interprétation ?

**G. B. :** Je crois que nous n'avons pas encore la réponse. En 1996, Fred Hoyle et moi-même avons proposé l'idée qu'il s'agirait d'objets denses où la matière aurait des propriétés (notamment, une

l'observatoire de Kitt Peak et j'étais persuadé que la lettre écrite par les membres du comité des programmes, qui est seulement consultatif, ne serait pas suivie d'effet. Je me suis trompé. Arp a bel et bien été interdit d'observation simplement parce que certains jugeaient que ses recherches n'allaient pas dans le bon sens. Remettre en question les décalages vers le rouge et la distance des quasars comme il tentait de le faire, c'est inacceptable pour beaucoup. Après Hubble, ils ont tous subi une sorte de lavage de cerveau ; tous les décalages vers le rouge se doivent d'être exclusivement dus à l'expansion cosmique. J'ai soutenu Arp comme j'ai pu, notamment en défendant son livre.

**“Il faut proposer le plus d'hypothèses possible, au risque de se tromper”**

**C. & E. :** Les travaux d'Arp, concernant notamment l'abondance anormale de quasars lointains autour de galaxies proches, paraissent maintenant se confirmer. Vous avez établi récemment le catalogue le plus complet de quasars. Quelles sont vos propres conclusions ?

**G. B. :** Halton Arp est un très bon observateur mais un statisticien médiocre, ce qui explique en partie pourquoi certains de ses résultats ont été fortement contestés. Nous avons commencé, en 1970, l'étude des associations quasars-galaxies à partir du catalogue de cinquante quasars établi à Cambridge et du catalogue Shapley-Ames qui contenait 1 200 galaxies brillantes.

L'effet statistique était déjà très important : 10 % des quasars étaient très proches de galaxies. Et depuis cet effet n'a fait que s'amplifier. Notre dernier catalogue compte 7 000 quasars parmi lesquels 1 500 quasars brillants qui peuvent être utilisés pour ce genre d'étude. La surabondance de quasars à grand décalage vers le rouge autour de galaxies proches est devenue évidente. Les données sont claires et, s'il existait une explication, elles auraient déjà été acceptées depuis longtemps. Comme il n'y en a aucune, on préfère les ignorer.

**C. & E. :** Certains invoquent pourtant l'hypothèse de mirages gravitationnels qui, en amplifiant la lumière des quasars, les feraient apparaître en plus grand nombre...

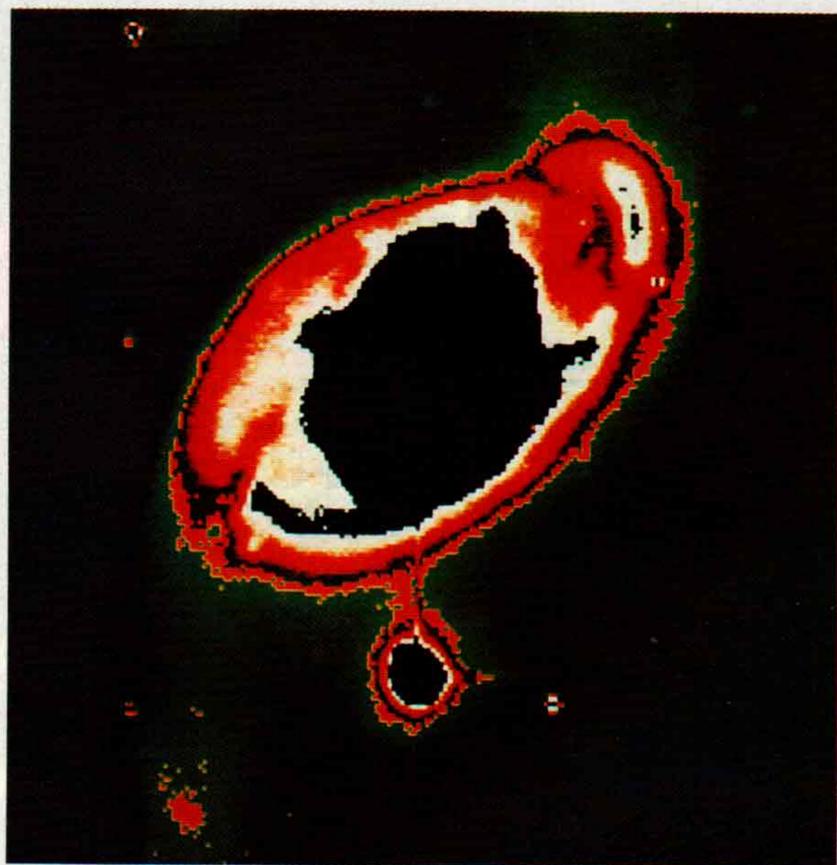
**G. B. :** C'est certainement une excellente idée que celle proposée par Canizares en 1980 pour les quasars émettant des rayons X, mais malheureusement cela ne peut pas être la bonne solution. Il n'y a pas assez de quasars lointains pour expliquer toutes ces associations, et de loin. Il en faudrait au moins cent fois plus ! La vérité est que galaxies et quasars sont intimement liés. Mais nous ne pouvons pas dire actuellement avec certitude si les quasars se forment à partir des galaxies, ou l'inverse. Selon moi, il semble naturel d'étudier si les quasars ne pourraient pas être éjectés des galaxies. Si leur vitesse est suffisamment élevée, au cours du temps ils vont se retrouver à une certaine distance et vous ne pouvez plus dire d'où ils viennent réellement. Pour l'instant, la question se pose encore. Rappelez-vous que nous connaissons très peu de choses de la plupart des quasars. Ce ne sont souvent que des points lumineux très faibles montrant quelques raies d'émission.

## Interview

masse de l'électron) légèrement différentes, ce qui permettrait d'expliquer leur décalage vers le rouge. D'autres interprétations sont également plausibles. Dans un cas comme celui-ci, il faut proposer le plus d'hypothèses possible, selon moi, au risque de se tromper. Mais c'est là que les opinions diffèrent. Hoyle dit souvent qu'il serait déjà satisfait s'il avait raison dans la moitié des cas. En entendant cela un jour, Maarten Schmidt s'est écrié : "Vous acceptez donc d'avoir tort la moitié du temps !" Toute la différence est là, il y a dans la science une attitude très conservatrice, héritée sans doute de l'école classique hollandaise et de ses maîtres : Maarten Schmidt, Jan Oort et les autres. Ceux-là prétendent que tout fonctionne à merveille et qu'il suffit d'accumuler les observations dans une seule direction. À l'image du corps humain, il y aurait déjà le squelette et il suffirait de mettre la chair autour. Nous disons que nous ignorons encore tout du squelette, qui pourrait tout aussi bien avoir deux têtes, quatre jambes, six pieds...

**C. & E. :** Les observations, notamment celles du télescope Hubble, apportent des éléments nouveaux qui semblent montrer qu'il existe bien autour des quasars des nébulosités qui ressemblent à des galaxies. Qu'en pensez-vous ?

**G. B. :** Ces résultats obtenus par John Bahcall, de Princeton, illustrent très bien le fonctionnement pervers de la recherche actuelle. Bien des scientifiques ne souhaitent trouver par leurs observations que ce qu'ils connaissent déjà ! Les premiers résultats de Bahcall montraient qu'il n'y avait pas de nébulosités autour de certains quasars. Il s'est attiré une foule de questions. C'est à moi qu'il les a transmises en me disant : "Je ne peux tout de même pas dire à ces gens de la Nasa que nous n'avons pas trouvé ce que nous proposons de trouver !" Les résultats de Bahcall mettaient évidemment en cause l'hypothèse officielle selon laquelle les quasars sont des noyaux lumineux au centre des galaxies. En fait, les données ont été longuement discutées et il semble aujourd'hui que les quasars proches sont entourés de faibles nébulosités<sup>(1)</sup>. Mais il s'agit probablement que de gaz chaud et non pas d'étoiles. À part les objets très proches, comme 3C48, nous n'avons à l'heure actuelle aucune preuve directe que les quasars ressem-



Comme de nombreux autres couples célestes, la galaxie NGC 4319 semble connectée par un pont de gaz et d'étoiles au quasar Mk 205. Les deux astres présentent pourtant des décalages spectraux très différents. Des observations qui, pour Geoffrey Burbidge, ne peuvent être toutes dues à de simples effets de perspective.

blent de près ou de loin à des galaxies.

**C. & E. :** Vous semblez mettre en cause le fonctionnement actuel de la recherche scientifique. Mais n'a-t-elle pas toujours procédé ainsi ?

**“Beaucoup de chercheurs ne veulent trouver que ce qu'ils connaissent déjà”**

**G. B. :** Non, je ne le crois pas. Auparavant, nous étions souvent en désaccord entre nous, mais cela n'affectait pas nos relations personnelles et nos crédits. Dans les divers comités, je donnais mon avis sur la recherche de Maarten Schmidt et réciproquement. À présent, la compétition est devenue impitoyable et des organismes comme la Nasa sont responsables de cette dégradation. Pour obtenir des crédits, vous devez prétendre pouvoir obtenir des résultats extravagants qui, à chaque fois, sont censés résoudre toutes les énigmes de l'Univers. Vous êtes donc obligés d'aller dans la "bonne" direction supposée, sans pouvoir explorer quoi que ce soit. Un bon exemple est celui de Bahcall. Il devait prétendre qu'il allait observer les galaxies entourant les quasars. S'il avait dit chercher à savoir si

de telles galaxies existaient, il n'aurait pas eu de temps d'observation. Alors tout le monde cherche dans la même direction. Toutes les propositions d'observation se ressemblent étonnamment. Et c'est devenu nécessaire pour obtenir des crédits, des postes, etc. Je pense que les plus jeunes ne réalisent même plus cet appauvrissement redoutable de la diversité des recherches.

**C. & E. :** Que pensez-vous de l'état d'avancement actuel de l'astrophysique et de la cosmologie ?

**G. B. :** La cosmologie est une science observationnelle, comme la géophysique, où vous ne pouvez pas faire d'expériences. Tout dépend donc alors étroitement du cadre général sur lequel vous vous fondez. Ce cadre est-il le bon ? Toute la question est là. Il est probable que nous n'avons qu'une compréhension approximative pour le moment. Je me demande souvent quelle serait notre vue de l'Univers si nous

étions sur une étoile d'un amas globulaire de la galaxie M 87 ! Que pensent-ils de l'Univers depuis là-bas ?

Je suis très sceptique sur nos connaissances du monde extragalactique. Nous comprenons encore très mal comment tout s'est formé. Un point fondamental, qui fut pourtant souligné par l'astrophysicien arménien Ambartsumian dès les années 60, est selon moi trop souvent négligé : où que vous regardiez dans l'Univers, tout semble se disperser — le cosmos est en expansion, les galaxies, les quasars, éjectent de la matière, les systèmes se désagrègent. Or nous considérons que la force fondamentale de l'Univers est la gravitation, qui tend à tout condenser.

Dans le schéma classique, il faut donc imaginer d'abord comment, à partir d'un Univers très diffus, ces structures se sont condensées, puis comment elles se dispersent. Le problème essentiel étant, par ailleurs, que cet enchaînement doit s'effectuer dans un temps extrêmement court. N'est-il pas plus simple d'imaginer un mécanisme de dispersion dès le départ ? Alors effondrement ou bien éjection ? Je pense qu'Ambartsumian était un visionnaire sur ce sujet et les données futures pourraient fort bien lui donner raison. ■

(1) Sur cette polémique autour des quasars "nus", voir Ciel et Espace n°301, avril 1995, page 18, et Ciel et Espace n°306, octobre 1995, page 5.