

Une interview de Gérard de Vaucouleurs

ÂGE DE L'UNIVERS

"LA THÉORIE DOIT SE PLIER AUX OBSERVATIONS"

avec précision la vitesse cosmologique de l'amas dès lors que l'on a accès uniquement à sa vitesse relative par rapport à nous et que celle-ci est "entachée" d'une vitesse de chute dont l'estimation va de 100 à 400 km.s⁻¹ environ (cette dernière valeur représente plus du tiers de la vitesse radiale moyenne de Virgo !)... Les déterminations de la vitesse cosmologique de l'amas de la Vierge oscillent bon an mal an entre 1200 et 1400 km.s⁻¹, ce qui a de pesantes répercussions sur la constante de Hubble. Si l'on se réfère à la nouvelle distance de 56 millions d'a.-l., la valeur de la constante oscille en effet entre 70 et 82 km.s⁻¹.Mpc⁻¹. Pis : que l'on prenne en compte l'incertitude qui demeure sur la distance elle-même (± 6), et cette fourchette s'ouvre encore un peu plus, de 63 à 91 km.s⁻¹.Mpc⁻¹..., ce qui donne un temps de Hubble compris entre 11 et 16 milliards d'années — cette dernière valeur, associée à une constante de 63, restant compatible avec un âge des plus vieilles étoiles de 11 milliards d'années.

Bref, le problème reste entier. L'équipe de Freedman a, elle, tranché pour la valeur de 80 km.s⁻¹.Mpc⁻¹, valeur qui, si elle se confirmait un jour, supposerait soit de sérieusement remanier le modèle standard cosmologique — selon lequel l'Univers n'aurait ainsi en tout et pour tout que 8 milliards d'années d'existence — soit de prendre la théorie de l'évolution stellaire en défaut et de prouver qu'elle surestime fortement l'âge des amas globulaires. Mais le débat vient encore récemment de rebondir avec Sandage et Tammann. En calibrant des supernovae détectées dans des galaxies dont ils ont déterminé la distance à partir des céphéides décelées par le télescope spatial, ils brandissent à présent une valeur de 55 ± 8 km.s⁻¹.Mpc⁻¹. Les supernovae en question seraient-elles des chandelles standard plus complexes que prévu ? Les mouvements particuliers faussent-ils encore plus qu'on ne le croit la détermination des vitesses cosmologiques ? Une seule chose semble sûre : comme le "Il était une fois..." des contes de notre enfance, le "Il y a quinze milliards d'années..." des belles histoires de l'Univers pourrait bien nous bercer encore longtemps de son illusoire refrain. ■

(1) Un mégaparsec est égal à 3,26 millions d'années-lumière, soit quelque 30 milliards de milliards de kilomètres.

(2) Dans une galaxie spirale qui a la forme d'un disque plat, la courbe de rotation, qui donne la relation entre la vitesse circulaire en un point du disque galactique et sa distance au centre, passe en effet par une valeur maximale qui croît avec la masse totale, visible et invisible, de la galaxie. La relation de Tully-Fisher traduit la constance du rapport entre la masse et la luminosité d'une galaxie spirale.



Gérard de Vaucouleurs dans la bibliothèque de l'Institut d'astrophysique de Paris, un établissement qu'il fréquenta lorsqu'il était étudiant.

propos recueillis par Jean-Pierre DÉFAIT
et Jean-Marc BONNET-BIDAUD

L'UNIVERS ne se plie pas à nos désirs", aime à dire Gérard de Vaucouleurs. Que le télescope spatial réalise sur une vingtaine d'étoiles d'une galaxie lointaine une mesure laissant présager que ledit Univers pourrait être plus jeune que ses plus vieilles étoiles n'est donc pas pour déplaire à l'astrophysicien franco-américain. Pas seulement parce que l'observation réalisée dans l'amas de la Vierge plaide pour une valeur que lui-même défend. L'embarras que doit légitimement susciter un Univers apparemment trop jeune est aussi à ses yeux le résultat d'un de ces "tours que la Nature s'appliquera toujours à jouer" aux théories les mieux faites.

Formé à l'école de l'astronomie amateur dans les années 30 avant d'être un des premiers étudiants du tout nouvel Institut d'astrophysique de Paris au lendemain de la guerre, Gérard de Vaucouleurs est resté un observateur impénitent. "Toute ma vie, je me suis efforcé d'aller là où je pouvais espérer travailler sur les grands télescopes du moment", explique-t-il. C'est ainsi qu'il quittera la France en 1950 parce que l'astronomie extragalactique à laquelle il entendait se consacrer était

encore trop balbutiante à son goût. Après un passage à Londres puis un séjour en Australie, où il fut un des premiers à entreprendre une étude systématique des galaxies du ciel austral, sa carrière l'a donc amené aux États-Unis et à l'université du Texas, à Austin, où il s'est finalement fixé en 1960 pour mener de front recherche et enseignement. Auteur d'un catalogue et d'une classification de galaxies qui portent son nom, mais également de travaux fondamentaux sur les grandes structures de l'Univers, il a pris part à tous les vifs débats qui agitent l'astrophysique depuis plus de trente ans.

À ce titre, Gérard de Vaucouleurs reste un des principaux protagonistes de la controverse dont la constante de Hubble fait l'objet. Une polémique, qui n'a rien perdu de sa vigueur, l'a opposé et l'oppose encore à l'heure actuelle à Allan Sandage, autre grand acteur de la scène astrophysique. La fuite des galaxies et les difficultés que rencontrent aujourd'hui encore les astronomes pour en prendre l'exacte mesure a donc naturellement occupé une grande place dans le long entretien qu'il a accordé à *Ciel et Espace* lors d'un de ses récents passages à Paris. Il pense et sou-

tient, on le verra, que les arguments en faveur des valeurs hautes de la constante de Hubble, celles-là mêmes qui posent un incontestable problème pour l'âge de l'Univers, sont en passe de remporter un avantage définitif.

Ciel et Espace : C'est au milieu des années 70, un peu par hasard, parce que vous aviez accepté d'aider un jeune astronome à préparer un article sur les distances des galaxies australes, que vous êtes impliqué pour la première fois dans la mesure de la constante de Hubble. Comment cela s'est-il passé ?

Gérard de Vaucouleurs : J'avais effectivement accepté d'aider ce jeune astronome — il s'appelait Malcom Smith —, ce qui m'a amené à lire la série d'articles que venaient de publier Allan Sandage et Gustav Tammann. Et plus je lisais, plus j'étais malheureux. Car je constatais qu'ils ne suivaient pas les règles de la logique scientifique. Ils extrapolaient. Ils devinaient. Ces articles que très peu de gens avaient lu complètement à cette époque concluait à la valeur de 50 pour la constante de Hubble. Sandage disposait alors des observations d'Edwin Hubble lui-même et avait accès au plus grand télescope du monde, celui du mont Palomar, pour réaliser les siennes. Mais il me donnait le sentiment d'avoir procédé comme s'il était pressé d'obtenir une réponse définitive durant sa vie. Quoi qu'il en soit, j'ai été convaincu qu'il fallait refaire ce travail. Très rapidement, en utilisant les mêmes données, j'ai abouti à des valeurs comme 80, 85, 88, puis en poursuivant cette étude, à des valeurs de 90-95, voire 100. Tout dépendait des étalons primaires et des coefficients d'extinction des galaxies qui sont très difficiles à établir. Je me souviens avoir présenté ces résultats pour la première fois à l'Assemblée générale de l'UAI en 1976, à Grenoble, sous le titre "La constante de Hubble, 50 ou 100 ?". J'y soutenais que les données fournies par les faits d'observation dont nous disposions impliquaient les valeurs de 90-95 ou 100.

C. & E. : Et comment cette présentation a-t-elle été accueillie ?

G. de V. : Certains de mes collègues avaient déjà perçu que le travail d'Allan Sandage était bancal. Cependant, ils n'avaient pas osé faire état de leur doute publiquement. La peur de s'écarter de l'orthodoxie est terrible en astronomie.

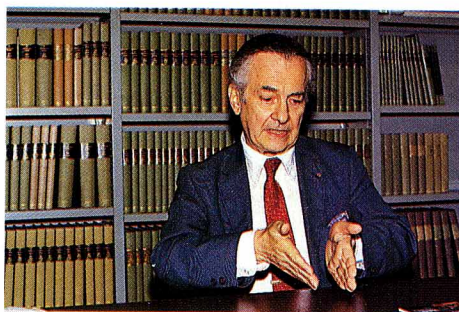
C. & E. : Lorsqu'on considère les progrès réalisés dans les moyens d'observation, l'élaboration de nouveaux tests et de nouvelles échelles de distance, on est surpris de constater que la mesure de cette valeur ne semble pas avoir évolué.

G. de V. : C'est inexact. Le problème a beaucoup évolué. Presque tous les experts — une quasi-unanimité si l'on excepte Sandage et Tammann — ainsi que les nouvelles méthodes et les nouveaux instruments convergent vers une valeur de 85 (± 3 ou 4).

C. & E. : Comment expliquez-vous qu'Allan Sandage reste attaché à cette valeur de 50 ?

G. de V. : Je crois qu'il aime cette valeur parce que l'inverse de la constante de Hubble doit être un peu plus grand que l'âge des étoiles les plus vieilles. Malheureusement, la théorie de l'évolution des étoiles demeure elle-même incertaine. On parlait d'un âge de vingt milliards d'années, il y a vingt ans. On privilégie aujourd'hui des chiffres de douze, quinze, voire même pour les étoiles de notre galaxie de neuf milliards d'années. Ce que je retiens, c'est que la majorité des gens qui étudient très complètement tel ou tel indicateur de distance obtient des résultats convergents. Si je refaisais aujourd'hui ma conférence de 1976, je dirais : "La constante de Hubble, 80 ou 90 ?" Les écarts entre les uns et les autres se sont res-

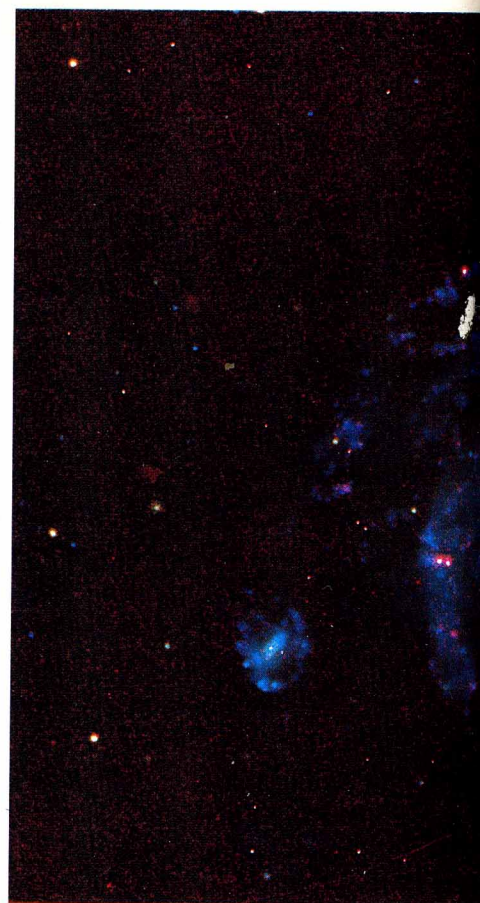
Les écarts entre les différentes valeurs se sont resserrés



serrés. Le problème a beaucoup évolué.

C. & E. : Pensez-vous que votre opinion soit aussi répandue que cela parmi les astrophysiciens ? Des publications récentes, qui font parfois appel à des méthodes très nouvelles, donnent des valeurs tout à fait différentes.

G. de V. : En septembre 1993, j'ai publié dans *Astrophysical Journal* un long article sur les échelles de distance où je passais en revue tout ce qui a été fait depuis les années 70. Or, à ma grande satisfaction, j'ai constaté que toutes les déterminations indépendantes, faites avec des méthodes différentes, coïncident avec la valeur moyenne à laquelle j'aboutis. Encore une fois, je considère que les indicateurs pri-



maires de distance sont tous d'accord désormais, à quelques pour cent près. De sorte qu'il y a encore place pour des ajustements de l'ordre de 10 % et cela jusqu'à ce nous ayons résolu la question de l'absorption dans notre galaxie ou celle de l'influence éventuelle de la métallicité des Céphéides. Je pense qu'il convient d'étudier au plus près les phénomènes d'extinction, que ce soit dans notre galaxie ou dans d'autres. Le changement de la seule formule d'extinction dans notre galaxie modifie l'échelle de distance de 7 %. Mais nous approchons du moment où les discussions ne porteront plus sur 50 et 100 mais sur 80, 85 ou 90. C'est pour la génération à venir.

C. & E. : Quel rôle à votre avis peut jouer le télescope spatial Hubble dans ce débat ? Pensez-vous qu'il pourrait finalement trancher la question ?

G. de V. : Hubble peut s'avérer très utile, c'est évident, en particulier pour la détection des céphéides. Ceci, bien sûr, dans la mesure où les céphéides de galaxies différentes présentent les mêmes caractéristiques, ce qui reste à prouver. La seule façon d'obtenir la valeur de la constante de Hubble, ou plutôt du rapport de Hubble dans notre voisinage, c'est d'utiliser tous les outils que nous avons à notre disposition. S'ils permettent d'aboutir à un



Cette superbe galaxie spirale qu'est NGC 1232, dans la constellation de l'Éridan, possède de très nombreuses régions riches en gaz d'hydrogène ionisé. Ce sont autant de taches rouges (les points bleus sont des amas d'étoiles). L'utilisation de ces régions H II comme indicateurs de distance secondaires nourrira en partie la polémique entre Gérard de Vaucouleurs et Allan Sandage.

vers primitif : "Passez donc un peu de temps à observer l'Univers actuel. Ce serait un bon début." La vérité, c'est que nous n'avons pas encore actuellement assez de données précises sur un nombre suffisant de galaxies proches ou lointaines pour élaborer une cosmologie solide. Notre vision du monde n'a plus grand-chose de commun avec celle qui était fondée il y a cent ou deux cents ans sur un Univers limité aux seules étoiles proches. Rien n'exclut qu'un écart du même ordre ne sépare la cosmologie actuelle de celle de demain. J'espère vivre assez longtemps pour que quelqu'un démontre qu'il n'y a pas d'expansion cosmologique. Je crois que cela ne se produira pas car le décalage vers le rouge, le rayonnement fossile et l'abondance de l'hélium fournissent trois éléments de preuves solides. Mais trop de gens passent leur vie à tenter de faire marcher le modèle qui leur a été enseigné à l'école. On ne cesse d'ajouter des paramètres chaque fois que le big bang ne fonctionne pas...

C. & E. : Ceci vous paraît-il être une situation malsaine ?

G. de V. : J'ai peur que les astrophysiciens aujourd'hui répètent à l'identique l'erreur commise par les physiciens il y a cent ans. On soutenait alors que tout était dit parce que l'on possédait la loi de Newton et les équations de Maxwell. Puis quelqu'un a découvert la radioactivité, et le bel édifice s'est écroulé.

C. & E. : Entre la discipline de l'observation que vous revendiquez et les audaces que doivent pouvoir s'autoriser les théoriciens, où se situe selon vous la voie de la sagesse ?

G. de V. : Dans le contrôle mutuel entre prédictions des théories d'une part et observations ou expérimentations de l'autre. La science avance parce qu'elle n'est jamais sûre de rien. Il faut toujours être prêt à remettre en question tout ce que l'on a appris à l'école. Il m'a été enseigné, et je crois que c'est vrai, que la théorie doit être constamment contrôlée par l'observation pour l'empêcher de s'égarer. La nature n'existe pas forcément pour notre satisfaction. En tant qu'expérimentateur, je sais que si elle peut nous surprendre, elle le fera à coup sûr. ■

accord, tant mieux. Si au contraire, des désaccords persistent, il faudra poursuivre nos efforts pour comprendre ce qui ne fonctionne pas.

C. & E. : Dans le débat actuel, il est de plus en plus question des incertitudes que fait peser sur la détermination de la constante de Hubble la prise en compte des phénomènes locaux, les vitesses particulières des galaxies par exemple, ou les biais qui peuvent être imputés aux grandes structures dans l'Univers. Existe-t-il, après tout, une bonne loi de Hubble valable pour l'Univers ?

G. de V. : Je crois que oui. Ceci étant, nous avons à tenir compte des mouvements dus aux structures hiérarchiques dans l'Univers et des excès de densité qui déforment le champ local. Tout cela reste à explorer. On ne sait pas très bien non plus jusqu'à quelle distance, et à partir de quelle distance, pourrait s'appliquer une loi de Hubble idéale pour la densité moyenne de l'Univers. Nous sommes encore très loin d'avoir fait une carte correcte des vitesses et des écarts à la loi de Hubble dans notre voisinage.

C. & E. : Une constante de Hubble d'une valeur de 80 ou 85 a évidemment des implications cosmologiques. Que peut-on en dire selon vous ?

G. de V. : Cette valeur a bien entendu une implication importante pour l'âge de l'Univers. Elle correspond à un Univers d'environ onze ou douze milliards d'années, ce qui pose problème avec l'âge des étoiles. Sauf, ce qui est toujours pos-

sible, à réconcilier l'âge de l'Univers avec une valeur donnée de la constante de Hubble en jouant sur le paramètre de décélération. Je sais bien que, parallèlement au débat sur la constante de Hubble, on a beaucoup discuté de ce paramètre de décélération mais nous ne disposons pas de données suffisantes pour le déterminer. Je crois que la question importante dans cette affaire, aujourd'hui encore, c'est moins la densité ou la courbure de l'Univers que les incertitudes que fait peser sur la constante de Hubble l'évolution des galaxies. Si nous parvenions à déterminer cette constante de Hubble à 5 % près, ce serait déjà bien.

C. & E. : Vos travaux sur cette constante de Hubble vous ont placé au centre d'un débat cosmologique...

G. de V. : Oui, on m'objecte que la valeur que j'attribue à la constante pose un problème pour l'âge de l'Univers. Mais une fois encore je suis un observateur. Je me soucie peu, et cela est de plus en plus vrai, que l'on me dise que "c'est théoriquement impossible". Que l'on fasse alors une meilleure théorie. La théorie finit toujours par se plier aux observations.

C. & E. : Cela signifie-t-il que vous prenez une certaine distance avec le débat cosmologique ? Comment vous situez-vous par exemple dans le débat actuel sur les modèles de big bang ?

G. de V. : À vrai dire, ça ne m'intéresse pas beaucoup. Je l'ai dit souvent à des étudiants qui cherchaient un sujet de thèse et me parlaient de faire des théories d'Uni-