

He pointed out that the existence of magnetic fields of  $10^{-6}$  gauss in galactic space seemed to be very probable. 'Now [he continued], if you consider the growth of condensations out of diffuse matter in the presence of a magnetic field, you will obtain a picture essentially different from what is described by Dr Hoyle. Instead of condensations of spherical form you can obtain, as our calculations show, filaments, stretched along the lines of force of the magnetic field. It is due to the anisotropy of the conductivity of ionized matter in a magnetic field. We have considered the problem of gravitational instability of a nebula in the presence of a magnetic field and our calculations showed that the stability depends on the angle between the direction of motion and the direction of the magnetic field, i.e. the gravitational instability is an asymmetric phenomenon in the presence of a magnetic field. This shows that the process of formations of condensations in this case is different from what is considered by Dr Hoyle. It should be emphasized that the influence of magnetic fields in the Galaxy cannot be ignored in cosmogonical considerations.'

Hoyle dit qu'on ne doit pas supposer la présence d'un tel champ magnétique que la contraction ne puisse se produire, car les étoiles ont été formées.

Ambartsumian envisage les possibilités suivantes:

1° Il y a une grande dispersion dans les vitesses turbulentes dans une nébuleuse gazeuse et alors l'accrétion est impossible.

2° Il n'y a pas de dispersion des vitesses (les vitesses sont inférieures à 1 km./sec.). Mais il faut tenir compte du rôle de la raie  $L\alpha$ . La pression de radiation due au rayonnement en  $L\alpha$  provenant des étoiles massives est si grande que la matière est littéralement soufflée.

3° Supposant que l'accrétion se produise peu à peu, au cours de rencontres au hasard d'un grand nombre de nuages, on ne comprend pas pourquoi il y a des associations O.

Si les étoiles de grande masse se produisent par l'accrétion à travers trois nuages successivement, on doit se demander pourquoi elles sont groupées au même endroit.

Hoyle est d'accord sur le premier point. Si la turbulence ou la température sont trop élevées, il n'y a pas d'accrétion. La température ou la turbulence doivent être basses.

En ce qui concerne le deuxième point, Hoyle affirme avoir pris une densité assez élevée pour que le phénomène décrit par Ambartsumian ne soit pas à craindre. Ce dernier conteste que ce soit possible.

En ce qui concerne le troisième point, Hoyle fait remarquer que l'accrétion ne se produit que lorsque la vitesse relative d'une étoile et d'un nuage est faible. En raison de la dispersion des vitesses spatiales des nuages et des étoiles, l'accrétion ne peut se produire que pour des étoiles dont la vitesse spatiale est comprise entre d'étroites limites, ce qui explique la formation d'étoiles O et B en groupes d'étoiles de même vitesse.

#### 4. QUELQUES RESULTATS DES RECHERCHES SUR LES NEBULEUSES GAZEUSES DIFFUSES ET LEURS RAPPORTS AVEC LA COSMOGONIE

Par G. A. SHAJN (*membre de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.*) et V. Th. GASE

La matière gazeuse diffuse se manifeste dans l'Univers sous les aspects les plus divers et ses rapports avec les autres formes de la matière, avec les étoiles et la poussière interstellaire, sont fort complexes. Bien peu de données sont connues dans ce domaine pour qu'on puisse se faire une conception du rôle de la matière diffuse dans la cosmogonie. Nous nous permettrons de nous limiter à un exposé de quelques faits ayant probablement rapport à la cosmogonie, faits que nous avons recueillis au cours des 2-3 dernières années à l'observatoire de Siméiz.

A l'aide de chambres photographiques à grande ouverture de 640 et 450 mm. ( $f\ 1.4$ ) nous avons photographié dans les rayons  $H\alpha$  la presque totalité de la ceinture galactique dans les limites  $\pm 10^\circ$ . Les documents contenant plus de 300 nébuleuses gazeuses dont 2/3 environ n'avaient pas été notés auparavant ont servi de base à notre étude.

Les possibilités pour l'étude des propriétés physiques et cinématiques des nébuleuses sont très restreintes et c'est pourquoi on doit porter d'autant plus son attention sur l'étude d'autres caractères et surtout sur les particularités de la structure des nébuleuses en partant notamment de cette propriété importante des nébuleuses gazeuses qu'elles sont transparentes pour les raies des séries subordonnées.

Grâce à cette propriété l'observateur perçoit les rayonnements qui lui parviennent des régions aussi bien externes qu'internes de ces nébuleuses.

Pour ce qui est de la structure des nébuleuses on constate une riche diversité. Bien que par le terme de nébuleuses gazeuses diffuses on désigne généralement des formations irrégulières, on observe en réalité des écarts fort sensibles à l'accidentel aussi bien dans la répartition de la matière au sein de la nébuleuse que dans la répartition de la matière nébulaire même dans le ciel. Ces écarts reflètent probablement de quelque façon des mouvements systématiques et chaotiques ou quelques autres processus qui, sans doute, ont eu lieu dans le passé ou même ont lieu actuellement. Nous citerons quelques faits qui nous semblent nouveaux ou qui présentent tout au moins un élément de nouveauté.

1. Notons tout d'abord la répartition de la matière nébulaire dans une importante région du ciel de  $12 \times 8^\circ$  au SW de  $\alpha$  Cygni où se manifeste, outre le morcellement bien évident de la structure, une certaine tendance à l'orientation des nébuleuses dans une direction plus au moins parallèle à l'équateur galactique. Il faut croire en particulier que l'extension très perceptible de deux traces presque parallèles d'une longueur d'environ  $8^\circ$  dans la partie ouest de la photo est un phénomène presque unique.

Dans les autres parties de cette photo le caractère chaotique est plus marqué. Cependant l'orientation des nébuleuses ou de certains détails le long de l'équateur galactique est de 4-5 fois plus marqué que l'orientation perpendiculaire.

2. Les orientations systématiques se manifestent fort bien dans les nébuleuses à filaments. Notons en premier lieu le système bien connu des nébuleuses à filaments de la constellation du Cygne près de  $20^h 42^m + 31^\circ$

D'une part, les principales nébuleuses de ce groupe manifestent dans l'ensemble une certaine direction commune et, d'autre part, les nombreux filaments dont elles se composent manifestent également une communauté d'orientation. L'une et l'autre direction sont assez semblables quoiqu'elles ne coïncident pas et diffèrent sensiblement de l'orientation de l'équateur galactique. La répartition des filaments dans NGC 6960 est représentée schématiquement sur la figure no. 1.

Le système de nébuleuses à filaments dont nous avons parlé ci-dessus était, sans doute, considéré comme unique. Nos observations nous ont permis de déceler deux nouveaux systèmes de nébuleuses à filaments: l'un près de  $\sigma^2$  et  $\sigma^1$  Cygni et l'autre dans la constellation Auriga ( $5^h 35^m + 27^\circ$ ). Il est possible que les nébuleuses à filaments près de  $\sigma^2$  et  $\sigma^1$  Cygni soient liées entre elles.

Une nouvelle et intéressante nébuleuse à filaments dans la constellation Auriga a été trouvée. Des filaments faibles de structure semblable sont visibles au N du centre de la

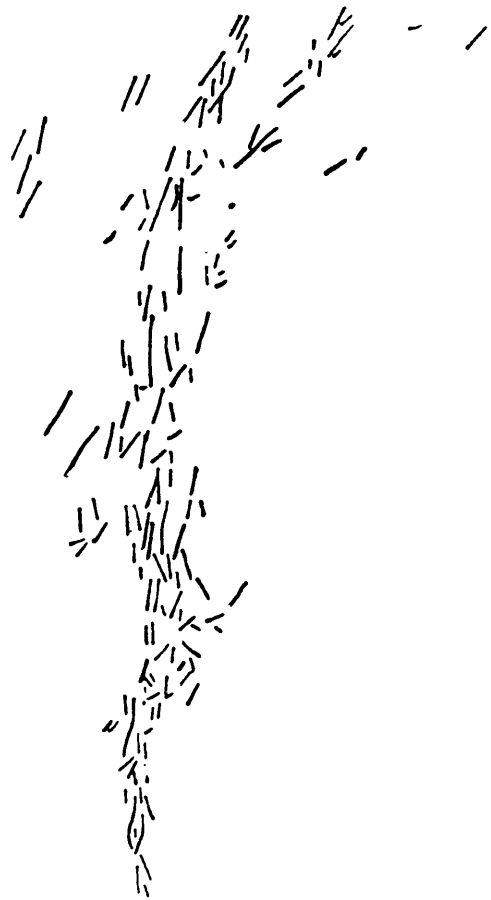


Fig. 1. Répartition schématique des filaments dans la nébuleuse gazeuse NGC 6960.

photo et on pourrait même à un certain point soupçonner que les filaments englobent une partie importante d'une circonférence de près de  $3^\circ$  de diamètre.

Il est à noter qu'à une distance de  $3^\circ.8$  au NW du maximum de la fréquence des filaments se trouve la Nova Aurigae de 1891. Autant que nous sachions la liste des systèmes de nébuleuses à filaments fins se borne aux trois systèmes que nous avons cités ci-dessus.

3. Il semble que des facteurs différents sont à la base des orientations principales des nébuleuses et de leurs détails.

L'orientation principale le long de l'équateur galactique qui se présente au SW de  $\alpha$  Cygni pourrait être interprétée au premier abord dans le cadre de l'hypothèse de l'action attractive du champ de force galactique. Effectivement par suite de l'effet différentiel de la rotation galactique différentes nébuleuses devraient s'étendre dans le plan de la Galaxie et prendre une forme aplatie.

L'accroissement des dimensions dans cette direction devrait doubler environ en  $4 \times 10^7$  ans.

Cependant, outre les nébuleuses peu étendues dans cette région nous avons dans la partie ouest, comme il a été dit plus haut, une nébuleuse fortement étendue d'une longueur atteignant  $8^\circ$  que l'on pourrait considérer comme un 'Gulf-stream cosmique'. Il nous paraît invraisemblable d'interpréter l'extension extraordinaire de cette nébuleuse par l'hypothèse de l'action attractive. L'orientation générale de cette étonnante nébuleuse est probablement liée à une particularité inconnue de la nature des nébuleuses de ce genre. Sans nier, en général, l'effet de l'action attractive, nous estimons que les orientations générales parfois observées tiennent à quelques autres facteurs.

Il est nécessaire de souligner ce fait que pour tous les trois systèmes de nébuleuses à filaments il nous paraît difficile d'identifier la source de leur luminosité à une étoile chaude O–Bo quelconque.

Pour le système de nébuleuses à filaments près de  $20^h 42^m + 31^\circ$  c'est un fait connu depuis longtemps. Pour le nouveau système près de  $o^2$  et  $o^1$  Cygni il n'y a pas non plus d'étoiles O–Bo proches, tout au moins jusqu'à  $9^m$ . Enfin pour le nouveau système dans la constellation d'Auriga on peut trouver à proximité trois faibles étoiles Bo. Cependant si l'on tient compte des dimensions de la zone H II pour ces étoiles, on peut expliquer la luminosité de 2–3 filaments-traces tout au plus, mais non pas de tout le tableau dans son ensemble. Nous savons en général que pour une partie des nébuleuses gazeuses on n'a pas trouvé d'étoiles chaudes excitantes O, Bo, B1. Mais l'absence d'étoiles excitatrices jusqu'à la magnitude 9, tout au moins pour deux des trois systèmes de nébuleuses à filaments connus actuellement, paraît un fait étonnant. Il est fort possible que le mécanisme de luminescence de ces nébuleuses diffère de l'ordinaire.

Si l'on considère ensuite que la largeur et l'épaisseur des différents filaments sont plus ou moins les mêmes ( $d < 3''$ , c.à.d. une très petite partie du parsec) et partant de la mesure minimum d'intensité  $L = SN^2$  quand les filaments peuvent encore être visibles, nous devons aboutir à cette conclusion que la densité des protons ou des électrons  $N_e$  doit être important, probablement  $> 5 \cdot 10^2$ . Dans la corrélation de tous ces faits avec la structure à caractère unique des filaments, on peut voir une indication sur la nature particulière des systèmes de nébuleuses à filaments, différente peut-être dans une certaine mesure de la nature de la majorité des nébuleuses gazeuses.

Pour ce qui est du système de nébuleuses à filaments dans la constellation d'Auriga il n'est pas impossible que nous ayons affaire à un signal lumineux provenant de la Nova Aurigae de 1891. Nous avons découvert ce nouveau système l'hiver 1951 et l'hypothèse, bien que peu probable, émise ici, pourra être vérifiée au cours des années prochaines. Durant trois mois de cette année la nébuleuse n'a pas changé.

Notons à ce propos que nous avons récemment découvert à une distance d'environ  $10'$  de l'étoile novoïde FU Orionis, outre la petite nébuleuse réflective découverte en 1939, une nouvelle nébuleuse sous forme de parabole et enveloppant cette étoile. Il n'est pas exclu qu'il s'agisse ici d'un signal lumineux provenant d'une forte explosion s'étant produite en 1937–9 (plus de  $6^m$ ). Cette nébuleuse a été photographiée en hiver dans de

mauvaises conditions. Cependant, c'est une nébuleuse à filaments, en partie tout au moins.

Le mécanisme de luminescence résultant de la collision des nébuleuses entre elles et avec le milieu interstellaire qui se produit dans certaines conditions dans l'Univers, paraît également peu probable pour les nébuleuses à filaments quand on observe sur un secteur très limité du ciel des dizaines de filaments très effilés. Pour cela il faudrait se figurer, dans des conditions de projection données, la collision d'un grand nombre de nébuleuses animées d'un même mouvement. Il est peu probable également qu'on puisse attribuer le tableau présenté sur nos photos à la turbulence qui a lieu par suite de la pénétration des masses lors de la rencontre des nébuleuses.

4. L'action attractive, les collisions et en particulier la turbulence jouent sans doute un certain rôle, mais il nous paraît fort peu vraisemblable qu'on puisse expliquer de façon satisfaisante les faits observés dont nous avons parlé ci-dessus par l'une de ces hypothèses ou par leur ensemble. Il est également très difficile de se figurer comment des filaments aussi nombreux peuvent se conserver si longtemps même s'ils se sont jamais formés d'une façon ou d'une autre.

L'ensemble des phénomènes observés dans les nébuleuses à filaments semble incompréhensible dans le seul cadre des conceptions gazocinétiques. Aussi doit-on supposer une raison tout à fait particulière de ce phénomène. C'est pourquoi on est porté à croire à la nature électromagnétique du tableau qui se présente sur nos photos. Une telle idée en général ne doit pas paraître artificielle. Dans certaines conditions les mouvements hydrodynamiques peuvent provoquer des phénomènes électromagnétiques et inversement. En particulier il se peut qu'il y ait action réciproque entre la turbulence et le champ magnétique, par suite de quoi peut survenir l'égalité entre la densité de l'énergie magnétique et cinétique. On peut considérer comme un phénomène presque observé la turbulence sous telle ou telle forme dans les nébuleuses gazeuses. De cette façon, en présence d'un faible champ magnétique la turbulence provoquera un accroissement sensible du champ magnétique. Il en résulte que dans les nébuleuses, comme le montrent les considérations d'ordre général, on peut s'attendre à des champs magnétiques d'environ  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  gauss. Bien que le champ magnétique influence l'aspect hydrodynamique des nébuleuses, il est difficile toutefois d'en prévoir les changements réels. Les lignes de forces magnétiques que l'on peut se représenter comme incluses dans la nébuleuse seront transportées par cette dernière dans son mouvement à travers l'espace. En présence d'un champ magnétique la diffusion des particules chargées et les mouvements macroscopiques seront très limités dans la direction perpendiculaire au champ magnétique.

Un certain épanchement de la matière dans la nébuleuse le long des lignes de forces magnétiques paraît probable, mais on en est encore loin de la formation de filaments d'une longueur de plusieurs parsecs, et souvent ce sont nombre de filaments orientés de la même façon sur un secteur très restreint du ciel.

En présence de lignes de forces magnétiques 'congelées' dans les filaments, la stabilité des filaments le long des lignes sera sans doute beaucoup moindre que dans la direction perpendiculaire à ces lignes. De cette façon en présence d'un champ magnétique il nous semble plus aisé de comprendre la formation et l'existence des nébuleuses effilées et peut-être même des filaments. L'hypothèse du champ magnétique est proposée particulièrement pour cette raison qu'il paraît pour le moment impossible de proposer autre chose pour l'explication du phénomène. Cependant il se peut que, malgré tout, nous ne tenions pas compte d'un facteur inconnu quelconque.

5. Notons d'autres groupes de nébuleuses dont les particularités de structure ont un caractère systématique. Ainsi par exemple aux nébuleuses à filaments appartient la nébuleuse NGC 1499, dans laquelle on remarque des filaments orientés dans un même sens sur fond de nébuleuse, effilée également dans la même direction.

Parfois à la place de filaments orientés dans une même direction ou simultanément avec ces filaments on observe d'autres bandes ou détails à sens unique. Ceci donne à la nébuleuse une structure à caractère systématique, parfois une structure ondulée. Comme



exemple de ce genre nous citerons la nébuleuse 'Pélican' avec la partie ouest de la nébuleuse N. America qui lui est contiguë.

6. Dans nos travaux nous avons pu détecter parmi les nébuleuses les plus brillantes un groupe assez nombreux avec concentration de matière à la périphérie ou à quelque distance de la région centrale. A titre d'exemple on peut citer les nébuleuses S3 et McD 27 autour de IC 1805. Il est presque incontestable qu'une telle répartition soit fonction du mouvement de la matière des régions centrales vers l'extérieur sous l'influence de diverses causes, y compris peut-être la pression de la radiation dans le champ de rayonnement  $L\alpha$ .

Aux nébuleuses à concentration périphérique de matière on peut adjoindre des nébuleuses telles que NGC 6523, 6618, 2237 dont la structure sous forme de vestiges d'anneaux, de couches, de segments, de branches écartées, doit être considérée probablement comme le résultat de mouvements systématiques de la matière à l'intérieur de la nébuleuse sous l'action de forces quelconques. Une telle structure qui a pu être décelée en effectuant des expositions successives allant courtes à de longues durées indique que dans le présent ou dans le passé chez certaines nébuleuses s'est manifesté probablement un faible mouvement de la matière des régions centrales principalement vers l'extérieur. L'argument en faveur de l'hypothèse du mouvement de la matière vers l'extérieur réside non seulement dans la présence des vestiges d'anneaux, de couches, de branches, de segments disposés de façon plus ou moins symétrique par rapport à la région centrale (NGC 2237, 6532), mais aussi dans ce fait que ces détails, surtout aux bords offrent un épaissement semblable à des filaments ou à des rims. Ces derniers se présentent naturellement soit comme le résultat de la collision de différentes masses de matière, soit par suite du fait qu'à l'intérieur des nébuleuses des masses de matières en rattrapaient d'autres, soit par suite de rencontres avec d'autres nébuleuses et le milieu interstellaire (effet de freinage).

Il faut souligner que le nombre relatif des nébuleuses, où se manifestent de façon indirecte mais assez évidente les résultats des mouvements systématiques, est assez restreint.

7. Une caractéristique importante des nébuleuses pour l'étude de leur nature et de leur rapport avec les étoiles responsables de leur luminescence est la densité de l'hydrogène et de la masse des nébuleuses. Dans ce but nous avons mesuré les brillances superficielles dans  $H\alpha$  de plusieurs nébuleuses gazeuses. Nous avons appliqué la méthode proposée par V. A. Ambartsumian, D. Menzel et L. Aller. Au premier stade des recherches nous avons obtenu pour les trois nébuleuses NGC 6523, 2237 et 6618 une densité d'électrons et de protons par  $\text{cm}^3$  respectivement de 54, 28 et 110 et pour la masse des nébuleuses 3200, 5800 et 260 masses solaires. Des masses de nébuleuses aussi importantes dans notre Galaxie sont probablement très rares et à en juger d'après l'éclat superficiel et les dimensions de la plupart des nébuleuses leur masse est de l'ordre d'une dizaine d'unités et fractions d'unité de la masse solaire. Il importe de noter également que dans les nébuleuses brillantes mentionnées ci-dessus la masse de matière gazeuse est probablement de plusieurs fois supérieure à la masse des étoiles chaudes qui y sont incluses et qui sont responsables de leur luminescence.

Nous sommes placés devant le fait de l'existence, outre de petites nébuleuses et de faibles mais vastes champs d'hydrogène, de gigantesques systèmes gazeux ou gazo-poussiéreux dont la masse est de l'ordre de milliers et de centaines de masses solaires.

L'étude ultérieure a abouti à la découverte dans les nébuleuses extragalactiques M 33, M 31, M 101, NGC 6822 d'objets gazeux diffus encore plus gigantesques, d'une grandeur absolue allant de  $-7.3$  à  $-12.0$  et ayant une masse de l'ordre de milliers et dizaines de milliers de masses solaires.

La masse de NGC 604 dans M 33 s'évalue même à  $2 \cdot 10^5$  masses solaires. La densité moyenne des protons y est d'environ  $100 \text{ par cm}^3$ . De cette façon dans notre Galaxie, et surtout en dehors d'elle il existe de gigantesques nébuleuses gazeuses ou gazo-poussiéreuses avec une masse extrêmement considérable.

On peut estimer que l'erreur de détermination de la masse d'une nébuleuse atteint à peine le facteur 4. C'est pourquoi les masses des nébuleuses gazeuses découvertes atteignant des

centaines, des milliers et des dizaines de milliers de masses solaires, même si elles sont quatre fois plus petites, restent malgré tout très grandes. Dans un cas seulement les masses peuvent être surestimées de tout un ordre, quand, comme nous l'indiquent V. A. Ambartsumian et I. S. Shklovsky, la nébuleuse présente non pas une formation gazeuse habituelle mais quelque formation purement filamenteuse. D'une manière générale, nous avons émis antérieurement la supposition que dans la structure de certaines nébuleuses se manifeste une filamentosité analogue à celle qui se manifeste avec encore plus d'évidence dans les protubérances où les filaments rappellent une dentelle de fils entremêlés. Nous avons poussé encore plus loin cette analogie et mis en rapport une telle structure de nébuleuses et de protubérances avec des mouvements à caractère magnétohydrodynamique. On pourrait peut-être voir encore en cela une certaine indication indirecte de la présence d'un champ magnétique dans les protubérances et dans certaines nébuleuses.

Récemment I. S. Shklovsky a indiqué que si les masses de certaines nébuleuses gazeuses sont effectivement aussi grandes que le montrent les mesures des brillances superficielles, en ce cas certaines nébuleuses, Orion par exemple, émettant dans les longueurs d'ondes de 10 cm. comme un corps noir, devraient fournir une radio-émission aussi puissante que notre Lune. Il est étonnant que jusqu'à présent une telle émission n'ait pas été détectée. Si par suite d'une étude spéciale des émissions radioélectriques provenant de la nébuleuse de Orion, il résulte un très grand écart pour la valeur de la masse déterminée au moyen d'observations radioélectriques et optiques, il faut sans doute l'attribuer à ce fait que la masse déterminée par voie optique peut être surestimée de tout un ordre. Ce dernier cas n'est possible que si la nébuleuse, comme nous l'avons indiqué plus haut, présente quant à sa structure un enchevêtrement de filaments et non pas une simple formation gazeuse. Nos photos de la nébuleuse de Orion et des autres nébuleuses, obtenues par poses successives, montrent en effet un très grand écart avec la formation à laquelle on aurait pu s'attendre si l'on s'en tenait au cadre des conceptions gazo-cinétiques. Certaines de ces nébuleuses, et en particulier la nébuleuse de Orion, peuvent se concevoir comme une formation gazeuse plus ou moins ordinaire (bien qu'avec de fortes fluctuations dans son éclat) sur laquelle vient se superposer une structure en forme de bandes, filaments et autres détails. Nous avons déjà mentionné plus haut l'analogie entre les nébuleuses et les protubérances en ce qui concerne la structure filamenteuse. Cette analogie peut s'étendre jusqu'à un certain degré à la couronne, dont la structure sous forme de rayons, flux et autres détails s'unit à la symétrie sphérique dans la répartition de la densité qui diminue avec l'accroissement de la distance. En ce qui concerne les nébuleuses nous n'avons pour le moment aucune raison d'affirmer que nous avons affaire ici uniquement à une structure filamenteuse, quoique cette dernière soit une propriété importante des nébuleuses.

Même avec le grand pouvoir séparateur d'un télescope de 250 cm. la structure filamenteuse de la nébuleuse de l'Orion ne paraît pas dominante. Cependant, la présence réelle d'une telle structure ne présente aucun doute et il est impossible de la comprendre pour une formation gazeuse ordinaire. Mais nous serons plus à même de comprendre une telle structure partiellement filamenteuse si nous nous figurons que la nébuleuse gazeuse se trouve dans la zone d'une forte perturbation électromagnétique où les lignes de forces magnétiques sous forme d'écheveau sont 'congelés' dans un gigantesque milieu gazeux ionisé, comme c'est précisément le cas de la nébuleuse.

8. Pour deux gigantesques nébuleuses gazeuses tout au moins NGC 604 et 595 dans M33 nous avons l'indication directe qu'elles contiennent pas moins de deux dizaines de supergéantes blanches, probablement O-B0. Dans la nébuleuse gazeuse encore plus grande NGC 2070, le nombre de supergéantes blanches atteint probablement la centaine. On peut montrer en général que pour exciter la luminescence des nébuleuses gazeuses géantes de plusieurs dizaines de parsecs avec une densité en protons de l'ordre de 50-100 par cm.<sup>3</sup> il faut avoir au moins plusieurs dizaines d'étoiles O-B0. Aussi est-il probable que les gigantesques nébuleuses gazeuses mentionnées ci-dessus, et qui atteignent plusieurs dizaines de parsecs, sont également des associations d'étoiles avec une grande densité partielle pour les étoiles O-B0.

Dans un conglomerat de gaz, d'étoiles et probablement de poussière, comme c'est le cas des gigantesques nébuleuses gazeuses étudiées, la matière nébulaire domine et dépasse de beaucoup par sa masse les étoiles chaudes qui y sont incluses. Nous avons tout lieu de conclure que dans certaines nébuleuses très brillantes la matière gazeuse diffuse joue un rôle important et peut-être même fondamental dans le problème de la genèse et de l'évolution, non seulement des nébuleuses elles-mêmes, mais aussi des étoiles chaudes auxquelles elles sont rattachées au point de vue génétique. Pour ces systèmes tout au moins la matière gazeuse diffuse n'est probablement pas un phénomène secondaire résultant de l'éjection ou de l'écoulement de la matière.

Bien que nos connaissances concernant les gigantesques systèmes gazeux avec leurs étoiles chaudes soient très incertaines on pourrait cependant supposer qu'il existe des divergences importantes sous ce rapport dans différents systèmes extragalactiques. Dans les spirales M 33 (Sc) et M 101 (Sc) nous voyons des formations gazeuses plus grandes par leur masse que dans notre Galaxie (probablement spirale Sb) et dans la nébuleuse d'Andromède (Sb). On trouve également des nébuleuses gazeuses diffuses dans des galaxies irrégulières NGC 2070 et NGC 6822. Comme on sait, il existe sous un certain rapport une parenté entre les galaxies irrégulières et les spirales du type Sc. Bien que nous n'ayons que des exemples isolés, il n'est pourtant pas fortuit qu'on ait trouvé jusqu'à présent les plus grandioses nébuleuses gazeuses diffuses dans les galaxies irrégulières et dans les spirales du type Sc.

La caractéristique de la population de notre Galaxie et des systèmes extragalactiques en ce qui concerne les dimensions et la masse de différentes formations gazeuses et de toute la matière, se trouve peut-être en corrélation étroite avec le développement et l'état des nébuleuses extragalactiques.

9. Examinons enfin la question des rapports qui existent entre les nébuleuses diffuses et les étoiles. Ce problème peut être abordé de différents côtés. En se basant sur nos très nombreuses observations nous nous bornerons ici à l'étude de la répartition relative des étoiles chaudes et des nébuleuses gazeuses dans tout le ciel et dans ses différentes parties. Nous excluons de l'étude les vastes champs d'hydrogène faiblement lumineux. En résolvant la question de la responsabilité de telle ou telle étoile pour la luminescence des nébuleuses gazeuses il faut tenir compte, dans chaque cas, de la dimension de la zone H II et de la disposition de l'étoile par rapport à la nébuleuse. On constate de façon très évidente différentes concentrations dans la répartition des nébuleuses gazeuses dans le ciel. Dans l'ensemble les nébuleuses gazeuses diffuses reproduisent la répartition visible des étoiles chaudes O, B0, B1. Un tel aspect est tout à fait réel et ne le doit qu'en partie seulement à l'influence de la matière obscure. Comme exemple de fluctuations on peut indiquer la région très riche près de  $\gamma$  Cygni et la région extrêmement pauvre dans la constellation de l'Aigle. Cependant dans différents secteurs du ciel se manifestent des écarts assez considérables à l'accord générale entre la répartition des nébuleuses gazeuses et des étoiles chaudes O-B0. Nous citerons en exemple, d'une part, la très forte concentration des supergéantes blanches avec absence complète de nébuleuses dans la constellation de Persée et ses environs, et d'autre part la grande région ayant son centre près de  $20^{\text{h}} 16^{\text{m}} + 42^{\circ}$  ou le maximum de concentration de la matière nébulaire s'écarte fortement du maximum de la concentration des étoiles chaudes.

En étudiant le problème des rapports entre les nébuleuses et les étoiles et le problème du mécanisme de luminescence des nébuleuses il importe de connaître la fréquence avec laquelle on trouve pour les nébuleuses des étoiles chaudes qui leur sont associées et responsables de leur luminosité. Pour avoir des données d'observation plus homogènes nous avons éliminé de notre examen les petites nébuleuses de moins de  $4'$ , car elles sont probablement plus éloignées et les étoiles chaudes responsables de leur luminosité sont sans doute plus faibles que  $9^{\text{m}}.5$ . Même en ce cas on peut indiquer que les étoiles chaudes sont responsables de la luminescence d'à peine un quart des nébuleuses. Ensuite, pour avoir une documentation exhaustive en ce qui concerne les étoiles chaudes nous nous sommes arrêtés seulement à l'étude des nébuleuses isolées les plus brillantes. Or, même dans ce cas, au moins une nébuleuse sur huit ne peut être associée à une étoile de la



classe W, O, B<sub>0</sub>, B<sub>I</sub>. Telles sont, par exemple, la nouvelle nébuleuse S 278 et NGC 7822. Nous sommes ici en présence d'un fait important dont il faudra tenir compte à l'avenir.

Dans le problème des rapports entre nébuleuses et étoiles chaudes ainsi que dans celui de l'écoulement de la matière des étoiles chaudes il importe aussi d'élucider l'inverse, c'est-à-dire la fréquence avec laquelle les étoiles chaudes que nous connaissons de la classe W (celles qui ne sont pas liées à des nébuleuses planétaires), O, B<sub>0</sub>, B<sub>I</sub> s'associent à la matière gazeuse.

Il appert que sur quatre étoiles de la classe W et O deux s'associent sûrement à une nébuleuse et une n'a aucun rapport avec celles-ci. Pour ce qui est des étoiles B<sub>0</sub>-B<sub>I</sub>, nous voyons que sur 4 étoiles une seule s'associe sûrement à une nébuleuse et deux n'ont aucun rapport avec ces dernières.

En divisant les étoiles en deux groupes: étoiles à spectre d'émission et étoiles à spectre normal, nous arrivons à ce résultat surprenant à première vue que par leur tendance à s'associer aux nébuleuses gazeuses, les étoiles chaudes à spectre d'émission (étoiles non stables) sont plutôt moins effectives que les étoiles de la même classe à spectre normal. Ce qui est également inattendu, c'est que dans les limites des classes B<sub>0</sub>, O, W on ne constate avec l'augmentation de la température qu'un faible accroissement de la tendance à s'associer aux nébuleuses. En effet, d'une part il semble que la tendance à l'éjection de la matière doit augmenter fortement avec l'accroissement de la température. D'autre part, le rayon de la zone H II est pour O5 des dizaines de fois plus grand que pour B<sub>0</sub>. Peut-être deux raisons peuvent expliquer ce résultat inattendu: primo, parce que l'échelle de température adoptée pour les étoiles de la classe O est trop haute et la différence de température entre O5 et B<sub>0</sub> n'est pas si grande, et secundo, parce que certaines étoiles de la classe O possèdent peut-être une enveloppe assez dense (densité des électrons de l'ordre de  $10^5$ - $10^6$ ) de sorte que la radiation ionisante y est presque entièrement absorbée.

Parmi d'autres faits d'observation importants pour la cosmogonie il faut noter que les nébuleuses brillantes manifestent une tendance très nette à s'associer non pas à des étoiles chaudes isolées mais à plusieurs étoiles chaudes ou même à un groupe de ces dernières.

C'est là un fait qui ne peut être attribué à la sélection des données d'observation. En particulier, des 16 associations stellaires que nous avons observées 9 sont liées à des nébuleuses importantes par leur grandeur et leur éclat.

Quoique la similitude du tableau de la répartition relative visible des nébuleuses gazeuses diffuses et des étoiles chaudes indique de façon précise les étoiles chaudes comme source principale de la luminescence des nébuleuses, cette similitude ne permet pas par elle-même d'opter pour l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes: (a) hypothèse d'une liaison génétique entre les nébuleuses et les étoiles chaudes, (b) hypothèse d'une contiguïté accidentelle et temporaire des nébuleuses et des étoiles chaudes dans l'espace. Cependant la tendance des nébuleuses gazeuses à s'associer non pas avec une mais avec plusieurs étoiles chaudes ou même avec un groupe de ces dernières, le pourcentage considérable au point de vue du calcul des probabilités des nébuleuses pour lesquelles les étoiles chaudes responsables de leur luminescence sont placées à l'intérieur de ces nébuleuses et enfin quelques autres données d'observation permettent de conclure que pour un grand nombre de nébuleuses encore plus brillantes et plus isolées il y a une liaison non pas accidentelle mais génétique avec les étoiles chaudes responsables de leur luminescence. L'absence quasi-complète d'étoiles chaudes et de nébuleuses gazeuses sur un grand secteur du ciel dans la région de l'Aigle lorsque la densité des autres étoiles à haute luminosité y est plus ou moins normale (Céphéides à longues périodes et étoiles du type  $\alpha$  Ceti) montre qu'il a affinité entre le système des étoiles chaudes et celui des nébuleuses gazeuses et non identité.

Si les systèmes d'étoiles chaudes et de nébuleuses sont absolument indépendants entre eux et si la source principale de luminescence est le mécanisme de collision on ne pourrait apparemment s'attendre à quelque similitude d'ordre général dans la répartition des étoiles chaudes et des nébuleuses. Au contraire, la similitude observée permet de con-



clure que le mécanisme de collision n'est pas la source principale de luminescence. Pourtant le rôle du mécanisme de collision n'est pas, semble-t-il, absolument négligeable. Nous en avons la confirmation dans ce fait que pour un grand nombre de nébuleuses (peut-être pour 15 %) on ne décèle pas d'étoiles chaudes comme source de luminescence et aussi dans cet autre fait que dans certaines régions du ciel on voit se manifester des écarts locaux à la similitude entre la répartition des étoiles chaudes et des nébuleuses. Il est vrai que nous ne tenons pas compte ici de la possibilité peu probable mais non pas exclue que des étoiles froides à rayonnement ultra-violet très fort puissent servir de source de luminescence. Les bords clairs des nébuleuses (effet de rim) assez souvent observés peuvent probablement témoigner en faveur du rôle du mécanisme de collision.

On ne peut probablement pas parler d'une nature unique quelconque de la liaison des étoiles avec les nébuleuses gazeuses diffuses. Par contre, on peut affirmer la liaison génétique entre les étoiles et la matière nébulaire dans les étoiles nébuleuses. Probablement on peut affirmer également la liaison génétique entre nébuleuses et étoiles (surtout quand il s'agit de groupes d'étoiles) si ces dernières sont situées plus ou moins dans la région centrale, en particulier dans les nébuleuses citées ci-dessus où la matière est disposée sur la périphérie. La question de la nature des liaisons est moins claire pour une région comme celle qui est près de  $\gamma$  Cygni et surtout pour la région au nord de  $\gamma$  Cygni. Les collisions y jouent probablement un certain rôle.

Dans la région des nébuleuses sinueuses près de  $20^{\text{h}} 1^{\text{m}} + 36^{\circ}$  les collisions jouent également un certain rôle ainsi que l'excitation provenant des nombreuses étoiles chaudes de cette région. Cette région a été étudiée par S. B. Pikelner et par nous et il a été découvert que dans cette région si peu calme il n'y a pas de turbulence isotrope homogène. Comme nous l'avons déjà dit ci-dessus la question de la nature des nébuleuses à filaments fins n'est pas élucidée. Tout à fait à part se pose la question concernant les étoiles des nuages d'hydrogène étendus à faible éclat. Il est douteux que leur luminescence soit due à l'action sommaire des étoiles faibles de la Galaxie. Dans certains cas les champs d'hydrogène sont liés avec certitude à des étoiles O ou B<sub>0</sub>. Enfin nous avons probablement une liaison génétique de toute autre nature entre la matière nébulaire et les étoiles dans les nébuleuses diffuses géantes, dans lesquelles la matière nébuleuse de beaucoup supérieure par sa masse aux étoiles chaudes qui y sont incluses, joue un rôle dominant.

La formation de la matière interstellaire par voie d'éjection ou d'écoulement a probablement lieu dans l'Univers, mais le rôle et la portée de ce processus ne peuvent être surestimés en ce qui concerne la formation des nébuleuses isolées.

En ce sens l'absence complète de nébuleuses dans la région proche de l'association de Persée qui est probablement la plus riche en étoiles chaudes y compris les nombreuses étoiles à lignes et bandes d'émission est un fait remarquable. En tout cas il ne faut pas comprendre de façon primitive le processus de l'écoulement de la matière comme étant la source de tout ce qui est observé en tant que nébuleuse.

On peut en se basant sur ce qui a été énoncé ci-dessus conclure que dans la région de l'espace qui réunissait les conditions requises pour la formation de grands groupements d'étoiles chaudes (associations) ou petits groupements ou encore d'étoiles chaudes isolées, existaient également les conditions requises pour la formation de nébuleuses gazeuses engendrées probablement par une même source. Cependant il se peut que la formation des étoiles chaudes ne fut pas toujours accompagnée de la formation des nébuleuses, ou bien le temps d'existence des nébuleuses ne représente qu'une petite partie du temps de l'existence des étoiles chaudes.

Pour un exposé plus détaillé des résultats cités dans le présent rapport et pour la bibliographie de cette question on peut se référer aux *Nouvelles de l'Observatoire Astrophysique de Crimée*, tomes VI–X, et aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.*, LXXVIII, LXXXII, LXXXIII, LXXXV.

### Discussion sur l'exposé de SHAJN

Ch. Fehrenbach: Un travail analogue à celui entrepris à Siméïs est actuellement en train à l'Observatoire de Haute-Provence. Commencé en 1950 par B. Strömngren et Ch. Fehrenbach, il est actuellement poursuivi par G. Courtes.

1°. Une exploration de tout le plan galactique a permis de publier une importante liste de nébuleuses à émission, en accord avec le travail identique fait simultanément à Siméïs.

Deux sortes de nébuleuses apparaissent ainsi:

(1) Les nébuleuses filamenteuses signalées par Shajn.

(2) Des nébuleuses rondes avec augmentation de l'éclat vers le bord dont les plus caractéristiques sont celles de  $\mu$  Cep,  $\lambda$  Ori, une grande nébulosité entourant Orion.

2°. Actuellement, le travail est engagé dans l'application des méthodes interférentielles:

(a) l'interféromètre de Savart-Lyot permet la détection et la mesure correcte de l'intensité des nébulosités faibles;

(b) l'interféromètre de Pérot-Fabry permet la mesure des vitesses radiales et des largeurs de raies. Il permet aussi la mise en évidence de raies faibles, telles que N II à côté de H $\alpha$ .

3°. Un dispositif optique permet d'adopter tous ces appareils à un grand télescope et permet ainsi des études fines.

G. Courtes a repris le diagramme de 'Sky and Telescope' de Morgan en remplaçant les données de Yerkes sur les régions H $\alpha$  par ses propres mesures, beaucoup plus nombreuses: il obtient un parallélisme très satisfaisant entre la distribution des associations O donnée par Ambartsumian et ses élèves et ses distributions de H $\alpha$ . Une structure en bras de notre spirale est indiquée nettement, mais de façon moins nette que celle donnée par les observations radioélectriques hollandaises.

### 5. LE RAYONNEMENT CORPUSCULAIRE, COMME FACTEUR D'EVOLUTION DU SOLEIL ET DES ETOILES

Par V. G. FESENKOV, *Membre de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.*

Les propriétés les plus importantes des étoiles sont définies par ses sources d'énergie. Les réactions nucléaires représentent semble-t-il à l'heure actuelle la seule source, capable de produire une quantité suffisante d'énergie pendant toute l'existence de l'étoile. Ainsi, par exemple, notre Soleil, perdant en moyenne deux ergs par seconde et par gramme de sa masse, devrait perdre, rien que dans la période d'existence de notre Terre, sa radiation restant à peu près au niveau actuel,  $2 \cdot 10^8$  milliards d'ergs par gramme au minimum. Actuellement, on suppose que pour les étoiles de la partie supérieure de la Série principale la production d'énergie s'établit par le cycle du carbone de Bethe-Weizsäcker. La production d'énergie peut être simplement exprimée avec une bonne approximation de la manière suivante<sup>(1)</sup>:

$$\epsilon = \epsilon_0 \rho T^\gamma, \quad (1)$$

où pour les étoiles de type solaire l'exposant  $\gamma$  est environ égal à 18, tandis que pour les étoiles très chaudes par exemple de type B il diminue jusqu'à 15. On voit que dans tous les cas cet exposant est assez considérable.

La source d'énergie de l'étoile pour être acceptable au point de vue physique doit pouvoir satisfaire les exigences suivantes. Elle doit assurer au Soleil un débit d'énergie égal en moyenne à 2,2 ergs/gr. sec. Elle doit garantir aussi une activité très prolongée du mécanisme de libération d'énergie parce que notre Soleil rayonne comme une étoile, au moins pendant toute la période d'existence de la Terre, c'est-à-dire 3 milliards d'années au minimum. Elle doit être, enfin, extrêmement sensible aux changements des conditions physiques, surtout de la température, parce que la libération d'énergie par gramme pour les étoiles chaudes et massives varie énormément avec la masse. La