428

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

ET

REVUE MENSUELLE

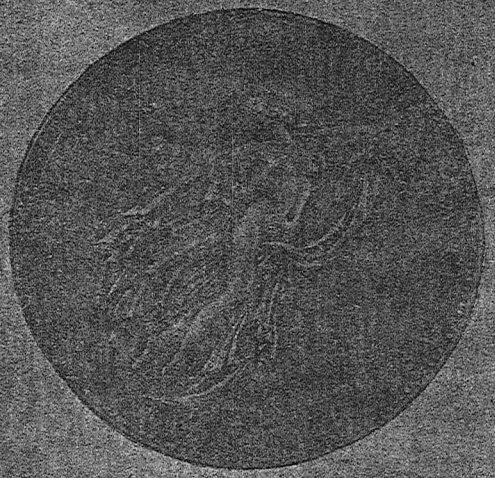
D'ASTRONOMIE, DE MÉTÉOROLOGIE ET DE PHYSIQUE DU GLOBE

Paraissant le 1er de chaque mois

JANVIER 1906

BIBLIOTHÈQUE DE L'OBSERVATOIRE DE STRASBOURG

N'est-il pas étrange que les habitants de notre planète n'aient pas encore cherché jusqu'ici sans aucun succès, à entrer en relation avec les habitants des autres astres ?



PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

HOTEL DES SOCIÉTÉS SAVANTES

28, RUE SERPENTE, 28

IX. — CIEL ÉTOILÉ

Principales curiosités sidérales à observer pendant le mois

Étoiles doubles. — *Mizar et Alcor, gr. 2,4 —5,0 ; dist. 11′48″. — Mizar 2,4 —4,0 ; 14″,5. — ψ* Dragon 4,8 —6,0 ; 31″. — *η* Cassiopée 4,7 —7,0 ; 5″,7. — *γ Andromède 2,2 —5,5 ; 10″. — η* Persée 4,2 —8,5 ; 28″. — *ε* Persée 3,3 —8,5 ; 9″. — *Castor 2,5 —3,0 ; 5″,6. — θ¹ Orion 5 —6 —7 —8 ; 9″ à 21″. — θ² Orion 5,5 —6,5 ; 52″. —*

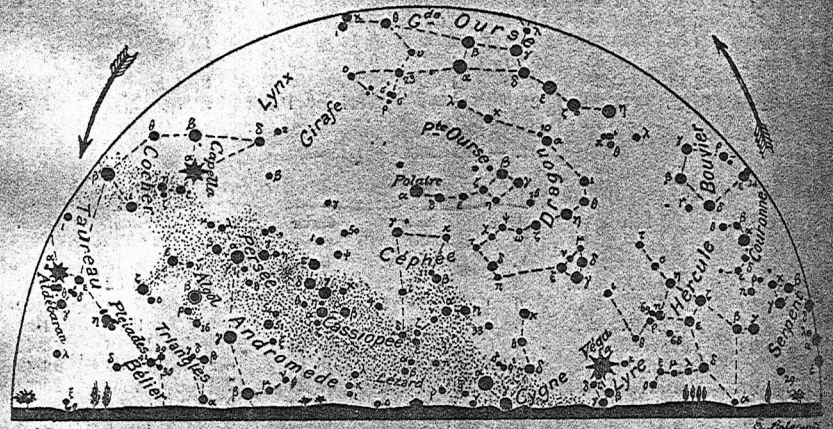


Fig. 64. — Aspect du ciel, côté du Nord, le 1er avril à 21h 30m ou le 15 à 20h 30m.

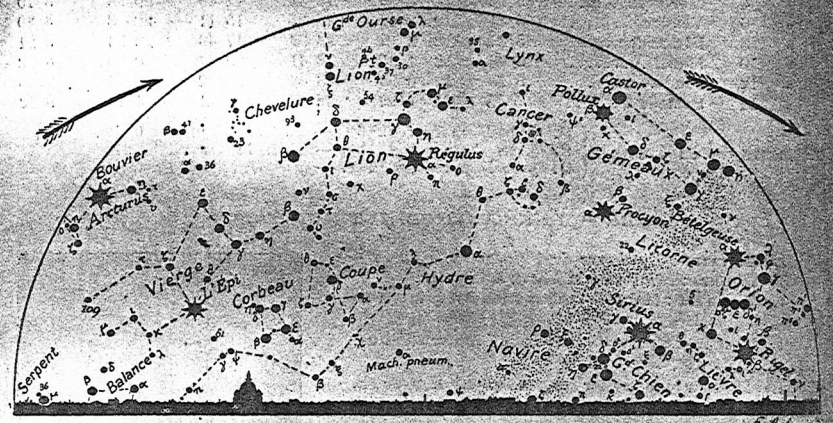


Fig. 65. — Aspect du ciel, côté du Sud, le 1er avril à 21h 30m ou le 15 à 20h 30m.

δ Orion 2,6 —7 ; 53″. — ι Orion 3,0 — 5,8 ; 6″. — σ Orion 4,2 —8 —7 ; 12″ à 42″. — 54 Lion 4,5 — 7 ; 6″,3. — τ Lion 5,2 — 7 ; 94″. — γ Vierge 3,0 —3,2 ; 5″,0. — π Bouvier 4,3 —6 ; 6″. — κ Bouvier 5,0 —7,0 ; 12″,8. — ι Bouvier 4,6 — 8 ; 38″. — ζ Couronne 4,5 — 6,0 ; 6,4.

Amas d'étoiles et nébuleuses : Les Pléiades, les Hyades. Amas de Persée, des Gémeaux du Cancer et du Grand Chien. — Nébuleuse d'Orion. G. Blum.

Le Secrétaire général,
Directeur-Gérant du *Bulletin*,
CAMILLE FLAMMARION.

Imp. de la Société Astronomique de France (Ch. Bivort), 33, rue Jean-Jacques-Rousseau, Paris.

LA VOIE LACTÉE ET LA THÉORIE DES GAZ

Par **H. POINCARÉ**, de l'Institut, ancien président de la Société.

Les considérations dont je veux vous entretenir aujourd'hui ont peu attiré jusqu'ici l'attention des astronomes; je n'aurais guère à vous citer qu'une

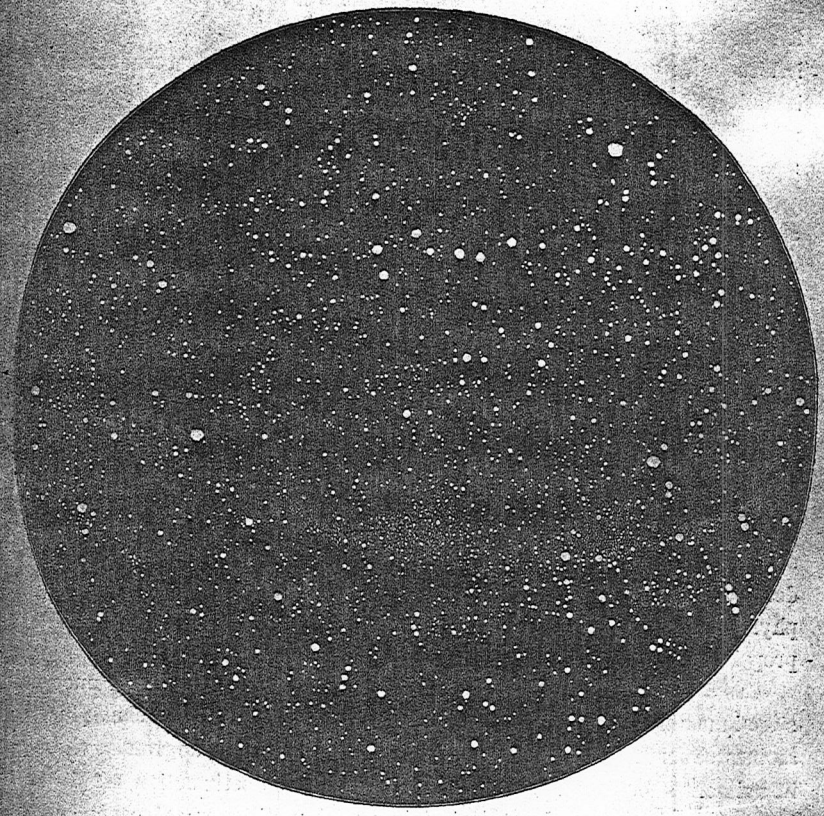


Fig. 66. — La Voie Lactée dans l'Hémisphère Boréal.

idée ingénieuse de lord Kelvin, qui nous a ouvert un nouveau champ de recherches, mais qui attend encore qu'on l'y suive. Je n'ai pas non plus de résultats originaux à vous faire connaître, et tout ce que je puis faire, c'est de vous donner une idée des problèmes qui se posent, mais que personne jusqu'à ce jour ne s'est préoccupé de résoudre.

Vous savez tous comment un grand nombre de physiciens modernes se représentent la constitution des gaz; les gaz sont formés d'une multitude

innombrable de molécules qui, animées de grandes vitesses, se croisent et s'entrecroisent dans tous les sens. Ces molécules agissent probablement à distance les unes sur les autres, mais cette action décroît très rapidement avec la distance, de sorte que leurs trajectoires restent sensiblement rectilignes; elles ne cessent de l'être que quand deux molécules viennent à passer assez près l'une de l'autre; dans ce cas, leur attraction ou leur répulsion mutuelle les fait dévier à droite ou à gauche. C'est ce qu'on appelle quelquefois un choc; mais il n'y a pas lieu d'entendre ce mot *choc* dans son sens habituel; il n'est pas nécessaire que les deux molécules viennent en contact, il suffit qu'elles approchent assez l'une de l'autre pour que leurs attractions mutuelles deviennent sensibles. Les lois de la déviation qu'elles subissent sont les mêmes que s'il y avait eu un choc véritable.

Il semble d'abord que les chocs désordonnés de cette innombrable poussière ne peuvent engendrer qu'un chaos inextricable devant lequel l'analyste doit reculer. Mais la loi des grands nombres, cette loi suprême du hasard, vient à notre aide; en face d'un demi-désordre, nous devrions désespérer; mais dans le désordre extrême, cette loi statistique rétablit une sorte d'ordre moyen, où l'esprit peut se reprendre. C'est l'étude de cet ordre moyen qui constitue la théorie cinétique des gaz; elle nous montre que les vitesses des molécules sont également réparties entre toutes les directions, que la grandeur de ces vitesses varie d'une molécule à l'autre, mais que cette variation même est soumise à une loi, dite loi de Maxwell. Cette loi nous apprend combien il y a de molécules animées de telle ou telle vitesse. Dès que le gaz s'écarte de cette loi, les chocs mutuels des molécules, en modifiant la grandeur et la direction de leurs vitesses, tend à l'y ramener promptement. Les physiciens se sont efforcés, non sans succès, d'expliquer de cette manière les propriétés expérimentales des gaz, par exemple la loi de Mariotte.

Considérons maintenant la Voie Lactée; là aussi nous voyons une poussière innombrable, seulement les grains de cette poussière ne sont plus des atomes, ce sont des astres; ces grains se meuvent aussi avec de grandes vitesses: ils agissent à distance les uns sur les autres, mais cette action est si faible à grande distance que leurs trajectoires sont rectilignes; et cependant, de temps en temps, deux d'entre eux peuvent s'approcher assez pour être déviés de leur route, comme une comète qui a passé trop près de Jupiter. En un mot, aux yeux d'un géant pour qui nos Soleils seraient ce que sont pour nous nos atomes, la Voie Lactée ne semblerait qu'une bulle de gaz.

Telle a été l'idée directrice de lord Kelvin. Que pouvons-nous tirer de cette comparaison? Dans quelle mesure est-elle exacte? C'est ce que nous allons rechercher ensemble; mais avant d'arriver à une conclusion définitive, et sans vouloir la préjuger, nous pressentons que la théorie cinétique des gaz

sera pour l'astronome un modèle qu'il ne devra pas suivre aveuglément, mais dont il pourra utilement s'inspirer. Jusqu'à présent, la Mécanique céleste ne s'est attaquée qu'au système solaire, ou à quelques systèmes d'étoiles doubles. Devant cet ensemble présenté par la Voie Lactée, ou les amas d'étoiles, ou les nébuleuses résolubles, elle reculait, parce qu'elle n'y

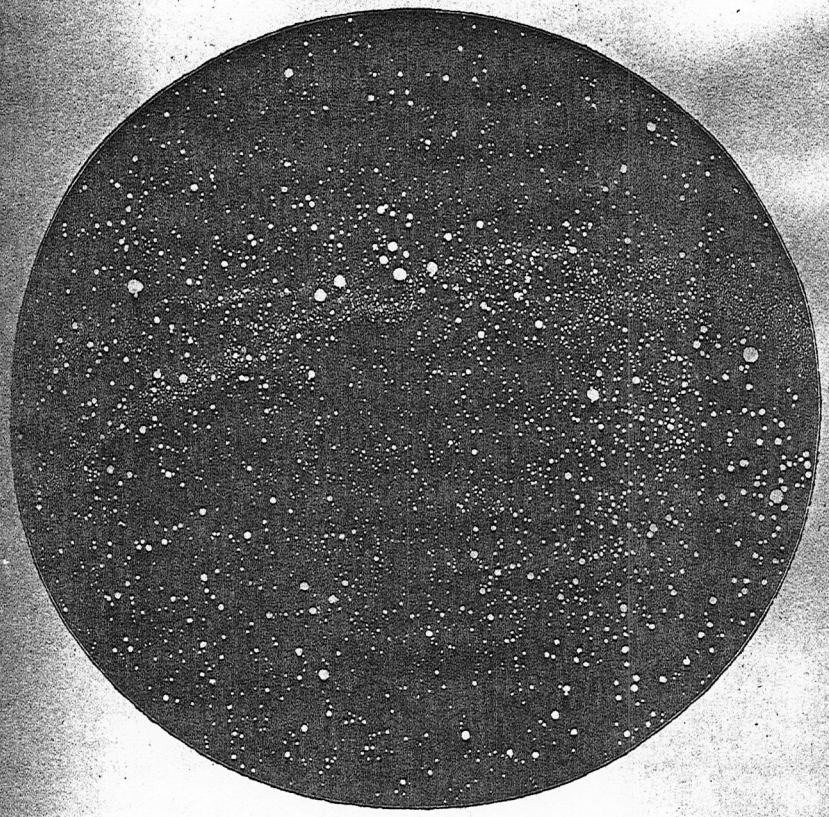


Fig. 67. — La Voie Lactée dans l'Hémisphère Austral.

voyait que le chaos. Mais la Voie Lactée n'est pas plus compliquée qu'un gaz; les méthodes statistiques fondées sur le calcul des probabilités, applicables à celui-ci, le sont aussi à celle-là. Avant tout, il importe de se rendre compte de la ressemblance des deux cas, et de leur différence.

Lord Kelvin s'est efforcé de déterminer par ce moyen les dimensions de la Voie Lactée; on en est réduit pour cela à compter les étoiles visibles dans nos télescopes; mais nous ne sommes pas sûrs que derrière les étoiles que nous voyons, il n'y en a pas d'autres que nous ne voyons pas; de sorte que ce

que nous mesurerions de cette manière, ce ne serait pas la grandeur de la Voie Lactée, ce serait la portée de nos instruments. La théorie nouvelle va nous offrir d'autres ressources. En effet, nous connaissons les mouvements des étoiles les plus voisines de nous, et nous pouvons nous faire une idée de la grandeur et de la direction de leurs vitesses propres. Si les idées exposées plus haut sont exactes, ces vitesses doivent suivre la loi de Maxwell, et leur valeur moyenne nous fera connaître, pour ainsi dire, ce qui correspond à la température de notre gaz fictif. Mais cette température dépend elle-même des dimensions de notre bulle gazeuse. Comment va, en effet, se comporter une masse gazeuse abandonnée dans le vide, si ses éléments s'attirent d'après la loi de Newton? Elle va prendre la forme sphérique; de plus, par suite de la gravitation, la densité va être plus grande au centre, la pression croîtra aussi de la superficie au centre à cause du poids des parties extérieures attirées vers le centre; enfin, la température croîtra vers le centre: la température et la pression étant liées par la loi dite adiabatique, comme il arrive dans les couches successives de notre atmosphère. A la surface même, la pression sera nulle, et il en sera de même de la température absolue, c'est-à-dire de la vitesse des molécules.

Une question se pose ici : j'ai parlé de la loi adiabatique, mais cette loi n'est pas la même pour tous les gaz, puisqu'elle dépend du rapport de leurs deux chaleurs spécifiques; pour l'air et les gaz analogues, ce rapport est de 1,42; mais est-ce à l'air qu'il conviendrait d'assimiler la Voie Lactée? Evidemment non; elle devrait être regardée comme un gaz monoatomique comme la vapeur de mercure, comme l'argon, comme l'hélium, c'est-à-dire que le rapport des chaleurs spécifiques devrait être pris égal à 1,66. Et, en effet, une de nos molécules ce serait par exemple le système solaire; mais les planètes sont de bien petits personnages, le Soleil seul compte, de sorte que notre molécule est bien monoatomique. Et si nous prenons même une étoile double, il est probable que l'action d'un astre étranger qui viendrait à en approcher deviendrait assez sensible pour dévier le mouvement de translation général du système bien avant d'être capable de troubler les orbites relatives des deux composantes ; l'étoile double, en un mot, se comporterait comme un atome indivisible.

Quoi qu'il en soit, la pression, et par conséquent la température, au centre de la sphère gazeuse seraient d'autant plus grandes que la sphère serait plus grosse, puisque la pression s'accroît du poids de toutes les couches superposées. Nous pouvons supposer que nous sommes à peu près au centre de la Voie Lactée, et en observant la vitesse moyenne propre des étoiles, nous connaîtrons ce qui correspond à la température centrale de notre sphère gazeuse et nous déterminerons son rayon.

Nous pouvons nous faire une idée du résultat par les considérations



Fig. 68. — Photographie de la Grande Nébuleuse d'Andromède, par Isaac Roberts

suivantes ; faisons une hypothèse plus simple : la Voie Lactée est sphérique, et les masses y sont réparties d'une façon homogène; il en résulte que les

astres y décrivent des ellipses ayant même centre. Si nous supposons que la vitesse s'annule à la surface, nous pouvons calculer cette vitesse au centre par l'équation des forces vives. Nous trouvons ainsi que cette vitesse est proportionnelle au rayon de la sphère et à la racine carrée de sa densité. Si la masse de cette sphère était celle du Soleil et son rayon celui de l'orbite terrestre, cette vitesse serait (il est aisé de le voir) celle de la Terre sur son orbite. Mais dans le cas que nous avons supposé, la masse du Soleil devrait être répartie dans une sphère de rayon 1 000 000 fois plus grand, ce rayon étant la distance des étoiles les plus rapprochées; la densité est donc 10^{18} fois plus petite; or, les vitesses sont du même ordre, donc il faut que le rayon soit 10^9 fois plus grand, soit 1 000 fois la distance des étoiles les plus rapprochées, ce qui ferait environ un milliard d'étoiles dans la Voie Lactée.

Mais vous allez dire que ces hypothèses s'écartent beaucoup de la réalité; d'abord, la Voie Lactée n'est pas sphérique et nous allons revenir bientôt sur ce point, et ensuite la théorie cinétique des gaz n'est pas compatible avec l'hypothèse d'une sphère homogène. Mais en faisant le calcul exact conformément à cette théorie, on trouverait un résultat différent sans doute, mais du même ordre de grandeur; or, dans un pareil problème, les données sont si incertaines que l'ordre de grandeur est le seul but que nous puissions viser.

Et ici une première remarque se présente; le résultat de lord Kelvin que je viens de retrouver par un calcul approximatif, concorde sensiblement avec les évaluations que les observateurs ont pu faire avec leurs télescopes; de sorte qu'il faudrait conclure que nous sommes tout près de percer la Voie Lactée. Mais cela nous permet de résoudre une autre question. Il y a les étoiles que nous voyons parce qu'elles brillent; mais ne pourrait-il y avoir des astres obscurs qui circuleraient dans les espaces interstellaires et dont l'existence pourrait rester longtemps ignorée? Mais alors, ce que nous donnerait la méthode de lord Kelvin, ce serait le nombre total des étoiles, en y comprenant les étoiles obscures; comme son chiffre est comparable à celui que donne le télescope, c'est qu'il n'y a pas de matière obscure, ou du moins qu'il n'y en a pas tant que de matière brillante.

Avant d'aller plus loin, nous devons envisager le problème sous un autre biais. La Voie Lactée ainsi constituée est-elle bien l'image d'un gaz proprement dit? On sait que Crookes a introduit la notion d'un quatrième état de la matière, où les gaz devenus trop raréfiés ne sont plus de vrais gaz et deviennent ce qu'il appelle la matière radiante. La Voie Lactée, vu la faiblesse de sa densité, sera-t-elle l'image de la matière gazeuse ou celle de la matière radiante? Ce sera la considération de ce qu'on appelle le *libre parcours* qui nous fournira la réponse.

La trajectoire d'une molécule gazeuse peut être regardée comme formée

de segments rectilignes raccordés par des arcs très petits correspondant aux chocs successifs. La longueur de chacun de ces segments est ce qu'on appelle le libre parcours; cette longueur n'est pas la même, bien entendu, pour tous les segments et pour toutes les molécules; mais on peut prendre une moyenne; c'est ce que l'on appelle le *parcours moyen*. Celui-ci est d'autant plus grand que la densité du gaz est plus faible. La matière sera radiante si le parcours moyen est plus grand que les dimensions du vase où le gaz est enfermé, de

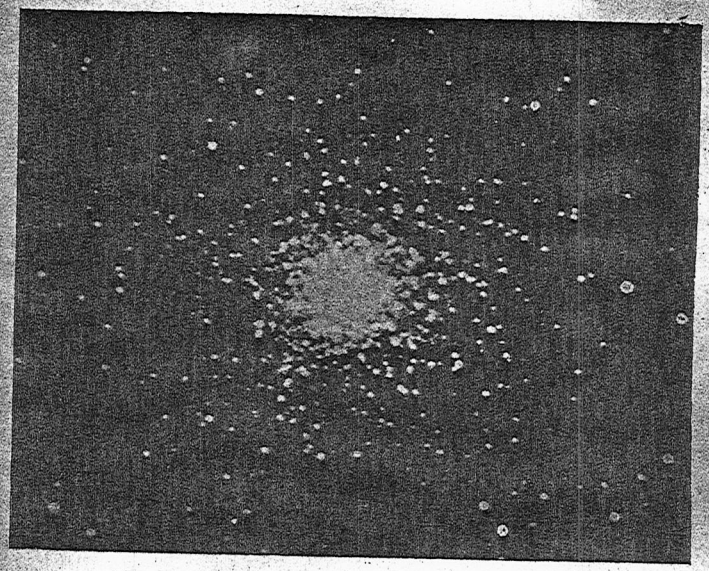


Fig. 69. — Type d'un amas globulaire. Photographie de l'amas d'Hercule, par Isaac Roberts.

façon qu'une molécule ait chance de parcourir le vase entier sans subir de choc; elle reste gazeuse dans le cas contraire. Il résulte de là qu'un même fluide peut être radiant dans un petit vase et gazeux dans un grand vase; c'est peut-être pour cela que, dans un tube de Crookes, il faut pousser le vide d'autant plus loin que le tube est plus grand.

Qu'arrive-t-il alors pour la Voie Lactée? C'est une masse de gaz dont la densité est très faible, mais dont les dimensions sont très grandes; une étoile a-t-elle des chances de la traverser sans subir de choc, c'est-à-dire sans passer assez près d'une autre étoile pour être sensiblement déviée de sa route? Qu'entendons-nous par *assez près?* Cela est forcément un peu arbitraire; mettons que cela soit la distance du Soleil à Neptune, ce qui représenterait une déviation d'une dixaine de degrés; supposons donc chacune de nos étoiles enveloppée d'une sphère de garde de ce rayon; une droite pourra-t-elle passer

entre ces sphères? A la distance moyenne des étoiles de la Voie Lactée, le rayon de ces sphères sera vu sous un angle d'un dixième de seconde environ; et nous avons un milliard d'étoiles. Plaçons sur la sphère céleste un milliard de petits cercles d'un dixième de seconde de rayon. Avons-nous des chances pour que ces cercles recouvrent un grand nombre de fois la sphère céleste? Loin de là; ils n'en recouvriront que la seize millième partie. Ainsi, la Voie Lactée n'est pas l'image de la matière gazeuse, mais celle de la matière radiante de Crookes. Néanmoins, comme nos conclusions précédentes sont heureusement très peu précises, nous n'avons pas à les modifier sensiblement.

Mais il y a une autre difficulté : la Voie Lactée n'est pas sphérique, et nous avons jusqu'ici raisonné comme si elle l'était, puisque c'est là la forme d'équilibre que prendrait un gaz isolé dans l'espace. Il existe, en revanche, des amas d'étoiles dont la forme est globulaire et auxquels s'appliquerait mieux ce que nous venons de dire jusqu'ici. Herschel s'était déjà préoccupé d'expliquer leurs remarquables apparences. Il supposait que les étoiles des amas sont uniformément distribuées, de telle façon qu'un amas soit une sphère homogène; chaque étoile alors décrirait une ellipse et toutes ces orbites seraient parcourues dans le même temps, de sorte qu'au bout d'une période l'amas retrouverait sa configuration primitive et que cette configuration serait stable. Malheureusement, les amas ne paraissent pas homogènes; on observe une condensation au centre, on l'observerait quand même la sphère serait homogène, puisqu'elle est plus épaisse au centre; mais elle ne serait pas aussi accentuée. On peut donc plutôt comparer un amas à un gaz en équilibre adiabatique et qui prend la forme sphérique parce que c'est la figure d'équilibre d'une masse gazeuse.

Mais, direz-vous, ces amas sont beaucoup plus petits que la Voie Lactée, dont ils font même probablement partie, et bien qu'ils soient plus denses, ils nous donneront plutôt quelque chose d'analogue à de la matière radiante; or, les gaz n'atteignent leur équilibre adiabatique que par suite des chocs innombrables des molécules. Il y aurait peut-être moyen d'arranger cela. Supposons que les étoiles de l'amas aient justement assez d'énergie pour que leur vitesse s'annule quand elles arrivent à la surface; alors, elles pourront traverser l'amas sans choc, mais arrivées à la surface, elles reviendront en arrière et le traverseront de nouveau; après un grand nombre de traversées, elles finiront par être déviées par un choc; dans ces conditions, nous aurions encore une matière que l'on pourrait regarder comme gazeuse; si par hasard il y avait eu dans l'amas des étoiles dont la vitesse était plus grande, elles en sont sorties depuis longtemps, elles l'ont quitté pour n'y plus revenir. Pour toutes ces raisons, il serait curieux d'examiner les amas connus, de chercher

à se rendre compte de la loi des densités et de voir si c'est la loi adiabatique des gaz.

Mais revenons à la Voie Lactée; elle n'est pas sphérique et on se la représenterait plutôt comme un disque aplati. Il est clair alors qu'une masse partie sans vitesse de la surface arrivera au centre avec des vitesses différentes, suivant qu'elle sera partie de la surface dans le voisinage du milieu du disque, ou bien du bord du disque; la vitesse serait notablement plus grande dans le dernier cas.

Or, jusqu'à présent, nous avons admis que les vitesses propres des étoiles, celles que nous observons, doivent être comparables à celles qu'atteindraient de semblables masses; ceci entraîne un certain embarras. Nous avons donné plus haut une valeur pour les dimensions de la Voie Lactée, et nous l'avons déduite des vitesses propres observées qui sont du même ordre de grandeur que celle de la Terre sur l'orbite; mais quelle est la dimension que nous avons mesurée ainsi? Est-ce l'épaisseur? est-ce le rayon du disque? C'est sans doute quelque chose d'intermédiaire; mais que pouvons-nous dire alors de l'épaisseur elle-même, ou du rayon du disque? Les données me manquent pour faire le calcul; je me borne à vous faire entrevoir la possibilité de fonder une évaluation au moins approchée sur une discussion approfondie des mouvements propres.

Et alors, nous nous trouvons en présence de deux hypothèses : ou bien les étoiles de la Voie Lactée sont animées de vitesses qui sont en majorité parallèles au plan galactique, mais d'ailleurs distribuées uniformément dans tous les sens parallèlement à ce plan. S'il en est ainsi, l'observation des mouvements propres doit nous révéler une prépondérance des composantes parallèles à la Voie Lactée; c'est à voir, car je ne sais si une discussion systématique a été faite à ce point de vue. D'autre part, un pareil équilibre ne saurait être que provisoire, car par suite des chocs, les molécules, je veux dire les astres, vont acquérir à la longue des vitesses notables dans le sens perpendiculaire à la Voie Lactée et finiront par sortir de son plan, de sorte que le système tendra vers la forme sphérique, seule figure d'équilibre d'une masse gazeuse isolée.

Ou bien le système tout entier est animé d'une rotation commune, et c'est pour cette raison qu'il est aplati comme la Terre, comme Jupiter, comme tous les corps qui tournent. Seulement, comme l'aplatissement est considérable, il faut que la rotation soit rapide; rapide sans doute, mais il faut s'entendre sur le sens de ce mot. La densité de la Voie Lactée est 10^{25} fois plus faible que celle du Soleil; une vitesse de rotation qui sera $\sqrt{10^{25}}$ fois plus petite que celle du Soleil, lui serait donc équivalente au point de vue de l'aplatissement; une vitesse 10^{12} fois plus lente que celle de la Terre, soit un trentième de

seconde d'arc par siècle, sera une rotation très rapide, presque trop rapide pour que l'équilibre stable soit possible.

Dans cette hypothèse, les mouvements propres observables nous paraîtront uniformément distribués et il n'y aura plus de prépondérance pour les composantes parallèles au plan galactique. Ils ne nous apprendront rien sur la rotation elle-même, puisque nous faisons partie du système tournant. Si les nébuleuses spirales sont d'autres Voies Lactées, étrangères à la nôtre, elles ne sont pas entraînées dans cette rotation, et on pourrait étudier leurs mouvements propres. Il est vrai qu'elles sont très éloignées; si une nébuleuse a les dimensions de la Voie Lactée et si son rayon apparent est par exemple de 20″, sa distance est 10 000 fois le rayon de la Voie Lactée.

Mais cela ne fait rien, puisque ce n'est pas sur la translation de notre système que nous leur demandons des renseignements, mais sur sa rotation. Les étoiles fixes, par leur mouvement apparent, nous révèlent bien la rotation diurne de la Terre, bien que leur distance soit immense. Malheureusement, la rotation possible de la Voie Lactée, si rapide qu'elle soit relativement, est bien lente au point de vue absolu, et d'ailleurs les pointés sur les nébuleuses ne peuvent être très précis; il faudrait donc des milliers d'années d'observations pour apprendre quelque chose.

Quoi qu'il en soit, dans cette deuxième hypothèse, la figure de la Voie Lactée serait une figure d'équilibre définitif.

Je ne discuterai pas plus longtemps la valeur relative de ces deux hypothèses parce qu'il y en a une troisième qui est peut-être plus vraisemblable. On sait que parmi les nébuleuses irrésolubles, on peut distinguer plusieurs familles : les nébuleuses irrégulières comme celle d'Orion, les nébuleuses planétaires et annulaires, le nébuleuses spirales. Les spectres des deux premières familles ont été déterminés, ils sont discontinus; ces nébuleuses ne sont donc pas formées d'étoiles; d'ailleurs leur distribution sur le ciel paraît dépendre de la Voie Lactée; soit qu'elles aient une tendance à s'en éloigner, soit au contraire à s'en rapprocher, elles font donc partie du système. Au contraire, les nébuleuses spirales sont généralement considérées comme indépendantes de la Voie Lactée; on admet qu'elles sont comme elle formées d'une multitude d'étoiles, que ce sont, en un mot, d'autres Voies Lactées très éloignées de la nôtre. Les travaux récents de Stratonoff tendent à nous faire regarder la Voie Lactée elle-même comme une nébuleuse spirale, et c'est là la troisième hypothèse dont je voulais vous parler.

Comment expliquer les apparences si singulières présentées par les nébuleuses spirales, et qui sont trop régulières et trop constantes pour être dues au hasard? Tout d'abord, il suffit de jeter les yeux sur une de ces images pour voir que la masse est en rotation; on peut même voir quel est le sens de la

rotation; tous les rayons spiraux sont courbés dans le même sens; il est évident que c'est l'*aile marchante* qui est en retard sur le *pivot* et cela détermine le sens de la rotation. Mais ce n'est pas tout; il est clair que ces nébuleuses ne peuvent pas être assimilées à un gaz en repos, ni même à un gaz en équilibre relatif sous l'empire d'une rotation uniforme; il faut les comparer à un gaz en mouvement permanent dans lequel règnent des courants intestins.

Supposons, par exemple, que la rotation du noyau central soit rapide (vous

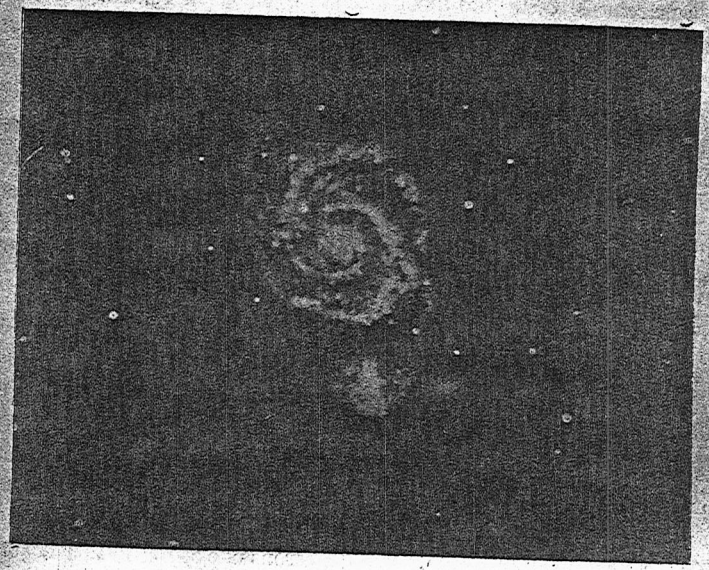


Fig. 70. — La nébuleuse en spirale des Chiens de Chasse. (Photographie d'Isaac Roberts).

savez ce que j'entends par ce mot), trop rapide pour l'équilibre stable; alors à l'équateur la force centrifuge l'emportera sur l'attraction, et les étoiles vont tendre à s'évader par l'équateur et formeront des courants divergents; mais en s'éloignant, comme leur moment de rotation reste constant, et que le rayon vecteur augmente, leur vitesse angulaire va diminuer, et c'est pour cela que l'aile marchante semble en retard.

Dans cette manière de voir, il n'y aurait pas un véritable mouvement permanent, le noyau central perdrait constamment de la matière qui s'en irait pour ne plus revenir et se viderait progressivement. Mais nous pouvons modifier l'hypothèse. A mesure qu'elle s'éloigne, l'étoile perd sa vitesse et finit par s'arrêter; à ce moment l'attraction la ressaisit et la ramène vers le noyau; il y aura donc des courants centripètes. Il faut admettre que les

courants centripètes sont au premier rang et les courants centrifuges au deuxième rang, si nous reprenons la comparaison avec une troupe en bataille qui exécute une conversion; et, en effet, il faut que la force centrifuge composée soit compensée par l'attraction exercée par les couches centrales de l'essaim sur les couches extrêmes.

D'ailleurs, au bout d'un certain temps, un régime permanent s'établit; l'essaim s'étant courbé, l'attraction exercée sur le pivot par l'aile marchante tend à ralentir le pivot et celle du pivot sur l'aile marchante tend à accélérer la marche de cette aile qui n'augmente plus son retard, de sorte que finalement tous les rayons finissent par tourner avec une vitesse uniforme. On peut admettre toutefois que la rotation du noyau est plus rapide que celle des rayons.

Une question subsiste; pourquoi ces essaims centripètes et centrifuges tendent-ils à se concentrer en rayons au lieu de se disséminer un peu partout? Pourquoi ces rayons se répartissent-ils régulièrement? Si les essaims se concentrent, c'est à cause de l'attraction exercée par les essaims déjà existants sur les étoiles qui sortent du noyau dans leur voisinage. Dès qu'une inégalité s'est produite, elle tend à s'accentuer par cette cause.

Pourquoi les rayons se répartissent-ils régulièrement? Cela est plus délicat. Supposons qu'il n'y ait pas de rotation, que tous les astres soient dans deux plans rectangulaires de façon que leur distribution soit symétrique par rapport à ces deux plans. Par symétrie, il n'y aurait pas de raison pour qu'ils sortent de ces plans, ni pour que la symétrie s'altère. Cette configuration nous donnerait donc l'équilibre, mais *ce serait un équilibre instable.*

S'il y a rotation au contraire, nous trouverons une configuration d'équilibre analogue avec quatre rayons courbes, égaux entre eux et se coupant à 90°, et si la rotation est assez rapide, cet équilibre pourra être stable.

Je ne suis pas en état de préciser davantage : il me suffit de vous faire entrevoir que ces formes spirales pourront peut-être être expliquées un jour en ne faisant intervenir que la loi de gravitation et des considérations statistiques rappelant celles de la théorie des gaz.

Ce que je viens de vous dire des courants intestins vous montre qu'il pourra y avoir quelque intérêt à discuter systématiquement l'ensemble des mouvements propres; c'est ce qu'on pourra entreprendre dans une centaine d'années, quand on fera la seconde édition de la Carte du ciel et qu'on la comparera à la première, celle que nous faisons maintenant.

Mais je voudrais, pour terminer, appeler votre attention sur une question, celle de l'âge de la Voie Lactée ou des Nébuleuses. Si ce que nous avons cru voir venait à se confirmer, nous pourrions nous en faire une idée. Cette espèce

d'équilibre statistique dont les gaz nous donnent le modèle ne peut s'établir qu'à la suite d'un grand nombre de chocs. Si ces chocs sont rares, il ne pourra se produire qu'après un temps très long; si réellement la Voie Lactée (ou au moins les amas qui en font partie), si les nébuleuses ont atteint cet équilibre, c'est qu'elles sont très vieilles, et nous aurons une limite inférieure de leur âge. Nous en aurions également une limite supérieure; cet équilibre n'est pas définitif et ne saurait durer toujours. Nos nébuleuses spirales seraient assimilables à des gaz animés de mouvements permanents; mais les gaz en mouvement sont visqueux et leurs vitesses finissent par s'user. Ce qui correspond ici à la viscosité (et qui dépend des chances de choc des molécules) est excessivement faible, de sorte que le régime actuel pourra persister pendant un temps extrêmement long, pas toujours cependant, de sorte que nos Voies Lactées ne pourront vivre éternellement ni devenir infiniment vieilles.

Et ce n'est pas tout. Considérons notre atmosphère : à la surface doit régner une température infiniment petite et la vitesse des molécules y est voisine de zéro. Mais il ne s'agit que de la vitesse moyenne; par suite des chocs, une de ces molécules pourra acquérir (rarement il est vrai), une vitesse énorme, et alors elle va sortir de l'atmosphère, et une fois sortie elle n'y rentrera plus; notre atmosphère se vide donc ainsi avec une extrême lenteur. La Voie Lactée va aussi de temps en temps perdre une étoile par le même mécanisme, et cela également limite sa durée.

Eh bien, il est certain que si nous supputons de cette façon l'âge de la Voie Lactée, nous allons trouver des chiffres énormes. Mais ici une difficulté se présente. Certains physiciens, se fondant sur d'autres considérations, estiment que les Soleils ne peuvent avoir qu'une existence éphémère, cinquante millions d'années environ; notre minimum serait bien plus grand que cela. Faut-il croire que l'évolution de la Voie Lactée a commencé quand la matière était encore obscure? Mais comment les étoiles qui la composent sont-elles arrivées toutes en même temps à l'âge adulte, âge qui doit si peu durer? Ou bien doivent-elles y arriver toutes successivement, et celles que nous voyons ne sont-elles qu'une faible minorité auprès de celles qui sont éteintes ou qui s'allumeront un jour? Mais comment concilier cela avec ce que nous avons dit plus haut sur l'absence de matière obscure en proportion notable? Devrons-nous abandonner l'une des deux hypothèses, et laquelle? Je me borne à signaler la difficulté sans prétendre la résoudre; je terminerai donc sur un grand point d'interrogation. Aussi bien est-il intéressant de poser des problèmes, même quand la solution en semble bien lointaine.

Pour rendre à nouveau le relief à notre planète, l'auteur est convaincu qu'une comète venant à passer fort près de la Terre déterminera une marée prodigieuse qui modèlera à nouveau de puissants massifs montagneux.

Si les comètes ont une utilité, ce que nous ignorons, hélas, celle-ci serait au moins dangereuse pour les habitants de notre planète.

M. Jarry Desloges, à Paris : « Recherche du meilleur climat pour les observations astronomiques ». Dans ce travail, l'auteur examine successivement la valeur des diverses stations de montagnes et de plaines de la France continentale au point de vue des observations, puis celles de l'Algérie. Il invite les membres de la Société ayant trouvé, dans certaines contrées, des images particulièrement belles, à faire connaître ces endroits privilégiés.

Météorologie. — M. Flammarion donne connaissance d'une relation fort intéressante de M. Fesquet, membre de la Société, sur les effets de terribles coups de foudre qui ont eu lieu le 8 février dernier, non loin de Dunkerque et qui ont causé la mort de deux personnes.

M. J. Davignon, à Boulogne-sur-Mer, signale la perturbation atmosphérique qui s'est produite le même jour dans cette ville. La pression atmosphérique qui était de 774mm à 8h du matin, est tombée à 759mm à 5h du soir. A cette dernière heure, le vent qui soufflait de l'Ouest est passé brusquement au Nord, une bourrasque de neige accompagnée d'un fort orage a eu lieu. On a compté une dizaine d'éclairs.

Ce même jour, Paris fut recouvert d'une brume opaque d'une telle intensité que, toute la journée, la ville fut plongée dans l'obscurité presque complète.

M. René Barjot, à Chateaudun, à propos des températures anormales constatées cet hiver, écrit avoir observé le vol d'une chauve-souris dans la soirée du 29 janvier. Le thermomètre à ce moment (5h du soir) indiquait : + 8°,5.

Observations météorologiques :

	BAROMÈTRE			THERMOMÈTRE			Vents dominants	Pluie totale
	Maximum	Minimum	Moyennes	Maximum	Minimum	Moyennes		
	mm	mm	mm	°	°	°		mm
M. Th. Moureaux, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur (Seine) :								
Février 1906...	769,2	737,1	754,30	+12,4	— 5,0	+ 3,96	S.-S.-O. ; S.O.	38,5
M. J. Chervau, à Précy-sous-Thil (Côte-d'Or) :								
Juin 1905.....	773,0	769,0	771,0	+28,0	+16,0	+22,0	»	»
Juillet.....	774,0	772,0	774,0	+30,0	+20,0	+29,0	»	»
Août.....	777,0	763,0	773,0	+28,0	+15,0	+21,0	»	»
Septembre.....	776,0	768,0	773,0	+24,0	+12,0	+15,0	»	»
M. J. Chervau, à Sainte-Maxime-sur-Mer (Var) :								
Octobre.....	792,0	784,0	778,0	+19,0	+10,0	+15,0	»	»
Novembre.....	791,0	778,0	785,0	+18,0	+10,0	+13,0	»	»
Décembre 1905.	795,0	785,0	791,0	+15,0	+ 9,0	+11,0	»	»
M. Léonhart, à Munster (Alsace) :								
Février 1906...	737,3	713,0	724,41	+12,0	— 9,5	+1,35	E.; O.	71,5
M. A. Robert, à Saint-Jean-d'Angély (Charente-Inférieure) :								
Année 1905....	789,0	743,0	763,10	+34,0	—13,0	+10,82	S.-O.; N.-E.	»
M. Em. Roger, à Châteaudun (Eure-et-Loir) :								
Février 1905...	771,0	743,3	759,98	+11,6	— 4,3	+ 3,22	N.-O.; S.-O.	70,0
M. H. Vaschalde, à Vals-les-Bains (Ardèche) :								
Février 1906...	769,6	753,0	761,1	+ 9,5	— 3,9	+ 2,05	N.-O.; N.-E.	67,0

M. Adrien Grein, à Saint-Hippolyte (Gironde), adresse le résumé de ses observations astronomiques et météorologiques en janvier et février 1906. Le 1er janvier, halo lunaire magnifique, puis le 14, halo lunaire le matin dans l'aurore, puis halo solaire pendant presque toute la journée, etc.

COMMUNICATIONS VERBALES

M. H. Poincaré, membre de l'Institut, ancien président de la Société, fait sur **La Voie lactée et la théorie des Gaz**, la savante conférence, très applaudie, reproduite en tête du présent *Bulletin*.

M. le Président fait remarquer que c'est une bonne fortune pour la Société Astronomique de France d'avoir reçu là une nouvelle primeur des incessants travaux de M. Poincaré, et adresse à l'éminent conférencier les sincères remerciements de l'Assemblée.

M. l'abbé Th. Moreux présente, en des projections coloriées avec un grand soin, le résumé des **Observations faites à l'Observatoire de Bourges sur la Planète Mars**, et expose rapidement l'état de nos connaissances sur ce monde voisin.

M. Flammarion, qui est « un martien », suivant la pittoresque expression de M. Caspari, remercie M. l'abbé Moreux de sa conférence et préfère, vu l'heure avancée et le programme si bien rempli de la séance, ne pas engager de discussion sur ce grand sujet.

La séance est levée à 11h 15m.

Le Secrétaire adjoint,
Em. Touchet.

ADMISSIONS ET PRÉSENTATIONS

Les personnes dont les noms ont été publiés au procès-verbal de la séance de février ont été nommées membres de la Société à la séance de mars.

Celles dont les noms suivent ont été présentées à la séance de **mars** pour être admises à celle d'**avril** :

MM. Lafontaine (Claude), banquier, 32, rue de Trévise, à Paris, présenté comme **Membre perpétuel** par *MM. Caspari* et *Flammarion*.

Rouillé (Jean), 9, boulevard Vauban, à Auxerre (Yonne), présenté comme **Membre perpétuel** par *MM. A. Loussel* et *C. Flammarion*.

Mlle Janssen (Antoinette), à l'Observatoire de Meudon, présentée par *MM. Janssen* et *Flammarion*.

MM. Rollet de l'Isle, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, 35, rue du Sommerard, Paris (*MM. Caspari* et *Flammarion*).

Driencourt, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, 13, rue de l'Université, Paris (*par les mêmes*).

Govaars (G.-J.), Nassaustraat, 31, à Utrecht (Hollande) (*par les mêmes*).

Mme Buzoïano (Hortense), professeur de géographie à l'Externat secondaire de filles, str. Iconeï, 2, à Bucarest (Roumanie) (*MM. B.-V. Vermont* et *Flammarion*).

M. Barbacioru (Constantin R.), ingénieur des Mines, à Câmpina (Roumanie) (*par les mêmes*).