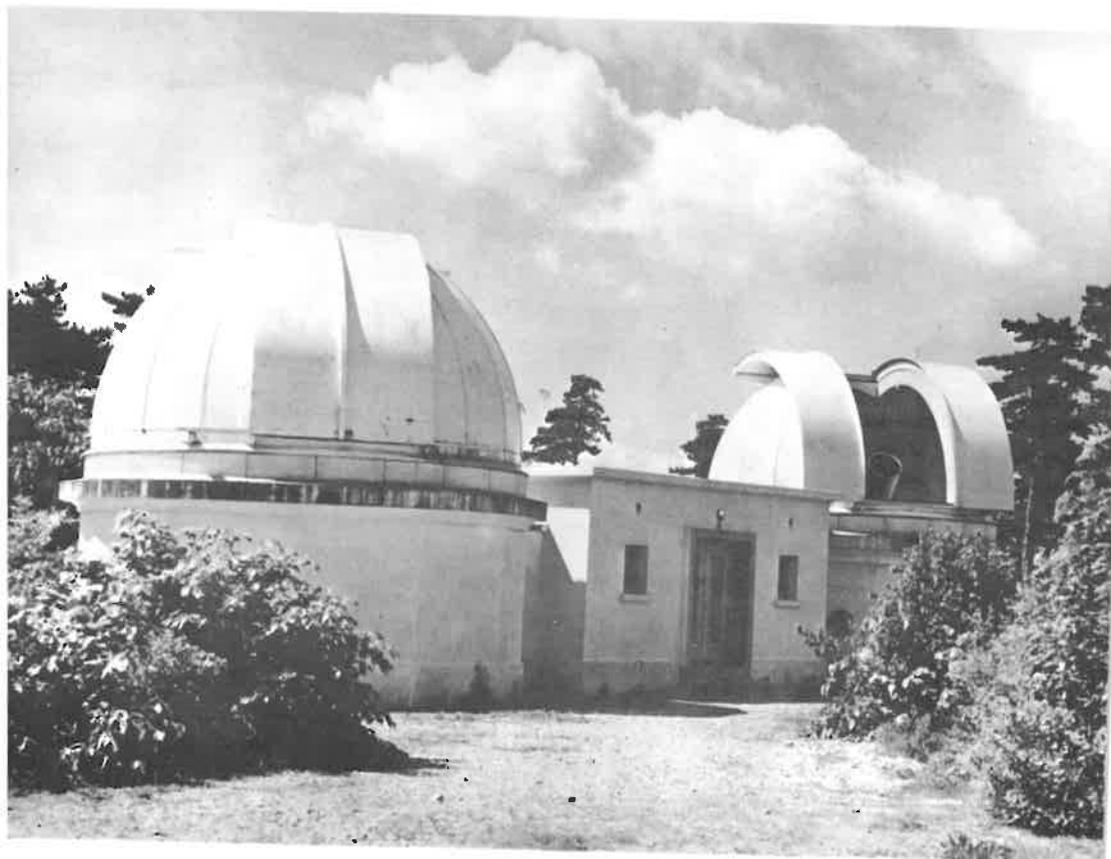


**SOCIETE**

**ASTRONOMIQUE**

**DE LYON**



**REVUE TRIMESTRIELLE**

**Nouvelle série — N° 1 — 1974**



*Chers Amis,*

*Voici le bulletin trimestriel de la Société Astronomique de Lyon sous une nouvelle présentation. En effet, comme il était précisé dans le compte rendu de notre Assemblée Générale du 1er décembre 1973, l'augmentation de nos recettes, constituées principalement par les cotisations de nos membres et par l'exonération accordée par Monsieur Louis Pradel, Maire de Lyon, du prix de location de la salle des réunions industrielles (où se déroulent nos conférences) nous a conduits avant tout à l'amélioration de notre Bulletin. Le format actuel est nettement plus grand que celui du Bulletin de ces dernières années. Le nombre des pages est porté de 8 à 12. Ainsi, nous pourrons réserver une place plus grande aux résumés des conférences et nous aurons la possibilité de refléter avec plus de détails la vie et les activités de la Société. D'autre part, et toujours par ce même fait d'augmentation du nombre des pages (que nous espérons porter de 12 à 16 dans un très proche avenir) nous nous proposons de créer de nouvelles rubriques intitulées « Courrier des lecteurs », « Avis de correspondance » et surtout « Compte rendu des activités du Groupe pratique d'astronomie », ce dernier tenant ses réunions régulièrement chaque vendredi soir à l'Observatoire de Lyon, avec l'aimable autorisation de M. le Professeur J. H. Bigay, Directeur de l'Observatoire de Lyon.*

*En ce qui concerne l'illustration de la couverture, nous sommes persuadés que nombreux sont les amateurs qui disposent de très belles photographies astronomiques prises par eux-mêmes. Ces photographies, après choix, pourront être reproduites sur la couverture de notre Bulletin.*

*Nous faisons donc appel à vous pour une collaboration étroite, en espérant que vous serez nombreux à nous écrire, à nous aider et à nous encourager par votre contribution active à l'amélioration de notre Bulletin.*

Le Conseil  
de la Société Astronomique de Lyon

**Allocution de Monsieur A. TERZAN**  
**Président de la Société Astronomique de Lyon**  
**à l'occasion de la conférence exceptionnelle de**  
**Monsieur le Professeur Ch. FEHRENBACH**  
**le 18 mai 1973**

Au nom de la Société Astronomique de Lyon, j'ai l'honneur d'ouvrir cette soirée exceptionnelle et de vous remercier pour avoir répondu aussi nombreux à notre invitation.

L'organisation de cette soirée, nous la devons à M. le Professeur Ch. FEHRENBACH qui a bien voulu venir à Lyon spécialement pour notre Société et a accepté de nous faire une conférence ayant pour sujet : La Voie Lactée, notre Galaxie.

La Société Astronomique de Lyon est très honorée et vous présente ses sincères remerciements.

M. Ch. Fehrenbach, Membre de l'Académie des Sciences, Directeur de l'Observatoire de Haute-Provence, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université Aix-Marseille est un éminent astrophysicien à l'échelle internationale.

Il m'est pratiquement impossible de vous présenter en quelques minutes et même dans ses grandes lignes, la carrière scientifique de M. Ch. Fehrenbach, de citer ses fonctions diverses, ses distinctions honorifiques et les titres de ses activités scientifiques.

Qui, dans le monde d'Astronome, peut parler de la mesure des vitesses radiales sans avoir étudié au préalable les travaux de M. Fehrenbach et les résultats obtenus par un prisme objectif à champ normal qui est l'œuvre de notre illustre conférencier ?

Il a construit 2 prismes objectifs à champ normal de 40 cm de diamètre. L'un de ces instruments est installé à l'OHP. L'autre après avoir fonctionné à la station Astronomique Française à Zeekogat en Afrique du Sud (dont nous lui devons l'organisation) est aujourd'hui à l'ESO au Chili.

Qui, Astronome théoricien ou observateur, peut discuter les problèmes des techniques d'observations sans avoir recours aux développements apportés par M. Fehrenbach dans ce domaine ? Je ne citerai que le Grand Spectrographe du télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence.

Aujourd'hui, deux autres spectrographes analogues à celui-ci équipent les télescopes de 152 cm de l'OHP et de l'ESO au Chili.

Et enfin, qui peut entreprendre aujourd'hui l'étude spectrographique de comètes et d'étoiles particulières sans avoir pris connaissance des travaux scientifiques de M. Fehrenbach ?

D'autre part, si la Communauté Scientifique Européenne est fière d'avoir son Observatoire Européen dans l'hémisphère Austral au Chili, elle le doit à M. Fehrenbach.

Pendant 23 ans il a été Directeur de l'Observatoire de Marseille, qu'il a modernisé en y créant des ateliers, des laboratoires et de nombreuses équipes de travail : il l'a transformé en un important centre de recherches.

Il est Membre et Président de différentes commissions de l'IAU. Il est Directeur de nombreuses thèses de doctorat d'Etat et auteur de centaines de publications scientifiques.

## LA VOIE LACTÉE - NOTRE GALAXIE

Lorsqu'on regarde le ciel à l'œil nu, par une belle nuit sans lune, on est émerveillé par le spectacle qui nous est offert. A certaines époques de l'année, comme maintenant, en Mars, nous ne voyons que des étoiles brillantes presque uniformément réparties sur le ciel. Par contre, en été, tout le firmament est barré par cette large voie lumineuse d'aspect laiteux : la voie lactée.

Cette grande bande lumineuse a frappé les hommes de tout temps et si le nom de voie lactée est celui qui est utilisé en français, allemand ou anglais, la légende scandinave lui a donné le beau nom de chemin des oies car elle indique la direction des migrations de ces beaux oiseaux sauvages et Selma Lagerlöf nous décrit le voyage de Nils Holgerson dans sa route vers le sud à dos d'oie.

La plus belle partie de la voie lactée du ciel boréal est visible en été, où elle s'étend du Sagittaire au Cygne et Céphée ; elle se divise d'ailleurs en deux bras. La suite, qui s'étend de Cassiopée à La Licorne, en frôlant la constellation d'Orion, est beaucoup moins brillante. Dans l'hémisphère Austral, elle se continue par des parties très brillantes dans la Carène, la Croix du Sud et le Scorpion.

En regardant avec une paire de jumelles, ou mieux avec un petit télescope, on peut résoudre les parties qui paraissent laiteuses en étoiles innombrables, et l'aspect diffus à l'œil ne provient que de l'insuffisance de notre vue.

L'accumulation d'étoiles près de la Voie Lactée est considérable ; sur la surface que couvre la Lune (1/4 de degré carré), on peut photographier 25 000 étoiles avec un grand télescope (magnitude limite 21). Ce nombre est beaucoup plus petit près du pôle de la Voie Lactée : il n'est que de l'ordre de 400. Cette forte concentration galactique des étoiles peut s'expliquer si on admet que la voie lactée est un système d'étoiles très plat ; il s'étend très loin dans le plan de la voie lactée et très peu dans la direction perpendiculaire. On peut même interpréter la grande brillance dans la direction du Sagittaire par une extension plus grande dans cette direction, alors que dans la direction opposée, dans la constellation du Cocher, on s'approche vite des confins de la Galaxie. Il est possible de tracer sur une carte céleste la courbe correspondant à la concentration stellaire maximum. On s'aperçoit que cette courbe est pratiquement un grand cercle de la sphère céleste inclinée de  $62^\circ$  sur l'équateur céleste. La direction perpendiculaire, le Pôle de la voie lactée, est située dans la Chevelure de Bérénice. Le fait que la trace de la voie lactée est un grand cercle, montre que le soleil est situé très sensiblement dans le plan de symétrie du système.

Les hommes se sont appliqués depuis longtemps à connaître la nature et la structure de ce système stellaire local dont fait partie le Soleil qui n'est que l'une des millions d'étoiles que nous pouvons photographier dans la voie lactée. Cet univers local a été nommé Galaxie, du grec galaktos, le lait. La connaissance de cette Galaxie est difficile à acquérir, car notre soleil est situé à l'intérieur du système et il n'est pas possible d'avoir une vue d'ensemble depuis notre observatoire terrestre.

Si nous avons actuellement une vue assez claire de notre Galaxie, cette connaissance n'a été acquise que par tâtonnements successifs et de nombreuses structures, mêmes importantes, sont encore très controversées. Le fil conducteur a été l'étude des nébuleuses spirales. Dès le 18<sup>e</sup> siècle, de grands esprits, notamment Kant, avaient eu l'intuition que notre voie lactée devait être une Spirale parmi les milliers d'autres alors connues. Mais ce fait n'était pas démontré, et il y a encore cinquante ans, d'excellents astronomes, se basant sur des mesures qui se révélèrent fausses plus tard, pensaient que les nébuleuses spirales faisaient partie de notre système... Aujourd'hui, la question est entendue et le nom de galaxie est devenu un nom commun pour désigner les univers lointains analogues au nôtre.

Reprenons l'étude de notre système et indiquons comment nous avons pu préciser la structure et les mouvements de notre univers local.

### Dénombrement d'étoiles -

Lorsque nous voulons parler d'une grande multitude d'objets, nous disons qu'ils sont aussi innombrables que les étoiles du ciel. Cette comparaison n'est pas bonne... bien sûr, les étoiles sont nombreuses et d'autant plus qu'elles sont plus faibles. On a pris l'habitude de classer les étoiles par grandeur ou mieux magnitude. Sans entrer dans les détails, disons que les étoiles les plus brillantes de classe 1 sont 100 fois plus que les étoiles juste visibles à l'œil nu. Si on compte toutes ces étoiles, on trouve qu'elles sont sensiblement au nombre de 5 000 sur tout le ciel. Ce n'est pas un grand nombre. Mais si on compte les étoiles 100 fois plus faibles (de magnitude 11), on trouve un million d'étoiles, mais pour les étoiles les plus faibles qu'on arrive à dénombrer, les étoiles de 21 grandeur encore 10 000 fois plus faibles, ce nombre est de 2 milliards.

Cette augmentation du nombre d'étoiles avec la magnitude est considérable, mais au fur et à mesure qu'on dénombre des étoiles plus faibles, l'augmentation diminue, ce qui prouve que notre univers local n'est pas illimité.

D'autre part, de nombreuses étoiles nous sont cachées, car l'espace entre les étoiles n'est pas vide.

La photographie à travers des filtres colorés ou mieux interférentiels, filtrant la raie rouge de l'hydrogène (la raie H $\alpha$ ) montre dans la voie lactée de grandes nébuleuses gazeuses s'étendant parmi les étoiles. Ces gaz, dont on a pu faire l'analyse par la spectrographie, contiennent au moins 80 % d'hydrogène, très probablement 19 % d'Hélium, et des traces d'autres éléments, Oxygène, Azote, Sodium, Calcium. Des photographies très détaillées montrent aussi de grandes régions sans étoiles... Cette absence ne peut s'expliquer que par la présence de nuages de matière absorbante parmi les étoiles. Celle-ci ne se manifeste pas uniquement par l'absorption totale de la lumière des étoiles, mais aussi par un rougissement des étoiles peu absorbées. On pense qu'il s'agit de particules de poussière. L'étude du rougissement permet de se faire une idée de la dimension des particules qui est de l'ordre de 0,1 micron. Mais la nature exacte est mal connue, peut-être de la glace ou de petits cristaux métalliques...

Cette absorption est très gênante, car elle nous cache les parties éloignées de la Galaxie ; elle nous empêche même de voir la partie centrale de notre voie lactée. Elle nous gêne énormément dans l'étude de notre Univers.

La matière qui existe entre les étoiles est une source de rayonnement radioélectrique : des radiations de toutes longueurs d'ondes sont émises par les électrons qui se propagent parmi les atomes ionisés. L'hydrogène non ionisé (H1) émet la très importante radiation de 21 cm de longueur d'onde, qui a été une clé nous ouvrant la connaissance de la Galaxie... Nous y reviendrons.

### *Distance et mouvements dans la Galaxie :*

La description que nous donnons de la Galaxie doit être précisée par des mesures de distances. La détermination des distances stellaires est une opération très difficile parce que les distances sont considérables, et dans ces conditions, on ne peut que très difficilement appliquer les méthodes qui sont usuelles dans les mesures de géodésie... La seule méthode applicable consiste à se servir comme base de télémétrie le diamètre de l'orbite terrestre. Les droites qu'on peut tracer des deux points A et B où se trouve la terre à six mois d'intervalle, vers l'étoile E, ne sont pas parallèles. La moitié de l'angle que font ces deux directions est la parallaxe. Pour l'étoile la plus proche de nous, cet angle n'atteint que 1,5'' ; c'est l'angle sous lequel on voit une bille à 1,5 km ! Les astronomes savent mesurer cet angle. Ils nomment parallaxe sa moitié sous lequel on voit le rayon de l'orbite terrestre. Un calcul simple montre que si cet angle vaut 1'', la distance de l'étoile vaut 206 265 fois le rayon de l'orbite terrestre (150 000 000 km). Par définition, la distance correspondante est le parsec, qui vaut donc 30 800 000 000 000 km. L'étoile la plus proche  $\alpha$  Centaure et son compagnon ProximaCen. sont situées à 1,33 parsec soit 40 000 milliards de km. On utilisait autrefois, et on continue à parler de l'année de lumière, trajet parcouru par la lumière en un an, à raison de 300 000 km par sec. C'est une unité plus petite que le parsec, sensiblement 10 a.l. = 3 parsecs.

La méthode de mesure directe des parallaxes, et une variante applicable dans quelques cas, est la seule mesure vraiment directe de distance ; mais elle ne s'applique qu'à quelques milliers d'étoiles plus proches que 100 parsecs du Soleil... Toutes les autres étoiles sont trop lointaines. Il faut donc trouver des méthodes indirectes, mais il est important d'indiquer que toutes, sans exception, sont des extensions de la méthode directe.

Il n'est pas question de décrire ces méthodes. Les plus efficaces sont basées sur les mesures des éclats des étoiles. Les astronomes savent faire d'excellentes mesures de l'éclat apparent des étoiles. Ces éclats dépendent de deux facteurs : de l'éclat intrinsèque ou absolu de l'étoile et de sa distance. Si toutes les étoiles rayonnaient la même quantité de lumière, elle nous paraîtraient d'autant moins lumineuses qu'elles seraient plus lointaines. C'est la loi du carré inverse de la distance qui permettrait de calculer leurs distances.

En fait, les étoiles ont des éclats intrinsèques fort différents les uns des autres mais la chance veut que pour certaines étoiles, il soit possible de connaître cet éclat

intrinsèque par diverses méthodes. Le cas classique est celui des étoiles variables de type Céphéide, ainsi nommé parce que l'étoile la plus connue est  $\delta$  Céphée. Ce sont des étoiles dont l'éclat est périodiquement variable. Ainsi l'éclat de  $\delta$  Céphée varie dans le rapport de 1 à 2 avec une période de 5 jours. Cet effet s'explique par une variation de diamètre de l'étoile ou pulsation. On s'est aperçu par l'observation que l'éclat intrinsèque au maximum était en relation avec la période d'oscillation, comme la période d'oscillation d'un pendule est définie par sa longueur.

Les céphéides les plus brillants, qui ont une période de 80 jours, brillent comme 25 000 soleils ; les plus rapides ont des périodes de 2 jours et un éclat de 1 000 soleils. Une variété de ces étoiles, dont le type est RR Lyrae, ont des périodes de quelques heures à 1 jour et ont le même éclat que 100 soleils. La découverte de ces étoiles a une importance particulière car chaque étoile ainsi reconnue est un jalon de distance dans notre Galaxie, et même dans l'Univers.

Il existe d'autres indicateurs de distance ; il est même possible de connaître l'éclat intrinsèque de nombreuses étoiles par l'étude détaillée de leurs spectres. Le rattachement des distances de ces étoiles aux quelques milliers d'étoiles dont les distances sont connues par de vraies mesures, représente la seule difficulté. La mesure des éclats d'étoiles a ainsi montré que certaines étoiles sont situées à plusieurs milliers de parsecs du soleil ; des distances de 10 000 à 20 000 années de lumière sont normales dans notre Galaxie.

Ces méthodes ont permis de localiser dans l'espace les amas d'étoiles, formés par des dizaines ou des centaines d'étoiles et qui sont très localisés dans le plan de la voie lactée.

Pour préciser les dimensions de la Galaxie, d'autres amas d'un type différent ont été d'un secours extraordinaire : les amas globulaires sont des associations de 100 000 à 200 000 étoiles faisant partie de notre Galaxie et dont l'étude a été très fructueuse. Nous savons aujourd'hui que ce sont des astres très vieux, formés au début de la naissance de notre monde et dont l'âge est de l'ordre de 10 milliards d'années. Il est facile de déterminer la distance d'un certain nombre de ces amas parce qu'ils contiennent des étoiles variables, de type RR Lyrae. Ceci a permis de déterminer l'éclat total de ces amas, qui est de l'ordre de 500 000 éclats solaires et de localiser l'ensemble des amas dans l'espace. On s'est alors aperçu que les amas globulaires connus remplissent sensiblement une sphère de 30 000 parsecs ou 100 000 a.d.l. de diamètre et dont le centre est situé dans la direction de la constellation du Sagittaire, à environ 10 000 parsecs du Soleil ou 30 000 a.d.l.

D'après ce que nous avons indiqué, il est normal d'admettre que cette sphère est en liaison avec notre Galaxie, dont elle indique les dimensions et le centre. Ce fait a été confirmé par de très nombreuses autres observations. Les déterminations sont très imprécises car les amas globulaires ne sont pas uniformément répartis dans la sphère et son centre et ses dimensions sont mal définis. Il serait important de pouvoir préciser ces connaissances.

C'est ici encore que l'étude des galaxies extérieures vient à notre aide. Une grande spirale comme celle d'Andromède montre que le centre est occupé par un astre de très petites dimensions, extrêmement brillant, le noyau. Il a presque l'aspect d'une étoile. Il faudrait pouvoir observer ce noyau de notre Galaxie. Malheureusement, nous ne pouvons pas le faire, parce qu'il est complètement caché par des nuages de poussières qui se trouvent entre nous et ce centre.

Ici, la radioastronomie a ouvert une voie royale. On sait que depuis une trentaine d'années, on a mis en évidence un rayonnement hertzien (ou radioélectrique) extraterrestre. Les premières observations ont montré que la plus grande partie de ce rayonnement avait pour origine la Galaxie. Ce rayonnement était d'ailleurs le plus intense dans la direction du Sagittaire, ce qui ne nous surprend pas car nous savons que c'est la direction du Centre.

Après la guerre, lorsque les techniques radioélectriques ont été considérablement perfectionnées, on s'est aperçu que ce rayonnement était la superposition d'un rayonnement continu, donc observable pour toutes les longueurs d'onde de quelques cm à quelques centaines de m et de quelques émissions discrètes, très importantes, sur lesquelles nous reviendrons.

Les émissions continues sont provoquées par l'accélération des électrons passant près des atomes de la matière interstellaire. Il est possible de tracer des courbes d'égale intensité. Elles ont sensiblement le même aspect que la voie lactée optique.

Les sources discrètes sont de plusieurs natures : les unes sont des sources extragalactiques d'un grand intérêt -galaxies anormales, quasars- que nous ne pouvons étudier ici. Les autres sont galactiques ; ce sont, pour la plupart, des restes d'explosions de super-novae ; mais une source située dans le Sagittaire a une très petite étendue, et on a beaucoup de raison de l'identifier avec le centre de notre Galaxie. Située avec précision dans le plan galactique déterminé par la radioastronomie, elle est très près de la position du Centre obtenue par les opticiens (moins de  $2^\circ$ ).

La détermination de la distance du Centre est très difficile ; la mesure la plus directe a été faite par W. Baade. Cet astronome a pu montrer que les parties centrales des galaxies sont très abondantes en amas globulaires et en étoiles très vieilles, les RR Lyrae dont nous avons déjà parlé. W. Baade a eu l'idée de rechercher ces étoiles, non pas dans la direction exacte du Centre qui nous est caché, mais vers le sommet du bulbe central. Car si le centre nous est complètement caché, il existe des sortes de fenêtres dans la matière absorbante qui nous permettent d'apercevoir quelques régions du bulbe central. Cette découverte fut couronnée de succès et Baade en déduisit une distance du centre de la Galaxie de 8 200 parsecs ou 27 000 a.d.l. La valeur actuellement admise, résultant d'une discussion générale de l'ensemble des données est de 10 000 parsecs ou 33 000 a.d.l. Le bulbe central est une ellipsoïde ayant 8 000 pc de diamètre et 4 000 pc d'épaisseur.

## *Mouvements de la Galaxie :*

Il est possible de mesurer le mouvement relatif des étoiles par rapport au soleil. La projection de cette vitesse sur la droite qui joint le soleil à l'étoile, le rayon lumineux, est la vitesse radiale ; elle est mesurée par le déplacement spectral des raies stellaires tel qu'on le calcule par l'effet Doppler-Fizeau. Elle est mesurée directement en km par sec.

La projection sur la sphère céleste produit un déplacement apparent angulaire qui se chiffre en " par an. De cette valeur, on peut déduire la vraie valeur de cette composante de la vitesse si on connaît la distance de l'étoile. Celle-ci étant assez mal connue, la valeur de la vitesse tangentielle sur la sphère céleste est, en général, moins bien connue que la vitesse radiale.

Quoiqu'il en soit, une discussion générale des mouvements propres et des vitesses radiales des étoiles montre que tout se passe comme si, d'une part, le soleil se déplaçait avec une vitesse de 20 km par sec par rapport aux étoiles proches, vers un point de la constellation d'Hercule nommé Apex. Il s'agit d'une constatation statistique car chaque étoile a aussi sa vitesse propre.

Si on détermine la vitesse des astres très lointains, par exemple, des amas globulaires, ou mieux encore, des nébuleuses extragalactiques, on trouve, cette fois-ci, des vitesses radiales qui peuvent atteindre quelques centaines de km par sec. Les mouvements propres, trop petits, ne sont plus déterminables. L'interprétation, par des calculs statistiques, montre que l'apex du mouvement solaire a complètement changé ; il est situé dans la constellation du Cygne, très près du plan de la voie lactée, et dans une direction perpendiculaire à celle du centre de la Galaxie. Tout se passe comme si l'ensemble des étoiles proches du soleil, était animé d'un mouvement de rotation autour du centre de la Galaxie avec une vitesse de 250 km par sec. A cette vitesse correspond, le calcul est aisé, une période de révolution autour du centre de 245 millions d'années.

Ce mouvement circulaire peut être expliqué par la loi de Newton de l'attraction universelle. Tout comme la Terre tourne autour du soleil à une distance de 150 millions de km, avec une période de 1 an, notre soleil tourne autour du centre de la Galaxie avec la période de 250 millions d'années. La mécanique céleste permet, par l'intermédiaire de la 3e loi de Kepler, d'expliquer cette période de l'évolution par une masse de 220 milliards de masses solaires situées au centre de la Galaxie. Ce calcul n'est pas tout à fait valable car la masse de la Galaxie n'est pas concentrée au centre et une analyse plus fine montre que l'hypothèse de la concentration centrale n'est valable qu'à 10 ou 20 % près... mais cela ne change rien aux ordres de grandeur.

Le fait même de faire l'hypothèse d'un mouvement Keplerien implique que la Galaxie ne tourne pas d'un bloc, comme le ferait un solide, et que la vitesse de révolution varie avec la distance au centre. La détermination de cette loi de vitesse est l'un des problèmes essentiels de l'étude dynamique de la Galaxie.

C'est encore la radioastronomie qui a permis de résoudre ce problème. Dans l'espace interstellaire, loin des étoiles, l'hydrogène est à une très basse température, de quelques degrés absolus. Dans ces conditions, l'hydrogène n'est pas ionisé et l'électron

décrit autour du proton l'orbite la plus petite permise par les lois de la mécanique ondulatoire. Cet atome ne rayonne pas d'énergie, du moins dans le domaine optique. Dans le domaine des ondes radioélectriques, il peut émettre une radiation dont la longueur d'onde est de 21 cm. Cette radiation correspond au passage entre deux états d'énergie très voisine. Dans un cas, le mouvement orbital et le mouvement de révolution de l'électron se font dans le même sens ; dans l'autre, ils sont de sens différents. Cette radiation est observée couramment depuis 1945... Elle est très fine et la longueur d'onde observée par l'observateur terrestre subit naturellement les déplacements Doppler Fizeau...

En général, lorsqu'on pointe un radiotélescope dans une direction du plan de la Galaxie, on reçoit les radiations de 21 cm provenant de plusieurs nuages d'hydrogène, animés de vitesses différentes suivant leur situation.

Un raisonnement géométrique simple montre que le nuage qui a la plus grande vitesse radiale permet de déterminer, par un calcul simple, les vitesses de rotation de la Galaxie. Ces mesures ont donné la courbe de vitesse de rotation galactique. Malheureusement, cette méthode est en défaut pour les points de la Galaxie situés à des distances supérieures à 10 000 pc et actuellement, la courbe a été prolongée vers l'extérieur en faisant des hypothèses raisonnables sur la répartition des masses dans la Galaxie.

Les méthodes radioélectriques l'emportent sur les méthodes optiques pour diverses raisons, notamment les radiations ne sont pas absorbées par la matière interstellaire, ce qui permet de faire des mesures jusqu'à de très grandes distances.

Pour les mesures optiques, les vitesses radiales des étoiles ne sont observables que si elles sont près du soleil. Il est difficile de faire des mesures au-delà de quelques milliers d'années de lumière. On démontre que, pour ces étoiles, on observe, lorsqu'on élimine le mouvement propre du soleil, un mouvement différentiel étudié par Oort. On constate que pour les étoiles situées dans les directions faisant des angles de 0, 90, 180 et 270 avec celle du centre de la Galaxie, le mouvement est nul ; la vitesse est maximale dans les quadrants où il atteint 15 km par sec pour les étoiles situées à 1 000 pc. L'interprétation géométrique de cet effet est assez simple. Elle permet d'estimer la condensation centrale des masses au centre de la Galaxie. Elle est très considérable.

## **Structure spirale**

Par analogie avec les nébuleuses extragalactiques, nous devons nous attendre à une structure spirale de notre Galaxie. Le tracé des bras de spirale est d'une très grande difficulté ; ce qui ne saurait nous étonner quand on voit combien cette structure est floue pour certaines galaxies, et si on ajoute la difficulté due au fait que nous nous trouvons au milieu de notre Galaxie et probablement près d'un de ses bras.

Les résultats les plus nets ont encore été obtenus par la radioastronomie. Une fois la loi de rotation connue, la mesure de vitesse radiale d'un nuage d'hydrogène permet de calculer la distance de ce nuage. C'est ainsi qu'on a tracé les structures. On a

essayé de retrouver ces bras en plaçant les étoiles bleues sur le même graphique. On pense, en effet, que ces étoiles se sont formées récemment dans les bras. L'accord, sans être bon, est acceptable... Mais ce problème des bras spiraux demande des études complémentaires.

### *Le noyau galactique :*

Des observations radioélectriques précises du noyau galactique, faites au cours de ces dernières années, ont montré que le noyau n'est pas simple, mais double ou triple, et a donc un aspect assez différent du noyau de la nébuleuse d'Andromède. Une étude détaillée des radiations émises par l'hydrogène a montré aussi des mouvements très complexes ; on peut interpréter ces vitesses par des bras de spirales centraux et par une éjection d'hydrogène qui s'éloigne du centre avec des vitesses de l'ordre de 100 km par sec. Ce phénomène très curieux est encore très mal compris : y a-t-il formation d'hydrogène au centre de notre Galaxie ou bien cet hydrogène venant de l'extérieur est-il accéléré par l'attraction centrale et rééjecté ? Des phénomènes analogues ont été retrouvés dans la Nébuleuse d'Andromède.

Cet hydrogène a d'ailleurs été aussi trouvé par des mesures interférentielles faites à l'Observatoire de Haute Provence. Plus récemment, on a aussi mis en évidence de nouvelles raies d'émission beaucoup plus faibles et expliquées par des molécules OH. Elles résultent peut-être de la décomposition de molécules d'eau. De gros efforts ont été consacrés à ces études : elles ont permis de trouver des molécules carbonées de plus en plus complexes : l'aldéhyde CHO et ensuite des molécules de plus en plus compliquées. Il s'agit là d'une grande découverte inattendue.

### **Le halo galactique :**

Le système des bras de spirales et le bulbe central forment un système très plat mesurant 4 000 pc d'épaisseur au centre et seulement 300 pc près du soleil. Par contre, le système des amas globulaires est pratiquement sphérique. On a l'habitude de nommer halo cette sphère de plus de 100 000 a.d.l. qui englobe toute notre Galaxie et qui contient, en plus des amas globulaires, des étoiles RR Lyrae isolées et un certain nombre d'étoiles âgées, peu lumineuses et ayant souvent des spectres curieux. Ces objets ne participent pas à la rotation générale de la Galaxie. On a aussi trouvé dans ce halo des nuages d'hydrogène qui s'approchent de notre Galaxie avec des vitesses de 100 à 200 km s<sup>-1</sup>.

On pense que le halo et le bulbe central sont une sorte de vestige de la galaxie primitive telle qu'elle était il y a dix milliards d'années ; la matière se serait ensuite condensée vers le plan galactique où nous assistons toujours à la formation d'étoiles qui se condensent à partir de la matière interstellaire. Les bras sont des manifestations très récentes. La cause de ces phénomènes et notamment de la formation des bras, est très mal comprise. Un problème longtemps discuté est maintenant résolu... C'est le sens de la rotation. Au cours des temps, les bras ont tendance à s'enrouler autour du noyau en formant des spires de plus en plus nombreuses.

Naturellement, notre Galaxie est le siège de nombreux phénomènes : nous avons vu que les étoiles se forment probablement dans les bras par la condensation de la matière interstellaire. L'étude de ce phénomène est poursuivie par de nombreux astronomes : la physique de ces interactions a une importance capitale. De nombreuses étoiles ne sont pas stables ; nous assistons à des explosions partielles : ce sont les novae, ou à une explosion totale et alors le cataclysme que représente le phénomène de supernovae laisse de nombreux résidus : des masses en expansion et une étoile résiduelle faite de neutrons, dont la rotation est extrêmement rapide. Ces pulsars ont été découverts il y a 3 ou 4 ans. Mais tous les ans, de nouvelles découvertes sont faites. Maintenant on a découvert les sources de rayons X et  $\gamma$  probablement en liaison avec ces sources instables.

Cette description de la Galaxie devrait être complétée par le bilan de la répartition de la matière et de l'énergie, bilan difficile à établir. On peut avancer les chiffres suivants pour le voisinage solaire : 40 % de la masse est condensée en étoiles ; dans cette estimation, on a inclus les naines blanches qui, à elles seules, contribuent à la formation de la moitié de cette masse. 28 % sont de la matière interstellaire. Les 40 % restant sont encore inexpliqués ; on pense à des molécules et des particules... Mais ces chiffres ne sont pas sûrs et d'autres proportions sont indiquées.

Il est très probable qu'en plus de ces constituants connus, il existe des particules pratiquement indiscernables. Des efforts considérables sont actuellement entrepris pour la détection des neutrinos dont la présence paraît imposée par ce que nous savons de la génération de l'énergie dans les étoiles... Quelle est l'origine aussi de la partie non solaire des rayons cosmiques ? Autant de questions à résoudre...

Mais pour terminer, n'oublions pas que notre Galaxie, malgré ses 200 milliards d'étoiles comparables et même souvent plus grandes que le Soleil, est une partie insignifiante de notre Univers.

Elle est entourée par des dizaines d'autres nébuleuses proches et par des milliards d'univers plus lointains... On peut estimer l'univers actuellement observable à trois milliards de galaxies.





**Société Astronomique de Lyon**

*69230 Saint-Genis-Laval*

**Sommaire**

- 1 – Présentation du Conseil
- 2 – Allocution du Président
- 3 – Conférence de M. Ch. Fehrenbach

**Notre couverture :**

coupelles jumelées de l'Observatoire de Lyon

*Cliché M. BALLY*

**Prix : 5 F**