Sur la répartition spatiale et le nombre des étoiles fixes

par

ALBERT GLODEN

professeur à l'Athénée de Luxembourg

Sur la répartition spatiale et le nombre des étoiles fixes.

Tout le monde connaît la belle organisation du système solaire. Il est naturel de se poser la question s'il existe une organisation pour l'ensemble des étoiles. De grands noms se rattachent à cette étude: nous mentionnerons ceux de W. HERSCHEL et de SEELIGER.

Aperçu historique sur les travaux et les idées concernant la répartition des étoiles avant Herschel.

Il faut mentionner le catalogue d'étoiles d'HIPPARQUE (2e siècle av. J.-Chr.), dont la construction a justement excité l'enthousiasme de PLINE. L'apparition d'une nova suggéra à Hipparque l'idée admirable de dresser le premier catalogue des étoiles visibles. On ne sait comment il a déterminé la position de ses étoiles, mais il les définissait par l'ascension droite et la déclinaison. Le catalogue d'Hipparque comprend 1028 étoiles et il est à peu près certain qu'il n'a pas existé de vrai catalogue avant le sien. Les Catastérismes, attribués à Euclide, citent 475 étoiles, mais sans aucune indication qui se rapporte soit à l'écliptique, soit à l'équateur.

KEPLER n'avait pas abandonné la conception des Grecs sur la sphère des étoiles fixes. G. BRUNO a pour la première fois exprimé l'idée que les étoiles sont des soleils énormes, capables de communiquer leur chaleur et leur lumière à d'autres corps célestes, appelés planètes. GALILEE fit avec sa lunette construite par lui-même les découvertes les plus inattendues. On savait depuis cette époque que le nombre des étoiles fixes était de beaucoup supérieur à celui des étoiles visibles à l'œil nu. Depuis Galilée la question de la répartition des étoiles fixes retenait l'attention des astronomes. On cherchait une interprétation convenable de la grande ceinture céleste que nous appelons la Voie lactée.

Il n'est pas inutile de rappeler les idées de KANT concernant les étoiles. Pour lui les étoiles sont des soleils analogues au nôtre, chacun de ces soleils étant le centre d'un système analogue à notre système solaire, dans lequel tous les mouve-

ments sont conditionnés par la gravitation et par la force centrifuge. Un grand nombre de ces soleils forme un système analogue à celui de la Voie lactée que nous appelons maintenant la Galaxie ou le système galactique. Toujours d'après Kant le plan principal de la Galaxie correspond au plan dans lequel s'effectuent les mouvements des planètes dans le système solaire. Les considérations de Kant étaient en somme l'extension par analogie aux systèmes stellaires des conditions du système solaire.

Travaux de W. Herschel.

La question fut abordée scientifiquement, je veux dire expérimentalement, par W. Herschel, le père de l'astronomie stellaire. Il avait conçu le plan très vaste de dénombrer les étoiles observables. Il effectua 683 dénombrements dans le ciel nord à l'aide de son télescope à miroir. L'observation montra que la distribution des étoiles est très différente suivant la direction.

Herschel fit l'hypothèse que la distribution spatiale des étoiles est uniforme. Il résulte de cette hypothèse que, si dans une direction on voit plus d'étoiles, l'Univers y est plus étendu. Désignons par n_1 et n_2 le nombre des étoiles visibles dans le même instrument dans deux directions différentes; soient r_1 et r_2 les rayons d'Univers correspondant à ces deux directions. On a la relation

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_1^{\,3}}{r_2^{\,3}}$$

En prenant arbitrairement $r_2 = 1$, il vient $r_1 = \sqrt[3]{\frac{n_1}{n_2}}$. La distribution des étoiles sur la sphère céleste permet de déterminer à l'aide de cette formule la forme de l'Univers. Si r_2 est connu, on peut déterminer aussi le rayon de l'Univers correspondant à une direction déterminée. Les premières mesures de distances d'étoiles datent précisément de 1838. On peut bien qualifier Herschel d'arpenteur de l'Univers. Les sondages pratiqués dans le ciel à l'aide de son télescope lui permirent de déterminer la forme et les dimensions de l'Univers.

Voici les résultats auxquels il aboutit:

L'Univers a la forme d'une lentille aplatie.
Le grand axe mesure 14.000 années-lumière,
le petit axe mesure 2.500 années-lumière.

Dans cet univers lenticulaire la répartition des étoiles est à peu près uniforme. S'il semble qu'il y a une accumulation d'étoiles vers la Voie lactée, ceci est dû à un effet de perspec-

tive. Herschel évalue le nombre total des étoiles observables dans son télescope à miroir à 28.000.000.

W. Herschel pensa avoir découvert des systèmes entiers extérieurs à la Galaxie; il les appela univers-îles et il les croyait constitués par une multitude d'étoiles. Nous les appelons aujourd'hui nébuleuses extragalactiques.

J. Herschel, continuant les travaux de son père, effectua des sondages dans le ciel sud à l'observatoire de Capetown.

Travaux de Seeliger.

En 1898 Seeliger, se basant sur les travaux des Herschel, commença ses travaux. Ceux-ci avaient repéré toutes les étoiles jusqu'à la 13e grandeur ou plutôt ce qu'on appelait alors la 13e grandeur. Seeliger avait à sa disposition également la célèbre «Bonner Durchmusterung», dressée par Fr. W. ARGELANDER dans un travail de plusieurs années. Ce catalogue donne les positions de 314.952 étoiles du ciel boréal.

Le travail de Seeliger fut rendu plus précis par l'application de la photométrie astronomique qui avait été faite dès 1852. Elle permit de donner une classification scientifique des étoiles d'après leur grandeur. Admettons qu'une étoile de 1re grandeur ait une constante photométrique c, alors une étoile de 2e grandeur aura une constante photométrique $\frac{c}{2{,}512}$, une étoile de 3e grandeur $\frac{c}{2{,}512^2}$, ... une étoile de ne grandeur $\frac{c}{2{,}512^{n-1}}$. Il y a des différences entre l'échelle visuelle des grandeurs stellaires et l'échelle photométrique. Par exemple, les étoiles rangées par Herschel comme étant de 11e grandeur sont à considérer d'après l'échelle photométrique comme étant de 9e grandeur.

Seeliger fait maintenant les deux hypothèses:

1° que les étoiles sont réparties uniformément dans l'espace, et

2° qu'elles ont toutes à peu près le même éclat lumineux intrinsèque.

La 1re de ces hypothèses est celle faite par Herschel que Seeliger soumet à un examen. En désignant par Em le nombre des étoiles observables de la grandeur 1 à la grandeur m incl., Seeliger déduit des deux hypothèses précédentes la relation

$$\frac{E_{m+1}}{E_m} = 4$$

En application de cette formule on aura par exemple:

$$\frac{E_2}{E_1} = 4, \qquad \frac{E_3}{E_1} = 16 \quad \ldots$$

Or, la «Bonner Durchmusterung» donne

$$E_6 = 2114,\ E_7 = 7439,\ E_8 = 23.121,\ E_9 = 77.965 \text{ et}$$

$$\frac{E_7}{E_6} = 3{,}52\ ;\ \frac{E_8}{E_7} = 3{,}11\ ;\ \frac{E_9}{E_8} = 3{,}37.$$

Le nombre des étoiles n'augmente donc pas en passant d'une grandeur à l'autre comme le font prévoir les deux hypothèses ayant conduit Seeliger à sa formule.

Seeliger étudie ensuite la distribution des étoiles par zones. Il partage la sphère céleste en 9 zones parallèles à la Voie lactée, chacune comptant 20°. Voici le tableau renseignant les zones considérées par lui:

Zone I et IX	70°—90°	nord et sud
Zone II et VIII	50°—70°	nord et sud
Zone III et VII	30°—50°	nord et sud
Zone IV et VI	10°—30°	nord et sud
Zone V	+10° à (—10)°	

Seeliger trouve ensuite que le nombre des étoiles de la magnitude 6 à 9 augmente au fur et à mesure qu'on s'approche de la Voie lactée; l'augmentation est lente mais continue.

Comment expliquer alors que l'éclat de la Voie lactée ne soit pas plus fort? C'est qu'il y a des étoiles de faible magnitude qui se groupent dans le voisinage de la Voie lactée.

Seeliger arrive à cette conclusion que toutes les étoiles forment un système unique; c'est ce système que nous appelons la Galaxie. L'Univers a la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati. Le grand axe mesure 3500 années-lumière, le petit axe 2500 années-lumière. Je fais remarquer qu'actuellement certains astronomes attribuent au grand axe 300.000 années-lumière.

Pour Seeliger la Voie lactée n'est pas seulement une accumulation apparente d'étoiles due à un effet de perspective, mais bien une accumulation réelle.

Dans quelle mesure la seconde hypothèse de Seeliger est-elle justifiée? On sait que si l'on connaît la distance d'une étoile et son éclat apparent, on peut déterminer son éclat absolu. Les étoiles dont on a pu déterminer la parallaxe et par conséquent la distance ont effectivement des éclats lumineux intrinsèques voisins de celui du soleil. Mais dans l'ensemble il y a des différences d'éclat très grandes.

En 1887 le Congrès international photographique à Paris a décidé de créer la Carte du Ciel embrassant toutes les étoiles de magnitude 12—13. On pourra, quand ce travail sera terminé, se baser sur des données plus précises.

Quel est dans cet Univers le rôle des amas d'étoiles et des nébuleuses? La plupart des amas se trouvent dans le voisinage de la Voie lactée, la plupart des nébuleuses dites spirales vers ses pôles. Il y a là encore une distribution systématique. La plus proche des nébuleuses spirales est à 310.000 parsecs (1 parsec = 3,26 années-lumière); il y en a comme l'Amas de Leo qui sont à 36.300.000 parsecs. Ces nébuleuses spirales ou elliptiques sont d'autres Voies lactées, extérieures à la nôtre et composées comme elle d'une multitude d'étoiles.

Nombre des étoiles.

Quel est le nombre total des étoiles du système galactique? Tenant compte du fait que les étoiles sont à des distances telles que la gravitation n'entre en ligne que faiblement, H. POINCARE établit l'hypothèse que les étoiles dans leur ensemble sont assimilables aux molécules d'un gaz avec cette différence que les heurts sont beaucoup moins nombreux. On peut donc leur appliquer la théorie cinétique des gaz. Par des considérations théoriques H. Poincaré d'une part et Lord KELVIN d'autre part ont estimé le nombre des étoiles observables à un milliard. Mais ce nombre est déjà dépassé par l'observation; avec le télescope du Mount Wilson on en a photographié 1.500.000.000. EDDINGTON a calculé en essayant d'évaluer leur poids global que leur nombre est supérieur à 300.000 millions.

L'Univers en expansion.

Dès 1919 on avait reconnu que les nébuleuses spirales semblent douées de vitesses radiales d'éloignement. La loi de HUBBLE et HUMASON énonce la proportionnalité de la vitesse radiale et de la distance. Nous donnerons deux exemples:

	distance d	vitesse radiale d'éloignement
Amas de la Vierge	$1{,}8 \cdot 10^6$ parsecs	890 km/sec
Amas de Pégase	$7{,}2 \cdot 10^6$ —	3810 —

LEMAITRE a donné une interprétation relativiste de l'Univers en expansion. [1])

Conclusion.

Tout accroissement de la puissance des instruments d'obvation permet de sonder d'autres profondeurs de l'espace. Cette extension sera peut-être arrêtée un jour par l'impossibilité de perfectionner davantage les instruments.

[1]) Voir A. GLODEN, Sur la structure et l'évolution de l'Univers, Bulletins mensuels de la Soc. des Nat. lux., 1937.

Mais y a-t-il une barrière à l'espace? S'il est difficile d'imaginer l'infini, il est encore plus difficile de se représenter cette barrière. Nous ne nous étendrons pas sur ces questions d'ordre cosmologique que la théorie de la relativité a permis pour la première fois d'aborder avec quelque succès. Mais ce sont des questions que dans l'état actuel de nos données d'observation et des théories on ne saurait résoudre d'une façon univoque, et il semble permis de douter qu'on y trouve jamais une solution qui mettra d'accord tout le monde.

