Note
concernant les travaux d'Eddington

par ALBERT GLODEN
professeur à l'Athénée de Luxembourg

Note concernant les travaux d'Eddington

Une notice nécrologique ayant paru dans le n° de mars-avril 1945 de la revue belge «Ciel et Terre» nous apprend que EDDINGTON, professeur d'astronomie à CAMBRIDGE et directeur de l'observatoire de l'Université, est décédé en 1944. L'abbé Lemaître y a retracé sa vie en donnant de brèves indications sur ses principaux travaux et en rappelant les étapes successives de sa carrière.

J'insisterai dans cette note sur quelques aspects des travaux d'Eddington et surtout sur ceux concernant la constitution intérieure des étoiles. Sa théorie est exposée dans son livre intitulé «Internal Constitution of the Stars». Nous nous occuperons au préalable de la température superficielle des étoiles et de l'interprétation cinétique de la température.

Température superficielle des étoiles.

Nous pouvons déterminer approximativement par l'observation la température superficielle des étoiles. Leur couleur nous donne de précieuses indications sur leur température. Pour le comprendre il suffit de se rappeler les diverses nuances que présente successivement une barre de fer fortement chauffée. Les étoiles rouges sont à température relativement peu élevée, les étoiles bleues sont les plus chaudes.

Voici la méthode appliquée par Ch. NORDMANN de l'Observatoire de Paris en collaboration avec Le MORVAN. Observant successivement une même étoile à travers trois écrans monochromatiques, ils ont déterminé la proportion de lumière rouge, de lumière verte et de lumière bleue et en déduisent par l'application de certaines lois physiques sa température. Cette méthode est plus sûre que celle qui se base sur des déterminations calorifiques à cause de l'absorption de la chaleur dans l'atmosphère terrestre.

Une méthode plus précise consiste à faire passer la lumière de l'étoile à travers un spectroscope et à déterminer les proportions des lumières de différentes longueurs d'onde. D'après

la répartition des radiations de différentes longueurs d'onde on peut déterminer la température de la surface des étoiles. [1])

Nous donnons quelques résultats obtenus par la méthode de Nordman en nous tenant à la classification de Sir N. *LOCKYER.*

La température superficielle des étoiles
du type antarien est de 2900°,
du type soleil est de 5320°,
du type algolien est de 18500°,
du type taurien est de plus de 40 000°.

Ajoutons qu'on admet aujourd'hui pour la température de la surface du soleil environ 6000 ° absolus.

Dans l'évaluation de l'émission totale des radiations d'une étoile on ne peut d'ailleurs se borner à son éclat apparent, car les radiations invisibles, infra-rouges et ultra-violettes, jouent un rôle important.

Interprétation cinétique de la température.

Les nombres renseignés ci-dessus se rapportent à des températures superficielles. Comment ces températures sont-elles matériellement possibles? Pour trouver une explication, revenons à la théorie cinétique des gaz. Dans cette théorie on admet que les molécules d'un gaz sont animées en tous sens de mouvements rapides et incessants. Les molécules se déplacent d'un mouvement rectiligne et uniforme jusqu'à ce qu'elles heurtent d'autres molécules ou les parois du récipient. La pression est due aux chocs des molécules gazeuses contre la paroi. On démontre la formule [2])

$$p = \tfrac{1}{3}\, nm\, C^2 \quad (I)$$

p, pression du gaz
m, masse d'une molécule
n, nombre de molécules par cm³
C, vitesse quadratique moyenne.

Si l'on désigne par $c_1, c_2, \ldots c_n$ les vitesses des molécules, on a $C^2 = \dfrac{c_1^2 + c_2^2 \ldots + c_n^2}{n}$

Multiplions les deux membres de l'égalité (I) par V, cette lettre désignant le volume moléculaire, il vient

$$pV = \tfrac{1}{3}\, nm\, V\, C^2 = \tfrac{1}{3}\, \rho V\, C^2 = \tfrac{1}{3}\, M\, C^2 \quad (I')$$

car $nm = \rho$ la masse spécifique du gaz, et

$\rho V = M$, sa masse moléculaire.

[1]) Voir p. ex. Sir J. JEANS, L'Univers, 1930, pp. 209—10.

[2]) Voir p. ex. Eugène BLOCH, Théorie cinétique des gaz, p. 15.

La formule des gaz parfaits peut s'écrire

$$pV = RT \text{ (II)},$$

T désignant la température absolue et R la constante des gaz rapportée à une molécule-gramme. Il résulte de (I') et de (II) que

$$RT = {}^1/_3 MC^2 \text{ et}$$

$$T = {}^1/_3 \frac{M}{R} C^2$$

Pour un gaz déterminé la température absolue dépend donc de la vitesse quadratique moyenne de ses molécules. Une élévation de température correspond à un accroissement de cette vitesse.

Température à l'intérieur d'une étoile. [3])

Le raisonement suivant permet de comprendre que la température doit augmenter de la surface d'une étoile vers son centre. Si l'on imagine qu'on se trouve en un point à l'intérieur de l'étoile, il y règne un certain équilibre. Il y a d'une part le poids de toutes les couches supérieures qui tendent à comprimer le gaz dans la partie entourant le centre; d'autre part il y a la force élastique du gaz des couches centrales qui tend à augmenter de volume. En raison de l'état d'équilibre la force élastique en chaque point doit être suffisante pour contrebalancer le poids des couches supérieures. Or, ce poids augmente avec la profondeur, donc il en est de même de la force élastique. La force élastique étant conditionnée par la température (formule II), il faut donc que la température augmente de la surface de l'étoile vers son centre.

On trouve qu'au centre du soleil la température est de 40 millions de degrés (= 40.000.000 °). Ce nombre n'a rien qui puisse nous effrayer; si nous nous reportons à l'interprétation cinématique de la température, un tel degré de chaleur correspond à une vitesse des particules d'environ 160 km/sec. Pour avoir un point de comparaison, disons que la vitesse quadratique moyenne des molécules d'hydrogène dans les conditions normales de température et de pression est de 1838 m/sec. Il y a d'ailleurs une limite supérieure, aucune vitesse ne pouvant dépasser celle de la lumière.

Consitution intérieure des étoiles. [4])

Nous avons déjà vu qu'il y a comme dans un gaz un chaos de molécules. Il y a aussi de l'énergie électromagnétique, principalement sous la forme de rayons X. Les molécules et surtout

[3]) A. S. EDDINGTON, Etoiles et Atomes, traduction J. ROSSIGNOL, Paris, 1930, pp. 5—6.

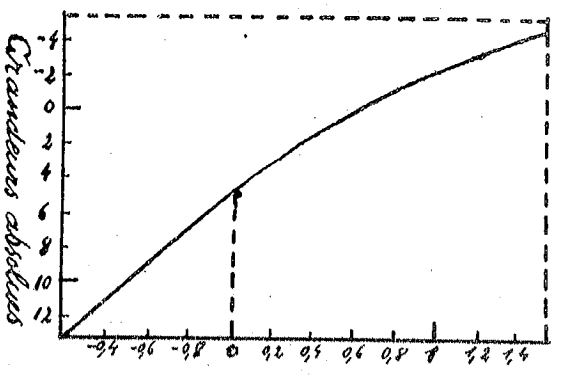
[4]) A. S. EDDINGTON, Etoiles et Atomes, pp. 24—26.

les rayons X arrachent aux molécules des électrons périphériques. Ces électrons se déplacent à des vitesses vertigineuses jusqu'à ce qu'ils soient captés par d'autres atomes, puis ils sont de nouveau projetés sous l'influence de chocs avec une particule ou sous l'influence du rayonnement X.

Relation entre la luminosité et la masse d'une étoile.[5])

En 1924 les travaux théoriques d'Eddington l'ont amené à la découverte de la relation entre la luminosité et la masse d'une étoile. Il assimile la masse gazeuse à un gaz parfait et il trouve que si deux étoiles ont la même masse, elles ont aussi le même éclat et que l'éclat d'une étoile dépend de sa masse. La masse seule d'une étoile importe pour déterminer sa luminosité.

Le diagramme ci-dessous reproduit la courbe théorique, donnée par Eddington, traduisant la relation entre la luminosité et la masse d'une étoile. Toutes les étoiles sont supposées ramenées à la même distance pour éliminer les différences d'éclat dues à la distance. Sur l'axe horizontal Eddington a porté les logarithmes de la masse, celle du soleil étant prise pour unité; sur l'axe vertical il a porté les grandeurs absolues, le nombre —4 correspond à l'éclat des étoiles les plus brillantes, le nombre 12 à celui des étoiles de plus faible luminosité. La différence des éclats va de celui de l'arc électrique à celui du ver luisant. A l'extrême gauche la masse vaut environ $^1/_6$ de celle du soleil, à l'extrême droite à peu près 30 fois celle du soleil. La masse du soleil correspond ici au nombre 0 (log 1=0). Les grandeurs se rapportent à l'éclat calorifique, déduit de l'éclat lumineux, en tenant compte de la couleur de l'étoile.



[5]) A. S. EDDINGTON, Etoiles et Atomes, pp. 30—36.

La courbe théorique d'Eddington a été vérifiée par des observations. Dans l'ensemble la théorie se trouve confirmée. On peut donc calculer l'éclat d'une étoile connaissant sa masse, et, ce qui est plus important, calculer la masse connaissant l'éclat. Si les données sont plus précises, on constate que la relation d'Eddington est mieux vérifiée. Toutefois avant de se prononcer d'une manière définitive, il faut attendre que les données d'observation soient plus nombreuses.

Relation entre le rayon de l'Univers et les données atomiques. [6])

Eddington a établi la curieuse relation ci-après permettant de calculer le rayon de l'Univers supposé fini à l'aide de données atomiques:

$$R_0 = \frac{\pi e^4}{2 m^2 \mu c^2 k}$$

R_0 est le rayon de la configuration d'EINSTEIN en équilibre,
$\pi = 3{,}1416\ldots$
e, charge du négaton,
m, masse du négaton,
μ, masse du proton,
c, vitesse de la lumière,
k, coefficient de la loi d'attraction newtonienne.

Si l'on fait le calcul, on trouve pour R_0 un résultat voisin de celui de LEMAITRE. La concordance est frappante, mais Eddington établit sa formule par des considérations qui n'ont pas un caractère purement physique et qui sont presque d'ordre philosophique.

Nous ne discuterons pas ici la théorie des protons et des électrons donnée par Eddington, ni ses théories concernant d'une manière plus générale la théorie de la relativité et la théorie des quanta. Nous terminerons en citant à ce propos l'opinion de LEMAITRE: «On ne sait si ces théories grandioses sont un éclair de génie ou un mirage brillant sans consistance». Mais tout le monde s'accorde à dire que ce sont des témoignages d'une profonde originalité.

---

[6]) L'Univers en expansion, par Henri MINEUR, Paris, 1933, pages 39—41.