

et tous les détails des spectres sont à considérer. Il reste encore beaucoup de progrès à réaliser dans la connaissance précise des lois ; ces progrès permettront certainement de résoudre bien des problèmes encore en suspens et surtout de les résoudre avec plus de sécurité. L'interprétation des spectres stellaires est le rôle de l'astrophysique.

Pierre LACROUTE,

*Astronome à l'Observatoire
de Toulouse.*

Discussion

M. BRUHAT, président de la séance, remercie M. Lacroute. Il insiste sur les grandes difficultés expérimentales que rencontrent les techniciens de l'astrophysique. Il signale en particulier la difficulté théorique de définir la température des étoiles.

M. SWINGS. — Il semble qu'on puisse espérer un progrès technique dans le domaine de l'analyse spectrale, résultant des applications de la télévision. On a construit ainsi une cellule photoélectrique complexe formée de fils de quartz extrêmement voisins, distants de 1 mm./50, chacun d'entre eux constituant une véritable cellule photoélectrique. On réalise ainsi une sorte de plaque photographique photoélectrique.

M. BRUHAT. — On peut obtenir des amplificateurs très grandes de l'intensité reçue, avec des amplificateurs, si l'on accepte des constantes de temps convenables. Grâce à l'amplification qu'elle permet du courant électrique produit par l'énergie lumineuse reçue, la cellule photoélectrique est peut-être appelée à remplacer dans l'avenir entièrement la plaque photographique.

M. SWINGS. — Il me semble que la plaque ne pourra jamais être totalement remplacée, et même que son rôle deviendra de plus en plus important. Il y a lieu de considérer la question du pouvoir séparateur, des dimensions limites réalisables, etc...

M. BRUHAT. — Il existe assurément pour toutes les sortes d'appareils une dimension optima, au delà de laquelle les avantages et les inconvénients se compensent, et ceux-ci mêmes l'emportent sur ceux-là.

M. SWINGS. — Le grand avantage des grands instruments d'optique est relatif à l'élimination de la luminosité du fond du

re empr
lecteur
10
BG
premiers r

ciel. Aujourd'hui d'ailleurs, ce qui compte le plus pour l'astronomie, c'est le choix d'un bon site pour les observatoires : le rendement des appareils s'en trouve énormément accru.

M. BRUHAT. — Ceci est vrai surtout de l'astronomie physique, encore plus que de l'astronomie de position.

M. ULLMO. — Pour revenir sur la question si importante de la récession des nébuleuses spirales, je voudrais indiquer une possibilité d'explication, encore incertaine et hypothétique, du rougissement du spectre des spirales éloignées, comme conséquence de travaux très récents de Dirac et Heisenberg sur la structure du vide. Celui-ci comporterait une densité infinie d'électrons d'énergie négative (une lacune dans cette distribution constituant l'apparence d'un positron, d'énergie positive). Les conséquences de cette structure du vide sont très curieuses : en réagissant avec cette distribution d'électricité négative, il est possible à un photon isolé d'être diffusé par le vide. Il lui est possible aussi de se diviser en deux photons : mais la probabilité de ce processus a été calculée et trouvée nulle.

Par contre, la probabilité de la trisection, ou division d'un photon isolé en trois photons partiels, a été calculée différente de zéro (bien qu'extraordinairement petite), et ceci même pour des photons d'énergie courante, plus petite que $2 m c^2$.

Par raison de symétrie, comme il arrive souvent dans ce genre de phénomènes, comme les transmutations, on peut penser que le processus de trisection le plus probable est celui où l'un des photons formés reste dans la direction du photon initial ; peut-être aussi sa fréquence est-elle très peu diminuée.

Quoique le « libre parcours » d'un photon correspondant à cette trisection soit énorme, le calcul vaut d'être fait, car ce phénomène justifierait un rougissement proportionnel à la distance, tout en maintenant localisée l'image de la nébuleuse spirale émettrice. En même temps que le rougissement, il y aurait affaiblissement de l'énergie lumineuse reçue directement, donc diminution des magnitudes apparentes. Ainsi les distances

calculées photométriquement seraient supérieures à la réalité.

On pourrait peut-être distinguer entre les deux théories (effet Einstein d'expansion et récession, effet Dirac de trisection sans récession), d'une part par des mesures de densités spatiales des nébuleuses, de l'autre en remarquant que la probabilité de trisection doit croître avec la fréquence du photon considéré. Ainsi, alors que l'effet Doppler-Fizeau produit une déviation proportionnelle rigoureusement égale pour toutes les fréquences, l'effet de trisection devrait proportionnellement dévier un peu plus les fréquences élevées.

M. MARTISE. — Puisque la question de l'Univers en expansion vient d'être à nouveau soulevée, je voudrais prier les Physiciens et Astrophysiciens qui sont ici de m'éclairer sur certains points relatifs à cette théorie en faveur.

La théorie de l'Univers en expansion est basée uniquement, au dire de Lemaître lui-même, sur la constatation du déplacement vers le rouge des raies du spectre de toutes les Nébuleuses extragalactiques, déplacement d'autant plus accentué que ces Nébuleuses sont plus lointaines. Friedmann et Lemaître interprètent le fait (d'après le phénomène Doppler-Fizeau) par une expansion de l'Univers entraînant avec lui, dans son mouvement de dilatation, les nébuleuses qu'il porte en son sein. La vitesse d'entraînement serait d'autant plus grande qu'elles seraient plus proches des confins de l'Univers, supposé fini.

Le déplacement des raies vers le rouge — c'est-à-dire le ralentissement des vibrations lumineuses, ou diminution de leur fréquence — ne peut-il avoir d'autres causes que la fuite de la source émettant la lumière, suivant la direction du rayon visuel ?

On connaît, en physique, d'autres causes produisant la diminution de la fréquence vibratoire d'une lumière issue d'une source, avec une fréquence initiale ν . Ce sont les suivantes :
1° Lorsqu'une substance *fluorescente* ou une substance *phosphorescente* est frappée par des rayons ultra-violetts, elle renvoie des rayons bleus ou verts ; c'est-à-dire qu'elle *abaisse la fré-*

quence des rayons incidents. Mais la réciproque n'est pas vraie : frappée par un rayonnement infra-rouge ou rouge elle ne pourrait hausser la fréquence vibratoire et renvoyer une lumière verte ou bleue (Loi de Stokes).

Les flux cathodiques provoquent aussi la fluorescence et la phosphorescence, et il y a dans ces phénomènes, *dégradation de l'énergie rayonnante*.

Il est vrai que ce phénomène ne semble pas avoir de portée en Astronomie, à moins, cependant, que les Nébuleuses spirales, outre les étoiles qui les constituent, ne renferment aussi des substances gazeuses fluorescentes.

2^o Une autre cause de déplacement des raies spectrales vers le rouge, découverte par Einstein — (et qui a fourni une preuve expérimentale de sa théorie) — est la suivante : lorsqu'une radiation est émise par un oscillateur placé dans un champ de gravitation très intense — ce qui signifie beaucoup plus intense que le champ terrestre — la lumière émanée de cette source (par exemple des vapeurs de Calcium placées dans la photosphère du Soleil), comparée à la lumière émise par un oscillateur de même nature (Calcium) placé dans le champ terrestre, paraît plus lente dans sa vibration. Un observateur, en comparant les raies H et K du Calcium, émises dans le Soleil, verra la position des premières déviées vers le rouge. Or, les Nébuleuses, vu leur immensité, doivent comporter un *champ gravitique extrêmement intense*. D'autre part, *plus lointaine sera la Nébuleuse, plus énorme devra être sa grandeur pour qu'elle soit visible encore avec nos instruments*, ou pour qu'elle puisse fournir un spectre perceptible ou photographiable. Par conséquent, l'intensité du champ de gravitation, où est placée la source d'émission, doit croître avec la distance de la nébuleuse. Donc, plus celle-ci est éloignée de la Terre, plus les raies de son spectre doivent se montrer déviées vers le rouge.

3^o Une troisième circonstance où le rythme d'une radiation lumineuse subit un ralentissement a déjà été signalé hier par

M. ULLMO. Elle se rattache à « l'effet Compton ». Lorsqu'un « photon » — où, peut-on dire, semble se rencontrer toute l'énergie d'un paquet d'ondes — rencontre un électron, il se produit une sorte de choc. L'électron est dévié de sa trajectoire initiale ; quant au photon avec ses ondes associées, ils *subissent un abaissement de fréquence*. Les raies correspondantes sont déplacées vers le rouge. On a répondu, je le sais, qu'alors la diffusion aurait lieu dans toutes les directions et non dans celle de la nébuleuse seule, mais cette objection ne porte plus si l'on suppose que le phénomène de Compton se produit à l'intérieur de la nébuleuse.

En un mot, diverses circonstances peuvent conduire à un déplacement vers le rouge des raies spectrales d'une source. Le mouvement de la source (effet Doppler) n'est qu'une des causes possibles. Vouloir fonder toute la théorie de l'Univers en expansion sur le *seul* fait du déplacement vers le rouge des raies spectrales des nébuleuses les plus lointaines, apparaît comme une hypothèse quelque peu hasardée vu que le fait expérimental servant de base à la théorie peut recevoir d'autres explications.

M. MINEUR. — Malheureusement on n'a observé jusqu'ici, pour les nébuleuses, que le couple des raies H et K du calcium. La formule exacte de l'expansion de l'Univers est $V. R = c^2$.

Il y a aussi dans la théorie de l'expansion une diminution de l'intensité lumineuse reçue des nébuleuses, pour trois raisons théoriques différentes. La comparaison des deux théories à ce point de vue serait intéressante.

M. BRUHAT. — Ne peut-on se servir du diamètre apparent des nébuleuses spirales pour évaluer leurs distances ?

M. MINEUR. — On le peut, mais les évaluations ainsi faites sont encore plus mauvaises que celles obtenues par les autres procédés. La méthode de Fabry serait la seule méthode correcte pour obtenir des magnitudes totales, mais, je ne sais pourqu岸, les observatoires américains, spécialisés dans ces mesures de distances, ne l'ont pas employée jusqu'à présent.

M. MATISSE. — N'y a-t-il pas d'autres phénomènes encore

qui pourraient expliquer le rougissement des raies des nébuleuses : fluorescence ou phosphorescence, ou bien l'effet indiqué par Einstein pour la lumière émise dans un champ de gravitation très intense ?

M. MINEUR. — Aucun de ces effets ne comporte la loi de variation avec la distance observée : en particulier pour le dernier, il faudrait que les champs de gravitation des étoiles composant les spirales croissent proportionnellement à la distance de ces spirales. Le phénomène envisagé n'est pas tout à fait un effet Doppler-Fizeau : c'est plus précisément le mouvement d'un photon dans un Univers en expansion.

L'ASTRONOMIE ACTUELLE

C. — L'ASTROPHYSIQUE

AVERTISSEMENT

Il est presque de tradition qu'un exposé général d'Astrophysique, lorsque les circonstances exigent de la brièveté, consiste essentiellement à faire défiler une suite de nombres qui caractérisent les diverses propriétés stellaires et qui nous paraissent extraordinaires parce que nous les comparons à nos mesures terrestres habituelles. C'est d'ailleurs là une façon de procéder très défendable dans les nombreux cas où il est surtout question de faire impression et de soulever la curiosité et l'enthousiasme.

Mais il nous a semblé que nous répondrions beaucoup mieux aux désirs des organisateurs de cette Semaine de Synthèse en nous plaçant sur un terrain purement scientifique et en tentant une esquisse des principaux problèmes actuels de l'Astrophysique. Cette tâche nous est grandement facilitée par le fait que notre exposé a été placé immédiatement à la suite d'une conférence sur l'analyse des spectres.

En fait, il s'agira ici presque exclusivement des résultats tirés de l'étude des spectres des astres. Nous avons dû laisser de côté, par manque de temps, le domaine de la photométrie et