

LES ÉTOILES SYMBIOTIQUES

par P. SWINGS

(Institut d'astrophysique de l'Université de Liège)

Nous avons le plaisir de présenter ici un article que M. le professeur P. Swings, président de l'U.A.I., a bien voulu rédiger à l'intention des astronomes amateurs.

Il nous adresse aussi, par une lettre officielle, ses félicitations et ses encouragements pour l'action entreprise par l'Association d'Observateurs d'Étoiles Variables et l'activité de tous ses membres.

Nous l'en remercions très vivement.

Comité de Direction de l'A.O.E.V.

A première vue, il peut paraître étrange que l'adjectif « symbiotique », utilisé fréquemment par les naturalistes, puisse être associé au mot « étoiles ». C'est le célèbre astrophysicien américain Paul W. Merrill qui, il y a 25 ans, a introduit l'expression « symbiotic stars » pour désigner les objets anormaux dont le spectre révèle des caractéristiques de très haute excitation d'une part, de température basse d'autre part. L'étude de tels « cas pathologiques » est d'un grand intérêt pour la compréhension des étoiles normales, tout comme l'étude des maladies permet de mieux comprendre les phénomènes existant dans les organismes bien portants. En fait, tout comme les êtres humains parfaitement bien portants sont rares, il n'existe guère d'étoile qui ne présente pas l'une ou l'autre anomalie, ou, au moins, une prédisposition à développer certaines anomalies, soit de temps à autre, soit à certains stades évolutifs.

L'astronome amateur peut rendre de grands services à l'astrophysicien professionnel s'occupant des étoiles anormales et, en particulier, des astres symbiotiques. Que de fois, au cours des trente dernières années, n'ai-je pas regretté de ne pas posséder les courbes de lumière des étoiles anormales aux époques où j'en étudiais le spectre ! Par la présente note, consacrée essentiellement aux étoiles symbiotiques, j'espère convaincre nos collègues, astronomes amateurs ou professionnels, de l'importance de *bonnes* observations photométriques des objets « monstrueux ». Mon plaidoyer peut s'appliquer, bien entendu, à d'autres astres que les étoiles symbiotiques. Notamment, nous devrions aussi avoir de bonnes courbes de lumière de nombreuses autres catégories d'astres anormaux ; par intérêt personnel, je cite les variables froides irrégulières (par exemple, les étoiles carbonées dont le spectre révèle des bandes d'intensité très variable des molécules polyatomiques C_3 et $Si C_2$) et les étoiles chaudes à raies brillantes d'intensité très variables (quoique beaucoup de ces étoiles ne soient pas cataloguées comme « variables »).

La lumière qui nous vient d'une étoile résulte de facteurs géométriques, physiques, dynamiques, chimiques, etc., caractérisant cet astre. Comme les diverses radiations peuvent provenir de régions différentes de l'atmosphère (effets de stratification) ou bien sont excitées par des mécanismes divers, on ne doit pas s'étonner si l'on trouve des courbes de lumière différentes pour des radiations différentes. En fait, l'astrospectroscopiste souhaiterait vivement disposer de courbes de lumière « monochromatiques ». Par exemple, pour les étoiles symbiotiques, il nous faudrait des courbes de lumière correspondant à des émissions discrètes caractéristiques (comme les raies de l'hydrogène ou d'atomes fortement ionisés), le continuum « froid » (disons dans la région rouge, mais en dehors de $H\alpha$) et le continuum chaud. Des courbes de lumière ont été publiées ; mais il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine ou, plutôt, il n'existe pas encore de courbes vraiment satisfaisantes, c'est-à-dire correspondant à des composantes bien définies du rayonnement. Ces courbes « monochromatiques » doivent sûrement différer : les maximums de lumière peuvent même se produire à des phases différentes. En cela, les étoiles symbiotiques ne diffèrent guère des novae : il est certain que les courbes de lumière d'une nova dans $H\alpha$, une raie interdite ou le continuum ultraviolet doivent être différentes et les maximums peuvent se présenter à des phases fort diverses.

L'étoile symbiotique la plus caractéristique et qui fut, d'ailleurs, étudiée la première en détail, est Z Andromedae, dont la magnitude visuelle présente des variations semi-régulières, des fluctuations faibles et, au contraire, des variations considérables, allant jusqu'à 3 magnitudes. La première étude du spectre de Z And, effectuée par H. H. Plaskett en 1928, n'avait, d'ailleurs, pas encore révélé les bandes de Ti O de la « composante » froide. Depuis, de nombreux objets symbiotiques ont été étudiés, de façons diversement détaillées, notamment par M^{lle} M. Bloch en France, MM. P. W. Merrill, O. Struve, L. H. Aller aux États-Unis, M. J. Sahade en Argentine. Les objets les plus étudiés spectroscopiquement et théoriquement sont :

AG Pegasi, AX Persei, CI Cygni, BF Cygni, RW Hydrae, T Coronae Borealis, R Aquarii, RS Ophiuchi, FR Scuti, MWC 603.

Certains de ces objets ressemblent fortement aux novae. Parfois des variations spectroscopiques extrêmement rapides sont observées : c'est ainsi que le spectre de BF Cygni varie parfois de façon radicale en un jour. Certains des astres cités présentent des émissions de très forte excitation, comme celles du fer six fois ionisé ou du néon quatre fois ionisé, caractéristiques d'une très haute température. A certaines phases AX Persei présente même une raie coronale (fer neuf fois ionisé). Rappelons-nous que de nombreuses novae ont, à certaines phases, manifesté des raies coronales ; c'était le cas de T Coronae Borealis, RS Ophiuchi, T Pyxidis (en 1945), N Herculis 1960 et 1963. D'autres symbiotiques présentent des excitations moins élevées, les raies d'excitation maximale étant celles de l'oxygène deux fois ionisé.

LES ÉTOILES SYMBIOTIQUES

Des objets ressemblant fortement aux étoiles symbiotiques citées plus haut et dont l'étude photométrique est aussi recommandée sont les suivants :

17 Leporis, AX Monocerotis, RX Puppis, MWC 17, RY Scuti,
CD-27°11944, MH α 328-116, MWC 349, B 1985, WY Geminorum,
W Cephei, VV Cephei, W Serpentis, HD 45677.

Beaucoup de ces astres sont certainement des binaires ; mais d'autres sont, peut-être, simples. Je dis « peut-être », en pensant à HD 45677 qui possède des raies interdites intenses du fer ionisé, mais dont on n'a jamais trouvé de compagnon froid (je ne serais pas étonné toutefois si on trouvait, un jour, un compagnon très froid, dans l'infrarouge !). Du point de vue spectroscopique, la plupart des étoiles citées plus haut, sont d'un intérêt prodigieux.

Le huitième Colloque international d'astrophysique de Liège (1957) a été consacré aux étoiles à raies d'émission ; on y trouve de nombreux renseignements sur les étoiles symbiotiques. Mais au cours des dix dernières années, nos vues sur les problèmes physiques de ces astres ont encore progressé de façon appréciable.

Les mécanismes d'excitation sont divers : recombinaison d'ions et d'électrons, impacts de particules, fluorescence due au continuum ou aux émissions discrètes, processus moléculaires. Comme un champ magnétique a été observé dans quelques-uns des astres mentionnés ici, il ne serait pas étonnant que des effets d'origine magnétique se manifestent également. N'oublions pas non plus qu'il peut exister des effets de relaxation : une modification d'excitation (par exemple de la température d'une région chaude) est susceptible d'affecter des régions éloignées, après des intervalles de temps fort variables, qui peuvent aller du jour au mois, ou même atteindre des années.

On a récemment essayé de trouver des relations entre les étoiles symbiotiques et d'autres astres, comme les nébuleuses planétaires, les étoiles de Wolf-Rayet, les novae et les étoiles chaudes à enveloppe. En fait nos connaissances de l'évolution stellaire sont encore bien vagues dans la région du diagramme Hertzsprung-Russell entre les phases de géante rouge et de naine blanche. On a parfois suggéré que les nébuleuses planétaires ou les objets symbiotiques constituent les stades évolutifs encore manquants.

En tout cas, il y a beaucoup de ressemblances spectroscopiques entre les émissions discrètes des étoiles symbiotiques et celles des nébuleuses planétaires, particulièrement des nébuleuses de relativement forte densité électronique, comme IC 4997.

Quant aux ressemblances entre les parties de haute excitation des étoiles symbiotiques et les novae, elles sont parfois extrêmement marquées. Citons surtout les novae récurrentes T Cr B, RS Oph, RT Ser et T Pyx. En particulier, la nova récurrente RS Oph, qui possède une période d'environ 25 ans et dont les dernières fortes explosions ont été observées en 1898, 1933 et

1958, sera fort intéressante à suivre de près aux environs de 1983. A ce moment-là les télescopes orbitants nous renseigneront (du moins, nos successeurs !) sur les domaines ultraviolet lointain, X et infrarouge, en même temps que sur le domaine photographique habituel. A certaines phases — la phase « coronale » en particulier — les spectres dans l'ultraviolet lointain seront d'un intérêt extrême. En fait, les astrophysiciens sont impatients de connaître les spectres obtenus par satellites de tous les astres considérés dans cet article.

Pour comprendre les spectres et, par conséquent, la physique des objets symbiotiques, la méthode la plus efficace est la comparaison de ces astres avec les novae (surtout les novae lentes et récurrentes), les étoiles Wolf-Rayet ou de type P Cygni, les étoiles Of (O à raies d'émission) et Be. Les divers types de mécanismes d'excitation et les effets de dilution physique et géométrique présentent des importances relatives très diverses. Mais, sans bonnes courbes de lumière (monochromatiques, avec choix approprié des domaines spectraux), les observations spectroscopiques ne peuvent fournir que des résultats incomplets : l'aide de nos collègues photométristes est donc essentielle. Évidemment la comparaison des courbes de lumière et des courbes de vitesse radiale est aussi très importante ; bien sûr les vitesses radiales diffèrent pour des éléments différents, de même, d'ailleurs, que pour les raies d'un atome, excitées par des mécanismes différents.

A première vue, les objets symbiotiques présentent des abondances relatives anormales, comme les novae d'ailleurs. Mais une grande prudence s'impose lorsque l'on tente de déterminer les abondances relatives, étant donné la diversité et la complexité des mécanismes d'excitation, les effets de dilution et les écarts à l'équilibre thermodynamique. En fait, certaines « anomalies » d'abondances ne sont qu'apparentes.

Quelle est la cause des éruptions des étoiles symbiotiques ? Il semble bien que l'agent responsable soit la pression de radiation qui, par suite d'effets de turbulence, expansion ou rotation, peut subitement s'accroître pour certains atomes, par exemple pour l'oxygène et l'azote deux fois ionisé. Il suffit de penser, par exemple, au « nitrogen flaring stage » de Nova Geminorum 1912. Peut-être de telles explosions sélectives peuvent-elles aussi expliquer les bizarres nébuleuses planétaires, dont le noyau est carboné (dépourvu d'azote), alors que la nébulosité est riche en azote !

Il faut aussi toujours avoir à l'esprit la possibilité de temps de relaxation (« time lags »). Une variation de la température du rayonnement des zones intérieures influence l'ionisation des enveloppes éloignées après un temps plus long que les enveloppes proches de la surface excitatrice.

J'ai parlé de la possibilité d'une connexion entre les étoiles symbiotiques et les nébuleuses planétaires. Mais, en fait, la première question qui se pose est : les objets symbiotiques sont-ils des associations bizarres de deux étoiles ou des étoiles simples monstrueuses ? A l'heure actuelle, on ne peut répondre