

DES ETOILES SOUS SURVEILLANCE
CONTRIBUTION DES ASTRONOMES AMATEURS A L'ETUDE DES ETOILES VARIABLES

Lors du Colloque 98 de l'Union Astronomique Internationale, organisé par la Société Astronomique de France ("Contribution des astronomes amateurs à l'Astronomie", Paris 1987 juin 20-24), plusieurs communications ont eu pour sujet l'observation des étoiles variables par les amateurs. C'est que ce domaine d'observation est effectivement un des domaines privilégiés dans lequel les observateurs peuvent espérer apporter aux professionnels une aide utile et appréciée. Il a déjà été question dans les Cahiers Clairaut des différents types d'étoiles variables et des techniques d'observation (Verdenet, 1981) et plutôt que de revenir sur ces points, il a paru intéressant de montrer en quoi consiste le travail du variabiliste amateur et quel genre d'information il peut proposer aux professionnels. Quelques exemples récents montreront comment ces observations ont parfois permis d'aider à construire un modèle astrophysique ou de conclure à sa validité.

Le profane qui jette un coup d'oeil distrait sur le ciel ne soupçonne pas que ce spectacle qui lui paraît immuable est en fait une réalité changeante: la fantastique explosion de la supernova du Grand Nuage de Magellan en est une preuve spectaculaire. Mais si les explosions de supernovae sont plutôt rares, par contre l'éclat de certaines étoiles varie en permanence plus ou moins régulièrement. Il est hors de propos de revenir ici sur une description des différents types de variabilité et sur les mécanismes qui les commandent. Il suffit de savoir que l'éclat peut varier pour des raisons géométriques externes à l'étoile, mais aussi pour des raisons intrinsèques. Dans le premier cas, il s'agit d'un système double dans lequel un compagnon plus sombre vient régulièrement occulter ou éclipser une étoile plus brillante, faisant ainsi varier l'éclat global du couple. L'étude de la variation de ces "binaires à éclipses" (prototype: Beta Persei, la célèbre Algol, l'Etoile Démon des astronomes arabes) permet alors de reconstruire l'orbite du compagnon et d'en déterminer les paramètres. Lorsque l'éclat varie pour des raisons internes à l'étoile, les causes sont multiples. De gigantesques pulsations peuvent faire varier le diamètre de l'étoile (Céphéides, prototype Delta Cephei), ou bien c'est

le passage d'une onde de choc dans l'atmosphère de l'étoile (variables à longue période du type Mira). Ou bien encore, le renforcement d'éclat est la manifestation d'un échange de matière ...un peu brutal dans un système binaire (étoiles "éruptives du type U Geminorum). Cette variabilité intrinsèque est le signe d'une instabilité fondamentale de l'atmosphère et une étude de la variation d'éclat peut aider à comprendre ce qui se passe, surtout si elle est corrélée avec une variation dans d'autres domaines du spectre.

Actuellement, près de 30000 variables sont cataloguées dans la "Bible" de l'astronome variabiliste, le General Catalogue of Variable Stars", autrement dit GCVS. Outre le nombre, une autre difficulté vient de la diversité des périodes: de 90 minutes environ pour CY Aquarii à quelques centaines de jours pour une Mira. Il est évident qu'aucun astronome professionnel ne peut se permettre d'assurer une surveillance continue et efficace de ces étoiles: leur temps est précieux et leurs instruments bien trop élaborés et compliqués pour ce travail. Par chance, plus de la moitié de ces étoiles variables sont accessibles à des instruments non-professionnels, entendez par là des télescopes de diamètre inférieur à 50 cm. Il s'agit d'étoiles "brillantes", la limite inférieure de l'éclat se situant aux alentours de $m=15$ et l'amplitude de variation ne descendant pas au dessous de 0.5 mag. En outre, les amateurs sont nombreux et bien distribués en longitude; leur "temps de telescope" ne coûte pas cher et ils peuvent, en raison de la maniabilité et de la légèreté de leur instrument, profiter du moindre trou dans la couverture nuageuse. Leur travail est simple: il suffit d'estimer l'éclat d'un certain nombre d'étoiles, soir après soir, afin d'établir une courbe de lumière analogue à celle de la figure (1).

Bien qu'un nombre croissant de variabilistes amateurs utilisent de plus en plus des photomètres photoélectriques, se rapprochant ainsi des travaux des professionnels, la majorité continue à pratiquer la photométrie visuelle. L'observateur estime l'éclat en comparant la variable successivement à une étoile de comparaison plus brillante et à une autre moins brillante. Il ne s'agit pas d'une mesure au sens strict du terme et ce qu'on cherche surtout à mettre en évidence est la variation de l'éclat plutôt que sa mesure absolue. L'expérience montre que l'oeil humain est un détecteur peu précis mais étonnamment sensible. Ainsi, si on examine de nouveau la figure (1), on constatera que les estimations s'écartent assez peu les unes des autres. Certes, chaque observateur peut voir l'étoile systématiquement plus brillante

ou moins brillante qu'elle ne l'est réellement. Il y a toutefois un accord général autour d'une courbe moyenne qui est ici typique d'une variable semi-régulière SRb. De fait, un observateur entraîné peut détecter une différence d'éclat de l'ordre de 0.1 mag. et même probablement moins. Au reste, une Association comme le Groupe Européen d'Observations Stellaires (GEOS), spécialisée dans l'étude des étoiles mal connues ou suspectes, soumet les estimations de ses membres à des traitements statistiques éprouvés qui permettent de retrouver la courbe la plus probable. Cela dit, qu'il y ait traitement statistique ou non, une courbe n'est fiable que dans la mesure où on dispose d'un grand nombre d'observations.

Toutefois, ce qui intéresse le professionnel n'est pas tellement la courbe de lumière en soi, mais ce qu'elle révèle. Entendons-nous bien: il n'est pas du ressort de l'amateur variabiliste de construire un modèle d'étoile. Il n'est en fait qu'un auxiliaire, certes précieux, mais pas un chercheur théoricien. C'est en sorte de la collaboration étroite entre l'observateur et le théoricien professionnel que jaillira la compréhension de ce qui se passe. Au reste, toutes les associations spécialisées comprennent aussi des professionnels ou de futurs professionnels. Quelques exemples montreront comment fonctionne cette collaboration.

Les étoiles de type Mira sont très observées par les amateurs, au point que pour certaines d'entre elles comme Omicron (Mira) Ceti ou Khi Cygni, on dispose d'observations ininterrompues depuis le milieu du siècle dernier (et même parfois, bien avant). Ces étoiles sont des géantes rouges un peu plus massives que le Soleil: ce sont des astres qui terminent leur vie et traversent pendant quelques dizaines de milliers d'années une phase d'instabilité. La période varie de quelques dizaines à quelques centaines de jours et la variation d'éclat dans le domaine visible est causée par l'envahissement progressif de la partie rouge du spectre par les bandes moléculaires en absorption de l'oxyde de Titane (OTi et O_2Ti). On sait depuis longtemps que ce sont des étoiles pulsantes dont le rayon varie périodiquement comme celui des Céphéides. Cependant, le modèle n'explique pas bien les assez fortes variations de la période. Plusieurs faits observationnels nouveaux sont intervenus au cours de ces dernières années. La comparaison des observations visuelles des amateurs avec celles des radioastronomes a montré une excellente corrélation entre celles-ci. Les variations du flux radio, notamment sur 18 cm (radical oxhydrile OH) sont commandées par un processus maser et la corrélation avec le flux optique suggère une explication du mécanisme de pompage qui l'entretient. D'autre part,

une étude systématique des courbes de lumière visuelles a permis d'établir une bonne corrélation entre la période (établie à partir des minimums d'éclat) et l'amplitude (Gillet, 1985). Un tel accord donne des arguments en faveur d'un modèle d'étoile dont l'enveloppe est parcourue par des ondes de choc, onde peut-être induite par les pulsations d'une étoile centrale beaucoup plus petite (modèle proposé par Wood et al. dès 1982). Il reste beaucoup à faire sur les Mirae et il ne fait pas de doute que les milliers d'observations accumulées par les amateurs pendant des dizaines d'années ont été une aide précieuse aux professionnels.

Dans la période à venir, les amateurs seront également mis à contribution pour le programme de mesures de parallaxe par le satellite astrométrique HIPPARCOS. La détermination de parallaxes précises est importante pour obtenir une bonne calibration de l'échelle des distances à l'intérieur de notre Galaxie. Or, Hipparcos mesure à chaque instant deux étoiles situées dans deux champs séparés d'environ 70° . Ces étoiles doivent être plus brillantes que $m=11$. Si l'une des étoiles de la paire est trop faible, l'autre ne pourra être mesurée. Lorsque l'une des étoiles du couple est une Mira, il importe donc de savoir à l'avance quel sera son éclat. En effet, si celle-ci est trop faible, il est inutile de tenter la mesure. Tout cela suppose une circulation rapide de l'information sur l'état de l'étoile vers les professionnels et il est hors de doute que les amateurs sont à même de l'assurer. Ce ne serait d'ailleurs pas la première fois qu'ils travailleraient ainsi, en liaison avec des satellites: de nombreuses campagnes identiques ont déjà eu lieu, comme par exemple la surveillance de l'activité de R Corona Borealis pour le satellite International Ultraviolet Explorer (voir Schweitzer, Proust, 1987).

L'affaire γ Persei est exemplaire de l'interaction entre professionnels et amateurs. Lorsque l'Observatoire de Genève soupçonna la variabilité de cette étoile, jusque là considérée comme suffisamment stable pour servir de comparaison photométrique, le GEOS entreprit une campagne d'observations visuelles. Il est en effet dans la politique de cette Association d'étudier systématiquement toutes les étoiles pour lesquelles on a des chances de tirer rapidement des résultats nouveaux. Une première campagne visuelle rassembla en 1975 8400 mesures (pour 15 observateurs!). Parallèlement, Genève surveilla l'étoile avec un photomètre photoélectrique pendant deux nuits. Cette colla-

boration permet d'évaluer la fiabilité des observations visuelles qui confirmèrent la variabilité. Restait à déterminer la période et le type de variation. Le modèle de binaire à éclipse n'expliquait pas bien certaines particularités de la courbe des vitesses radiales mesurées et la courbe visuelle prouvait que toute période courte était à exclure. Après que Genève ait communiqué au GEOS une éphéméride probable sur la base d'une période de 67.45 jours, une autre campagne visuelle fut lancée en 1978. L'analyse serrée des 1711 mesures recueillies en 4 mois permit au GEOS de conclure sur un modèle de binaire à éclipses de période 25.939 jours et de type EA (c'est à dire du type Algol). Ces mesures mettaient en outre en évidence une rotation de la ligne des apsides (joignant le périastre de l'orbite à l'apoastre) en environ 1000 ans. Le modèle n'expliquait pas tout à fait, cependant, les variations de vitesse radiale: de nouvelles mesures seront nécessaires pour lever toute ambiguïté (Figer, Maurin, 1979). Cet exemple montre bien comment un groupe d'amateurs bien structuré et en liaison étroite avec des professionnels peut entrer dans le domaine de la recherche.

On aura compris que l'amateur isolé a fort peu de chances de faire oeuvre utile: il est fortement conseillé de travailler au sein d'une grande association spécialisée comme l'Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables (AFOEV) ou le GEOS, déjà mentionné. L'appartenance à une association garantit une circulation rapide de l'information relative aux grands événements: apparition d'une nova, crise imprévue d'une étoile. Elle facilite aussi les contacts avec les observatoires et l'accès à la documentation. Elle permettra enfin au débutant de mieux établir ses premiers programmes et de bénéficier des conseils d'observateurs plus chevronnés. Pour commencer, il suffit d'avoir le goût de l'observation et une bonne dose de patience. L'instrumentation n'est pas un problème: une bonne paire de jumelles 8x40 ou 7x50 permet déjà de faire du bon travail. A condition d'éviter au début certaines étoiles difficiles, un observateur devient fiable à partir d'une centaine d'observations. En outre, pour ceux qui craindraient de s'enfermer dans une certaine routine, il est bon de savoir que l'expérience des variabilistes est souvent sollicitée pour d'autres tâches connexes, par exemple la photométrie visuelle des comètes.

Bref, la tâche est tellement vaste que les variabilistes amateurs ne sont pas près de rester inactifs. Et même si les détecteurs à transfert de charges (CCD) et les équipements photoélectriques sont de plus en plus utilisés par les amateurs, l'oeil humain n'en reste pas moins un instrument irremplaçable: il est rapide à mettre en station (si on peut dire) et il s'adapte rapidement aux conditions météorologiques.

En d'autres termes, même si la photométrie visuelle paraît un peu désuète à l'heure des "puces" ultraminiaturisées et de l'hyperspécialisation, elle a encore de beaux jours devant elle. Si le cœur vous en dit, venez donc nous rejoindre: vous y ferez un travail passionnant et de plus, utile.

Jacques VIALLE

Références

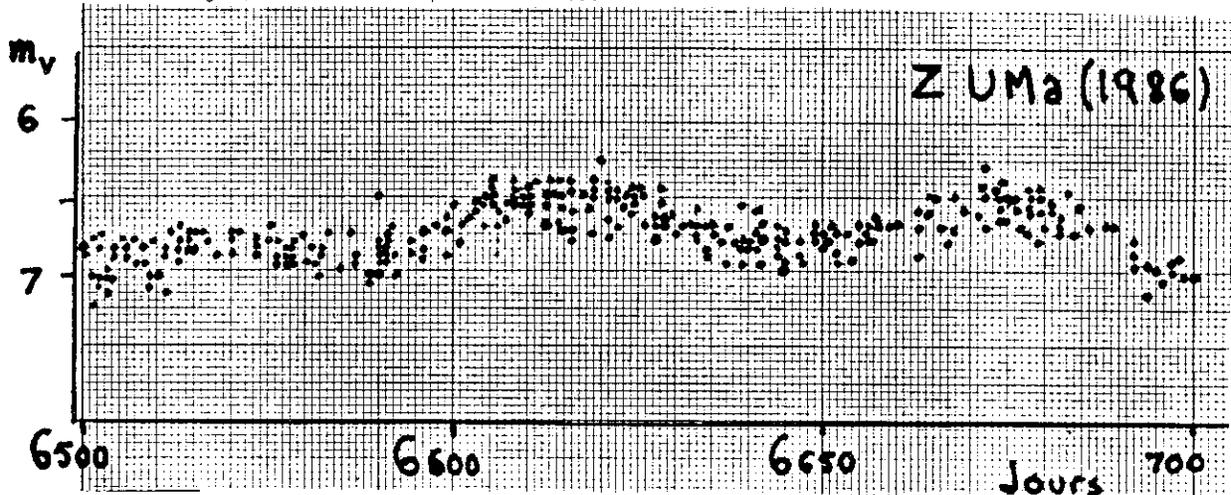
- VERDENET, 1981, Observer les étoiles variables, Cahiers Clairaut, 15,3.
GILLET, 1983, Sur l'origine des ondes de choc dans l'atmosphère des étoiles Mira, Bull. Ass. Fr. Obs. Etoiles Variables, 31,3.
SCHWEITZER, PROUST, 1987, l'Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables, l'Astronomie, 101, 303.
FIGER, MAURIN, 1979, 1 Persei, GEOS CIRCULAR EB 2.

à lire :

- VERDENET, Observer les étoiles variables, comment, pourquoi ?, Association Française d'Astronomie.
PETIT, Les Etoiles Variables, Masson 1982.

Pour rejoindre une association :

- AFOEV, M.Schweitzer, 16 rue de Plobsheim, 67100 STRASBOURG.
GEOS, M.Figer, 12 rue Bezout, 75014 PARIS.



Variations d'éclat de l'étoile semi-régulière Z Urase Majoris. Observations réalisées par une dizaine d'observateurs de l'AFOEV au cours des 2^o et 3^o trimestres 1986. Les dates sont données en "jours de la période julienne", chronologie très utilisée par les variabilistes.