

## OBSERVER LES ETOILES VARIABLES A L'ECOLE

L'étude des *Etoiles Variables* est une des branches les plus fécondes de l'Astrophysique stellaire. C'est aussi un des derniers domaines dans lequel un amateur modestement équipé peut encore espérer apporter une contribution utile (et appréciée) aux travaux des astronomes professionnels. On trouvera une étude plus précise des causes de leurs changements d'éclat dans Verdenet (1981). Disons pour résumer que la cause de ces variations peut être intrinsèque (il s'agit généralement d'étoiles pulsantes) ou purement géométrique (une étoile moins brillante vient périodiquement occulter une étoile plus brillante). Dans le premier cas, on cherche à observer l'ensemble de la variation et principalement les *maximums* d'éclat alors que dans le second, on s'intéresse plutôt aux *minimums*.

Faire de la photométrie visuelle à l'école semble être de prime abord un programme ambitieux, voire irréalisable. Un tel projet exige en effet une grande habitude et beaucoup de patience. Les étoiles à grande amplitude de variation ont des cycles de plusieurs dizaines, voire quelques centaines de jours. Tout cela ne paraît guère convenir à un projet scolaire qui au mieux ne peut se dérouler que sur quelques semaines et dont la mise en oeuvre doit rester aussi simple que possible. Néanmoins, quelques auteurs ont étudié la possibilité et l'intérêt de l'observation des étoiles variables dans le cadre de la classe. Sauf Ros-Ferré (1991), il n'existe à notre connaissance aucune littérature en français sur ce problème et il a paru nécessaire de faire une synthèse des études antérieures en prenant en compte les conditions propres à notre système éducatif. Les techniques d'observation et de réduction des mesures ne seront toutefois pas abordées (voir à ce propos Verdenet, 1981 et Ros-Ferré, 1991).

### POURQUOI OBSERVER LES ETOILES VARIABLES

L'observation par des élèves des variations de l'éclat de certaines étoiles est une activité dont l'intérêt pédagogique n'est pas négligeable. Levy (1987), qui s'intéresse surtout à ce qui correspond chez nous au cycle terminal de l'Ecole Élémentaire et aux premières années du Collège (7 à 12 ans), remarque que le caractère magique de leurs changements d'éclat ("*the magic of variable stars*") fait de ces étoiles une introduction idéale à l'Astronomie ("*a key to introducing children to astronomy*"). Gaskell (1991) montre comment leur observation aide les élèves à établir un lien entre ce qu'on leur apprend de l'astronomie et leur expérience personnelle du ciel.

A la réserve près que cette observation est peut-être difficile (mais pas impossible) à pratiquer avec de jeunes enfants, ces remarques sont tout à fait justifiées. Le ciel de nos élèves (celui des adultes aussi...) est un ciel "médiéval": une sphère où sont accrochées les étoiles, elles mêmes souvent associées à des concepts totalement étrangers. Combien d'entre eux par exemple associent les étoiles à un décor pour ciel de vacances... Il y a un décalage évident entre les concepts abstraits présentés par le maître (énergie, lumière ou rayonnement, par exemple) et l'expérience personnelle de nos élèves. Leur montrer que les étoiles sont aussi

des objets physiques en évolution perpétuelle, leur donner l'occasion d'observer un phénomène inhabituel, fascinant et intrigant aiderait probablement à réduire ce décalage.

Une telle observation devrait donc finalement conduire à mieux percevoir "le ciel", ce théâtre grandiose où il se passe toujours quelque chose. En outre, comme on ne peut pas observer n'importe quoi n'importe quand, un tel projet oblige les élèves à planifier leur activité (parfois sur une période de temps assez longue), à assurer la conservation de leurs résultats pour traitement ultérieur, à critiquer ces résultats, à faire des hypothèses sur ce qui se passe là-haut. Enfin, la régularité du phénomène se prête admirablement à de nombreuses activités: rechercher une période, faire des hypothèses sur la cause de la variation, prédire ce qui va se passer. Les élèves sont ainsi tout naturellement conduits à pratiquer une démarche authentiquement scientifique.

#### QUELLES ETOILES OBSERVER?

La réalisation d'un tel projet en milieu scolaire impose un certain nombre de contraintes dont certaines sont incontournables, ce qui limite singulièrement le nombre des étoiles observables. Gaskell (1991) définit un certain nombre de critères de choix parmi lesquels on peut retenir les suivants:

- \* l'étoile doit être observable sur toute sa courbe de lumière,
- \* on doit pouvoir disposer d'une séquence de comparaison commode,
- \* sa période de variation doit être de l'ordre de la soixantaine de jours (ou moins) sous peine de voir les élèves se décourager,
- \* elle doit être visible le soir pendant toute la période d'observation.

Nous pensons que ces contraintes sont en fait encore plus sévères. Ainsi, l'éclat de l'étoile doit toujours être plus brillant que la magnitude limite d'au moins une magnitude, sous peine de voir l'oeil "photométrique" cesser d'être fiable. Mais la plus grande partie de nos élèves résident maintenant en environnement urbain (magnitude limite de l'ordre de  $m=4$ ). Il en résulte que non seulement l'étoile doit être très brillante ( $m < 4$ ) mais encore que sa déclinaison doit être suffisamment élevée pour qu'elle soit commodément observable pendant la majeure partie de la période d'observation.

Les critères retenus par Gaskell (1991), aggravés par la nécessité de tenir compte des contraintes imposées par l'observation en site urbain, éliminent immédiatement les étoiles variables irrégulières et semi-régulières dont les changements d'éclat sont peu spectaculaires, les *Mirae* dont les variations s'étalent généralement sur des périodes trop longues et dont les minimums sont inaccessibles et les Céphéides de faible amplitude ou trop peu brillantes.

Ceci étant posé, La littérature disponible sur l'observation visuelle des étoiles variables en environnement scolaire n'insiste généralement pas sur un aspect essentiel. On peut en effet se fixer deux objectifs différents: soit (a) se borner à constater une variation d'éclat, soit (b) étudier cette variation et sa périodicité. L'objectif (a) est bien adapté à l'Ecole Elémentaire; l'objectif (b) convient plutôt au Collège ou au Lycée parce qu'il

suppose la mise en oeuvre de concepts non directement liés à la photométrie (calendrier, congruence, etc.).

En définitive, quatre étoiles seulement peuvent être retenues. Elles apparaissent avec leurs caractéristiques dans le tableau I ci-dessous, x Cygni constituant un cas un peu particulier

Etoile	Type	magnitude	Période	Objectifs
$\beta$ Persei	E	2.4 à 3.2	2,67 j.	a,b
$\beta$ Lyrae	E	3.3 à 4.2	12.91 j.	b
$\delta$ Céphée	Cep	3.9 à 5.1	5.37 j.	b
x Cygni	Mira	3.3 (max.)	400j.	a

Tableau I: Quelques étoiles variables observables à l'oeil nu (E: binaire à éclipses; Cep: Céphéide). Source: AAVSO *Atlas of Variable Stars*

La figure 1 montre des cartes simplifiées pour chacune de ces étoiles avec les étoiles de comparaison recommandées. Des éphémérides donnant les phases de ces étoiles sont en général publiées dans les revues astronomiques d'amateur. Pour les méthodes d'estimation d'éclat et de traitement des observations, voir Ros-Ferré (1991).

#### DIFFICULTES PROPRES A L'OBSERVATION VISUELLE

Il existe un autre spect du problème. Certaines étoiles (les éclipsantes comme  $\beta$  Persei) supposent que l'on observe à une date précise pendant quelques heures. On rappelle à ce propos qu'une éclipse d'Algol dure une dizaine d'heures (4 heures pour la chute d'éclat, ou sa remontée, et une vingtaine de minutes pour le minimum), ce qui oblige à observer au moins deux soirées si on veut la couvrir totalement. Pour d'autres étoiles (Céphéides et Mirae), il est nécessaire de faire une observation chaque soir pendant quelques jours ou quelques semaines et le programme risque de durer trop longtemps. Il y a là un risque car nos élèves ont l'impatience de leur âge et se démotivent très vite (Ros-Ferré, 1992).

En théorie, on peut étudier une éclipse d'Algol en deux soirées. Mais les éclipses favorables (minimum survenant dans la première partie de la nuit) se reproduisent assez rarement. Ainsi, entre le 1 octobre et le 31 décembre 1992, Algol a connu 32 minimums, dont 7 seulement survenant dans la première partie de la nuit. 3 d'entre eux se produisaient alors que la Lune dans une phase avancée était au dessus de l'horizon. Deux seulement ont finalement pu être observés à La Rochelle pendant cette période. De même, les stagiaires de l'Université d'Eté de Gap 1992 ont eu la chance de tirer quelques résultats intéressants sur Algol (fig.2).

L'observation d'une Céphéide est moins sensible aux aléas de la météo car la variation affecte toute la courbe de lumière. De plus, ce type d'étoile se prête bien à l'observation individuelle "à la maison". Toutefois, il faut recueillir un certain nombre d'estimations à diverses phases pour avoir des chances de résultats

et il vaut mieux choisir une étoile dont le cycle de variation est assez court. En mettant les choses au mieux, il faut observer pendant trois à quatre semaines pour construire une bonne courbe de lumière sur une Céphéide comme  $\delta$  Cephei (période: 5.37 j.).

On notera enfin que les maximums de  $\alpha$  Cygni (variable à longue période du type Mira) ne sont pas toujours commodément observables à l'oeil nu. De plus, comme la période est de 400 jours environ, ils se décalent d'année en année et les créneaux favorables (maximum se produisant au cours de l'intervalle où l'étoile est visible dans la première partie de la nuit) sont assez rares. Ainsi, les prochains maximums favorables de  $\alpha$  Cygni auront lieu en juillet 1995, août 1996 et octobre 1997. Seul le dernier pourra être observé facilement par des scolaires, sans avoir à attendre trop longtemps que la nuit soit enfin tombée.

#### OBSERVER...EN RESTANT DANS LA SALLE DE CLASSE

Il découle de ce qui précède que la construction d'une courbe de lumière à partir d'une série d'observations visuelles n'est pas une affaire simple et que le risque d'échec est loin d'être négligeable. Le manque d'expérience, de mauvaises conditions météo viennent trop facilement gâcher le projet le mieux préparé... et une nouvelle occasion ne se présente parfois que très longtemps après. Faut-il alors abandonner tout espoir de faire un travail sérieux avec une classe?

Gaskell (1991) et Ros-Ferré (1991) conseillent à juste titre de faire construire une courbe de lumière en salle, à partir de photos. Les estimations d'éclat sont même souvent de meilleure qualité et le risque de voir la soirée d'observation ruinée par les nuages (avec celui de voir les élèves se décourager) est ainsi supprimé. Le travail en atelier se fait à une heure "scolaire", à tête reposée, sans l'angoisse "de rater la manipe". L'observation collective nocturne n'est plus exclusivement consacrée à la photométrie, quitte à faire faire quelques estimations d'éclat au besoin sur des étoiles variables, par exemple au cours d'une séance de découverte des constellations. Enfin, tout un cycle de variation se déroulant normalement sur plusieurs jours (cas d'une Céphéide) peut être "ramassé" sur une ou deux heures.

Contrairement à l'opinion généralement admise, il est tout à fait possible de se constituer une banque de diapositives pour l'étude des variables. On peut même confier cette tâche à des élèves motivés même s'ils résident en plein centre ville. L'auteur a pu réaliser des images d'Algol avec un simple boîtier 24x36 monté sur un pied photo installé dans un jardin situé pratiquement en plein centre ville et entouré de façade généreusement éclairées (Ekta 200 ISO, 1 minute à f/1,8). Un autre avantage est qu'un plus grand nombre d'étoiles à grande amplitude mais trop faibles deviennent accessibles, par exemple:  $\zeta$  Geminorum (à peine visible à l'oeil nu en ville), W Geminorum, RR Lyrae ou RZ Cassiopeia...

A ceux qui objecteraient que l'observation en milieu scolaire consiste avant tout à faire sortir les élèves dehors et à leur faire lever les yeux (objection tout à fait justifiée), on pourrait répondre qu'après tout c'est en étudiant des plaques photographiques

qu'Henrietta Leavitt découvrit à Harvard la relation Période-Luminosité des Céphéides, cruciale pour la solution du problème des distances. C'est également en étudiant des clichés du ciel que l'on découvre, presque chaque jour et souvent par hasard, de nouvelles variables. On suggérera quand même aux élèves de pratiquer aussi l'observation visuelle, sans nécessairement chercher à construire une courbe de lumière.

La construction de la courbe de lumière d'une Céphéide est une activité aux multiples prolongements et qui conduit tout naturellement à l'Histoire de l'Astronomie. Levy (1987) remarque que la vie exceptionnelle de Goodricke, le presque légendaire "berger sourd-muet" qui découvrit la périodicité d'Algol, est suffisamment passionnante pour intéresser de jeunes élèves. On peut aussi exploiter les mesures pour rechercher une période (voir: Acker & Jaschek, 1981). A un niveau plus avancé, on peut montrer comment les Céphéides ont permis de comprendre la nature extragalactique de certaines "nébuleuses". Les étoiles variables recouvrent un immense champ cognitif: elles offrent la possibilité "d'enseigner autrement" un certain nombre de concepts et surtout de pratiquer une démarche intellectuelle (établir un protocole d'observation, collecter des estimations, les traiter, modéliser, confronter à l'observation, etc.). Pratiquer les étoiles variables à l'école est une activité idéale pour les fameux ateliers de pratique qui commencent à apparaître dans nos Lycées et nos Collèges.

## CONCLUSION

En définitive, il est parfaitement possible d'aborder l'étude des étoiles variables à l'Ecole, tout au moins au Lycée, voire au Collège. Même si le nombre en est assez restreint, quelques étoiles sont tout à fait à la portée de nos élèves et les chances de succès seront grandement améliorées si on travaille à partir de documents photographiques ou mieux de diapositives. Cette activité est même tout à fait adaptée aux ateliers de pratique à vocation scientifique. Si tout va bien, une série de diapositives sur le sujet devrait prochainement voir le jour...

Jacques VIALLE

## REFERENCES

- ACKER (A.), JASCHEK (C.), 1981: *Astronomie: méthodes et calculs*, Masson
- VERDENET (M.), 1981: Des observations passionnantes et utiles: Observons les étoiles variables, *Cahiers Clairaut*, 15,3
- LEVY (D.H.), 1987: Can Variable Stars be introduced to Children?, *J. Amer. Assoc. Var. Star Obs.*, 15,282
- GASKELL (C.M.), 1991: Variable Star Observations in an Introductory Astronomy Course, *J. Amer. Assoc. Var. Star Obs.*, 20, 41
- ROS-FERRE (R.M.), 1991: Une étude d'étoiles variables, *Cahiers Clairaut*, 56, 10
- ROS-FERRE (R.M.), 1992: Algol, Changing Spirit, *Newsletter: Commission 46 of the International Astronomical Union*, 27

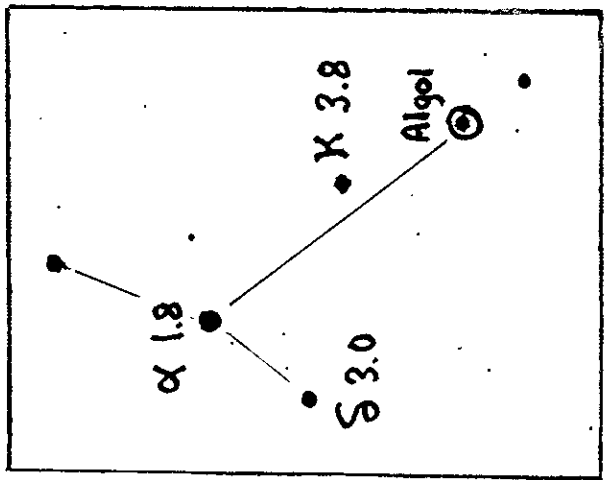
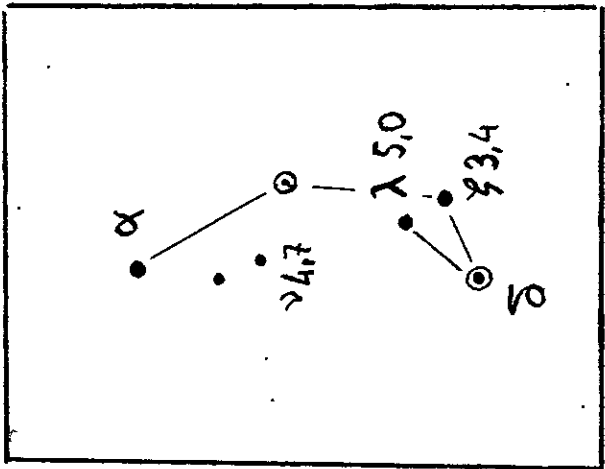
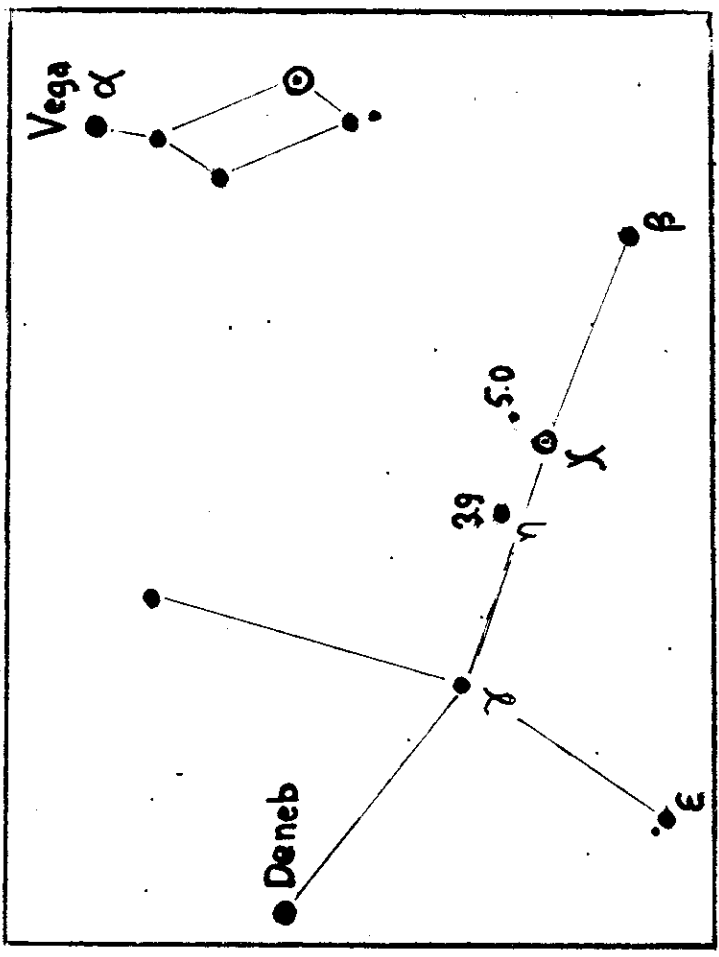


Fig.1 (ci-dessus, de gauche à droite): Cartes de champ simplifiées des variables  $\beta$  Persei (Algol),  $\delta$  Cephei,  $\beta$  Lyrae et  $\chi$  Cygni

Fig.2 (ci-contre): Observations du minimum d'Algol (Gap 1992). Compositage de 10 estimations visuelles.

