

# UNE ETUDE D'ETOILES VARIABLES

Communication de Madame Rosa Maria Ros y Ferré devant l'assemblée générale du CLEA à l'Université de Provence (Marseille, 16 novembre 1991).

L'expérience que je vais vous exposer a été réalisée avec des élèves de lycée de deuxième et troisième années (entre 15 et 17 ans). Habituellement, quand je traitais le sujet "étoiles variables", je devais me borner à commenter les différents types de variables sur les schémas classiques (fig 1.). Autrement dit, j'expliquais les courbes de lumière et mes élèves se contentaient d'écouter.

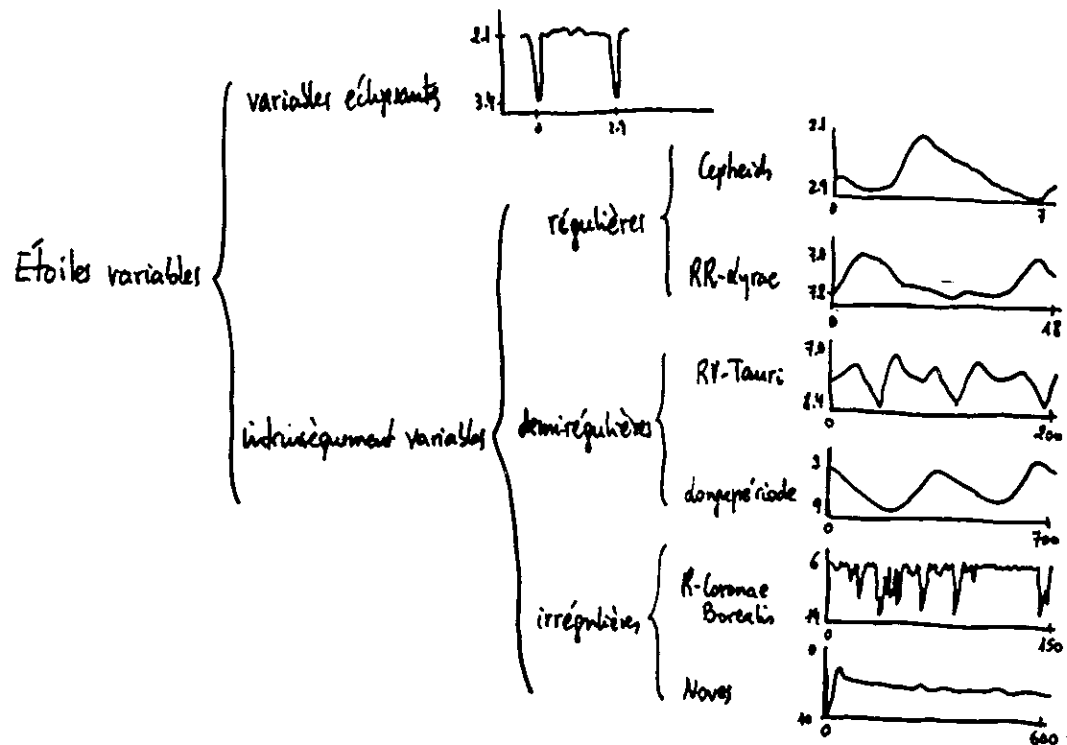


fig 1

Je pensai alors effectuer quelques observations avec un nombre réduit d'élèves. Avec cinq élèves de troisième année, je tentai quelques observations d'Algol. Cette étoile, tous les deux jours et demi dans un intervalle de cinq heures réduit son éclat au tiers de la normale puis reprend son éclat habituel. Je calculai qu'à une certaine date, l'éclat commencerait à décroître vers les sept heures, dans la soirée donc à une heure très acceptable pour les élèves et je décidai de préparer l'expérience avec eux. Ce fut un désastre ; les élèves étaient lassés par de trop longues attentes, ils ne distinguaient pas bien les étoiles de référence. Bref, on ne pouvait opérer de cette façon.

J'imaginai donc d'agir d'une toute autre manière en utilisant la photographie. A cette époque, j'avais, depuis trois ou quatre années, l'expérience de différentes activités en utilisant des photographies. Pourquoi ne pas essayer cette méthode avec les étoiles variables ?

Je commençai avec une étoile pouvant être observée à n'importe quelle heure :  $\delta$ -Cephei, bien qu'elle ne soit pas aussi spectaculaire qu'Algol, mais elle correspondait bien à ce dont j'avais besoin.

En conséquence, chaque fois que j'effectuais une observation, je faisais une photo de la constellation de Céphée. Quand j'eus quelques photos, je les projetai et pour chacune je déterminai la magnitude de l'étoile et calculai sa phase. Le système fonctionnait, seulement j'avais besoin d'un grand nombre de diapositives pour pouvoir construire la courbe de lumière de l'étoile. Il suffit donc que les élèves tirent une série de diapositives pour qu'on les étudie ensemble en classe (un groupe de vingt élèves).

Je précise d'abord le matériel nécessaire et son mode d'emploi. Il faut disposer d'un appareil photographique réflex (objectif 50 mm); le diaphragme est ouvert au maximum ; l'objectif est au point sur l'infini, l'obturateur en position B pour des temps de pose de 20 à 30 secondes. L'appareil doit être installé sur un trépied et il faut disposer d'un déclencheur souple pour l'obturateur afin d'éviter soigneusement toute vibration. Il faut aussi prendre soin de s'installer en dehors des localités habitées, d'éviter toute lumière d'ambiance ; on opérera, bien sûr, par une nuit sans Lune. On s'efforce d'obtenir une vue recouvrant la constellation toute entière. Enfin on note exactement date, heure et minute en T.U. On utilise des diapositives couleur de sensibilité 1000 ASA afin de capter le plus d'étoiles possibles et mieux recueillir les différentes couleurs.

Voici comment nous allons évaluer la magnitude  $m$  de la variable considérée  $V$ . Nous choisissons deux étoiles de référence visibles sur chaque cliché, deux étoiles que nous notons ici  $A$  et  $B$ ,  $A$  étant plus brillante que  $V$ ,  $B$  l'étant moins ;  $m_A$  et  $m_B$  sont les magnitudes connues des étoiles  $A$  et  $B$ .

Nous comparons la variable  $V$  avec l'étoile  $A$  selon le schéma suivant :

- A1 : doute entre  $A$  et  $V$ , magnitudes pratiquement égales
- A2 : doute mais nous finissons par voir  $A$  plus brillante que  $V$
- A3 : éclats comparables mais tout de suite nous voyons  $A$  plus brillante que  $V$
- A4 : clairement, depuis le début nous voyons  $A$  plus brillante que  $V$
- A5 : disproportion accusée entre les éclats de  $A$  et de  $V$

Nous opérons de même avec l'étoile  $B$  :

- 1B : doute entre  $B$  et  $V$ , magnitudes pratiquement égales
- 2B : doute mais nous finissons par voir  $B$  moins brillante que  $V$
- 3B : éclats comparables mais tout de suite nous voyons  $B$  moins brillante que  $V$
- 4B : clairement, depuis le début nous voyons  $B$  moins brillante que  $V$
- 5B : disproportion accusée entre les éclats de  $B$  et de  $V$

En fin d'observation nous notons notre mesure  $AaVbB$  où  $a$  et  $b$  sont à prendre dans l'ensemble  $\{1, 2, 3, 4, 5\}$  par chaque élève. Soit par exemple le résultat noté  $A2V5B$ .

On calculera la magnitude correspondante de la variable par interpolation selon la formule

$$m = \frac{a}{a+b} (m_B - m_A) + m_A$$

Voici la constellation photographiée (fig 2) :



fig 2

la variable étudiée est  $\delta$ -Cephei;  
les étoiles de référence sont

$$A = \xi \quad m_A = 3.62$$

$$B = \gamma \quad m_B = 4.46$$

Etant donné que la magnitude de  $\delta$ -Cephei varie entre 3.7 et 4.4, nous avons choisi des étoiles de référence dont les magnitudes encadrent à coup sûr la magnitude de la variable étudiée.

Avec l'exemple considéré A2V5B, nous obtenons

$$m = 2/7 (4.46 - 3.62) + 3.62 = 3.86$$

valeur qui nous donne une des coordonnées d'un point de la courbe de lumière (fig 3) mais il nous reste à connaître dans quelle phase se trouve l'étoile au moment de la prise de vue.

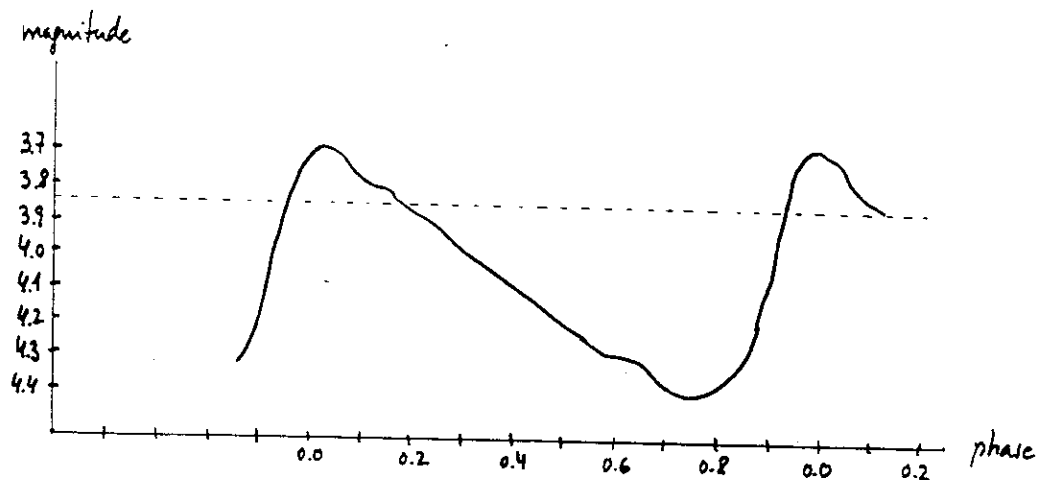


fig 3

Pour déterminer exactement le point sur la courbe de lumière, il faudrait connaître la phase  $p$  de la variable au moment de l'observation. Nous baserons cette détermination sur la connaissance du jour, de l'heure et de la minute de l'observation exprimés en jours juliens ; soit le nombre décimal DJ. Les éphémérides nous donnent en jours juliens la date E des maxima de la variable et nous en déduisons sa période P (toujours en jours juliens évidemment). Nous calculons alors le nombre décimal  $\frac{DJ - E}{P}$

- sa partie entière est le nombre de maxima atteints par la variable entre la date E de l'éphéméride et la date DJ de l'observation ;

- sa partie décimale est la phase dans laquelle se trouve la variable au moment de l'observation.

Exemple : la diapositive utilisée avait été prise le 11/06/89 à 3h 0 TU. D'un annuaire nous tirons :

01/06/89 0h 0 TU jour julien 2447678.5  
 11/06/89 0h 0 TU jour julien 2447688.5  
 11/06/89 3h 0 TU jour julien 2447688.625  
 Pour  $\delta$ -Cephei, E = 2436075.445 P = 5.366341  
 alors  $\frac{DJ - E}{P} = 2164.078$

Depuis la date correspondant à E en jours juliens, la variable a atteint son maximum 2164 fois et dans la période en cours au moment où la diapositive a été prise, la fraction 0.078 de la période s'est écoulée, la phase  $p = 0.078$

Nous disposons des deux coordonnées

$$p = 0.078 \quad m = 3.86$$

pour fixer un point de la courbe de lumière.

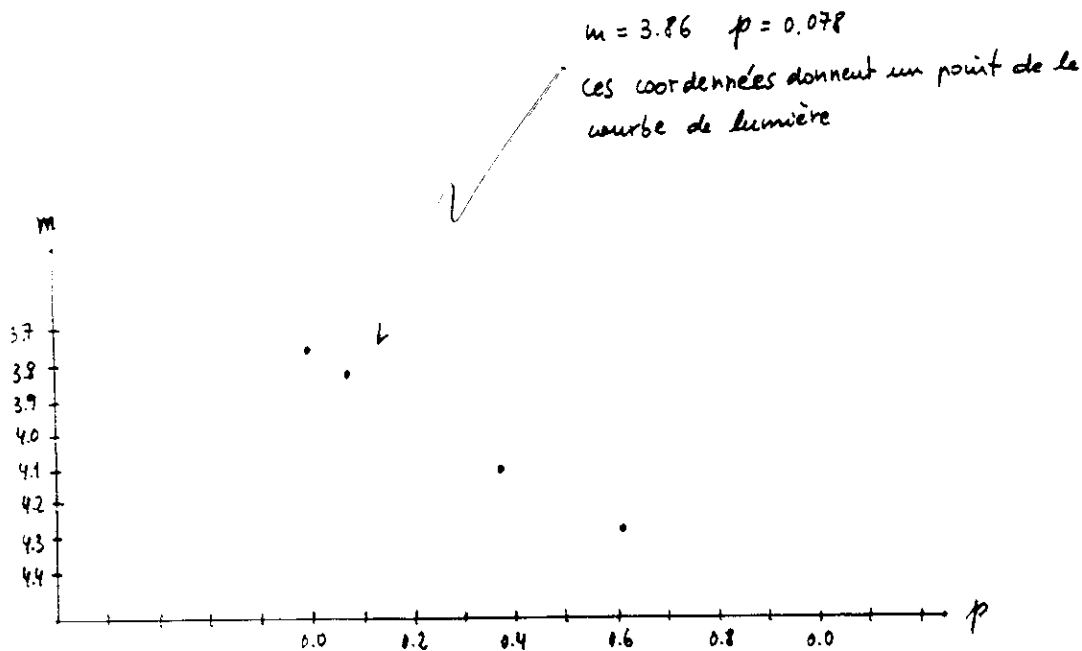


fig 4

La figure 4 comprend quatre points de la courbe de lumière obtenus de cette façon sur quatre diapositives réalisées par quatre élèves différents :

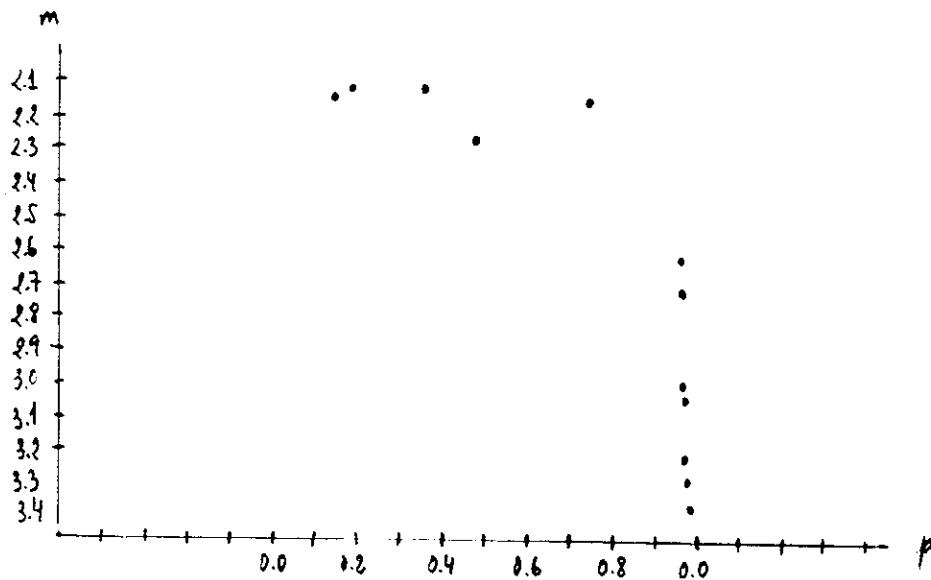
p	0.00	0.08	0.37	0.60
m	3.76	3.86	4.10	4.29

La superposition avec une courbe de lumière dessinée à la même échelle, celle de la figure 3, prouve le sérieux des mesures effectuées et la validité de la méthode.

°°°

Voici un autre exemple : douze mesures effectuées sur des diapositives de la constellation de Persée pour l'observation de la variable  $\beta$ -Persei (Algol. Soit douze photographies et douze points de la courbe de lumière, les coordonnées ayant été mesurées ou calculées comme précédemment :

fig 5



$p = 0.160$	$m = 2.112$
$p = 0.187$	$m = 2.165$
$p = 0.348$	$m = 2.112$
$p = 0.455$	$m = 2.253$
$p = 0.748$	$m = 2.165$
$p = 0.948$	$m = 2.607$
$p = 0.957$	$m = 2.698$
$p = 0.964$	$m = 2.983$
$p = 0.970$	$m = 2.995$
$p = 0.978$	$m = 3.210$
$p = 0.985$	$m = 3.258$
$p = 0.994$	$m = 3.330$

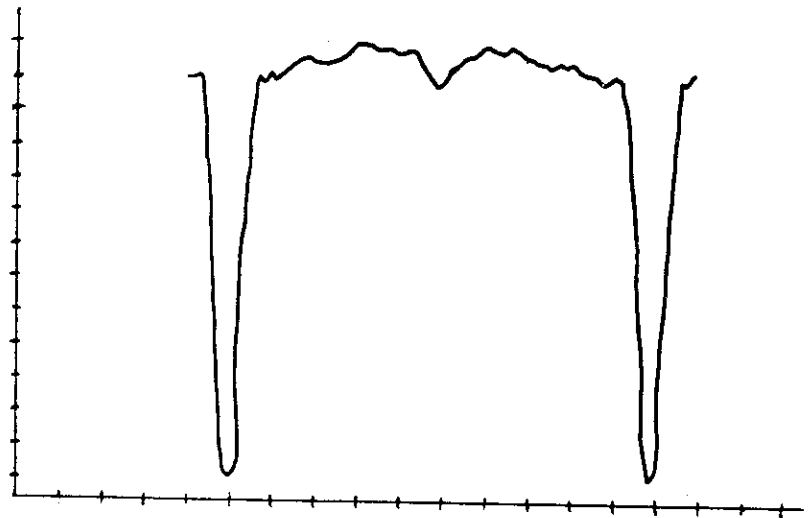


fig 6

La même vérification est facile avec la superposition d'une courbe de lumière dessinée à la même échelle.

Rosa Maria Ros y Ferré