Variations de luminosité et de vitesse radiale des sphères pulsantes

Autor(en): **Javet, Pierre**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **65 (1951-1953)**

Heft 278

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-274348

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles
Vol. 65 1951 N° 278

Variations de luminosité et de vitesse radiale des sphères pulsantes

PAR

Pierre JAVET

(Séance du 14 mars 1951)

SOMMAIRE. — Cette note établit trois résultats :

a) l'introduction de la pression de radiation ne modifie pas sensiblement le résultat de la note précédente : pour des pulsations du type envisagé les décalages entre les instants des extrema de la luminosité et de la vitesse radiale sont très petits;

b) il est possible de fixer des limites aux valeurs du rapport γ des chaleurs spécifiques. Quand la courbe de lumière présente 4 extrema, γ est compris entre $^4/_3$ et 1,46 (pour le polytrope standard $n = 3$), et quand la courbe de lumière présente 2 extrema, γ est compris entre 1,46 et $^5/_3$;

c) si la masse d'une Céphéide est connue, ainsi que ses courbes de lumière et de vitesse radiale, le calcul de γ est possible. Pour S Sagittæ on trouve $\gamma = 1{,}36$.

La note précédente négligeait l'effet de la pression de radiation. Le but de celle-ci est d'en tenir compte.

§ 6. Introduction de la pression de radiation.

La pression totale P est la somme de la pression matérielle p et de la pression de radiation p'. Posons, comme de coutume : $p = \beta P \quad p' = (1-\beta)\,P$. La variation δL de la luminosité L de l'étoile est alors donnée par

$$(11)\quad \delta L = -\frac{M}{3\,(\gamma-1)}\left[(3\,\gamma-4)\,\alpha\beta\frac{GM}{r_{0,i}^2}\,\dot{r}_0 + k\,\{\beta + 3\,(\gamma-1)\,(1-\beta)\}r_{0,i}\,\dddot{r}_0\right]$$

qui remplace l'équation (1) de la note précédente. Cette équation (11) s'obtient facilement à partir de l'équation (31)

[1] Suite de la note publiée sous le même titre dans : *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. *64*, 1950, 447. La numérotation des paragraphes et des formules est continuée.

page 526 de la note citée de MILNE. Dans le cas d'une pulsation non harmonique du type (2) δL prend la forme

$$(12)\quad \delta L = -\frac{MN}{3(\gamma-1)}\left[(3\gamma-4)\,\alpha\beta\,\frac{GM}{r_{0,i}}\{-a\sin Nt - 2a'\sin(2Nt+N')\}\right.$$
$$\left. + k\,N^2 r_{0,i}^3\{\beta + 3(\gamma-1)(1-\beta)\}\{a\sin Nt + 8a'\sin(2Nt+N')\}\right]$$

§ 7. Instants des extrema de L et de $\dot{r}_0$.

Les instants des extrema de L sont solutions de l'équation

$$\frac{d}{dt}(\delta L) = 0, \text{ équation qui peut s'écrire}$$

$$(13)\quad a\cos Nt\,[385\,\beta(\gamma - 4/3) - 34(\gamma-1)]$$
$$+ 4a'\cos(2Nt+N')\,[487\,\beta(\gamma-4/3) - 136(\gamma-1)] = 0$$

à la suite d'un calcul analogue à celui du § 3. De plus, pour établir (13) on a supposé que $n = 3$ ce qui entraîne $\alpha = 3/2$ $k = 0{,}113$.

Quant aux instants des extrema de la vitesse radiale $\dot{r}_0$, ils sont solutions de

$$(14)\quad a\cos Nt + 4a'\cos(2Nt+N') = 0$$

Les équations (13) et (14) sont de la forme

$$\cos Nt - h\cos(2Nt+N') = 0$$

Dans (13) on a

$$h = h_L = -\frac{4a'}{a}\,\frac{487\,\beta(\gamma-4/3) - 136(\gamma-1)}{385\,\beta(\gamma-4/3) - 34(\gamma-1)} = -\frac{4a'}{a}\,B$$

en posant

$$(15)\quad B = \frac{487\,\beta(\gamma-4/3) - 136(\gamma-1)}{385\,\beta(\gamma-4/3) - 34(\gamma-1)}$$

Rappelons que h_L a même signe que B puisque a et a' sont de signes contraires.

Dans (14) on a $\quad h = h_v = -\dfrac{4a'}{a}$

Pour simplifier, on posera dans la suite $N' = 0$.

§ 8. Résolution de (13) et (14).

Soit la courbe (c) d'équation $y = \dfrac{\cos Nt}{\cos 2Nt}$, courbe ayant

l'allure indiquée dans la fig. 1. Les solutions de (13) et (14) sont les abscisses des points d'intersection de (c) avec les droites $y = h_L$ et $y = h_v$.

Les extrema de L et de la vitesse radiale $\dot{r}_0 = v$ seraient simultanés si $B = 1$, c'est-à-dire si

(15 bis) $$\beta(\gamma - 4/3) - \gamma + 1 = 0$$

Or cette condition ne peut être satisfaite dans le domaine $0 \leqslant \beta \leqslant 1$ $4/3 < \gamma < 5/3$, ainsi qu'on le voit facilement en construisant l'hyperbole d'équation (15 bis). Ainsi les extrema de L et de v ne peuvent être rigoureusement simultanés.

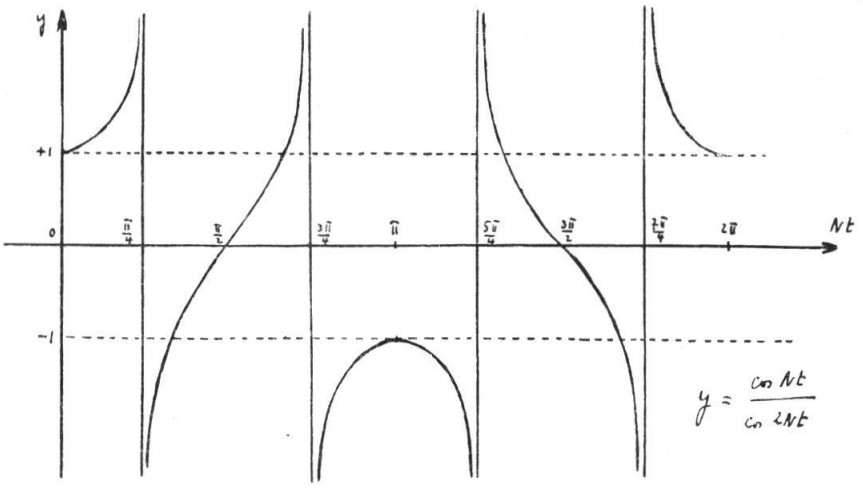

FIG. 1.

En supposant que les Céphéides soient construites sur le modèle polytropique $n = 2$ la conclusion précédente subsiste. Pour $n = 2$ on a

$$\rho_c = 11{,}4\,\bar{\rho} \qquad \alpha = 1 \qquad k = 0{,}23225$$

Avec ces valeurs on obtient

$$B = \frac{1400\,\beta(\gamma - 4/3) - 279(\gamma - 1)}{1190\,\beta(\gamma - 4/3) - 69(\gamma - 1)}$$

Les extrema de L et de v seraient simultanés si $B = 1$ c'est-à-dire si $\beta(\gamma - 4/3) - \gamma + 1 = 0$, condition identique à (15 bis). Ce résultat paraît indiquer que le défaut de simultanéité entre les extrema considérés ne dépend pas du modèle polytropique utilisé.

Pour le modèle standard $n = 3$, la fig. 1 montre que B peut varier entre des limites très étendues sans que le décalage

entre les extrema de L et de v soit grand. (On en verra un exemple au paragraphe suivant).

Ainsi l'introduction de la pression de radiation ne modifie pas la conclusion de la note précédente : avec une pulsation du type (2) les instants des extrema de L et de v sont très voisins.

Le défaut de simultanéité dépend des valeurs de B données par (15), valeurs fonction de β et de γ. Le paramètre β peut être calculé si la masse de l'étoile et sa composition chimique sont connues. EDDINGTON, en tenant compte de la forte proportion d'hydrogène dans les étoiles, donne les valeurs suivantes : [1]

Masse ($M_\odot = 1$)	5	8	12	18
β	0,9325	0,8692	0,7947	0,7084

Quant à γ, sa valeur comprise entre $4/3$ et $5/3$ est mal connue. Pour les Céphéides elle est probablement voisine de 1,40 [2].

§ 9. Application à S Sagittae. — Pour cette étoile :

$$\frac{a'}{a} = -\frac{1}{3} \qquad M = 12{,}8 \qquad \beta = 0{,}78 \qquad N' = 0$$

En admettant $\gamma = 1{,}40$ on obtient

$$B = 5 \qquad h_v = \frac{4}{3} \qquad h_L = \frac{20}{3}$$

La fig. 1 montre immédiatement que les instants des extrema de L et de v sont très voisins, ce que confirme le calcul :

instants des extrema de L (solutions de 13) $\begin{cases} \text{L minimum pour } Nt = 132^\circ \\ \text{L maximum pour } Nt = 228^\circ \end{cases}$

instants des extrema de v (solutions de 14) $\begin{cases} v \text{ minimum pour } Nt = 123^\circ \\ v \text{ maximum pour } Nt = 237^\circ \end{cases}$

Décalage entre les extrema correspondants $9^\circ = \frac{1}{40}\ \theta = 5$ heures

§ 10. Valeurs de γ. — Pour un gaz monoatomique $\gamma = 5/3$ et pour la radiation seule $\gamma = 4/3$. Le fait que la plupart des étoiles contiennent une forte proportion d'hydrogène suggère que γ doit être voisin de $5/3$, cette valeur devant du reste être réduite

[1] A.-S. EDDINGTON : *M. N.* 92, 1932, 471.

[2] S. ROSSELAND : The pulsation theory of variable stars. Oxford, Clarendon press, 1949, p. 46.

légèrement pour tenir compte de la radiation présente. Mais d'autre part la théorie des pulsations adiabatiques ne donne des résultats en accord avec les faits observés que pour des valeurs de γ voisines de 1,40. Actuellement, il n'a pas encore été possible de concilier ces exigences contradictoires, aussi voit-on les auteurs employer des valeurs assez différentes de γ. Les considérations qui suivent permettent de préciser en partie cette question.

a) Considérons une Céphéide pour laquelle la courbe de lumière (courbe L) présente 4 extrema. La fig. 1 montre que B doit satisfaire à l'une ou l'autre des conditions : $B > 1$ ou $B < -1$; conditions qui, en vertu de (15), deviennent

$$(16\,a) \qquad \frac{\beta(\gamma - 4/3) - (\gamma - 1)}{385\,\beta(\gamma - 4/3) - 34(\gamma - 1)} > 0 \qquad \text{et}$$

$$(16\,b) \qquad \frac{872\,\beta(\gamma - 4/3) - 170(\gamma - 1)}{385\,\beta(\gamma - 4/3) - 34(\gamma - 1)} < 0$$

Dans le plan (β ; γ) les solutions de (16 a) sont les coordonnées des points situés entre l'hyperbole

$385\,\beta(\gamma - 4/3) - 34(\gamma - 1) = 0$ et son asymptote $\gamma = 4/3$.

D'après le tableau donné au § 8 on peut admettre que $0{,}7 \leqslant \beta \leqslant 1$. On obtient alors les valeurs limites de γ suivantes :

si $\beta = 1$ $\quad 4/3 < \gamma < 1{,}37$
si $\beta = 0{,}7$ $\quad 4/3 < \gamma < 1{,}38$

Les solutions de (16 b) sont les coordonnées des points situés entre les deux hyperboles $872\,\beta(\gamma - 4/3) - 170(\gamma - 1) = 0$ et $385\,\beta(\gamma - 4/3) - 34(\gamma - 1) = 0$.

si $\beta = 1$ $\quad 1{,}37 < \gamma < 1{,}43$
si $\beta = 0{,}7$ $\quad 1{,}38 < \gamma < 1{,}46$

On voit donc que: *si une Céphéide a une masse inférieure* à *18* ($\beta > 0{,}7$) *et une courbe de lumière avec 4 extrema,* γ *est compris entre* $4/3$ *et 1,46.* Pour des masses plus grandes (exceptionnelles) le domaine de variation de γ serait un peu plus étendu. (En supposant que la limite inférieure de β soit 0,5 γ serait compris entre $4/3$ et 1,55).

b) Considérons ensuite une Céphéide dont la courbe L présente 2 extrema. B doit alors vérifier les 2 inéquations simultanées $-1 < B < 1$ dont les solutions sont :

si $\beta = 1$ $\quad 1{,}43 < \gamma < 5/3$
si $\beta = 0{,}7$ $\quad 1{,}46 < \gamma < 5/3$

Par conséquent : *si une Céphéide a une masse inférieure à 18* ($\beta > 0{,}7$) *et une courbe de lumière avec 2 extrema,* γ *est compris entre 1,46 et* $^5/_3$.

§ 11. — Les considérations du § 10 fournissent une méthode permettant de déterminer la valeur de γ dans chaque cas particulier. Supposons que l'on possède, pour une Céphéide de masse connue, ses deux courbes L et v établies très soigneusement. On pourra alors, sur ces courbes, évaluer le décalage (toujours très petit) entre les extrema de L et de v. La valeur de $h_v = -\frac{4\,a'}{a}$ est fixée par la forme de la courbe v. La fig. 1 (ou le calcul) permet alors de déterminer la valeur de $h_L = -\frac{4\,a'}{a}\,B$ donnant le décalage observé, ce qui détermine B. Puisque β se calcule à partir de la masse, la relation (15) détermine γ.

A titre d'essai, nous appliquons cette méthode à S Sagittae en nous basant sur les courbes L et v publiées par C. Payne-Gaposchkin et S. Gaposchkin [1]. Ces courbes indiquent que l'instant de luminosité minimum suit l'instant de vitesse minimum de $^1/_{29}\,\theta$ environ. La courbe v indique que $\frac{a'}{a} = -\frac{1}{4}$ (au lieu de la valeur $-\,^1/_3$ admise précédemment) ce qui donne $h_v = -\frac{4\,a'}{a} = 1$. Pour que le décalage soit de $\frac{1}{29}\,\theta$ il faut alors que $h_L = B = 8$. Comme $\beta = 0{,}78$ pour l'étoile considérée, la relation (15) donne $\gamma = 1{,}36$.

* * *

A partir du § 8, les calculs ont été limités au cas simple dans lequel $N' = 0$. Il serait facile d'appliquer des considérations analogues au cas général où $N' \neq 0$.

[1] Cecilia Payne-Gaposchkin and Sergei Gaposchkin : *Variable stars. Harvard observatory monographs,* n° 5, Cambridge (Mass.), 1938, p. 170.