

Variabilité et pulsation des étoiles (II) [Fortsetzung]

Autor(en): **Burki, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **37 (1979)**

Heft 174

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899620>

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.

Variabilité et pulsation des étoiles (II)

G. BURKI, Observatoire de Sauverny

5. Quelques étoiles microvariables détectées à l'Observatoire de Genève

Plus de 10 000 étoiles ont été mesurées dans le système photométrique de l'Observatoire de Genève. Parmi ces étoiles, plus de 2 000 ont été mesurées au moins 3 fois et plus de 300 ont 20 mesures ou plus. Une étude très grossière de la microvariabilité peut être faite en considérant la dispersion des diverses mesures d'une même étoile. Si cette étoile est stable, la dispersion doit être faible. Au contraire, si cette étoile est par exemple une Céphéide, les quelques mesures faites au hasard dans le temps seront très différentes les unes des autres. On peut donc définir un seuil critique de la dispersion des mesures d'une même étoile au-dessus duquel cette étoile peut être considérée comme microvariable. Cette dispersion critique dépend évidemment de la qualité des mesures photométriques et du nombre de mesures faites sur la même étoile.

A l'aide des mesures faites dans le système photométrique de Genève, on peut montrer que les étoiles microvariables ne se répartissent pas au hasard dans le diagramme HR. Les zones occupées par ces étoiles sont hachurées sur la figure 7 et on voit que les grands groupes d'étoiles microvariables sont, en plus des étoiles β Cephei, δ Scuti et Ap qui ont de faibles amplitudes, les étoiles très lumineuses, les étoiles très chaudes et les étoiles très froides:

M_V plus brillante que -5 ou $L/L_\odot \gtrsim 10\,000$

Type spectral plus précoce que B4 ou $T_{\text{eff}} \gtrsim 15\,000^\circ\text{K}$

Type spectral plus tardif que K3 ou $T_{\text{eff}} \lesssim 4\,000^\circ\text{K}$

Il est à noter que ces zones sont les bordures des limites physiques du diagramme HR, à savoir le tracé évolutif d'une étoile de $60 M_\odot$ (en haut) et la limite de Hayashi (à droite). Ces deux limites correspondent à des instabili-

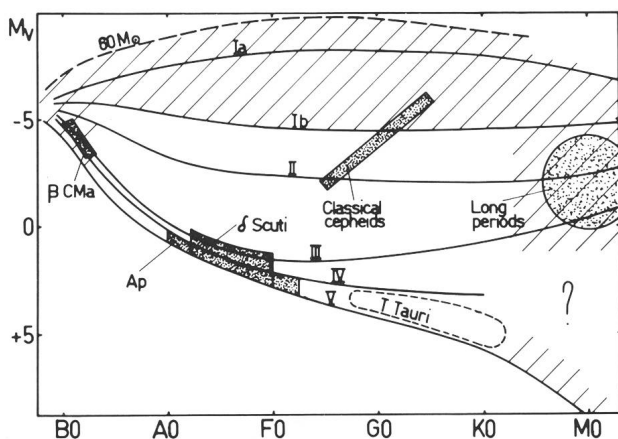


Figure 7: La microvariabilité dans le diagramme HR. Les régions hachurées sont occupées par des étoiles présentant une forte dispersion des mesures.

tés fondamentales des étoiles et on ne trouve donc pas d'étoile au-delà.

Des mesures répétées d'un certain nombre d'étoiles se trouvant dans ces zones de microvariabilité stellaire ont été entreprises à l'Observatoire de Genève et nous présentons ici 5 étoiles pour lesquelles une périodicité de la variation de la lumière a pu être détectée. Ces étoiles sont HD 15497 et HD 12953, deux supergéantes de la région de η et κ Persei, HD 52554 et HD 179869, deux géantes froides, et HD 13970 une étoile de type B2 de la séquence principale. La variabilité de ces étoiles est de faible amplitude et il ne faut pas s'attendre à observer des courbes lumière d'une qualité comparable à celles des Céphéides par exemple. Deux autres faits s'ajoutent à celui-ci qui limitent la qualité des courbes lumière des étoiles microvariables. Fréquemment l'amplitude varie d'un cycle à l'autre et surtout la période n'est souvent pas parfaitement conservée dans le temps. On parle alors de pseudo-période et ce fait est surtout observé dans le cas des étoiles supergéantes.

La dispersion des mesures autour de la courbe lumière moyenne est donc souvent importante relativement à l'amplitude de variation de étoiles microvariables. C'est là toute la difficulté de l'étude de la microvariabilité stellaire. La détection d'une périodicité éventuelle nécessite en général des méthodes rusées d'analyses comme, par exemple, l'utilisation de la transformée de Fourier.

HD 15497, étoile de type B6Ia

Cette étoile a été mesurée 90 fois durant l'automne 1972 depuis nos stations du Gornergrat et de Saint-Michel-l'Observatoire (Observatoire de Haute-Provence). Les meilleures de ces mesures sont présentées sur la figure 8 où la magnitude visuelle apparente est portée en fonction du temps (en jours juliens J.D.). On observe une dispersion des mesures d'apparence quasi-aléatoire. L'amplitude de cette dispersion est toutefois environ 2.5 fois plus grande que dans le cas des étoiles stables mesu-

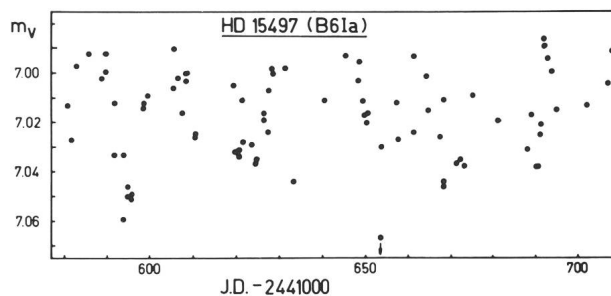


Figure 8: Variation de la magnitude apparente de HD 15497 en fonction du temps.

rées dans le système photométrique de Genève. Une partie de la dispersion observée doit donc avoir un contenu physique stellaire. L'analyse de Fourier révèle qu'une périodicité de 15.1 jours est contenue dans ces mesures. En découpant l'intervalle de temps où l'étoile fut surveillée (131 jours) en intervalles de 15.1 jours et en les super-

posant, on obtient le diagramme de phase présenté sur la figure 9. On observe alors assez bien la périodicité de l'étoile, bien que la dispersion résiduelle soit encore importante autour de la courbe moyenne.

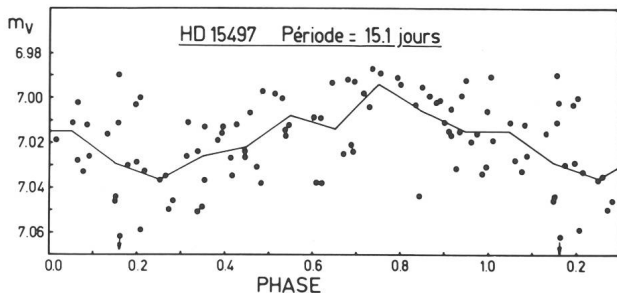


Figure 9: Les mêmes mesures que sur la figure 8 mais portées en fonction de la phase, pour une période de 15.1 jours. La courbe est la variation de la magnitude moyenne calculée sur des intervalles de 0.1 en phase.

La luminosité de cette étoile peut être estimée à environ $120\,000 L_{\odot}$. A l'aide d'autre part du type spectral (B6), on trouve une période fondamentale de pulsation (voir figure 1) d'environ 10 jours. Compte tenu de l'incertitude sur la luminosité et également du fait que le modèle standard n'est certainement pas bien adapté à une étoile de type B6Ia, on peut dire que la période observée est en accord avec une pulsation de l'étoile dans le mode fondamental ou le premier harmonique.

HD 12953, étoile de type A1Ia

Cette étoile a été mesurée 92 fois durant la même période que HD 15497. Les meilleures mesures de la magnitude en fonction du temps sont présentées sur la figure 10. L'analyse de Fourier de ces valeurs révèle l'existence de 3 périodes importantes:

$$\begin{aligned} P_a &= 47.6 \text{ jours} \\ P_b &= 36.7 \text{ jours} \\ P_c &= 23.9 \text{ jours} \end{aligned}$$

La reconstitution de la courbe lumière par mélange de ces 3 périodes est également donnée sur la figure 10 (un terme de décroissance progressive de la luminosité du-

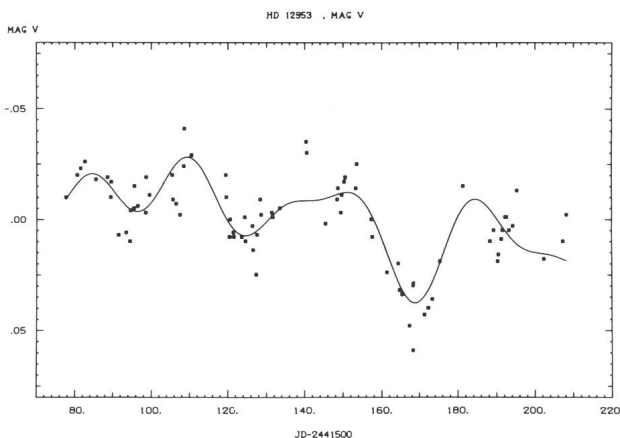


Figure 10: Variation en fonction du temps de $\Delta m_V = m_V - \bar{m}_V$ où m_V est la magnitude apparente et \bar{m}_V est la magnitude moyenne, pour HD 12953 (A1Ia). La courbe est la reconstitution de la courbe lumière sur la base d'une triple période de 47.6, 36.7 et 23.9 jours.

rant la période d'observation a également été introduit). L'accord entre cette courbe lumière et les points observés est tout à fait satisfaisant. Il est intéressant de constater que les rapports $P_b/P_a = 0.77$ et $P_c/P_a = 0.50$ sont parfaitement compatibles avec les périodes de divers modes successifs de pulsation. A l'aide de la luminosité (environ $160\,000 L_{\odot}$) et du type spectral de HD 12953, la calibration de la figure 1 donne environ 50 jours comme période fondamentale de pulsation (toujours sous l'hypothèse du modèle standard qui n'est pas bien adapté à ce type d'étoile). La pulsation de HD 12953 dans divers modes successifs est donc parfaitement plausible et cette hypothèse pourra être confirmée par de nouvelles mesures. En effet, les périodes correspondant aux divers modes devraient être conservées dans le temps.

HD 52554 et HD 179869, étoiles de types M3-M4 III

HD 52554 a été mesurée 50 fois entre 1966 et 1972 et HD 179869 49 fois entre 1969 et 1972. L'analyse de Fourier de ces mesures révèle l'existence possible d'une période de 26.2 jours dans le cas de HD 52554 et de 30.1 jours dans le cas de HD 179869. Les diagrammes de phase construits à partir des meilleures de ces mesures sont présentés sur les figures 11 et 12. Ces deux figures mettent bien en évidence la périodicité de la variation en lumière de ces deux étoiles géantes froides. Il faut toutefois noter que la détermination de période a été faite sur la base de seulement 50 mesures réparties sur 2 200 jours dans le cas de HD 52554 et 49 mesures réparties sur 1148 jours dans le cas de HD 179869. Cela fait en moyenne respectivement 0.60 et 1.28 mesures par période et ceci est insuffisant pour garantir l'exactitude des périodes obtenues. Ces périodes devront donc être confirmées par de nouvelles mesures.

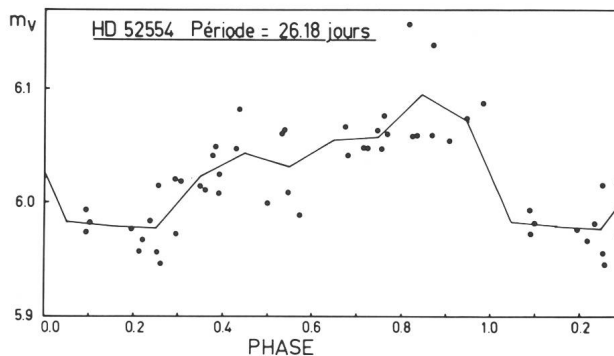


Figure 11: Variation de la magnitude apparente de HD 52554 en fonction de la phase, pour une période de 26.18 jours.

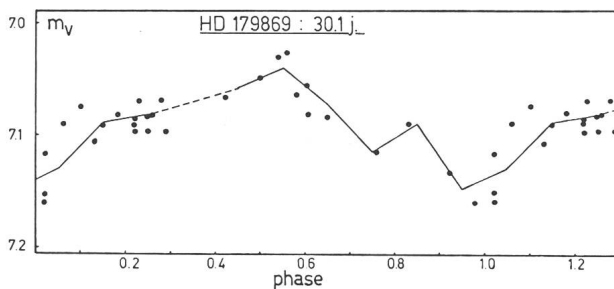


Figure 12: Variation de la magnitude apparente de HD 179869 en fonction de la phase, pour une période de 30.1 jours.

Des études théoriques faites à partir de modèles stellaires montrent que dans le cas des géantes rouges le paramètre de pulsation Q (voir paragraphe 1) vaut 0.10 à 0.15 pour le mode fondamental, environ 0.040 pour le premier harmonique et environ 0.035 pour le second harmonique. Ces deux dernières valeurs de Q sont pratiquement les mêmes que celle pour le mode fondamental du modèle standard ($Q = 0.0383$), adoptée pour tracer les lignes de période constante dans la figure 1. Dans la zone du diagramme HR occupée par les géantes rouges ($T_{\text{eff}} \sim 4000^\circ\text{K}$, $L/L_\odot \cong 1000$), ces lignes sont donc assez bien adaptées à la pulsation dans les deux premiers harmoniques. Or il se trouve que les périodes observées pour HD 52554 et HD 179869 ($T_{\text{eff}} \cong 3100^\circ\text{K}$, $L/L_\odot \cong 1000$) sont en bon accord qualitatif avec la calibration de la figure 1. On peut donc en déduire que si la variabilité de ces deux étoiles est due à une pulsation, celle-ci a lieu dans le premier ou le deuxième harmonique.

HD 13970, étoile de type B2V

Cette étoile a été mesurée 130 fois entre 1966 et 1975, mais 85 de ces mesures ont été faites durant l'automne 1972. La magnitude de ces dernières mesures est portée en fonction de la date julienne sur la figure 13. L'analyse de Fourier révèle une période très bien marquée de 1.75462 jours. La courbe lumière en fonction de la phase est représentée sur la figure 14 et on voit que les points décrivent parfaitement une courbe quasi-sinusoïdale.

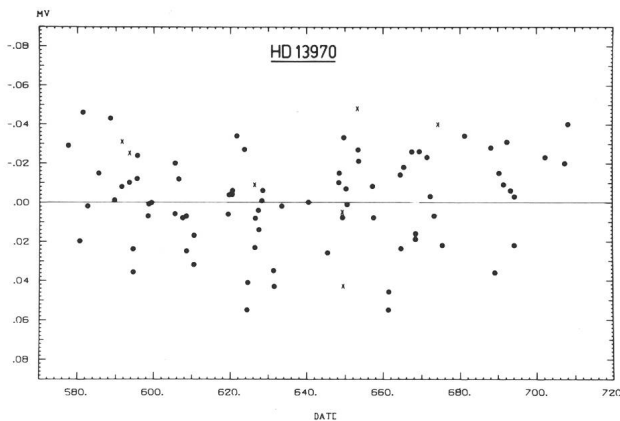


Figure 13: Variation en fonction du temps de $\Delta m_V = m_V - \bar{m}_V$ (voir légende de la figure 10) pour l'étoile HD 13970 (B2V)

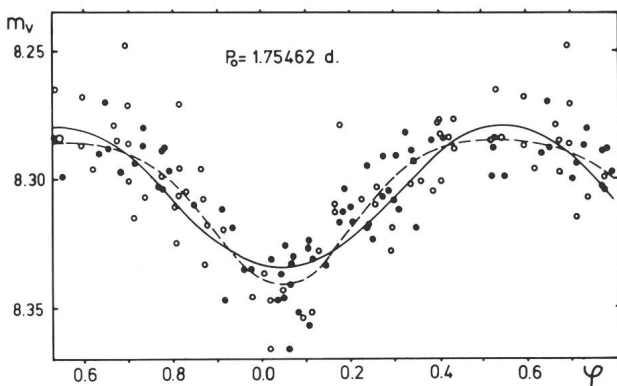


Figure 14: Les mesures de HD 13970 portées en fonction de la phase, pour une période de 1.75462 jours.

Cette étoile est du type spectral B2 et appartient à la séquence principale. La figure 1 montre que la période fondamentale pour une telle étoile est d'environ 1 heure et les harmoniques supérieurs sont de période encore plus courte. La période observée est donc au moins 40 fois trop grande pour être expliquée par une pulsation.

L'explication la plus probable pour la variabilité de HD 13970 est donc que cette étoile est une binaire très serrée dont les composants sont déformés par l'attraction mutuelle. La rotation de ces ellipsoïdes l'un autour de l'autre produit, même s'il n'y a pas d'éclipse, une variabilité de la lumière totale émise par le système.

6. La variabilité des étoiles supergéantes de type B A G

La figure 7 montre que probablement toutes les étoiles supergéantes sont microvariables. Toutes les études observationnelles portant sur ces étoiles montrent qu'elles ne varient pas selon une périodicité stricte. On peut néanmoins dans la plupart des cas définir un temps caractéristique de variation que l'on appelle pseudo-période et qui est en fait une espèce de période moyenne. Actuellement, de telles pseudo-périodes ont été déterminées par divers auteurs pour 32 supergéantes (dont 7 à Genève). Dans la figure 15, la magnitude absolue de ces étoiles a été portée en fonction du logarithme de la période ($\log P = 1$ pour $P = 10$ jours, $\log P = 1.7$ pour $P = 50$ jours et $\log P = 2$ pour $P = 100$ jours). Les points importants suivants peuvent être relevés:

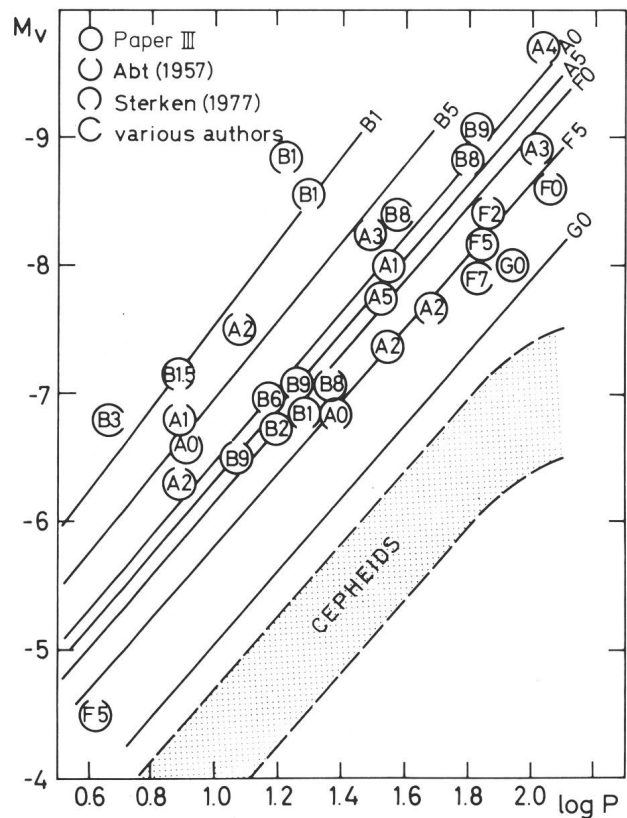


Figure 15: Relation entre le logarithme de la période (en jours) et la magnitude absolue des étoiles supergéantes. Les grandeurs notées dans les symboles sont les types spectraux individuels. La majorité des déterminations de périodes a été faite par Abt (1957), Sterken (1977) et Burki et al. (1978, noté Paper III).

- 1) Une relation pseudo-période — luminosité existe pour les étoiles supergéantes.
- 2) Cette relation semble parallèle à celle des Céphéides.
- 3) Cette relation dépend du type spectral (ou de la température effective). Elle se déplace parallèlement à elle-même vers les grandes pseudo-périodes quand on se déplace vers les supergéantes froides.

Cette relation pseudo-période — luminosité — couleur (PLC) des étoiles supergéantes apparaît aussi clairement sur la figure 16, où le diagramme HR a été calibré

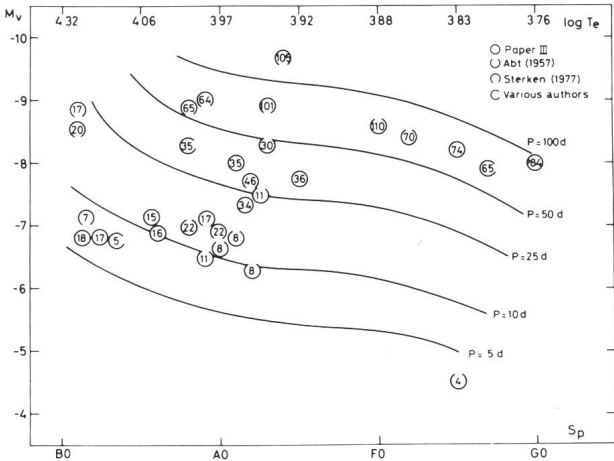


Figure 16: Calibration de la partie supérieure gauche du diagramme HR par des lignes de constante période (en jours). Les valeurs notées dans les symboles sont les périodes observées.

en lignes d'égale pseudo-période. On voit que la pseudo-période augmente quand on se déplace vers les supergéantes plus froides ou/et plus lumineuses.

Il y a plusieurs raisons pour penser que la variabilité des supergéantes est due à un mécanisme de pulsation. Tout d'abord, on se rend compte que les calibrations en terme de période des figures 16 (observations) et 1 (théorie) sont absolument similaires. Deuxièmement, la relation PLC des supergéantes est parallèle à celle des Céphéides, étoiles pour lesquelles la pulsation n'est plus discutée.

Il reste à savoir quel est le mode de pulsation des supergéantes. Pour le connaître, il faudrait disposer de prédictions numériques obtenues à partir d'une grille de modèles stellaires couvrant les intervalles B à G en type spectral et Ib à Ia en luminosité. Malheureusement, ces prévisions théoriques font actuellement défaut. Il reste donc beaucoup de sujets à explorer, tant théoriques qu'observationnels, dans le domaine de la variabilité des supergéantes.

7. Conclusion

Le nombre d'étoiles variables connues n'a évidemment pas cessé de croître au cours des années. C'est ainsi que la dernière édition du Catalogue Général des Etoiles Variables, datant de 1976, ne répertorie pas moins de 25920 étoiles variables et 16930 étoiles suspectées de variabilité. La figure 17 montre la progression du nombre d'étoiles variables connues au cours du temps. Si la progression se poursuit au même rythme que durant le dernier siècle, il y aura 140 000 variables connues en l'an 2 000 et 2 millions en 2 050! La classification de ces nouvelles

étoiles variables et la compréhension des mécanismes produisant cette variabilité ont donc toutes les chances de rester des domaines fructueux de l'astronomie de ces prochaines années.

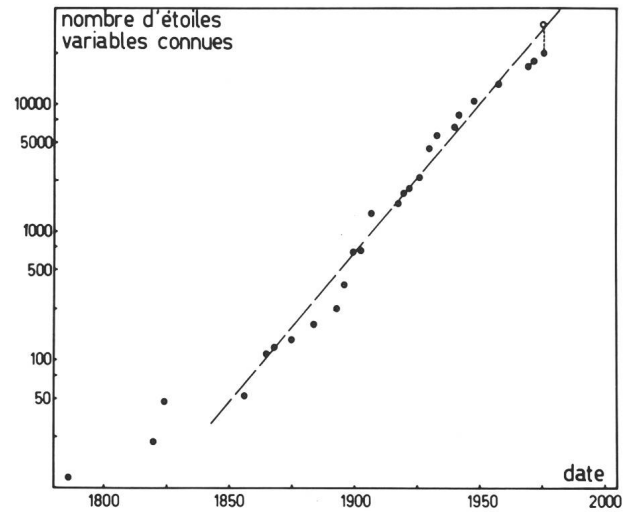


Figure 17: Evolution du nombre d'étoiles variables connues au cours du temps. Pour la valeur de 1976, le chiffre tenant compte des variables suspectées est noté par un cercle ouvert.

Bibliographie

- ABT, H.A.: 1957, *Astrophysical Journal* 126, 138.
 BREGER, M., BREGMAN, J.N.: 1975, *Astrophysical Journal* 200, 343.
 BROOKES, J.R., ISAAK, G.R., Van der RAAY, H.B.: 1976, *Nature* 259, 92.
 BURKI, G., MAEDER, A., RUFENER, F.: 1978, *Astronomy and Astrophysics* 65, 363.
 LEIGHTON, R.B.: 1963, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 1, 19.
 LESH, J.R., AIZENMANN, M.L.: 1974 *Astronomy and Astrophysics* 34, 203.
 SANDAGE, A., TAMMANN, G.A.: 1968, *Astrophysical Journal* 151, 531.
 SEVERNY, A.B., KOTOV, V.A., TSAP, T.T.: 1976, *Nature* 259, 87.
 STERKEN, C.: 1977, *Astronomy and Astrophysics* 57, 361.

Adresse de l'auteur:

G. BURKI, Observatoire de Sauverny, CH-1290 Sauverny.