

Étude sur une formule fondamentale de l'astrophysique : le calcul de l'index de couleur

Autor(en): **Tiercy, Georges**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **10 (1928)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-742809>

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.

ÉTUDE
SUR UNE FORMULE FONDAMENTALE DE L'ASTROPHYSIQUE:
LE CALCUL DE L'INDEX DE COULEUR

PAR

Georges TIERCY

(Avec 4 fig.)

INTRODUCTION.

Nous pensons être utile à de nombreux lecteurs en rappelant ici, rapidement, ce que les astronomes et les physiciens entendent par *index de couleur* d'une source lumineuse.

On sait qu'on peut étudier la *magnitude* d'une source lumineuse, d'une étoile par exemple, soit par la photométrie visuelle (magnitude visuelle m_v), soit par la photométrie photographique (magnitude photographique m_p). Ces valeurs m_v et m_p ne sont pas égales, en général; car les radiations qui font le plus d'impression sur l'œil (radiations jaunes et vertes) ne sont pas les plus importantes au point de vue de l'effet chimique produit sur une plaque photographique; dans ce dernier cas, les radiations les plus actives sont celles de courtes longueurs d'ondes (radiations violettes et ultra-violettes).

On appelle index de couleur I la différence entre les deux magnitudes, photographique et visuelle, d'une source lumineuse:

$$I = m_p - m_v .$$

La valeur de I ne change pas si, au lieu des magnitudes relatives m_p et m_v , on considère ce que les astronomes appellent les magnitudes absolues M_p et M_v :

$$I = M_p - M_v .$$

C'est de cette différence I qu'il s'agit dans les pages suivantes.

La considération de l'index I nous amène à dire quelques mots de la classification des sources lumineuses que sont les étoiles. D'après ce qui précède, on voit bien, en effet, que la valeur de I dépend de la composition de la lumière émise par la source. Les astronomes ont été conduits à adopter la classification suivante (classification du Harvard-College Observatory):

}	Classes O et B: étoiles blanc-bleu;
	Classe A : étoiles blanches;
	Classe F : étoiles blanc-jaune;
	Classe G : étoiles jaunes;
	Classe K : étoiles orangées;
	Classe M : étoiles rouges;
	Classe N : étoiles très rouges;
Classes R et S: étoiles rouges à carbone et cyanogène.	

Ces caractères de couleur correspondent à des particularités physico-chimiques; notamment, les étoiles les plus chaudes sont celles des classes O et B; et les moins chaudes, celles des classes M, R, N, S.

En outre, les étoiles d'une classe spectrale ont été réparties en un certain nombre de « sous-classes »; par exemple, chacune des classes B, A, F, G, K a été subdivisée en 10 sous-classes désignées par des indices; on écrit:

$B_0 ; B_1 ; \dots ; B_9 ; A_0 ; A_1 ; \dots ; A_9 ; F_0 ; F_1 ; \dots$, etc.

Disons encore qu'on distingue entre les étoiles géantes (beaucoup plus grandes et moins denses que notre Soleil) et les étoiles naines (comparables à notre Soleil ou plus petites encore). On a constaté, en particulier, que, pour deux étoiles de même classe spectrale, mais dont l'une est un géant et l'autre un nain, l'index de couleur I n'a pas la même valeur; sa valeur est plus grande chez le géant que chez le nain.

§ 1. — LA FORMULE; LE PROBLÈME DU TERME « CONSTANT ».

1. — Dans un mémoire relatif à l'étoile S Sagittae¹, j'ai eu l'occasion de dire que la formule fondamentale:

$$0,819 I = \log R + 0,2 M_v - 0,515 \quad (1)$$

ne doit plus être appliquée uniformément à tous les types spectraux; cela entraîne qu'elle ne saurait plus être utilisée uniformément pour toutes les phases de la variation d'une Céphéide. J'ai été amené à cette conclusion en constatant que la formule (1), appliquée telle quelle à toutes les phases d'une Céphéide, conduit à des valeurs inadmissibles pour l'index I de couleur; plus exactement, si la valeur trouvée au moyen de (1) pour l'index $I_{\min.}$ (voisin du maximum de lumière) est acceptable, celle trouvée pour l'index $I_{\max.}$ est manifestement trop petite.

Les déficits approximatifs des valeurs de $I_{\max.}$ sont les suivants:

Type spectral correspondant à I max.	Déficit de I max.	Etoile
F ₅	0,10	S U Cass.
G ₀	0,20	T Vulp.; W Sgii
G ₅	0,30	S Sgtae; X Sgii

Il est facile d'apercevoir pourquoi la formule (1) ne doit pas être employée uniformément pour tous les types spectraux. Il nous suffira, pour cela, de reprendre le calcul qui conduit à cette formule.

2. — On part de la formule de Planck relative à une lumière monochromatique:

$$J_\lambda = \frac{C \lambda^{-5}}{\frac{k}{10^{\lambda T}} - 1},$$

¹ *Archives* 1928, (5), 10, p. 285; Publications de l'Observatoire de Genève, fasc. 5.

où J_λ est la luminosité de la surface à étudier; c'est la quantité de lumière, par unité d'aire et par seconde, composée de radiations dont les longueurs d'ondes sont comprises entre λ et $\lambda + d\lambda$; C et k sont des constantes; $k = 0,624$ si λ est exprimée en centimètres.

La quantité totale de lumière de qualité λ émise par le disque lumineux est:

$$L_\lambda = 4 \pi R^2 J_\lambda ;$$

et la loi de Pogson donne pour la magnitude absolue:

$$M_\lambda = 2,5 (\log L_0 - \log L_\lambda) ,$$

où L_0 est une constante (luminosité d'une source de magnitude égale à zéro).

On trouve ainsi:

$$M_\lambda = 2,5 \log \frac{L_0}{4 \pi R^2} - 2,5 \log J_\lambda ;$$

la formule de Planck donne ensuite:

$$\log J_\lambda = \log C \lambda^{-5} - \frac{k}{\lambda T} - \log \left(1 - 10^{-\frac{k}{\lambda T}} \right) ;$$

$$M_\lambda = 2,5 \log \frac{L_0 \lambda^5}{4 \pi C} - 5 \log R + \frac{2,5 k}{\lambda T} + 2,5 \log \left(1 - 10^{-\frac{k}{\lambda T}} \right) ;$$

désignons le premier terme par C_λ (c'est en effet une valeur ne dépendant que de λ), et le dernier terme par x_λ ; on a :

$$M_\lambda = C_\lambda - 5 \log R + \frac{1,560}{\lambda T} + x_\lambda . \quad (2)$$

Signalons ici que les quantités x_λ seront toujours petites; le tableau suivant le montre:

$\frac{1,560}{\lambda T}$	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
λ (avec $T=6000$)	0,000050	0,000065	0,000087	0,000130	0,000260
x_λ	- 0,01	- 0,03	- 0,07	- 0,19	- 0,55

Adoptons ici, provisoirement au moins (voir la fin du n° 9), les valeurs suivantes, comme représentant les longueurs d'ondes effectives, photographique et visuelle ¹:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = \text{cm } (4,25) 10^{-5} \quad (\text{violet}) ; \\ \lambda_v = \text{cm } (5,29) 10^{-5} \quad (\text{vert}) ; \end{array} \right.$$

portons successivement ces deux valeurs dans l'équation (2); nous en tirerons la connaissance de M_p et M_v , c'est-à-dire de la magnitude photographique et de la magnitude visuelle. Certes, le résultat n'est pas rigoureux, puisque la plaque photographique et l'œil sont sensibles, non pas à une seule radiation λ , mais à un groupe compact de longueurs d'ondes; mais l'effet produit est, à peu de chose près, celui donné par les longueurs d'ondes λ_p et λ_v de M. Brill. On trouve:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_v = \frac{29500}{T} - 5 \log R + C_v + x_v ; \\ M_p = \frac{36700}{T} - 5 \log R + C_p + x_p . \end{array} \right. \quad (3)$$

3. — Montrons ici que la différence ($x_p - x_v$) n'est pas toujours négligeable; avec les valeurs de M. Brill, on obtient:

$$x_p - x_v = 2,5 \log \frac{1 - 10^{-\frac{62400}{4,25T}}}{1 - 10^{-\frac{62400}{5,29T}}} ;$$

d'où le tableau suivant:

T	3000°	4700°	6000°	7000°	8000°	10000°	12000°
$x_p - x_v$	0,0001	0,004	0,008	0,013	0,020	0,037	0,053

Tant que la température sera inférieure à 6000°, la différence ($x_p - x_v$) sera inférieure à 0,01; elle sera égale à 0,01 pour 6200°.

Ainsi, contrairement à ce qu'on serait tenté de faire au premier abord, on ne négligera pas l'influence de la différence

¹ M. A. BRILL, *Astronomische Nachrichten* 1923, N° 5254.

$(x_p - x_v)$ sur la valeur de l'index I, du moins pour les températures supérieures à 6000°. Cela revient à dire que, dans l'ensemble, $(x_p - x_v)$ est fonction du type spectral; en effet, à chaque type spectral correspond une température moyenne. De ce qui précède, on tire la table que voici:

Type spectral	de M à G ₁	G ₀	F ₅	F ₀	A ₅	A ₀
$x_p - x_v$	0	0,010	0,015	0,022	0,037	0,053

dont nous donnons la courbe représentative au n° 10. On aperçoit donc déjà, par là, que le terme considéré comme constant dans la formule (1) ne saurait l'être; sa valeur dépend du type spectral envisagé, au moins par le canal de $(x_p - x_v)$.

4. — Mais ce n'est pas tout. Il s'agit maintenant de rechercher les valeurs de C_p et C_v dans les formules (3). La première idée qui se présente (et c'est justement celle qui a été adoptée à plus d'une reprise), consiste à appliquer les égalités (3) à notre Soleil, considéré comme un corps noir (ce qui se rapproche de la réalité); on a ainsi:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_s = 1 ; \quad \log R_s = 0 ; \quad M_v = 4,83 ; \quad M_p = 5,38 ; \\ T = 6200^\circ \text{ environ ;} \end{array} \right.$$

d'où l'on tire:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_v + x_v = + 0,072 ; \\ C_p + x_p = - 0,539 ; \end{array} \right.$$

et enfin:

$$I = M_p - M_v = \frac{7200}{T} - 0,611 .$$

On a donc:

$$T = \frac{7200}{I + 0,611} ;$$

et, en portant cette expression de T dans la première des relations (3), il vient:

$$0,819 I = \log R + 0,2 M_v - 0,515 . \quad (1)$$

Telle est la formule qu'à cinq reprises nous avons appliquée à l'étude de la variation d'une Céphéide. Il est facile de comprendre, dès lors, l'erreur que l'on commet en utilisant cette formule uniformément pour tout type spectral.

5. — Remarquons tout d'abord qu'une Céphéide est une étoile géante; tandis qu'on a déterminé les valeurs de C_v et C_p d'après les données numériques relatives au Soleil, qui est un nain de type G_0 .

Il y a là une première incorrection, s'il s'agit des Céphéides; car si, pour le nain Soleil, on a :

$$I_s = M_p - M_v = 5,38 - 4,83 = 0,55 ,$$

pour un géant de type G_0 et de Magnitude $M_v = 4,83$ on aurait $I > 0,55$.

D'autre part, on sait bien aussi que la température effective d'un géant G_0 est inférieure à celle d'un nain G_0 .

Il aurait donc fallu, dans le cas du problème des Céphéides, utiliser un géant connu, et non un nain connu; on aurait trouvé des valeurs différentes pour $(C_v + x_v)$ et $(C_p + x_p)$.

Il semble donc nécessaire de distinguer entre géants et nains; en d'autres termes, la grandeur géométrique de l'étoile entre en jeu dans la détermination des valeurs C_v et C_p .

6. — Mais cette première incorrection se double d'une seconde. Le terme constant de la formule (1) a été établi au moyen d'un nain de type G_0 ; après quoi l'on a appliqué la formule (1) à tous les types spectraux, sans faire suffisamment attention au fait que, pour un autre type que G_0 , la constante n'eût pas été égale à 0,515.

On commet d'ailleurs la même erreur avec la formule:

$$T = \frac{7200}{I + 0,611} , \quad (4)$$

que l'on utilise souvent pour calculer T quand on connaît I ; le terme 0,611 considéré ordinairement comme une constante n'en est pas une; c'est en réalité une fonction du type spectral. Les températures déterminées par (4) sont donc à corriger.

De même, le dernier terme de la formule (1) sera, non pas une constante, mais une fonction du type spectral; et cela pour deux raisons: à cause de $(x_p - x_v)$ et à cause de $(C_p - C_v)$.

7. — Il convient donc de poser:

$$0,819 I = \log R + 0,2 M_v + \Phi ,$$

Φ étant une fonction du type spectral (et peut-être du rayon de l'étoile).

Le problème consiste dès lors à rechercher la forme de Φ , ou tout au moins les valeurs qu'elle prend pour les différents spectres.

Nous verrons d'ailleurs au n° 9 que le coefficient du terme en I n'est lui-même pas une constante.

§ 2. — SOLUTION APPROCHÉE DU PROBLÈME.

8. — Par soustraction des deux égalités (3), on a:

$$I = M_p - M_v = \frac{7200}{T} + (C_p - C_v) + (x_p - x_v) ;$$

les valeurs de la différence $(x_p - x_v)$ ont été données au n° 3. Si l'on pose:

$$\alpha = (C_p - C_v) + (x_p - x_v) ,$$

on obtient:

$$T = \frac{7200}{1 - \alpha} ; \quad (5)$$

et si l'on porte cette expression dans la valeur de M_v (3), il vient:

$$0,819 I = \log R + 0,2 M_v + 0,819 \alpha - \frac{1}{5} (C_v + x_v) . \quad (6)$$

Il nous faut donc rechercher les valeurs probables de α et de $(C_v + x_v)$.

9. — Nous avons établi ci-après les valeurs de α , de $(C_v + x_v)$, de $(C_p - C_v)$ et de $(x_p - x_v)$ correspondant aux spectres F_0, F_5, G_0, G_5 , en utilisant quelques renseignements numériques à peu près convenablement établis, et relatifs aux étoiles SU Cassiopeiae, S Sagittae, T Vulpeculae et Soleil.

Type F_0 — (SU Cass.; ensemble de deux phases de type F_0 , situées près du max. lumineux, l'une sur la branche descendante, l'autre sur la branche ascendante de la courbe de lumière). On a :

$$\left\{ \begin{array}{ll} M_v = -1,12 ; & T = 7400^\circ \text{ environ ;} \\ M_p = -0,80 ; & R = 9,290 ; \\ I = 0,32 ; & \log R = 0,968 . \end{array} \right.$$

Les égalités (3) donnent :

$$\begin{array}{r} C_v + x_v = -0,270 \\ C_p + x_p = -0,920 \\ \hline \alpha = -0,650 \end{array}$$

Type F_{5-6} — (SU Cass.; phase de I max.)

On a :

$$\left\{ \begin{array}{ll} M_v = -0,73 ; & T = 6500^\circ \text{ environ ;} \\ M_p = -0,26 ; & R = 9,240 ; \\ I = 0,47 ; & \log R = 0,966 . \end{array} \right.$$

d'où par (3) :

$$\begin{array}{r} C_v + x_v = -0,440 \\ C_p + x_p = -1,080 \\ \hline \alpha = -0,640 \end{array}$$

Type G_0 — (T Vulp.; min. de lumière).

On a :

$$\left\{ \begin{array}{ll} M_v = -0,31 ; & T = 5800^\circ \text{ environ ;} \\ M_p = +0,31 ; & R = 8,6 ; \\ I = 0,62 ; & \log R = 0,935 . \end{array} \right.$$

d'où par (3):

$$\begin{array}{r} C_v + x_v = -0,728 \\ C_p + x_p = -1,346 \\ \hline \alpha = -0,618 \end{array}$$

Remarquons ici que la valeur tirée pour α (G_0) des données numériques du Soleil (nain de type G_0), soit $\alpha = 0,611$, est peu différente. On pourra donc admettre que la valeur de α ne dépend pas de la grandeur géométrique de l'étoile, et l'on pourra poser $\alpha = 0,615$ pour le type G_0 , en moyenne.

Mais il ne faut pas perdre de vue que le terme soi-disant « constant » de la formule (6) se compose de:

$$0,819 \alpha - \frac{1}{5} (C_v + x_v) ;$$

et l'on voit bien qu'il n'aura pas la même valeur, pour un même type spectral, suivant qu'on considérera un géant ou un nain. Pour le type G_0 , on a trouvé:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{T Vulp. (géant)} : C_v + x_v = -0,728 ; \\ \text{Soleil (nain)} : C_v + x_v = +0,072 . \end{array} \right.$$

Le dernier terme de la formule (6) vaut:

$$\left\{ \begin{array}{l} -0,52 \text{ dans le cas du Soleil ;} \\ -0,35 \text{ dans le cas de T Vulp. (min. lum.) .} \end{array} \right.$$

On voit ainsi que, si α dépend principalement du type spectral de l'étoile, la quantité $(C_v + x_v)$ dépend en outre de la grandeur géométrique de celle-ci.

Type G_3 . — (S Sagittae; phase de I max.).

On a:

$$\left\{ \begin{array}{ll} M_v = -2,14 ; & T = 4900^\circ \text{ environ ;} \\ M_p = -1,25 ; & R = 24,00 ; \\ I = 0,90 ; & \log R = 1,380 ; \end{array} \right.$$

d'où par (3):

$$\begin{array}{r} C_v + x_v = -1,260 \\ C_p + x_p = -1,840 \\ \hline \alpha = -0,580 \end{array}$$

Telles sont les valeurs obtenues, pour les α et les $(C_v + x_v)$ au moyen des égalités (3).

Il importe d'insister sur le fait que, dans les égalités (3) et celles que l'on en déduit, on considérait, jusqu'ici du moins, que les valeurs effectives λ_p et λ_v étaient les mêmes pour les géants et les nains; si tel était vraiment le cas, les C et les x , qui sont des fonctions de λ , seraient indépendantes de la grandeur géométrique de l'étoile.

Comme ce n'est pas le cas, on en arrive à penser que les valeurs effectives de λ_p et λ_v ne sont pas exactement les mêmes, suivant la valeur du rayon R de l'étoile.

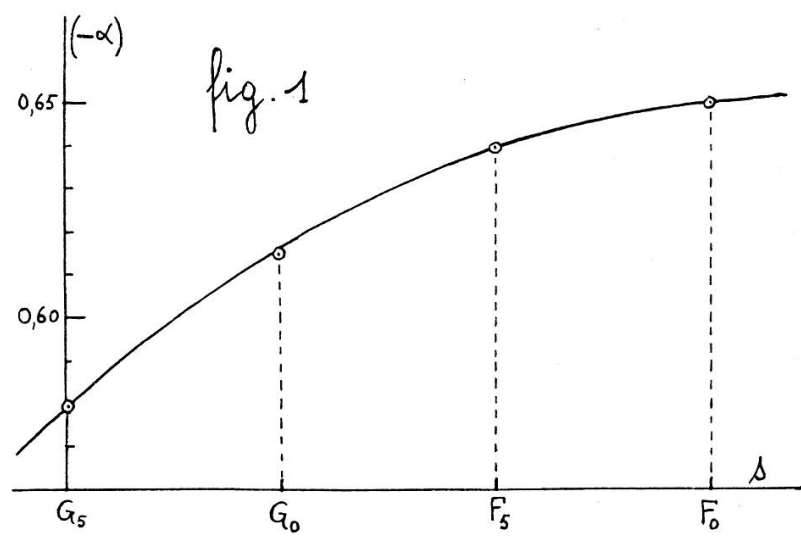
Cette conception entraînerait, cela va sans dire, une variation, en fonction de λ (ou de T , ou du type spectral), des numérateurs des termes en $\frac{1}{T}$ dans les égalités (3), du numérateur du second membre de l'équation (5), et par conséquent du coefficient 0,819 de la relation (6).

10. — Pour simplifier le problème, et en première approximation, conservons cependant les numérateurs, 29500 et 36700 dans les équations (3), et le numérateur 7200 dans l'équation (5); et considérons les quantités α et $(C_v + x_v)$ comme fonctions du type spectral (ou de la température). D'autre part, envisageons ici spécialement les géants; on a trouvé pour eux les résultats moyens indiqués ci-après:

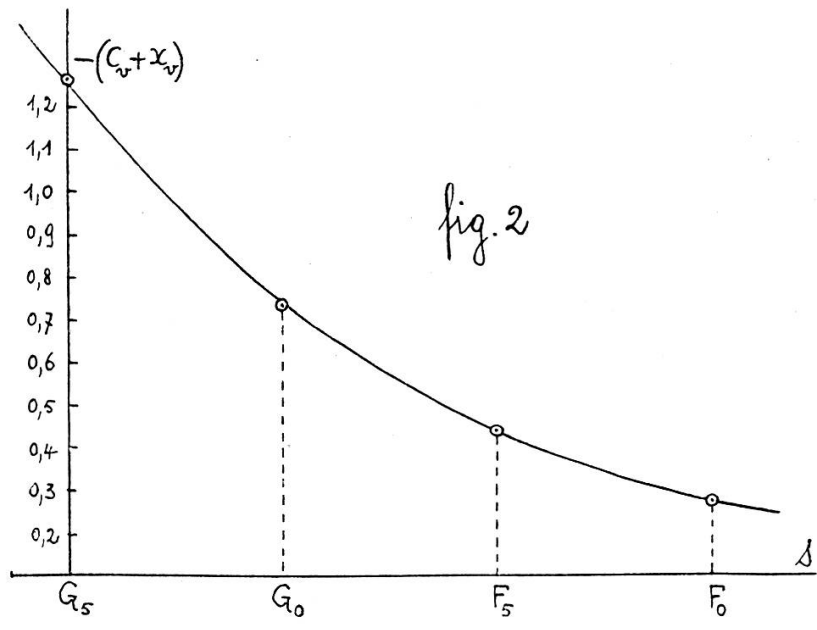
Type spectral	α	$C_v + x_v$	$x_p - x_v$	$C_p - C_v$
F ₀	-0,650	-0,270	0,022	-0,672
F ₅	-0,640	-0,440	0,015	-0,655
G ₀	-0,615	-0,730	0,010	-0,625
G ₅	-0,580	-1,260	0,005	-0,585

Ce tableau et celui du N° 3 conduisent aux courbes représentatives suivantes:

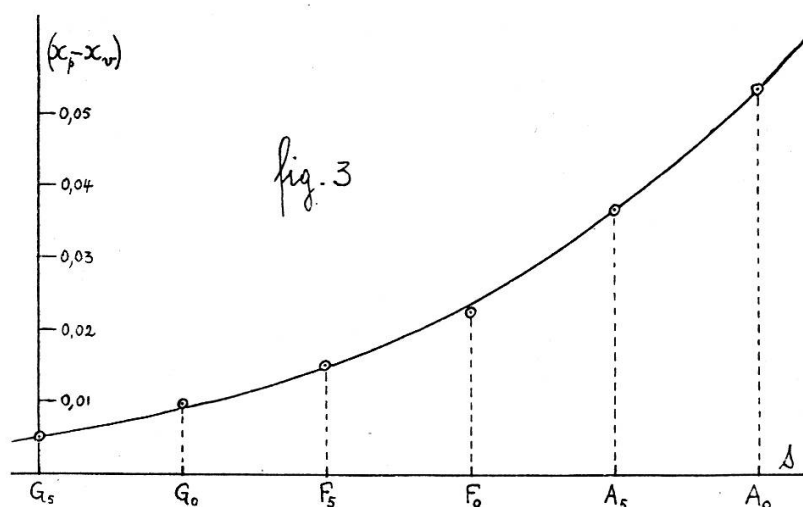
Courbe α .



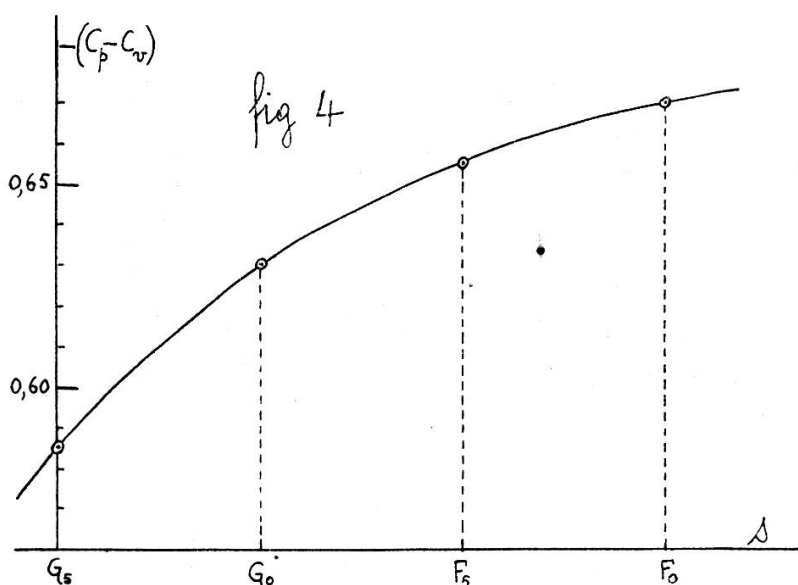
Courbe $(C_v + x_v)$.



Courbe $(x_p - x_v)$. — (Données du n° 3; pour G_5 : 0,0055.)



Courbe $(C_p - C_v)$.



Ces quatre courbes permettent d'interpoler à vue, pour tous les types spectraux compris entre G_5 et F_0 .

La formule (6), complétée par les quatre graphiques précédents, donnera donc sans difficulté les valeurs de I correspondant aux types spectraux indiqués ci-dessus (catégorie des géants).

11. — On peut souhaiter avoir une représentation analytique, en fonction du type spectral, des variations des quantités α , $(C_v + x_v)$, ... etc... Il suffit pour cela de chercher les genres de fonctions correspondant aux courbes ci-dessus. Visiblement, ces quatre courbes pourront être représentées, d'une manière approchée, soit par des fonctions exponentielles, soit par des fonctions logarithmiques.

Courbe α . — On prendra, pour unité de variable s , le dixième d'un intervalle spectral (fig. 1). Remarquant qu'on a :

$$\left. \begin{array}{l} 0,65 = \log 4,46 \\ 0,64 = \log 4,37 \\ 0,62 = \log 4,17 \\ 0,58 = \log 3,77 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{différ.} = 0,09 \\ \text{différ.} = 0,20 \\ \text{différ.} = 0,40 \end{array} ,$$

on pourra poser :

$$y = -\alpha = \log \left[3,77 + 0,08 s \cdot \left(\frac{3}{4} \right)^{\frac{s-5}{5}} \right] .$$

Le résultat est excellent entre $s = 0$ et $s = 15$; et l'on peut certainement extrapoler au moins jusqu'à K_0 et A_5 .

Courbe $(C_v + x_v)$. (fig. 2). — On pourra écrire, d'une manière satisfaisante :

$$y = -(C_v + x_v) = (1,26) \cdot 10^{-0,04437 s} .$$

D'ailleurs cette valeur est à diviser par 5 dans la formule (6). Ces deux premières fonctions suffisent, en somme, pour le calcul de I par la formule (6).

Courbe $(x_p - x_v)$. — (Données du n° 3); (fig. 3).

On peut écrire :

$$y = x_p - x_v = (0,0055) \cdot 10^{0,04 s}$$

avec une excellente approximation.

Courbe ($C_p - C_v$). (fig. 4). — La courbe est visiblement très rapprochée de la courbe α ; on peut poser:

$$y = -(C_p - C_v) = \log \left[3,80 + 0,09 s \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{s-5}{5}} \right].$$

12. — Ainsi le calcul de l'index I peut se faire par la formule approchée:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,819 I = \log R + 0,2 M_v \\ -0,819 \log \left[3,77 + 0,08 s \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{s-5}{5}} \right] + \frac{1,26}{5} \cdot 10^{0,04437 s} \end{array} \right. \quad (7)$$

Il suffit de connaître, outre R et M_v , le type spectral, c'est-à-dire la valeur de s.

La formule (7), tout en donnant des résultats satisfaisants, n'est qu'approchée; nous avons dit au n° 9, en effet, qu'en réalité tous les coefficients sont des fonctions du type spectral, en particulier le coefficient de I, que nous avons gardé égal à 0,819 dans le calcul précédent.

13. — La nouvelle relation entre T et I est:

$$T = \frac{7200}{I - \alpha} \quad (5)$$

elle donnera, pour la température T, des valeurs quelque peu différentes de celles déduites de la formule (4). En particulier, pour les Céphéides, le domaine de variation de T sera un peu modifié.

14. — *Application à T Vulpeculae.*

Nous avons appliqué la formule (6) ou (7) à la variable T Vulpeculae, en utilisant les renseignements numériques (R et M_v) que nous avons donnés dans le fascicule 45 des « *Publicazioni del R. Osservatorio Astrofisico di Arcetri* ». Le tableau est le suivant:

Plaque	Spectre	$R(R_s=1)$	M_v	I	
E 133	A ₉	11,400	— 1,80	0,260	Max. lum. (T=7885)
130	F ₀	12,213	— 1,62	0,346	
41	F ₀	12,139	— 1,61	0,349	
48	F ₁	12,237	— 1,57	0,370	
20	F ₁	12,298	— 1,53	0,382	
159	F ₁	12,328	— 1,52	0,386	
62	F ₂	12,370	— 1,49	0,408	
71	F ₄	12,556	— 1,31	0,480	
60	F ₄	12,557	— 1,30	0,482	
R max.	—	12,560	— 1,29	0,483	
43	F ₅₋₄	12,496	— 1,20	0,514	
127	F ₉ - G ₀	12,167	— 1,07	0,630	
70	G ₁	12,146	— 1,06	0,670	
25	G ₁	11,929	— 1,02	0,672	
124	G ₀₋₁	11,696	— 0,98	0,659	
68	G ₀₋₁	11,637	— 0,97	0,659	
52	G ₀₋₁	11,299	— 0,94	0,650	
Min. lum.	G ₀	10,423	— 0,91	0,601	
64	F ₉ - G ₀	10,120	— 0,93	0,568	
125	F ₉	9,966	— 0,98	0,541	
132	F ₈	9,817	— 1,06	0,488	
R min.	F ₇	9,766	— 1,15	0,440	
65	F ₅₋₆	9,899	— 1,29	0,380	I min. (T = 8035)
147	F ₅	9,925	— 1,31	0,364	
129	F ₄	10,108	— 1,45	0,330	
142	A ₈	10,878	— 1,73	0,242	
126	A ₉	11,112	— 1,78	0,253	
133	A ₉	11,400	— 1,80	0,260	

L'index I varie donc de 0,242 (A₈) à 0,672 (G₁), ce qui est normal.

On remarquera encore qu'à un même type spectral, F₅ par exemple, ne correspond pas le même index I, suivant qu'on envisage une phase de la branche descendante de la courbe de lumière ou une phase de la branche montante; pour F₅, on trouve:

Branche (courbe de lumière)	I (F ₅)
Descendante	0,52
Ascendante	0,38

La moyenne de ces deux valeurs est 0,45, ce qui est très près de la valeur moyenne indiquée souvent pour *l'ensemble* des étoiles de type F_5 (0,47 environ).

Le fait que l'on trouve, pour un même type spectral, une valeur de I supérieure à la moyenne sur la branche descendante de la courbe de lumière, et une valeur inférieure à la moyenne sur la branche ascendante, vient de ce que le rayon de l'étoile est beaucoup plus grand lors des phases de la branche descendante de la courbe de lumière (où il passe par son maximum) que lors des phases de la branche montante (où il passe par son minimum); on a donc affaire ici respectivement à un géant plus grand et à un géant plus petit; et cela se traduit par une différence dans les valeurs de I , comme cela arrive entre les géants et les nains.

Genève, septembre 1928.