

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 21 (1968)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Composition chimique et évolution des étoiles Ap et Am  
**Autor:** Hack, Margherita  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-739401>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# COMPOSITION CHIMIQUE ET ÉVOLUTION DES ÉTOILES Ap ET Am

PAR

**Margherita HACK<sup>1</sup>**

Les étoiles à raies métalliques et les étoiles *A* particulières représentent encore un point obscur dans le cadre de l'évolution stellaire. Les principales caractéristiques de ces deux groupes sont les suivantes:

TABLEAU I

	Ap	Am
Pourcentage parmi les étoiles de même $T_{eff}$ et $g$	15%	15%
Intervalle de — (déduit de $B-V$ corrigé du blanket- ing)	0.26-0.56	0.54-0.75
$\log g$	3.5-4.4	3.5-4.4
$v \sin i$	< 20-90 km/sec	40-80 km/sec
Pourcentage de binaires	beaucoup plus petit que 100%	100% ( $p < 30^d$ )
Champ magnétique	Probablement toujours pré- sent (de $\sim 100$ gauss à 35 000 gauss)	Présence du champ est connue pour 7 Am. Le champ est faible, quel- ques 100 gauss
Variation de lumière, in- tensité des raies spec- trales, vitesse radiale, champ magnétique	oui	non  champ magnétique va- riable ?

<sup>1</sup> Exposé présenté par M<sup>me</sup> M. Hack, directrice de l'Observatoire de Trieste, lors du Colloque de l'Observatoire de Genève (16-18 mai 1968) sur le sujet: « Contribution de la spectroscopie, de la photométrie et de la cinématique à l'étude de la structure galactique ».

TABLEAU I (*suite*)

Particularités spectroscopiques	Excès de terres rares d'un facteur de $10^2$ à $10^3$ . Excès de fer, défaut de He (voir tableau II)	Défaut de Ca et Sc. Excès du Fe et des éléments du groupe du fer. Excès de terres rares (voir Tableau II)
Vitesse de microturbulence	Généralement petite	Généralement plus forte que pour les étoiles normales.

Nous considérons trois données d'observation: la position des étoiles Ap et Am dans le diagramme *HR*; leur vitesse de rotation projetée; particularités spectroscopiques et composition chimique — et nous chercherons à comprendre quel est leur état évolutif en considérant leur fréquence dans les amas galactiques.

#### POSITION DES ÉTOILES Ap ET Am DANS LE DIAGRAMME *HR*

Les étoiles Ap et Am pour lesquelles nous connaissons de bonnes parallaxes trigonométriques ou qui appartiennent à un amas se placent à peu près sur la séquence principale. Les quatre étoiles Ap plus froides connues ( $\gamma$  Equ,  $\beta$  CrB,  $\gamma$  Cap, 33 Lib) après correction de blanketing sont encore 0.5-0.75 magnitude au-dessus de la séquence principale. Les étoiles Am présentes dans les amas des Hyades, Praesepe, Coma, après correction de blanketing se placent un peu à gauche de la séquence (P. A. Strittmatter and W. L. W. Sargent, 1966).

#### VITESSE DE ROTATION PROJETÉE

$v \sin i$  est généralement plus petite que pour les étoiles normales du même type. Un problème important est de savoir si les étoiles Ap et Am sont en grande majorité vues « pole-on » (celles qui ont une grande vitesse projetée auraient leurs particularités masquées) ou bien si elles sont vraiment des rotateurs lents. Il y a beaucoup d'arguments en faveur de cette seconde possibilité:

- Il y a un excès de rotateurs lents pour  $B-V \cong 0$ . Ces rotateurs lents sont presque tous des étoiles Am pas trop prononcées (Conti, 1965);
- La distribution de  $v \sin i$  pour les étoiles  $B_8-A_2$  et  $B_2-B_5$  est la même si on omet les étoiles Ap (L. Searle and W. L. W. Sargent, 1967); cette observation suggère que les étoiles  $B_2-A_2$  normales ont une distribution des vitesses de rotation unique et que les étoiles Ap et Am ont une distribution différente;
- Les observations de Strittmatter et Sargent (1966) à propos de la position des étoiles Am dans le diagramme *HR* des amas Hyades, Praesepe et Coma (à gauche

de la séquence principale) pourraient être interprétées par la théorie de Roxburg (1967) qui montre que les rotateurs lents forment une séquence à gauche de celle trouvée pour les rotateurs de vitesse plus grande compatible avec la stabilité de l'étoile, et vus « pole-on » ou « equator-on ».

- d) Duplicité: presque le 100% des étoiles Am sont binaires spectroscopiques, ce qui prouve qu'elles ne sont pas vues « pole-on ». Les étoiles normales A sont doubles dans 30% des cas; les périodes pour les étoiles Ap sont généralement plus petites que 30 jours, tandis que pour les étoiles A normales elles sont plus longues que 100 jours (Abt, 1967). Abt suggère que la proximité des deux composantes a pour effet de ralentir la rotation par effet de marée.

On a quelquefois suggéré que les particularités sont dues au fait que les étoiles Ap et Am sont vues « pole-on » et à la forte vitesse de rotation. Mais on peut observer que par exemple les plus chaudes des étoiles Ap sont déficientes en hélium, tandis que les étoiles Be vues « pole-on » (raies « sharp », mais composantes en émission dues à l'anneau équatorial) ont l'hélium normal.

#### PARTICULARITÉS SPECTROSCOPIQUES QU'ON PEUT INTERPRÉTER COMME ANOMALIES DE COMPOSITION CHIMIQUE

En considérant toutes les analyses quantitatives obtenues avec des spectrogrammes à grande dispersion (au moins 10 Å/mm) on voit qu'on peut subdiviser les étoiles Ap en quatre groupes qui ont des caractéristiques communes, résumées dans le tableau II, avec les valeurs correspondantes pour les étoiles Am.

TABLEAU II

[X]	Ap Si (8 étoiles)	Ap Mn (12 étoiles)	Ap Cr-Eu-Sr (8 étoiles)	Ap Sr (6 étoiles)	Am (10 étoiles)
[O/Fe] . . .	(- 1.25)	+ 0.17	- 1.87	—	—
[Mg/Fe] . . .	- 0.65	- 0.36	+ 0.76	- 0.99	- 0.30
[Si/Fe] . . .	+ 0.27	- 0.25	+ 0.15	- 0.81	+ 0.01
[Ca/Fe] . . .	- 2.27	- 0.31	+ 0.01	- 0.28	- 0.87
[Sc/Fe] . . .	(- 0.70)	(+ 0.17)	- 0.54	(- 0.95)	- 1.18
[Ti/Fe] . . .	- 0.26	+ 0.06	+ 0.01	+ 0.08	- 0.15
[Cr/Fe] . . .	- 0.04	- 0.15	+ 0.24	- 0.20	+ 0.03
[Mn/Fe] . . .	+ 0.04	+ 0.67	+ 0.16	+ 0.15	0.00
[Sr/Fe] . . .	+ 0.53	+ 1.50	+ 1.44	+ 1.74	+ 0.38
[Fe/H] . . .	+ 0.60	+ 0.26	0.31	+ 0.65	+ 0.24

Notes au tableau II :

Les valeurs en italiques sont la moyenne des valeurs ayant toutes le même signe; les valeurs entre parenthèses signifient qu'on ne dispose de résultats que pour une ou deux étoiles. Le symbole [X] signifie  $\log X_{\star} - \log X$ .

Les conclusions qu'on peut déduire sont les suivantes:

<i>Par rapport au fer</i>	<i>Exceptions</i>
L'oxygène est généralement déficient	Ap Mn, où il est normal Am, probablement normal (W. L. W. Sargent and L. Searle, 1962)
Le magnésium est généralement déficient	Ap Cr-Eu-Si, où il est en excès
Le silicium est à peu près normal	Ap Si: en excès Ap Sr: en défaut
Le calcium est généralement déficient; fortement déficient (facteur 100) pour les Ap Si	Ap Cr-Eu-Sr: normal
Le scandium est généralement déficient	Ap Mn: normal
Titane et chrome: normaux	
Manganèse: généralement normal	Ap Mn: en excès
Strontium: toujours en excès Facteur 4 pour les Ap Si et les Am; facteur 40 pour les autres Ap	
Terres rares: toujours en excès Facteur 10 pour les Am; facteur de 100 à 1000 pour les Ap.	

En outre, l'abondance du fer est toujours en excès par rapport aux étoiles normales d'un facteur de 1,5 à 4. L'hélium est toujours en défaut dans les étoiles Ap Si et Ap Mn, les seules qui sont assez chaudes pour permettre la mesure des raies de l'hélium. Les étoiles Am sont caractérisées par la constante déficience du Ca et du Sc, et par des facteurs d'excès pour les terres rares qui sont dix ou cent fois plus petits que pour les Ap.

Comment peut-on expliquer ces anomalies dans les abondances ?

Différentes hypothèses ont été proposées, tenant compte de la position des Ap et Am dans le diagramme *HR*:

a) Les Ap et Am sont des étoiles non évoluées.

Les anomalies sont provoquées, selon un processus non expliqué, par le fait que toutes ces étoiles se trouvent dans une région du plan  $T_{eff}-g$  où les conditions sont favorables pour qu'on observe des courants convectifs à la surface, et par le fait qu'en même temps la vitesse de rotation est petite (tandis que les étoiles normales dans la même région du plan  $T_{eff}-g$  ont une forte vitesse de rotation). (L. Searle and W. L. W. Sargent, 1967.)

b) Les Ap et Am sont des étoiles non évoluées.

Les anomalies sont provoquées par la présence du champ magnétique très fort et variable qui favorise les réactions nucléaires dans l'atmosphère.

c) Les Ap et Am sont des étoiles évoluées.

Elles se trouvent dans la partie du diagramme *HR* où nous les observons, parce qu'elles ont déjà passé par la phase de géantes rouges et sont en train de traverser la séquence principale. Les anomalies seraient alors le résultat de l'évolution nucléaire (W. A. Fowler, E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, F. Hoyle, 1965).

d) Les Ap et Am font partie de systèmes binaires serrés.

Le compagnon a déjà évolué et a transféré une partie de sa masse à la secondaire originelle qui est devenue la primaire Ap ou Am (Renson, 1967; Van de Heuvel, 1968).

On peut essayer d'avoir des informations sur l'état évolutif des Ap et Am en étudiant leur appartenance aux amas. Jusqu'en 1966 on pensait (statistique de C. et M. Jaschek, 1967) que les Ap étaient présentes dans les amas ouverts d'âge compris entre  $2 \cdot 10^7$  ans et  $10^9$  ans et les Am dans ceux d'âge compris entre  $10^8$  et  $10^9$  ans. Des études récentes ont modifié ces résultats. Garrison (1967) a trouvé des Ap (Si, Sr et Mn) dans l'association Sco-Cen (âge  $5 \cdot 10^6$  ans). Sargent et Strittmatter (1967) ont trouvé des étoiles Bp dans l'association de Orion I (âge  $3 \cdot 10^6$  ans). Pour deux de ces étoiles ils ont mesuré aussi le champ magnétique. D'autres Bp ont été trouvées par Bernacca (1967) dans Orion. L'âge minimum pour les étoiles Bp et Ap est alors abaissé à  $3 \cdot 10^6$  ans. Elles seront non évoluées: une étoile de masse 9 (en unité de masse solaire) quitte la séquence principale à l'âge de  $2 \cdot 10^7$  ans, selon Iben (1966). Mais, en juin 1967, Sargent a trouvé des étoiles B presque sans hélium dans les amas globulaires M15, M13 et M92. Sargent et Searle (1967) ont étudié une étoile bleue du halo-Feige 86- et ont trouvé que son spectre était presque identique au spectre de 3 Cen A, bien que pour Feige 86 on peut estimer un âge de  $10^{10}$  ans et pour 3 Cen A, qui fait partie de l'association Sco-Cen, un âge de  $5 \cdot 10^6$  ans. Également en 1967, Pesch a trouvé deux étoiles Am dans l'amas M67; elles sont placées sur le prolongement de la séquence principale, du côté des grandes luminosités.

En conclusion, le processus évolutif de ces étoiles n'est pas tout à fait clair.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ABT, H. A. 1967. *The Magnetic and Related Stars*, edited by R. C. Cameron Mono Book Corporation, Baltimore, p. 173.  
 BERNACCA, P. L. 1968. *Atti dell' XI Riunione della Società Astronomica Italiana*, Padova, Ottobre 1967, sous presse.  
 CONTI, P. S. 1965. *ApJ*, 142, 1594.  
 FOWLER, W. A., E. M. BURBIDGE, G. R. BURBIDGE, F. HOYLE. 1965. *ApJ*, 142, 423.

- GARRISON, R. F. 1967. *ApJ*, 147, 1003.  
IBEN, I. 1966. *ApJ*, 143, 505.  
JASCHEK, C. and M. JASCHEK. 1967. *The Magnetic and Related Stars*, p. 287.  
PESCH, P. 1967. *ApJ* 148, 781.  
RENSON, P. 1967. *Ann. Ap*, 30, 697.  
ROXBURG, I. W. 1967. *The Magnetic and Related Stars*, p. 45.  
SARGENT, W. L. W. and L. SEARLE. 1962. *ApJ*, 136, 671.  
—— 1967. *ApJ*, 148, L 147.  
—— and L. SEARLE. 1967. *ApJ* 150, L 33.  
——, I. SARGENT and P. A. STRITTMATTER. 1967. *ApJ*, 147, 1185.  
SEARLE, L. and W. L. W. SARGENT. 1967. *The Magnetic and Related Stars*, p. 219.  
STRITTMATTER, P. A. and W. L. W. SARGENT. 1966. *ApJ*, 145, 130.  
VAN DE HEUVEL, E. P. J. 1968. *A study of Stellar Rotation-Thesis*.

Manuscrit reçu le 12 juin 1968.

---

---

---