

Eléments de solution du TP

Le soleil est-il une étoile ordinaire ?

Magnitude absolue

D'après la section 1, on a :

$$m = -2,5 \log(F) + \text{cst} \quad (1)$$

$$= -2,5 \log\left(\frac{L}{4\pi d^2}\right) + \text{cst} \quad (2)$$

$$= -2,5 \log\left(\frac{L}{4\pi(10)^2}\right) - 2,5 \log\left(\frac{10^2}{d^2}\right) + \text{cst} \quad (3)$$

$$= M - 5.0 \log\left(\frac{10}{d}\right) , \quad (4)$$

or la distance et la parallaxe sont reliées par la relation

$$d = \frac{1 \text{ pc}}{\theta \text{ (arcsec)}} , \quad (5)$$

donc la magnitude absolue M est donnée par

$$M = m + 5.0 \log\left(\frac{10 \times \theta}{1}\right) . \quad (6)$$

Distance terre-soleil = $R_T = 150$ millions de km = 5×10^{-6} pc. Donc la magnitude absolue du soleil est :

$$M = -26.7 + 5.0 \log\left(\frac{10}{5 \times 10^{-6}}\right) = 4.79 . \quad (7)$$

Obtention du diagramme HR

Les diagrammes HR obtenus avec les 50 étoiles du catalogue et avec l'ensemble des 1000 étoiles les plus proches de notre soleil sont illustrés dans la figure 1.

La plupart des étoiles se retrouvent sur la séquence principale. On observe également une population importante de naines blanches, mais aucune (ou presque) géante rouge. Ceci s'explique par le temps passé dans chacune de ces étapes : les étoiles passent l'essentiel de leur vie (quelques milliards d'années) à brûler l'hydrogène (sur la séquence principale), passent environ cent millions d'années dans le

stade géante rouge, et terminent leur vie en tant que naines blanches, stade qui peut durer éternellement. Les géantes rouges sont donc des objets rares.

L croît avec M . La fréquence plus faible des étoiles lumineuses s'explique de nouveau par la durée de vie des étoiles sur la séquence principale, d'autant plus courte que la masse est élevée (combustion de l'hydrogène plus rapide).

Le soleil est parmi les étoiles les plus brillantes de la séquence principale.

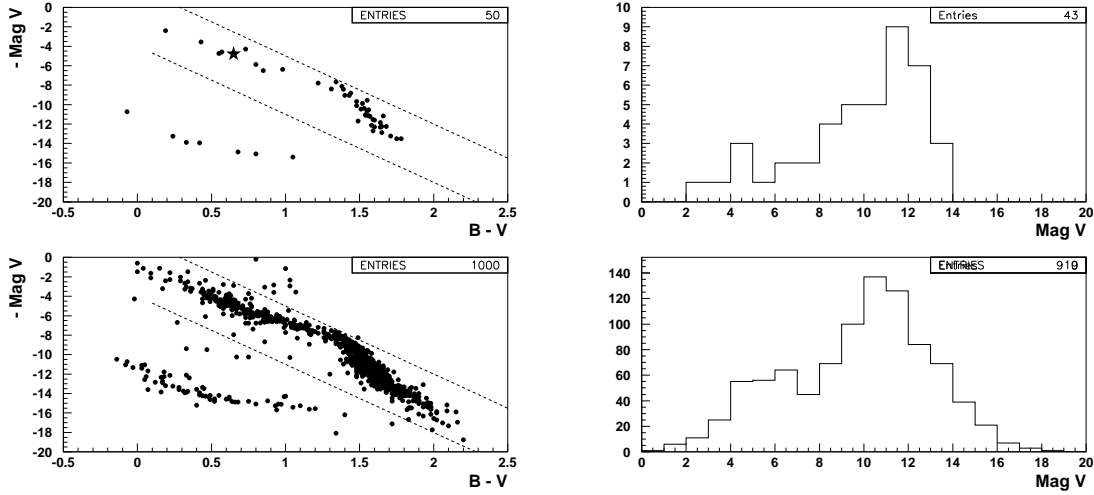


Fig. 1: Diagrammes HR des étoiles du catalogue CNS, en haut avec l'échantillon de 50 étoiles, en bas avec les 1000 plus proches. Les droites délimitent la région de la séquence principale.

Fig. 2: Fonctions de luminosité, en haut avec l'échantillon de 50 étoiles, en bas avec les 1000 étoiles les plus proches.

Fonction de luminosité

Sur le graphe avec 50 étoiles, nous n'avons que des naines blanches et des séquences principales. Les géantes rouges peuvent être sélectionnées par la coupure $M < 7 \times (B - V) - 2$. Les naines blanches sont dans la zone $M > 7 \times (B - V) + 4$. Les autres étoiles, situées entre les 2 droites de la figure 1, sont des étoiles de la séquence principale. La fonction de luminosité est donnée dans la figure 2. La luminosité typique (valeur médiane) d'une étoile de la séquence principale est $M_v = 10$, ce qui correspond à une masse M telle que

$$10 - 4.8 = -2,5 \times \log \left(\frac{M}{1} \right)^4 \quad (8)$$

soit une masse $M = 0,3M_\odot$.

Le soleil est donc 3 fois plus massif et 100 fois plus lumineux qu'une étoile typique de la séquence principale.

Complétude

Afin de déterminer la magnitude médiane, calculons les nombres d'étoiles dans chacun des lots jusqu'à une magnitude donnée, c'est-à-dire les fonctions de luminosité intégrées (voir tableau 1).

Magnitude max	Nb d'étoiles « proches »	Nb d'étoiles « lointaines »
2	5	4
4	23	27
6	78	84
8	128	144
10	208	238
12	352	368
14	465	432
16	528	458
18	537	461
20	539	461

Tab. 1: Fonctions de luminosité intégrées des étoiles du voisinage solaire.

La magnitude médiane des étoiles proches est donc $\sim 10,9$ (magnitude maximale comprenant la moitié des étoiles du lot, c'est-à-dire 269,5 étoiles, obtenue par interpolation linéaire entre les valeurs pour les magnitudes 10 et 12), tandis que la magnitude médiane des étoiles lointaines est $\sim 9,8$ (obtenu par la même méthode). Le biais est net : le lot des proches contient bien plus d'étoiles faibles que le lot des lointaines.

Les fonctions de luminosité de chacun des lots et le rapport des fonctions sont illustrés sur la figure 3.

Autant les comptages sont semblables dans les deux lots jusqu'à une magnitude de l'ordre de 11, autant il est clair qu'un grand nombre d'étoiles faibles, de magnitude absolue supérieure à 11, manquent dans le lot distant. La limite de complétude du catalogue est donc $M_v \sim 11$.

D'après les fonctions de luminosité intégrée, nous avons :

$$p_1 = 208 \quad (9)$$

$$p_2 = 331 \quad (10)$$

$$l_1 = 238 \quad (11)$$

$$l_2 = 223 \quad (12)$$

Une simple règle de 3 indique qu'il manque $p_2 \times l_1/p_1 - l_2 = 156$ étoiles faibles (de magnitude supérieure à 11) dans le lot d'étoiles lointaines.

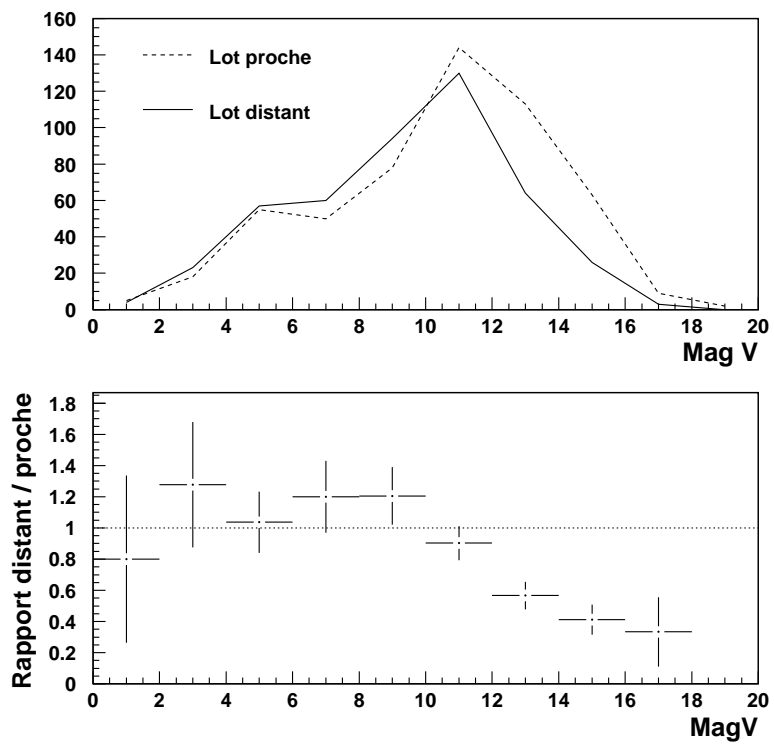


Fig. 3: Fonction de luminosité des étoiles du voisinage solaire, réparties en deux lots selon leur distance, et rapport entre ces deux fonctions.