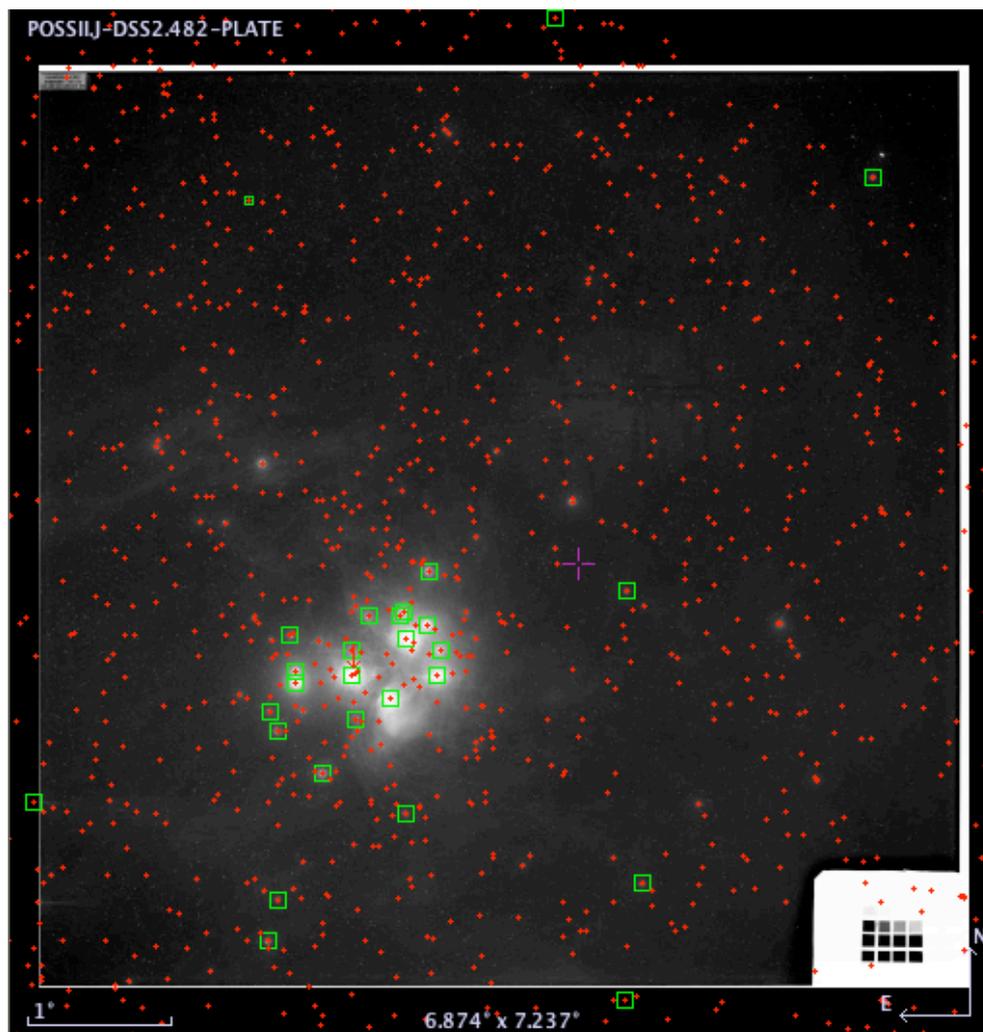


# L'AMAS OUVERT DES PLEIADES

G. Iafrate<sup>(a)</sup>, M. Ramella<sup>(a)</sup> & P. Padovani<sup>(b)</sup>  
<sup>(a)</sup> INAF – Observatoire Astronomique de Trieste  
<sup>(b)</sup> ESO – Observatoire Européen Austral

Traduction Française: A. Siebert – CDS Strasbourg



## 1- Introduction

Les amas d'étoiles sont des groupes d'étoiles qui sont proches les unes des autres, liées par la gravitation et qui se déplacent dans l'espace comme un seul objet.

Dans un amas ouverts, les étoiles sont assez dispersées et entourées de nuages de gaz. Ces amas contiennent quelques centaines d'étoiles faiblement liées par la gravité. On les appelle « ouvert » pour les distinguer des amas globulaires qui sont ronds et compacts.

Dans la Voie Lactée, les astronomes ont observés environ 300 amas ouverts. Le plus connu et le plus facile à reconnaître est l'amas des Pleiades qui est visible à l'oeil nu.

Les amas d'étoiles sont des objets importants pour l'étude de l'évolution stellaire. Les étoiles qui en font partie sont nées dans le même nuage de gaz, elles ont donc le même âge et la même composition chimique initiale. Ainsi l'étude des étoiles d'un amas permet aux astronomes d'obtenir des informations fondamentales sur l'effet de la masse d'une étoile sur son évolution. En effet, dans un amas, la masse d'une étoile est le seul paramètre physique qui est « libre ».

Dans ce tutoriel, nous allons apprendre à utiliser le logiciel Aladin pour visualiser la parallaxe d'une étoile, une mesure de distance qui nous permettra de vérifier qu'une étoile se trouve bien dans l'amas. Ensuite nous construirons un diagramme couleur-magnitude (dit de Hertzsprung-Russel) pour étudier l'évolution dans l'amas.

## 2-Parallaxe

Les astronomes utilisent les parallaxes pour mesurer la distance aux étoiles. La parallaxe est l'angle entre les directions d'une étoile proche quand on la voit soit de deux positions sur la terre soit à des

positions différentes le long de l'orbite de la terre autour du soleil.

La parallaxe est une quantité qui décroît quand la distance à l'étoile augmente. Ainsi la distance entre les deux points d'observation doit être aussi grande que possible pour détecter la différence de position d'une étoile entre les points d'observation (l'angle parallactique ou parallaxe). C'est pour cette raison que les astronomes observent les étoiles à partir de deux points opposés le long de l'orbite de la terre autour du soleil. Ils calculent la position d'une étoile une fois tous les six mois, à partir de points qui sont séparés de 300 millions de kilomètres l'un de l'autre.

Les astronomes utilisent le « parsec » comme unité de distance aux étoiles. 1 parsec équivaut à la distance à laquelle l'angle mesurant le rayon de l'orbite de la terre autour du soleil vaut une seconde d'arc ( $1/3600^{\text{ème}}$  de degré). Ainsi, une étoile se trouvant à 1 parsec de nous aura aussi une parallaxe valant une seconde d'arc. Les parallaxes sont des angles très petits, par exemple une seconde d'arc est l'angle sous lequel vous verriez un ballon de football qui se trouve à 46 kilomètres.

## 3- Evolution stellaire

Le diagramme Hertzsprung-Russel (ou diagramme HR) présente la magnitude absolue des étoiles suivant l'ordonnée en fonction de leur type spectral en abscisse. C'est un diagramme fondamental de l'étude de l'évolution stellaire.

Le diagramme HR d'un amas d'étoiles est facile à construire car nous pouvons utiliser la magnitude apparente à la place de la magnitude absolue, nous n'avons pas besoin de connaître la distance. En effet dans un amas les étoiles sont à peu près à la même distance et se sont formées au même moment à partir du même nuage de gaz. Donc elles ont le même âge et la même composition chimique initiale : la différence de luminosité entre les membres d'un même amas est due uniquement à la masse des étoiles. C'est pour cela que les

amas stellaires sont très utile à l'étude de l'évolution stellaire.

En regardant un diagramme HR d'amas, on peut voir que la plupart des étoiles se trouvent dans un région limitée du diagramme appelée la « séquence principale ». Ceci suggère que la magnitude et la couleur (ou type spectral) sont liés.

Les étoiles les plus massives brûlent l'ensemble de leur matériel nucléaire plus vite que les étoiles moins massives et se déplacent vers une nouvelle région en haut à droite du diagramme . Cette région est la « branche des géantes ». Les étoiles géantes sont très grandes et donc très brillantes mais relativement froides. Les astronomes utilisent la fin de la « séquence principale » pour calculer l'âge de l'amas. Le diagramme HR est la pierre angulaire de notre connaissance de la structure et de l'évolution des étoiles.

#### 4- Aladin

Aladin est un atlas interactif du ciel développé et maintenu par le Centre de Données astronomique de Strasbourg (CDS) pour l'identification de sources astronomiques via l'analyse visuelle d'images de référence du ciel.

Aladin permet à l'utilisateur de visualiser des images digitalisées du ciel, de superposer des données provenant de tables ou de catalogues stockées au CDS, et d'accéder interactivement à des données ou des informations reliées situées sur d'autre serveurs (comme SIMBAD, NED, VizieR).

Aladin est une application Java disponible au lien suivant :

<http://aladin.u-strasbg.fr/>.

#### 5- Charger une image des Pleiades

Notre but est d'étudier les propriétés des étoiles qui appartiennent à l'amas des Pleiades. Nous allons commencer par charger une image des Pleiades et un catalogue.

Lancer Aladin et ouvrez la fenêtre de sélection de serveur (onglet en haut à gauche ayant une forme de répertoire). Un fois la fenêtre ouverte, choisissez le serveur d'images Aladin (en bas à gauche) puis dans le champs position tapez « Pleiades » puis cliquez sur « CHERCHER ». Sélectionner la plaque *POSSII J-DSS2* de taille 6.5°x6.5° et cliquez « CHERCHER » (Fig. 1).

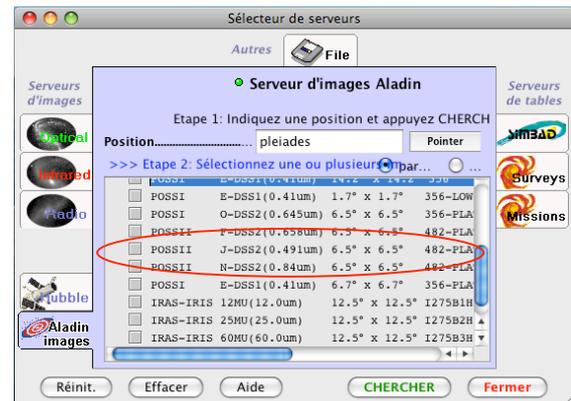


Fig 1 : sélection de l'image à afficher

POSS est un acronyme pour Palomar Observatory Sky Survey: c'est une collection de plaques photographiques numérisées couvrant tout le ciel accessible depuis l'hémisphère nord (donc des déclinaisons comprises entre +90 et -27 degrés), prise à l'observatoire Palomar aux Etats-Unis. Toutes ces images sont calibrées astrométriquement, à chaque point de l'image correspond une coordonnée sur le ciel.

Une fois l'image chargée, nous allons sélectionner le catalogue « Hipparcos et Tycho » qui contient les parallaxes mesurées par le satellite Hipparcos. Dans l'onglet « Surveys » à droite de la fenêtre sélectionnez le relevé *HIP*. Dans le champ rayon, entrez 5 degrés puis cliquez sur « CHERCHER » (Fig. 2).

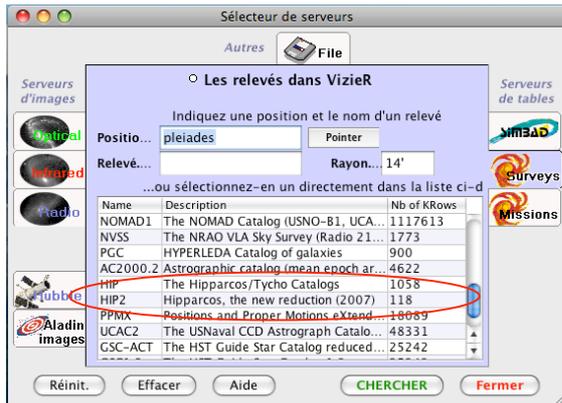


Fig 2 : sélection du catalogue Hipparcos et Tycho.

## 6- Calcul de l'histogramme des parallaxes

Ouvrez l'outil VOPlot qui peut se télécharger à partir du site :

<http://vo.iucaa.ernet.in/~voi/voplot.htm>.

Une fois lancé, dans la fenêtre Aladin sélectionner la catalogue Hipparcos en cliquant sur la ligne HIP dans la colonne de droite. Faites un click-droit et sélectionner « Envoie les tables sélectionnées à » puis « VOPlot » (Fig. 3).

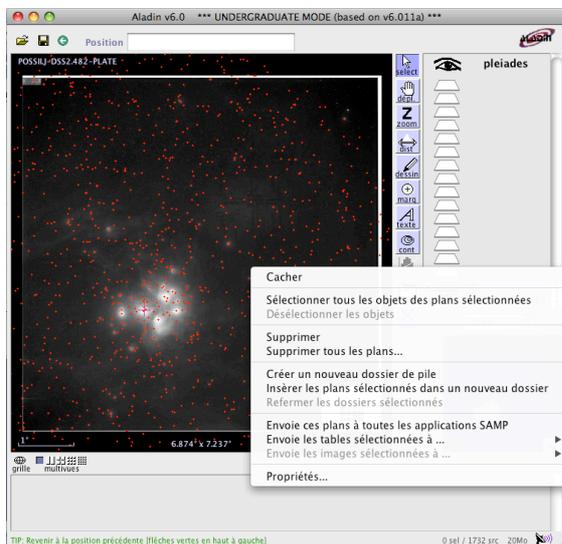


Fig. 3 : exemple de l'envoi de données à partir d'Aladin vers VOPlot.

Déplacer vous maintenant dans la fenêtre VOPlot (Fig. 4). Dans le champs de coordonnées X sélectionner la parallaxe « Plx ». Puis sélectionner la représentation en histogramme (bouton de gauche en dessous de la commande plot). Vous obtenez la distribution sous forme

d'histogramme des mesures de parallaxe des étoiles marquées en rouge sur l'image Aladin.

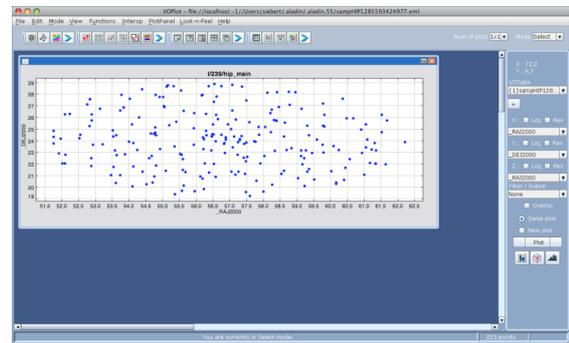


Fig. 4 : fenêtre principale de l'utilitaire VOPlot.

En observant cette distribution, on peut voir que la parallaxe de l'amas des Pleiades est d'environ 8-9 mas (milli-arcseconde). Il y a également beaucoup d'étoiles de fond (parallaxes plus petites) et d'étoiles d'avant plan (parallaxes plus grandes). La valeur de la parallaxe des Pleiades est en fait de  $8.46 \pm 0.22$  mas.

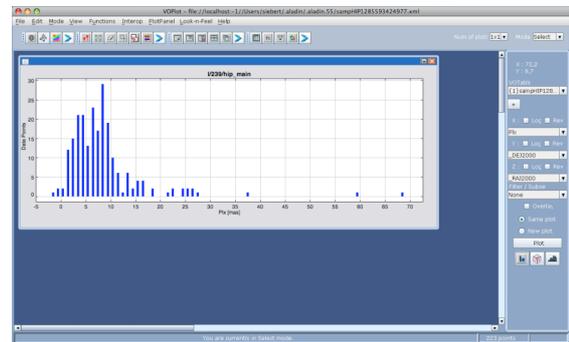


Fig. 5 : distribution des parallaxes des étoiles dans le champs de la figure 3 avec VOPlot.

## 7- Visualisation du diagramme de Hertzsprung-Russel

Pour construire correctement le diagramme HR, nous devons corriger les données du rougissement. Les astronomes appellent « couleur » d'une étoile la différence entre les magnitudes dans le bleu (B) et dans la bande visible (V) noté B-V. La matière dans l'univers absorbe et disperse plus de lumière bleue que de lumière rouge : cet effet est appelé le rougissement (voir encadré) car il en résulte que nous voyons

les étoiles plus rouges qu'elles ne le sont réellement.

Ainsi la couleur observée (B-V) doit être corrigée de ce rougissement. Pour cet amas particulier, le rougissement vaut 0.04 mag et donc :

$$(B-V)_0 = (B-V) - E(B-V) = (B-V) - 0.04 .$$

### Rougissement

Le rougissement est l'un des effets dus à la matière interstellaire : la lumière bleue est absorbée et diffusée plus que la lumière rouge. Une des conséquence est que l'indice de couleur B-V (la différence entre les magnitudes dans les bandes B et V) augmente. Le rougissement est du aux grains présents dans le milieu interstellaire entre nous et l'amas des Pleiades. Ces grains de poussière absorbent et diffusent la lumière à une longueur d'onde comparable à leur taille : les courtes longueurs d'onde (lumière bleue) sont largement absorbées et diffusées alors que les longueur d'onde plus longues (lumière rouge) peuvent facilement passer à travers le milieu interstellaire.

Nous allons ajouter une nouvelle colonne au catalogue contenant les valeurs de (B-V) corrigées du rougissement (B-V)<sub>0</sub>. Pour cela sélectionner « Add a new column » dans le menu « Functions ». Dans le champ « Name » entrez (B-V)<sub>0</sub>. Dans la colonne expression entrez le numéro de la colonne contenant (B-V) précédé du signe \$ et ensuite -0.04 (eg. \$11-0.04). Cliquez ensuite sur « Add » (Fig. 6).

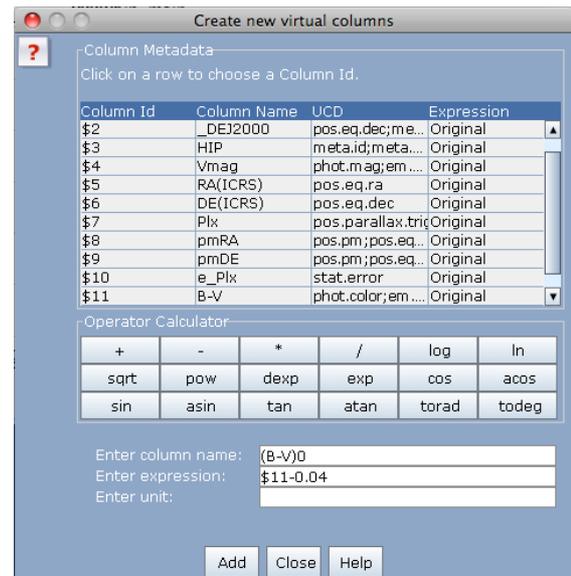


Fig 6 : ajout d'une nouvelle colonne dans VOPlot.

Sélectionner quelques étoiles sur l'image Aladin à l'aide de la souris puis regarder dans la partie inférieure de la fenêtre principale. Vérifiez que la colonne (B-V)<sub>0</sub> a bien été ajoutée.

Envoyer le plan catalogue vers VOPlot de la même manière que précédemment (Fig. 3) et retournez dans la fenêtre VOPlot.

Pour l'axe des X choisissez « (B-V)<sub>0</sub> ».

Pour l'axe des Y choisissez « Vmag ».

Pour l'axe des Y inversez l'axe en cochant la case « rev » puis cliquez sur le bouton « Plot ». Vous obtiendrez la figure 7.

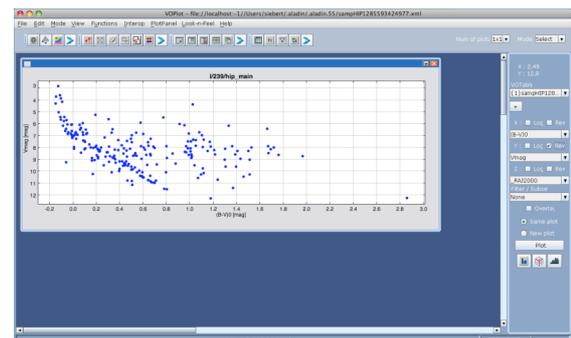


Fig. 7 : diagramme HR des étoiles dans le champ de l'amas des Pleiades.

Le diagramme HR de l'amas des Pleiades doit alors apparaître dans la fenêtre VOPlot. Il est facile de reconnaître la séquence principale. Si vous sélectionnez certains points dans ce diagramme, les étoiles correspondantes sur l'image Aladin se retrouveront marquées.

Pour savoir si des étoiles appartiennent à l'amas, nous devons les sélectionner et vérifier leurs parallaxes dans la table chargée par Aladin. Sélectionner les points dans le coin en haut à gauche du diagramme HR (les étoiles brillantes) et vérifiez qu'elles correspondent aux étoiles centrales de l'amas sur l'image. D'après les données dans la table, on peut voir que leur parallaxe est de 8-9 mas : elles appartiennent à l'amas.

Maintenant sélectionnez quelques étoiles dans le coin en bas à droite du diagramme HR (les étoiles faibles) : ce sont principalement les étoiles sur les bords de l'image. En regardant les parallaxes on voit que ce sont principalement des étoiles de fond ( parallaxe  $< 8$  mas) et quelques étoiles d'avant-plan (parallaxe  $> 8$  mas).