

POUR ALLER PLUS LOIN

ETALONNAGE ET CALCULS INTERMEDIAIRES

Vous avez vu en faisant l'exercice qu'il est possible, à partir de la luminosité d'une étoile obtenue par SalsaJ, d'obtenir les valeurs des magnitudes apparentes B et V, puis d'en déduire la magnitude absolue et l'indice de couleur de cette étoile. Nous allons voir comment il faut procéder pour y parvenir.

I Comment obtenir les magnitudes apparentes à partir des mesures sur SalsaJ ?

A- Un peu de théorie

Nous avons vu dans le complément 1 que l'échelle des magnitudes est logarithmique, de sorte qu'une étoile de magnitude 1 est 2,5 fois plus lumineuse qu'une étoile de magnitude 2 et 100 fois plus lumineuse qu'une étoile de magnitude 6.

Ceci se généralise bien évidemment de manière rigoureuse grâce à la définition mathématique suivante :

$$m_A - m_B = -2.5 \log \left(\frac{L_A}{L_B} \right) \quad (1)$$

m_A est la magnitude apparente de l'étoile A, m_B celle de l'étoile B ;
 L_A est la luminosité de l'étoile mesurée par SalsaJ pour l'étoile A, L_B celle pour l'étoile B.

Avec cette relation, on retrouve bien les résultats de la deuxième partie du complément 2.

Pour notre exercice, on cherche à déterminer la magnitude apparente d'une étoile à partir de sa luminosité L mesurée sur SalsaJ. Grâce à la relation (1), il va nous suffire pour mesurer toutes les magnitudes apparentes de notre amas de connaître une seule magnitude de référence (que l'on appellera m_{ref}) pour une étoile bien précise de l'amas, puis de mesurer grâce à SalsaJ sa luminosité (que l'on appellera L_{ref}). On aura alors d'après (1) :

$$m - m_{\text{ref}} = -2.5 \log \left(\frac{L}{L_{\text{ref}}} \right) \quad (2)$$

Qui se réécrit : $m = -2.5 \log L + (m_{\text{ref}} + 2.5 \log L_{\text{ref}})$ (3)

Par conséquent, pour une étoile quelconque de notre amas de magnitude apparente m_V (à travers le filtre V) et m_B (à travers le filtre B), et de luminosité mesurée L_V (filtre V) et L_B (filtre B), on a donc :

$$\text{Avec} \quad m_V = -2.5 \log L_V + \text{CONSTANTEV} \quad (4)$$

$$\text{CONSTANTEV} = m_{V\text{ref}} + 2.5 \log L_{V\text{ref}} \quad (5)$$

Et

$$m_B = -2.5 \log L_B + \text{CONSTANTEB} \quad (6)$$

$$\text{Avec} \quad \text{CONSTANTEB} = m_{B\text{ref}} + 2.5 \log L_{B\text{ref}} \quad (7)$$

B- Etalonnage et détermination des constantes

Nous allons donc déterminer ces deux constantes par **étalonnage**. Afin d'y parvenir, il nous faut connaître précisément la magnitude apparente d'une étoile de l'amas que l'on étudie. Pour cela, nous allons utiliser le **Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS)**. Depuis les années 1970, il collecte, répertorie et rend accessibles par le réseau Internet des données astronomiques de tous horizons : articles scientifiques, données observationnelles, images numérisées. Les astronomes du monde entier utilisent ses ressources, via les services Aladin, Simbad et Vizier. Vous allez pouvoir retrouver dans cet observatoire virtuel l'amas que vous avez observé sur SalsaJ, et découvrir si - oui ou non - (espérons que oui, sinon, on ne pourra pas faire l'exercice...) il existe des étoiles connues et répertoriées dans cet amas. Si c'est le cas, vous obtiendrez très facilement la valeur des magnitudes des étoiles répertoriées, et, en choisissant une bien précise, vous pourrez obtenir votre m_{ref} . Vous mesurerez alors votre L_{ref} vous-même sur SalsaJ, une fois que vous aurez repéré attentivement sur votre fichier image l'étoile connue et répertoriée.

Voici en détails la démarche à suivre pour étalonner :

- L'amas que nous étudions dans cette exercice a les caractéristiques suivantes :

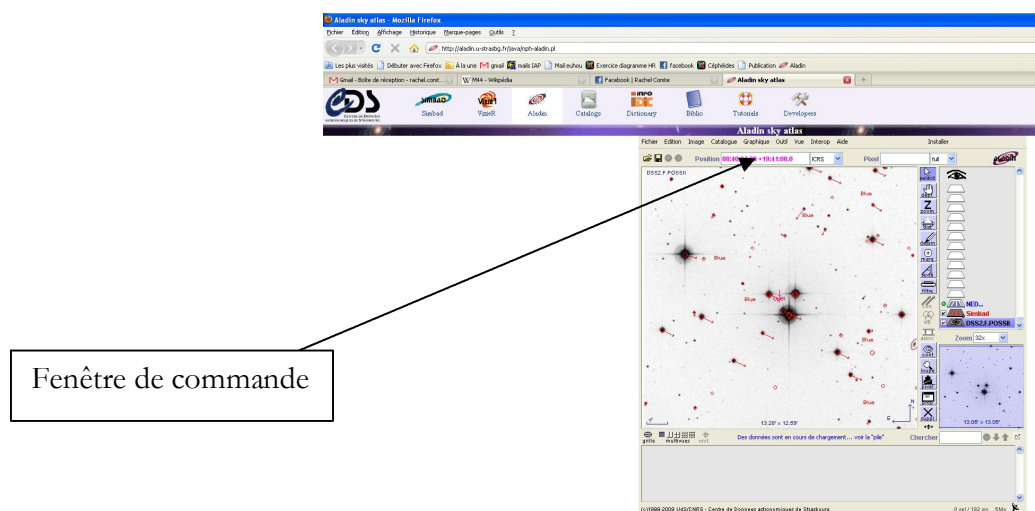
NOM : M44 ou NGC 2632
ASCENSION DROITE : 08h 40min 24s
DECLINAISON : +19° 41' 00"
DISTANCE À LA TERRE : 178 parsecs

Aladin est un célèbre (et très utile !) service du CDS qui permet de visualiser, dans un applet Java, la portion du ciel que l'on souhaite, et d'en obtenir de nombreuses informations. Grâce aux données précédentes (nom, déclinaison, etc.), nous allons l'utiliser pour obtenir nos magnitudes de référence. Pour cela, allez sur le site Internet <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>

- Dans la fenêtre de commande, tapez le nom de l'amas c'est-à-dire :

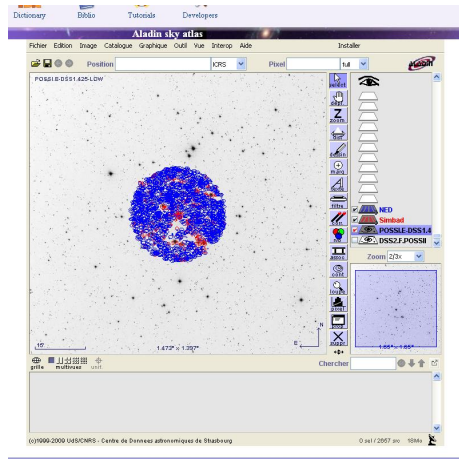
M44

Puis, appuyez sur entrée.

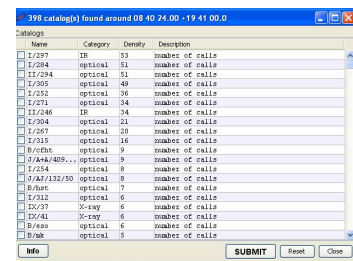


- L'amas que vous avez étudié dans la première partie de cet exercice s'affiche à l'écran. L'image affichée étant trop réduite en champ, chargez en une autre en cliquant sur **fichier** puis **charger une image astronomique** puis **serveur Aladin**. Choisissez alors un rayon de 60 minutes d'arc (et non 0 minute d'arc comme c'est écrit par défaut). Cliquez alors sur **CHERCHER**.

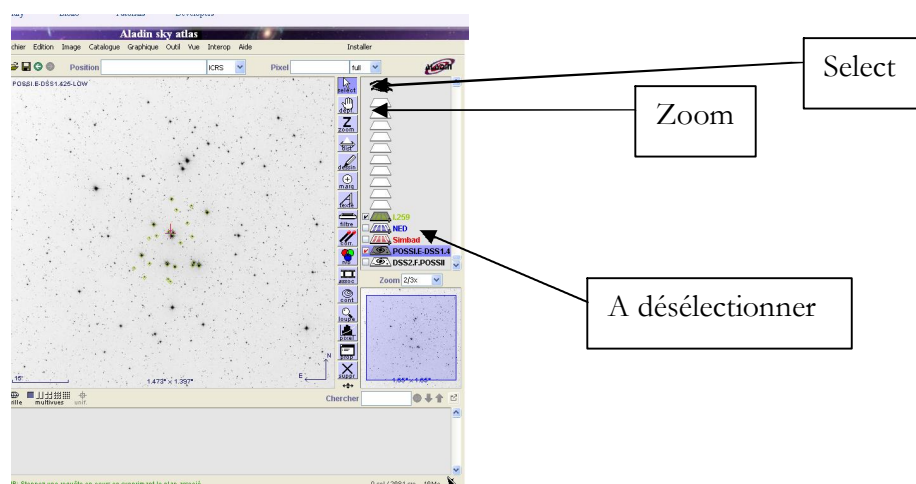
- Parmi toutes les images proposées, choisissez une image de champ $1,7^\circ \times 1,7^\circ$. Sélectionnez là, puis cliquez de nouveau sur **CHERCHER**. Fermez ensuite la fenêtre, et retournez sur la fenêtre principale d'Aladin, où se situe votre image. Une image confuse apparaît alors :



- Vous allez maintenant charger le catalogue d'étoiles TYCHO2, répertoriées en positions et magnitudes par le mission HIPPARCOS. Pour cela, cliquez sur **fichier** puis sur **charger un catalogue** puis sur **catalogue Vizier**. Patientez quelques instants, une nouvelle fenêtre s'affiche, et vous devez maintenant choisir un catalogue. Sélectionnez le catalogue **I/259**, puis cliquez sur **SUBMIT**. Fermez ensuite la fenêtre et retournez dans la fenêtre principale.



- Sur la droite de l'image, désélectionnez NED et Simbad. Puis, grâce à l'icône « zoom » dans la barre d'outils, zoomez une seule fois. Puis, cliquez sur le bouton de la barre d'outils « select ».



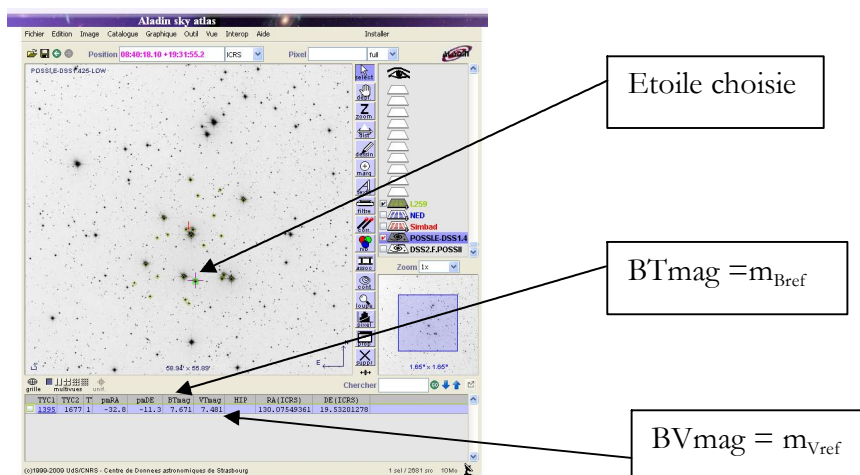
Remarquez qu'en cliquant sur les cercles verts qui entourent les étoiles, vous obtenez des informations sur celles-ci : leur nom, leur magnitude B, leur magnitude V...

- Vous pouvez maintenant repérer et identifier toutes les étoiles de votre première photographie SalsaJ. (Attention à l'orientation de l'image !).

Indication pour l'identification : les étoiles de votre image SalsaJ parmi les plus lumineuses sont les étoiles TYCHO 1395 1677 et TYCHO 1395 2733.

- Nous allons pouvoir procéder à l'étalonnage. Choisissez une de ces deux étoiles. Retenez bien celle que vous avez choisie, et repérez la attentivement sur votre image SalsaJ.

- Sur Aladin, Cliquez sur cette étoile. Des informations s'affichent en bas de l'image. Celles qui vous intéressent pour l'étalonnage sont B et V, elles correspondent aux magnitudes apparentes de l'étoile choisie pour le filtre B et pour le filtre V. Relevez ces valeurs et gardez les dans un coin. Ce sont les valeurs de m_{Bref} et m_{Vref} .



- Maintenant que vous disposez des valeurs de m_{Bref} et m_{Vref} vous allez rechercher par vous-même les valeurs de L_{Bref} et L_{Vref} grâce à SalsaJ. Pour cela, réalisez la photométrie sur l'étoile que vous avez choisie à l'étape précédente. La valeur de la luminosité que vous obtenez sur la photographie du filtre B est L_{Bref} et celle que vous obtenez sur la photographie du filtre V est L_{Vref} .

- A l'aide des relations (5) et (7), déterminez les deux constantes CONSTANTEV et CONSTANTEB . A partir de ces deux constantes, les formules (4) et (6) permettent de remplir les colonnes Excel « magnitude relative B » et « Magnitude relative V ».

- Il est recommandé de recommencer la calibration à l'aide d'une autre étoile de référence (TYCHO 1395 1677 ou TYCHO 1395 2733). Cette deuxième calibration vous permettra de vérifier la valeur de vos constantes.

II Comment obtenir l'indice de couleur pour chaque étoile ?

Cette fois-ci, le calcul est beaucoup plus simple. Par définition, l'indice de couleur, autrement appelé B-V, correspond à la différence entre la magnitude apparente dans la bande spectrale «B» et la bande spectrale «V». On a donc tout simplement :

$$B-V = m_B - m_V$$

III Comment obtenir la magnitude absolue de chaque étoile ?

Nous avons vu dans le complément 2 que la magnitude absolue renseigne sur l'éclat réel de l'étoile en tenant compte de sa distance à la Terre. Elle se déduit de la magnitude apparente m_V et de la distance D entre l'étoile et la Terre (exprimée en parsecs) à partir de la relation :

$$M_V = m_V + 5 - 5 \log D \quad (8)$$

Dans notre exercice, nous considérons un amas situé à 178 parsecs de notre planète. Cette distance est considérable comparée à la distance qui sépare les étoiles de l'amas entre elles : on peut donc considérer que toutes ces étoiles sont toute à la même distance de la Terre : $D=178$ parsecs. On peut donc calculer facilement $CONSTANTE_{m_V} = 5 - 5 \log(D)$.

Vous pouvez maintenant recalculer et vérifier la cohérence de toutes les valeurs données dans les fichiers Excel.