

Les Pléiades vues par Gaia

Sylvie Thiault, Lyon

Comment utiliser les milliards de données du satellite Gaia avec des élèves ? Cet article nous en propose un exemple en étudiant l'amas des Pléiades et son évolution. Vous pourrez ensuite en chercher d'autres.

À l'école d'été 2016, nous avons eu l'honneur d'accueillir François Mignard, directeur de recherche émérite au CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur (OCA). Il nous avait alors présenté les objectifs et les enjeux de la mission GAIA. La conférence est à visionner sur le site du CLEA¹. Depuis, l'équipe de GAIA a publié les résultats de mesures concernant des milliards d'étoiles. Le dernier catalogue a été publié le 25 avril 2018. Les données traitées sont disponibles et vous trouverez ici une première piste d'utilisation. Cette activité a été testée dans un atelier du mercredi de l'observatoire de Lyon ainsi qu'à l'école d'été 2018 du CLEA. Nous nous sommes intéressés à l'amas des Pléiades. Nous proposons d'en faire une carte et d'observer le mouvement propre des étoiles principales. Nous pensons qu'un travail à partir des catalogues utilisés par les professionnels est motivant.

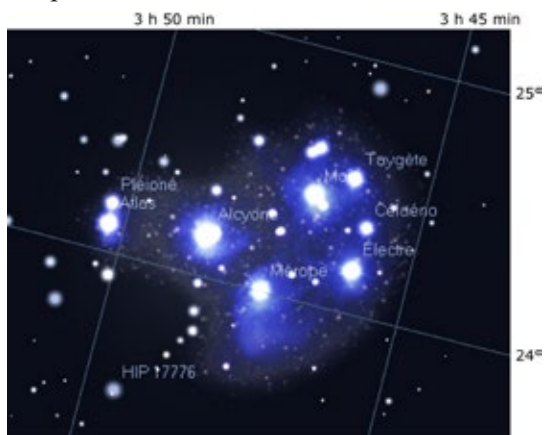


Fig.1. Les Pléiades sur Stellarium.

L'amas des Pléiades est un amas ouvert de plus de 1 000 étoiles de la constellation du Taureau, bien visible dans le ciel des nuits d'hiver. Les 7 étoiles les plus brillantes sont « les sept sœurs », filles d'Atlas et de Pléione : Astérope, Mérope, Électre, Maia, Taygète, Céléano et Alcyone. À l'aide du logiciel Stellarium² on détermine la zone du ciel dans laquelle se trouve l'amas des Pléiades.

¹ <http://clea-astro.eu/conferences/distances-dans-la-galaxie>

² Pour la prise en main de Stellarium, voir CC160 (2017). Pour les coordonnées, voir CC155 (2016).

On discute du choix du système de coordonnées le plus adapté à notre objet d'étude : le système de coordonnées équatoriales. On se limitera en ascension droite entre 3 h 30 min et 4 h 00 min et en déclinaison entre 23° 30' et 25° 00' (voir figure 1).

Recherche et récupération des données dans le catalogue Gaia

Les données publiées par le consortium GAIA sont accessibles par le catalogue ViZieR du Centre de données astronomiques de Strasbourg³.

Sélectionner GAIA DR2 (il s'agit de la dernière mise à jour du 25 avril 2018), puis I/345/gaia2.

Décocher tout (à gauche, sous préférences, cocher puis décocher « All columns »).

Puis sélectionner seulement :

- Ascension droite en degré : RA_ICRS⁴ ;
- Déclinaison en degré : DE_ICRS ;
- Parallaxe : Plx ;
- Mouvement propre en ascension droite : pmRA⁵
- Mouvement propre en déclinaison : pmDE ;
- Magnitude apparente : Gmag ;
- Vitesse radiale : RV ;
- Température effective : Teff.

On a fait ici un choix réduit de données. Il sera toujours possible de pousser plus loin, en particulier en tenant compte des erreurs de mesures.

Dans la colonne « constraint » saisir les plages d'ascension droite et de déclinaison (on peut voir la syntaxe en cliquant sur [Constraints ?](#)). On rentre directement la plage d'ascension droite en h min s. De même qu'on rentre directement la déclinaison en degré sexagésimal :

- à droite de RA_ICRS, on tape : 3 30..4 00
- à droite de DE_ICRS, on tape : +23 30..+25 00

³ <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

⁴ ICRS est un référentiel international.

⁵ Proper motion in right ascension.

<u>Full</u>	<u>RA ICRS</u> deg	<u>DE ICRS</u> deg	<u>Plx</u> mas	<u>pmRA</u> mas/yr	<u>pmDE</u> mas/yr	<u>Gmag</u> mag	<u>RV</u> km/s	<u>Teff</u> K
<u>1</u>	056.58166915529	+23.94815019485	9.4781	15.378	-49.907	4.0908		9145.33
<u>2</u>	056.21900085855	+24.11313909272	8.7041	22.670	-50.383	3.6412		9329.67
<u>3</u>	056.45679251747	+24.36754753359	9.4780	19.339	-44.550	3.8071		9334.50
<u>4</u>	056.20098931653	+24.28927388310	7.5234	19.665	-45.671	5.4267		9644.00
<u>5</u>	056.30215999021	+24.46706984862	8.9691	17.783	-50.263	4.2370		9164.00
<u>6</u>	059.35989958451	+24.46190309346	2.7117	-5.261	-7.778	5.7395	-11.99	4376.76
<u>7</u>	057.43146561674	+23.71165592051	7.4962	18.016	-45.801	6.1453		9438.00
<u>8</u>	057.23748423401	+23.85688255687	11.5725	48.102	-57.978	6.3691	11.01	6811.50
<u>9</u>	057.29068442010	+24.05321807966	8.4292	21.761	-46.241	3.5312		8060.00
<u>10</u>	057.29682771146	+24.13650490691	7.7229	18.638	-48.678	5.1857		9438.00
<u>11</u>	056.87124720787	+24.10494049997	7.9688	25.343	-45.938	2.7730		6706.75
<u>12</u>	056.83775691923	+24.11607367697	7.4450	20.802	-45.044	6.2838		9500.00
<u>13</u>	056.51217735556	+24.52770350702	7.3453	19.599	-45.077	6.4090		9654.00
<u>14</u>	056.47708147249	+24.55431170085	7.5658	20.062	-46.432	5.7392		9622.67
<u>15</u>	057.02711100360	+24.98829364374	3.6378	-28.924	-28.552	5.5737	-56.54	3907.23
<u>16</u>	056.29067985628	+24.83906338093	7.3405	20.744	-46.538	5.6231		8383.25

On limite la magnitude apparente des étoiles à la magnitude des étoiles visibles à l'œil nu :

- à droite de Gmag, on tape : <= 6.5.

Puis on clique sur « Submit ». On doit obtenir le tableau ci-dessus.

Observez le tableau obtenu. Les coordonnées des étoiles recensées sont en degrés décimaux. Observez bien également les unités des autres données. Nous en aurons besoin plus loin.

Pour trois des 16 étoiles dont on a récupéré les données, les parallaxes sont très différentes des 13 autres... Elles sont donc à des distances très différentes des autres étoiles recensées. De plus, ces trois étoiles ont une température effective beaucoup plus basse que les autres. Ces étoiles ne font pas partie de l'amas.

Par la suite, nous les éliminerons de notre traitement. Nous n'aurons donc aucune information de vitesse radiale et nous devons nous contenter des mouvements propres tangentiels.

En cliquant sur StartAladinLite, on obtient une photographie du champ où les étoiles recensées dans le tableau sont repérées par un petit carré rouge. Fermer AladinLite.

On récupère les données pour les traiter avec nos logiciels habituels, tableur puis GeoGebra.

En haut et à gauche de l'écran, on clique sur « Save in CDS Portal » puis « Save » .

On obtient le message « The file has been successfully loaded », on clique alors sur : GoTo MyData.

À la rubrique Download (à droite), sélectionner « CSV ».

Ouvrir avec un tableur Excel ou LibreOffice (options de séparateur : tabulation et virgule).

Traitement des données

On recopie le tableau obtenu dans le tableur de GeoGebra à partir de B2⁶.

Supprimer les trois étoiles « hors norme », par clic droit « effacer la ligne ».

En ligne 1 on indiquera les unités.

En colonne A, on pourra noter les noms des étoiles, quand on les aura reconnues... à défaut on les numérote !

On peut supprimer la colonne H des vitesses radiales : elle est vide !

On peut, en colonne I, calculer les distances en parsecs et en colonne J les distances en al.

Rappel sur les distances

La parallaxe d'un astre est l'angle sous lequel on voit le demi grand axe moyen de l'orbite terrestre depuis cet astre.

Distance en parsec (pc) = $1/\pi$, avec π , la parallaxe exprimée en seconde d'arc.

Conversion en année-lumière :

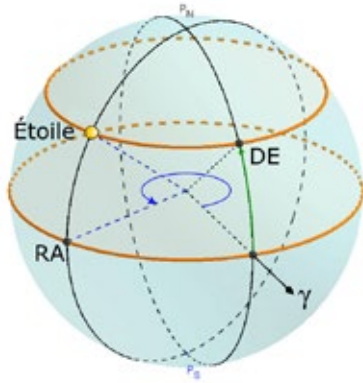
1 pc = 3,26156 al.

Une carte des Pléiades

Dans la fenêtre graphique, on va construire les positions des étoiles en projection quadratique sur le

⁶ Pour l'utilisation de GeoGebra, on pourra se reporter à https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/astrogebra/elements_geogebra.pdf

plan de la feuille : ascension droite en abscisse et déclinaison en ordonnée ⁷.



Problème : les ascensions droites sont croissantes de droite à gauche. On ajoutera un signe «←» dans le calcul de l'abscisse.

En colonne K et L, taper :

- en K1 : « abscisse sur la carte » ;
- en L1 : « ordonnée sur la carte ».

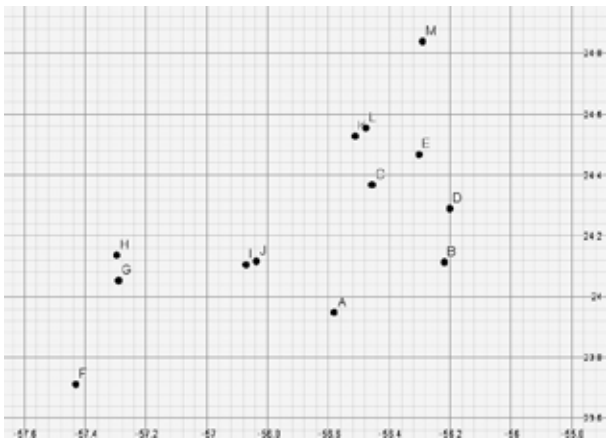
Taper en K3 : « = -B3 »

et en L3 : « = C3 ».

Copier jusqu'en bas du tableau.

Sélectionner toutes ces coordonnées et avec clic droit créer une liste de points.

Il faut ajuster la fenêtre par un « zoom arrière » pour que les points apparaissent puis re-zoomer « zoom avant » pour bien les séparer. Vous devez obtenir la configuration ci-dessous.



Évolution dans le temps

On crée un curseur « temps », en tapant t=0 dans la fenêtre de saisie.

On prendra 100 000 ans comme unité de temps.

Faire apparaître le curseur temps dans la fenêtre graphique et par clic droit (propriétés), régler le curseur :

Min = -1 , Max = 10 et incrément de 0.1.

⁷ Pour la projection quadratique, voir page 9.

Pour le mouvement propre en ascension droite, il faut préciser un point délicat :

On appelle μ_α la variation d'ascension droite en mas par an. On note $\mu_{\alpha^*} = \mu_\alpha \times \cos(\delta)$. Les catalogues comme Gaia fournissent la valeur de μ_{α^*} et non de μ_α . Il faudra donc diviser la valeur donnée par Gaia par $\cos(\delta)$ pour retrouver la variation d'ascension droite.

On va faire l'hypothèse que les mouvements propres en ascension droite et en déclinaison sont uniformes au cours du temps⁸.

Rappel : 1as = 1/3 600°, 1mas = 1/3 600 000°.

Les mouvements propres (E3 et F3) sont en mas/an. De plus, on a fixé l'unité de temps à 100 000 ans, donc la variation en déclinaison vaut :

$t/100\ 000 \times pmDE \times 3\ 600\ 000$ soit $t \times pmDE / 36$.

De même que la variation en ascension vaut :

$t \times pmRA / 36$.

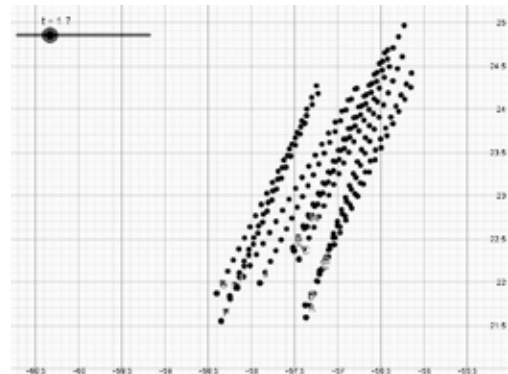
Donc en colonne K et L, on tape :

en K3 : « = -(B3+ t*E3/36/cos(L3°) » Attention au ° des degrés !

et en L3 : « = C3+t*F3/36 ».

Copier jusqu'en bas du tableau.

Sélectionner tous les points et afficher « trace » (clic droit). Animer le curseur. Observez !



Prolongements possibles

En s'aidant de Stellarium, identifier les étoiles du champ par leur nom.

Avec les élèves, travailler sur la mythologie et les légendes entourant les Pléiades, ce qui peut être motivant. Faire une nouvelle requête en augmentant la magnitude limite et donc le nombre d'étoiles recensées.

Choisir un code couleur pour chaque étoile en fonction de sa température.

Explorer d'autres amas, des constellations...

Pour en savoir plus sur GAIA :

sur le site du CNES : <https://gaia-mission.cnes.fr/>

sur le site de l'ESA : <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia> ■

⁸ C'est une hypothèse simplificatrice acceptable sur de courtes périodes de temps.