

AVEC NOS ÉLÈVES

Constellations en 3D (et même 4D !)

Francis Berthomieu, Ampus (Var)

Résumé : Dans le numéro 115 des Cahiers Clairaut, Jean Noël Terry écrivait : « On connaît l'apparence de la grande Ourse, il y a 100 000 ans et dans 100 000 ans ». Titillé par cette affirmation, j'ai cherché un moyen de faire ces prévisions avec des élèves de lycée.

Résultat ? Pour la constellation de votre choix, une maquette en 3D, et même en 4D !

La mission HIPPARCOS

La sonde Hipparcos (**H**igh **P**recision **P**arallax **C**ollecting **S**atellite), lancée par une fusée Ariane en 1989 était un projet de l'Agence Spatiale Européenne. L'un des objectifs de sa mission était de constituer un catalogue fournissant les paramètres astrométriques de plus de 100 000 étoiles avec une précision de l'ordre de la milliseconde d'arc. Précisons, pour fixer les idées, que cette précision correspond à la mesure du diamètre d'un cheveu placé à 20 kilomètres !

Le catalogue Hipparcos, publié par l'ESA en Juin 1997, fournit ces données pour 120 000 étoiles. On peut le consulter sur le site de l'Observatoire de Strasbourg : <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR> dont vous trouverez le lien sur le site du CLEA.

On peut ainsi accéder, pour chacune des étoiles d'une constellation donnée, à de multiples informations dont j'extraierai les suivantes :

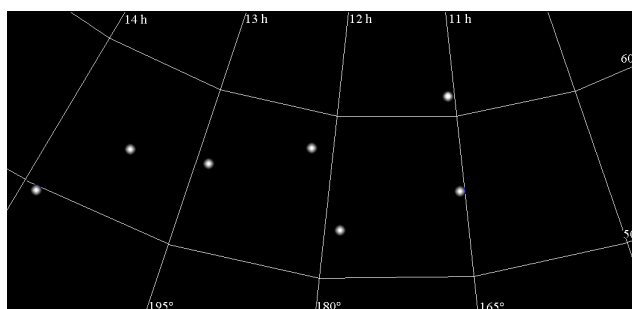
- ses nom et numéro dans le catalogue HIP ;
- sa magnitude visuelle V_{mag} ;
- ses coordonnées équatoriales (*ascension droite RA et déclinaison DE en degrés décimaux [°] plutôt qu'heures, minutes et secondes*) ;
- son mouvement propre en ascension droite $pmRA$ et en déclinaison $pmDE$ (en mas/an, c'est-à-dire en milliseconde d'arc par an) ;
- sa parallaxe annuelle Plx ;
- sa vitesse radiale V_{rad}

Ursa Major en 3D

Pour La Grande Ourse, on peut ainsi constituer le tableau suivant :

Nom	HIP	V_{mag}	RA (°)	DE (°)	$pmRA$ (mas/an)	$pmDE$ (mas/an)	Plx (mas)	V_{rad} (km/s)
Dubhe	54061	1.81	165.90	61.80	-136.46	-35.25	26.38 ± 0.53	- 8.9
Merak	53910	2.34	165.46	56.38	81.66	33.74	41.07 ± 0.60	-12.0
Phekda	58001	2.41	178.46	53.69	107.76	11.16	38.99 ± 0.68	-12.6
Megrez	59774	3.32	183.86	57.03	103.56	7.81	40.05 ± 0.60	-13.4
Alioth	62956	1.76	193.51	55.96	111.74	-8.99	40.30 ± 0.62	-9.3
Mizar	65378	2.23	200.98	54.92	121.23	-22.01	41.73 ± 0.61	-6.0
Alkaïd	67301	1.85	206.89	49.31	-121.23	-15.56	32.39 ± 074	-10.9

Les coordonnées équatoriales *Ascension Droite (RA) et déclinaison (DE)* permettent de placer l'étoile sur la sphère céleste ou sur un planisphère : il est ainsi aisé de reconstruire la carte de la constellation à notre époque. Pour la Grande Ourse, pas de surprise, on retrouve bien l'astérisme classique.



La connaissance de la parallaxe annuelle **Plx** va nous permettre de calculer la distance **D** de la Terre à chacune des étoiles, exprimée en années de lumière [**al**]. Souvenons nous :

le **parsec** (= 3,26 années lumière [**al**]) est la distance d'un objet dont la parallaxe annuelle est une seconde d'arc (1").

Donc : $D [al] = 3,26 \cdot 1000 / Plx$ avec **Plx** en **mas**

Nous avons donc tous les éléments pour construire un modèle en trois dimensions de cet ensemble d'étoiles.

On reproduit le tracé de l'astérisme sur une grande feuille de carton noir, on perce un petit trou à la place de chacune des étoiles, on fait passer 7 fils, muni chacun d'une perle, dans ces 7 trous, et l'on fait converger ces fils vers une huitième perle : celle-ci représentera le Soleil (à cette échelle, Terre et Soleil seraient confondus). Ces fils matérialisent des rayons lumineux nous provenant depuis les sept étoiles. Il n'y a plus qu'à placer chaque perle-étoile à la bonne distance du Soleil : une échelle commode est de 1 centimètre pour 1 année de lumière.

Mieux qu'un long discours, une photo de la maquette sera parlante... (voir à la fin de l'article).

Mais ça bouge !

Maintenant, un scoop : les étoiles se déplacent. Mouvements imperceptibles à l'échelle de la vie humaine, mais accessibles aux mesures de la sonde HIPPARCOS.

Ce mouvement (en 3D) se détecte de deux façons :

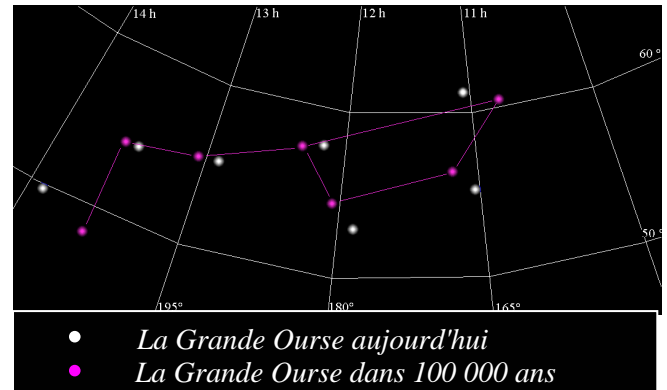
1. On mesure d'abord les modifications des coordonnées équatoriales : c'est le *mouvement propre* de l'étoile, qui modifie son *Ascension Droite* α et sa *Déclinaison* δ (*proper motion* en anglais, d'où les notations **pmRA** et **pmDE**). L'unité est la milliseconde d'arc par an [**mas/an**].

Si α et δ sont les coordonnées actuelles de l'étoile, les coordonnées α' et δ' dans N années seront donc :

$$\alpha' [^\circ] = \alpha + \frac{N \cdot pmRA \cdot 10^{-3}}{3600}$$

$$\delta' [^\circ] = \delta + \frac{N \cdot pmDE \cdot 10^{-3}}{3600}$$

On trouvera ainsi facilement les nouvelles coordonnées des étoiles de la Grande Ourse dans, par exemple, 100 000 ans.



2. On s'intéresse ensuite à l'évolution de la distance Terre-étoile au cours du temps connaissant sa valeur actuelle **D**. La grandeur pertinente pour obtenir sa valeur **D'** dans le futur sera la vitesse radiale **V_{rad}** de l'étoile.

L'*année de lumière* [**al**] est la distance parcourue par la lumière en un an, à la vitesse de 300 000 km/s.

Nous allons voir que le choix d'une durée de 100 000 ans simplifie un peu les calculs : si une étoile se déplace avec une vitesse radiale égale à 1 km/s, soit 1/300 000 de la vitesse de la lumière, son "déplacement radial" en 100 000 ans sera donc de 1/3 ou 0,33 année de lumière. Si sa vitesse radiale est V_{rad} [km/s], la variation de sa distance à la Terre en 100 000 ans sera $V_{rad} / 3$ et sa nouvelle distance à la Terre **D'**.

$$D' = D + V_{rad} / 3$$

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Nom de l'étoile	RA ou α' [°]	DE ou δ' [°]	D[al]	D' [al]
			<i>Aujourd'hui</i>	<i>dans 100 000 ans</i>
Dubhe	162,1	60,8	123,6	120,6
Merak	167,7	57,3	79,4	75,4
Phekda	181,5	54,0	83,6	79,4
Megrez	186,7	57,2	81,4	76,9
Alioth	196,6	55,7	80,9	77,8
Mizar	204,3	54,3	78,1	76,1
Alkaïd	203,5	48,9	100,6	97,0

Ursa Major en 4D !

On peut alors compléter la maquette de la constellation en y ajoutant sept perles-étoiles dans les positions qu'elles occuperont dans 100 000 ans. La maquette "3D" se transforme en une maquette « spatio-temporelle » ou l'on peut voir l'évolution des positions des étoiles au cours du temps, bref, une maquette en "4D" !

Voici celle qui fut réalisée lors de notre école d'été 2008.

Gageons que celle que vous ferez réaliser à vos élèves sera une bonne opportunité de participer à cette "Année Mondiale de l'Astronomie" !

