

Table des matières

| | |
|--|---|
| Voyage dans les constellations..... | 1 |
| Objectifs..... | 1 |
| Observation..... | 1 |
| Observation n 1 : "Il y a des étoiles plus brillantes que d'autres"..... | 2 |
| Apport théorique : brillance des astres et magnitudes..... | 2 |
| Observation n 2 : "Certaines étoiles paraissent avoir des couleurs différentes"..... | 4 |
| Apport Théorique : La classification des étoiles et le diagramme de Hertzsprung-Russell..... | 4 |
| Observation n 3 : "Les étoiles forment des figures dans le ciel"..... | 5 |
| Activité – Orion en trois dimensions : | 6 |
| Observation n 4 : "Les étoiles ont des noms !"..... | 7 |
| Observation n 5 : "On ne voit pas toujours beaucoup d'étoiles ... "..... | 8 |

Objectifs

- Connaître et reconnaître quelques constellations du ciel de l'hémisphère nord et quelques objets du ciel nocturne.
- Appréhender quelques échelles de luminosité, de distances; parler de la couleur des étoiles.
- Discuter de la perception d'une constellation et de sa distribution réelle, au travers de la création d'une maquette.

Observation

Par une belle nuit, observons le ciel nocturne et intéressons-nous aux étoiles ... que constatons-nous ? (illustration 1)

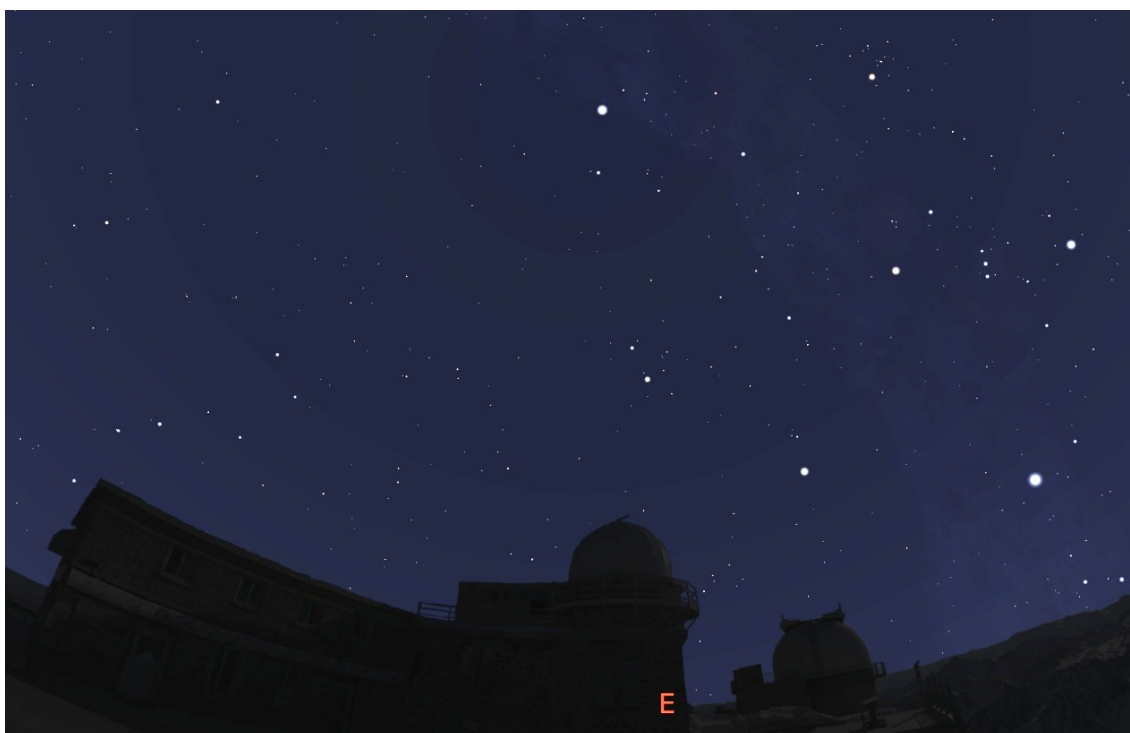


Illustration 1: Ciel nocturne

Observation n°1 : "Il y a des étoiles plus brillantes que d'autres"

A quoi peut-on attribuer ces différences de brillance ? Deux hypothèses émergeront vraisemblablement :

- "**Parce-que certaines étoiles sont *réellement* plus brillantes que d'autres**" : De même que, placés à même distance, un phare de voiture brillera plus qu'une lampe de poche, certaines étoiles sont effectivement intrinsèquement plus brillantes, du fait de leur masse et de leur stade d'évolution.
- "**Parce-que certaines étoiles sont plus proches que d'autres**" : on peut valider cette hypothèse en utilisant par exemple deux sources de lumière identiques (bougie, ...) placées à quelques mètres pour la première, à quelques dizaines de mètres pour la seconde. La seconde source paraîtra plus faible que la première. C'est ce que montre l'illustration 2, où la quantité de lumière reçue par l'observateur est représentée par l'angle figuré en rouge : l'angle est plus important lorsque la source lumineuse est proche. Plus elle est éloignée, moins l'angle est important, donc moindre sera la quantité de lumière reçue.

La brillance sera inversement proportionnelle au carré de la distance : une source 2 fois plus éloignée qu'une autre paraîtra 4 fois moins brillante.

Dans la réalité, deux étoiles de même brillance intrinsèque mais situées à des distances différentes auront une brillance apparente différente non seulement à cause de cette loi inverse, mais également à cause de l'absorption interstellaire (leur lumière est absorbée et diffusée par le gaz et les poussières du milieu interstellaire le long de la ligne de visée).

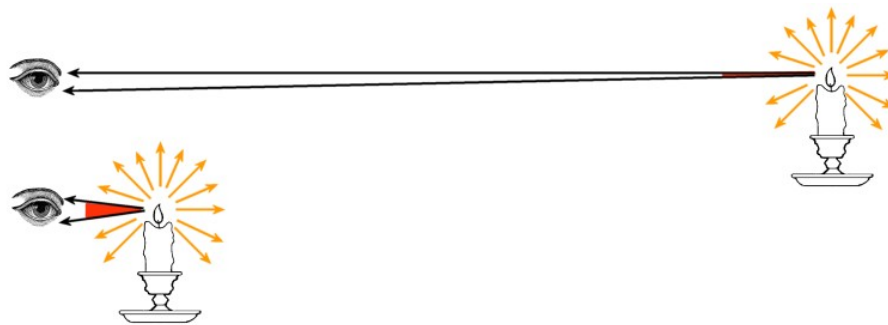


Illustration 2: Quantité de lumière reçue par un observateur selon l'éloignement de la source lumineuse.

Il est important de préciser que toutes les étoiles visibles à l'œil nu ou dans un petit instrument d'amateur font partie de notre galaxie. Au travers de jumelles par exemple, les autres galaxies ne sont visibles que sous la forme de tâches floues dont les étoiles ne sont pas individualisées.

Apport théorique : brillance des astres et magnitudes

Les astronomes, pour parler de la brillance des étoiles, utilisent une échelle de magnitude particulière : la magnitude apparente (reflétant l'irradiance d'un astre observé depuis la Terre).

Cette échelle va chercher ses origines dans l'Antiquité où Hipparque (190-120 av.JC) classait les astres en 6 grandeurs, selon leur brillance apparente : les astres de 1^{ère} grandeur étaient plus brillants que ceux de 2^{ème} grandeur qui étaient eux-mêmes plus brillants que ceux de 3^{ème} grandeur et ainsi de suite.

Ceci explique que l'échelle des magnitudes, inspirée de cette époque, puis formalisée au XIX^{ème} siècle, soit une échelle inversée. La magnitude augmente d'une unité lorsque la brillance est divisée par 2,5.

En d'autres termes, si l'on considère par exemple une étoile de magnitude 2, alors une étoile de magnitude 3 sera 2,5 fois moins brillante.

Il en découle qu'une différence de 5 magnitudes correspond à un rapport de 100 en intensité lumineuse.

C'est Véga, l'une des étoiles les plus brillantes du ciel nocturne, qui fut prise à l'origine comme référence de l'échelle des magnitudes, soit la magnitude 0. Les astres plus brillants que Véga (comme certaines planètes ou la Lune) ont ainsi une magnitude négative.

Le tableau suivant répertorie les magnitudes de quelques astres :

| Objet céleste | V (Magnitude apparente) |
|--|-------------------------|
| Soleil | -26,7 |
| Pleine Lune | -12,6 |
| Magnitude maximale de Vénus | -4,6 |
| Étoile la plus brillante (Sirius) | -1,5 |
| Véga de la Lyre | 0 |
| Étoiles visibles en environnement citadin | +3 à +4 |
| Galaxie d'Andromède (seule galaxie visible à l'œil nu) | +3,44 |
| Étoile la plus faible visible à l'œil nu (sous ciel bien noir) | ~ +6,5 |
| Magnitude maximale de Neptune | +7,8 |
| Magnitude la plus faible visible dans des jumelles 7x50 | +9,5 |
| Magnitude la plus faible détectable dans les télescopes terrestres de 8m de diamètre | +27 |
| Plus faible objet observable par le télescope spatial <i>Hubble</i> | +31,5 |

À cette échelle de **magnitudes apparentes** (brillance vue depuis la Terre, qui dépend de la distance à l'astre et de l'extinction dans la ligne de visée), les astronomes adjoignent une échelle de **magnitudes absolues**.

La magnitude absolue indique la luminosité intrinsèque d'un objet céleste. Pour un objet situé à l'extérieur du système solaire, elle est définie par la magnitude apparente qu'aurait cet astre s'il était placé à une distance de référence fixée à 10 parsecs (environ 32,6 années-lumière) en l'absence d'extinction interstellaire.

Le tableau suivant indique les magnitudes apparentes, les magnitudes absolues et les distances de quelques étoiles connues.

| Étoile | Distance (années-lumières) | Magnitude apparente (vue depuis la Terre) | Magnitude absolue (intrinsèque) |
|-------------------|----------------------------|---|---------------------------------|
| Soleil | 0 | -26,74 | 4,83 |
| Alpha du Centaure | 4,4 | 0 | 4,38 |
| Sirius | 8,6 | -1,46 | 1,4 |
| Véga | 25 | 0 | 0,58 |
| Castor | 50 | 1,98 | 0,5 |
| Étoile polaire | 433 | 1,97 | -3,6 |
| Rigel | 772 | 0,12 | -7,3 |

Des exemples d'interprétations de ce tableau sont les suivants :

- 1) Véga est plus brillante en magnitude absolue (0,58) que Alpha du Centaure (4,38). Mais étant situé à 25 A.L. (contre 4,4 A.L. Pour Alpha du Centaure), sa lumière est affaiblie par la distance. Ainsi, Alpha du Centaure et Véga paraissent deux étoiles de même brillance vue depuis la Terre (Magnitude apparente = 0).
- 2) Castor et Véga sont deux étoiles de magnitude absolue comparable (0,5 et 0,58). Mais Castor étant située deux fois plus loin que nous de Véga, sa brillance apparente est plus faible (1,97 contre 0 pour Véga).

Observation n°2 : "Certaines étoiles paraissent avoir des couleurs différentes"

Il est vrai que certaines étoiles paraissent plutôt bleutées, d'autres plutôt jaunes voire oranges ou rougeâtres. L'observation est particulièrement frappante en observant un couple d'étoiles doubles très contrastées, comme par exemple Albiréo et son compagnon, dans la constellation du Cygne (Illustration 3).

Ces différences de couleurs s'expliquent par les différences de température à la surface des étoiles : un corps chaud, tel qu'une étoile ou une planète (ou une lampe à incandescence, ou même notre propre corps !), va émettre une lumière dont la couleur dominante dépendra de sa température.

Ainsi, une étoile chaude (comme Véga, à 10 000 K*) aura une couleur bleutée tandis qu'une étoile plus froide (comme Antarès, à 3 500 K) aura une couleur rougeâtre.

On voit déjà que la lumière des étoiles simplement observée à l'œil nu peut commencer à nous renseigner sur leur état physique ...



Illustration 3: Albiréo et son compagnon (Cygne).

Apport Théorique : La classification des étoiles et le diagramme de Hertzsprung-Russell

Cette classification des étoiles par leur couleur s'est affinée à la fin du XIX^{ème} siècle lorsque les astronomes ont mesuré plus précisément la couleur des étoiles en réalisant leur spectre (décomposition de la lumière, comme dans un arc-en-ciel). Ils ont classé les étoiles selon leur "type spectral", reflétant leur température de surface et selon leur luminosité, aboutissant (1910) au diagramme suivant (Illustration 4).

On y observe que :

- La majorité des étoiles s'établit sur la "séquence principale", où les étoiles chaudes (bleues) sont brillantes et les étoiles plus froides (rouges) sont peu lumineuses.
- Certaines étoiles dites "géantes rouges" (en haut à droite) représentent des étoiles en fin de vie dont l'enveloppe gazeuse enflé (gain en luminosité) mais dont la température reste modeste.
- D'autres, les naines blanches (en bas à gauche) sont des noyaux d'étoiles (anciennes géantes rouges ayant éjecté leur enveloppe) dont la température de surface est très élevée, mais dont la luminosité est très modeste (petite taille).
- Le Soleil se situe au milieu de la séquence principale (étoile jaune de luminosité I et de type spectral G).

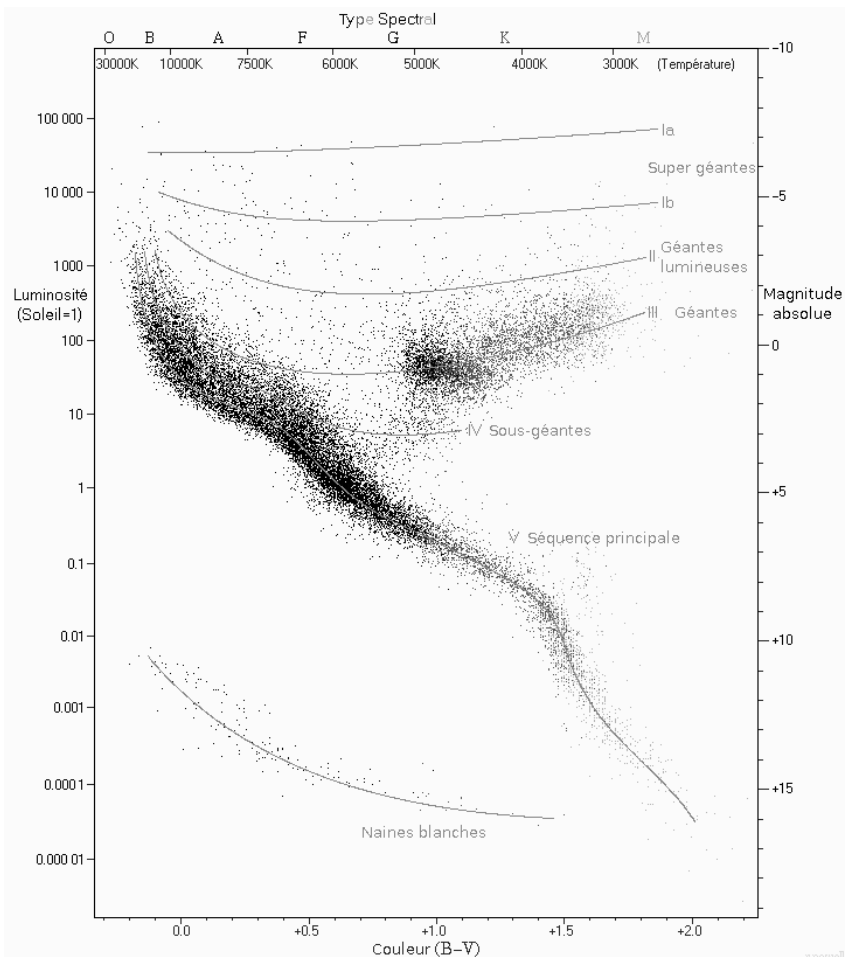


Illustration 4: Diagramme de Hertzsprung-Russell

* K = degré Kelvin (échelle de températures utilisée en Physique où 0 K = -273,15 C)

Observation n°3 : "Les étoiles forment des figures dans le ciel"

Aspect culturel

En observant le ciel, on remarque avant tout les étoiles les plus brillantes. Depuis l'Antiquité, et sans doute bien avant, les Hommes ont relié par la pensée certaines de ces étoiles, en y associant généralement des croyances, contes et légendes. La plupart des constellations que nous connaissons nous viennent de la civilisation babylonienne.

De nombreux enfants connaissent certaines constellations aux formes évidentes, telles la "casserole" de la Grande Ourse, ou le W de Cassiopée.

Il est cependant intéressant de leur faire prendre conscience du caractère culturel de ces constellations. Partout sur Terre, avant que la vision occidentale ne s'impose, les peuples ont imaginé des constellations différentes.

Ainsi, dans le peuple Inuit :

- la Grande Ourse est plutôt un Caribou;
- les étoiles du Cocher et des Gémeaux prennent le nom des Clavicules;
- le triangle du Taureau se transforme en un attelage de chiens de traîneaux;
- les trois étoiles de la ceinture d'Orion se transforment en trois coureurs, etc ...

... et bien évidemment, aucun peuple ne détient une quelconque vérité, chacun verra dans le ciel ce qui lui plaît : pourquoi ne pas faire dessiner aux enfants, face à un ciel nocturne, leur propre constellation, et imaginer un récit associé, une légende ? ...



Illustration 5: Quelques constellations dans la civilisation occidentale.



Illustration 6: Quelques constellations dans la civilisation Inuit.

Aspect scientifique

De nos jours, pour repérer un objet céleste, les astronomes professionnels n'utilisent que de manière anecdotique les noms des constellations occidentales (dont les dénominations et les limites ont été arrêtées en 1920 par l'Union Astronomique Internationale).

Ils utilisent pour se repérer plus précisément un système de coordonnées (analogue dans son fonctionnement aux coordonnées géographiques) selon deux axes de *déclinaison* et d'*ascension droite* (par exemple, les coordonnées de la Galaxie d'Andromède sont : Ascension droite = 00h 42m 44,2s et Déclinaison = +41° 16' 09").

D'un point de vue scientifique, les constellations n'ont pas de réalité physique : il s'agit simplement de l'aspect qu'ont les étoiles les plus brillantes en apparence dans une zone du ciel, vues depuis la Terre.

Or dans l'espace, rien n'est fixe : toutes les étoiles de la galaxie (et notre Soleil aussi) se déplacent les unes par rapport aux autres. Si l'on se projette par la pensée quelques milliers d'années en avant ou en arrière, l'aspect des constellations sera différent (Illustration 7).

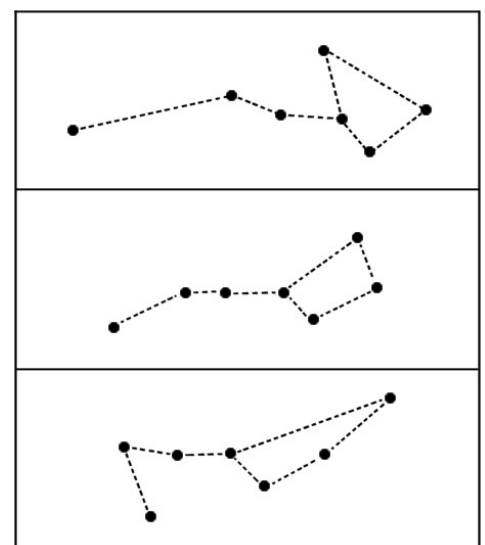


Illustration 7: La Grande Ourse il y a 100000 ans, actuellement, et dans 100000 ans (de haut en bas).

Également, si l'on se projette par la pensée sur une étoile quelconque de notre coin de galaxie, l'aspect des constellations changera totalement puisqu'il n'est dû qu'à un effet de perspective.

Les logiciels gratuits Mitaka (<http://4d2u.nao.ac.jp/>) ou Celestia (<http://celestia.fr/>) permettent une exploration dynamique de notre système solaire et des étoiles de notre galaxie. Il est ainsi possible de se déplacer instantanément sur une étoile proche et de constater la distribution en trois dimensions des étoiles voisines de la Terre.

Activité – Orion en trois dimensions :

Pour mieux se rendre compte de cet effet de perspective, considérons la constellation d'Orion, où l'on a indiqué les distances des principales étoiles (Illustration 8).

Les distances des étoiles sont données en années-lumière (a.l.) : on rappelle qu'une année-lumière représente la distance parcourue par la lumière en une année (soit environ 10000 milliards de kilomètres).

Matériel :

- un carton ou un morceau de polystyrène
- 8 piques à brochette
- 8 boules de cotillons

Procédure :

L'idée est de disposer les étoiles de la constellation d'Orion à leurs distances véritables vis à vis du Soleil, en plaçant les boules de cotillon et leurs piques sur un support, sur lequel la constellation d'Orion a été reportée.

Le tableau ci-contre mentionne les hauteurs des piques au-dessus de leur support.



Illustration 8: Distances (années-lumière) des étoiles d'Orion.

| Etoile | Distance (a.l.) | Hauteur pique (cm) |
|------------|-----------------|--------------------|
| Bellatrix | 243 | 20,0 |
| Betelgeuse | 427 | 16,8 |
| Saiph | 722 | 11,7 |
| Rigel | 773 | 10,8 |
| Alnitak | 817 | 10,1 |
| Mintaka | 916 | 8,4 |
| Meissa | 1055 | 6,0 |
| Alnilam | 1342 | 1,0 |

Observation : si l'on se place bien en face du support, alors la constellation d'Orion apparaît telle qu'on la voit depuis notre Système Solaire (Illustration 9). En revanche, si l'on se déplace un peu de côté, l'aspect de la constellation est immédiatement modifié ! (Illustration 10)

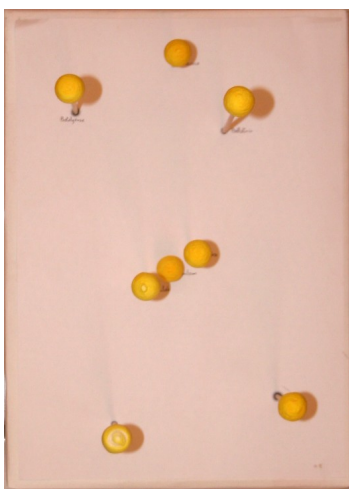


Illustration 9: Vue de face

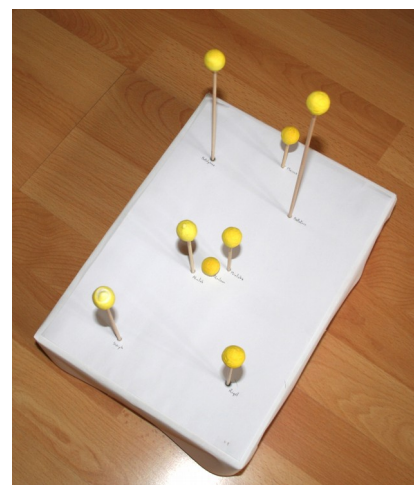


Illustration 10: Vue de côté

Observation n°4 : "Les étoiles ont des noms !"

Les enfants connaissent généralement les surnoms donnés à quelques astres tels que "Étoile du berger" (désignant la planète Vénus) ou "Étoile polaire".

La simple consultation d'une petite carte du ciel permet de trouver les noms courants de nombreuses étoiles. Ces noms sont principalement issus des cultures grecques, latines et arabes.

En voici quelques exemples (grec et latin):

Arcturus : du grec ancien Arktoûros qui signifie "le gardien des ours" (proximité de la Grande et la Petite Ourse)

Bellatrix : du latin, signifie "la guerrière"

Capella : du latin, signifie "la chevrette" (cette étoile représente la chèvre guidée par le Cocher, sa constellation d'origine)

Castor et Pollux : ces deux étoiles de la constellation

des Gémeaux tirent leur nom des célèbres jumeaux mythologiques.

Procyon : du grec prok ōn, ce qui signifie "avant le chien" (l'étoile précède Sirius, du Grand Chien)

Régulus : du latin, signifie "le roitelet"

Sirius : du latin, signifie "ardent"; désigne l'un des chien du chasseur Orion

Néanmoins, une grande majorité des étoiles possède des noms d'origine arabe: ceci s'explique par le grand travail d'unification des astronomes arabes au Moyen-Age. Voici parmi les plus connues :

Aldébaran : de l'arabe *al dabarān* qui signifie "le suiveur" (l'étoile suit les Pléiades dans le ciel nocturne).

Algol : de l'arabe *ra's al-ghoul*, signifie "la tête de l'ogre"

Alnitak : de l'arabe *an-nitaq*, "la ceinture" (l'une des trois étoiles de la ceinture d'Orion).

Altaïr : de l'arabe *al nasr al tair* qui signifie "l'Aigle en vol"

Betelgeuse : de l'arabe *ibt al-ghül* signifiant "l'épaule du géant"

Deneb : de l'arabe *dhanab ad-dajājah*, "la queue de la Poule" (constellation du Cygne)

Denebola : de l'arabe *ḍanab al-asad*, signifie "queue du Lion" (étoile à l'arrière de cette constellation)

Formalhaut : de l'arabe *fum al-ḥūt*, ce qui signifie "la bouche du poisson"

Rigel : de l'arabe *Rijl Jauza al-Yusra*, "le pied gauche du géant" (désigne le pied du chasseur Orion)

Véga : dérivé de l'arabe, signifie "l'aigle plongeant"

C'est au XVI^{ème} siècle que l'allemand Johannes Bayer proposa d'utiliser une méthode de désignation différente, qui a toujours lieu de nos jours. Les étoiles de chaque constellation étaient désignées par des lettres grecques (dans l'ordre de l'alphabet grec, à partir de la plus brillante) suivies du nom de la constellation. Par exemple, Sirius devint "Alpha Canis Major", Aldébaran devint "Alpha Tauri", Rigel devint "Beta Orionis" ...

De nos jours, toutes les étoiles visibles ont été cataloguées, et leur nom (devenu succession de chiffres et de lettres) dépend des catalogues auxquels elles appartiennent : SAO 206462, HIP 14413 A, USNO-A2.0 1350-546 I 19, etc ...

Observation n°5 : "On ne voit pas toujours beaucoup d'étoiles ... "

L'accroissement des éclairages publics au cours des dernières décennies a modifié totalement notre perception du ciel nocturne. Selon le site d'observation choisi, le nombre d'étoiles visible sera plus ou moins important : dans les métropoles, seules quelques dizaines d'étoiles brillantes demeurent visibles.

L'occasion ici de sensibiliser les élèves sur un type de pollution méconnu : la pollution lumineuse. Due aux sources lumineuses artificielles nuisant à l'obscurité naturelle de la nuit, elle a un impact sur la faune, la flore, sur les observations astronomiques au sol ... ainsi que sur notre culture universelle : en 2010, l'ONU a déclaré le ciel étoilé "Patrimoine commun de l'Humanité".

Localement, nous avons eu la création de la RICE (Réserve Internationale de Ciel Etoilé) du Pic du Midi, destinée à contrer le phénomène de pollution lumineuse en engageant une dynamique de développement durable sur une partie du territoire haut-pyrénéen.

Un travail sur la pollution lumineuse à l'école permet de mettre en lien les domaines suivants : l'énergie, le ciel et la Terre, l'étude du Vivant, le monde construit par l'Homme, ombre et lumière, ...

Il est possible de faire réfléchir les élèves sur un usage plus pertinent des éclairages nocturnes, cette réflexion pouvant aboutir à des actions concrètes au niveau d'une commune ou d'un département.

Un point de départ serait de faire estimer aux élèves la qualité de leur ciel nocturne. On se reportera par exemple au site *GLOBE at Night* <http://www.globeatnight.org> qui propose des cartes d'estimation de la magnitude limite observable, spécialement conçues pour l'éducation.

On trouvera également des ressources intéressantes sur le site de l'ANPCEN (Ass. Nat. De Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne) : <http://www.anpcen.fr> ainsi que sur le site de l'Association AVEX http://www.avex-asso.org/dossiers/wordpress/?page_id=163

Ci-dessous, cartes de magnitudes des étoiles du Lion :

