



Les étoiles doubles

Observatoire de Narbonne

ANAP

Vendredi 6 janvier 2017

Christine Mourlevat

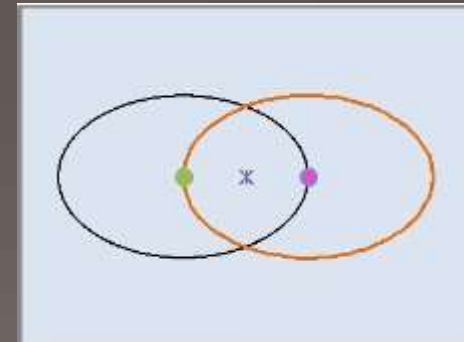
Etoiles doubles réelles

Couples optiques : alignement fortuit sur la ligne de visée

Systèmes binaires : étoiles liées gravitationnellement

Mouvements képlériens → chaque étoile décrivant une ellipse autour d'un centre de gravité commun

L'étude des systèmes doubles permet de nombreuses mesures :
masses, rayons....



3^{ème} loi de Kepler

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\mathcal{G}}{4\pi^2} (M_1 + M_2)$$

Importance historique de l'étude des étoiles doubles

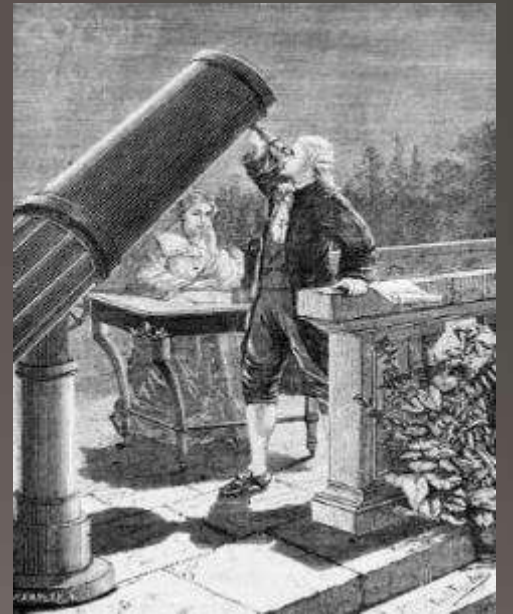
William Herschel (1738-1822) et sa sœur Caroline (1750-1848) → recension des objets célestes

1781 : découverte d'Uranus lors d'une recherche d'étoiles doubles

1782 : *Catalogue of double stars* (269 étoiles doubles). Herschel constate la possibilité de déceler le mouvement de l'un des astres par rapport à l'autre

Il prouve par ses calculs et ses mesures que certaines étoiles sont liées par la gravitation

En démontrant que les lois de Kepler et de Newton pouvaient s'appliquer en dehors du système solaire → il ouvre la porte de l'astronomie moderne, trois dimensions de l'univers deviennent palpables



Une double possibilité

1) Spectacle magnifique pour l'observateur

Parfois bien colorées et contrastées , parfois d'une blancheur immaculée...

Comparaison avec des bijoux (Albireo : or et saphir)

Magie de dédoubler, de faire apparaître un deuxième astre avec un instrument

2) Travail scientifique de précision pour les amateurs passionnés

SAF : commission des étoiles doubles

Origine de la binarité

L'effondrement d'un nuage de matière interstellaire conduit à la formation d'un groupe d'étoiles

→ Formation d'un système d'étoiles multiples **gravitationnellement liées**



Tendance à former une paire centrale

Autres composantes → rôle perturbateur par rapport au mouvement orbital des deux étoiles principales

→ Le processus de formation des étoiles favorise la binarité

2 étoiles sur 3 sont dans un système multiple

Alpha Centauri (triple), étoile polaire, Sirius

Classification des étoiles doubles

Liée aux moyens observationnels de leur découverte

Binaire visuelle ou astrométrique : détection de leur mouvement apparent sur le ciel

Binaire à éclipses : détection des variations de leur éclat

Binaire spectroscopique : caractéristiques de leur spectre

Binaire visuelle

Couple d'étoiles pouvant être résolu en deux composantes avec un télescope et montrant des paramètres communs : parallaxe, mouvement propre

Distance : étoiles relativement éloignées l'une de l'autre

Période orbitale : un an à plusieurs milliers d'années

Cas particulier : **binaire astrométrique**

Une seule composante visible, détection indirecte d'un compagnon très peu lumineux par le mouvement de l'astre visible

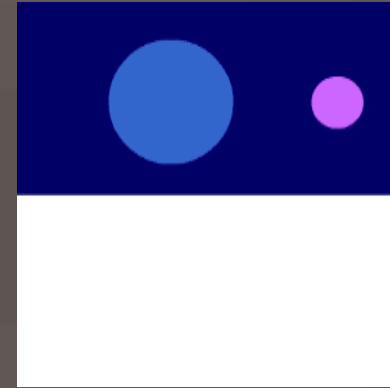


Le terme « étoile binaire » aurait été inventé par W. Herschel en 1802 pour indiquer « *une vraie étoile double* »

soit l'union de deux étoiles qui sont formées ensemble dans les lois du mariage gravitationnel ☺☺

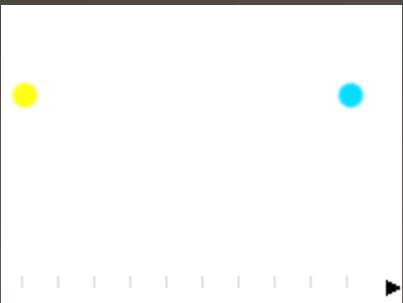
Binaire à éclipses

Les deux composantes s'éclipsent mutuellement et périodiquement



Courbe de lumière correspondant à la variation périodique de la magnitude apparente du système

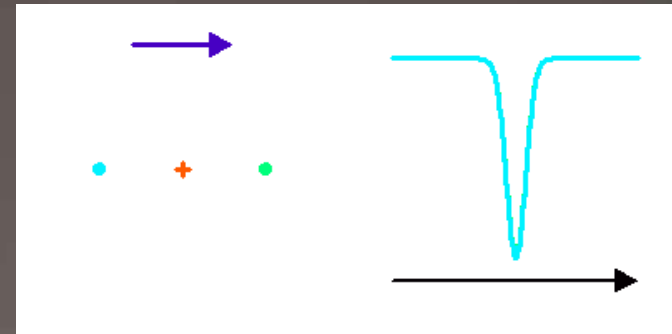
Appelées aussi *binaires photométriques*



Binaire spectroscopique

Couples très serrés : image unique au foyer d'un télescope

Détectées grâce à l'analyse de leur spectre : déplacement périodique des raies



Période orbitale : quelques heures à quelques mois

Éléments d'observation

Séparation : en degré °
minute d'arc'
seconde d'arc''

Symbole sur les cartes du ciel : 

Pouvoirs de séparation (très) théoriques :

Œil nu > 60''

Jumelles > 10''

T200 > 0,6''

→ Permet de tester les instruments

Double Aigrette parallèle :
indique la présence d'une double



Instrument peu puissant idéal < 150 pour
éviter la profusion de lumière et de noyer les
couleurs

Astuce : défocaliser l'image

Contraste de magnitude

Contraste de couleur

Les couleurs

Indicateurs des différentes températures de surface

Étoiles nées en même temps mais de masses différentes

→ évolution à des rythmes différents, la plus massive vieillit plus vite → rouge

Vision subjective des couleurs.

Moins vives dans la réalité que dans les livres

→ Saphir, rubis, émeraude, topaze, diamant



Perception : œil envahi par l'étoile la plus brillante

→ l'étoile la plus pâle est vue dans la couleur complémentaire

Orange → bleu

Rouge → vert

Jaune → violet



Quelques étoiles doubles remarquables

Petit florilège de doubles choisies pour facilité d'observation,
leur beauté ou leur aspect culturel

Albiréo

β Cygni

Séparation : 34''

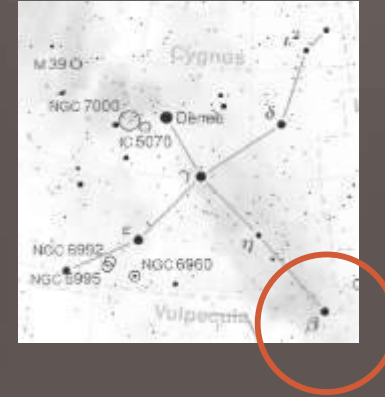
4000 UA (130 systèmes solaires)

Mag : 5,3 / 3,2

Jaune-orangé / bleu (*topaze et saphir...*)

Période : 7000 ans

Distance : 400 AL



Iota Cancri

« L'Albireo de l'hiver »

ι Cancer

Séparation : 31'' d'arc

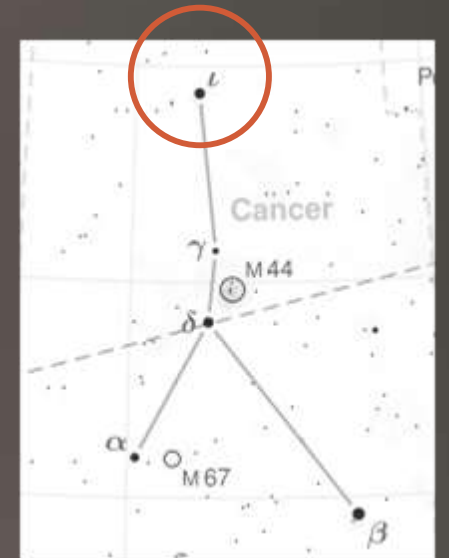
(~ séparation Albiréo)

Magnitude : 4 / 6,5

Bleutée / orangée

Distance : 300 AL

Visible aux jumelles 20 x 80



Almach

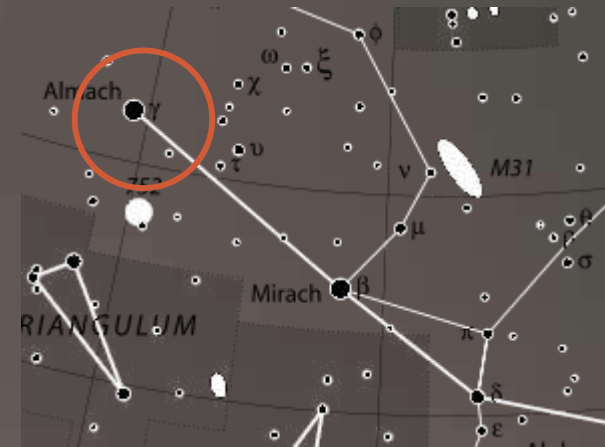
γ d'Andromède

Séparation : 10'' d'arc

Magnitude : 5 / 2

Orange / bleue

Distance : 350 AL



« gemmes resplendissantes posées sur un drap noir de satin »

Guillaume Cannat

Achird

« Joyau de l'automne »

η Cassiopée

Séparation : 12"

70 UA

Magnitude : 3,5 / 7

Jaune / rouge

Période : 500 ans

Distance : 18 AL

Jumelle du soleil



La double-double

ϵ de la Lyre : ensemble remarquable, symétrie et unité des éclats

A voir toutes les quatre dans le même champ d'oculaire

Double-double nommée et découverte par W. Herschel en 1781

ϵ_1 et ϵ_2 double optique aux jumelles

Séparation : 208" (3,5')

Blanches mag 5 / 6

Distance : 10 000 UA $\rightarrow$

Période révolution : centaines de milliers d'années

Système binaire ϵ_1 : Séparation ~2,6 / révolution 600 ans

Système binaire ϵ_2 : Séparation ~2,3 / révolution 1200 ans

Distance : 160 AL

Autres curiosités intéressantes :

δ bleu/rouge

Sheliak β : binaire à éclipses variation d'une magnitude en 13 jours, à comparer à γ



L'étoile de Bessel

« *L' étoile volante* »

61 Cygni

Séparation : 24"

84 UA (actuel)

Mag : 5,2 / 6

Éclat jaune orangé ~identique

Période : 650 ans

Distance : 11 AL

Systèmes les plus proches → Important mouvement propre

1^{ère} étoile dont la distance a été évaluée par Frédéric Bessel en 1838 (par la mesure précise de son mouvement en un an)

→ Le ciel prend une profondeur inattendue pour l'époque : cent mille milliards de km



Algol

« L'œil du démon »

β Persei

Binaire à éclipses

Trop serré pour distinguer les deux étoiles

Mag : 2,2 à 3,5 (minimum principal pendant l'éclipse : durée de 10h)

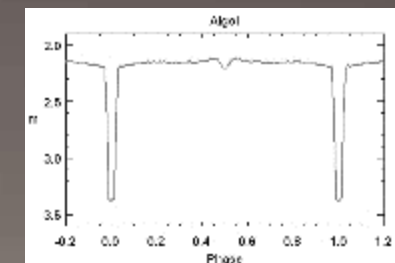
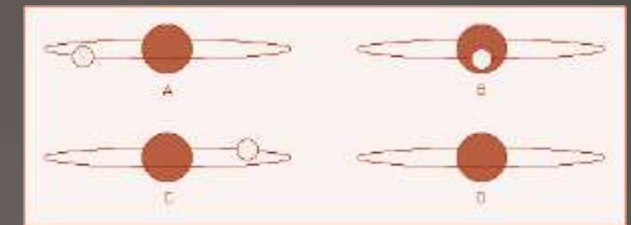
Point de comparaison : étoile voisine ρ mag : 3,1



Changements de luminosité visible à l'œil nu

Période : 2,867 jours (2 jours et 21h)

Distance : 90 AL



70 Ophiucus

L'une des plus courtes périodes connues

Période de révolution : 88 ans ~ Uranus

→ Distance identique entre les deux étoiles et Uranus-Soleil : 3 milliards de km

Séparation de 1,5 "à 6,8" : orbite très elliptique

Séparation maximale en 2024

Relevé de position possible (oculaire réticulé, micromètre)

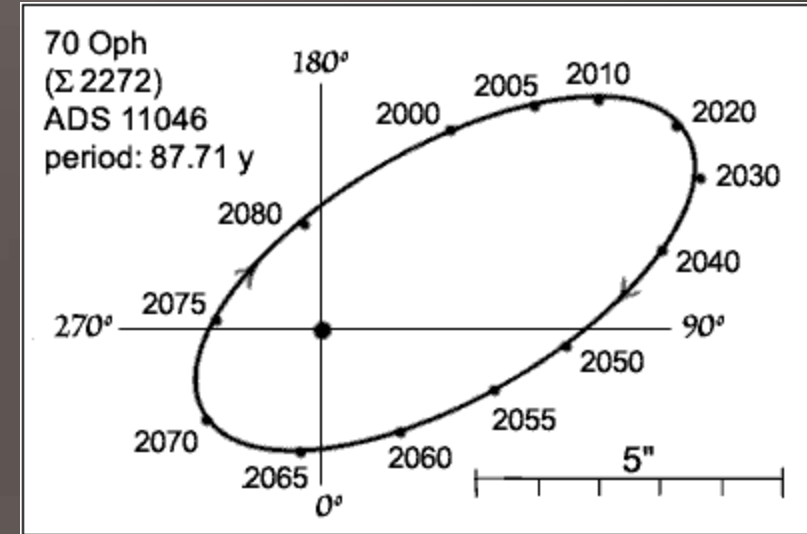
Jaune / orange-violacée

Distance 16 AL

Première étoile double pour laquelle le mouvement des deux astres a été détecté en 1779 par W. Herschel

→ plusieurs révolutions complètes depuis cette découverte

(Premières mesures précises datent de 150 ans → seules les orbites à courtes périodes sont bien connues)



Le lecteur plus exigeant aura sous les yeux les éléments nécessaires pour identifier sans carte les milliers d'étoiles accessibles à une petite lunette et pour calculer les orbites et, éventuellement, les masses des étoiles.

Il pourra participer, selon son instrument, au grand voyage au pays des étoiles doubles, là-bas à 300 années de lumière, il suivra l'élaboration de recherches amenant des découvertes.

Il verra défiler les soleils rouges, jaunes ou bleus, les systèmes colorés géants et nains.

Son imagination l'emportera sur des planètes qui ne connaissent pas la nuit, où des journées rouge rubis succèdent à des journées bleu électrique, où les saisons sont multiples....

Paul Couteau

Sources

- Observez les étoiles doubles. Voir le ciel en double. Articles de Guillaume Cannat , Ciel et Espace n° Juin 1995 et Août 2000.
- Le ciel est mon jardin. Paul Couteau. Flammarion.
- L'observation des étoiles doubles visuelles. Paul Couteau. Flammarion.
- Cours d'astrophysique. Michèle Gerbaldi. Observatoire de Paris.
- 101 merveilles du ciel. Emmanuel Baudouin, éditions Dunod.
- Astronomie, astrophysique. Agnès Acker, éditions Dunod
- Histoire de la mesure des distances cosmiques. Serge Rochain, Iste éditions.