

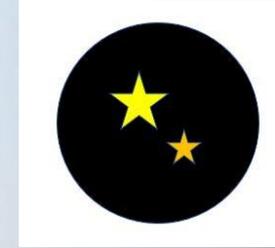


AAP – Astro Pratique

Les étoiles doubles ou « comment peser les étoiles »

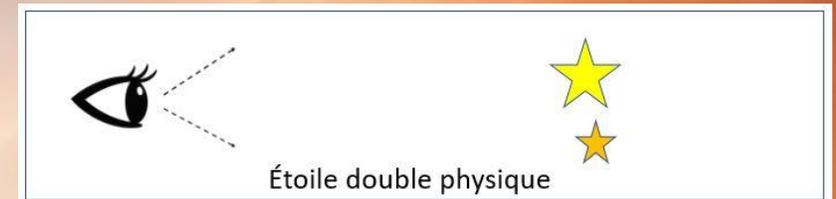
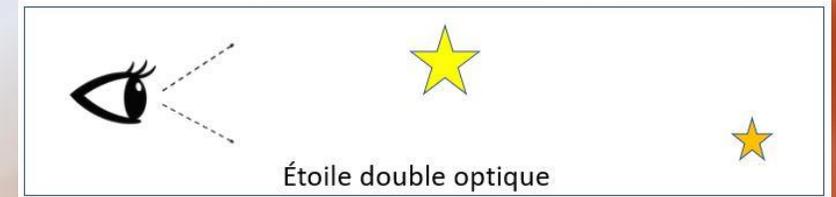
Etoiles doubles : de quoi parle-t-on ?

Une **étoile double** est une paire d'étoiles qui apparaissent proches l'une de l'autre lorsqu'on les observe depuis la Terre



Ceci peut se produire

- parce que la paire d'étoiles forme un alignement dû au hasard de deux étoiles, qui se trouvent dans le ciel à des distances différentes, mais qui sont vues sous le même angle de visée depuis la Terre. On parle d'étoiles doubles optiques
- parce que la paire forme un système d'étoiles liées par la gravité (comme une planète vis-à-vis du soleil). On parle d'étoiles doubles physiques ou étoiles binaires.

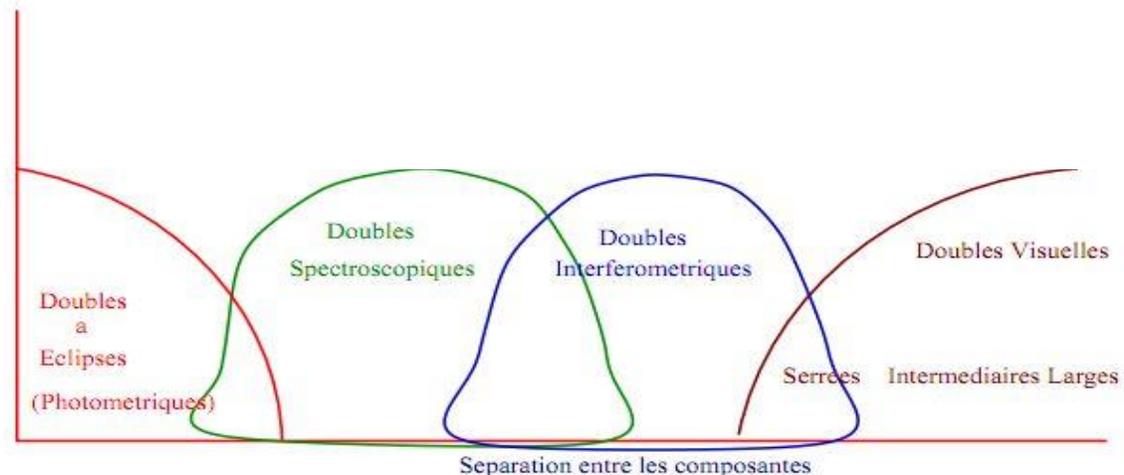


L'importance des étoiles binaires réside dans le fait que la connaissance de leur mouvement orbital permet de calculer directement la masse des étoiles

Il serait plus judicieux de parler d'**étoile multiple**, tant les systèmes d'étoiles liés par la gravité et comportant plus de deux composantes sont nombreux (par exemple, Castor compte 6 composantes)

Les différents types d'étoiles doubles

Il y a différents types d'étoiles doubles. La réalité est cependant la même : 2 étoiles liées par la gravité. Seule la proximité des deux composantes diffère ce qui conduit à utiliser différentes méthodes d'observation



	.01 UA	< 1 UA	10 UA	50 UA	100 UA	1000 UA	10000 UA
Séparation intrinsèque (UA)							
Séparation (") angulaire		< .001"	~ .01"	.02-.03"	~.1"		> 1"

Doubles visuelles : on sépare visuellement les 2 composantes (en vision directe ou en imagerie). Cette technique est adaptée aux couples les moins serrés

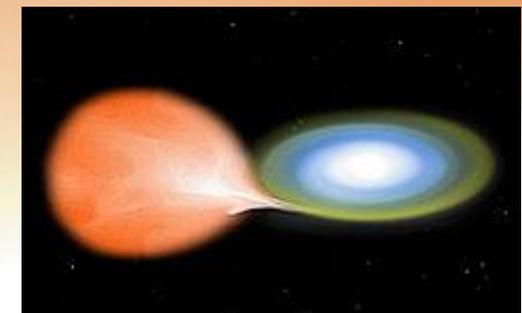
Doubles interférométriques : on s'affranchit de la turbulence grâce à un traitement numérique de l'image (interférométrie des tavelures) et/ou on augmente le pouvoir séparateur de l'instrument en combinant les images de plusieurs télescopes (interférométrie instrumentale). Ces techniques permettent d'accéder à des couples plus serrés, qu'on observe visuellement.

Doubles spectroscopiques : on étudie le spectre d'une étoile et l'élargissement des raies spectrales révèle deux composantes : une qui se rapproche de nous, une seconde qui s'éloigne.

Doubles à éclipses : les 2 étoiles s'éclipsent mutuellement au cours de leur révolution. Cette méthode permet d'accéder aux couples les plus serrés

Dans le cas des couples les plus rapprochés, les étoiles sont déformées et il peut y avoir transfert de matière entre les 2 composantes. Le système peut alors donner naissance à une Nova (forte accroissement de la luminosité de l'étoile durant quelques jours).

Les périodes de rotation sont très variables : de quelques jours pour les plus serrées à plusieurs millénaires pour les plus écartées.

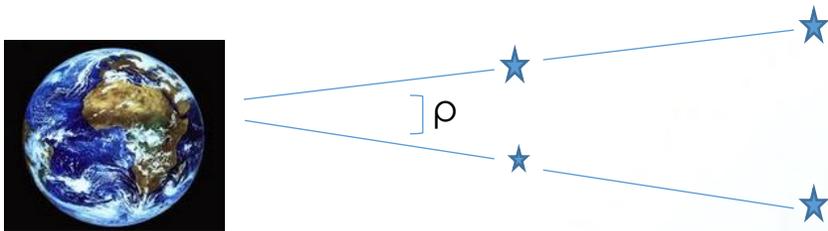


Principe d'observation des doubles visuelles

L'observation consiste à relever **la position du compagnon autour de l'étoile principale** au fil du temps

On va donc mesurer :

L'écartement « Rho » mesuré en angle. Il ne présage pas de la « vraie distance » entre les deux composantes. En effet, la mesure de l'écartement en unité de distance dépend de l'éloignement du système.

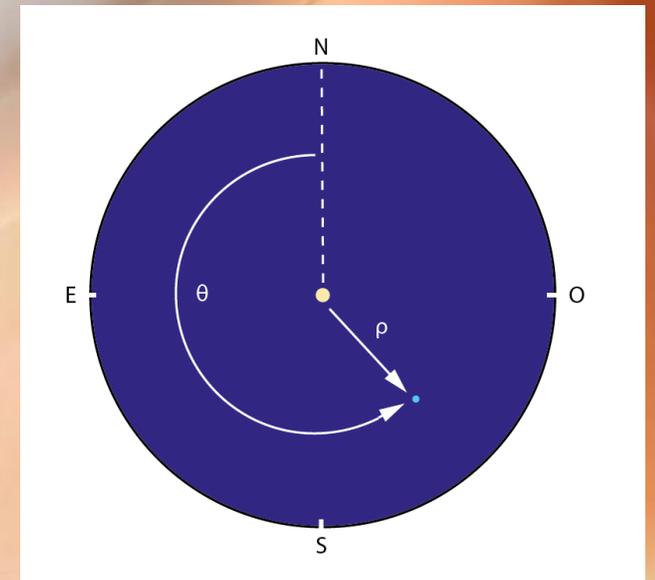


L'angle « Thêta » qui est compté dans le sens direct (inverse des aiguilles d'une montre) à partir du Nord. Il nécessite de distinguer la composante principale « A » (la plus brillante) de la composante « B » (la moins brillante)

Enfin, il faut noter la **date de la mesure**. Elle est désignée usuellement en années décimales. Par exemple : 2020,45

Ces 3 données constituent **une mesure** d'étoile double visuelle.

Il faut accumuler de nombreuses mesures pour connaître l'orbite d'une étoile double visuelle, dont la période dure parfois quelques siècles ! Etudier les étoiles doubles nous plonge dans l'histoire de l'astronomie grâce aux premières mesures réalisées à la fin du 18^{ème} siècle.



L'interférométrie

L'interférométrie instrumentale est inaccessible aux amateurs.

L'interférométrie des tavelures est accessible à condition de disposer d'un instrument d'au moins 250mm de diamètre. Elle consiste à recueillir un grand nombre d'images déformées par la turbulence (présentant des « tavelures »). Un traitement informatique permet alors de s'affranchir de la turbulence et de reconstituer une image « pure », qui permet d'atteindre le pouvoir séparateur de l'instrument.



Vidéo brute



Image traitée

La composante secondaire est doublée, on ne connaît l'angle qu'à 180° près

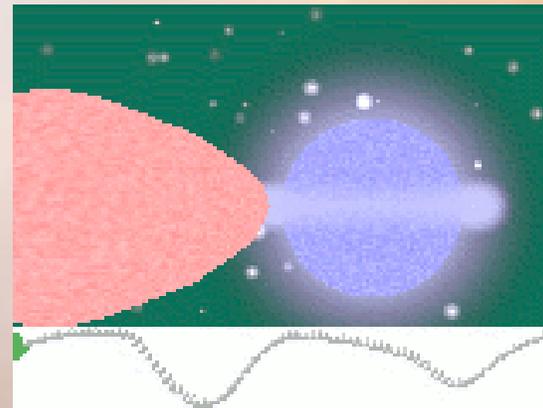
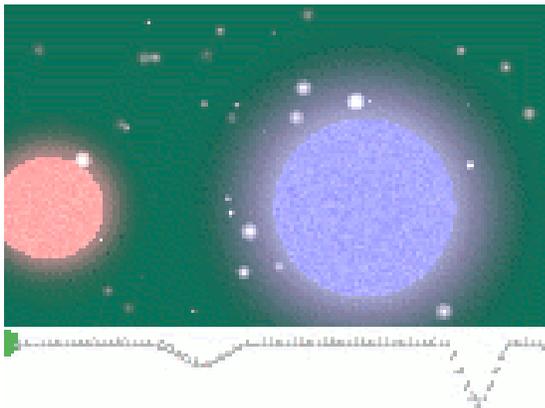
La spectroscopie

Cette méthode n'est pas accessible aux amateurs

Les binaires à éclipse

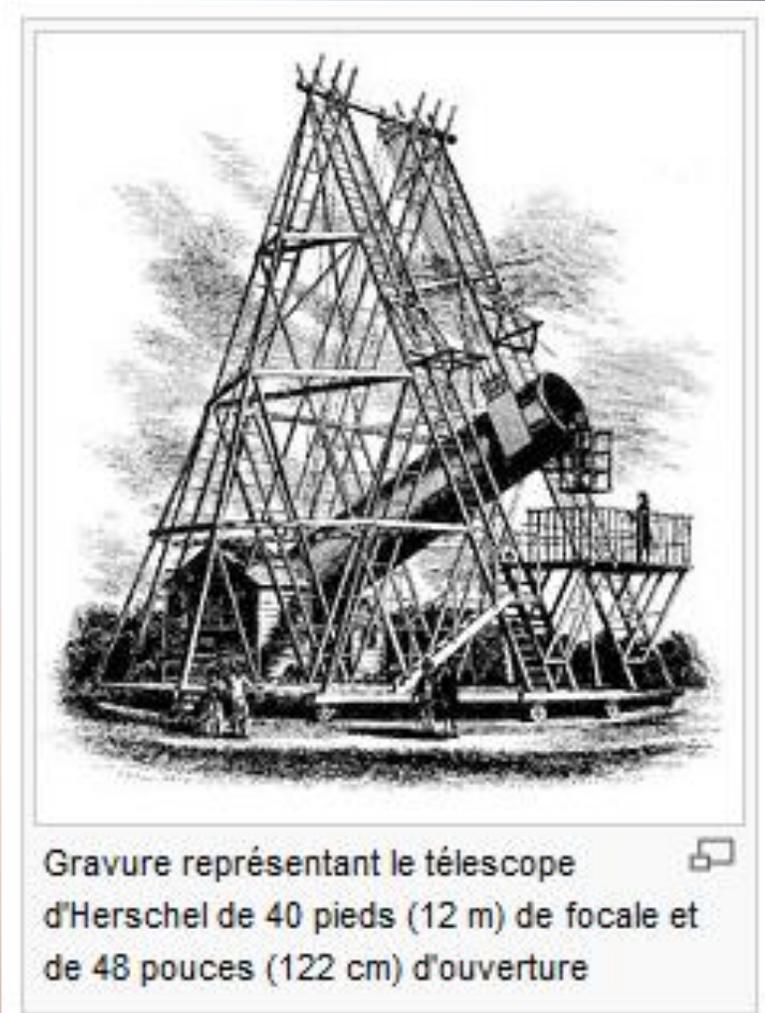
On va mesurer les baisses de luminosité du couple (qu'on ne peut pas séparer par une autre méthode)
La période de ces éclipses renseigne sur l'orbite du couple. La forme de la courbe de luminosité renseigne sur la nature du système.

Algol, une belle étoile de la constellation de Persée à une période rotation de 2,8 jours seulement.



Histoire des étoiles doubles : les pionniers anglais

- **William Herschel (1738 – 1822)**
 - Premier grand découvreur WH va identifier 812 couples mais en mesure seulement un très petit nombre
 - Il est le premier à comprendre le caractère orbital de ces couples
- **John Herschel (1792 – 1871)**
 - Poursuit l' œuvre de son père en découvrant 6500 couples
 - Il réalise des mesures, peu précises, notamment sur les couples de FGW. Struve
- **WR. Dawes (1799 – 1868)**
 - Ses mesures, plus précises que celles des Herschel constituent une base solide pour le calcul des orbites



Les pionniers russes

FGW. Struve (1793 – 1864)

Le pionnier parmi les pionniers, il a découvert 2600 couples et réalisé 10447 mesures publiées dans un catalogue paru en 1837
Réalise les premières recherches systématiques à la lunette méridienne

OW. Struve (1819 – 1905)

Poursuit l'œuvre de son père en découvrant 514 couples dont beaucoup sont serrés



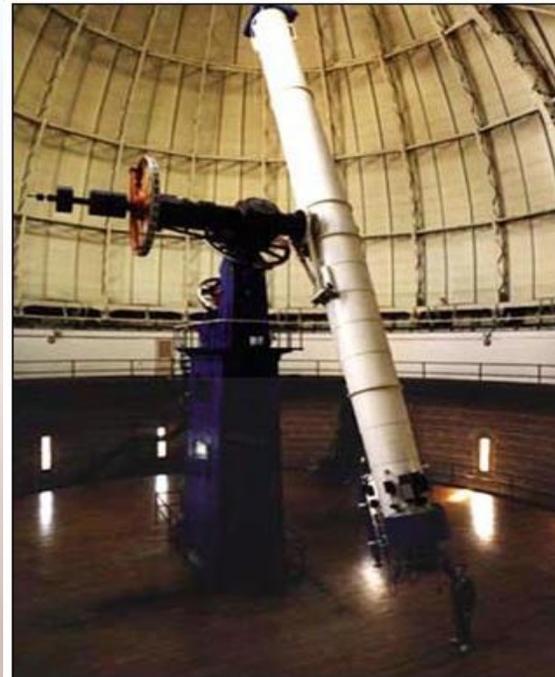
*Vue générale de l'Observatoire de Pulkovo
Crédit : Observatoire de Pulkovo*

les américains prennent la suite, grâce aux lunettes géantes

- [SW. Burnham \(1838 – 1921\)](#)
 - Lunette de Lick : 36 pouces soit 91 cm
 - Lunette de Yerkes : 40 pouces soit 102 cm
 - 1290 découvertes dont beaucoup de couple très serrés ($<0,5$ sec. d'arc) auxquelles s'ajoutent les mesures de couples déjà répertoriés
 - C'est un amateur « averti » qui a des activités professionnelles le jour !
- Mais aussi [Clark, Hough, ...](#)



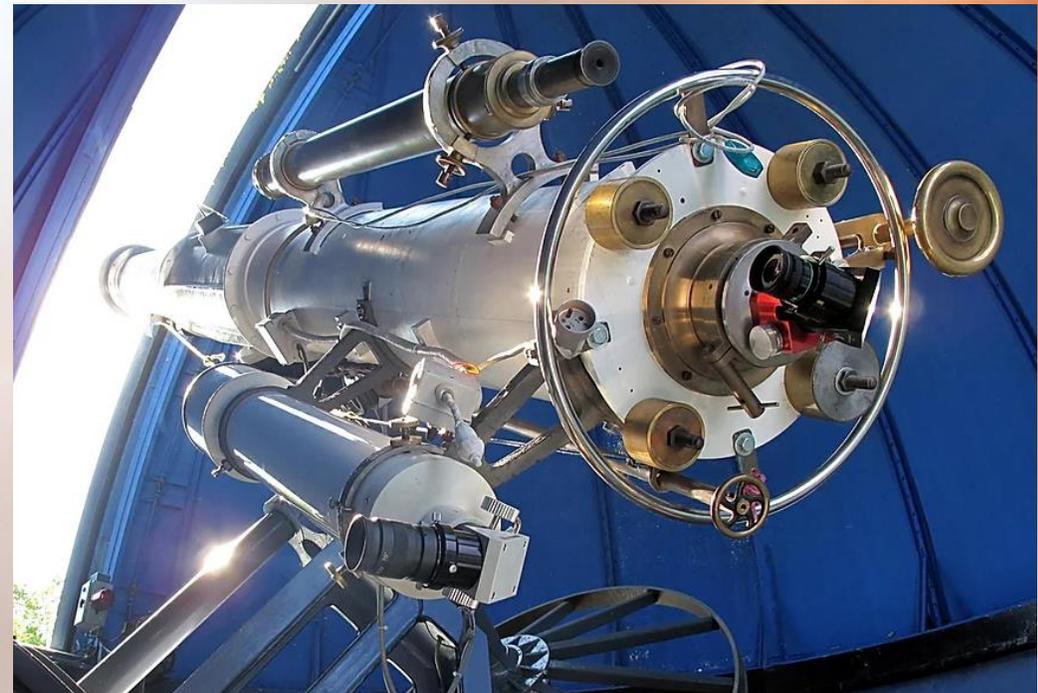
Lunette de Lick



Lunette de Yerkes

Le début du XXème siècle

- Un américain : [RG Aitken \(1854 – 1961\)](#)
 - Il va créer un catalogue « unificateur » (Aitken double stars catalog -> ADS) et corriger beaucoup d'erreurs/doublons à cette occasion
 - Il observe de manière systématique à l'observatoire de Lick et va découvrir de nombreux couples serrés -> une prospection de 1900 à 1915 va apporter 4761 nouveaux couples
- Un anglais : [TE. Espin \(1858 – 1934\)](#)
 - Observe à proximité de Londres
- Un français (enfin !) : [R. Jonckheere \(1889 – 1974\)](#)
 - Observe à Lille puis en Angleterre pendant la première guerre mondiale
 - Son catalogue compte 3353 entrées



La seconde partie du XXème siècle

- Un français : [P. Couteau](#)
 - Il observe aux deux grandes lunettes de Nice (50cm et 76cm) et constitue son catalogue fort de 2713 entrées
- Un autre français : [P. Muller](#)
 - Son catalogue comporte 708 découvertes
- Mais aussi [Van den Bos](#) , [Heinz](#) ,



Les calculs d'orbites de doubles visuelles s'accélèrent, on en compte aujourd'hui plus de 2600, dont seulement 69 sont considérées comme précises (et donc définitives). Il reste du travail !

Aujourd'hui

- Les professionnels se consacrent principalement aux étoiles doubles spectrographiques
- **Les amateurs réalisent plusieurs milliers de mesures de doubles visuelles par ans**

Les « noms » des étoiles doubles

Chaque découvreur crée son catalogue et affecte au couple découvert une combinaison de lettres et de chiffres.

Par exemple :

COU563 : est la 563ème étoile double du catalogue de Paul COUTEAU.

STF 100AB et BU1029 BC sont deux couples constituant un système multiple (3 étoiles A-B-C)

Mais il y a de nombreux doublons entre les catalogues de découvreur !

RG Aitken (1854 – 1961) va créer en un catalogue « unificateur » (Aitken double stars catalog -> ADS) et corriger beaucoup d'erreurs/doublons à cette occasion.

Notre exemple vu plus haut va porter le nom ADS996 et regrouper STF100AB et BU1029BC

Le Washington Double Star Catalog (WDS) est aujourd'hui le catalogue général qui fait référence.

Notre couple exemple y porte la désignation : 01137+0735

Le WDS comporte plus de 130000 couples et des millions de mesures. Il ne « filtre » pas les données et beaucoup de couples sont en fait optiques.

Un amateur qui veut publier ses mesures passe par une revue scientifique. Une fois publiées dans la revue, ses mesures rejoignent alors le WDS.

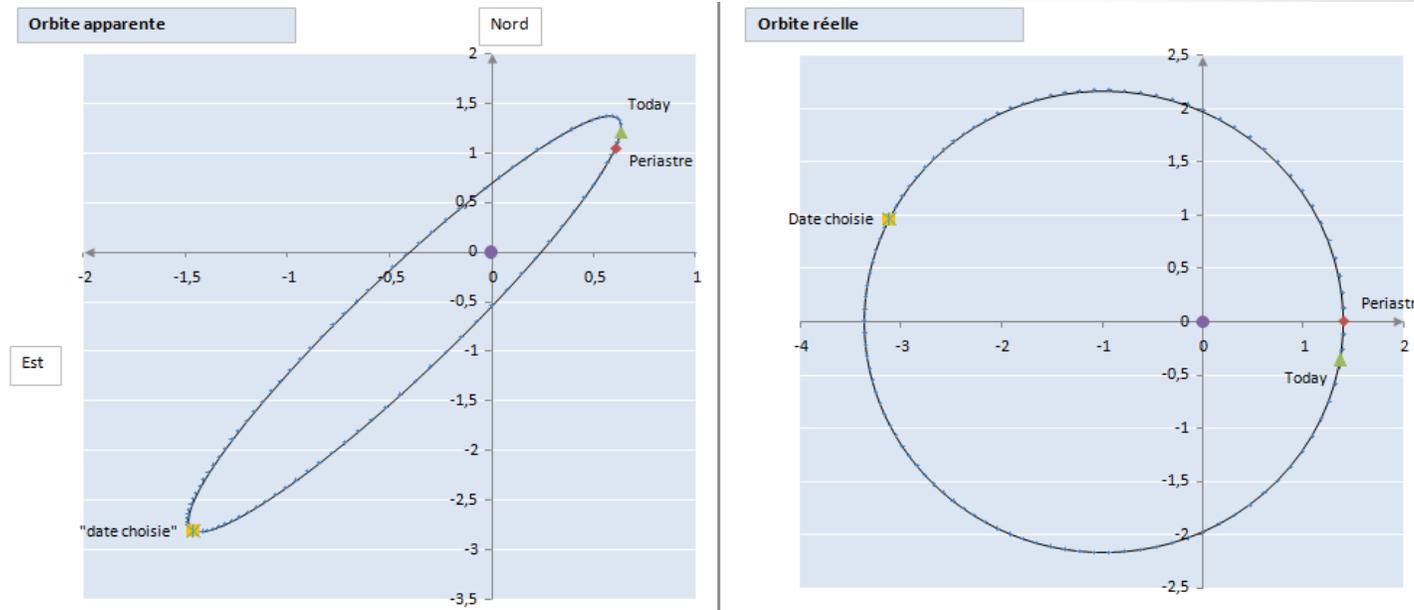
Orbites apparentes et orbites réelles

Nous voyons un couple depuis la Terre, son orbite n'est jamais vue de face. On l'appelle **orbite apparente**.

C'est cette orbite qui est « tracées » par les différentes mesures. Accéder à **l'orbite vraie** nécessite de nombreux calculs à partir de l'orbite apparente.

L'orbite d'une étoile double est décrite par 7 paramètres :

- La période (temps de parcours de l'orbite)
- La date de passage au périastre (minimum de distance entre les composantes)
- Le demi grand axe de l'orbite -> paramètre de taille
- L'excentricité variant de 0 (cercle) à 1 (ellipse infiniment allongée) -> paramètre de forme
- 3 angles qui permettent de passer de l'orbite apparente à l'orbite vraie ou inversement



Le **demi grand axe** et la **période** permettent **d'accéder à la connaissance des masses stellaires** si on connaît la distance du couple.