

COMPTE RENDU DE LA REUNION DU SAMEDI 5 AVRIL 2014

par Jean-Louis AGATI et Louis PINATELLE, avec le concours d'Edgar SOULIÉ.

Présents : Jean Louis Agati, Daniel Bonneau, Danielle Briot, Paul Van Cauteren, Pierre Durand, René Gili, Patricia Lampens, Philippe Laurent, Guy Morlet, Pierre Motti, Louis Pinatelle, Edgar Soulié, Jacques Viala.

Excusés : André Amossé, André Bradel, David Chiron, Paul Couteau, Jean Dommanget, René Mante, Marie-Pierre Morel, Maurice Salaman, Yvonne et Jean-Claude Thorel, Pierre Verhas, René Verseau.

La séance est ouverte à 9 heures 30 par Edgar Soulié.

Après le traditionnel tour de table où chacun se présente brièvement et expose son parcours et ses travaux, les interventions débutent; elles sont rapportées ci-dessous.

1. *Le tavelographe PISCO2 dérivé de l'instrument PISCO de Jean-Louis Prieur, Laurent Koechlin, G. Gallou et C. Lucuix. Son utilisation sur la grande lunette de l'Observatoire de Nice pour la mesure des étoiles doubles visuelles* » par René GILI (Nice, Alpes-Maritimes)

L'instrument PISCO est une sorte de banc d'optique qui fut conçu et réalisé à l'observatoire Midi-Pyrénées sous la direction de Jean-Louis Prieur pour le "télescope Bernard Lyot", équipé d'un miroir de deux mètres de diamètre.

L'instrument PISCO est actuellement installé sur le télescope d'un mètre de l'Observatorio Astronomico di Brera à Merate, près de Milan (Italie). Il doit être installé sur le plateau de Calern (Alpes-Maritimes) avant la fin de l'année 2014.

Pour les observations qu'il mène sur la grande lunette de l'Observatoire de la Côte d'Azur à Nice, René Gili a développé, en liaison avec Jean-Louis Prieur, un tavelographe qu'il a appelé PISCO 2, parce qu'il constitue une version simplifiée de PISCO. L'instrument PISCO 2 peut recevoir deux caméras; il est prévu pour être évolutif.

Dans sa présentation, s'appuyant sur le schéma optique de l'instrument, René Gili en donne les principales caractéristiques techniques (*voir document pdf sur le site de la commission des étoiles doubles*). Il insiste sur l'intérêt de pouvoir d'une part faire varier la longueur focale et d'autre part activer ou désactiver la roue à filtres et l'oculaire de renvoi.

S'agissant de la partie "commande", l'instrument PISCO 2 dispose:

- d'un logiciel de commande du moteur de mise au point (la longueur focale peut varier d'un millimètre en cours de nuit)
- du logiciel "Horloge 2014" (amélioré par Guy Morlet) pour le pointage de la lunette. Celui-ci tient compte du décalage de la lunette en fonction de la déclinaison, de sa position par rapport au méridien (la valeur de la correction à apporter provient d'une courbe d'étalonnage) et du calcul des angles des prismes de Risley.
- d'un logiciel pour calculer l'orientation des prismes de Risley.
- d'un logiciel de traitement des images en temps réel (conçu par Jean-Louis Prieur). Ce logiciel permet la mesure de la séparation, de l'angle de position et de la différence de magnitude entre les composantes.

L'exposé s'achève sur le compte-rendu de deux observations (KOI 258 AB et GII 46 Bb) et sur la présentation du système DSSI (Differential Speckle Survey Instrument) utilisé sur le télescope WIYN de 3,5m à l'observatoire de Kitt Peak.

2. « Pourquoi continuer à observer la binaire à éclipses OO Aql ? » par Laurent CORP (Rodez, Aveyron) représenté par Pierre DURAND.

Pierre DURAND présente un document PDF rédigé par Laurent CORP sur la variable OO Aql proche d'Altaïr (distance angulaire: 46').

La variable OO Aql est une binaire à éclipses (magnitudes 9,2 et 10,8) de classe EW, dont l'étoile type est W UMa. Il s'agit de deux étoiles naines, âgées, de dimensions et de masses comparables, d'éclats voisins, qui sont en contact. Le transfert de matière est très avancé. La température de surface est celle de l'enveloppe commune au système (type spectral GV5). La courbe de lumière est arrondie et le minimum secondaire a une amplitude à peine plus faible que celle du minimum principal. La période du système est voisine d'une demi-journée (0,506 jour).

Dans son article, Laurent Corp lance un appel aux observateurs intéressés par les binaires à éclipses pour qu'ils consacrent un peu de temps à l'observation de OO Aql dont les minima mesurés (observés O) de la courbe de lumière présentent un décalage par rapport aux minima calculés (C). C'est ce que montre la courbe des écarts O-C (en abscisse on porte l'instant de la mesure et en ordonnée l'écart O-C) réalisée sur une durée de 60 ans.

La courbe représentative des écarts en fonction du temps peut laisser penser que l'on a affaire à un système quadruple, avec une période de 20 ans pour le troisième corps et une période de 54 ans pour le quatrième. La question reste ouverte (voir l'article d'Ivan Adamin sur le site : www.vs-compas.belastro.net/bulletin/Issue/3/p8)

Les observateurs sont donc invités à surveiller cette étoile:

- Il faut continuer à observer les minima pour bien caler les périodes des étoiles C et D
- Pour conforter la qualité des mesures, des observations sont souhaitées une fois par mois durant la période de visibilité.

Dans l'échange qui suit entre Patricia Lampens, Danielle Briot, Daniel Bonneau et Pierre Durand, les transferts de matière qui pourraient expliquer le glissement des dates des éclipses sont évoqués.

3. « Mesures de Capella avec l'interféromètre stellaire de Pulkovo par Evgeni Sergeï Kulagin » par Daniel BONNEAU (Spéracèdes, Alpes-Maritimes)

La première version "moderne" de l'interféromètre stellaire de Michelson est due à l'astronome Evgeni Stepanovich Kulagin et à l'opticien Vladimir Pavlovich Linnik, qui ont proposé et réalisé l'interféromètre à rayons superposés.

Cet interféromètre est dérivé du système interférométrique utilisé par Michelson en 1920 au Mont Wilson, dont le principe est brièvement rappelé. La lumière stellaire est captée par deux miroirs plans constituant la base de l'interféromètre de longueur b , éventuellement variable. Cette lumière est renvoyée par deux miroirs plans constituant une base interne fixe vers le miroir primaire du télescope qui assure la superposition des faisceaux, ce qui fait apparaître des franges d'Young dans l'image stellaire composite. Pour une étoile double, le contraste des franges est fonction de la séparation angulaire des composantes, la résolution angulaire de l'interféromètre étant fixée par l'angle $\lambda / 2b$; dans cette formule λ désigne la longueur d'onde d'observation.

La grande originalité de *l'interféromètre à rayons superposés* est de disposer d'une base interne de longueur nulle et de former les interférences lumineuses dans le plan pupille et non dans un plan image comme *l'interféromètre stellaire de Michelson*.

Construit à l'Observatoire de Pulkovo en 1965 par Linnik, cet instrument était dédié à la mesure interférométrique des étoiles doubles écartées jusqu'à 20". Cependant, en raison des performances limitées des récepteurs photoélectriques et des insuffisances des procédés d'enregistrements de l'époque, ainsi que de la forte turbulence atmosphérique qui régnait sur le site de Pulkovo, *l'interféromètre à rayons superposés* n'a pas permis de réaliser des observations.

De décembre 1968 à février 1969, Kulagin a utilisé *l'interféromètre à rayons superposés* pour réaliser une nouvelle série d'observations interférométriques visuelles de l'étoile double Capella, les premières, depuis les observations d'Anderson et Merrill en 1920-21. Ces mesures se sont révélées en bon accord avec l'orbite calculée par Merrill.

L'interféromètre à rayons superposés n'a pas permis de réaliser d'autres observations et a été démantelé en 1986.

4. « *Réflexions sur l'étalonnage en angle des images CCD d'étoiles doubles* » par Philippe LAURENT (Sathonay Village, Rhône)

Philippe LAURENT présente ses réflexions relatives au processus d'étalonnage en angle et en séparation qu'il réalise lors de ses séances de mesure d'étoiles doubles à partir d'images CCD.

Il réalise un étalonnage en début de séance et un autre en fin, à partir de deux couples étalons figurant dans la liste mise en ligne sur le site de la Commission des étoiles doubles de la SAF. Les valeurs d'étalonnage obtenues sont moyennées et ces moyennes sont retenues comme valeurs d'étalonnage pour toute la séance. Il tient compte du correctif Hipparcos qui permet d'adapter la mesure d'angle datant de 1991,25 à la date de mesure.

La précision de l'étalonnage est importante : une erreur d'étalonnage impacte directement la précision des mesures de l'ensemble de la séance (une vingtaine de mesures en moyenne). Les erreurs d'étalonnage s'ajoutent aux erreurs sur le processus de mesure lui même pour constituer l'erreur globale.

Philippe LAURENT fait les constats pratiques suivants :

- quel que soit le couple étalon choisi, l'étalonnage en séparation angulaire (en seconde de degré par pixel) est remarquablement constant
- dans 50% environ des séances de mesure, l'incertitude sur l'étalonnage en angle des deux couples étalons reste inférieure à 0,2°. Philippe LAURENT considère cette situation comme satisfaisante.
- pour les autres séances, une incertitude supérieure à 0,2° est constatée. Exceptionnellement, elle atteint même près d'un degré dans le cas d'une séance en 2011.

Il apparaît donc nécessaire de fiabiliser l'étalonnage en angle, pour réduire l'incertitude sur les mesures. Par contre, avec la méthode utilisée, une précision suffisante de l'étalonnage en séparation angulaire est acquise.

Plusieurs causes peuvent expliquer les difficultés constatées :

- les étoiles étalons de la liste SAF peuvent avoir "bougé", compte tenu de mouvements propres différents ou du parcours d'une orbite (mouvements lents mais peut être sensibles, la mesure par Hipparcos datant maintenant de 23 ans)

- l'impact de la précession doit aussi être considéré

- une imprécision de la mise en station de la monture entraîne une rotation de champ, pouvant peut être impacter de manière sensible la précision des mesures d'angle.

Philippe LAURENT a calculé la variation d'angle issue de la précession pour l'ensemble des couples de la liste. La correction à appliquer est supérieure à $0,2^\circ$ pour plus de 50% des couples. Pour un couple en particulier, elle atteint même $0,5^\circ$. La cohérence avec le correctif Hipparcos n'est pas flagrante. Il apparaît même que les deux corrections opèrent en sens inverse pour quelques couples, ce qui suggère qu'un autre mouvement intervient de façon non négligeable (mouvement propre différentiel ou mouvement orbital).

Compte tenu de ces résultats qui ne lui donnent pas suffisamment "confiance" pour l'étalonnage angulaire, Philippe LAURENT utilise maintenant l'image d'un filé d'étoile, qui fournit la direction Est-Ouest, l'entraînement de la monture étant arrêté. Le processus d'étalonnage est donc plus long, puisque les deux méthodes, filés et couple étalons, sont utilisées respectivement pour l'angle et la séparation angulaire.

Patricia Lampens met en garde contre le manque de précision potentiel de cette méthode, compte tenu du champ CCD réduit. Une imprécision d'au moins $0,1^\circ$ lui semble certaine, sans doute plus. Elle propose d'utiliser un champ riche en étoiles (amas) et de faire une réduction astrométrique avec le logiciel Astrometrica. Il reste à vérifier qu'Astrometrica fournit les valeurs d'étalonnages nécessaires de manière commode.

Pierre Durand indique qu'il continue à utiliser la liste de couples étalons. Il a bien constaté une dérive lente des valeurs pour ces couples. Dans la liste des mesures connues, il utilise les deux valeurs qu'il considère comme précises, à savoir celle de STRUVE (datant généralement du début du 19ème siècle) et celle d'Hipparcos (datant de 1991,25). Il construit la droite reliant ces deux points et en déduit la valeur à retenir le jour de la mesure. Il est bien sûr nécessaire de tenir compte d'un correctif lié à la précession, surtout pour la valeur ancienne. Il conseille cette manière de procéder.

Concernant l'impact que peut avoir l'imprécision de la mise en station de la monture, Philippe LAURENT n'a pas trouvé d'article ou de livre traitant de cette question et permettant d'objectiver la rotation de champ qui en découle. Il demande si les membres de commission peuvent l'aider. Jean-Louis Agati pourrait disposer de ces éléments. Philippe LAURENT prendra contact avec lui.

5. « *L'acquisition de vitesses radiales pour des étoiles binaires et pulsantes avec le spectrographe HERMES* » par Patricia LAMPENS (Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles)

Le spectrographe HERMES (acronyme pour High Efficiency and Resolution Mercator Echelle Spectrograph), construit en Belgique, est un spectrographe à haute résolution et à haute efficacité monté sur le télescope Mercator de 1,2 m situé à l'Observatoire Roque de los Muchachos au sommet de La Palma (2400m). Il est le fruit d'une collaboration entre l'Université Catholique de Louvain, l'Université Libre de Bruxelles et l'Observatoire Royal de Belgique et a été financé par un consortium belge auquel l'Observatoire de Genève (Suisse) et le Thüringer Landessternwarte Tautenburg (Allemagne) se sont associés.

Le spectrographe HERMES est alimenté par fibres optiques et est optimisé pour une très haute stabilité en longueur d'onde. La gamme de longueurs d'onde couvertes va de 377 à 900 nm en 55 ordres, de l'ordre 40 à l'ordre 94. En mode HRF (High Resolution Fibre), optimisé pour une haute efficacité, la résolution spectrale ($\lambda/\Delta\lambda$) est de 85000 et l'ouverture correspond à un champ de $2,5''$ sur le ciel. En mode LRF (Low Resolution Fibre), optimisé pour avoir une stabilité maximale, la résolution est de 62000 et l'ouverture correspond à un champ de $2,15''$. Ce dernier mode rend

possibles les mesures simultanées du spectre de l'étoile et du spectre étalon (aucun mouvement instrumental ne perturbe la mesure différentielle de la vitesse radiale d'où une précision optimale).

Le programme d'observations porte sur la mesure de vitesses radiales de binaires photométriques (c.à.d. binaires à éclipses ou sans éclipse mais déformées par les effets de marée (soit ellipsoïdales)) dont les composantes peuvent éventuellement être des étoiles variables (pulsantes). Ce programme est conduit en collaboration avec d'autres collègues de l'Observatoire (Yves Frémat, P. De Cat) ainsi qu'une collègue brésilienne (K. Torres).

Pour extraire le spectre, parce que différents ordres se chevauchent partiellement, on est conduit à combiner des petits bouts de spectre. Le traitement automatisé a lieu en fin de nuit (réduction préliminaire) et de façon régulière (réduction finale). Le spectre en données brutes est également débarrassé des pics dus au rayonnement cosmique.

Une fois recombinaison et normalisé, le spectre est ensuite comparé à un spectre synthétique ou à un masque par la méthode de corrélation croisée. Le meilleur ajustement (ou meilleur choix du modèle) est recherché. On mesure le minimum de la fonction de corrélation croisée qui correspond à la vitesse radiale (c'est donc le décalage Doppler).

Le programme porte sur le suivi de vitesses radiales.

Programme 1

-Suivi de la vitesse radiale des binaires à éclipses, de type Algol, pour lesquelles l'une des composantes est une étoile variable présentant des oscillations (oscillating Algol-type stars / oscillating EA stars). On mesure le décalage en longueur d'onde sur tout le spectre observé.

Algol est une binaire semi-détachée, dont l'évolution est déjà bien avancée; la phase de transfert de masse rapide entre les composantes est terminée. Après le transfert de masse important, le rapport des masses est inversé : la primaire est devenue la secondaire. La surface équipotentielle de Roche est déformée par un phénomène de marée.

-Suivi de binaires dont les composantes principales sont de type spectral A ou F; cette composante pulsante appartient à la classe des étoiles " δ Scuti". Les amplitudes de pulsation sont faibles et les périodes relativement courtes (0,4 heure à 3 heures). Pour certaines, les instants précis des éclipses présentent une variation en phase/temps; le rapport des masses et la période orbitale peuvent changer.

Réalisation d'une simulation hydrodynamique de la binaire prototype β Lyrae (Algol) par Blondin, Richards et al.

- Pour la binaire à éclipses à composante pulsante CT Her, il faut en premier lieu tenir compte des variations dues aux éclipses dans la courbe de lumière. Après soustraction du modèle pour l'étoile binaire, on peut étudier les variations dues aux pulsations. L'étoile pulse avec plusieurs fréquences (périodes de ~ 30 min ; seule une composante est pulsante). Plus de 60 spectres ont été obtenus sur deux années consécutives d'observations (années 2010 et 2011). La moyenne des vitesses radiales sur l'année 2010 diffère de façon significative de la moyenne des vitesses radiales sur l'année 2011; ceci pourrait s'expliquer par la présence d'un troisième corps et mériterait plus d'observations pour s'en assurer!

Les paramètres fondamentaux d'un système peuvent s'obtenir grâce à l'analyse simultanée des courbes de lumière et de vitesse radiale : on peut ainsi obtenir les masses, les rayons, le rapport de luminosité et de température effective des composantes ainsi que tous les éléments orbitaux du système binaire

Programme 2

La mission spatiale Kepler, qui a pour objectif essentiel la détection et la caractérisation de planètes extrasolaires, a aussi permis la découverte d'un grand nombre de nouvelles binaires à éclipse.

Nombre actuel de planètes confirmées : 96

Nombre actuel de planètes candidates : 3845

Nombre actuel de systèmes binaires/multiples à éclipses : 2165

Cette mission génère des courbes de lumière ultra précises très utiles pour les études suivantes:

- la variabilité intrinsèque et extrinsèque d'un système binaire ou multiple,
- des étoiles pulsantes, soit massives, soit de type solaire, soit géantes rouges,
- la rotation et l'activité stellaire (par exemple dans le cas d'un champ magnétique)
- des étoiles binaires et multiples à éclipses.

P. Lampens présente le cas de l'étoile HD 181068 ("Trinity"), de magnitude 7, pour laquelle la sonde Kepler a détecté une variation en lumière avec des éclipses de deux types indiquant la présence de deux binaires à éclipses. Il s'agit ici d'un système triple, comprenant une étoile géante rouge (composante A). B est une binaire de naines rouges (composantes Ba, Bb) dont les périodes orbitales sont:

PAB = 45,5 jours

PBaBb = 0,9 jour

Les pulsations affectant la composante A sont induites par la présence de la binaire à éclipses Ba, Bb (par effet de marée). La précision des mesures d'intensité obtenues dans l'espace est le millionième de magnitude, c.à.d. 100 à 1000 fois mieux que sur Terre.

(http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html)

P. Lampens précise qu'il faut d'abord connaître le rayon de l'étoile pour ensuite pouvoir déterminer le rayon de la planète, puis elle présente le cas de l'étoile KIC 5988140 (HD 188774), de magnitude 8.852 et de type spectral A8 IV-III, classée comme binaire pulsante de type δ Scuti, avec une période longue ~ 3 jours,

Pour le suivi spectroscopique ont été obtenus:

38 spectres avec le spectrographe HERMES (377 - 900 nm)

11 spectres avec le spectrographe TLS (472-740nm). Deux fréquences principales ont été détectées: $f_1=1.5$ jours et $2f_1$, aussi bien en intensité qu'en vitesse radiale. Comment les interpréter? Puisque la courbe de vitesse radiale n'est pas en accord avec la courbe de lumière on n'est pas en présence d'une binaire. Il peut s'agir soit de pulsations de très longue durée (dit « modes de gravité ») soit du déplacement de taches suite à la rotation de la surface. Autre hypothèse possible: deux compagnons en orbite avec leur période orbitale en résonance de 2 :1.

Ensuite est présenté le cas de l'étoile KIC 3230227 (HD 181850). Il s'agit ici d'une binaire très excentrique avec une seule éclipse détectée par la sonde Kepler, et dont la période orbitale correspond à $P = 7,047$ jours. Au total, 74 spectres HERMES ont été obtenus entre mai 2011 et août 2012.

Les opérations suivantes ont été effectuées : une normalisation des spectres réduits par le logiciel automatisé pour HERMES;

- une double corrélation croisée (2D) à partir de deux masques de type A7V,
- une estimation de $v \cdot \sin i$ (vitesse de rotation projetée) pour chaque composante,

- la mesure des vitesses radiales des composantes A et de B corrigés de la correction barycentrique,
- une reconstruction du spectre composite avec le calcul des résidus O-C optimisé.

Dans un futur proche, un modèle pour cette binaire excentrique sera calculé à partir d'une analyse combinée des courbes de lumière de la mission Kepler ainsi que des courbes de vitesse radiale obtenues avec le spectrographe HERMES.

6. « *Projection d'un film vidéo sur l'observatoire Roque de los Muchachos, La Palma (Canaries)* » par Paul VAN CAUTEREN (Belgique)

Ce film, d'une durée d'environ trois minutes, montre l'observatoire et le cadre remarquable dans lequel il se situe. Les passages en "accélééré" sont très réussis.

7. « *Les étoiles doubles avec planètes* » par Danielle BRIOT (Observatoire de Paris)

Après avoir rappelé ce que sont planètes, naines brunes et étoiles, Danielle Briot fait le point sur la recherche des exo-planètes. Depuis la découverte de la première planète extra solaire en 1995, 1780 planètes ont été découvertes à ce jour; 780 l'ont été par le satellite Kepler, mais celui-ci n'observe que des champs réduits du ciel. Le nombre d'exo-planètes connues évolue rapidement et la taille des planètes que l'on peut détecter est de plus en plus petite. Il semblerait que le nombre de celles-ci soit supérieur au nombre des étoiles. À présent, une question se pose: les étoiles doubles et multiples peuvent-elles avoir des planètes? Et leurs orbites peuvent-elles être stables?

Compte-tenu de l'énorme proportion d'étoiles doubles ou multiples dans la Galaxie, si des planètes peuvent être en orbite autour de ces étoiles, cela augmente de beaucoup la quantité de planètes éventuelles dans la Galaxie. Il y a déjà longtemps, les calculs de mécanique céleste avaient montré que les étoiles doubles ou multiples pouvaient avoir des planètes; effectivement, de nombreux cas d'étoiles doubles avec planètes ont été trouvés. On a même trouvé une planète dans un système d'étoile quadruple.

Dans le cas d'un système d'étoile binaire avec planète, on distingue deux types principaux d'orbites pour la planète:

- type S: la planète tourne autour de l'une des deux étoiles.
- type P: la planète tourne du système formé par les deux étoiles. Elle est dite circumbinaire.

L'intérêt principal de la recherche de planètes extrasolaires est de trouver des planètes qui pourraient abriter la vie. On prend l'hypothèse de base que l'eau liquide est indispensable pour la vie. Il faut donc que la température de la planète se situe entre 0° et 100° et c'est ainsi que la zone d'habitabilité d'une étoile est définie. Cette zone dépend donc de la distance à l'étoile et de la température de l'étoile. La détermination de la zone d'habitabilité autour d'étoiles multiples, que ce soit pour des trajectoires de type S ou de type P fait actuellement l'objet d'une recherche très active. La première publication sur ce sujet par Su Chu Huang, élève d'Otto Struve, remonte déjà à l'année 1960. Pour que la vie puisse se développer à un degré suffisant de complexité, il est également nécessaire que les trajectoires des planètes soient stables. En effet, dans de nombreux cas de système d'étoiles binaires avec planètes, les planètes sont rapidement éjectées hors du système. De plus, lorsqu'elle parcourt sa trajectoire, les distances d'une planète à l'une et à l'autre étoile du système varient fortement, ce qui implique de très grandes variations de température superficielle de la planète et ne favorise donc pas le développement d'une vie à un très haut degré de complexité.

8. « *Essai de calcul d'une orbite d'étoile double visuelle par la méthode de Thiele-van den Bos* » par Jean-Louis AGATI (Grenoble, Isère)

S'appuyant sur un article de Jean-Dommanget paru dans le numéro 52 de la revue Observations & Travaux et intitulé "La méthode de Thiele-van den Bos pour le calcul de l'orbite d'une étoile double visuelle", Jean-Louis Agati présente le logiciel qu'il a conçu sous Excel pour déterminer l'orbite préliminaire d'une étoile double visuelle.

L'exemple traité concerne l'étoile WDS 17082-0105 dont l'orbite, déjà connue (Réf: WSI2006b), est de grade 3.

A partir de mesures enregistrées sur le site de l'observatoire de la Côte d'Azur (base SIDONie), il a successivement:

- tracé les courbes représentatives des variations de l'angle de position θ et de la séparation angulaire ρ en fonction du temps.
- relevé les valeurs de θ et ρ pour des intervalles de temps égaux.
- calculé la constante des aires relative à l'orbite apparente.
- choisi trois points de la courbe (θ, ρ).
- calculé l'orbite préliminaire.
- procédé empiriquement à des corrections par variation des éléments pour améliorer l'orbite.

Les éléments de l'orbite trouvée sont, après les corrections par variation des éléments:

Pour l'orbite Réf: WSI2006b du 6ième catalogue de l'USNO les éléments trouvés sont:

T = 1959,60
 P = 196,00
 a = 0,570
 e = 0,400
 i = 127,00
 Ω = 188,00
 ω = 74,00

T = 1959,70
 P = 203,60
 a = 0,572
 e = 0,429
 i = 130,30
 Ω = 177,30
 ω = 62,40

L'écart assez important entre les deux orbites provient vraisemblablement du poids insuffisant accordé par J-L Agati aux mesures interférométriques. L'élimination des mesures douteuses et le choix des « points fondamentaux » de la méthode de Thiele-Innes demande plus d'expérience.

9. « Débat Quels programmes d'observation des étoiles doubles visuelles pour les amateurs ? Préparer vos questions et affinez vos points de vue » animé par Daniel BONNEAU (Spéracèdes, Alpes-Maritimes) et Pierre DURAND (Bourges, Cher)

Durant cette discussion sur les programmes d'observations, plusieurs aspects sont abordés. Après le constat, fait par René Gili, de la diminution préoccupante du nombre d'observateurs, qui résulte en partie de la difficulté d'établir un programme d'observation et des moyens que peuvent mettre en œuvre des amateurs, des pistes nouvelles sont proposées:

Pierre Durand suggère de mesurer des Δm filtrés B-V pour fournir une information qui manque souvent sur les types spectraux des composantes d'une binaire. Daniel Bonneau partage cet avis; il faut aller au-delà des mesures astrométriques de ρ et θ car, pour les binaires visuelles, la différence de magnitude apparaît mal définie (mesure difficile ou risque de composante variable?)

Cela n'est pas réalisable à la lunette de 76cm de Nice, mais peut être réalisé sur des télescopes de moyenne puissance équipés de caméras sensibles. Daniel Bonneau précise que cela devrait être possible dans quelque temps par acquisition automatique sur le télescope de 1 m de l'observatoire de Calern équipé de roues à filtres. Marco Scardia en serait l'utilisateur principal et il faudrait demander à Jean-Pierre Rivet, responsable des instruments, s'il serait d'accord pour autoriser des observations à distance.

La publication dans la revue Observations & Travaux assurera la traçabilité des observations faites.

Parmi les autres pistes envisagées, on peut retenir:

- La suggestion de P. Lampens d'observer des étoiles doubles visuelles, proches mais faibles, comme les étoiles naines froides. Une liste de binaires accessibles pourrait être établie.
- l'observation d'étoiles doubles découvertes dans l'infrarouge et qui peuvent être étudiées visuellement (à Nice, la pollution lumineuse ne permet pas ce type d'activité).
- le suivi des couples observés par GAIA.
- l'observation des binaires photométriques. Laurent Corp peut donner des indications pour l'établissement d'un tel programme.
- le relevé des ambiguïtés sur certaines binaires qui n'ont pas été revues.

Pour finir, Edgar Soulié rappelle qu'il ne faut pas négliger l'initiation à la mesure sur de petits télescopes.