LA CAMPAGNE PHESAT95

Ch. Ruatti et W. Thuillot

Abstract.

Bureau des longitudes has organized an international campaign to observe the eclipses and the mutual phenomena of the main Saturnian satellites during the favorable 1995-1996 period. These phenomena occur only every 15 years. They can lead to very accurate astrometric measurements and to a better knowledge of some physical characteristics of this system of satellites. We give the main results obtained thanks to the coordination of a network of observers.

1. Introduction

Des phénomènes particuliers sont survenus dans le système des satellites de Saturne pendant les années 1995 et 1996. En effet la Terre et le Soleil sont alors passés dans les plans orbitaux de sept des principaux satellites et nous avons alors pu observer des éclipses par la planète et des éclipses et occultations mutuelles. Ces phénomènes rares permettent d'accéder à des mesures astrométriques de précision et à certaines caractéristiques physiques de ces objets. Au Bureau des longitudes, nous avons organisé une campagne pour coordonner ces observations. Des résultats intermédiaires ont déjà été publiés (Arlot et al., 1996, Arlot et al, 1997b), un atelier de travail réunissant les observateurs vient également de se dérouler à Catane (communication de J.E. Arlot, *ibid.*) ; nous donnons dans ce qui suit le bilan actuel de cette campagne d'observation.

2. La campagne d'observation

Les phénomènes des satellites de Saturne avaient été prédits au Bureau des longitudes en 1993 (Arlot et Thuillot, 1993, Thuillot, 1995). Nous avons alors organisé une campagne internationale qui s'est ouverte par un atelier de travail se tenant à Bucarest (Arlot et Stavinschi, 1996). Un réseau d'observateurs existait déjà du fait des campagnes similaires précédentes que nous avions organisées pour l'observation des phénomènes mutuels des satellites galiléens de Jupiter (Arlot 1995, Arlot et al., 1997a). Ce réseau

Table 1. Principaux sites et nombre d'observations réalisées.

lieu d'observation	nb. phén.	nb. éclipses	diam. (cm) télescope	type récepteur
ESO-La Silla (Chili)	20	2	50	PM
St Michel OHP	16	2	80	CCD
OCA Grasse	11		150	PM
Pic-du-Midi	10	16	105	CCD
Obs. Catane (Italie)	10		91	PM
Obs. Bordeaux	7		60	CCD
Obs. Meudon	7		100	CCD
Charlottesville (USA)	4		80	PM
Obs. Zani (Italie)	3		40	PM
Obs. Crimée	3		60	PM
Obs. Kazakhstan	3		60	CCD
Obs. St Véran	3		60	CCD
Chelmsford (UK)	2		100	CCD
Obs. Bucarest (Roumanie)	2		50	PM
Stuttgart (Allemagne)	1		30	CCD
Itajuba (Brésil) (∗)				CCD

(∗) données non encore disponibles

a été sollicité et s'est étendu à quelques nouveaux sites grâce notamment à la meilleure diffusion des informations par le réseau Internet et le serveur Web du laboratoire.

L'objectif poursuivi était dans un premier temps de recueillir le maximum d'observations de ces phénomènes mutuels afin de constituer une base de données astrométriques de précision couvrant toute la période favorable et impliquant si possible l'ensemble des sept premiers satellites de Saturne. À terme ce type d'observation est destiné à être modélisé suivant des méthodes déjà appliquées aux satellites de Jupiter (Descamps, 1994) afin d'en extraire toute la précision astrométrique et de mieux connaître les paramètres des lois de réflexion-diffusion lumineuse à leur surface.

3. Les résultats obtenus

La table 1 montre l'ensemble des observations réalisées et des sites concernés ainsi que le type de télescope et de récepteur utilisés : photomètres (PM) et caméras CCD. À la date de cette présentation, 15 sites ont obtenu des résultats, 102 phénomènes mutuels ont été observés ainsi que 20 éclipses par Saturne. Il faut noter cependant que les observations des satellites de Saturne nécessitaient, pour la plupart des phénomènes, une qualité de site et des performances instrumentales meilleures que celles nécessaires pour le système galiléen pendant les campagnes d'observation PHEMU.

En effet les éclipses par la planètes se déroulaient pour la plupart de ces phénomènes à moins de dix secondes de degré du bord de Saturne et de son anneau. Celui-ci bien que n'étant plus apparent pendant quelques jours autour des dates de traversée de son plan par la Terre et le Soleil demeurait suffisamment brillant pendant la quasi totalité de la campagne pour gêner l'observation de la plupart de ces éclipses.

Les éclipses mutuelles et les occultations mutuelles se sont souvent présentées, elles, dans de meilleures conditions, mais il était cependant nécessaire d'utiliser un récepteur suffisamment rapide et sensible pour bien échantillonner les mesures photométriques. Les difficultés de ces observations résidaient en effet dans la conjugaison de la rapidité de ces phénomènes et de la faible magnitude des principaux satellites. La figure 1 montre un exemple de courbes de lumière enregistrée pendant l'observation d'une éclipse par Saturne, il s'agit du début d'éclipse de Rhéa observée au télescope de 1 m du Pic du Midi le 15 novembre 1994. La figure 2 montre un exemple de courbe de lumière enregistrée pendant l'observation d'un phénomène mutuel, il s'agit de l'éclipse de Encelade par Téthys observée le 22 juillet 1995 au télescope de 80 cm de l'observatoire de Haute-Provence.

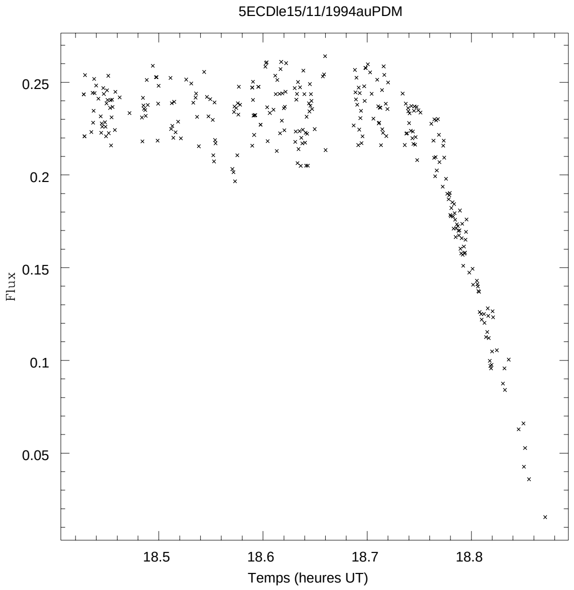

Figure 1. 5ECD le 15/11/1994, Pic-du-Midi, télescope de 1 m.

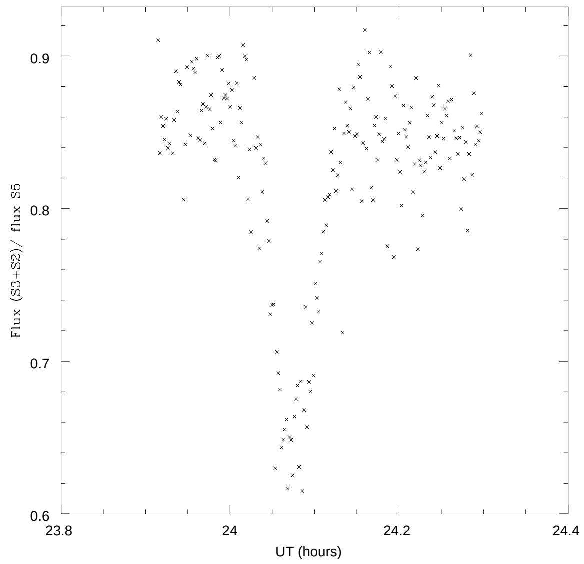

Figure 2. 3E2 le 22/7/1995, observatoire de Haute-Provence, télescope de 80 cm.

4. Comparaison aux prédictions

Nous avons collecté ces observations et constitué ainsi une base de données à partir des mesures photométriques communiquées par les observateurs. Nous avons tenté, de façon préliminaire, d'apprécier la qualité de chaque observation par comparaison à la prédiction. Pour cela un ajustement polynomial dans chaque courbe de lumière a permis de calculer une date de minimum de flux lumineux et une incertitude sur cette date. Des O-C ont pu ensuite être calculés sur ces dates par comparaisons aux dates calculées pour les théories de Dourneau (Dourneau, 1993) et de Vienne et Duriez (Vienne et Duriez, 1995). La deuxième théorie, dénommée TASS, est un modèle dynamique plus complet que toute théorie antérieure ; ces deux modèles ont cependant été ajustés sur le même type d'observations, observations principalement micrométriques et photographiques et en nombre comparable. La figure 3 montre l'allure

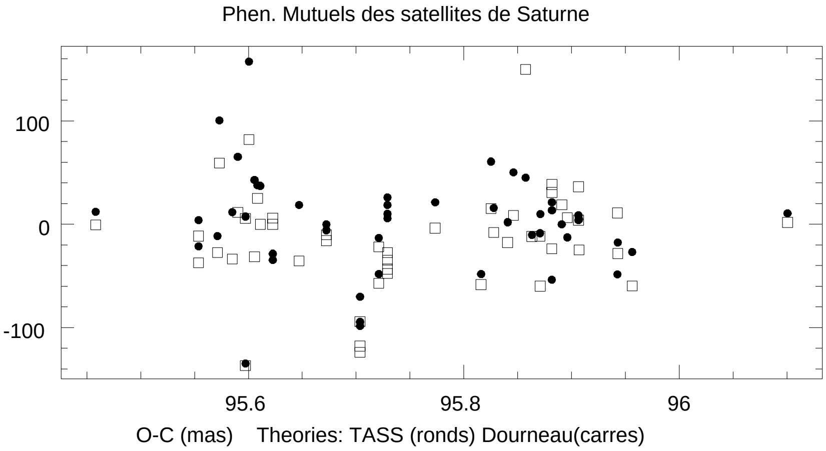

Figure 3. O-C obtenus pour les observations actuellement recueillies.

des résidus obtenus pour les dates du minimum de flux dans cette comparaison, une fois que ces écarts sont convertis en écarts spatiaux par multiplication par la vitesse relative apparente des satellites concernés. Les écart-types alors obtenus sont comparables pour les deux théories (de l'ordre de 0".048) ; la moyenne est cependant plus proche de zéro pour la théorie TASS de Vienne et Duriez.

5. Conclusion

Les observations réalisées pendant la campagne PHESAT95 d'observation des phénomènes mutuels de Saturne ont maintenant été en très grande partie collectées et ont permis une première comparaison à deux modèles théoriques. L'estimation de la qualité astrométrique de ces observations montre que cette précision est conforme à ce que l'on attendait puisque la valeur des écarts-types obtenus de façon très préliminaire est de deux à trois fois moindre que pour des observations de position.

6. Références

Arlot, J.E., 1995, Organisation de la campagne PHESAT95 d'observation des phénomènes des satellites de Saturne, *Journées scientifiques du Service des calculs et de mécanique céleste du Bureau des longitudes 1994, Notes Sc. et Techn. du Bureau des longitudes* **S050**, 17.

Arlot, J.-E., Stavinschi, M., 1996, éditeurs des comptes rendus de l'atelier : *Sur l'observation de phénomènes des satellites de Saturne, Suppl. Ann. Physique* **21**, 1-192, (disponible aussi sur http ://www.bdl.fr/PHESAT95/phesat95.html)

Arlot, J.-E., Thuillot, W., 1993, Eclipses and mutual events of the first eight Saturnian satellites during the 1993-1996 period, *Icarus* **105**, 427.

Arlot, J.-E., Thuillot, W., Colas, F., Descamps, P., Berthier, J., Morando, B., Veiga, C.H., Vu, D.T., Ruatti, Ch., Lecacheux, J., Laques, P., 1996, The PHESAT95 campaign of observations of the phenomena of the Saturnian satellites, Proceedings of the IAU Symposium 172 Dynamics, ephemerides and astrometry of the Solar system, S. Ferraz-Mello, B. Morando and J.-E. Arlot eds., 423.

Arlot, J.E., Ruatti, C., Thuillot, W., Arsenijevic, J., Baptista, R., Barroso Jr., J., Bauer, C., Berthier, J., Blanco, C., Bouchet, P., Bourgeois, J., Bulder, H.J.J., Burchi, R., Cano, J.A., Casas, R., Chauvet, F., Chis, D., Colas, F., Colin, J., D'Ambrosio, V., De Angelis, G., De Benedetto, G., Denzau, H., Desbats, J.M., Descamps, P., Dipaolantonio, A., Dumitrescu, A., Farcas, L., Federspiel, M., Flatres, T., Froeschlé, M., Gherega, O., Gomez-Forrellad, J.M., Guarro, J., Hainaut, O., Horvat, A., Helmer, G., Hube, D., Ito, Y., Kidger, M., Lecacheux, J., Le Campion, J.F., Le Floch, J.C., Mallama, A., Martin, B.E., Mellilo, J.F., Meyer, C., Molau, S., Montignac, G., Morando, B., Nicolet, B., Nitschelm, B., Oprescu, G., Piersimoni, A., Przewozny, D., Protitch-Benishek, V., Rapaport, M., Riou, R., Sacre, J.J., Sevre, F., Shkodrov, V., Souchay, J., Takami, H., Taylor, R., Tholen, D.J., Turcu, V., Vasundhara, R., Vidal, J.L., Vu, D.T., White, G., Wilds, R.P., 1997a, A catalog of the observations of the mutual phenomena of the Galilean satellites made in 1991 during the PHEMU91 campaign, *Astron. Astrophys.* (sous presse).

Arlot, J.-E., Thuillot, W., Colas, F., Vu, D.T., Berthier, J., Descamps, P., Ruatti, Ch., 1997b, First results of the PHESAT95 campaign of observations of the phenomena of the satellites of Saturn, *Dynamics and Astrometry of natural and rtificial celestial bodies*, Proceedings of the *IAU Colloqium 165*, Poznan, I.M. Wytrzyszczak, J.H. Lieske, R.A. Feldman eds., 531.

Descamps, P., 1994, Astrometric analysis of Europa-Io occultations observed in 1991 *Astron. Astrophys.* **291**, 664.

Dourneau, G., 1993, Orbital elements of the eight major satellites of Saturn determined from a fit of their theories of motion to observations from 1886 to 1980, *Astron. Astrophys.* **267**, 292.

Thuillot, W., 1995, Campagne PHESAT95 : les prédictions des phénomènes des satellites de Saturne, *Journées scientifiques du Service des calculs et de mécanique céleste du Bureau des longitudes 1994*, *Notes Sc. et Techn. du Bureau des longitudes* **S050**, 11.

Vienne, A., Duriez, L., 1995, TASS1.6 : Ephemerides of the major Saturnian satellites, *Astron. Astrophys.* **297**, 588.