# UNE MÉTHODE DE RÉDUCTION DES POSITIONS DES SATELLITES NATURELS [1]

**C. H. Veiga**[2,3] et **R. Vieira Martins**[2]

[2]Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, 20921-030 Rio de Janeiro, Brésil. cave@on.br or rvm@on.br
[3]Bureau des Longitudes, 77, avenue Denfert-Rochereau F-75014 Paris, France. cave@bdl.fr

## Résumé

Une nouvelle méthode pour définir un système de référence des observations de satellites naturels obtenues à l'aide d'un télescope de grande distance focale est présentée. Le mouvement de la planète est utilisé pour déterminer l'échelle et la direction du système de référence. Cette méthode a été developpée pour faire la réduction des observations réalisées avec une caméra CCD ou photographique.

## Introduction

Les observations des satellites naturels présentent quelques particularités:

a) les observations sont faites en plusieurs nuits en séquence, et le champ des étoiles est, généralement, le même;

b) pour chaque observation, la position de la planète se déplace par rapport au champ des étoiles;

c) les positions de la planète sont bien connues par rapport un réferentiel équatorial donné (VSOP82, Bretagnon, 1982).

## Méthode Proposée

a) Un minimun de deux jours d'observation est nécessaire pour obtenir un bon arc d'orbite de la planète.

b) Au moins cinq étoiles de connexion sont nécessaires pour toutes les observations.

[1]Les observations ont été faites au Laboratório Nacional de Astrofísica/CNPq/MCT-Itajubá-Brésil.

c) Parfois un champ intermédiaire est nécessaire pour faire la connexion des observations.

## La Méthode

Pour chaque observation sont réalisées:

$1^0$) la construction d'une mosaïque avec toutes les observations (système de référence arbitraire). Grâce à un ajustement de premier degré du champ d'étoiles, la position de la planète est mesurée pour chaque observation où l'on désire déterminer la position des satellites (Veiga, 1992; Veiga et Vieira Martins, 1994a).

$2^0$) la détermination de l'échelle et de la direction à partir des positions de la planète par rapport au système arbitraire. À partir des coordonnées équatoriales de plusieurs positions de la planète et de ses positions mesurées, on fait un ajustement avec un modèle à quatre paramètres.

$3^0$) la détermination de la position des satellites en coordonnées équatoriales en utilisant l'échelle et la direction déterminées précédemment.

## Application de la Méthode

La méthode a été appliquée aux systèmes d'Uranus et Neptune. Pour le système d'Uranus il y a 886 positions du satellite Miranda et 984 positions pour chaque satellite extérieur (Ariel, Umbriel, Titania et Obéron). Ces observations d'Uranus sont sur plaques photographiques (334) et clichés CCD (650), obtenus entre 1993 et 1994. Les observations CCD ont commencé en 1989.

Pour les observations de Neptune, il y a 52 positions de Triton obtenues sur plaques photographiques et 401 positions obtenues sur clichés CCD.

## Comparaison des résultats

Une comparaison a été faite entre les meilleurs résultats, pour le système des satellites d'Uranus, obtenus par Ch. Veillet (Veillet, 1983) au European Southern Observatory (ESO), Chili et ceux obtenus au Laboratório Nacional de Astrofísica, Brésil.

La table 1 montre la comparaison des résultats, il s'agit des déviations standards en seconde d'arc, obtenues à partir de 200 plaques photographiques de Ch. Veillet et à partir de 173 plaques photographiques réalisées au Brésil par cette méthode. Veillet a obtenu des positions des satellites à partir de la construction d'un catalogue secondaire. On peut voir que les résultats sont voisins pour le satellite Miranda, mais pour les autres, les résultats de notre travail sont meilleurs. Il faut remarquer que les résultats de Veillet et les nôtres ne sont pas tout à fait comparables. Nous avons determiné le centre des images à partir d'un traitement photométrique (Veiga et Vieira Martins, 1994b) et nous avons utilisé la théorie, très précise, GUST86 (Laskar et Jacobson, 1987) pour faire la réduction de toutes les positions. Par contre, Veillet a fait les centrages des images visuellement et a utilisé un modèle très simple pour les orbites des satellites d'Uranus.

La table 2 montre la comparaison des résultats entre les résidus moyens et la déviation standard des observations du système d'Uranus pour les 173 plaques photographiques (1pixel= $5\mu$) et les 91 observations CCD (1pixel= $22\mu$). Malgré la différence de la taille du pixel, on vérifie que les résultats sont du même ordre, ce qui montre la bonne qualité des observations obtenues avec le récepteur CCD. Ces résultats sont donnés par rapport au satellite Obéron.

La table 3 donne les résultats, résidus moyens et déviation standard, pour les 52 observations sur plaques photographiques du satellite Triton. Ces résultats sont meilleurs que ce qui est décrit dans les articles sur le sujet.

TAB. 1 - *Comparaison entre les déviations standards, en seconde d'arc, obtenues avec la méthode classique et notre méthode, pour le système des satellites d'Uranus, par rapport au satellite Obéron.*

| Satellite | Ch. Veillet | Cette travail |
|---|---|---|
| | ($\sigma$) | ($\sigma$) |
| Miranda | 0.070 | 0.071 |
| Ariel | 0.070 | 0.023 |
| Umbriel | 0.065 | 0.026 |
| Titania | 0.085 | 0.018 |

TAB. 2 - *Les résidus moyens, en seconde d'arc, et la déviation standard pour 173 plaques photographiques et 91 observations CCD du système des satellites d'Uranus (65 pour Miranda et 75 pour Titania).*

| Satellite | Plaques Photographiques | | Clichés CCD | |
|---|---|---|---|---|
| | $\overline{(o-c)}_x$ | $\overline{(o-c)}_y$ | $\overline{(o-c)}_x$ | $\overline{(o-c)}_y$ |
| | ($\sigma_x$) | ($\sigma_y$) | ($\sigma_x$) | ($\sigma_y$) |
| Miranda | -0.020 | 0.000 | 0.029 | -0.005 |
| | (0.070) | (0.063) | (0.056) | (0.035) |
| Ariel | -0.009 | 0.005 | -0.001 | -0.015 |
| | (0.028) | (0.016) | (0.023) | (0.023) |
| Umbriel | -0.008 | 0.005 | -0.001 | -0.008 |
| | (0.028) | (0.024) | (0.024) | (0.024) |
| Titania | -0.011 | -0.001 | -0.003 | -0.005 |
| | (0.014) | (0.012) | (0.017) | (0.015) |

Tab. 3 - *Les résidus moyens, en seconde d'arc, et la déviation standard pour 52 plaques photographiques de Triton*

| Satellite | par rapport à Neptune | |
|---|---|---|
| | $\overline{(o-c)}_x$ | $\overline{(o-c)}_y$ |
| | $(\sigma_x)$ | $(\sigma_y)$ |
| Triton | -0.019 | 0.025 |
| | (0.066) | (0.062) |

La plupart des observations CCD du système des satellites d'Uranus et de Neptune sont en cours de réduction.

## Conclusions

Comparée avec la méthode classique, la nouvelle méthode présente quelques avantages:

- seules les positions de la planète sont utilisées pour définir le système de référence;
- des objets de même magnitude sont utilisés;
- les positions des étoiles de catalogue ne sont pas utilisées;

Dans ce travail nous avons constaté que la précision des résultats est égale ou meilleure que celle de la méthode classique.

## Références

Bretagnon, P.R.: 1982, Théorie du mouvement de l'ensemble des planètes. Solution VSOP82, Astron. Astrophys. **114**, 278-288.

Laskar,J., Jacobson,R.A.: 1987, GUST86. An analytical ephemeris of Uranian satellites, Astron. Astrophys. **188**, 212-224.

Veiga, C.H.: 1992, Tese de Doutorado, Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brazil.

Veiga, C.H., Vieira Martins, R.: 1994a, A method to define a reference system for the reduction of astrometric positions of natural satellites, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **107**, 551-558.

Veiga, C.H., Vieira Martins,R.: 1994b, Astrometric position determination of digitized images of natural satellites, Astron. Astrophys. (in press)

Veillet, Ch.: 1993, De l'observation et du Mouvement des satellites d'Uranus. Thèse d'Etat - Université de Paris 6.