

*Janusz B. Zielinski*Institut de Géophysique
Académie Polonaise des SciencesPROPOSITIONS CONCERNANT LA DÉTERMINATION DU RAYON
TERRESTRE DE PARALLÈLE PAR LA MÉTHODE
DES OBSERVATIONS DE LASER

Manuscrit reçu Juillet 1970

Sommaire

Pour déterminer la distance l'observateur - l'axe de la rotation de la Terre nous proposons les observations de laser et les observations photographiques durant le passage du satellite par le grand cercle de l'équateur dans les deux vols qui se suivent. Avec la précision des observations angulaires égale à $\pm 2''$ nous attendons la précision de la détermination du rayon parallèle d'un ordre ± 60 m pour une seule mesure.

En application du problème d'utilisation des observations de laser de la Lune (Alley 1969), nous trouvons dans les équations un élément R , nommé "rayon du parallèle" que nous pouvons définir réellement comme distance entre l'axe de rotation terrestre et le lieu d'observation. De cette manière il ne nous reste que de déterminer cette grandeur.

Il paraît que le procédé le plus simple consisterait aux observations de laser de la Lune, à partir du lieu dont les coordonnées géocentriques x, y, z étaient déjà déterminées par la méthode de la géodésie satellitaire, comme par exemple les observations faites dans l'un des points du réseau SAO ou bien dans un point joint avec lui. Nous obtenions ainsi la distance entre l'axe de rotation terrestre et le lieu d'observation:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

On admet que la précision de la position des points du réseau SAO dans le système des coordonnées géocentriques est de 10-15 m (Veis 1966),

(Gaposchkin 1969) et c'est avec cette précision qu'on pourrait calculer R .

Certaines réserves font naître cependant.

Premièrement: les précisions, telles que nous donnent Veis et Gaposchkin ont un caractère des concordances intérieures résultant de la compensation simultanée d'une très grande quantité d'inconnues (au dessus de 400). Il est évident que de telles concordances intérieures seront en principe meilleurs que les précisions réelles résultant de la comparaison des résultats obtenus par des méthodes indépendantes. Par exemple, pour Smithsonian Standard Earth nous avons eu la comparaison avec les trois stations de DSIF qui nous a donné les différences dans R : +32 m, +10 m, -17 m. Nous pouvons constater que la précision réelle résultant des calculs de R suivant l'équation (1) est non de 10-15 m, mais de 20-30 m.

Deuxièmement: une échelle du système des coordonnées du réseau SAO est basée sur la constante GM. Par contre, une échelle de la mesure de la distance Terre-Lune est liée avec la vitesse de la lumière. Il ne serait pas à désirer de confondre pour cette application ces deux échelles de longueur. Le projet ci-dessous présente la possibilité de déterminer R d'une façon directe (dans un système comprenant les deux inconnues) dans une échelle déterminée par la mesure de laser.

Admettons que nous observons le satellite durant son vol par le grand cercle de l'équateur - en même temps à l'aide de la chambre du lever et du télémètre de laser. Après une rotation dans l'orbite, le satellite se trouvera de nouveau à proximité du lieu d'observation, ce qui nous permettra de faire la mesure comme auparavant. Si nous prenons l'orbite dont un angle d'inclination est i , le déplacement du plan de l'orbite fait dans le même temps que celui d'une seule rotation ne sera pas grand: nous obtenons une figure analogue à celle que la montre la Fig. 1 ci-dessous: cette figure se trouve dans un plan du parallèle du lieu d'observation. Les grandeurs suivantes sont mesurées: l_1 , l_2 , s_1 , s_2 , θ .

D'après de simples dépendances géométriques nous obtenons:

$$\gamma = s_1 + s_2 - \theta \quad (2)$$

$$d^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos \gamma \quad (3)$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{l_2 \sin \gamma}{d} \quad (4)$$

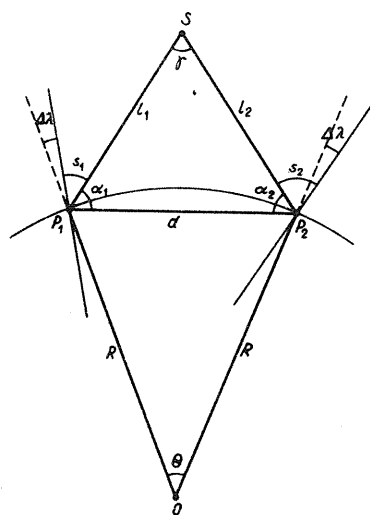


Fig. 1

$$\sin \alpha_2 = \frac{l_2 \sin \gamma}{d} \quad (4)$$

$$\Delta\lambda = \alpha_1 - (90 - s_1 - \frac{\theta}{2}) = 90 - s_s + \frac{\theta}{2} - \alpha_2 \quad (5)$$

$$R = \frac{d}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (6)$$

Nous pouvons aussi généraliser la méthode en faisant des observations non dans le plan de l'équateur topocentrique mais dans le plan quelconque qui soit le plus commode du point de vue des conditions des observations. Pour effectuer cela, il est nécessaire de faire des observations du satellite deux fois dans environ le même fragment de l'arc de l'orbite.

Nous pouvons constater que la latitude géocentrique du satellite doit être égale pour toutes les deux observations. Il faut donc chercher le plan qui contienne les trois vecteurs: S_1P_1 , P_1P_2 , P_2S_2 . Cela est toujours possible à condition que nous avons deux séries des mesures avec à peu près la même latitude géocentrique.

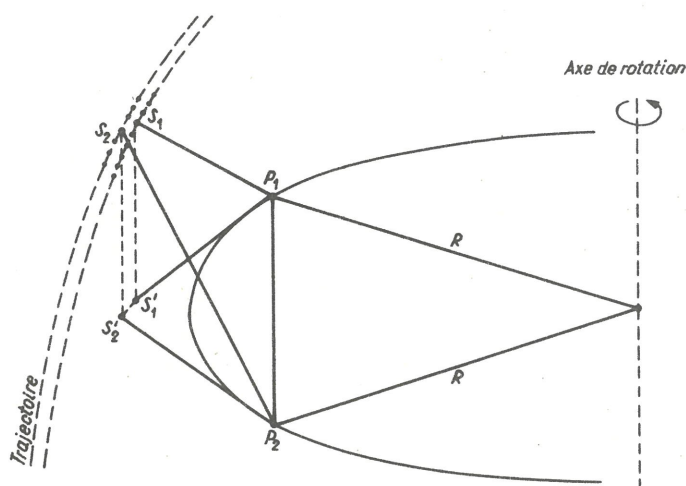


Fig. 2

Après avoir dressé la figure $S_1P_1P_2S_2$ et une propre interpolation des valeurs α , δ , l et T , il ne suffit que de projeter cette figure sur le plan de l'équateur, en multipliant les distances " l " par $\cos \delta$, pour obtenir le cas décrit auparavant.

Néanmoins, il faudrait ajouter que la précision du résultat final diminue avec une augmentation d'inclinaison du plan $S_1P_1P_2S_2$ par rapport à l'équateur. Alors, s'il y a la possibilité de bien programmer des observations dans un autre plan que celui de l'équateur, il vaut mieux qu'elles soient programmées aussi près de l'équateur que cela soit possible.

Prenons maintenant en considération la précision elle-même.

Admettons que les observations photographiques sont faites avec la précision $2''$ où la mesure de distance est 1,5 m et le temps mesuré $0^s.001$. Il serait avantageux de savoir quelle est la stabilité du point S , c'est-à-dire jusqu'à quel point nous pouvons considérer qu'après une rotation le satellite se trouvera dans le même point. En effet, cela n'aura pas lieu et il nous faudra faire la réduction, en tenant compte des perturbations. Les plus dangereuses sont les perturbations provenant des harmoniques tesserales du champ de gravitation de la Terre. Le problème qui se pose ici est de donner la précision des calculs de ces perturbations. L'auteur a fait des calculs pour l'orbite du satellite GEOS B par la méthode de l'intégration numérique, afin d'examiner l'influence des erreurs des valeurs des harmoniques tesserales 22,32,33,42 qui sont admises actuellement. On a utilisé deux groupes de ces valeurs: - Smithsonian Standard Earth et Gaposchkin (1969).

On a admis que la différence entre les valeurs correspondantes de deux de ces groupes fait une erreur d'une valeur donnée. Il s'est avéré que l'influence sommaire de ces erreurs sur la position du satellite dans un plan de l'équateur sera de ± 20 m d'où environ 15 m dans la direction du rayon et 5 m dans la direction transversale. Vu que la perturbation est une fonction du lieu dans le cas où il y a lieu une quantité considérable de telles observations pendant lesquelles le satellite se trouvera dans les positions différentes par rapport à la station, une erreur provenant de la non-stabilité du point aura un caractère casuel.

La distance entre l'observateur et la satellite GEOS B ou BEB sera environ de 1000 km à 3000 km.

Une erreur de l'observation $2''$ sera donc équivalent à un écart linéaire de 10-30 m donc équivalent à la précision de la stabilité du point S .

Pour pouvoir simplifier l'analyse admettons qu'une erreur de la mesure d'un angle est $3''$, une erreur de la distance est 15 m et le point S est stabilisé.

En application d'une équation sur l'erreur de la fonction pour la grandeur α , dans un cas concret du satellite GEOS B, de la latitude du lieu d'observation 30° et $l_1 = l_2$ nous obtenons une erreur $\Delta \alpha$:

$$\Delta \alpha = \pm 30 \text{ m}$$

$$\Delta R = \pm 60 \text{ m}$$

Ce ne sont bien sur que des nombres d'orientation puisque la précision de déterminer est une fonction de nombreux facteurs comme par exemple l'orbite du satellite, la latitude du lieu d'observation, la forme de la fig. P_1SP_2 ect. Il paraît que cette précision est peu attractive lorsqu'on a déjà déterminé les coordonnées géocentriques des certains points avec la précision environ ± 15 m. Il ne faut pas quand même oublier que cette précision a été obtenue à l'aide des milliers d'observations tandis que dans la méthode que l'on propose nous pouvons l'avoir la même en utilisant, toute proportion gardée, une série de 10 à 20 déterminations. En tout cas, nous pouvons considérer cette méthode comme une façon indépendante du contrôle des résultats obtenus par la compensation par la méthode dynamique.

References

- Alley C. O.: The Apollo 11 Laser Ranging Retro-Reflector Experiment. Pres. COSPAR Meeting, Prague 1969.
- Lundquist C. A., Veis G.: Geodetic Parameters for as 1966 Smithsonian Standard Earth. SAO Spec. Rept No. 200, 1966.
- Gaposchkin E. M.: Improved values for the tesseral harmonics of the geopotential and station coordinates. Pres. COSPAR Meeting, Prague 1969.

Я. Б. Зелиньски

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРОТНОГО РАДИУСА ЗЕМЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Содержание

Для определения расстояния между наблюдателем и осью вращения Земли, предлагается провести фотографические и лазерные наблюдения во время перехода спутника через большой круг экватора в двух очередных перелётах. Для наблюдений проведенных с точностью порядка ± 2 сек. дуги, ожидается точность определения широтного радиуса порядка ± 60 м. для одного измерения.