

## MESURER LA DISTANCE DE LA LUNE AVEC UN APPAREIL PHOTO

Guillem Anglada 1,2,3 et Emilio Llorente 2,3

1 Département d'Astronomie et de Météorologie, Université de Barcelone

2 Lycée "Baldini Guilera", El Prat de Llobregat

3 Séminaire Permanent d'Astronomie, ICE, Université Polytechnique de Catalogne

### RESUME

Nous avons mesuré la distance de la Lune par la méthode des parallaxes. L'expérience a été menée avec des élèves de Lycée (Institut de Batxillerat "Baldini Guilera", El Prat de Llobregat). Le déplacement parallactique a été mesuré directement à partir de deux diapositives prises au même instant avec deux appareils photo ordinaires situés en deux endroits éloignés.

### INTRODUCTION

Ce projet avait pour objectif d'initier des élèves de Lycée aux méthodes de la recherche scientifique. En ce sens, les expériences d'astronomie sont, en général, particulièrement aptes à illustrer les lois de la Nature. Mais du fait que les objets célestes ne peuvent pas être transportés au laboratoire pour y être étudiés directement, il faut attendre patiemment l'occasion de les saisir au vol au bon moment. L'Astronomie est donc une science d'observation qui exige de bons instruments et une prévision exacte. Dans notre cas, l'expérience était conçue pour tirer tout le parti possible d'un instrument de précision mais tout à fait courant: un appareil photo.

Exactement comme pour une vraie expérience d'astronomie, la nôtre demandait une planification rigoureuse: choix de sites convenables pour l'observation et détermination de leurs coordonnées géographiques; choix des jours et heures où la Lune pourrait être observée dans des conditions optimales à partir des deux sites; choix de l'objectif et du film; synchronisation des observations et bien entendu, attente d'une météo propice. En comparant les deux diapos, nous avons mesuré le déplacement causé par l'effet de parallaxe et grâce à des formules mathématiques établies à cet effet, nous avons déduit sa distance. Sauf celles qui ont été déduites de l'observation, les seules données utilisées ont été les coordonnées géographiques des sites. En d'autres termes, nous avons utilisé une seule donnée de connaissance, la valeur du rayon terrestre, pour en inférer la distance de l'objet astronomique le plus proche de nous: la Lune.

D'un point de vue purement didactique, nous pensons que l'expérience a eu des résultats positifs en ce sens que les élèves ont pu participer de diverses façons, qui allaient de l'observation proprement dite ou de la construction d'instruments simples jusqu'à l'exécution de calculs ou à l'étude des formules trigonométriques nécessaires. L'ensemble du projet s'est déroulé au cours de l'année scolaire 1987-88. La préparation de l'expérience et la réduction des données ont eu lieu dans le cadre de classes d'astronomie auxquelles participaient l'ensemble des élèves alors que les observations ont été faites par un groupe restreint d'élèves plus motivés. Cette expérience se prête particulièrement bien à une coopération entre des écoles de pays différents parce que les photos peuvent être prises indépendamment, après accord sur la date et l'heure, puis échangées par la suite.

## L'EXPERIENCE

Le principe de l'expérience consiste à mesurer le déplacement de l'image de la Lune causé par l'effet de parallaxe, relativement aux étoiles du champ, par comparaison de deux photos prises de deux sites différents et suffisamment éloignés. A cause du mouvement relativement rapide de la Lune par rapport aux étoiles, les deux photos doivent être prises au même instant. On trouvera les détails de l'expérience et les formules mathématiques dans Llorente et Anglada (1988).

Les endroits choisis pour notre expérience se trouvaient près de Barcelone (Espagne) pour le groupe principal et près de Boston (Etats-Unis) où l'un de nous effectuait un voyage touristique. On a choisi un jour proche de la Pleine Lune afin d'être sûr que celle-ci serait visible simultanément des deux sites. La détermination de l'heure d'observation optimale a permis d'introduire l'usage du planisphère et d'un programme informatique de type "planétarium". Après plusieurs essais, nous avons trouvé que la meilleure combinaison faisait appel à un téléobjectif de 200mm et un film Ektachrome 400ASA pour diapositives avec une pose de 4 sec. à f/4,5. En outre, le groupe resté en Espagne a procédé à des mesures de l'azimut, de l'altitude et de l'angle horaire avec les goniomètres qu'ils avaient construits.

L'angle de parallaxe peut être déduit du déplacement  $\ell$  de l'image mesuré sur sur deux diapos prises au même instant, par la relation:

$$\tan \varepsilon = \frac{\ell}{F}$$

où  $F$  est la focale de l'objectif (200mm). Pour mesurer avec précision le déplacement  $\ell$ , nous avons projeté les diapos sur un écran et nous l'avons mesuré après avoir mis en correspondance les étoiles visibles sur les deux photos (le déplacement  $\ell$  constaté sur les diapos sera donc le déplacement mesuré sur l'écran divisé par le grandissement de l'image projetée).

Une fois que l'angle de parallaxe  $\varepsilon$  est connu, on peut déduire la distance de la Lune en résolvant un triangle dont les sommets sont la Lune et les deux sites d'observation. Ainsi, la distance du sommet A à la Lune sera donnée par:

$$d = \frac{d_{AB} \sin(\alpha + \varepsilon)}{\sin \varepsilon}$$

où  $d_{AB}$  est la distance entre les deux sites A et B. Si ces sites sont situés à peu de chose près sur le même parallèle géographique, la distance  $d_{AB}$  et l'angle  $\alpha$  peuvent être facilement calculés par:

$$d_{AB} = 2R \cos \phi \sin \frac{\Delta \lambda}{2}$$

$$\alpha = 90^\circ + \frac{\Delta \lambda}{2} - H$$

où  $R$  est le rayon de la Terre,  $\phi$  la latitude (identique pour les deux sites),  $\Delta \lambda$  la différence entre leurs longitudes géographiques et  $H$  l'angle horaire de la Lune en A. On peut mesurer l'angle  $H$  ou encore le déterminer, par exemple à partir du temps  $t$  écoulé depuis le passage de la Lune au méridien:

Si les deux sites ont des latitudes géographiques sensiblement différentes, il faut alors connaître la position de la Lune (par exemple, son azimut et son altitude) et les expressions mathématiques se compliquent (pour de plus amples détails, voir Llorente et Anglada 1988).

#### LES RESULTATS

Les observations ont été faites le 6 février 1988. Plusieurs photos ont été prises parmi lesquelles on a sélectionné deux paires. Le déplacement causé par la parallaxe évaluait environ  $0.8^\circ$ . La distance Terre-Lune obtenue est alors de 408000 km soit 64 rayons terrestres, en bon accord pour la distance réelle pour cette date, soit 63 rayons terrestres.

#### REMERCIEMENTS:

Ce projet a été en partie soutenu par la Bourse 3546T1 de l'Université Polytechnique de Catalogne (ICE) et a reçu le "Prix CIRIT pour l'éveil des jeunes à l'esprit scientifique". G.A. a reçu une bourse de recherche de la DGU et du CIRIT.

#### REFERENCES:

Llorente, E. et Anglada, G., 1988. Mesura de la distància Terra-Luna, Mèmorìa del grup de treball. Universitat Polytechniquede Catalogne ICE.

