

Document 1 : station de télémétrie LASER

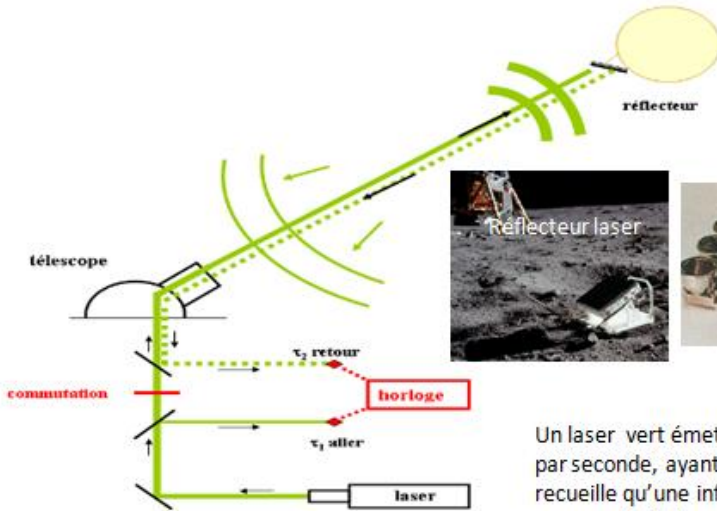
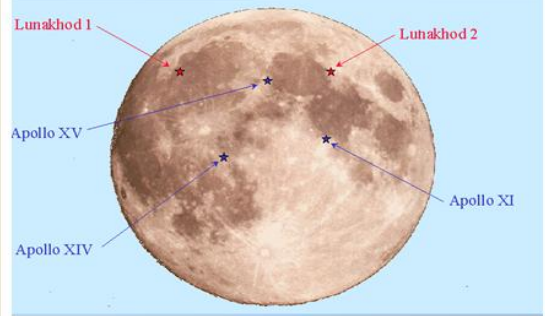
La station de télémétrie laser-Lune de l'OCA, maintenue et développée par une équipe de sept personnes, est l'un des instruments opérationnels du plateau de Calern, le site d'observation de l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Elle a pour but technique d'obtenir des distances d'un point fixe de la Terre (croisée des deux axes de rotation du télescope) aux cinq points de la Lune où ont été déposés des réflecteurs (missions américaines Apollo XI, XIV et XV, et sondes soviétiques Lunakhod 17 et 21



Elle utilise pour cela un laser et un télescope. L'impulsion laser est datée au départ. Une partie de cette impulsion captée par le télescope est datée au retour. La différence des deux dates donne le temps mis par la lumière pour faire l'aller-retour et, connaissant la vitesse de la lumière (constante physique), on peut en déduire la distance.

Il faut, bien entendu, tenir compte de beaucoup d'autres phénomènes complexes tels que, le changement de la vitesse de la lumière selon l'altitude et les diverses couches d'air, l'allongement du trajet du photon à cause de la gravitation due au Soleil et aux planètes les plus massives, les marées terrestres et lunaires qui font varier les distances, d'une part entre le télescope et le centre de la Terre, et d'autre part entre le coin de cube sur la Lune et le centre de la Lune, etc... en tout une bonne trentaine de paramètres différents.



Apollo 14: 100 retro réflecteurs « coin de cube » de 38 mm sur un plan

Un laser vert émettant à une longueur d'onde de 532 nm, envoie 10 impulsions par seconde, ayant chacune une énergie de 200mJ. Un réflecteur lunaire ne recueille qu'une infime partie de l'énergie émise. Après réflexion, une partie encore plus infime est collectée par le télescope au sol.

Terre

Lune

Un fichier de données contient une multitude de données du type :

511998 213223121731439026629923314973301910 80001029011 08861001151905320a0524

5	identification du format	1 caractère
1	couleur du laser (1 = vert 2 = infrarouge)	1 car.
19980213	date (année mois jour) le 13 février 1998	8 car.
2231	heure minute 22 h 31 minutes	4 car.
217314390	secondes (au moment du tir : l'unité est la centaine de nanoseconde)	9 car.
26629923314973	Mesure (l'unité est le dixième de picoseconde)	14 car.
3	réflecteur 0 = Apollo XI 2 = Apollo XIV 3 = Apollo XV 4 = Lunakhod 2	1 car.
01910	site d'observation (ici l'OCA/CERGA)	5 car.
080	nombre d'échos pour le point normal	3 car.
001029	l'incertitude estimée (l'unité est le dixième de picoseconde)	6 car.
011	signal/bruit estimé (unité = 0.1)	3 car.
1 caractère blanc		1 car.
088610	pression atmosphérique (unité = 0.01 mbar)	6 car.
0115	température atmosphérique (unité = 0.1 deg C)	4 car.
19	humidité en pourcentage	2 car.
05320	longueur d'onde du laser (unité = 0.1 nm)	5 car.
a	version du fichier	1 car.
0524	durée de la série en secondes	4 car

- 1- Calculer l'énergie d'un photon émis par le laser. $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 2- En déduire le nombre de photons par impulsion.
- 3- Pour 6000 impulsions émises, on considère que moins de 100 photons sont collectés sur Terre. Comparer l'énergie émise par le laser et celle reçue par le télescope.
- 4- Quel est le réflecteur utilisé ?
- 5- Quelle est la durée de la mesure en seconde ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$)
- 6- Quel est l'encadrement, compte tenu de l'incertitude estimée, de cette mesure de durée.
- 7- Donner un encadrement de la distance Terre-Lune déduite de cette mesure.
- 8- L'émission d'un laser correspond à la transition entre 2 niveaux d'énergies d'un atome (20.66 eV et 18.70 eV). Calculer la longueur d'onde de la radiation ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$). Quelle est la couleur de ce laser ? Est-ce celui utilisé pour l'expérience de télémétrie ?
- 9- Un laser à gaz carbonique, utilisé comme laser de puissance, émet dans le domaine non visible. La longueur d'onde d'émission est $\lambda = 10,6 \text{ mm}$. les lasers au CO_2 sont couramment utilisés dans l'industrie pour la découpe et la soudure, et, avec une moindre puissance, pour la gravure. On les retrouve aussi en chirurgie car ils opèrent sur une longueur d'onde très bien absorbée par l'eau, donc par les tissus vivants.
 - a) Dans quel domaine de longueur d'onde se situe cette émission ?
 - b) La puissance d'émission étant élevée, $P = 400 \text{ W}$, ce type de laser ne peut fonctionner que par impulsion. Chaque impulsion dure 1 ms et la fréquence d'émission $f = 200 \text{ Hz}$. Quelles sont la puissance et l'énergie d'une impulsion ?

