

### Exercice 1 : Distance Terre-lune (d'après un travail du GRIESP)

L'expérience « laser-lune » de l'Observatoire de La Côte d'Azur (OCA) a pour but la détermination précise de la distance terre-lune et de ses variations.

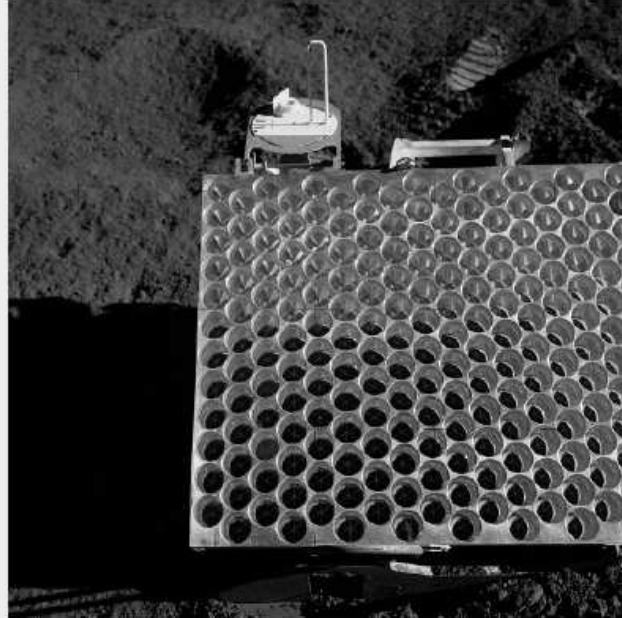
Le principe est la mesure de la durée d'aller-retour d'une impulsion laser émise du sol terrestre vers un réflecteur lunaire, soit  $\tau = 2,56$  s entre l'émission d'une impulsion et la réception du signal de retour correspondant. Actuellement, la distance terre-lune est déterminée au centimètre près, la précision atteinte sur la mesure de  $\tau$  étant de  $\delta\tau \approx 100$  ps.

Dans le cas du laser-lune la longueur d'onde est  $\lambda = 532$  nm (laser YAG-Nd doublé). Le diamètre du faisceau à la sortie du laser est de 1,2 cm. Le laser émet une centaine d'impulsions en 10 s. Chaque impulsion du laser émet une énergie  $E = 0,3$  J sur une durée de  $0,3$   $\mu$ s (puissance-crête de 1 MW!).

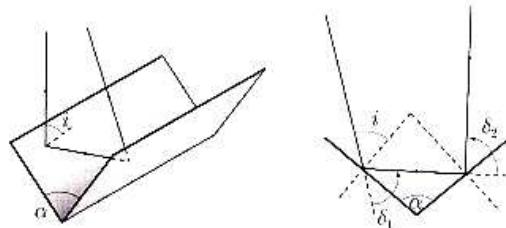
Le réflecteur lunaire est un panneau composé d'une mosaïque d'éléments catadioptriques, de type « coins de cube ». La proportion moyenne des photons détectés après réflexion sur la lune est inférieure à 1 sur  $10^{19}$ .

à droite : réflecteur déposé sur la Lune par les astronautes de la mission Appolo XV. C'est le plus grand des réflecteurs déposés sur la lune (dimensions 1 m x 0,6 m).

Source : NASA, Appolo XV Map and Image Library, image n° AS15-85-11468



- 1) Un catadioptré est constitué de deux miroirs plans, d'arrête commune formant un dièdre d'angle  $\alpha$ . Un rayon arrive sur un des miroirs sous un angle d'incidence  $i$ .



Exprimer la déviation totale  $D$  en fonction de  $\alpha$ .

- 2) Quelle est la valeur de  $\alpha$  pour notre application ? Discuter de la valeur de  $D$ .
- 3) Estimer le nombre de photons arrivant à chaque impulsion sur le panneau de catadioptrés lunaires. (donnée : constante de Planck :  $h \approx 6 \times 10^{-34}$  J.s)

**Exercice 2 :**

Une VMC aspire de l'air initialement au repos à une vitesse de  $1\text{m/s}$  au niveau de sa section d'entrée  $S = 100\text{cm}^2$  (avant moteur). Estimer la masse maximale de l'objet pouvant être mis en lévitation par la VMC.



### Exercice 1 : Distance Terre-lune

$$1) \alpha + \frac{\pi}{2} - i + \frac{\pi}{2} - r = \pi$$

$$D = \delta_1 + \delta_2 = (\pi - 2i) + (\pi - 2r) = (\pi - 2i) + (\pi - 2(\alpha - i)) = 2\pi - 2\alpha$$

2) Si  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  alors le rayon réfléchi repart dans la même direction mais en sens opposé du rayon incident.

3) On connaît :

- La longueur d'onde de travail  $\lambda = 532nm$
- Le diamètre de sortie du laser  $D = 1,2cm$
- Le temps d'émission d'une impulsion  $\Delta t = 0,3\mu s$  de  $E = 0,3J$
- Surface des réflecteurs :  $S = 1m \times 0,6m$
- Temps aller-retour  $\tau = 2,56s$

Pendant une impulsion, nous avons un nombre  $N$  de photons donnés par :

$$N = \frac{E}{hc} \lambda$$

En sortie de laser, l'ouverture angulaire est fixée par la diffraction :  $\Delta\theta \approx \frac{\lambda}{D}$

Donc ce nombre  $N$  de photons se répartie sur une surface donnée par  $\pi\left(\frac{\lambda}{D} \times c \times \frac{\tau}{2}\right)^2$  et les capteurs vont prendre une fraction de ce nombre donné par :

$$N_{\text{captés}} = \frac{\frac{E}{hc} \lambda S}{\pi\left(\frac{\lambda}{D} \times c \times \frac{\tau}{2}\right)^2} \approx 0,5 \times 10^9$$

Ce nombre est à comparer à  $N \approx 10^{18}$  : 1 photon reçu sur  $10^9$  envoyés d'où les nombreuses impulsions.

**Exercice 2 :**

En négligeant la différence d'altitude, alors :  $\Delta P = \rho \frac{v^2}{2} \approx 0,5Pa$  et la lévitation implique

$$m = \frac{\Delta P S}{g} = \frac{0,5 \times 10^{-2}}{10} = 0,5g$$