

## Exercice n° 6 (d'après livre Physique chimie terminale Microméga)

Dans les années 1970, les missions spatiales américaines Apollo, ainsi que les sondes russes Lunokhod ont déposé sur le sol lunaire des réflecteurs tournés vers la Terre (Fig. 4) qui servent à la mesure de la distance Terre-Lune par télémétrie laser.

Il existe des contraintes pour le choix de la source lumineuse.

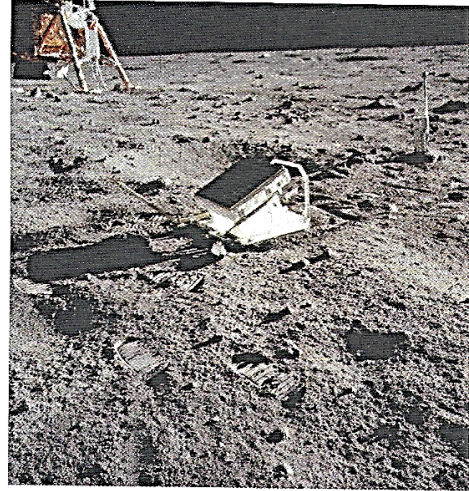
- La télémétrie Terre-Lune nécessite que le faisceau diverge très peu.
- La lumière doit avoir une longueur d'onde précise.
- La source doit être puissante : pour  $10^{17}$  photons émis, un seul revient sur le détecteur terrestre après réflexion sur le réflecteur lunaire.

La distance moyenne Terre-Lune est  $D = 3,844 \cdot 10^7$  m.

La célérité de la lumière dans le vide est  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>.

Certains observatoires utilisent, un laser Nd-YAG, émettant des salves d'une lumière verte de longueur d'onde  $\lambda = 532$  nm.

- Rappeler la relation entre l'énergie  $E$  de chaque photon émis par le laser et la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation associée.
- Calculer  $E$  en joules.
- Identifier les trois propriétés de la lumière laser qui la rendent adaptée à la télémétrie Terre-Lune.
- Le récepteur est sensible à une dizaine de photons, au moins. Calculer l'énergie minimale  $E_{\text{salve}}$  de la salve que doit émettre le laser. Sachant qu'une salve dure 0,3 ns, calculer la puissance correspondante.
- Déterminer la durée aller-retour du faisceau lumineux, notée  $t$ .
- En utilisant la relation  $\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta t}{t}$ , déterminer l'incertitude absolue  $\Delta t$  maximale pour que  $\Delta D \leq 1$  mm.



**Fig. 4** Réflecteur déposé par la mission Apollo 11 dans la Mer de la Tranquillité, en 1969.

## Corrigé

**a** La relation est :  $E = \frac{hc}{\lambda}$

**b** L'énergie d'un photon est donc :

$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{532 \cdot 10^{-9}} = 3,74 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

**c** Le faisceau doit peu diverger, donc la directivité du laser est adaptée.

La lumière ne doit comporter qu'une longueur d'onde : cela correspond à la monochromaticité du laser.

Enfin, une source de grande **puissance** est nécessaire pour que de la lumière revienne sur les détecteurs.

**d** Une dizaine de photons ont l'énergie  $E' = 10E = 3,74 \cdot 10^{-18}$  J. Comme il faut envoyer  $10^{17}$  fois plus de photons, l'énergie émise doit être  $E_{\text{salve}} = 10^{17} E' = 3,74 \cdot 10^{-1}$  J.

Il suffit donc d'un laser émettant des salves de 0,4 J environ.

La puissance d'émission est  $\frac{0,374}{0,3 \cdot 10^{-9}} = 1,10^9$  W soit 1 GW.

**e** La durée aller-retour du faisceau est :

$$t = \frac{2D}{c} = \frac{2 \times 3,844 \cdot 10^7}{3,00 \cdot 10^8} = 0,256 \text{ s}$$

**f** L'incertitude maximale requise pour  $t$  est :

$$\Delta t = t \frac{\Delta D}{D} = 0,256 \times \frac{1 \cdot 10^{-3}}{3,844 \cdot 10^7} = 7 \cdot 10^{-12} \text{ s} = 7 \text{ ps}$$