Correction de l'exercice
"La télémétrie laser"
(Bac S - Afrique - juin 2013)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. À propos du laser

1.1. Soit ν' la nouvelle fréquence : $\nu' = 2\,\nu$

La nouvelle longueur d'onde vaut alors : $\lambda' = \dfrac{c}{\nu'} = \dfrac{c}{2\nu} = \dfrac{\lambda}{2}$

Doubler la fréquence permet donc de diviser par deux la longueur d'onde émise initialement par le laser.

1.2.1. Dans un laser pulsé, de l'énergie est émise pendant des durées très brèves. On parle de concentration temporelle de l'énergie.

1.2.2. D'après le doc.1, chaque impulsion, d'une durée Δt = 20 ps, émet une énergie E = 200 mJ.

La puissance instantanée est donc $p = \dfrac{E}{\Delta t} = \dfrac{200\times10^{-3}}{20\times10^{-12}} = 1{,}0\times10^{10}$ W , d'où l'expression "puissance instantanée fantastique" utilisée par Etienne Samain.

1.3. L'énergie d'un photon vaut $E_{photon} = \dfrac{hc}{\lambda}$

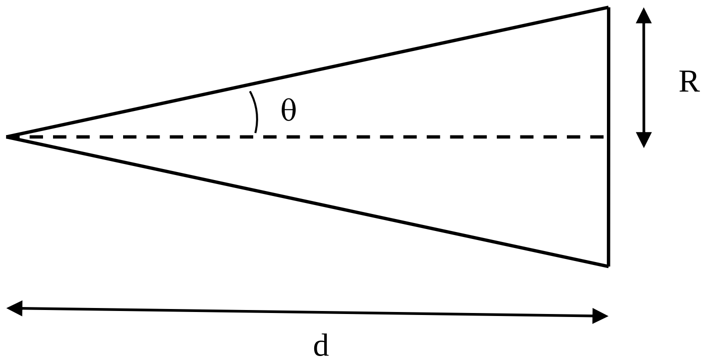
Le nombre de photons émis à chaque impulsion d'énergie E = 200 mJ est donc :

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

En utilisant les ordres de grandeur comme préconisé par l'énoncé, on obtient :

$$N \simeq \frac{(10^3\times10^{-9})\times(10^2\times10^{-3})}{10^{-33}\times10^8} = 10^{18} \text{ photons}$$

1.4.1.



$$\tan\theta = \frac{R}{d}\ , \text{ donc } R = d \times \tan\theta = 4\times10^{5} \times \tan(1\times10^{-6}) = 0{,}4 \text{ km}$$

1.4.2. Effectivement, même si l'angle correspondant à la divergence est petit (1×10^{-6} rad), le diamètre du faisceau à la surface de la Lune est très grand : 800 m, soit 400 fois plus grand que le diamètre du faisceau à la sortie du laser.

2. À propos de la mesure de la distance Terre-Lune

2.1.1. La durée Δt indiquée dans la 3ème colonne correspond à un aller-retour, donc à une distance 2 $d_{T\text{-}L}$, parcouru à la célérité de la lumière dans le vide c.

$$2\ d_{T\text{-}L} = c \times \Delta t$$

$$\Rightarrow \quad d_{T\text{-}L} = \frac{c \times \Delta t}{2}$$

Pour la ligne avec une case vide, on obtient :

$$d_{T\text{-}L} = \frac{299792458 \times 2416444051 1979 \times 10^{-13}}{2} = 362215850{,}86 \text{ m} = 362215{,}85086 \text{ km}$$

Remarque : dans ce calcul, on n'a pas tenu compte du fait que lors de l'aller-retour, une petite partie du trajet n'a pas lieu dans le vide, mais dans l'atmosphère terrestre, où la célérité de la lumière est très légèrement différente de celle dans le vide.

2.1.2. D'après le nombre de chiffres significatifs pour les distances indiquées dans la 4ème colonne du tableau, on peut considérer que l'incertitude correspondante vaut 0,00001 km, soit 1 cm.

2.1.3. Pour atteindre une telle précision (à 10^{-12} s près), il faut utiliser une horloge atomique.

2.2. 1ère hypothèse : la trajectoire n'est pas circulaire (en fait, elle est globalement elliptique, avec de nombreuses perturbations).

2ème hypothèse : l'atmosphère terrestre évoluant, la vitesse de la lumière dans l'atmosphère n'est pas la même pour les différentes mesures effectuées, ce qui peut entraîner des écarts dans les mesures.