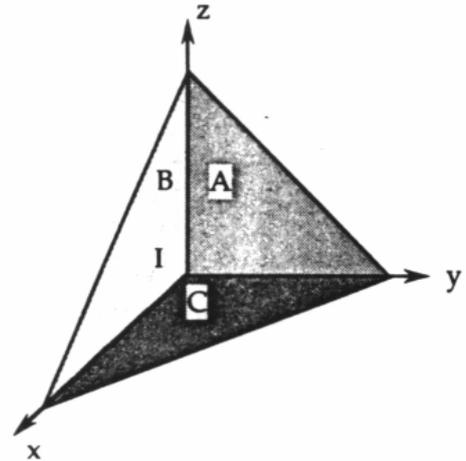


**Optique. Mesure de la distance Terre-Lune** (Extrait du concours X 1994)

Données numériques :	Distance moyenne Terre-Soleil	$D = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$
	Distance moyenne Terre-Lune	$d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$
	Période de révolution de la Terre	$T_T = 365 \text{ jours}$
	Période de révolution sidérale de la Lune	$T_L = 27,2 \text{ jours}$
	Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
	Constante de gravitation universelle	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
	Constante de Planck	$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Pour mesurer avec précision la distance Terre-Lune, on émet une impulsion laser au foyer  $F$  d'un télescope placé à la surface de la Terre. Ce télescope est pointé en direction d'un réflecteur posé sur la Lune, qui renvoie vers la Terre la lumière qu'il reçoit. La mesure du temps  $\tau$  écoulé entre l'émission et la réception du signal en  $F$  permet de déterminer la longueur du chemin optique aller-retour  $d'$  parcouru par le rayon lumineux, dont on déduit la distance Terre-Lune  $d$ .



1.) Le réflecteur posé sur la Lune est un « coin de cube », c'est-à-dire un ensemble de trois miroirs plans identiques A, B et C formant les 3 faces d'un trièdre rectangle  $Ixyz$ .

a) Montrer que l'image d'un point quelconque  $M$  de coordonnées  $(x, y, z)$ , après réflexions sur les trois miroirs, est le point  $M'$  symétrique de  $M$  par rapport à  $I$ .

b) En déduire qu'un rayon lumineux émis de la Terre et arrivant sur le coin de cube est renvoyé après trois réflexions sur les miroirs A, B, C dans la direction exactement opposée, quelle que soit l'orientation du trièdre. Montrer en outre que tous les rayons lumineux réfléchis par le coin de cube parcourent exactement le même chemin optique entre l'émission et la réception en  $F$ .

2. a) Les différents rayons lumineux issus du télescope sont émis uniformément dans un cône de demi-angle au sommet  $\alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ rad}$ . D'autre part, le faisceau de retour présente une divergence due à la diffraction qui a lieu lors de la réflexion sur le coin de cube. Estimer l'ordre de grandeur de la fraction de la puissance lumineuse émise depuis la Terre qui est recueillie à son retour par le télescope si on néglige les effets liés à l'atmosphère et les pertes à la réflexion.

- On donne :
- Surface apparente du coin de cube :  $\sigma = 1 \text{ cm}^2$
  - Surface du télescope :  $\sigma' = 1,8 \text{ m}^2$
  - Longueur d'onde de la lumière laser :  $\lambda = 0,53 \mu\text{m}$ .

b) L'énergie  $\varepsilon$  d'un photon de longueur d'onde  $\lambda$  est  $\varepsilon = hc / \lambda$ . Le laser émet à chaque impulsion une énergie lumineuse de 0,3 J. Quel est le nombre moyen de photons arrivant à chaque impulsion sur le télescope ?

Dans la réalité, le réflecteur posé sur la Lune est formé de cent coins de cubes identiques encastrés dans un support plan orthogonal à la direction Terre-Lune. Combien alors d'impulsions laser faut-il en moyenne pour détecter un photon en retour ?

3.) Si on néglige l'effet de l'atmosphère terrestre, comment sont reliés  $\tau$  et  $d'$  ? Quelle est la valeur approximative de  $\tau$  ? Si la précision sur la mesure de  $\tau$  est donnée par la durée  $\Delta\tau$  de l'impulsion laser, quelle est la précision de la détermination de  $d'$  pour une durée d'impulsion  $\Delta\tau$  de 50 ps ?