

## Exercices intégrateurs

On désire utiliser un laser pour effectuer un relevé topographique de la surface de la terre. Le système est installé sur un satellite en orbite quasi-polaire ce qui permet de couvrir l'ensemble de la surface de la terre au cours d'un cycle donné. Le satellite est placé à une altitude orbitale de 300 km au-dessus du niveau de la mer et le laser possède un diamètre de sortie de 5 cm. La longueur d'onde utilisée est de 632 nm. Le satellite est de plus muni d'un télescope de 45 cm de diamètre qui permet d'observer « l'écho » optique du faisceau laser. Enfin une horloge atomique (précision de  $10^{-9}$  secondes) disposée dans le satellite permet de chronométrer le temps écoulé entre le départ d'une impulsion laser et son retour au télescope. On considère que l'altitude du satellite est connue avec une précision de 1 cm (ceci est possible grâce à un réseau de télémétrie laser situé au sol).

a) Si la résolution en altitude désirée est de 1 m, déterminez la durée maximale de l'impulsion laser à utiliser. Considérez que la vitesse de la lumière est de  $3 \times 10^8$  m/s et ne tenez pas compte de la limite causée par la résolution temporelle de l'horloge.

---

Considérez que l'orbite du satellite est circulaire et soit les forces centripète et de gravité données par les expressions suivantes:

$$F_c = \frac{m v^2}{r} \quad F_g = \frac{G m m_T}{r^2}$$

où  $r$  est le rayon entre le centre de la terre et le satellite,  $m$  est la masse du satellite,  $m_T$  est la masse de la terre,  $v$  est la vitesse orbitale du satellite et  $G = 6.67 \times 10^{-11}$  N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>. Le rayon de la terre est de 6370 km au niveau de la mer.

b) En supposant que le satellite est en équilibre de rotation (rayon=constante), trouvez la valeur de la vitesse orbitale du satellite.

c) Si vous voulez avoir un point de mesure à tous les 10 m au sol, quel doit être le temps maximum entre chaque pulse?

d) Déterminez le temps requis pour que l'impulsion parcoure la distance aller-retour pour une cible ayant une altitude nulle par rapport au niveau de la mer et pour une cible ayant une altitude de 1111 m (mont Mégantic).

e) Quel est la limite de précision sur l'altitude imposée par la résolution temporelle de l'horloge, discutez en fonction du résultat obtenu en a).

f) Si on suppose que le faisceau laser est parfaitement parallèle au départ, quelle sera la largeur de la tache de diffraction au sol (ne considérez aucun effet atmosphérique). Discutez en fonction de la résolution horizontale proposée en c).

---

Si la surface est lambertienne, que la visée du satellite est verticale et que la réflectance du sol est de 0,2 et que chaque impulsion laser véhicule 1 joule de lumière, déterminez .

- g) Calculez la puissance lumineuse émise par chaque impulsion en considérant la durée trouvée en a).
- h) Quelle sera l'éclairement moyen au sol ( $\text{W/m}^2$ ) si vous considérez que pratiquement toute l'énergie est distribuée à l'intérieur de la tache de diffraction ayant un rayon donné par le critère de Rayleigh.
- i) Quelle sera l'intensité lumineuse retournée au satellite si on néglige l'atténuation atmosphérique.
- j) Si l'épaisseur optique atmosphérique à cette longueur d'onde est de 0,35 (temps dégagé), calculez la transmittance atmosphérique et l'intensité réelle au capteur.
- k) Calculez la puissance reçue par le télescope durant une impulsion.
- l) Utilisez la loi de Planck pour estimer la puissance solaire incidente au sol sur une gamme de longueur d'onde de 10 nm centrée sur la longueur d'onde du laser. Comparez ce résultat à l'éclairement calculé en h). Comparez le rapport entre l'éclairement solaire et celui du laser dans cette bande de longueur d'onde. Considérez que la température du soleil est de 5800K, que sa distance est de 150 Mkm et que le rayon du soleil est de 0,7 Mkm.
- m) Est-ce qu'il peut y avoir des problèmes ou des avantages à utiliser ce système le jour plutôt que la nuit, discutez?