

Activité documentaire 1 p. 384

Le laser sur Mars

- Les deux caractéristiques du faisceau lumineux émis par le laser sont sa grande directivité (surface de 0,5 mm de diamètre à 7 m de distance) et sa grande puissance (6 MW).
 - Un laser pulsé est un laser qui n'émet pas en continu. Il émet des impulsions très courtes à intervalles de temps réguliers.
 - Dans le meilleur des cas, le robot envoie 50 impulsions de 55 ns chacune; et dans le pire des cas, l'on monte à 70 impulsions. Durée totale d'émission du laser :

$$\Delta t = 50 \times 55 \times 10^{-9} = 2,75 \times 10^{-6} \text{ s}$$

La puissance du laser est $P = 6 \text{ MW}$. Sa consommation minimale d'énergie E lors d'une mesure est donc :

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$E = 6 \times 10^6 \times 2,75 \times 10^{-6}$$

$$E = 16,5 \text{ J}$$

Cette énergie est relativement faible pour vaporiser une roche. Rappelons qu'il faut 4,18 J pour élever d'un seul degré la température d'un gramme d'eau (c'est la définition de la « calorie »).

- d. Le laser pulsé permet d'avoir des impulsions de très grande puissance. Apporter la même énergie pendant un temps plus long avec un laser à émission continue ne produit pas le même effet sur la roche, car l'énergie thermique va se propager par conduction sur un volume beaucoup plus grand, produisant une élévation de température plus faible.
- e. Calculons la surface du disque :

$$S = \pi R^2 = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

$$S = \pi \times \left(\frac{0,5 \times 10^{-3}}{2} \right)^2$$

$$S = 2 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

Application numérique :

$$\mathcal{P}_e = \frac{P}{S} = \frac{6 \times 10^6}{2 \times 10^{-7}} = 3 \times 10^{13} \text{ W/m}^2$$

Comparaison avec le rayonnement solaire à midi en été :

$$\frac{\mathcal{P}_e}{\mathcal{P}'_e} = \frac{3 \times 10^{13}}{1,0 \times 10^3} \sim 10^{10}$$

C'est dix ordres de grandeur au dessus du rayonnement solaire sur Terre : on comprend pourquoi la roche peut être pulvérisée.

2. a. Actuellement, on sait réaliser des lasers pulsés dont les impulsions ne durent que quelques femtosecondes (femto = 10^{-15}). Ces lasers ont de nombreuses applications. Ils peuvent servir de flash pour photographier des phénomènes extrêmement rapides, tels que des réactions chimiques par exemple, et mieux comprendre le mécanisme de ces réactions.
- b. On trouve également des lasers pulsés dans l'industrie. Ils sont utilisés pour percer ou découper du métal avec une très grande précision (exercice 6 page 393). La très faible durée des impulsions permet de vaporiser le métal, sans perte

d'énergie par conduction et donc sans abimer les bords de la découpe. Ces lasers à impulsions sont également utilisés en chirurgie et en particulier en chirurgie des yeux (découpe de la cornée). L'excès d'énergie est communiqué à l'électron sous forme d'énergie cinétique.

Activité documentaire 3 p. 402

La dualité onde-particule

- La source émet les photons un par un. Le principe de cette source est développée dans le document proposé en exercice 15 page 411.
 - Le photon se montre sous son aspect particulaire lorsqu'il arrive sur le détecteur, chaque impact se traduisant par un point.

Le photon se montre sous son aspect ondulatoire lorsque le motif des franges d'interférence apparaît.

- Les photons étant émis un par un, deux photons ne peuvent pas interférer. La formation des franges d'interférence ne s'explique pas par une interaction entre deux photons.

- b. Une frange brillante correspond à une probabilité de présence maximale des photons, alors que les franges sombres correspondent à une probabilité de présence minimale.
 - c. À la date $t = 10$ s, la position des impacts semble aléatoire car le nombre de photons reçus n'est pas suffisant. Le nombre de photons doit être important pour que la loi de probabilité se manifeste et que le motif caractéristique des interférences apparaisse.
3. On ne peut pas dissocier l'aspect ondulatoire et l'aspect particulaire d'un photon : le photon est un objet quantique qui manifeste l'un ou l'autre de ses aspects selon les conditions d'observation.

Il ne peut être décrit que par la mécanique quantique qui lui associe une fonction d'onde permettant de calculer sa probabilité de présence en un endroit donné.