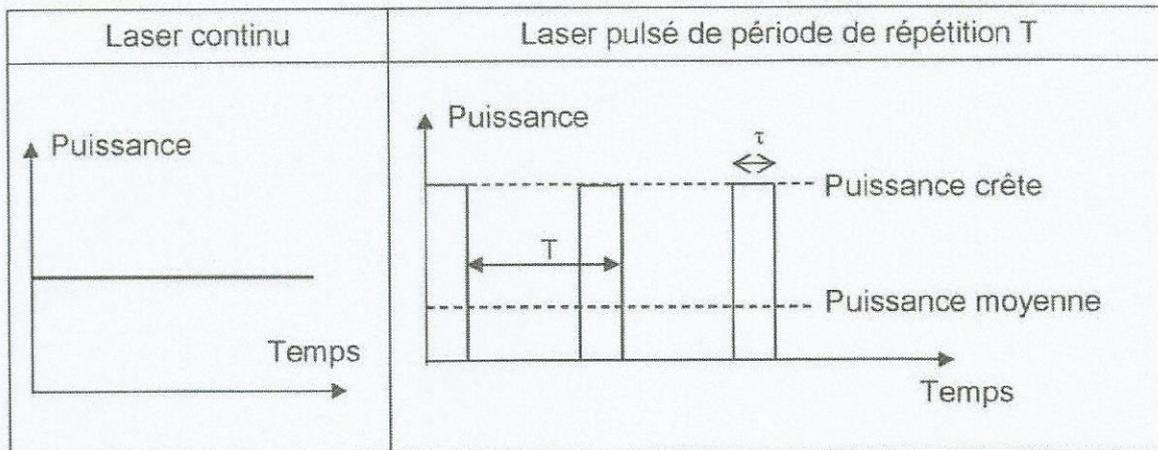


Exercice 1 : BTS 2020

2. Source laser utilisée

La source laser choisie est un laser blanc supercontinuum impulsionnel dont les caractéristiques et la signification de quelques grandeurs utilisées sont données dans les tableaux suivants.

Spéctre d'émission (nm)	Puissance moyenne totale	Puissance moyenne dans le visible	Puissance monochromatique dans le visible	Fréquence des impulsions	Durée des impulsions, τ (en picosecondes)
400-2400	> 4 W	> 900 mW	Constante sur ce domaine du spectre et supérieure à 2 mW/nm	40 MHz	100 ps (1 ps = 10^{-12} s)



On note E_{imp} , l'énergie d'une impulsion laser.

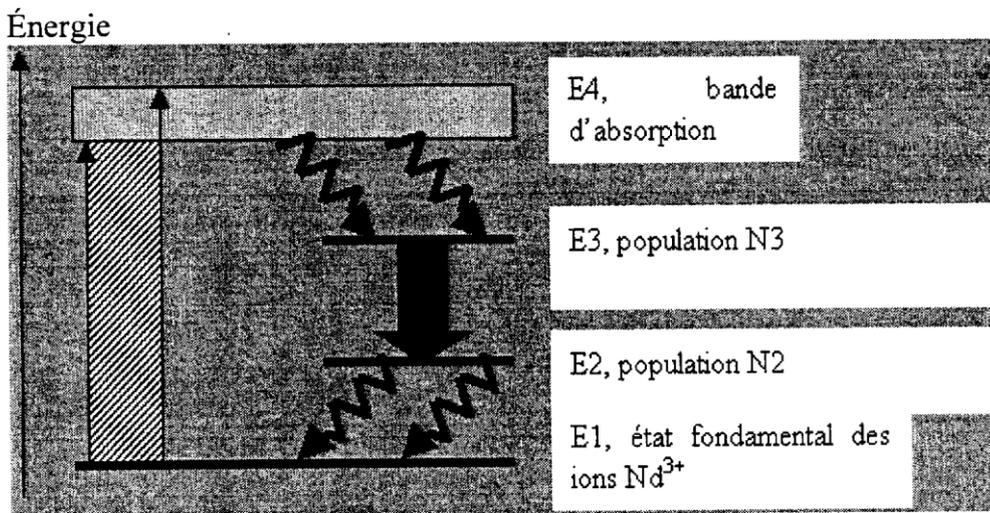
- 2.1. Dans quels domaines de radiations émet ce laser ?
- 2.2. Vérifier que ce laser émet par impulsion une énergie minimale $E_{imp} = 100$ nJ.
- 2.3. Que vaut la puissance crête minimale $P_{crête}$ émise par ce laser lors des impulsions de durée τ ?
- 2.4. On récupère, grâce à des filtres, deux bandes de radiations de largeur spectrale $\Delta\lambda = 10$ nm. Quelle est la puissance moyenne minimale récupérée sur chaque bande ?

Exercice 2 : BTS 2006

A - Le laser (5 points)

On éclaire le fluide avec un laser Nd-YAG doublé en fréquence et émettant à 532 nm.

1. Le laser Nd-YAG est un laser à 4 niveaux dont le principe de fonctionnement est rappelé par l'intermédiaire du schéma suivant. Un pompage optique peuple la bande d'énergie E₄, laquelle se dépeuple par transition non radiative au profit du niveau E₃. La transition laser s'effectue alors entre le niveau E₃ et E₂.



En spectroscopie, on repère souvent les niveaux d'énergie en cm⁻¹.

Le niveau E₃ est ainsi situé à $\sigma_3 = 11\,500\text{ cm}^{-1}$ et le niveau E₂ est situé à $\sigma_2 = 2\,111\text{ cm}^{-1}$, ce qui correspond respectivement à $2,286 \times 10^{-19}\text{ J}$ et à $4,196 \times 10^{-20}\text{ J}$.

La correspondance entre énergie du photon émis et longueur d'onde de l'onde correspondante se traduit alors simplement par la relation :

$$\sigma_3 - \sigma_2 = \frac{1}{\lambda}$$

où λ est exprimé en cm, σ_2 et σ_3 en cm⁻¹.

1.1. Calculer la longueur d'onde de cette transition laser.

Justifier l'expression « doublé en fréquence » qualifiant le laser.

1.2. Quel est l'intérêt du pompage optique ?

Exercice 3 : La lumière exerce une faible force sur les objets qu'elle rencontre (pression de radiation). On souhaite étudier s'il est possible de faire léviter de petits objets en les plaçant dans un faisceau laser vertical dirigé de bas en haut.

On considère un cylindre en acier de diamètre $D = 1,00\text{ mm}$ et de hauteur $H = 1,00\text{ mm}$. On le place dans le faisceau d'un laser fibré de longueur d'onde $\lambda = 1030\text{ nm}$ et de diamètre égal à celui du cylindre. Ainsi toute la lumière du laser est interceptée par le cylindre.

- 1) Calculer l'énergie E d'un photon émis par le laser.
- 2) Déterminer la masse m du cylindre.
- 3) Le laser exerce une force $F = N \cdot E/c$ dirigée vers le haut, où N est le nombre de photons émis par seconde par le laser et c la célérité de la lumière. Le disque lévite si F est égale au poids $P = mg$ du cylindre, où $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ est l'accélération de la pesanteur. Déterminer la valeur de N nécessaire pour que le disque lévite.
- 4) En déduire la puissance P du laser nécessaire pour que le disque lévite. Vérifier qu'elle est proche de 17 kW.

Dans la suite, on prendra $P = 17 \text{ kW}$.

- 5) La puissance P est élevée, et on s'interroge sur le risque de fusion du cylindre. Déterminer l'énergie Q que doit fournir le laser au disque pour qu'il soit entièrement fondu.
- 6) En combien de temps cette énergie Q est-elle fournie par le laser au disque ?
- 7) Conclure sur la possibilité d'observer la lévitation du disque dans le faisceau laser.

Données : masse volumique de l'acier $\rho = 7300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; température de fusion de l'acier $T_f = 1500 \text{ }^\circ\text{C}$; température ambiante $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; capacité calorifique massique de l'acier $C = 460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; chaleur latente de fusion de l'acier $L_f = 273 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Exercice 4 : On considère une solution de sulfate de cuivre de concentration inconnue. Pour déterminer sa concentration, on effectue une mesure d'absorbance de la solution.

- 1) La solution se trouve dans une cuvette de largeur $l = 1,00 \text{ cm}$, et on mesure l'absorbance $A = 0,69$ à la longueur d'onde de 700 nm , pour laquelle le coefficient d'absorption molaire vaut $\epsilon_{700} = 7,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. En déduire la concentration de la solution en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- 2) On règle à présent le spectrophotomètre sur la longueur d'onde 800 nm , et on mesure une absorbance $A' = 1,25$. En déduire le coefficient d'absorption molaire ϵ_{800} du sulfate de cuivre à 800 nm .

PARTIE A. Contrôle de la source lumineuse

La lampe à arc au deutérium doit émettre un flux puissant dans le domaine UV. Sa durée de vie étant de 1000 heures environ, deux de ses caractéristiques essentielles doivent être contrôlées :

- la présence du gaz deutérium dans l'ampoule (molécules D_2 et atomes D) ;
- la vérification du flux émis.

Un atome de deutérium est constitué d'un noyau, formé d'un proton et d'un neutron, et d'un électron.

Un technicien a obtenu par spectroscopie le spectre d'émission de la lampe à arc au deutérium.

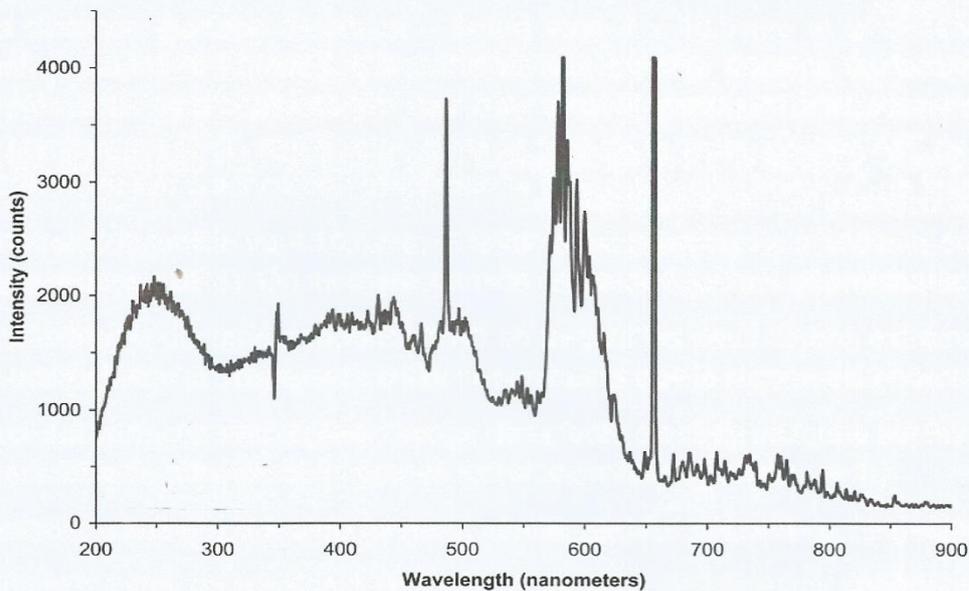
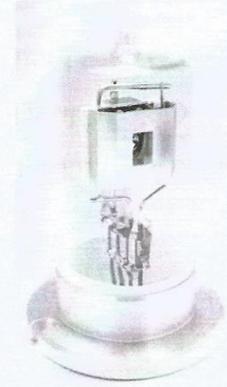


Figure 1 : spectre d'émission de la lampe au deutérium (source : Wikipédia)

Q1 Indiquer la précaution que le technicien doit prendre pour sa sécurité.

En première approximation, on considère qu'un atome de deutérium D possède les mêmes raies d'émission qu'un atome d'hydrogène H .

L'énergie de l'électron d'un atome de Deutérium ne peut prendre que certaines valeurs, appelées niveaux d'énergie et représentées sur la figure 2. Lors de la transition d'un niveau à un autre, l'électron émet ou reçoit un photon caractérisé par sa longueur d'onde λ .

Q2 Nommer le niveau $n = 1$.

Q3 En considérant successivement les transitions entre les niveaux $n = 2$ et $n = 3$, puis entre $n = 2$ et $n = 4$, calculer les valeurs des longueurs d'onde des radiations qui sont émises en précisant le niveau initial et le niveau final.

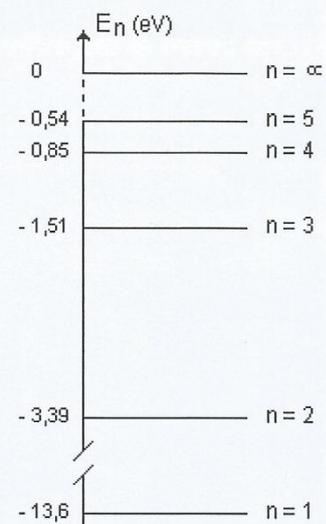


Figure 2 : niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

- Q4 Représenter par des flèches sur le diagramme énergétique du document réponse **DR1**, les deux transitions correspondant à l'émission de ces raies.
- Q5 Le technicien peut-il confirmer la présence de deutérium dans l'ampoule ? Justifier.
- Q6 À quoi peut être dû le fond continu du spectre réalisé ?

Sur la fiche technique de la lampe, on lit :

- Température de couleur : $T = 10\,000\text{ K}$;
- angle solide du cône d'émission de la lampe : $\Omega = 10^{-1}\text{ sr}$;
- éclairement à 0,5 m : $300\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$;
- fonctionnement correct du spectrophotomètre jusqu'à 80 % de l'éclairement nominal.

Q7 La grandeur $T = 10\,000\text{ K}$ est nommée température de couleur. Justifier cette dénomination.

Avec un système de mesure utilisant notamment une sphère d'intégration, le technicien mesure la puissance d'émission de la lampe à 0,5 m. L'appareil indique : 7,20 mW.

Q8 La surface S éclairée à 0,5 m de la lampe vaut $0,025\text{ m}^2$. En déduire l'éclairement à 0,5 m et conclure sur l'état de la lampe.

DOCUMENTS RÉPONSE

DR1 : diagramme énergétique de l'atome H

