



SUPPORT DE CAPSULE © :

Thème : Niveaux d'énergie & Émission stimulée - LASER

Travail en autonomie



Mode d'emploi du support de capsule :

- Les exercices qui suivent sont des extraits officiels des épreuves de Sciences Physiques du BAC S.
- Pour être efficaces, ces exercices doivent être faits en autonomie sur feuille blanche. La capsule- correction pourra être visionnée pour s'auto-corriger. Bon travail à tous !

Correction



Données :

- constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s ;
- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>
- 1 eV =  $1,602 \times 10^{-19}$  J.

Exercice 1 : Polynésie Septembre 2015

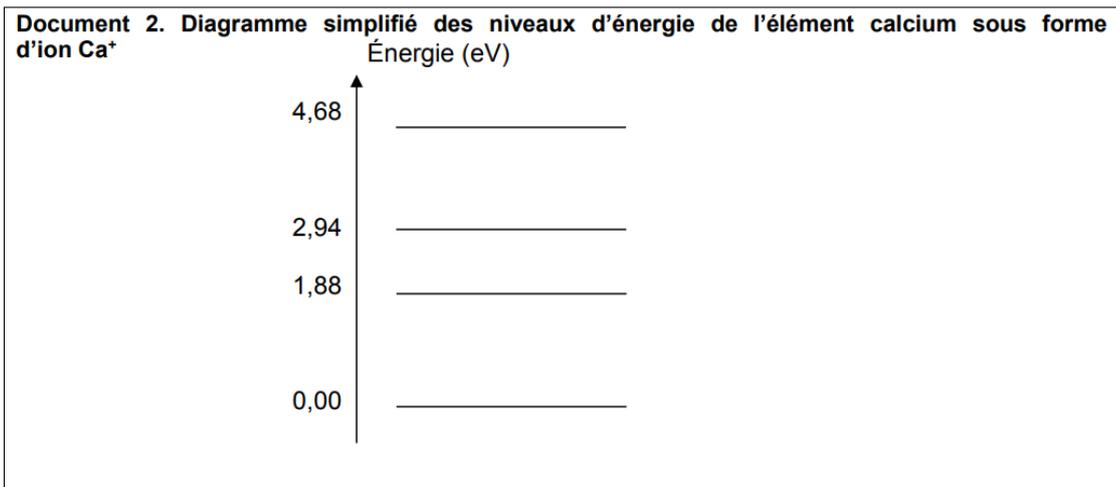
1.1 Absorption et émission

- 1.1.1 Illustrer à l'aide d'un diagramme de niveaux d'énergie la signification des termes « absorption » et « émission spontanée ».
- 1.1.2 Quel autre type d'émission peut-on rencontrer ? Dans quel dispositif est-il utilisé ?

1.2 La quantité de mouvement  $p$  d'un photon de fréquence  $\nu$  est donnée

par :  $p = \frac{h\nu}{c}$ . À quelle particularité de la lumière fait référence cette relation ?

Exercice 2 : Nouvelle Calédonie Novembre 2014



Document 3. Longueurs d'onde (en nm) des raies d'émission entre 380 nm et 460 nm de l'élément Ca sous forme d'ion Ca<sup>+</sup>

Calcium	394	397	423	443	444	446
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- 2.2. À l'aide du document 2, identifier, pour l'ion  $\text{Ca}^+$ , la transition énergétique correspondant à la raie de longueur d'onde 423 nm. Détailler votre démarche.

### Exercice 3 : Polynésie 2014

- 2.3. Présenter succinctement le principe de l'émission stimulée en s'appuyant sur un schéma.

### Exercice 4 : Nouvelle Calédonie 2013

La découverte du laser il y a cinquante ans a révolutionné les domaines industriels, médical, technologique... Si le principe fondamental du laser a été décrit dès 1917 par Albert Einstein, le premier laser a été fabriqué en 1960 par Théodore Maiman. Depuis les lasers sont très présents dans notre quotidien.

- 1.1. Les diodes lasers utilisées dans les lecteurs blu-ray émettent une lumière de longueur d'onde  $\lambda = 405$  nm. Calculer l'énergie d'un photon associé à cette radiation.
- 1.2. Indiquer le processus d'émission d'une DEL et d'un laser et indiquer au moins deux caractéristiques de la lumière émise par le laser.
- 3.1. Proposer une justification à l'appellation « blu-ray ».

### Exercice 5 : Polynésie Novembre 2014

#### Document 1. Principe de fonctionnement de Chemcam

ChemCam met en œuvre la technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) d'analyse spectroscopique induite par ablation laser. Son laser pulsé émet un rayonnement à 1067 nm délivrant environ 15 mJ pour une durée d'impulsion de 5 ns. L'interaction du faisceau laser pulsé de forte puissance avec un matériau provoque un échauffement brutal de la surface éclairée, une vaporisation et une ionisation sous forme d'un plasma. Il est important de comprendre que le plasma se formera si, au niveau de la cible, la puissance par unité de surface (ou l'irradiance) est supérieure à un seuil de  $1,0 \text{ GW.cm}^{-2}$ . C'est pourquoi ChemCam est pourvu d'un système de focalisation du faisceau laser qui est tel qu'au niveau de la cible le diamètre du faisceau est d'environ  $D = 350 \mu\text{m}$ .

Dans ces conditions, les atomes et les ions éjectés sont alors dans des niveaux d'énergie excités. En se désexcitant, ils émettent un rayonnement qui est analysé par spectroscopie entre 250 et 900 nm. On obtient ainsi un spectre d'émission atomique. La détermination des longueurs d'onde de raies présentes sur ce spectre permet d'identifier les atomes ou ions présents dans la cible.

D'après : <http://www.msl-chemcam.com/>

- 1.2. Le laser de ChemCam émet-il de la lumière visible ? Justifier.
- 1.3. Montrer que les caractéristiques du faisceau laser utilisé par ChemCam permettent bien d'obtenir une irradiance suffisante pour créer un plasma.

## Exercice 6 : Métropole 2015

### Caractéristiques techniques d'un « laser femtoseconde » infrarouge

Fréquence centrale du rayonnement émis	$\nu_0 = 375 \text{ THz}$
Largeur de la bande de fréquence d'émission	$\Delta\nu = 100 \text{ THz}$
Cadence (fréquence) des impulsions	$f = 1,0 \text{ kHz}$
Durée d'une impulsion	$\tau = 150 \text{ fs}$
Puissance de crête atteinte durant une impulsion	$P_{\text{crête}} = 1,0 \text{ GW}$
Diamètre de la section circulaire du faisceau	$D = 98 \text{ }\mu\text{m}$

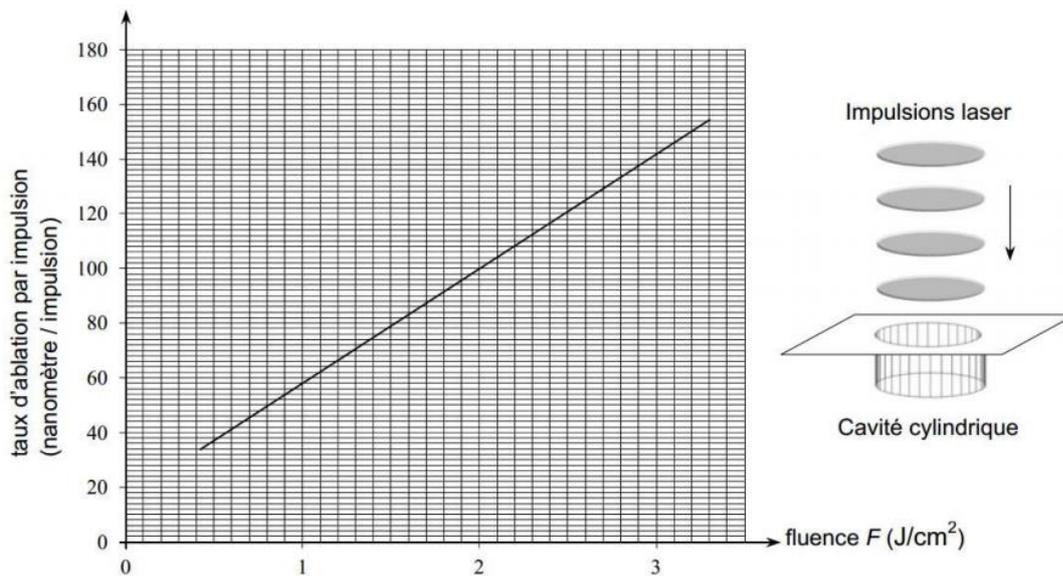
#### Cavité de diamètre $D$ et de profondeur $p$ dans une couche de DLC

Lorsqu'on dirige un faisceau laser pulsé femtoseconde vers une surface recouverte de DLC, chaque impulsion laser apporte suffisamment d'énergie pour graver (creuser) une cavité cylindrique dans la couche de DLC.

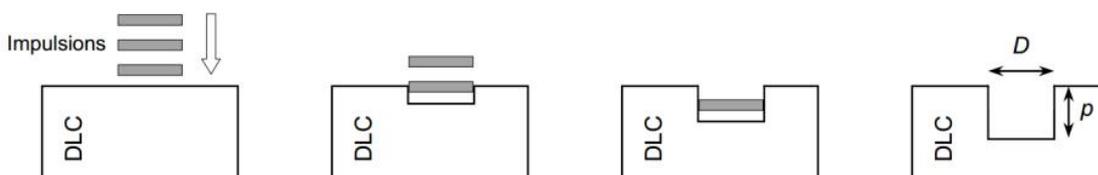
On admet que le diamètre de la cavité gravée correspond au diamètre  $D$  du faisceau laser utilisé.

On a tracé ci-dessous la courbe donnant le taux d'ablation du DLC par impulsion, c'est-à-dire la profondeur de la cavité gravée par une seule impulsion laser, en fonction de la fluence  $F$  du laser utilisé.

La fluence est obtenue en divisant l'énergie d'une impulsion laser (en J) par la surface circulaire gravée (en  $\text{cm}^2$ ).



On admettra, comme le montre les schémas ci-dessous, que la profondeur totale  $p$  de la cavité gravée est proportionnelle au nombre d'impulsions reçues et donc à la durée  $\Delta t$  de la gravure.



### **1. Domaine d'émission du laser femtoseconde**

1.1. Le laser femto seconde présenté est dit « infrarouge ». Justifier.

1.2. Ce laser apparaît rouge à l'observateur. Justifier.

### **2. Caractéristiques d'une impulsion du laser femtoseconde**

2.1. Montrer que l'énergie transportée par une seule impulsion du laser précédent est égale à 0,15 mJ.

2.2. Évaluer le nombre de photons produits par le laser durant une seule impulsion.

### **3. Gravure par le laser femtoseconde**

On utilise le laser femtoseconde pour graver une cavité dans une couche de DLC.

Déterminer la fluence du laser étudié, puis la durée  $\Delta t$  nécessaire à la gravure d'une cavité circulaire cylindrique de 98  $\mu\text{m}$  de diamètre et de 6  $\mu\text{m}$  de profondeur.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.  
La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.*