

EXAMEN PHOTONIQUE ET LASER

L3 PAPP S6-2014

Une fiche format A4 manuscrite est autorisée, ni le cours ni les TD

Les calculatrices sont également autorisées

Durée : 2h

EXERCICE 1 : EFFET PHOTOELECTRIQUE (4 points)

On irradie par laser accordable différents éléments dont les potentiels d'extraction sont les suivants :

Cs (2,1 eV) Fe (1,8 eV) Ni (5 eV)

- 1) Pour chacun d'entre eux précisez la gamme de longueurs d'onde capable d'en extraire des électrons. Se situe-t-elle dans le visible, l'infrarouge, l'UV ?
- 2) Si on utilise pour réaliser cette expérience un laser He-Ne fonctionnant à 1 mW et de longueur d'onde 632 nm calculer le courant produit par chacun des éléments si on suppose que seulement 10 % des photons reçus aboutissent à l'émission d'un électron.
- 3) Dans le cas du fer, tracez le courant produit en fonction de la longueur d'onde d'irradiation en supposant que la puissance du laser est maintenue constante à 1 mW.
- 4) Définir ce qu'est un potentiel d'arrêt et le calculer dans le cas de la question 2. Justifier le signe de la différence de potentiel correspondante.

QUESTIONS DE COURS (10 points)

- 1) Expliquez quelle est la nature du rayonnement détecté par la mission spatiale Planck, sa gamme de longueur d'onde et son origine physique. (2,5 points)
- 2) Pouvez vous décrire en quelques lignes le projet français de fusion par laser : nom, principe physique, caractéristiques technique de l'instrument. (2,5 points)
- 3) Quel métal est utilisé dans les ampoules à incandescence ? Pour quelle raison ? (1 point)
- 4) Discutez les analogies et les différences entre l'émission spontanée et l'émission induite (stimulée). (1 point)
- 5) Quelles sont les relations entre le temps de durée de vie radiative d'un niveau (τ), la probabilité de transition par unité de temps (A) et la largeur spectrale de la transition ($\Delta\nu$) ? (1 point)
- 6) Discutez l'origine physique du phénomène de saturation aussi bien dans l'amplification que dans l'absorption de lumière par un milieu. (1 point)

- 7) Quelle est la relation entre le gain du milieu amplificateur et les pertes de la cavité optique pour un laser continu en régime stationnaire ? (1 point)

SYSTÈME LASER À 4 NIVEAUX (6 points)

Le milieu amplificateur d'un LASER peut être schématisé par un système à 4 niveaux, représenté dans la fig1. La transition lumineuse laser se fait entre le niveau 1 et le niveau 2 non dégénérés. Un dispositif de pompage assure un taux de pompage W_p (en s^{-1}) entre le niveau 1 et le niveau 3, d'ailleurs ces deux niveaux ne sont pas reliés par transition directe. On désigne par W (en s^{-1}) le taux d'absorption et d'émission stimulée entre les niveaux 1 et 2, par A (en s^{-1}) le taux d'émission spontanée entre ces deux mêmes niveaux et ν_0 la fréquence du rayonnement émis. Les transitions non radiatives du niveau 3 au niveau 2 et du niveau 1 au niveau 0 ont des taux Γ_3 et Γ_1 beaucoup plus grand que tous les autres taux de transition y compris le pompage. N sera le nombre total d'atomes par unité de volume.

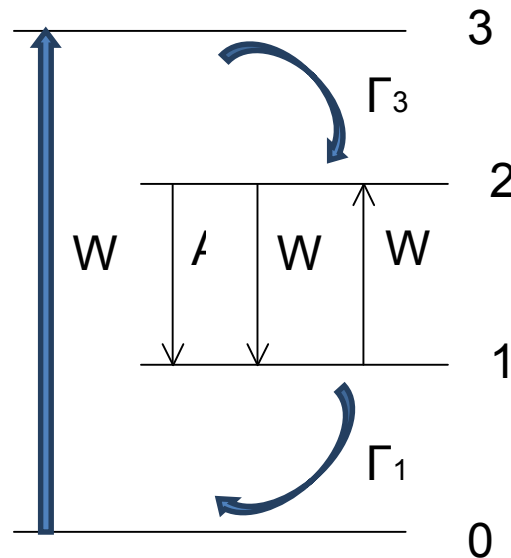


Figure 1. Schéma de niveaux du milieu amplificateur.

- 1) Expliquer pourquoi il est important pour le fonctionnement du laser, que les transitions Γ_3 et Γ_1 soient très rapides.
- 2) Ecrire les équations différentielles d'évolution temporelle des populations des différents niveaux N_i .
- 3) On se place en régime stationnaire. Définissez l'inversion de population pour la transition laser ΔN et déterminez-la en fonction de W_p , A , W , Γ_1 et N_0 . Montrer qu'elle vaut $\Delta N = W_p N_0 \frac{1 - A/\Gamma_1}{W + A}$ (remplacez l'expression de ΔN dans une des équations).
- 4) Pour quelle condition on obtient l'inversion de population ? Commentez physiquement.

- 5) Déterminer l'expression de ΔN^0 (inversion de population en absence de lumière laser) et exprimer le rapport $\Delta N / \Delta N^0$ en fonction de l'intensité laser (exprimez W en fonction de l'intensité laser I et de la section efficace de l'interaction σ). Définir l'intensité de saturation I_s en fonction des paramètres pertinents.
- 6) Calculer I_s pour $\nu_0 = 7 \cdot 10^{14}$ Hz, $\sigma = 3,31 \cdot 10^{-26} \text{m}^2$