



FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
UNIVERSITÉ HASSAN II DE CASABLANCA



Biophysique : Lumière laser

Résumé

Module : Biophysique

Basé sur : Le cours

-> Ce résumé est un complément de cours, il contient suffisamment d'informations, mais ne remplace pas le polycopié du professeur.

-> Merci d'envoyer toutes vos remarques via l'adresse mail suivante :
mahdikettani1@gmail.com

-> Bon courage et bonne lecture !

Auteur : Kettani El Mahdi, étudiant de la promotion médecine 2019

اللهم أستودعك ما قرأت و ما حفظت و ما تعلمت، فردّه عند حاجتي إليه، إنك على كل شيء قدير

LUMIÈRE LASER

1) Définition :

- > Laser : amplification de la lumière par émission stimulée de radiation
- > Une matière stimulée par une énergie émet de la lumière

2) L'absorption :

- > Atome non excité => état fondamental E_0 = énergie la plus faible
- > Atome excité avec source d'énergie, il absorbe les électrons => état excité E_1
- > Plus la trajectoire électronique est loin du noyau, plus l'énergie augmente
- > On peut quantifier les niveaux d'énergie par la quantité d'énergie nécessaire pour transférer $1e^-$ à un niveau sup

3) Émission spontanée :

- > L'énergie absorbée se transforme en lumière (photons) après quelques nanosecondes
- > L'énergie du photon émis est égale à l'énergie absorbée. $E_{\text{photon}} = h \times \nu = E_2 - E_1$
- > La direction de l'émission des photons est aléatoire

4) Émission stimulée :

- > Atome excité par une énergie E_1 , et on le restimule par une énergie égale à la 1^{ère} (c'est à dire E_1) => Il retourne donc à l'état fondamental et émet simultanément 2 photons E_1 en phase et dans la même direction (E_1 dupliquée)

5) Production des rayons laser :

- > Un photon incident peut soit être absorbé par un atome de faible énergie soit désexciter un atome déjà excité

a) Pompage :

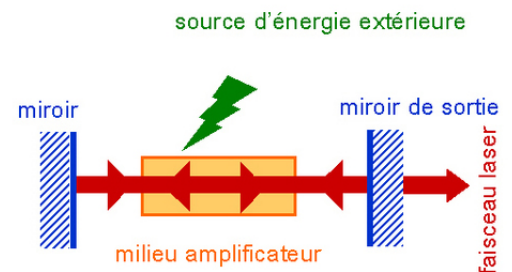
- > On fait augmenter le nombre d'atomes excités pour favoriser l'émission stimulée
- > Proportions d'atomes entre E_2 et E_1 : $N_2 = N_1 \times e^{\frac{-E_2 - E_1}{K \times T}}$
- > A l'équilibre thermodynamique, plus d'atomes à l'état fondamental que d'atomes excités
- > Pour réaliser le pompage, on apporte une énergie extérieure :
- Énergie optique
- Énergie chimique
- Énergie électrique

b) Amplification :

- > Pour obtenir des rayons laser de grande E, on procède à l'amplification
- > L'amplification : la multiplication du pompage et de l'émission stimulée
- > Méthode :

- Dans une cavité optique cylindrique dont les bases sont 2 miroirs, avec l'un d'entre eux qui est semi-transparent
- L'amplification commence par une émission spontanée de quelques photons
- Chaque photon émis au contact du miroir sera réfléchi et devient incident et en produit 2 autres etc.
- Lorsque le faisceau lumineux // est suffisamment intense, il traverse le miroir semi-transparent : faisceau laser

- > La cavité optique joue le rôle d'amplificateur mais aussi de filtre : car elle ne permet le passage que d'ondes parfaitement //, en phase et avec fréquence tel que $\nu = f = \frac{K \times C}{2L}$



6) Caractéristiques de laser :

- > Photons de même énergie : même λ => Lumière monochromatique => Absorbance dans une couleur spécifique
- > Émis en phase : optimisation de l'énergie
- > Peuvent être extrêmement puissants
- > Lumière directive : Faisceau // => Fluence élevée

- > Exemple de fluence :

- Fluence d'une lampe : 100W : 0,2 mW/cm²
- Fluence d'un laser de 100W avec $r = 2\text{mm}$: 800 mW/cm²

7) Types de laser :

-> Laser à solides :

- Verre ou cristaux, mauvais conducteur électrique
- Dopés avec des ions aux propriétés laser
- Emet surtout dans le rouge et l'infrarouge
- Emet en continue ou de manière impulsionnelle
- Exemple : Rubis (694 nm), YAG (1064 nm)

-> Laser à gaz :

- La matière à excité est un gaz contenu dans un tube en verre ou en céramique
- Faisceau émis très cohérent et de fréquence très pure
- Exemple : Argon ($\lambda = 500\text{nm}$)

-> Laser à liquide :

- Colorant organique
- Emission continue ou discontinu selon le mode de pompage
- Les fréquences peuvent augmenter ou diminuer à l'aide d'un prisme ou d'un filtre optique
- Peut émettre de l'ultra-violet UV -> l'infrarouge IR, selon le colorant utilisé

8) Mécanismes d'action du laser :

Effets thermiques	Effet photochimique	Effet photodynamique	Effet photomécanique
<p>-> Localisé : 42 – 45°C Quelques dizaines de minutes Apoptose</p> <p>-> Coagulation : 50 – 80°C Quelques secondes Nécrose (sans destruction immédiate du tissu) Dénaturation des protéines et du collagène</p> <p>-> Volatilisation : Supérieur à 100°C 1/10 de seconde Tissu part en fumé Rebord cicatrisant par nécrose de coagulation</p>	<p>-> Absorption de l'onde émise par molécule spécifique</p> <p>Fluence faible => réaction photochimique</p> <p>Fluence élevé => rupture de liaisons chimiques ou production de radicaux libres</p>	<p>-> On injecte un produit photo sensibilisant et on l'éclaire à l'aide d'une lumière adéquate (λ)</p> <p>-> Libération de produits toxiques pour la cellule ciblée</p>	<p>-> Densité et puissance très élevée</p> <p>-> Production d'ondes de chocs destructrices par :</p> <ul style="list-style-type: none">• Expansion, contraction et implosion des bulles de vapeur => accumulation de chaleur sans diffusion thermique => bulle gazeuse• Ionisation des atomes de la matière <p>-> Si le tissu est mou => Arrachement</p> <p>-> Si le tissu est solide => Rupture</p>

9) Applications médicales :

- > Ophtalmologie : (Laser, argon, YAG, Excimer, Femtoseconde...) : Rétinopathie diabétique, Décollement rétine, Cataracte secondaire, Glaucome, Resurface cornée, Découpe volet cornéen
- > Dermatologie : (Laser YAG, à colorant, à rubis) : Effacement tatouage, Suppression tâche de naissance, Épilation
- > Urologie : (Lasers pulsés) : fragmentation de calculs urétéraux
- > Oncologie : (Laser thermique et photo dynamique...)
- > Chirurgie dentaire : Photo ablation de caries