

# LP2020 – LASERS

10 juin 2021

Deleuze Julie & Jocteur Tristan

## Niveau : jsp

## Prérequis

- Cavité de Fabry-Perot

## Bibliographie

➤ *Optique*, Houard

La base tmtc

➤ *Les lasers*, Dangoisse, Zehnlé & Hennequin

Pour plus de détails

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Fonctionnement du laser</b>	<b>2</b>
1.1	Inversion de population . . . . .	2
1.2	Pompage optique . . . . .	2
1.3	Rôle de la cavité optique . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Applications</b>	<b>3</b>
2.1	Holographie . . . . .	3
2.2	Refroidissement par effet Doppler . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Passage oral blanc de Chauchat</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Effet Laser</b>	<b>3</b>
4.1	Coefficients d'Einstein . . . . .	3
4.2	Principe du laser et inversion de population . . . . .	3
4.3	Modes propres du laser . . . . .	3
4.4	Faisceau Laser . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Questions</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Remarques</b>	<b>4</b>

## Remarques

Y a plein de choses à raconter sur l'émission stimulée, et la cavité pour faire ressortir les caractéristiques du laser qui lui ont permis de "révolutionner l'optique" : sa directionnalité et son caractère monochromatique/sa longueur de cohérence. Je ne pense pas traiter la diode laser parce que les semi-conducteurs c un peu chaud à expliquer niveau L3 ça risque de faire un gros morceau, et que finalement c'est juste montrer une autre méthode d'inversion de population donc ça vaut pas le coup selon moi. Par contre faut être au point dessus ça arrivera sûrement dans les questions.

Les applications sont assez cool : l'holographie pour montrer l'utilisation du laser en diffraction parce qu'il est cohérent gros plus jvpm, et une application moderne qui utilise le caractère monochromatique et directionnel, les atomes froids. On peut faire l'épilation laser aussi. En vrai ça va être sympa. Expérience : cavité d'analyse FB pour montrer les modes, spectre de raies d'une lampe spectrale avec un PVD et on refroidit les atomes du jury.

## Introduction

Voir l'approche historique du Houard et son intro.

## 1 Fonctionnement du laser

Le laser est un oscillateur optique qui comporte trois éléme

### 1.1 Inversion de population

↗ Houard p 345  
Spectr d'émission,



#### Spectre d'émission d'une lampe spectrale



Lampe Cd je pense ça marchait bien. Avec un PVD, miroir (pr pas diriger la lampe vers le jury) et dépoli pour qu'il puisse bien voir.

distinguer absorption et les deux types d'émission en insistant sur l'importance de l'émission stimulée pour l'effet laser.

Statistique de Maxwell-Boltzmann, durée de vie des niveaux excités.  $M_q$  à l'éq thermique, absorption l'emporte sur émission. Pour amplifier il faut un pompage optique.

### 1.2 Pompage optique

↗ Houard p 347

Expliquer la nécessité d'avoir recours à des niveaux excités auxiliaires.

Présenter système à 3 niveaux (laser à rubis) et système à 4 niveaux (laser à néodyme et He-Ne). C'est bien de faire les deux pour montrer qu'on peut avoir différents types de lasers et après on en parle plus on reste avec le He-Ne.

### 1.3 Rôle de la cavité optique

↗ Houard p 351

Condition de stabilité d'une cavité : utiliser le formalisme matriciel pour démontrer la condition me paraît trop dur et hors programme de L3. Du coup faire sentir la nécessité des miroirs sphériques, mais pas trop courbés puis donner la condition.

Ces cavités créent des faisceaux gaussiens (il faut des fronts d'onde sphériques pour satisfaire aux CL), en donner les caractéristiques, notamment la longueur de Rayleigh : un laser c'est très directionnel.

Modes longitudinaux et transverses : seules les ondes qui ont la bonne fréquence résonnent.

La cavité est en fait une cavité de Farby-Pérot. La finesse spectrale du laser dépend des coefficients de réflexion et de transmission des miroirs qui constituent la cavité.

Spectre d'émission avec largeur de l'émission spontanée et modes résonant : on obtient le spectr d'émission du laser.

## 2 Applications

### 2.1 Holographie

### 2.2 Refroidissement par effet Doppler

## 3 Passage oral blanc de Chauchat

Le plan a l'air de ressembler au J'intègre.

### Intro

On utilise tout le temps le laser parce que plein d'avantages (coherence, monochromatique et directionnel)  
Introduction historique

- 1899 Fabry-Perot
- 1960 premier laser
- 1917 émission stimulée Einstein
- 1950 Kastel et Bessel pompage optique

Source cohérente directive et intense

## 4 Effet Laser

Planck a postulé la quantification des échanges d'énergie, Einstein propose une base théorique

### 4.1 Coefficients d'Einstein

On définit le système à deux niveaux. Définition de la densité volumique d'énergie par la loi de Planck. J'ai pas compris pk il parle de la loi de Planck là? c'est juste pour faire un rappel et dire à quoi correspond le  $u$  je pense. Emission spontanée. Absorption. Je comprends pas à quoi ça sert d'utiliser les coeff d'Einstein là? Si il a vraiment repris le Dunod il va en sortir la condition d'amplification après. équilibre thermique. Emission stimulée. Relations entre les coeff à partir de la loi de Planck et de MB à l'éq thermique

### 4.2 Principe du laser et inversion de population

Bilan d'énergie sur une tranche du milieu amplificateur. (ça va être dur d'arriver à son grand 2 là j pense).

### 4.3 Modes propres du laser

expérience des modes et Fabry Pérot.

### 4.4 Faisceau Laser

Forme du faisceau, divergence, montage d'élargissement

## 5 Questions

- Tu peux revenir sur ta comparaison des populations grâce à MB après avoir défini absorption et émission spontanée?
- Longueur de cohérence mentionnée en intro mais plus évoquée ensuite, c'est quoi? Pour un spectre de raies d'absorption la longueur de cohérence est donnée par l'intervalle en longueur d'onde entre deux raies différentes du spectre (ah bon)

- Pourquoi Planck a quantifié les échanges d'énergie? Ça sort d'où? La loi de Rayleigh & Jeans diverge aux courtes longueurs d'ondes, il introduit la quantification des échanges d'énergie ad hoc pour restituer les résultats expérimentaux du corps noir.
- Gaz de photons c'est quoi ça? Déf thermodynamique avec les photons.
- I c'est le flux de quoi?
- Diode Laser ça marche comment?
- ton  $\pi_P$  c'est quelle puissance? Celle perdue par le champ EM dans la cavité (hors processus d'absorption).
- Justifie pk ça marche pas à deux niveaux ou conséquences
- ODG de la finesse du laser? Avec la cavité d'analyse on peut en mesurer une de l'ordre de 200.
- En termes de géométrie du faisceau, est ce qu'on a aussi une symétrie sphérique pour la diode laser? Faisceau elliptique.
- D'où vient l'effet de seuil dans l'émission?

## 6 Remarques

- A la limite autant oublier les faisceaux gaussiens et se laisser plus de temps pour la cavité.
- Pourquoi pas mettre les coefficients d'Einstein en pré-requis.