

PHYSIQUE DU LASER

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

PHYSIQUE DU LASER

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

Source de lumière formidable !

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

PHYSIQUE DU LASER

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

Source de lumière formidable !

- ▶ Excellente cohérence spatiale, faible divergence, forte concentration d'énergie

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

PHYSIQUE DU LASER

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

Source de lumière formidable !

- ▶ Excellente cohérence spatiale, faible divergence, forte concentration d'énergie
- ▶ Excellente cohérence temporelle, très faible largeur spectrale

I. Principe de l'amplification de la lumière

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

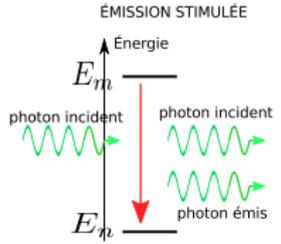
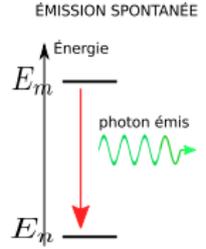
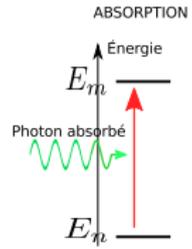
1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière



I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein

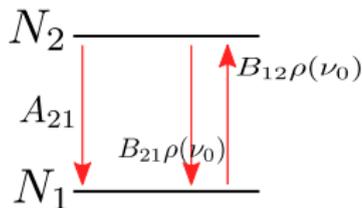
I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein
 - a. Écriture simplifiée

$$dP_{\text{esp}} = A_{21}dt \quad dP_{\text{abs}} = B_{12}\rho(\nu_0)dt \quad dP_{\text{est}} = B_{21}\rho(\nu_0)dt$$



I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

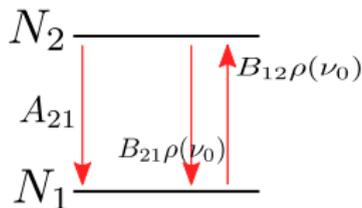
I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein

a. Écriture simplifiée

$$dP_{\text{esp}} = A_{21}dt \quad dP_{\text{abs}} = B_{12}\rho(\nu_0)dt \quad dP_{\text{est}} = B_{21}\rho(\nu_0)dt$$

b. Durée de vie de l'état excité



I. Principe de
l'amplification de
la lumière

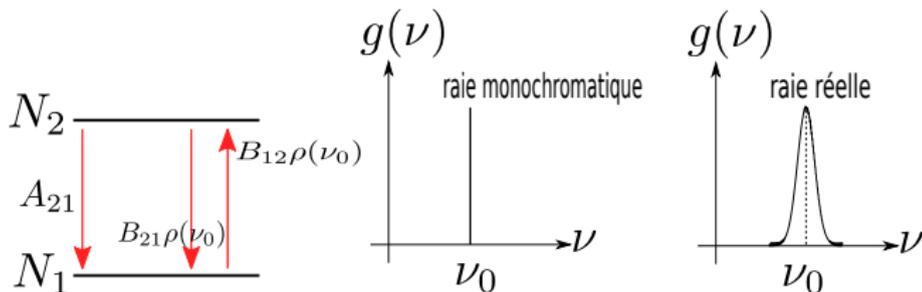
II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein
 - a. Écriture simplifiée

$$dP_{\text{esp}} = A_{21}dt \quad dP_{\text{abs}} = B_{12}\rho(\nu_0)dt \quad dP_{\text{est}} = B_{21}\rho(\nu_0)dt$$

- b. Durée de vie de l'état excité
- c. Profil de résonance atomique

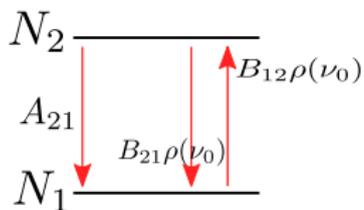


I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein

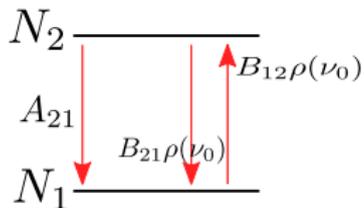


I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein

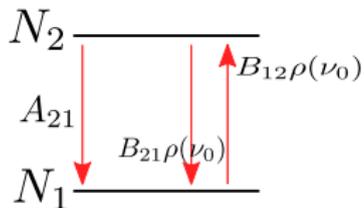


I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein



4. Condition d'amplification

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein
4. Condition d'amplification

LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein
4. Condition d'amplification

LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

5. Méthodes d'inversion

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

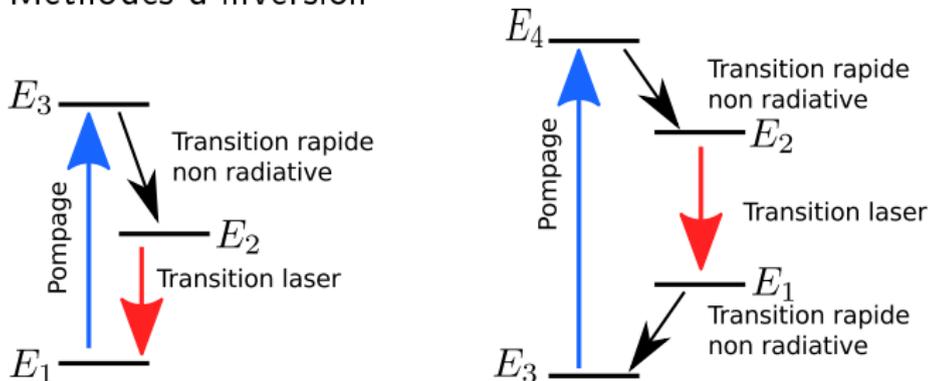
I. Principe de l'amplification de la lumière

1. Grandeurs décrivant le rayonnement
2. Interaction du rayonnement avec la matière
3. Coefficients d'Einstein
4. Condition d'amplification

LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

5. Méthodes d'inversion



I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

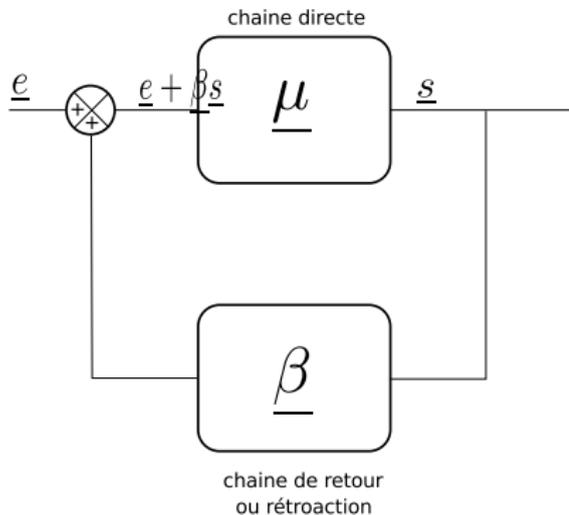
1. Principe d'un oscillateur à réaction

I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

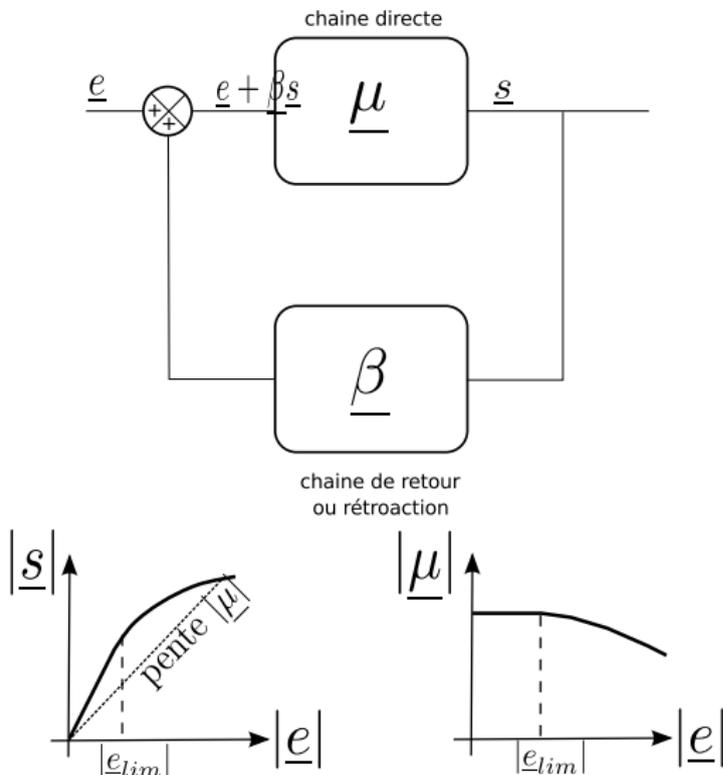


I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

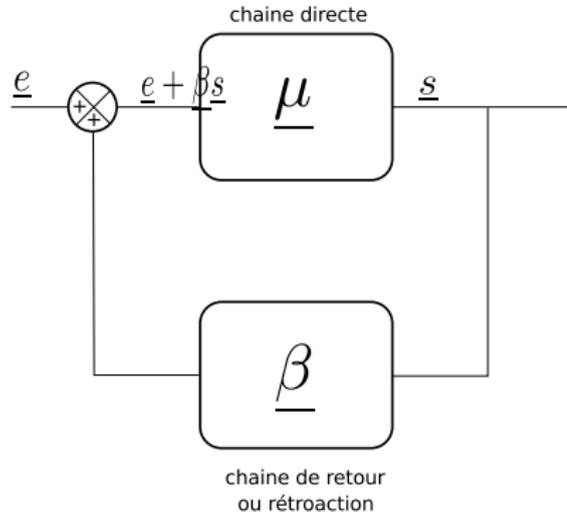


I. Principe de
 l'amplification de
 la lumière

II. Le laser : un
 oscillateur
 quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction



I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

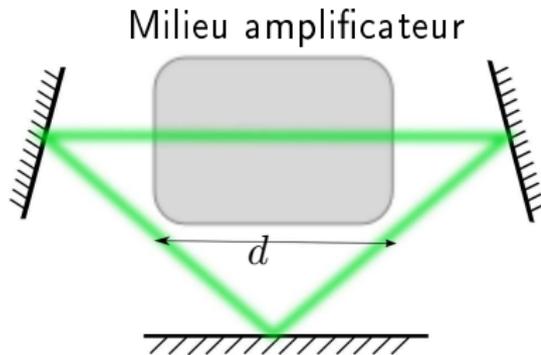
II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser



I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

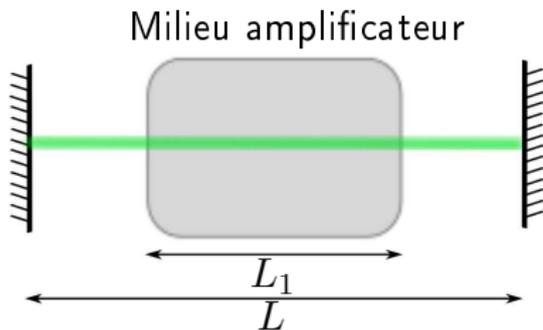
II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser



I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

4. Condition de démarrage du laser

I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

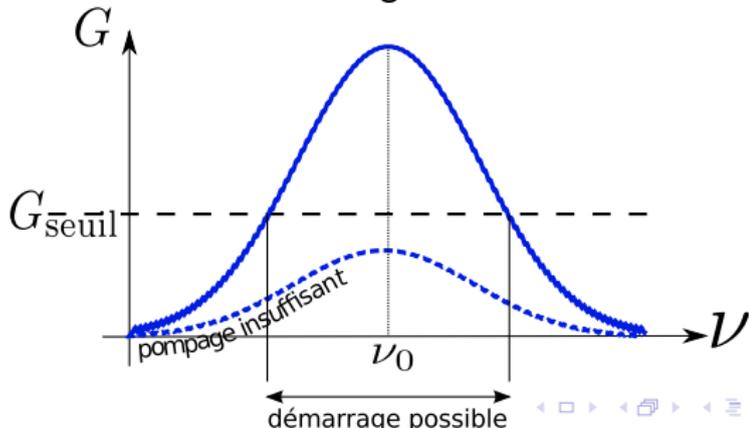
Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

4. Condition de démarrage du laser



I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

4. Condition de démarrage du laser

5. Sélection de longueur d'onde par la cavité

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

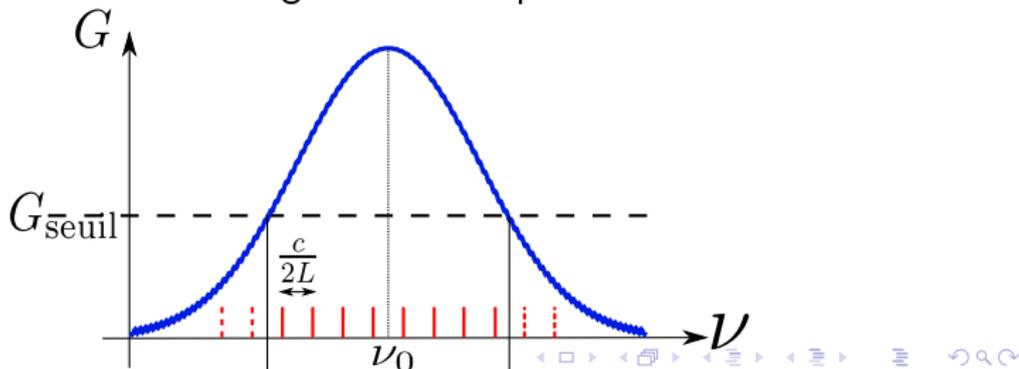
- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

4. Condition de démarrage du laser

5. Sélection de longueur d'onde par la cavité



I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique

II. Le laser : un oscillateur quantique

1. Principe d'un oscillateur à réaction

Conditions d'oscillations

- ▶ condition de phase : $\arg(\underline{\mu}\underline{\beta}) = 2p\pi \quad p \in \mathbb{Z}$
- ▶ pour le démarrage : $|\underline{\mu}\underline{\beta}| > 1$
- ▶ en régime permanent $|\underline{\mu}\underline{\beta}| = 1$

2. Cas du laser

3. Gain de la cavité amplificatrice

4. Condition de démarrage du laser

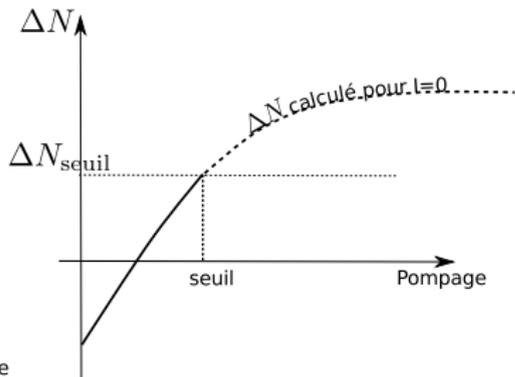
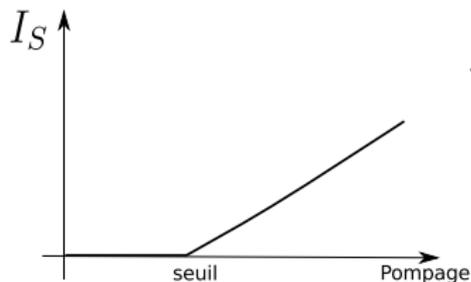
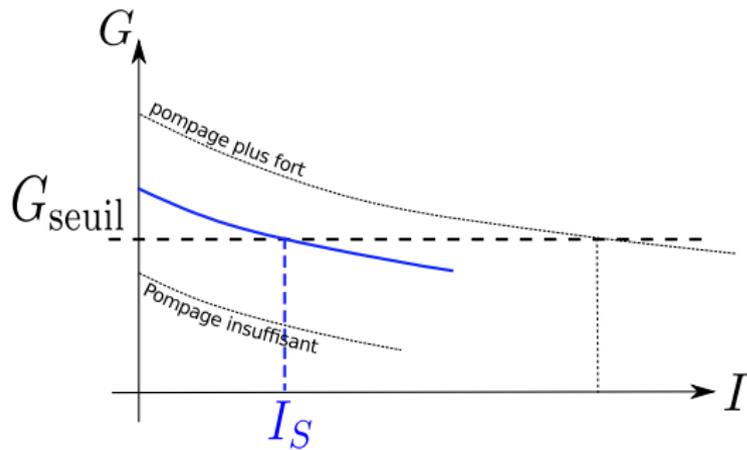
5. Sélection de longueur d'onde par la cavité

6. Limitation de la puissance

I. Principe de
l'amplification de
la lumière

II. Le laser : un
oscillateur
quantique

Limitation de la puissance



I. Principe de l'amplification de la lumière

II. Le laser : un oscillateur quantique