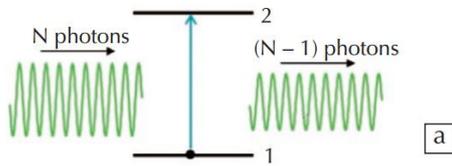


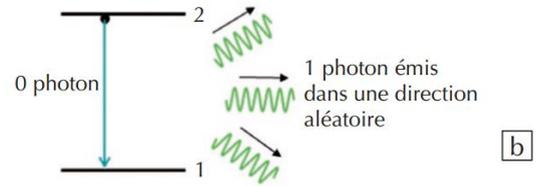
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES LASERS

Plaçons-nous dans le cas de la résonance optique, où les atomes interagissent avec un rayonnement accordé sur une transition atomique, c'est-à-dire dont la fréquence ν vérifie la relation $E_2 - E_1 = h\nu$.

À l'époque de Bohr, on ne connaissait que deux processus d'interaction, l'absorption et l'émission spontanée. Lors de l'absorption, l'atome passe de son état fondamental d'énergie E_1 , noté 1, à son état excité d'énergie E_2 , noté 2, en absorbant un photon (fig. a) ; un photon a disparu de l'onde et celle-ci se trouve atténuée. Lors de l'émission spontanée, l'atome initialement dans son état excité redescend dans son état fondamental en émettant un photon (fig. b). Ce photon est émis dans une direction aléatoire et au bout d'un temps lui aussi aléatoire, mais dont la valeur moyenne est appelée « durée de vie » de l'état excité. L'émission spontanée, comme son nom l'indique, n'a pas besoin de rayonnement incident pour se manifester.

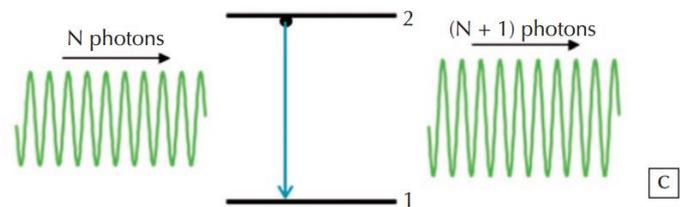


Le processus d'absorption fait disparaître un photon ; l'absorption atténue l'onde incidente.



Le processus d'émission spontanée fait apparaître un photon ; la lumière est émise dans une direction et avec une phase aléatoires.

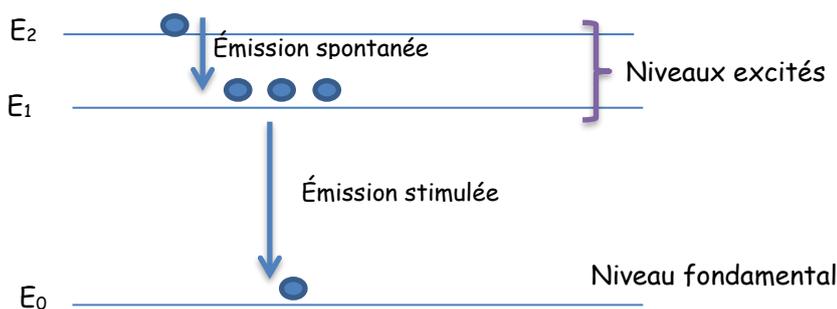
Dans un article publié en 1917, Einstein a introduit un troisième processus, l'émission stimulée. Il s'agit du processus inverse de l'absorption, se produisant, comme elle, en présence de rayonnement incident résonant avec la fréquence de transition. Sous l'effet de celui-ci, l'atome passe de son état excité à son état fondamental en émettant un photon (fig. c). Ce processus est cohérent : si les photons incidents sont dans un mode donné du rayonnement, alors le photon émis l'est dans ce même mode. L'onde émise l'est avec la même direction et la même phase que l'onde incidente : celle-ci se trouve donc amplifiée.



Le processus d'émission stimulée fait apparaître un photon dans le même mode du champ que l'onde incidente ; l'onde est amplifiée.

Le pompage optique

Sans intervention, les niveaux les plus peuplés ont l'énergie la plus faible. Pour obtenir l'effet laser, il faut effectuer une inversion de population : amener un nombre d'atomes dans un état excité supérieur au nombre d'atomes dans l'état fondamental (d'énergie minimale). Cela s'obtient par ce qui s'appelle le « pompage optique ». On amène les atomes au niveau d'énergie E_2 , dont la durée de vie est courte : ils passent rapidement au niveau E_1 , à durée de vie plus longue. Ils ne passeront à l'état fondamental que lorsqu'ils seront stimulés par une onde lumineuse correspondant à la différence $E_1 - E_0$.

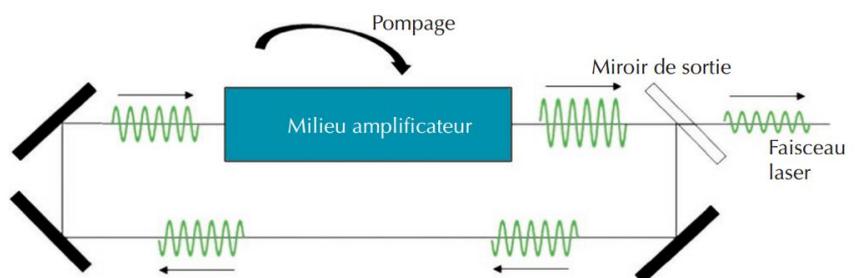


La constante de Planck est $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

- 1) Quel est le lien entre la différence d'énergie séparant deux niveaux et la fréquence de l'onde émise ou absorbée ?
- 2) En déduire le lien entre ΔE et la longueur d'onde dans le vide λ_0 .
- 3) Calculer la différence entre deux niveaux d'énergie donnant une couleur rouge à 620 nm.
- 4) Comment peut-on obtenir un laser bleu ?
- 5) A quoi le pompage optique sert-il ?
- 6) Selon vous, comment pourrait-on effectuer ce pompage ?

Propriétés du faisceau laser :

- Directivité (faible divergence)
- Monochromaticité (λ émise quasiment unique)
- Concentration spatiale et temporelle d'énergie
- Cohérence



1. Transformation d'un amplificateur en oscillateur (laser) : un jeu de miroirs renvoie à l'entrée de l'amplificateur la lumière qu'il a émise. Le miroir en haut à droite est partiellement transparent.