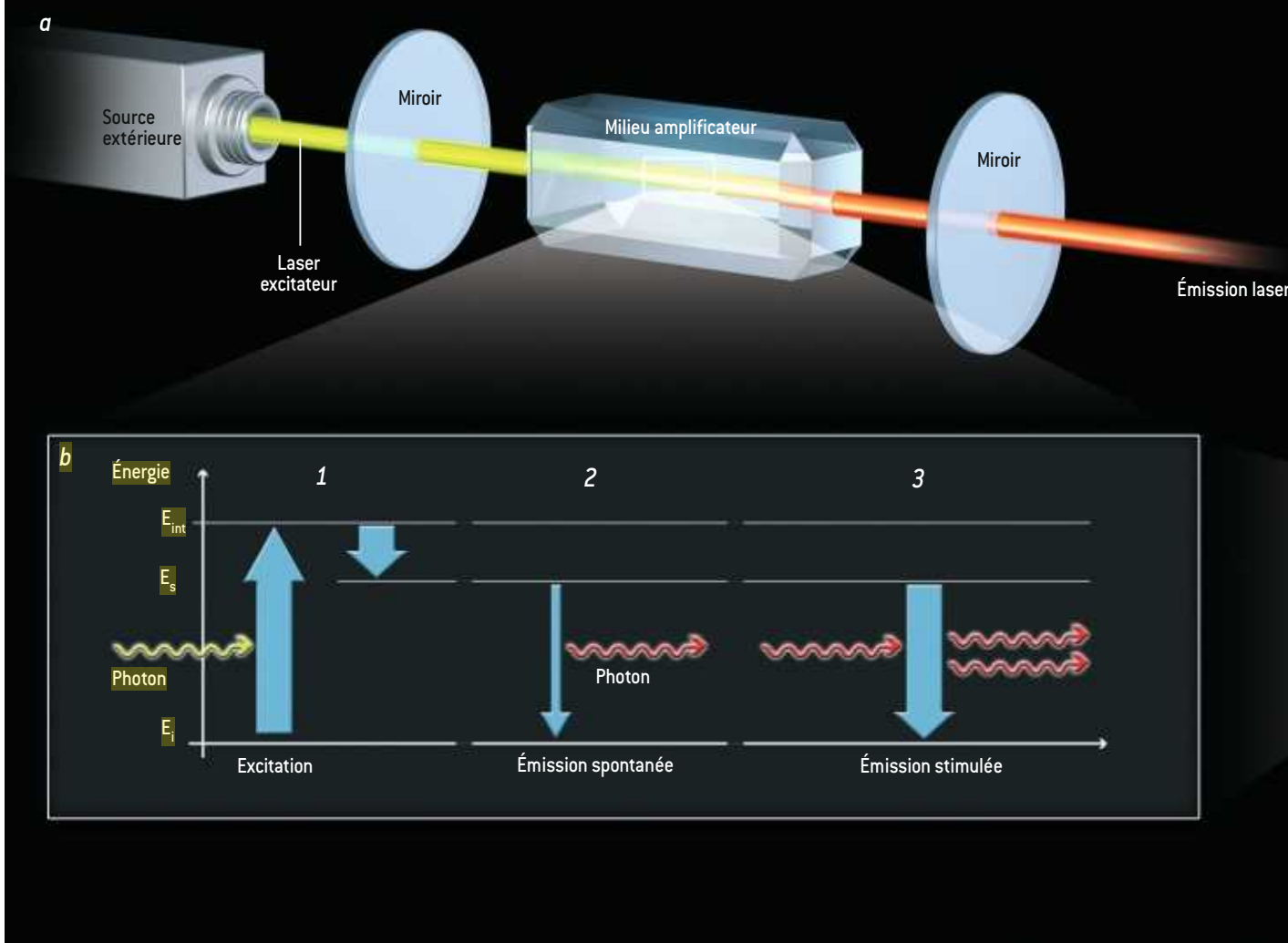




Bruno Bourgeois

Émission spontanée, émission stimulée

Le cœur du laser est constitué d'un ensemble d'atomes sous forme solide, liquide ou gazeuse qui constitue le milieu actif. Ces atomes sont généralement identiques et, parmi tous leurs états énergétiques possibles, une paire d'états i et s , d'énergies respectives E_i et E_s , se révèle plus favorable que les autres pour l'émission laser. Une fois excités, c'est-à-dire portés dans l'état d'énergie supérieure, les atomes amplifient, par le processus d'émission stimulée, les photons qui les traversent (voir la figure 2).

Dans ce processus, un photon d'énergie $E_s - E_i$ incident qui frappe un atome excité dans l'état s provoque ou « stimule » la désexcitation de cet atome dans l'état i ; cet atome émet un photon identique au photon incident. On obtient ainsi deux photons ayant la même direc-

tion et la même énergie $E_s - E_i$ (ou même longueur d'onde). Ceux-ci à leur tour pourront provoquer la désexcitation d'autres atomes excités dans l'état s , créant ainsi en cascade un faisceau de photons identiques.

Pourquoi a-t-on de l'émission spontanée dans le cas des sources incohérentes et de l'émission stimulée dans le cas des lasers, alors qu'initialement, on se trouve dans les deux cas en présence d'une population d'atomes excités ? La réponse est que les deux processus d'émission spontanée et stimulée sont toujours à l'œuvre, mais avec des poids différents selon les situations. L'émission stimulée entre deux niveaux s et i domine lorsque le nombre d'atomes excités dans l'état s est supérieur au nombre d'atomes dans l'état i , situation désignée sous le nom d'inversion

de population. Le mécanisme d'excitation des sources ordinaires est souvent d'origine thermique et ne peut conduire à une inversion de population.

Dans les lasers, on utilise un mécanisme d'excitation optique, électrique ou chimique qui porte les atomes dans l'état d'énergie supérieure E_s . Le milieu ainsi excité amplifie toute onde dont la fréquence correspond à l'énergie de photon $E_s - E_i$. Il peut être décrit par une courbe d'amplification (courbe de gain) en forme de cloche centrée sur cette fréquence, dont la largeur est liée à l'incertitude avec laquelle est définie l'énergie du photon émis. Le rapport de la largeur de la courbe et de la valeur de la fréquence varie de $1/10^6$ à $1/100$ selon les matériaux, ce qui fait d'un tel milieu un amplificateur à bande étroite.

l'encadré page 68). Lorsqu'un atome se désexcite, il émet un grain de lumière ou photon. Le milieu actif amplifie de façon cohérente les photons émis spontanément par les atomes : un tel photon arrivant sur un atome excité provoque – « stimule » – la désexcitation de cet atome, qui émet un photon identique au photon incident. On obtient ainsi deux photons ayant la même direction, la même longueur d'onde et la même phase. Ceux-ci à leur tour pourront provoquer la désexcitation d'autres atomes excités, créant en cascade un faisceau de photons identiques.

Ce phénomène d'émission stimulée diffère du processus à l'œuvre dans les sources de lumière ordinaires. Dans ces dernières, les atomes se désexcitent spontanément et indépendamment les uns des autres en émettant chacun un photon de direction et de longueur d'onde arbitraires. La lumière totale émise est alors la superposition de chacune de ces impulsions individuelles aléatoires, c'est-à-dire incohérente.

Mais le milieu actif ne fait pas un laser à lui tout seul. Sans la cavité optique qui l'entoure, il n'est qu'un simple amplificateur de photons. Habituellement formée