

Dynamique d'un laser soumis à une conduite asymétrique - effet de "cliquet"

Preda¹, Ségard¹, & Glorieux¹

Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, CNRS (UMR 8523), Université de Lille 1, France
elena.preda@phlam.univ-lille1.fr

Nous avons tenté de démontrer l'existence d'un effet de "cliquet" en optique. Le problème général tel que posé par Feynman [1] consiste à se demander dans quelles conditions il est possible d'extraire d'un ensemble désordonné, un flux d'énergie ou de particules ordonnées et ceci en absence de forces macroscopiques qui induiraient ce flux. Le dispositif mécanique imaginé par Feynman repose sur l'asymétrie imposée par un système de cliquet qui n'est pas directement transposable en optique. On peut toutefois remplacer l'asymétrie géométrique de son dispositif par une asymétrie temporelle dans le pompage d'un laser, par exemple. L'ingrédient minimal indispensable d'un tel effet est l'existence simultanée de fluctuations et d'un potentiel microscopique spatialement périodique et asymétrique. Le sens d'écoulement des particules est alors imposé par l'asymétrie du potentiel. La question qui se posait à nous était : est-il possible de transposer ce type de processus, déjà démontré sur des systèmes de particules browniennes [2] ou sur des nuages d'atomes froids[3], aux lasers dont nous avons montré que la dynamique est fortement influencée par les fluctuations introduites par l'émission spontanée ? De façon plus précise, l'interaction entre l'émission spontanée et un forçage externe périodique asymétrique, nulle en moyenne, est-elle susceptible d'influencer la dynamique d'émission cohérente du laser que l'on associe ici à un écoulement dirigé de photons ? Les expériences que nous avons réalisées [4] pour répondre à cette question sont effectuées sur un laser $Nd^{3+} : YVO_4$ soumis à une conduite asymétrique via une modulation triangulaire et périodique du taux de pompage dont la valeur moyenne est proche mais toujours inférieure au seuil. La modulation est rapide par rapport au temps de l'inversion de population mais lente par rapport aux oscillations de relaxation, de telle sorte que l'on excite le laser dans un régime intermédiaire entre la résonance et le régime adiabatique. L'asymétrie de la modulation est caractérisée par le paramètre d'asymétrie α défini comme le rapport entre la durée de la montée et celle de la période du triangle. Elle influence de manière différente la réponse du laser. Ainsi pour des modulations adéquates, on obtient un régime où le laser émet de manière impulsionnelle et cohérente en présence de modulations en dents de scie montantes, mais il n'émet pas si les dents se scie sont décroissantes. Les amplitudes des pulses présentent des fluctuations importantes dont l'origine provient du caractère stochastique de l'émission spontanée. Ces fluctuations sont nécessaires, le laser restant dans l'état "éteint" en leur absence. Pour un apport donné d'énergie (proportionnel à l'aire du triangle de modulation du pompage), il est possible d'optimiser l'intensité des impulsions émises en ajustant le paramètre d'asymétrie α . Nous avons obtenu [4] un bon accord entre les résultats expérimentaux et les simulations réalisées à l'aide du modèle d'un laser de classe **B** incluant un terme de bruit dans l'équation du champ pour prendre en compte l'émission spontanée.

Références

1. R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, The Feynman Lectures in Physics, Addison-Wesley, Reading, 1966.
2. L. P. Faucheux, A. Libchaber, J. Chem. Soc. Faraday Trans., Reading, **91**, 3163, 1995.
3. E. Lundh, M. Wallin, Phys. Rev. Lett. **94**, 110603, 2005.
4. C. E. Preda, B. Ségard, P. Glorieux, Opt. Lett. **31**, 2347, 2006.