

Radiation optique stimulée dans le rubis

Théodore MAIMAN

Hughes Research Laboratoires – Nature (1960) *

SCHAWLOW et TOWNES¹ ont proposé une technique permettant de générer un rayonnement très monochromatique dans la région optique infrarouge du spectre en utilisant une vapeur alcaline comme milieu actif. JAVAN² et SANDERS³ ont discuté de propositions impliquant des systèmes gazeux excités par des électrons. Dans ce laboratoire, une technique de pompage optique a été appliquée avec succès à un solide fluorescent, ce qui a permis d'atteindre des températures négatives et une émission optique stimulée à une longueur d'onde de 6943 Å; le matériau actif utilisé était le rubis (chrome dans une matrice de corindon, $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$).

La figure 1 présente un diagramme simplifié des niveaux d'énergie pour le chrome triplement ionisé dans ce cristal. Lorsque ce matériau est irradié avec une énergie d'une longueur d'onde d'environ 5500 Å, les ions chrome sont excités dans l'état 4F_2 et perdent ensuite rapidement une partie de leur énergie d'excitation par des transitions non-radiatives vers l'état $^2E^4$. Cet état décroît ensuite lentement en émettant spontanément un doublet étroit dont les composantes à 300 K sont à 6943 Å et 6929 Å (Fig.2a). Sous excitation très intense, la population de cet état métastable (2E) peut devenir supérieure à celle de l'état fondamental; c'est la condition pour des températures négatives et donc une amplification par émission stimulée.

Pour démontrer l'effet ci-dessus, un cristal de rubis de 1 cm de long recouvert d'argent sur deux faces parallèles a été irradié par une lampe flash de forte puissance; le spectre d'émission obtenu dans ces conditions est illustré par la figure 2b. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que des températures négatives ont été produites

et qu'une amplification régénérative s'en est suivie. Je m'attends, en principe, à une réduction considérablement plus importante ($\sim 10^8$) de la largeur de ligne lorsque des techniques de sélection de mode seront utilisées.

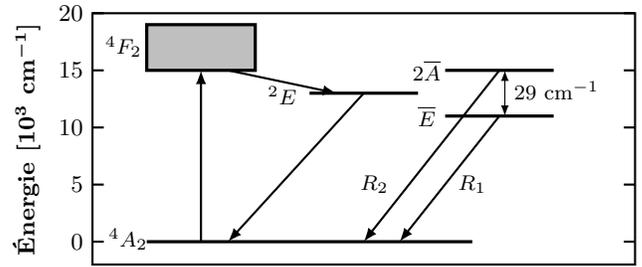


FIGURE 1 – Diagramme de niveau d'énergie du Cr_3^+ dans le corindon montrant la pertinence du processus.

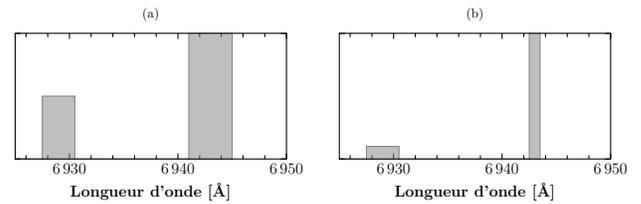


FIGURE 2 – Émission spectrale du rubis : (a) faible puissance d'excitation; (b) haute puissance d'excitation.

Je tiens à remercier pour les échanges très productifs que nous avons eues G. BIRNBAUM, R. W. HELLWARTH, L. C. LEVITT, et R. A. SATTEN et suis reconnaissant à, I. J. D'HAENENS et C. K. ASAWA pour leur assistance technique dans l'obtention des mesures.

*traduit de : MAIMAN, T. H. *Stimulated Optical Radiation in Ruby* Nature 187, 493–494 (1960). DOI :10.1038/187493a0, et mis en page par Matthieu SCHNEIDER

1. SCHAWLOW, A. L., and TOWNES, C. H., Phys. Rev., 112, 1940 (1958) DOI :10.1103/PhysRev.112.1940
2. JAVAN, A., Phys. Rev. Letters, 3, 87 (1959). DOI :10.1103/PhysRevLett.3.87
3. Sanders, J. H., Phys. Rev. Letters, 3, 86 (1959). DOI :10.1103/PhysRevLett.3.86
4. MAIMAN, T. H., Phys. Rev. Letters, 4, 564 (1960). DOI :10.1103/PhysRevLett.4.564