

Etude théorique des effets relativistes lors de l'interaction d'un atome d'hydrogène avec un champ électromagnétique

Cl. Meyap Soh^{1,2}, Y. Hirschberger³, M.G. Kwato Njock¹, P.-A. Hervieux³ et B. Piraux²

¹Centre de Physique Atomique, Moléculaire et Optique Quantique (CEPAMOQ), Université de Douala, Cameroun

²Institut de la Matière Condensée et des Nanosciences, Université Catholique de Louvain, 2 chemin du cyclotron B1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

³Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, 23 rue Loess, BP 43, 67034 Strasbourg Cedex 2, France

La génération d'impulsions électromagnétiques ultra-courtes de très haute fréquence et d'impulsions très intenses de basse fréquence permet à présent d'étudier l'interaction lumière-matière dans des régimes d'intensité et de fréquence où des effets relativistes commencent à se manifester. Sur le plan expérimental, et à l'échelle du laboratoire, ce sont essentiellement des effets liés au champ magnétique qui ont été observés. Bigot *et al.* [1] ont mis en évidence la démagnétisation ultra-rapide d'un fin film ferromagnétique suite à son interaction avec une impulsion laser d'une durée de l'ordre de la femtoseconde. A l'échelle atomique et dans le régime des très basses fréquences, Ludwig *et al.* [2] ont montré qu'une fois l'électron éjecté, ce dernier subit un mouvement oscillatoire très rapide généré par le champ électrique et ce, dans le champ du potentiel coulombien de l'ion résiduel. Il s'en suit une dynamique très complexe perturbée par le champ magnétique du laser qui conduit à un déplacement de l'électron dans une direction perpendiculaire à la direction de polarisation.

Pour étudier ces effets relativistes, nous utilisons l'équation de Pauli dépendante du temps. Cette équation peut s'obtenir à partir de l'équation de Dirac décrivant l'interaction d'un système à un électron actif avec un champ électromagnétique extérieur, en lui appliquant une transformation de Foldy-Wouthuysen. C'est cette approche qu'ont utilisée Hirschberger et Hervieux [3] pour démontrer l'existence jusqu'à l'ordre cinq en $1/m$, de termes de couplage impliquant les dérivées temporelles successives des champs électriques et magnétiques et le spin de l'électron atomique. Nous avons généralisé leurs calculs jusqu'à l'ordre sept en $1/m$ et montré que ces termes apparaissent à tous les ordres impliquant des dérivées temporelles d'ordre de plus en plus élevé. Ce résultat ouvre des perspectives intéressantes quant au contrôle de l'orientation du spin électronique par un champ électromagnétique ultra-court.

Dans la première partie de l'exposé, nous étudions qualitativement dans quelles conditions de fréquence, d'intensité et de durée d'impulsion, les effets liés au spin pourraient se manifester. Ensuite, dans la seconde partie, nous présentons notre approche pour la résolution numérique de l'équation de Pauli dépendante du temps. Notre objectif est double: d'une part étudier de manière quantitative les effets de spin et d'autre part, d'étudier à basse fréquence la dynamique de l'électron atomique en présence du champ électromagnétique suite à son émission.

References

- [1] J.-Y. Bigot, M. Vomir et E. Beaurepaire, *Nature Phys.* 5, 515 (2009)
- [2] A. Ludwig, J. Maurer, B.W. Mayer, C.R. Phillips, L. Gallmann et U. Keller, *Phys. Rev. Lett.* 113, 243001 (2014)
- [3] Y. Hirschberger, P.-A. Hervieux, *Phys. Lett. A* 376, 813 (2012)