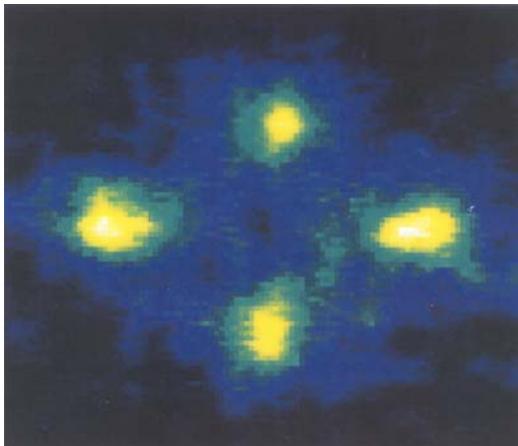


Fiche 2

## Le refroidissement des atomes par laser

En 1985, Alain Aspect rejoint Claude Cohen-Tannoudji, professeur au Collège de France (chaire de physique atomique et moléculaire), au laboratoire Kastler-Brossel (ENS Paris/CNRS/Université Paris VI), pour y lancer une activité de recherche sur le refroidissement d'atomes par laser avec Jean Dalibard puis Christophe Salomon, physiciens du CNRS. Il s'agit de contrôler le mouvement des atomes, en utilisant la force de pression de radiation exercée par des lasers. Il va s'avérer possible de réduire la vitesse des atomes à des valeurs extrêmement faibles, de l'ordre de quelques centimètres par seconde. Le gaz obtenu a une température extraordinairement basse, de l'ordre du microKelvin, à seulement un millionième de degré au-dessus du zéro absolu.



**Refroidissement d'atomes « sous le recul d'un photon ».** On voit ici les traces laissées sur un écran fluorescent par quelques centaines d'atomes refroidis et lâchés au dessus de l'écran. L'accumulation des traces en quatre pics bien séparés indique un refroidissement largement dans le régime subrecoil. D'après la description quantique du phénomène, chaque atome doit être considéré comme simultanément présent dans les quatre pics, distants de quelques centimètres. © Laboratoire Kastler Brossel

Parmi les nombreux résultats obtenus à l'ENS et récompensés notamment par le prix Nobel 1997 attribué à Claude Cohen-Tannoudji<sup>2</sup>, Alain Aspect a contribué plus particulièrement au développement de la première méthode de refroidissement ayant permis de réduire la vitesse d'agitation des atomes sous le « recul pour un photon ». Il s'agit de la vitesse prise par un atome qui émet un photon, analogue au recul encaissé par un fusil qui tire une balle. Le recul pour un photon était à l'époque considéré comme une barrière infranchissable.

Notons que le processus mis en œuvre pour obtenir ce résultat (baptisé « résonance noire sélective en vitesse ») aboutit à mettre chaque atome dans une superposition quantique où il est simultanément présent dans plusieurs zones de l'espace éloignées de quelques centimètres, ce qui évoque l'état décrivant une particule unique dans un interféromètre.

Ce mécanisme de refroidissement a également été analysé dans le cadre des « statistiques de Lévy », méthodes mathématiques introduites par le mathématicien français Paul Lévy<sup>3</sup> pour décrire comment le résultat d'un très grand nombre de phénomènes aléatoires peut parfois être totalement dominé par un seul événement de faible probabilité.<sup>4</sup>

Le refroidissement des atomes par laser a ouvert la voie à l'obtention de températures encore plus basses, dans la gamme des nanoKelvins (à quelques milliardièmes de degrés au dessus du zéro absolu) et à la découverte, aux Etats Unis en 1995, des condensats de Bose-Einstein gazeux (prix Nobel de physique 2001 attribué à Eric Cornell, Carl Wieman, et Wolfgang Ketterle).

<sup>2</sup> en compagnie de Steven Chu et William Phillips

<sup>3</sup> Professeur à l'Ecole Polytechnique de 1920 à 1959

<sup>4</sup> François Bardou, Jean-Philippe Bouchaud, Alain Aspect, et Claude Cohen-Tannoudji, « Lévy Statistics and Laser Cooling : How Rare Events Bring Atoms to Rest », Cambridge University Press (2002).

