

Voir sans détruire la lumière : vie et mort de photons dans une cavité

*Séminaire général du Département de Physique
de l'École Polytechnique*

Une part essentielle de notre connaissance du monde provient de la détection de photons. Diffusés par les objets qui nous entourent, ils forment les images que nous voyons. Traversant le vide à la vitesse de la lumière, ils nous informent sur l'Univers et ses origines. Transportés par les ondes radio ou canalisés par des fibres optiques, ils véhiculent la quantité énorme de données traitées par les technologies de la communication moderne. Ils peuvent être comptés un à un, mais les photo-détecteurs usuels le font de façon brutale. Ils détruisent la lumière et convertissent son énergie en un signal électrique ou chimique. Un processus destructif analogue se produit sur notre rétine. En un mot, le photon, comme le soldat de Marathon, semble condamné à périr en livrant son message.

Cette fatalité n'est cependant pas imposée par la théorie quantique qui n'empêche pas l'existence d'un détecteur transparent, capable d'observer les photons sans les absorber. Nous venons de réaliser un tel détecteur. Des quanta de lumière – en l'espèce des photons micro-onde – sont piégés dans une cavité formée de miroirs ultra-réfléchissants qui réalise une « boîte à photons » analogue à celle qu'Einstein et Bohr avaient imaginée dans une célèbre expérience de pensée. Les photons rebondissant sur les parois de la boîte sont vus de façon répétée. L'expérience utilise comme détecteur non destructif une horloge atomique dont le battement est modifié par le champ électromagnétique associé aux photons. La mesure de la fréquence de cette horloge permet de compter, sans les détruire, les photons qui en ont perturbé le rythme. L'analyse de cette expérience illustre tous les aspects non-intuitifs du processus de mesure en physique quantique.

L'absorption ou l'émission résiduelle de lumière dans les parois de la cavité se manifeste à des instants aléatoires par des sauts quantiques soudains du nombre de photons. On observe ainsi pour la première fois en temps réel la naissance et la mort de quanta de lumière individuels. Cette nouvelle façon de voir permet aussi de préparer et de détecter des états exotiques du champ électromagnétique appelés « chats de Schrödinger ». L'étude de ces états ouvre des perspectives fascinantes à l'exploration de la frontière entre les mondes classique et quantique



Serge Haroche

Professeur au Collège de France

25 janvier 2008

**ÉCOLE POLYTECHNIQUE
Amphithéâtre Arago**

14 h 00