

# Les paradoxes du froid

---

Laboratoire Kastler Brossel

Jérôme Beugnon

Claude Cohen-Tannoudji

Jean Dalibard

Fabrice Gerbier

Michèle Leduc

Sylvain Nascimbène

Les atomes froids sont un lieu de paradoxes. À la base de cette recherche, on trouve l'idée qu'un faisceau laser, qui nous brûlerait le doigt si on avait l'imprudence d'y toucher, piège des particules à une température un milliard de fois plus basse que la température ordinaire.

Un deuxième paradoxe est que ce froid extrême, loin de constituer un banal repos éternel, ouvre au contraire les portes d'un riche univers quantique, où ondes et corpuscules jouent une partition commune. Et enfin il y a la surprise, pour le visiteur non averti, de voir que cette musique subtile peut naître dans des manips envahies par un fouillis de câbles et de tuyaux, sur des tables optiques couvertes de composants disposés sans logique apparente.

Les voies de recherche que nous explorons prolongent cet aspect paradoxal des gaz ultrafroids. Nous souhaitons simuler avec nos atomes des phénomènes liés au magnétisme intense, qu'il soit orbital ou de spin, alors que nos atomes n'ont pas de charge électrique et ne portent qu'un faible moment magnétique...



Laboratoire Kastler Brossel

Jérôme Beugnon

Claude Cohen-Tannoudji

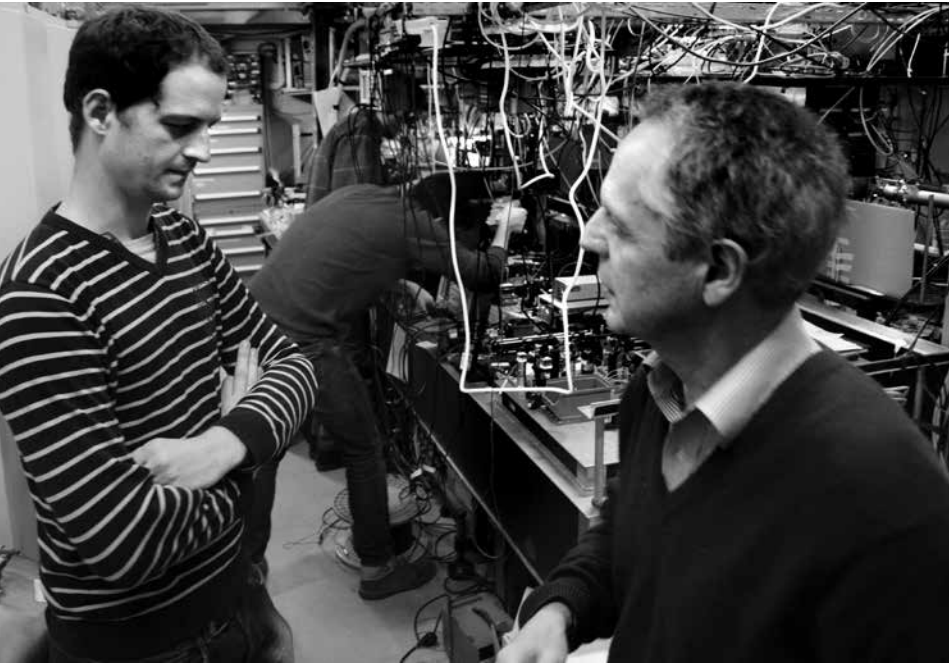
Jean Dalibard

Fabrice Gerbier

Michèle Leduc

Sylvain Nascimbène

## La particule de Majorana



Le dysprosium est un atome présentant un arrangement original des électrons autour de son noyau. En excitant ces électrons de manière contrôlée au moyen de faisceaux laser, nous pouvons modifier la façon dont les atomes se déplacent : la vitesse de l'atome est alors reliée à l'état de ses électrons.

Ces atomes manipulés par laser devraient former des nouvelles phases de la matière. Nous cherchons à créer un gaz d'atomes superfluide dans lequel certains atomes s'associeraient pour former une particule appelée « état lié de Majorana ». Les particules de Majorana, contrairement à toutes les particules connues, n'entrent dans aucune des deux catégories habituelles, les bosons et les fermions. Nous chercherons à mettre en évidence cette propriété exotique des particules de Majorana.





## Équations d'état

Une des spécialités du groupe gaz de Fermi est l'étude quantitative des propriétés thermodynamiques des gaz quantiques fortement corrélés. Nous avons développé une méthode expérimentale fondée sur l'analyse d'images *in situ* des nuages d'atomes qui donne accès à l'équation d'état du gaz.

Pour les fermions en interaction attractive, l'équation d'état révèle clairement l'existence de la phase superfluide avec une transition de phase du premier ou du second ordre, suivant que le spin des fermions est fortement ou faiblement polarisé.

Nous avons également étudié le gaz de Bose en interaction résonante et révélé des corrections quantiques dites de Lee-Huang-Yang, qui avaient été calculées pour la première fois il y a plus de cinquante ans mais jamais observées auparavant.



