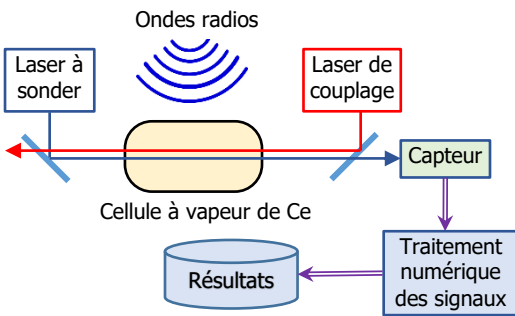


# CAPTEURS QUANTIQUES



Si l'ordinateur quantique fait aujourd'hui figure de Graal à atteindre dans le domaine du quantique, il existe une autre branche beaucoup plus avancée qui exploite les mêmes propriétés : celle des capteurs quantiques. Il s'agit d'un instrument de mesure exploitant les lois de la mécanique quantique et fournissant la mesure d'une grandeur physique directement à partir de valeurs des constantes fondamentales de la physique quantique. Un tel capteur est donc intrinsèquement exact et stable, des propriétés essentielles pour de nombreuses applications. Ces capteurs sont en général également très sensibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent résoudre de faibles variations de signaux, aussi bien de champ magnétique, de champ électrique, de pression, que de température. Le premier capteur quantique, c'est simplement l'horloge atomique.

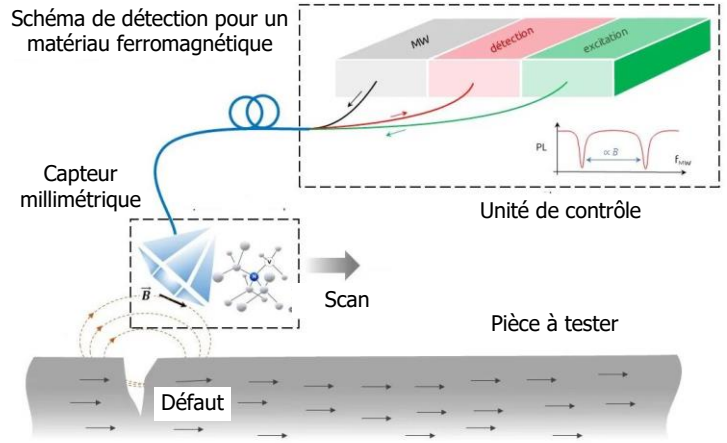
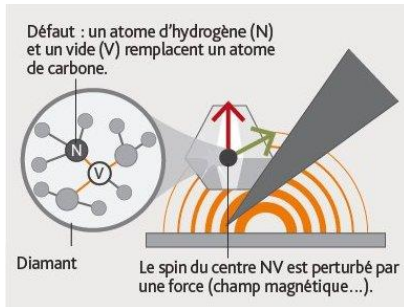
**Capteur optique quantique.** Q.ANT, filiale à 100 % de Trumpf, et Sick, spécialiste en capteurs, travailleront désormais ensemble dans le développement de capteurs optiques quantiques. Grâce aux effets quantiques, des détails supplémentaires peuvent être perçus à partir du bruit du signal alors que jusqu'à présent aucun signal spécifique n'aurait pu être mesuré. Cela permet de détecter des particules qui sont environ deux cents fois plus petites que la largeur d'un cheveu humain, soit  $\sim 50$  nm.



**Capteur quantique radio 0 à 100 GHz.** En cours de développement par des chercheurs de l'armée américaine, ce dispositif quantique pourrait permettre aux soldats de détecter les signaux de communication sur l'ensemble du spectre des fréquences radio. Ces capteurs utilisent des atomes de Rydberg qui sont des atomes hautement excités, tel que le césium, dans lequel un ou plusieurs électrons ont un nombre quantique principal (orbite) très élevé. On obtient ainsi une énorme sensibilité aux champs magnétiques et électriques.

La cellule à vapeur est traversée par deux faisceaux laser de longueurs d'ondes différentes, créant des atomes de Rydberg. L'énergie du signal électromagnétique est convertie à une fréquence inférieure, ce qui permet un traitement numérique facilité.

**Magnétomètre quantique NV.** Le WAINMAG-ST se compose d'une tête millimétrique de mesure fibrée, ainsi que d'une unité de contrôle. La mesure du champ magnétique est réalisée par détection optique de la résonance de spin électronique du centre azote lacune (NV) du **diamant**. Pour cela celui-ci est éclairé avec un laser vert, et la photoluminescence des centres NV du diamant sous excitation micro-onde (MW) est collectée et analysée. Cela permet de remonter directement une mesure vectorielle du champ magnétique dans le référentiel du capteur.



**Capteurs inertiels quantiques.** Les capteurs inertiels classique (mécanique) fournissent des signaux continus mais ont une dérive non négligeable alors que la version quantique est extrêmement précise mais présente des temps morts. C'est sur cette base que le CNRS a développé le premier capteur inertiel quantique hybride.

Les capteurs inertiels quantique sont basés sur l'interférométrie atomique. Ils utilisent le caractère ondulatoire des atomes pour mesurer des accélérations ou rotations. Une onde atomique est ainsi séparée en deux ondes qui empruntent deux chemins différents, et que l'on recombine en un point pour les faire interférer. Le signal d'interférence obtenu est alors très sensible à d'infimes modifications de l'environnement et en particulier aux forces inertielles telles que les accélérations et rotations du fait que les atomes ont une masse. Dans les expériences d'interférométrie atomique, les ondes de matière sont des atomes refroidis par laser au niveau du microkelvin, c'est-à-dire le millionième de degré au-dessus du zéro absolu.



Piège magnéto-optique pyramidale pour le refroidissement des atomes  $\Rightarrow$

## Quelques autres exemples de capteurs quantiques :

*Gravimètre quantique différentiel* : mesure simultanément l'accélération gravitationnel et son gradient vertical.

*Interféromètre quantique* : fonctionne avec des états quantiques comprimés de la lumière, Lirgo et Vargo.

*Capteurs quantiques cérébraux* : basé sur l'hyperpolarisation quantique, l'instrument IRM serait réduit à un casque sur la tête.

*Compteur quantique* : mesure du spectre lumineux appliquée à la photosynthèse. Résultat en  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  sur 400 à 700 nm.

*Capteur quantique à nanofils coniques* : capable de détecter un seul photon.

