




# Quantum Valley Ideas Lab

## Introduction aux capteurs radiofréquences quantiques utilisant la technologie atomique de Rydberg

Mark Pecen, Feb 2021



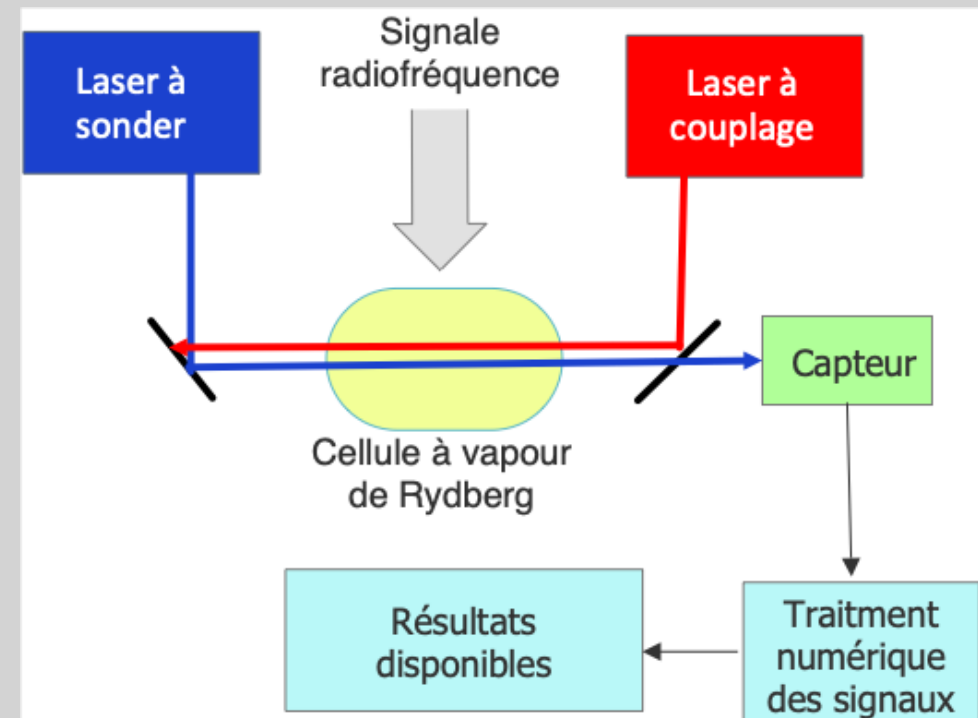


# Quelles sont les atomes Rydberg ?

- **Les atomes de Rydberg** sont des atomes hautement excités d'un matériau, tel que le césium, dans lequel un ou plusieurs électrons auraient un nombre quantique principal très élevé
- Plus ce nombre quantique est élevé, plus le (ou les) électrons seraient éloignés du noyau
- Cela fait que les atomes de Rydberg ont une réponse exagérée aux champs électriques et magnétiques, ce qui est la propriété qui nous permet de mettre en œuvre des capteurs radiofréquences

# Les atomes de Rydberg dépendent de l'excitation externe

- La cellule à vapeur est éclairée par deux lasers (ou plus) de différentes longueurs d'onde, créant les atomes de Rydberg
- L'énergie radiofréquence est convertie à une fréquence inférieure à laquelle le traitement numérique peut être facilement effectué





Capacités au-delà de celles des antennes conventionnelles, en particulier à l'onde millimétrique et à des fréquences plus élevées, telles que 20 GHz à 100+ GHz

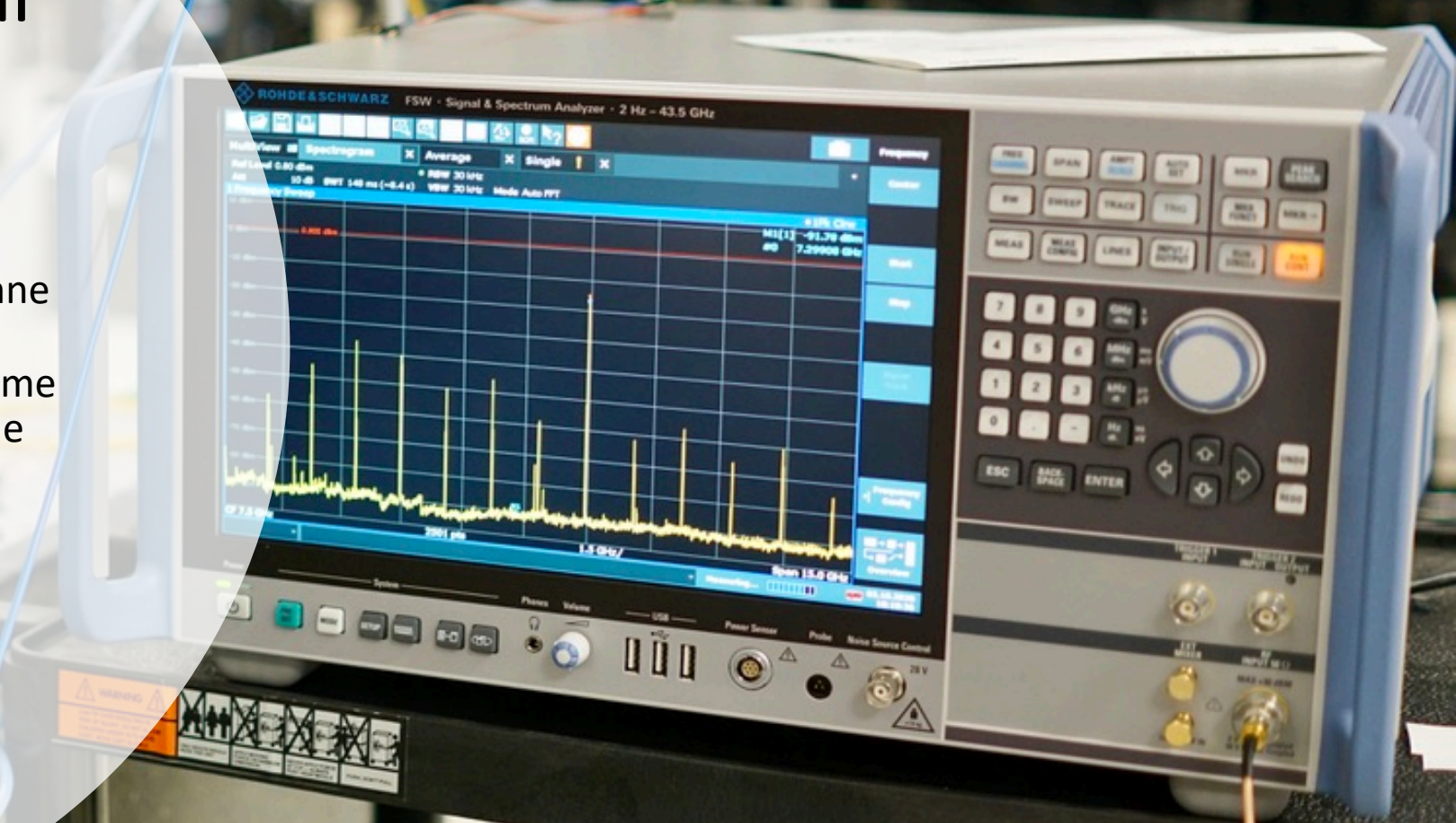
- Auto-calibrage pour la puissance des signaux reçus
- Haute sensibilité aux champs radiofréquences
- Résolution spatiale très élevée - capacité à effectuer une cartographie de champ haute résolution
- Les réseaux-antennes peuvent être construits pour une cartographie de champ radiofréquence spatiale
- Construction diélectrique - empêche la perturbation d'autres champs électriques
- Couplage optique - résistant aux interférences d'autres sources de radiofréquences
- Capacité à résoudre la phase et la polarisation des signaux
- Taille extrêmement petite possible - moins de 1 millimètre cube de volume possible aujourd'hui



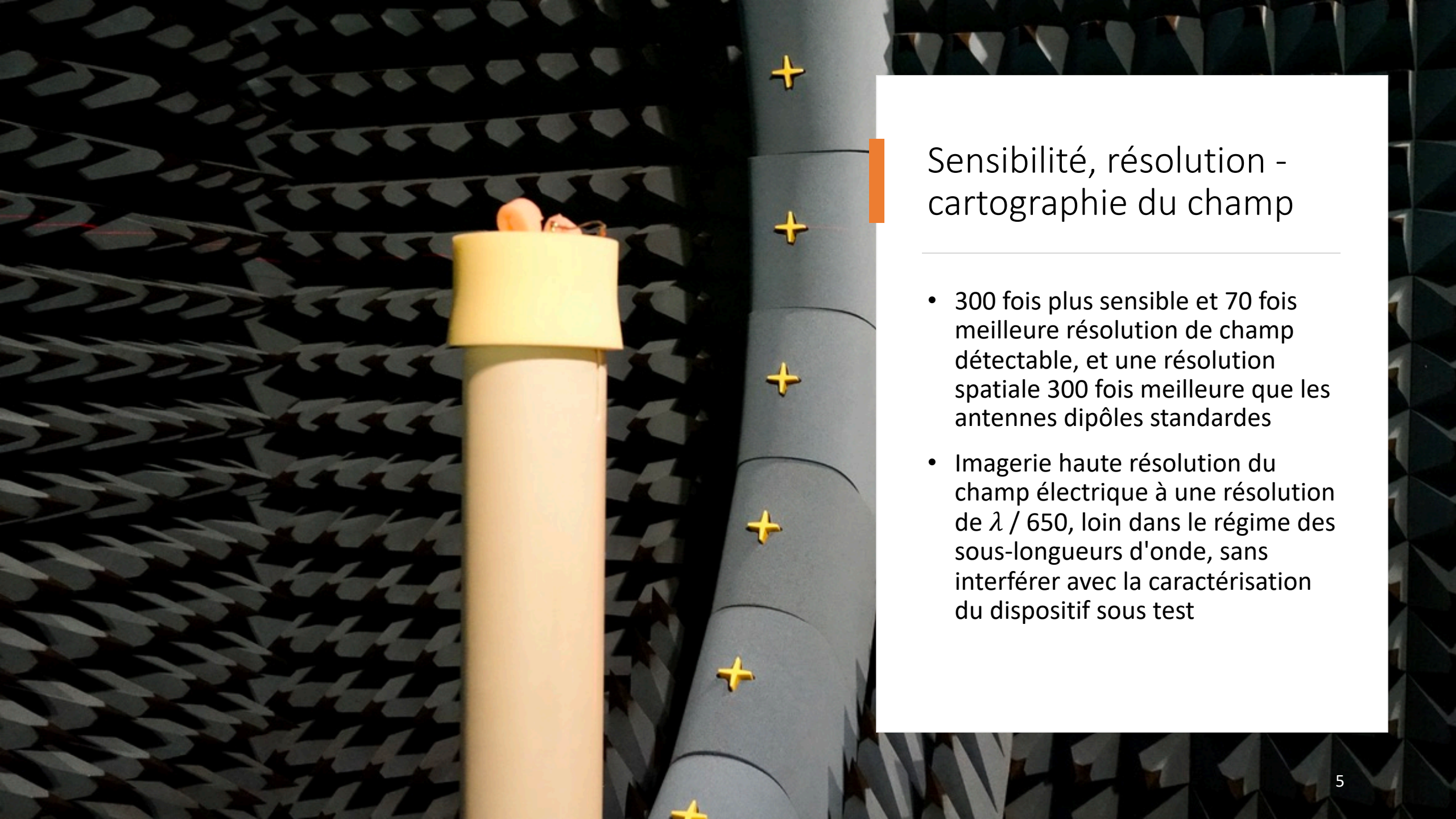


# C'est un capteur qui auto-calibre

- La cellule fonctionne comme une antenne de réception, mais contrairement aux antennes conventionnelles, chaque atome individuel agit comme une mini-antenne individuelle
- En raison des propriétés des atomes de Rydberg, le capteur s'auto-calibre







## Sensibilité, résolution - cartographie du champ

- 300 fois plus sensible et 70 fois meilleure résolution de champ détectable, et une résolution spatiale 300 fois meilleure que les antennes dipôles standardes
- Imagerie haute résolution du champ électrique à une résolution de  $\lambda / 650$ , loin dans le régime des sous-longueurs d'onde, sans interférer avec la caractérisation du dispositif sous test



Les réseaux-antennes peuvent être construits et les données de polarisation sont disponibles

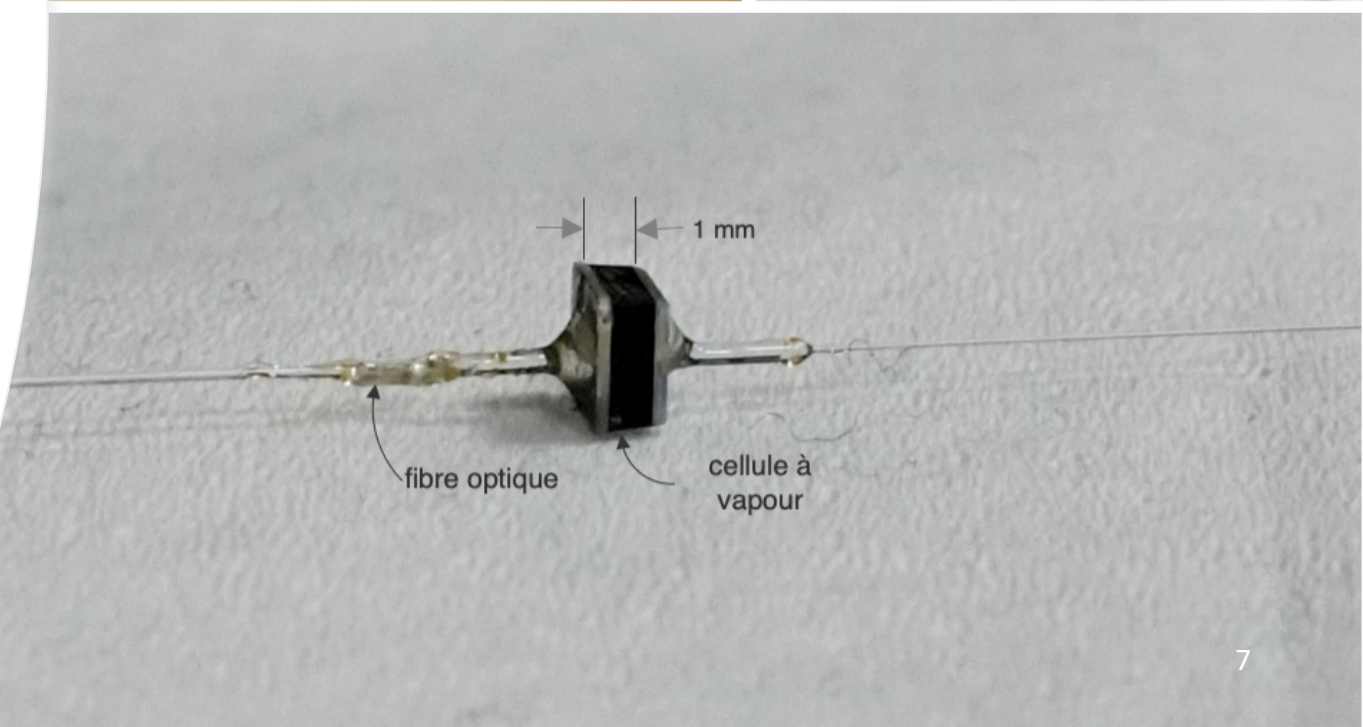
---

- Des réseaux de capteurs Rydberg peuvent être mis en œuvre pour construire avec précision des cartes tridimensionnelles d'images de champ électrique produites par des antennes de transmission et d'autres appareils, le tout sans pièces mobiles ni métal pouvant perturber le champ
- Des informations de polarisation et de phase sont disponibles, permettant une cartographie sophistiquée des modèles de champ radiofréquence, ainsi que pour certaines applications telles que le radar



# Les capteurs peuvent être très petit

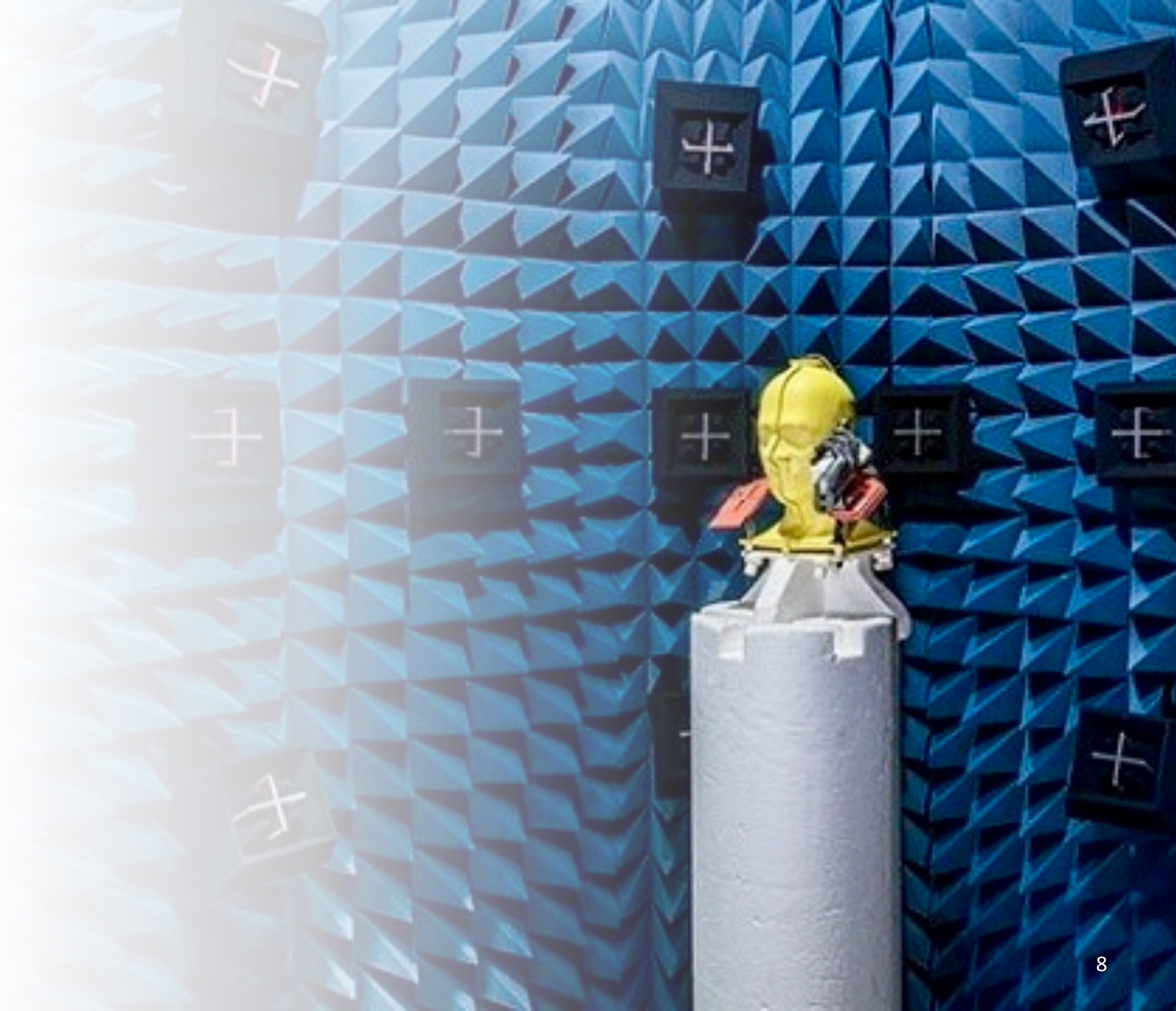
Elles contiennent l'élément césium dans une petite perle fabriquée de verre - il y a un vide partiel dedans, et donc le métal césium est en état gazeux





Le matériau diélectrique perturbe de manière minimale l'environnement électrique proche - parfait pour les applications en direct (OTA)

- Il est difficile, voire impossible, de réaliser des mesures de puissance radiofréquences conduites significatives à des fréquences d'onde millimétrique comme 60 GHz en utilisant des méthodes conventionnelles
- Les capteurs Rydberg sont bien adaptés à ce domaine
- Diélectrique - perturbation minimale du champ électrique du dispositif testé
- L'auto-calibrage signifie moins de temps d'arrêt des équipements pour calibrage d'équipement





A photograph of the UIT ITU building, a modern structure with a grid of windows and a blue facade. The letters 'UIT ITU' are visible on the top part of the building. The sky is clear and blue. In the foreground, there are some antennas and a balcony with a railing.

## Les capteurs Rydberg fonctionnent jusqu'à des fréquences Téra Hertz

- Les capteurs fonctionnent extrêmement bien dans les fréquences d'ondes millimétriques (30 GHz à 300 GHz) et peuvent facilement détecter les champs de radiofréquence à des fréquences bien comprises dans la plage térahertz (THz)
- Ceci est important car les régulateurs nationaux et l'Union internationale des télécommunications (UIT) continuent de fixer des attributions mondiales de spectre radiofréquence aux fréquences de plus en plus élevées au fil du temps



## Résumé

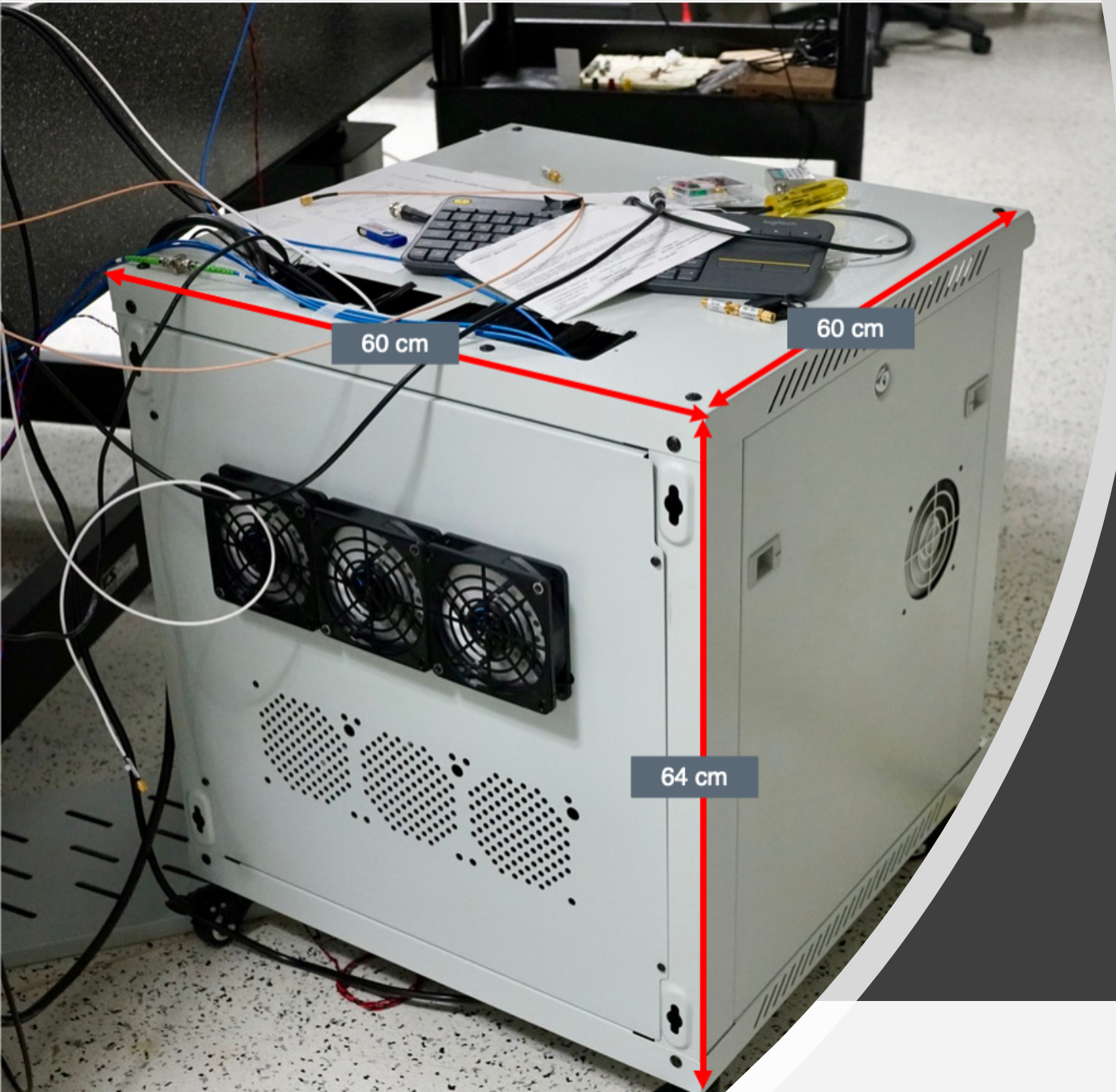
Gamme de fréquence flexible

20 GHz à 100+ GHz

Même dans la gamme TéraHertz

- Haute sensibilité aux champs radiofréquences
- Auto-calibrage pour la puissance des signaux reçus
- Construction diélectrique - empêche la perturbation d'autres champs électriques
- Couplage optique - résistant aux interférences d'autres sources de signaux
- Capacité à résoudre la phase et la polarisation des signaux
- Résolution spatiale très élevée - capacité à effectuer une cartographie de champ haute résolution
- Taille extrêmement petite possible - moins de 1 millimètre cube volume possible aujourd'hui





Quantum Valley Ideas  
Lab Rydberg système  
de mesure, preuve de  
concept





## Quantum Valley Ideas Lab