

COLLEGE MATHS, TELECOMS

DOCTORAL INFORMATIQUE, SIGNAL

BRETAGNE SYSTEMES, ELECTRONIQUE



Université  
de Rennes

# THESE DE DOCTORAT DE

## L'UNIVERSITE DE RENNES

ECOLE DOCTORALE N° 601

*Mathématiques, Télécommunications, Informatique, Signal, Systèmes,  
Electronique*

Spécialité : *Photonique*

Par

« **Sadok KOUZ** »

## « Conception de plateformes SERS à base de nanosilicium pour la biodétection »

Thèse présentée et soutenue à « Tunis », le 11/07/2024

Unité de recherche : Fonctions Optiques pour les Technologies de l'information - CNRS UMR 6082

Thèse N° : (8)

### Rapporteurs avant soutenance :

Sophie Lecomte  
Chokri KHALDI

DR au CBMN - Université de Bordeaux-IPB  
Professeur à l'ENSIT - Université de Tunis

Rapporteuse  
Rapporteur

### Composition du Jury :

Présidente : Amel BEN FREDJ ROMDHANE Professeure à la FST - Université de Tunis El Manar

Examinateur : Régis Guégan

Maître de conférences HDR - Université d'Orléans

Dir. de thèse : Mohammed GUENDOUZ  
Co-dir. de thèse : Adel MOADHEN

Maître de conférences HDR - Université de Rennes  
Professeur à l'ISTMT - Université de Tunis El Manar

**Titre :** Conception de plateformes SERS à base de nanosilicium pour la biodétection

**Mots clés :** Spectroscopie Raman, SERS, virus SARS-CoV-2, nano-silicium, pesticides, biocapteurs.

**Résumé :** La pandémie de COVID-19 a souligné la nécessité urgente de développer des techniques de détection rapides et sensibles pour le virus SARS-CoV-2. La Spectroscopie Raman à Effet de Surface Exalté (SERS) émerge comme une solution prometteuse. Cette thèse se concentre sur le développement d'un substrat SERS spécifique pour la détection de la protéine N du SARS-CoV-2, ainsi que des pesticides dans les fruits et légumes.

Les chapitres explorent les fondements théoriques de la SERS, offrant un aperçu approfondi de son potentiel dans la détection de biomarqueurs viraux, notamment la protéine N du virus. L'élaboration du substrat SERS à base de nanofils de silicium (SiNWs) décorés de nanoparticules d'argent (AgNPs) est détaillée, mettant en avant l'amplification spectaculaire du signal Raman pour une détection sensible.

La détection sélective de la protéine N du virus est réalisée avec succès, démontrant une limite de détection de 1 ng/mL en seulement 20 à 30 minutes. De plus, la polyvalence du substrat SERS est mise en évidence pour la détection de pesticides dans les aliments, offrant ainsi des perspectives importantes pour la sécurité alimentaire.

Les résultats obtenus ouvrent des portes pour des applications pratiques dans le diagnostic viral et la surveillance environnementale. Les perspectives de recherche soulignent des axes de développement futurs pour les biocapteurs SERS, notamment l'optimisation des méthodes de fabrication et l'exploration de nouvelles applications dans des domaines variés.

**Title :** Design of nano silicon-based SERS platforms for biosensing

**Keywords :** Raman Spectroscopy, SERS, SARS-CoV-2 virus, nano silicon, pesticides, biosensors.

**Abstract :** The COVID-19 pandemic has highlighted the urgent need to develop rapid and sensitive detection techniques for the SARS-CoV-2 virus. Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) has emerged as a promising solution. This thesis focuses on developing a specific SERS substrate for detecting the N protein of SARS-CoV-2, as well as pesticides in fruits and vegetables.

The chapters delve into the theoretical foundations of SERS, providing an in-depth overview of its potential in detecting viral biomarkers, including the N protein of the virus. The elaboration of the SERS substrate based on silicon nanowires (SiNWs) decorated with silver nanoparticles

(AgNPs) is detailed, highlighting the spectacular amplification of the Raman signal for sensitive detection. Successful selective detection of the virus's N protein is achieved, demonstrating a detection limit of 1 ng/mL in just 20 to 30 minutes. Furthermore, the versatility of the SERS substrate is showcased for detecting pesticides in food, offering significant prospects for food safety.

The results obtained open doors for practical applications in viral diagnostics and environmental monitoring. Research perspectives underscore future development areas for SERS biosensors, including optimizing fabrication methods and exploring new applications in various fields.