



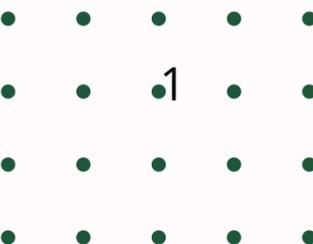
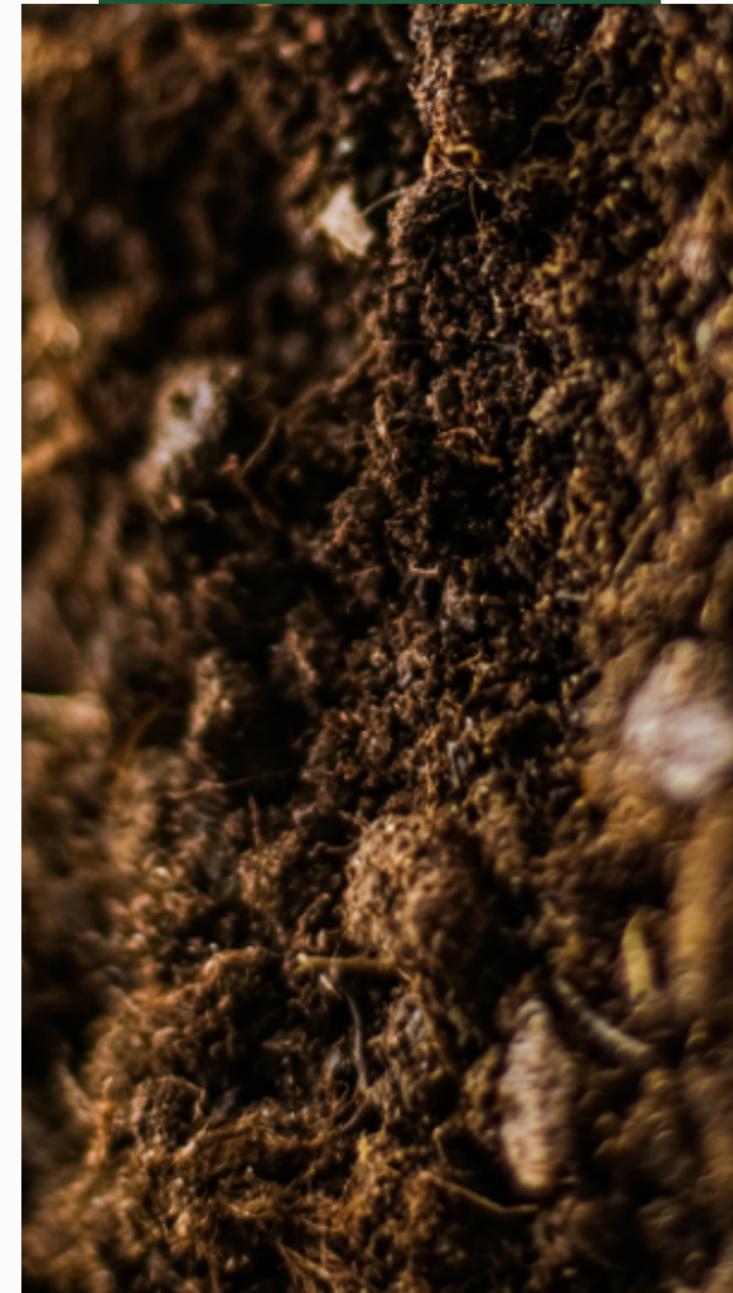
## Projet Industriel 2024-2025

# Développement d'un système de mesure pour mieux caractériser la qualité biologique des sols

Noémie POURCHET & Raphaël TOSCANO

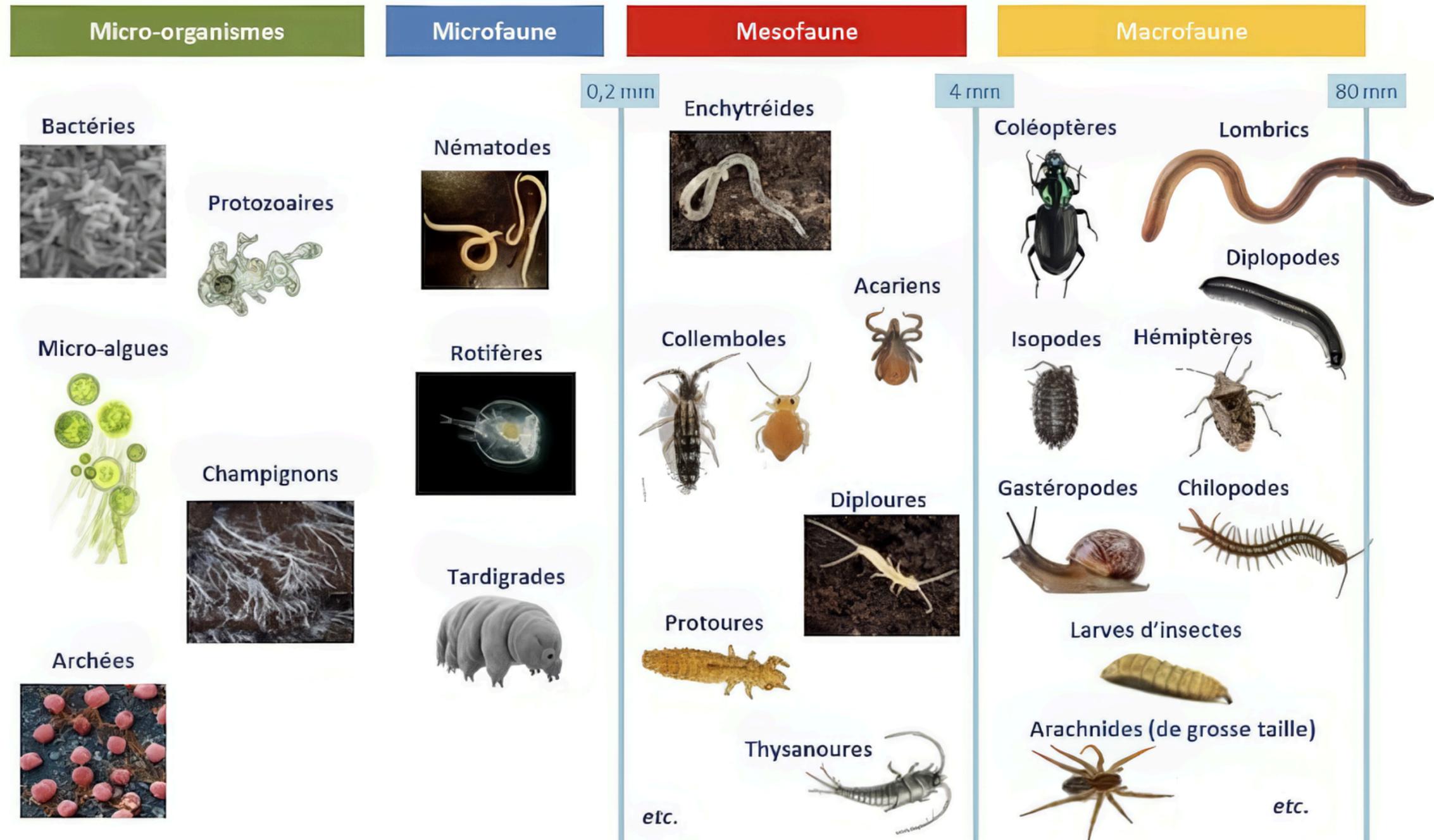
Tuteurs école : DENOUAL Matthieu  
DESCAMPS Phillipe

Tuteurs entreprise : TRINSOUTROT-GATTIN Isabelle  
HOUNGBO Mahugnon Ezékiel



# I. Présentation du projet

## La biodiversité du sol concernée

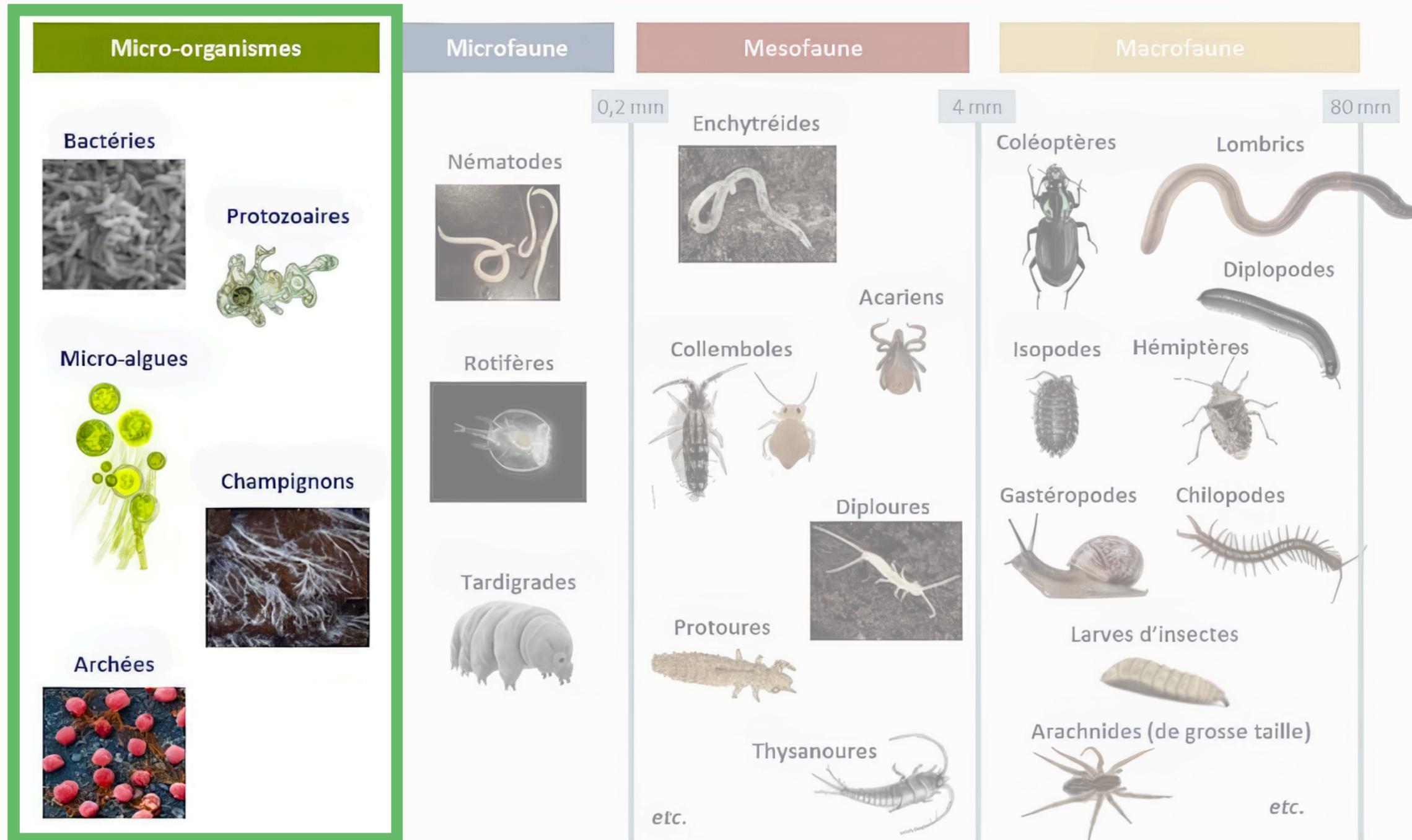


- **Préservation et durabilité du sol**

- **25% des espèces connues**

# I. Présentation du projet

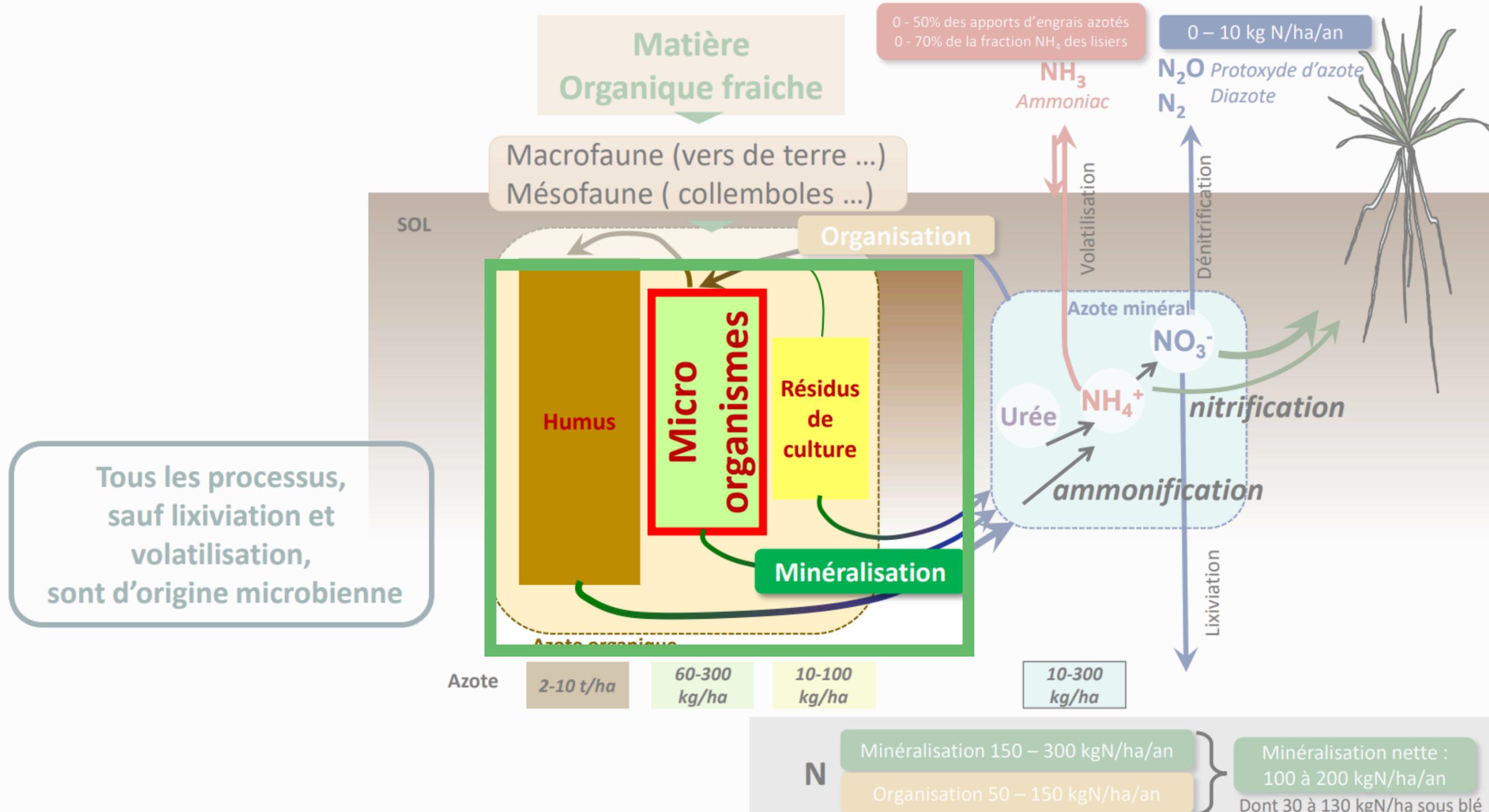
## La biodiversité du sol concernée



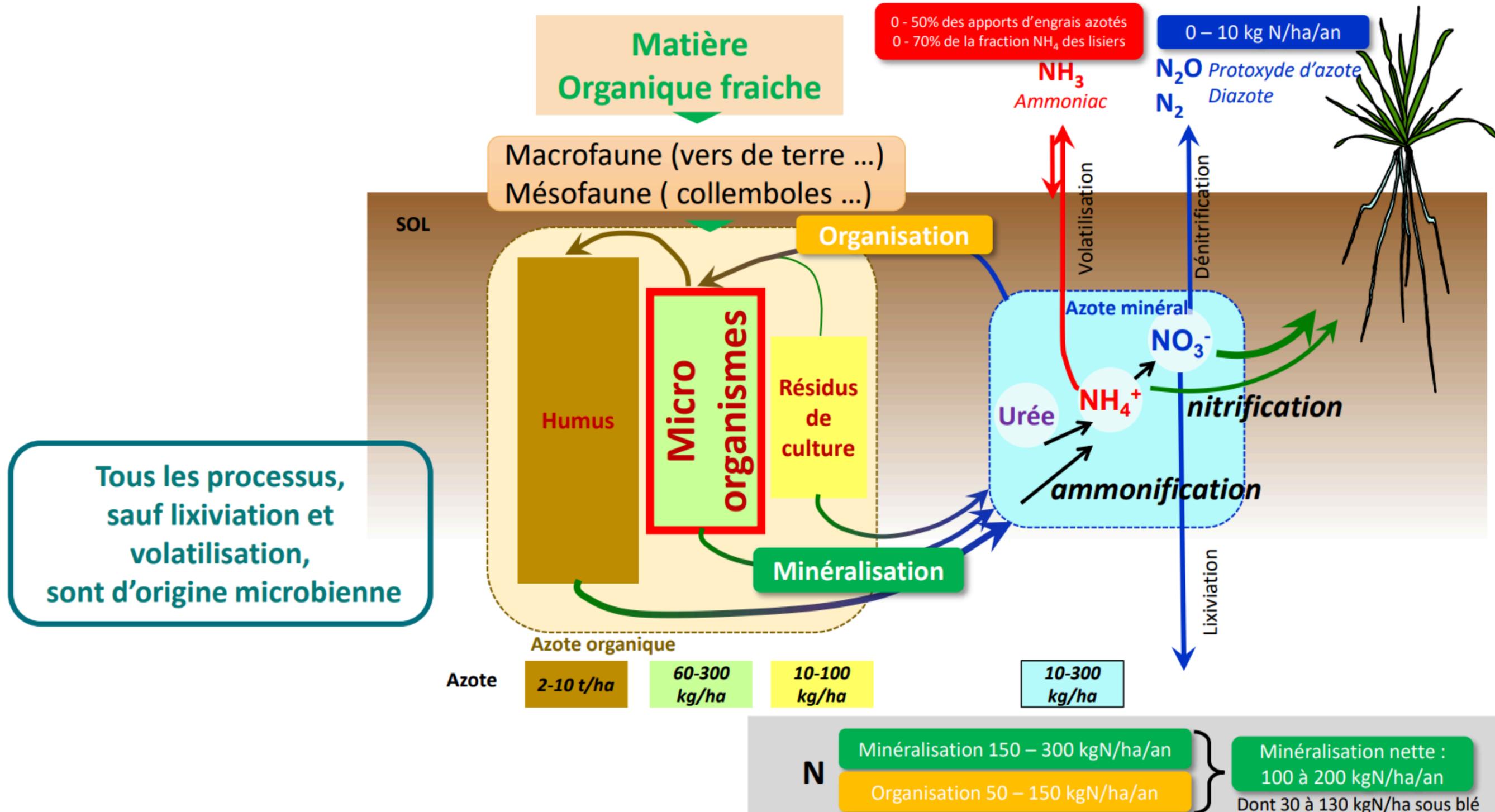
- **Préservation et durabilité du sol**

- **25% des espèces connues**

# Les microorganismes du sol : des acteurs majeurs du cycle de l'Azote

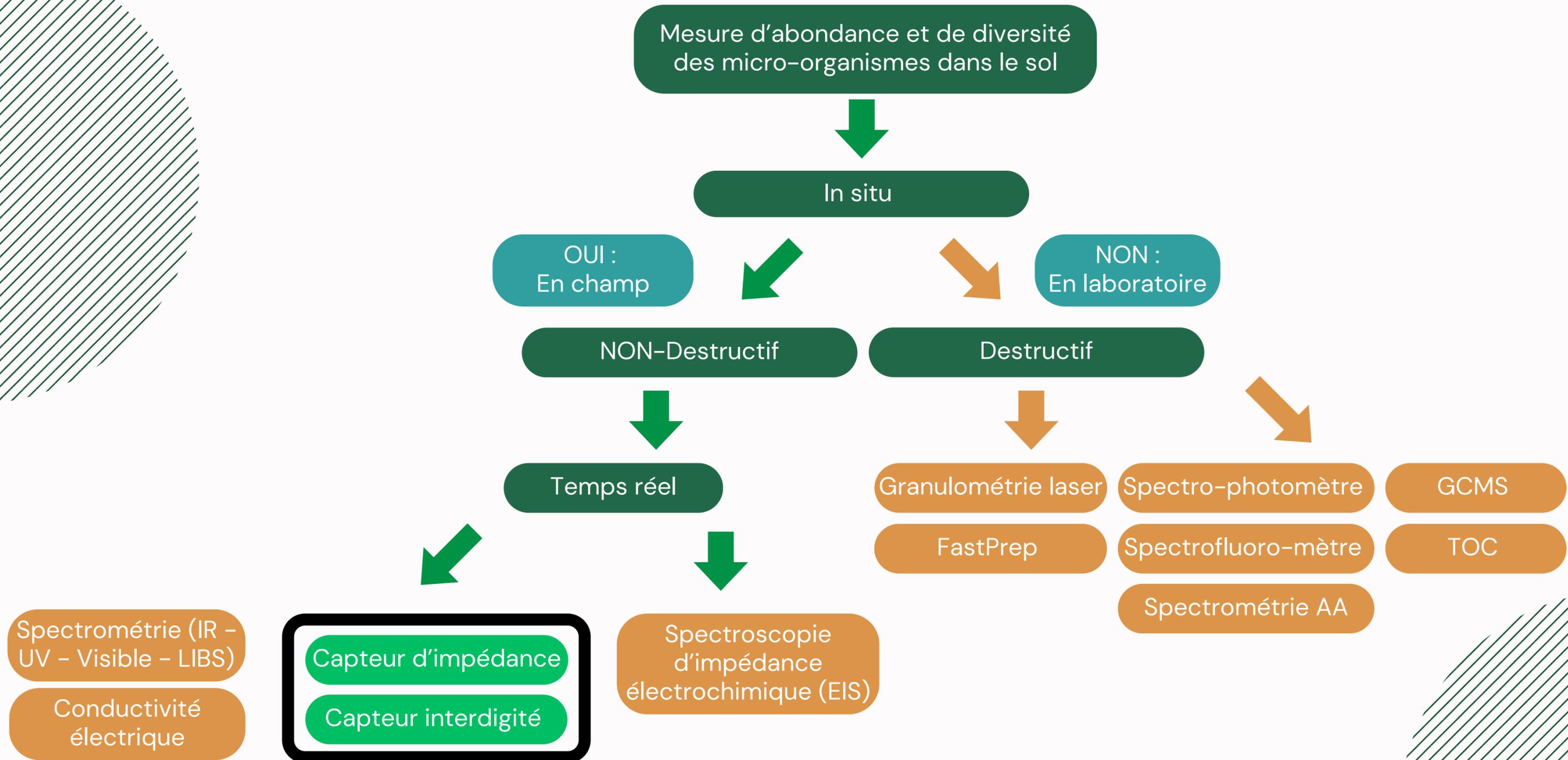


# Les microorganismes du sol : des acteurs majeurs du cycle de l'Azote



# II. Etat de l'art

## Arbre de choix

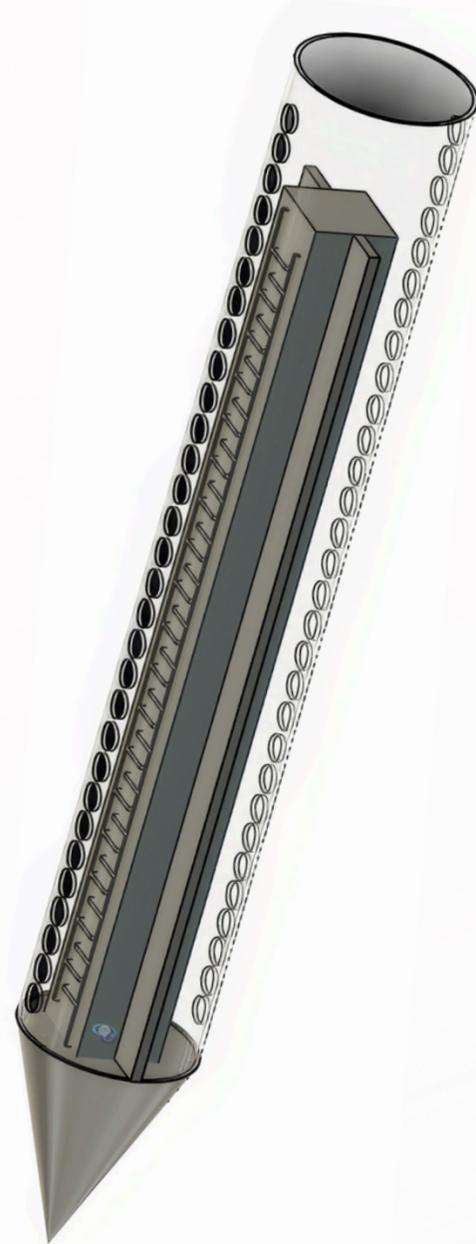


# III. Développement du capteur

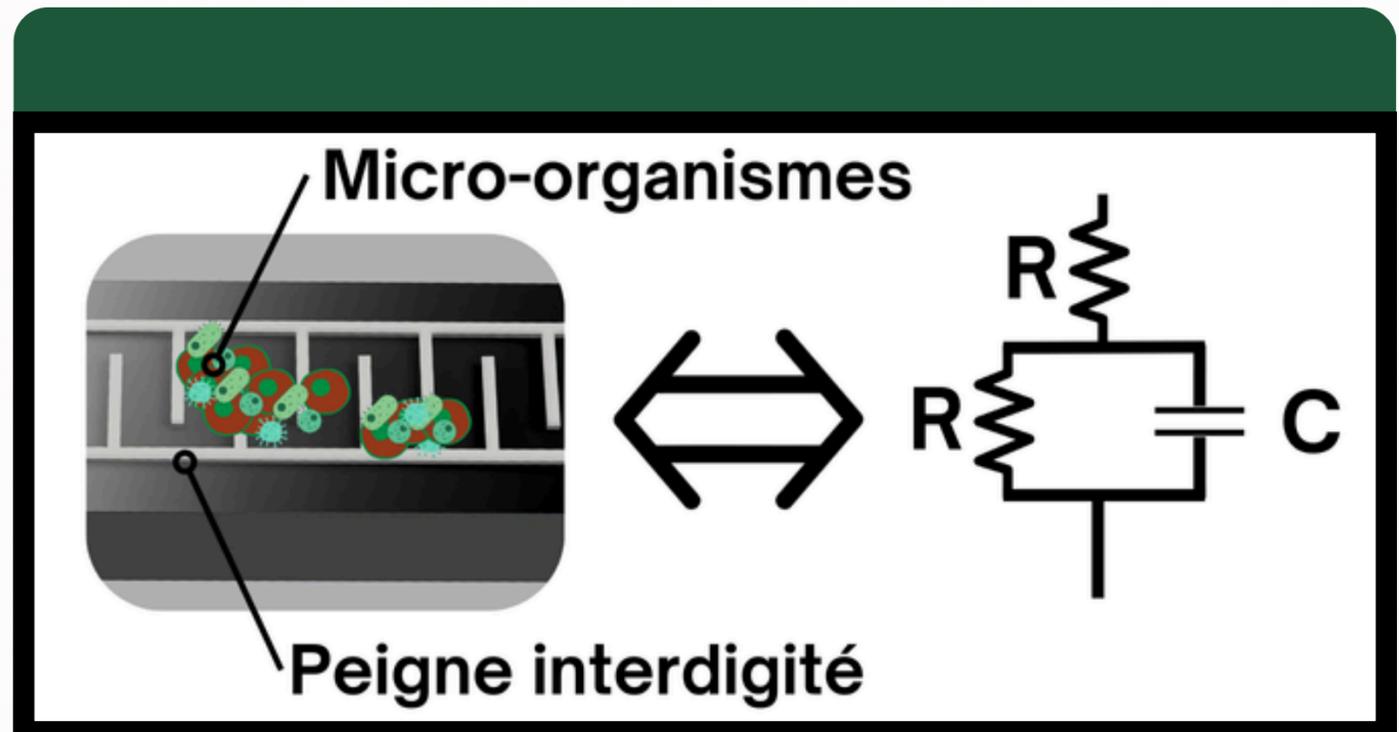
## Design du prototype et mesure d'impédance



**Vue  
Extérieure**



**Vue  
intérieure**



- Caractérisation des propriétés résistives et réactives **au passage d'un courant**
- Modèle de Cole-Cole
- Changement d'impédance lors du dépôt de micro-organismes

# III. Développement du capteur

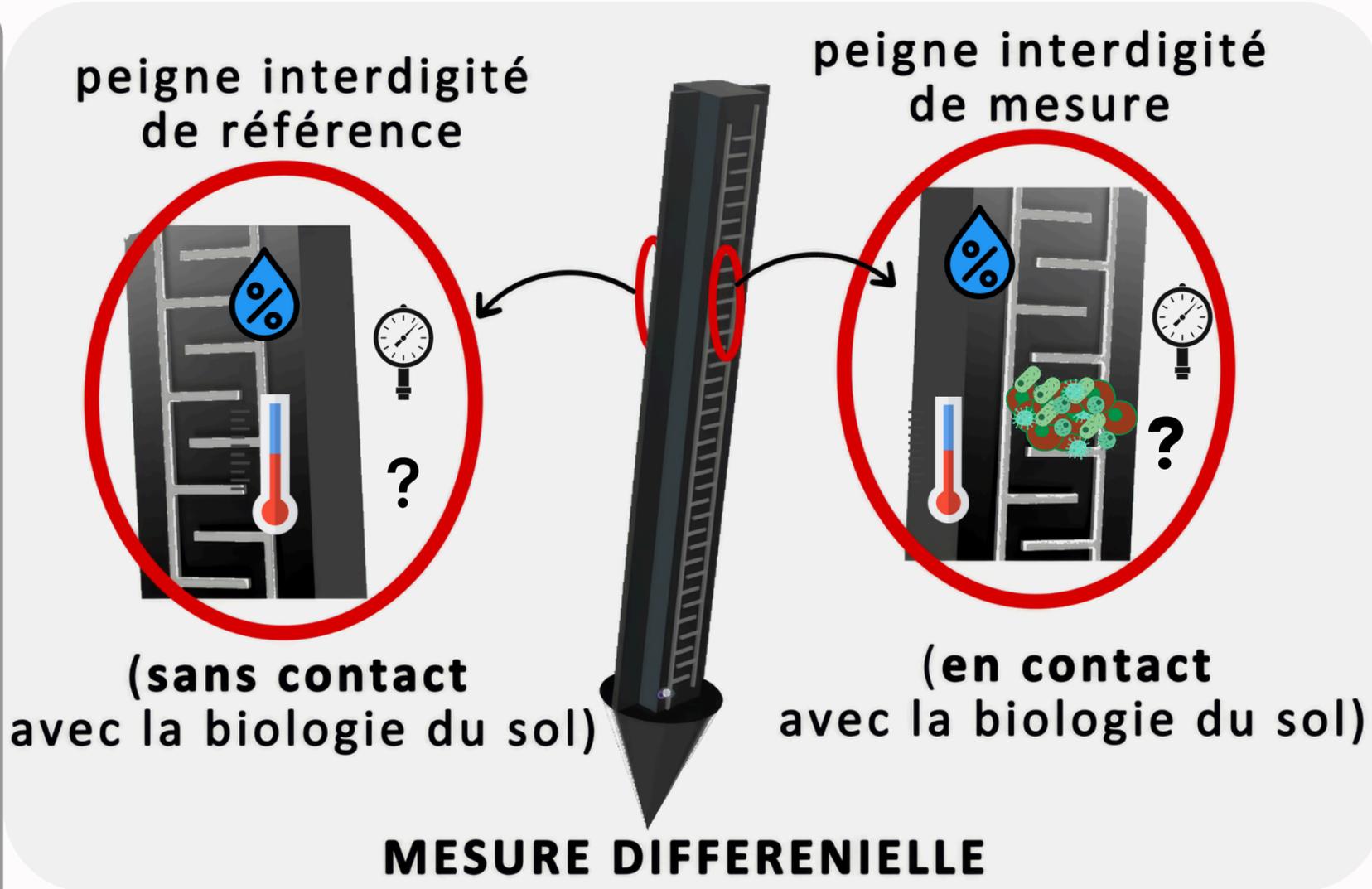
## Principe fondamental : mesure différentielle

- Mesurer la **grandeur d'intérêt** en s'affranchissant des **grandeurs secondaires**

- Différence des deux signaux

**Grandeurs d'influence:**

- Température
- Autres paramètres d'influences
- Pression
- Humidité



**Grandeurs d'influence:**

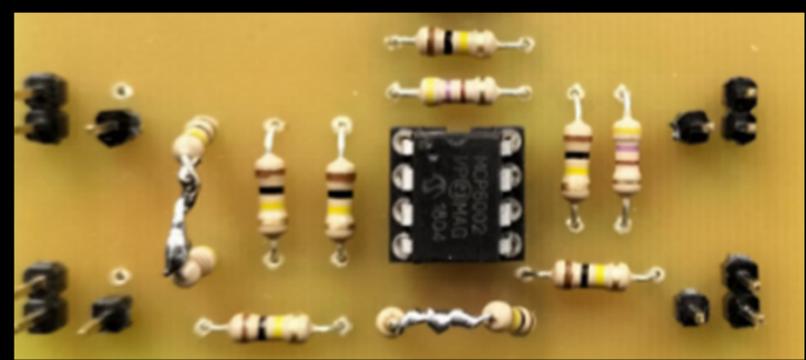
- Température
- Autres paramètres d'influences
- Micro-organismes
- Pression
- Humidité

8

# III. Développement du capteur

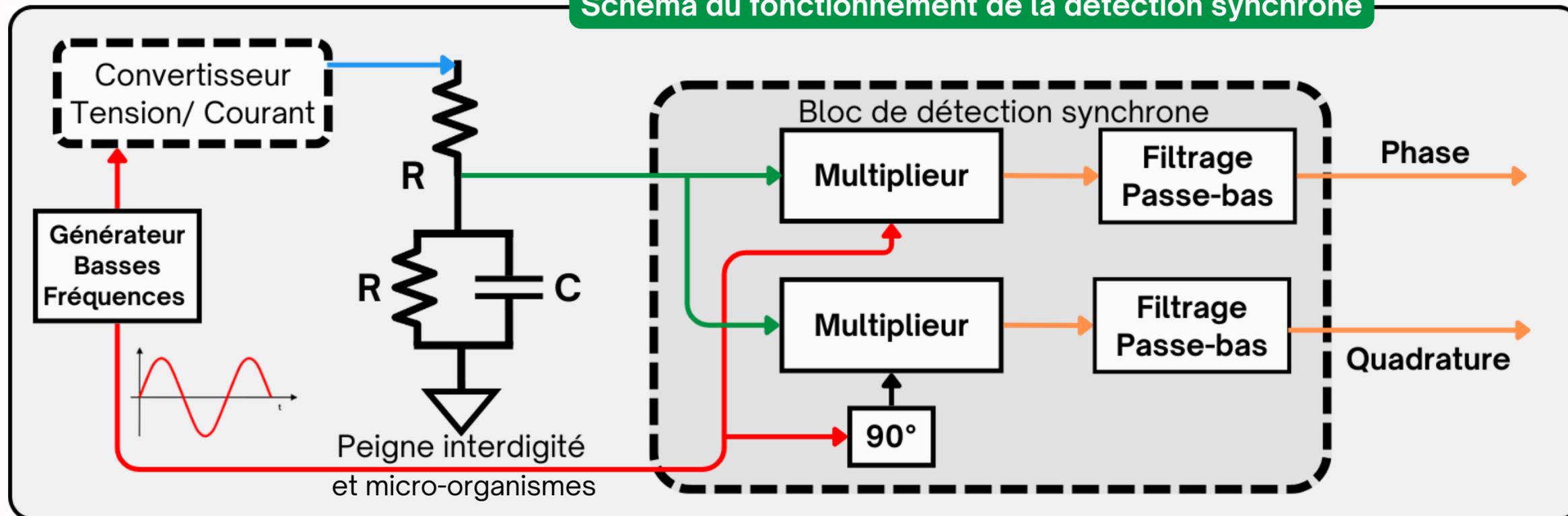
## Principe fondamental : détection synchrone

Photo du convertisseur  
Tension-Courant



- Réduction du **bruit des signaux**  
à faibles amplitudes via un  
signal de **référence**

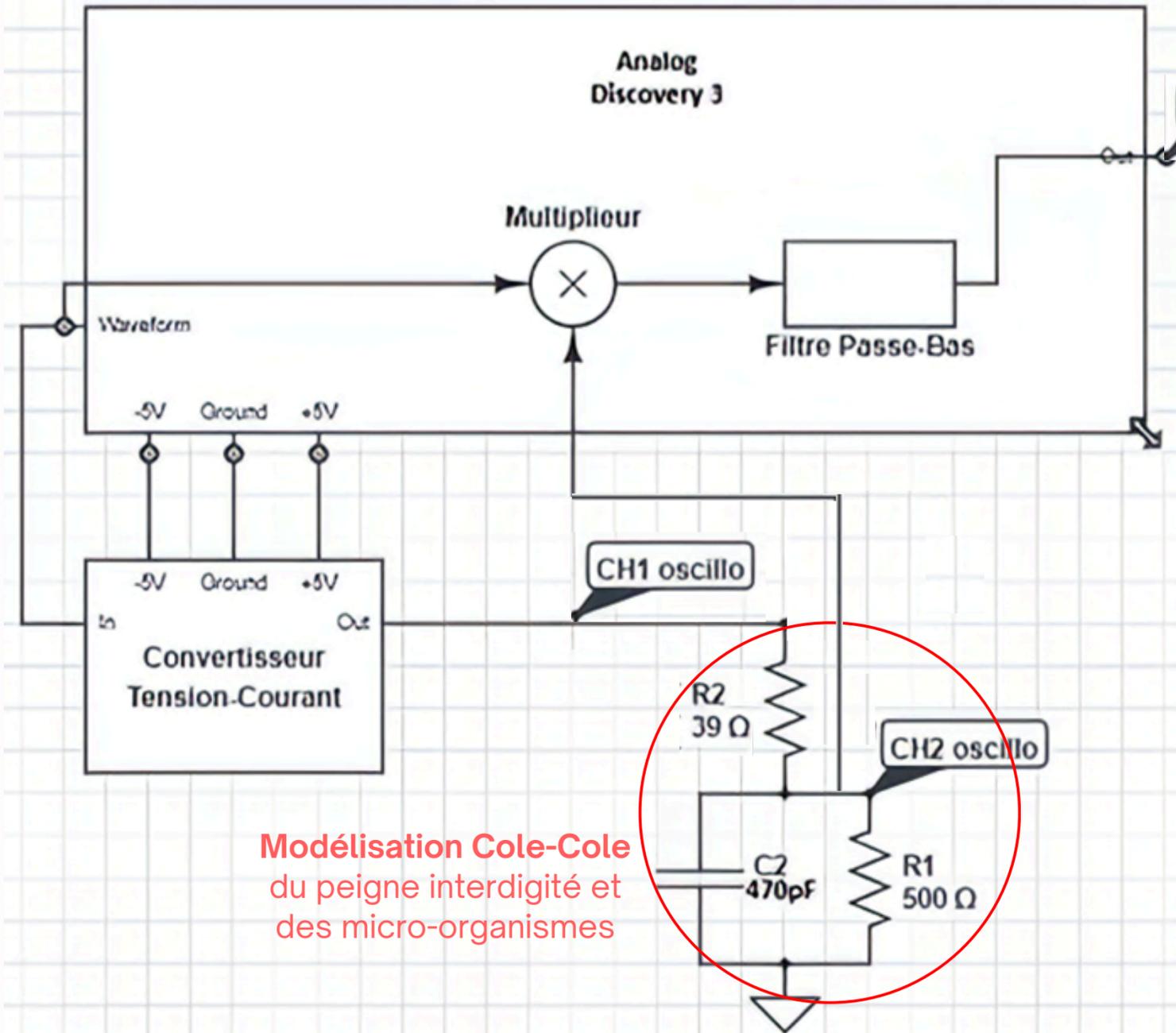
Schéma du fonctionnement de la détection synchrone



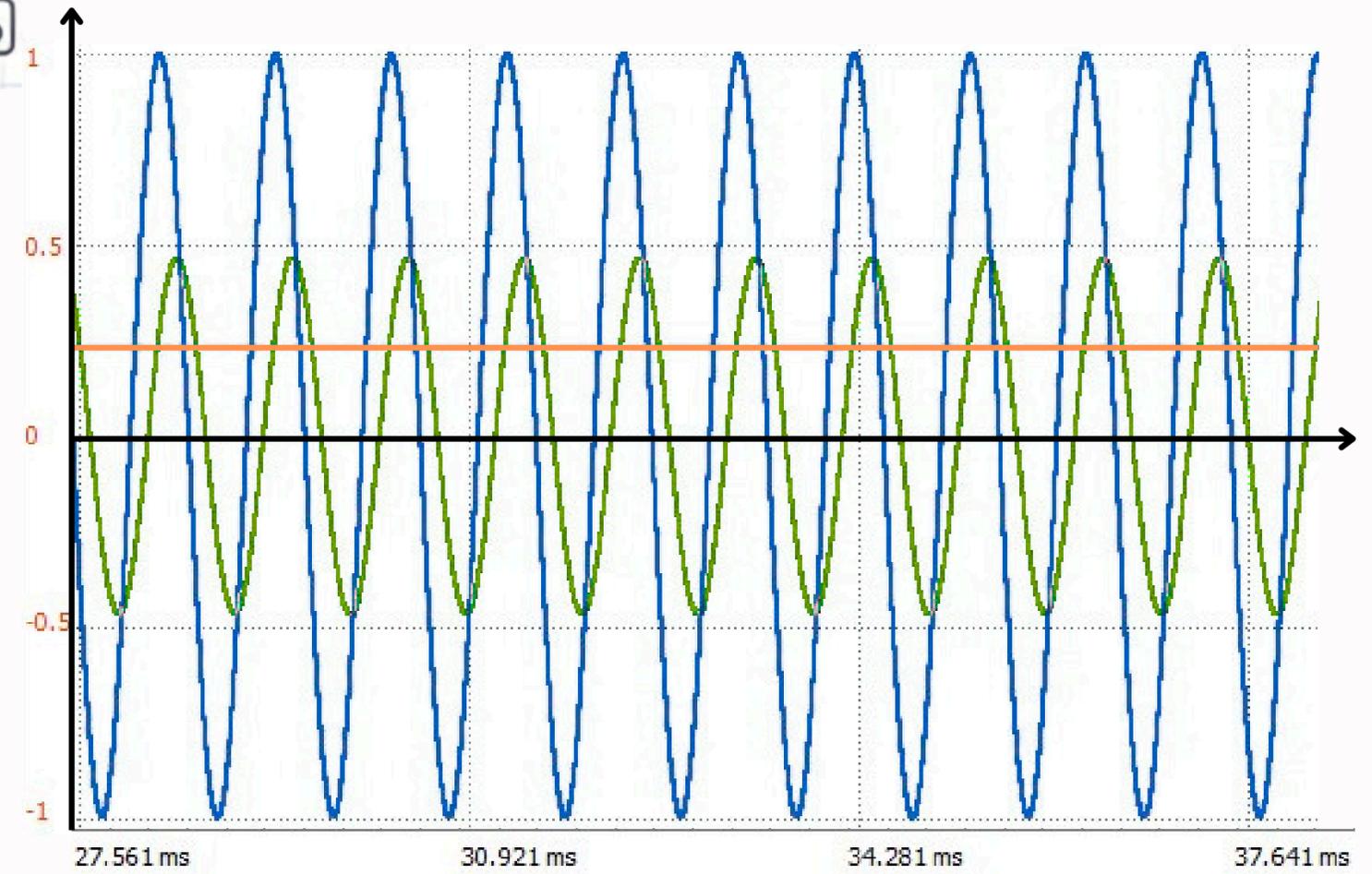
# III. Développement du capteur

## Principe fondamental : détection synchrone

Schéma de l'application de la détection synchrone



Modélisation Cole-Cole  
du peigne interdigité et  
des micro-organismes

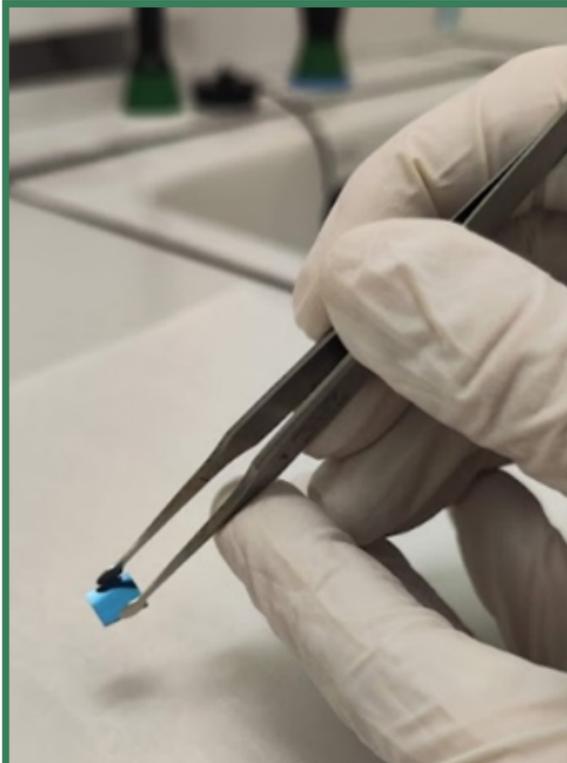


— Signal d'entrée — Signal de sortie déphasé — Phase

Graphe en sortie de l'Analog Discovery

# III. Développement du capteur

## Test et conception en salle blanche



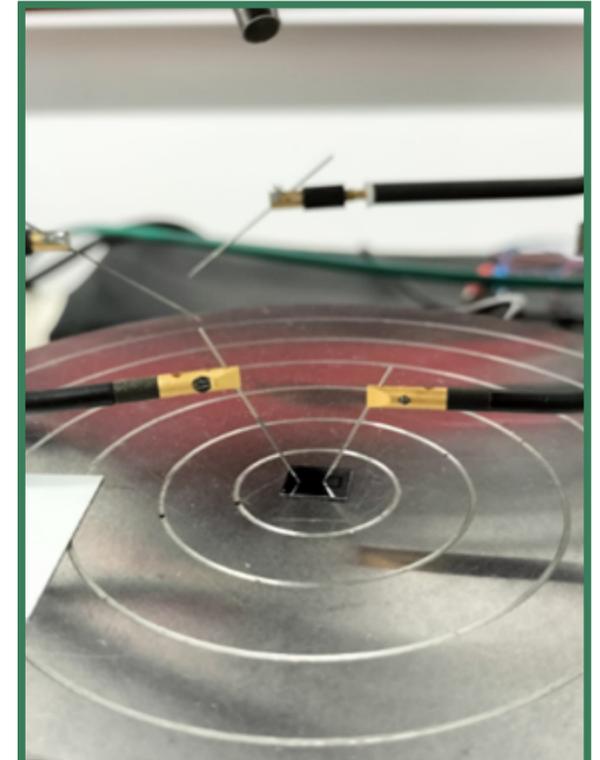
- Nettoyage de l'échantillon de silicium

- Métallisation



- Pose de la résine

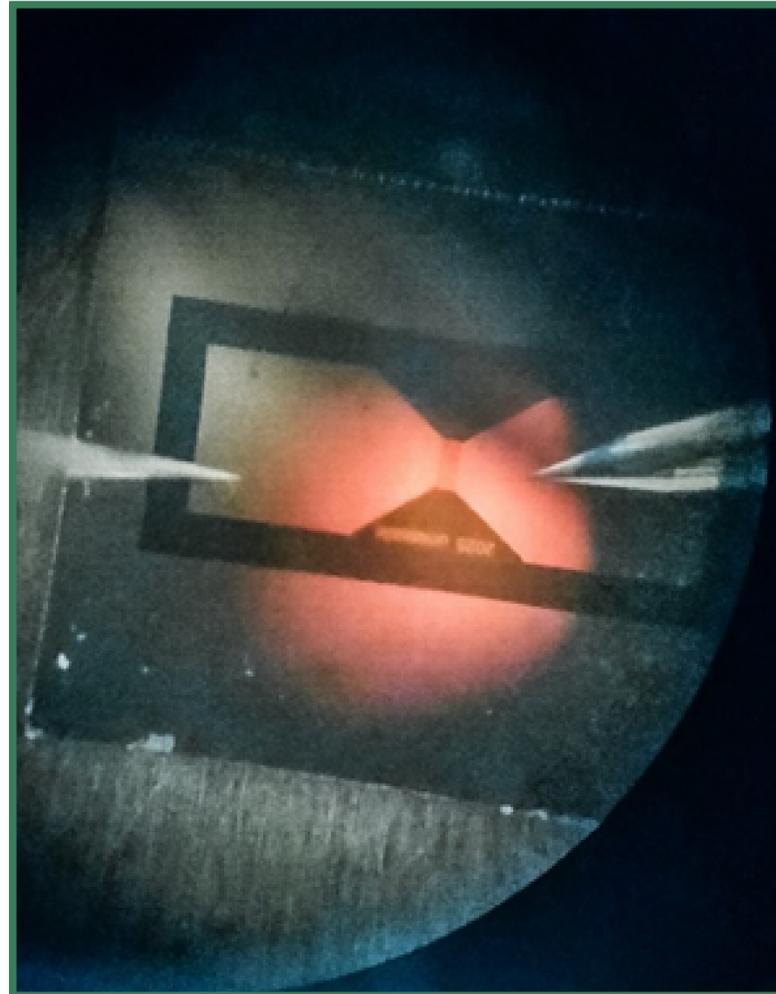
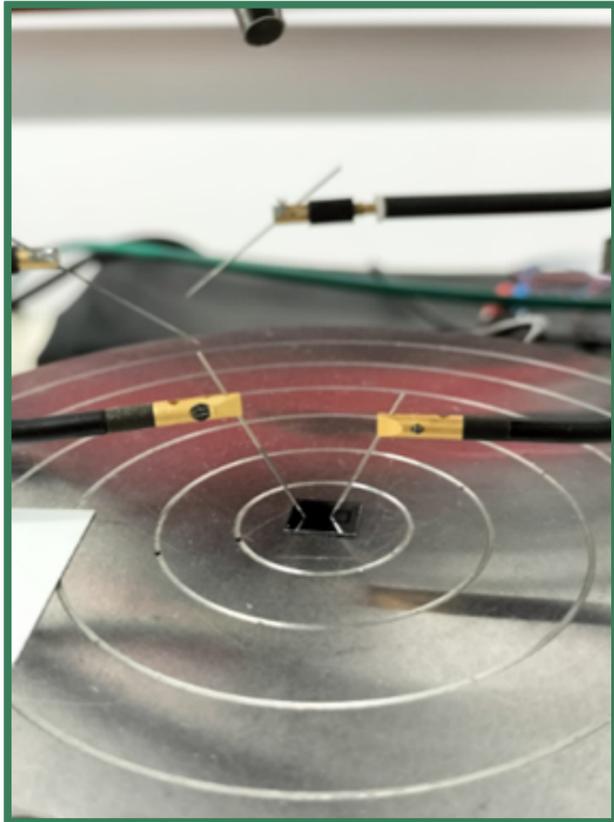
- Photolithographie



- Test sur échantillon

# III. Développement du capteur

## Test et conception en salle blanche

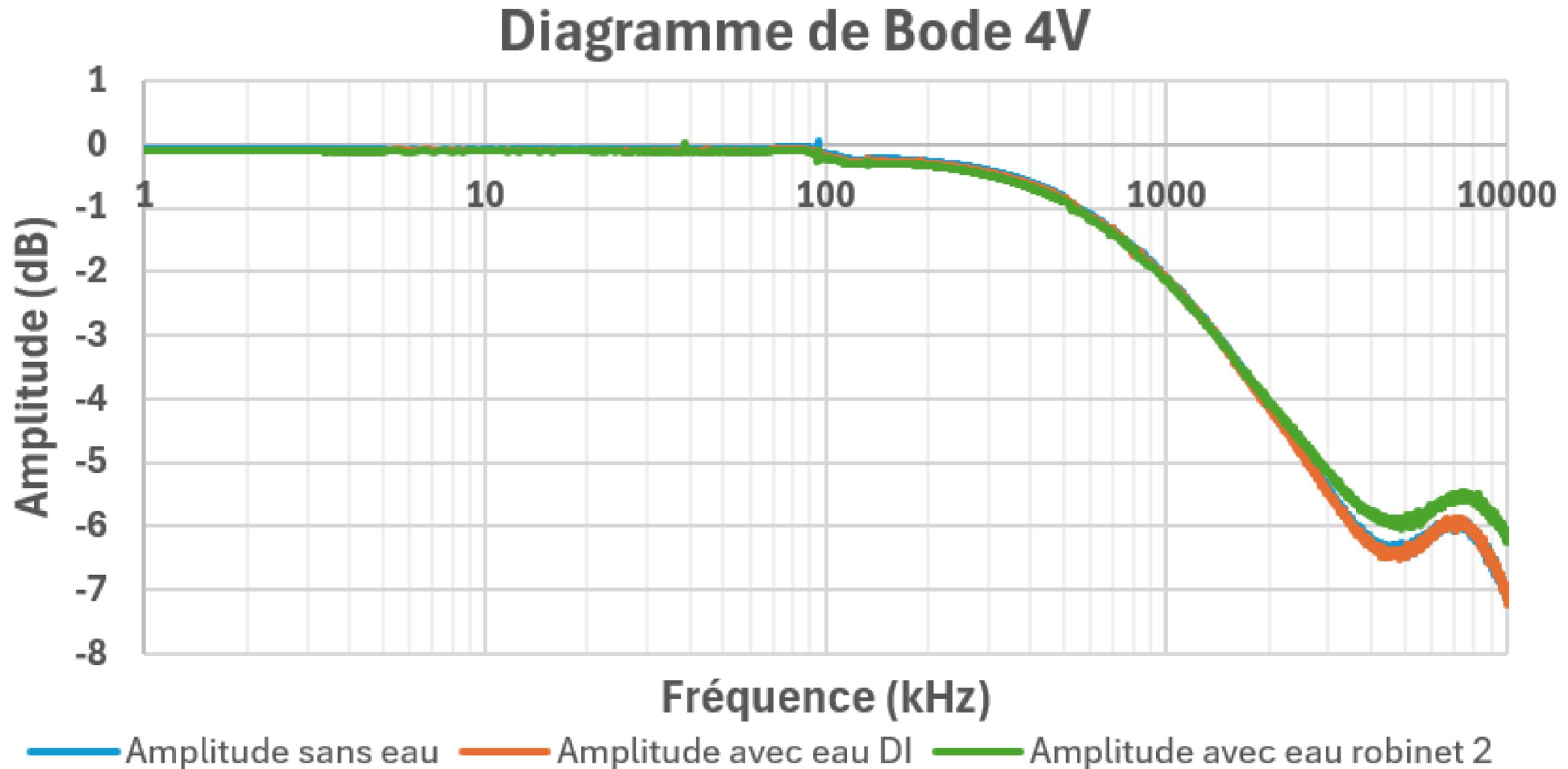


- Dépôt avec **propriétés différentes**

- Réaction du peigne à **différentes impédances**

# III. Développement du capteur

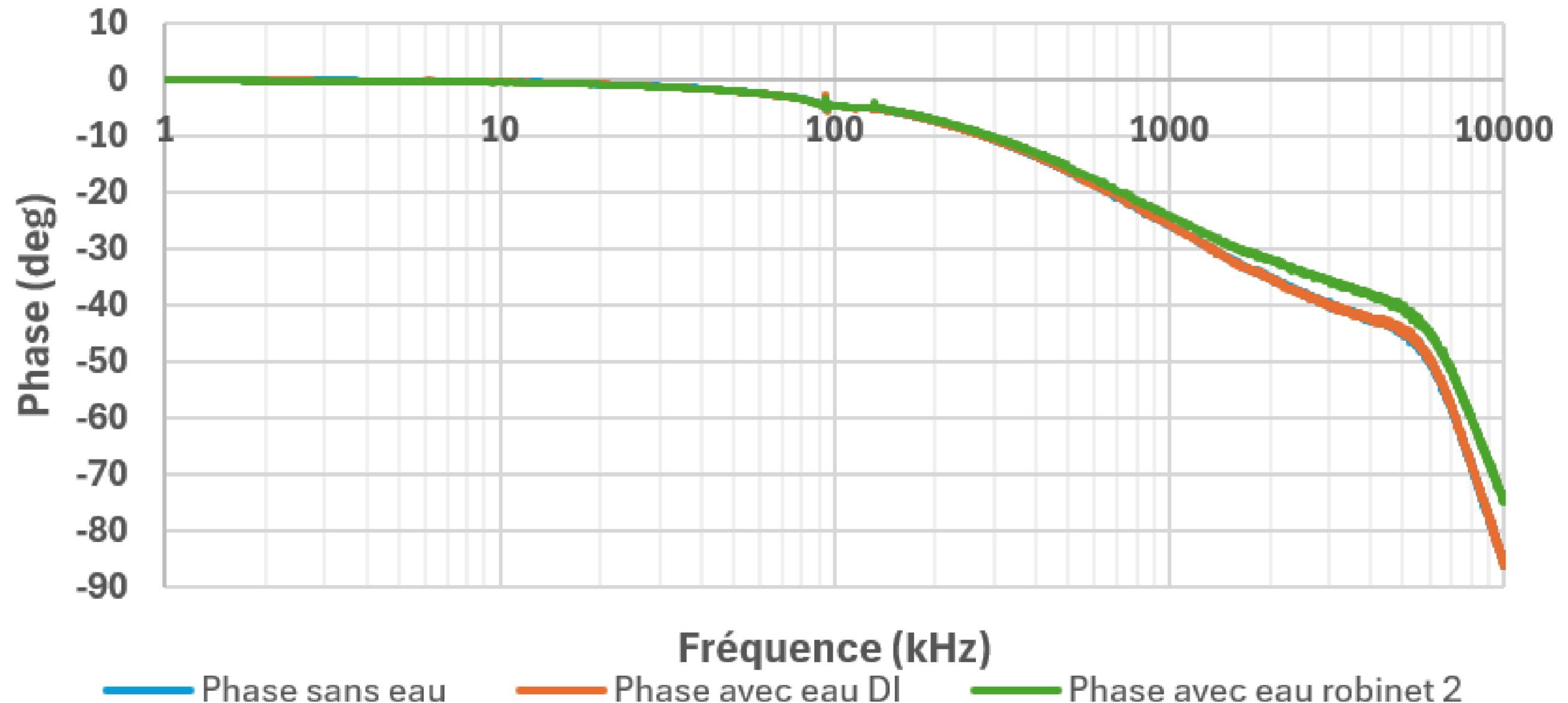
## Résultats



# III. Développement du capteur

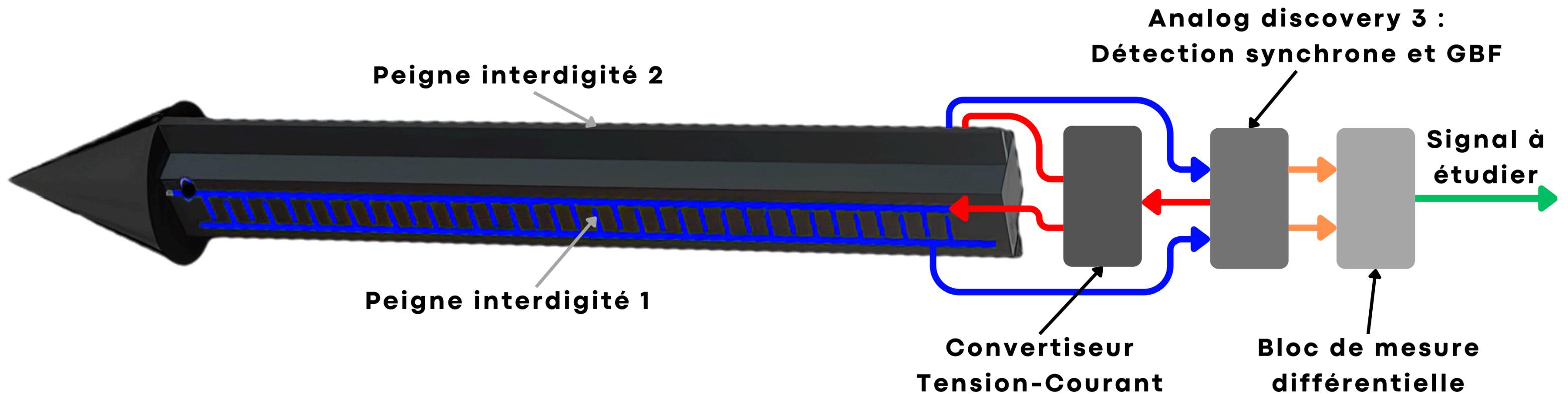
## Résultats

### Diagramme de phase 4V



# III. Développement du capteur

## Bilan

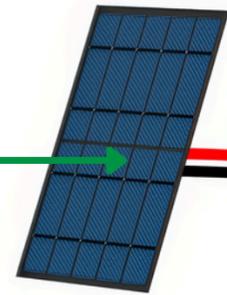


Prototype complet du capteur

# IV. Perspectives

## Amélioration et conception du capteur

**Panneau photovoltaïque  
relié à une batterie**



**Envoi sans fil des mesures**



**Traitements des signaux,  
électronique du capteur**

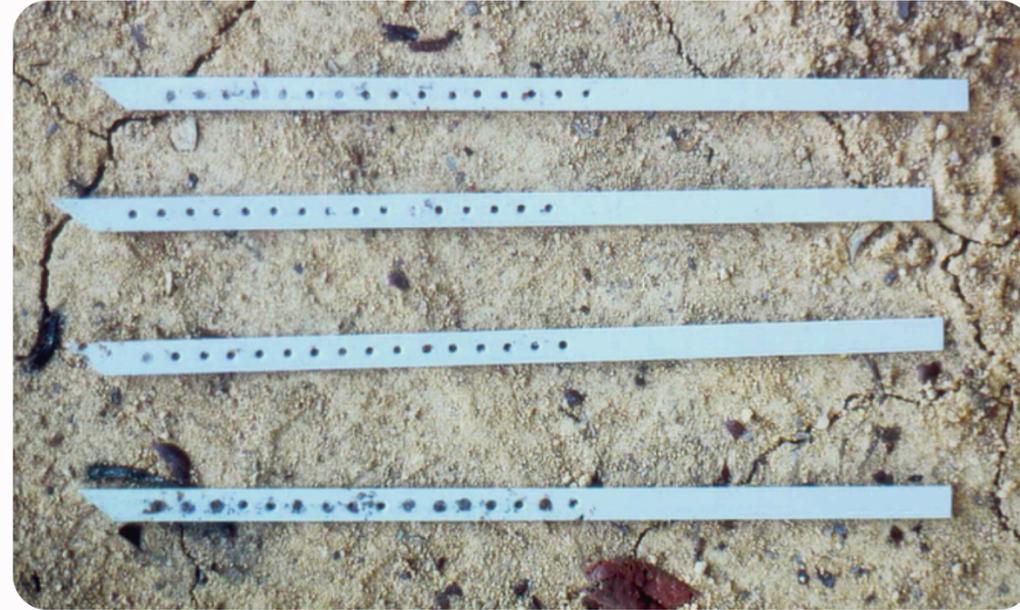
**Conception 3D de la carotte  
avec trous pour laisser passer  
les micro-organismes**



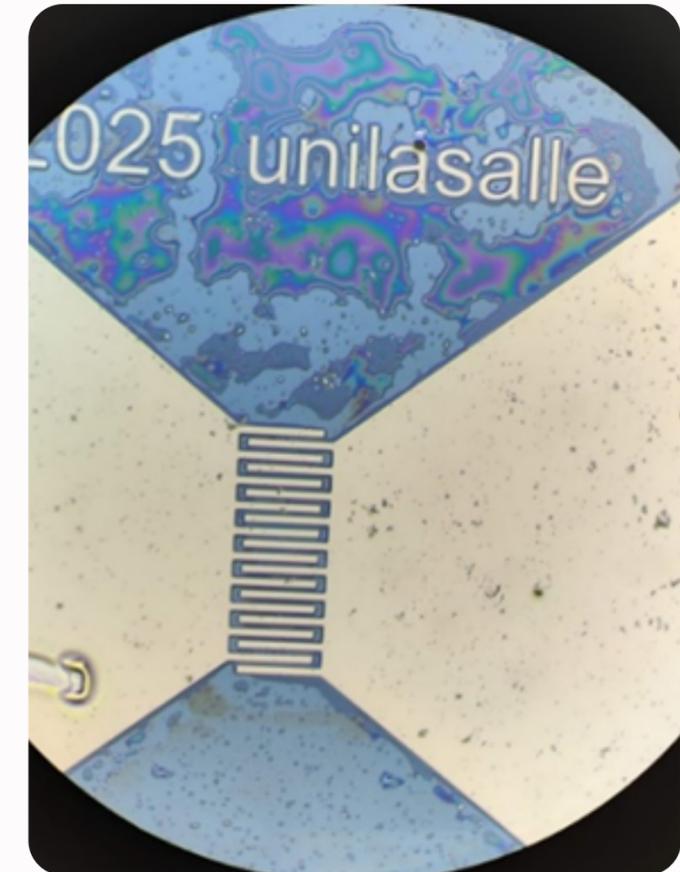
# IV. Perspectives

## Amélioration et conception du capteur

Implémentation  
de Lamina Bait  
dans le sol

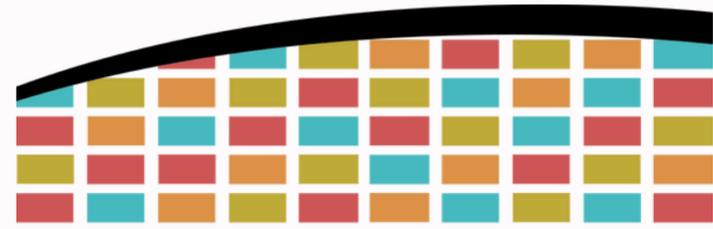


Amélioration du  
peigne interdigité



Ajout de lame  
de verre



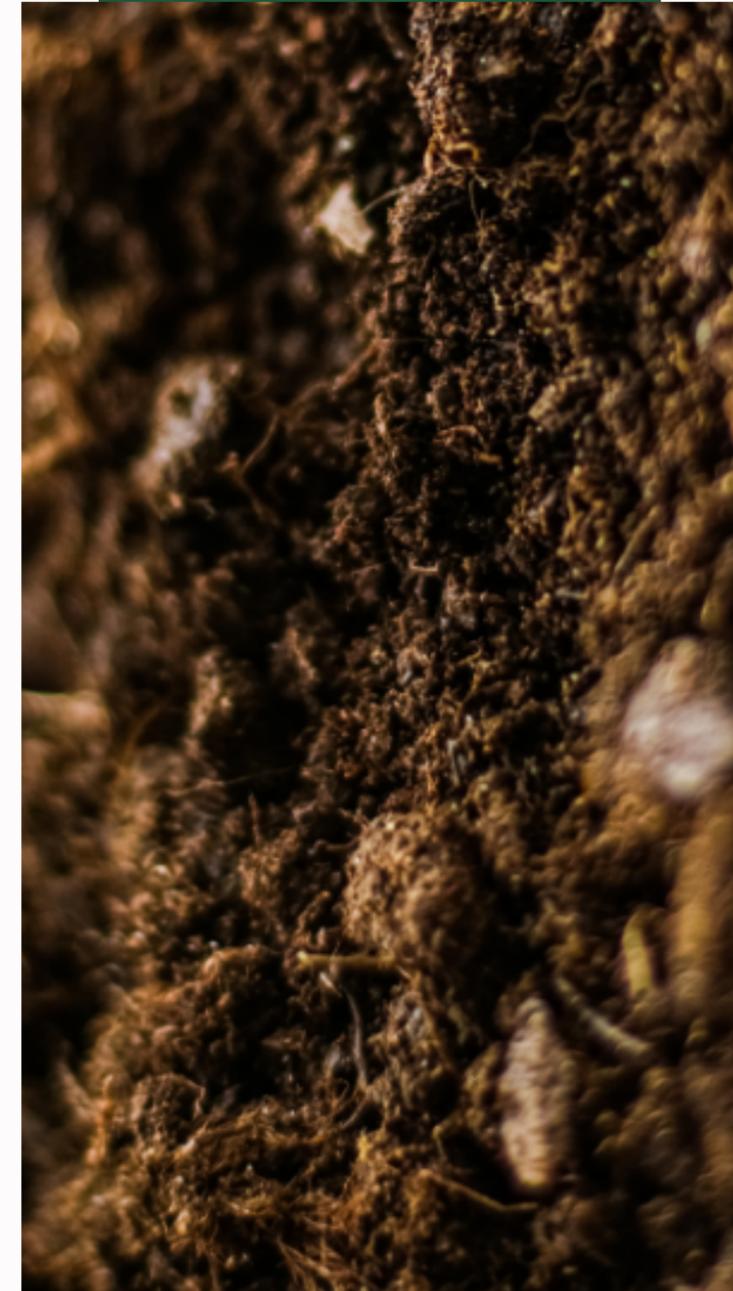


**ENSI  
CAEN**



**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

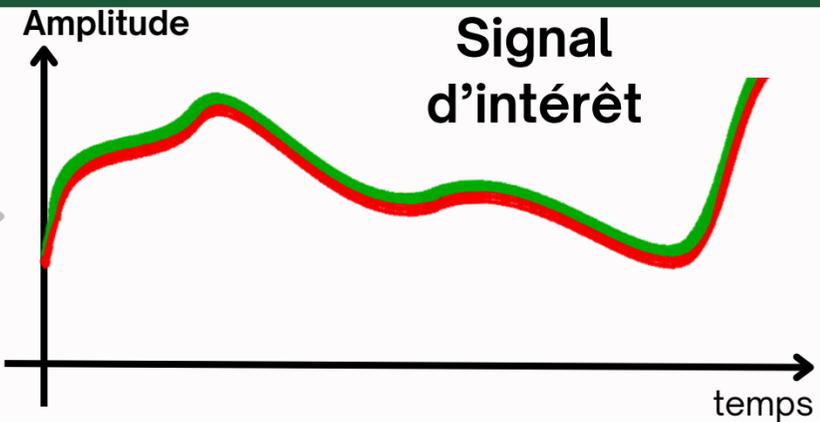
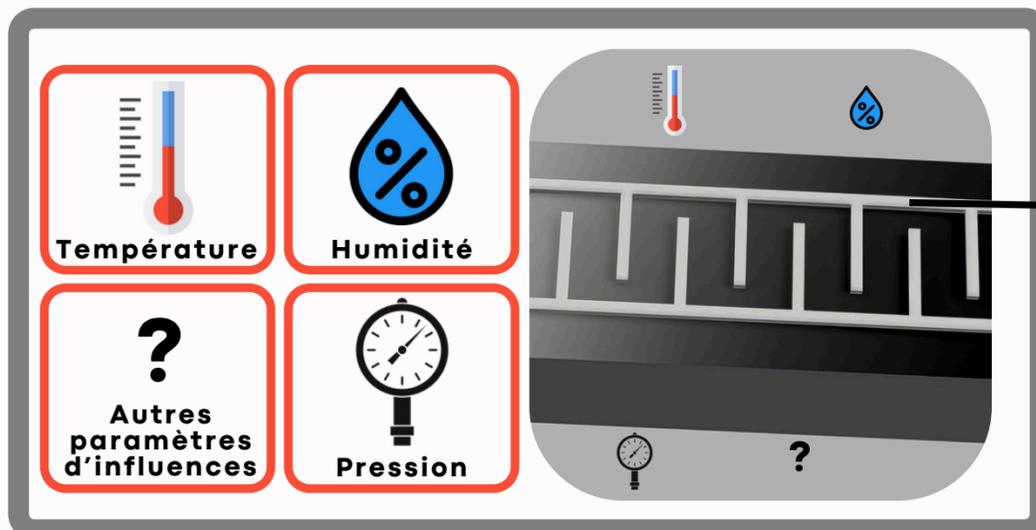
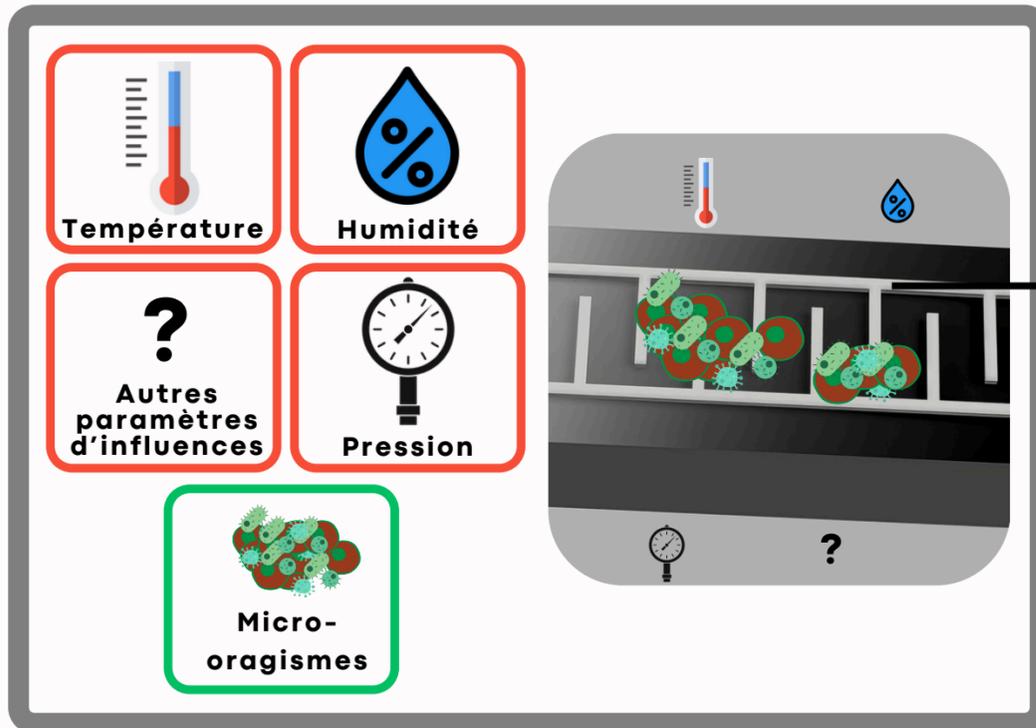
**Noémie POURCHET & Raphaël TOSCANO**



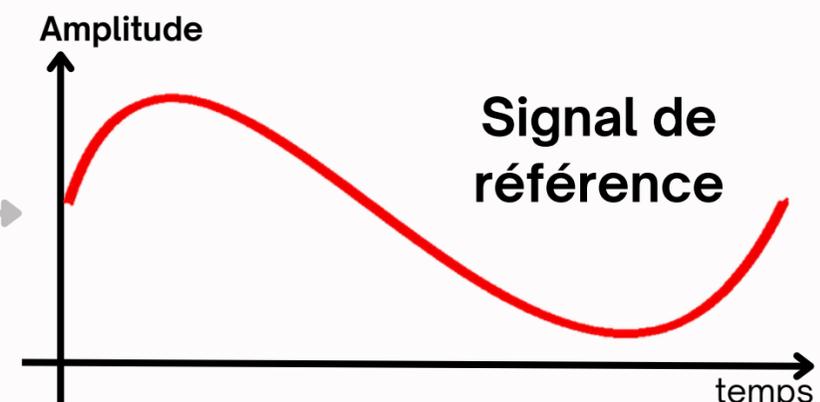
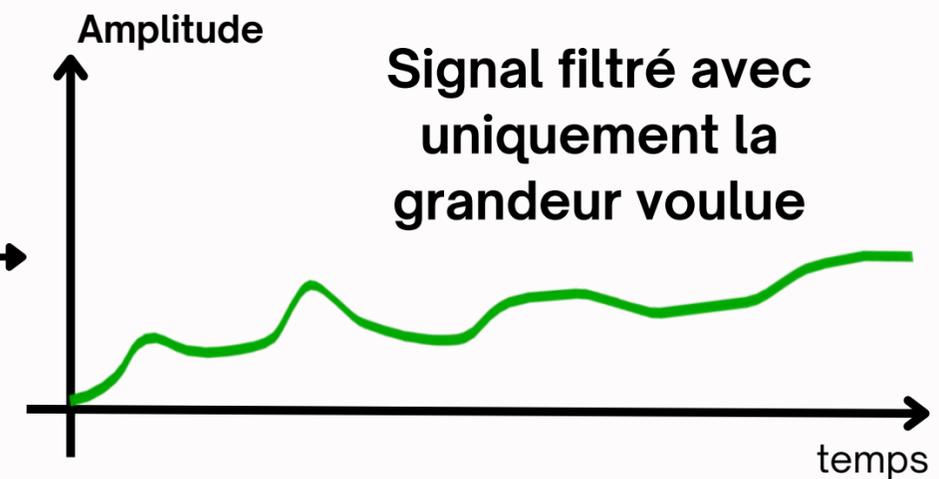
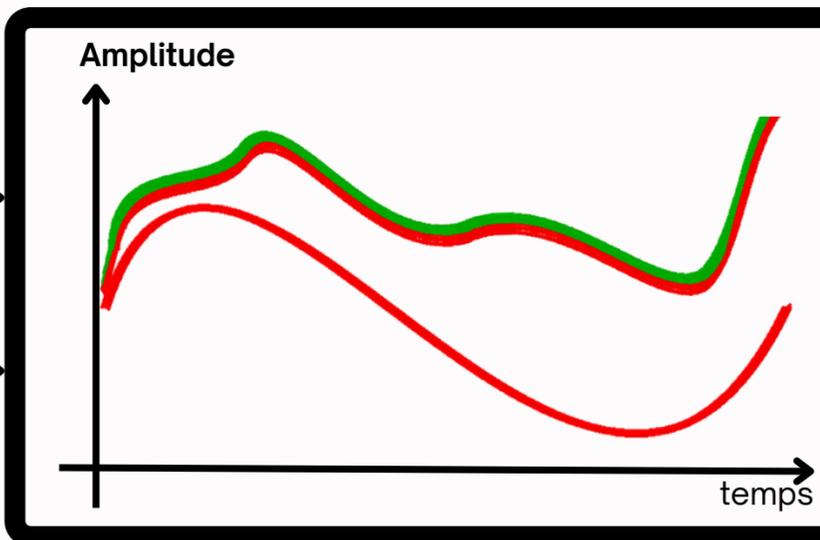
# ANNEXE

## Mesure différentielle

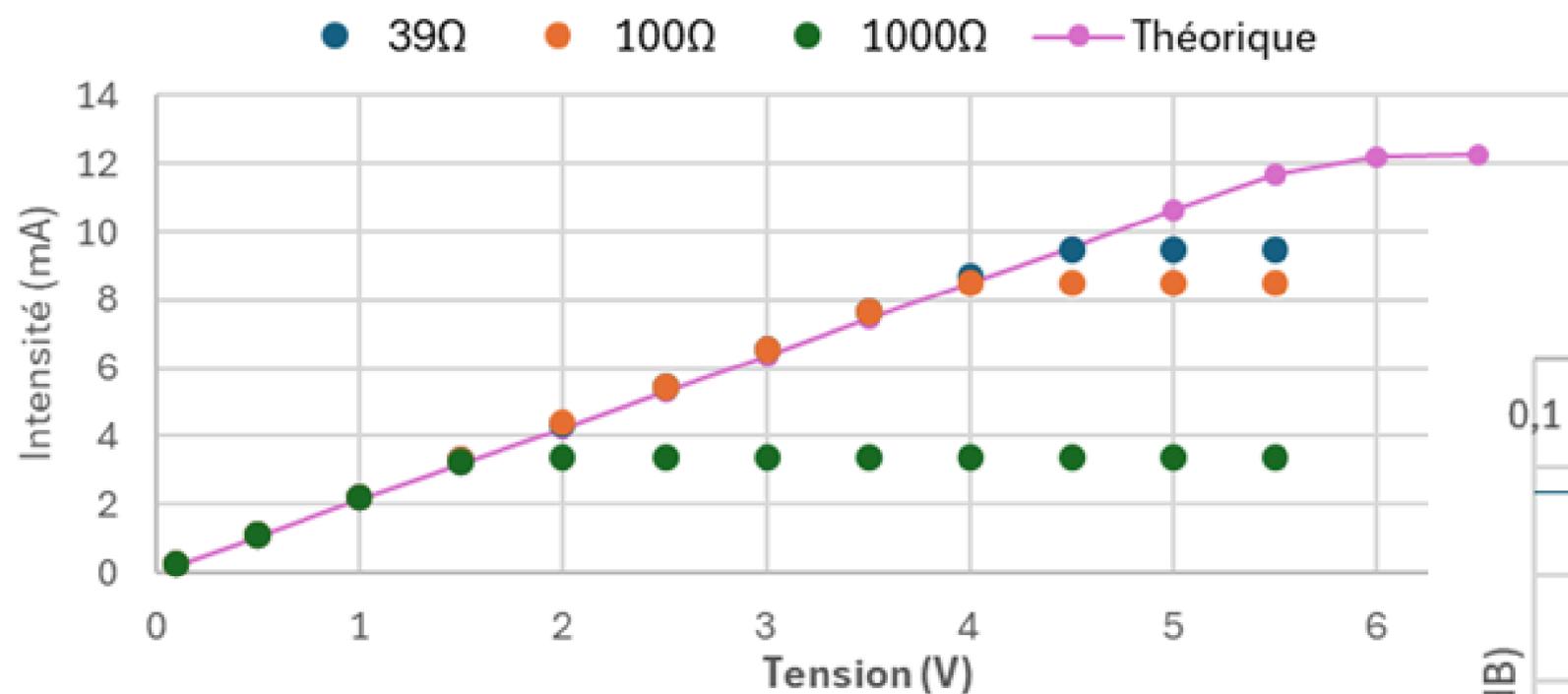
### Grandeurs d'influence:



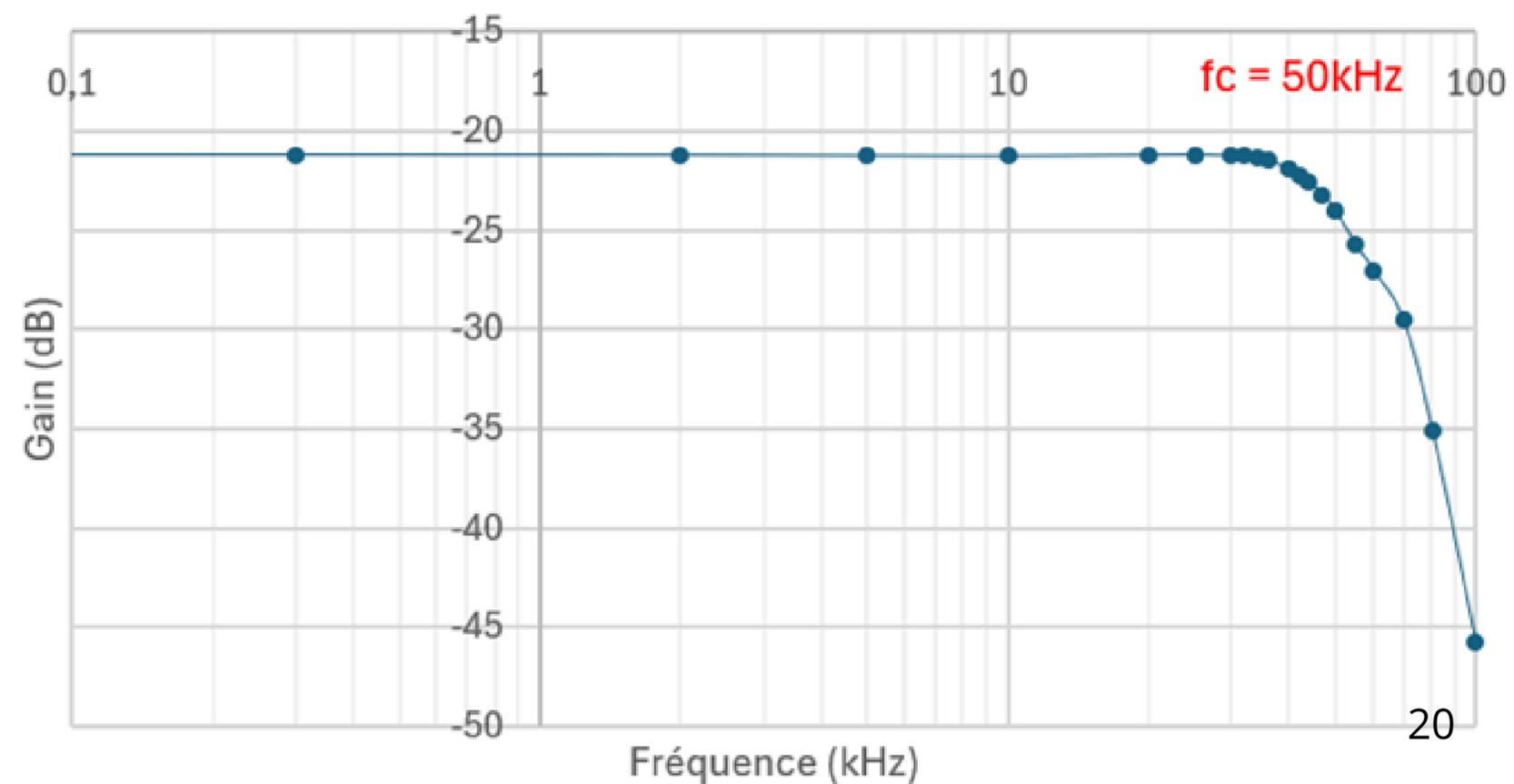
### Différence des 2 signaux



### Caractérisation Tension-Courant pour plusieurs valeurs de résistances



### Diagramme de Bode : Convertisseur Tension-Courant



# ANNEXE

## Détection synchrone

