

Étude de fibres dopées aux terres rares par spectroscopie résolue en fréquence (FRS) en configuration pompe-sonde

Résumé

Ce stage a pour objectif de caractériser les fibres optiques dopées aux ions de terre rare, qui sont des types spécifiques de fibres utilisées pour amplifier la lumière. Nous nous intéressons particulièrement à une fibre dopée à l'erbium 3+. L'approche expérimentale consiste à moduler le faisceau de pompe à fréquences variables et à observer les transferts sur un faisceau de sonde. Nous suivons le modèle théorique proposé par E. S. Magden en 2018 pour évaluer cette méthode qui permet de mesurer le temps de vie de fluorescence et la section efficace d'absorption à la longueur d'onde de pompe. Nos résultats sont en accord avec ceux de la littérature. Dans nos mesures, nous incluons également les effets de la sonde pour évaluer les sections efficaces à sa longueur d'onde. Enfin nous élargissons la gamme de fréquences étudiée pour mesurer un second temps de vie beaucoup plus court. L'objectif global est concluant, l'ensemble de nos mesures est cohérent avec celles de la littérature.

I - Équations utilisées - Extraites des équations de taux en modulant la pompe

Inverse du temps de vie effectif

$$\frac{1}{\tau_{eff}} = (\sigma_{as} + \sigma_{es})\phi_s + \sigma_{ap}\phi_p + \frac{1}{\tau_{10}}$$

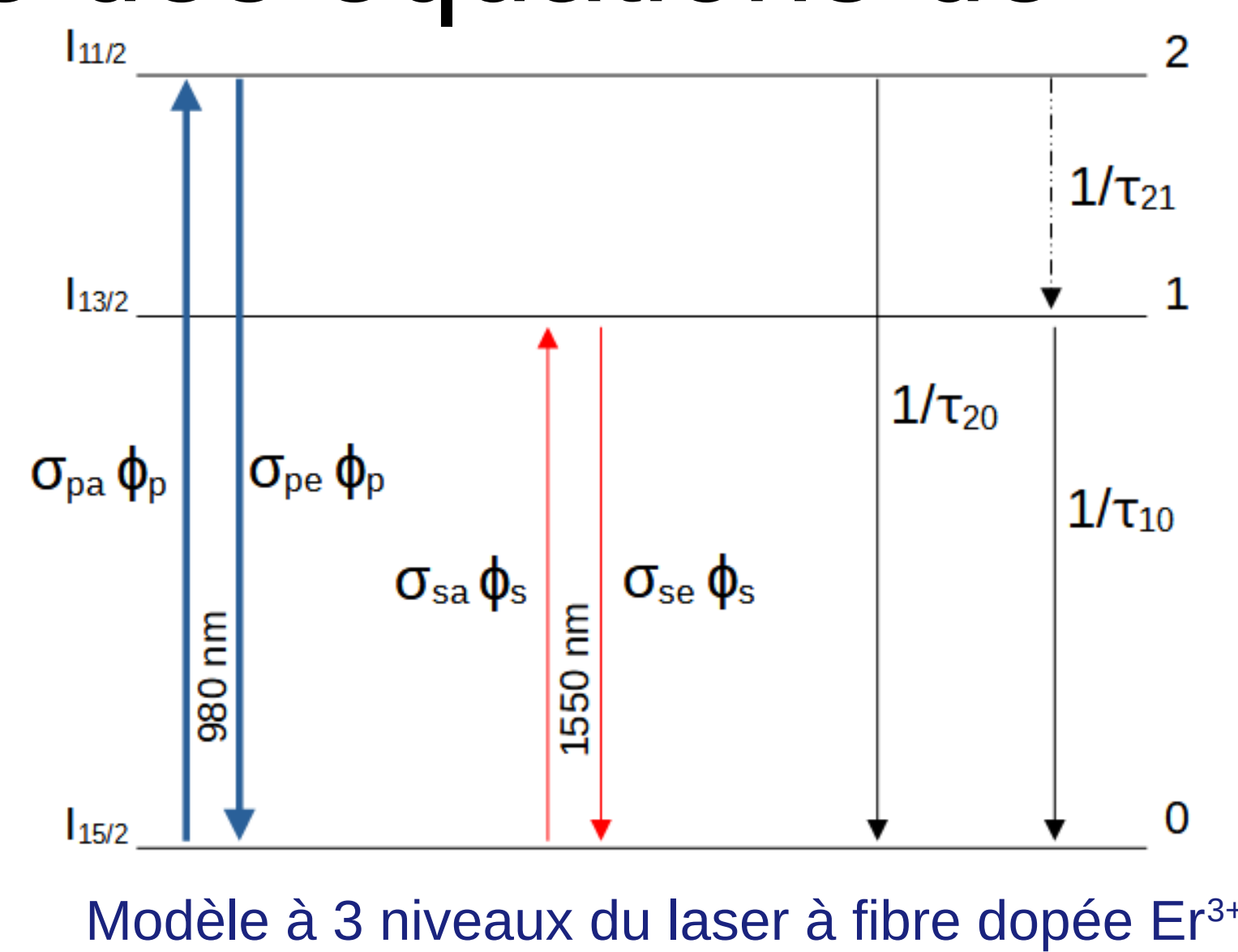
Fonction de transfert

$$H(\omega) = \frac{A}{1 + i\omega\tau_{eff}}$$

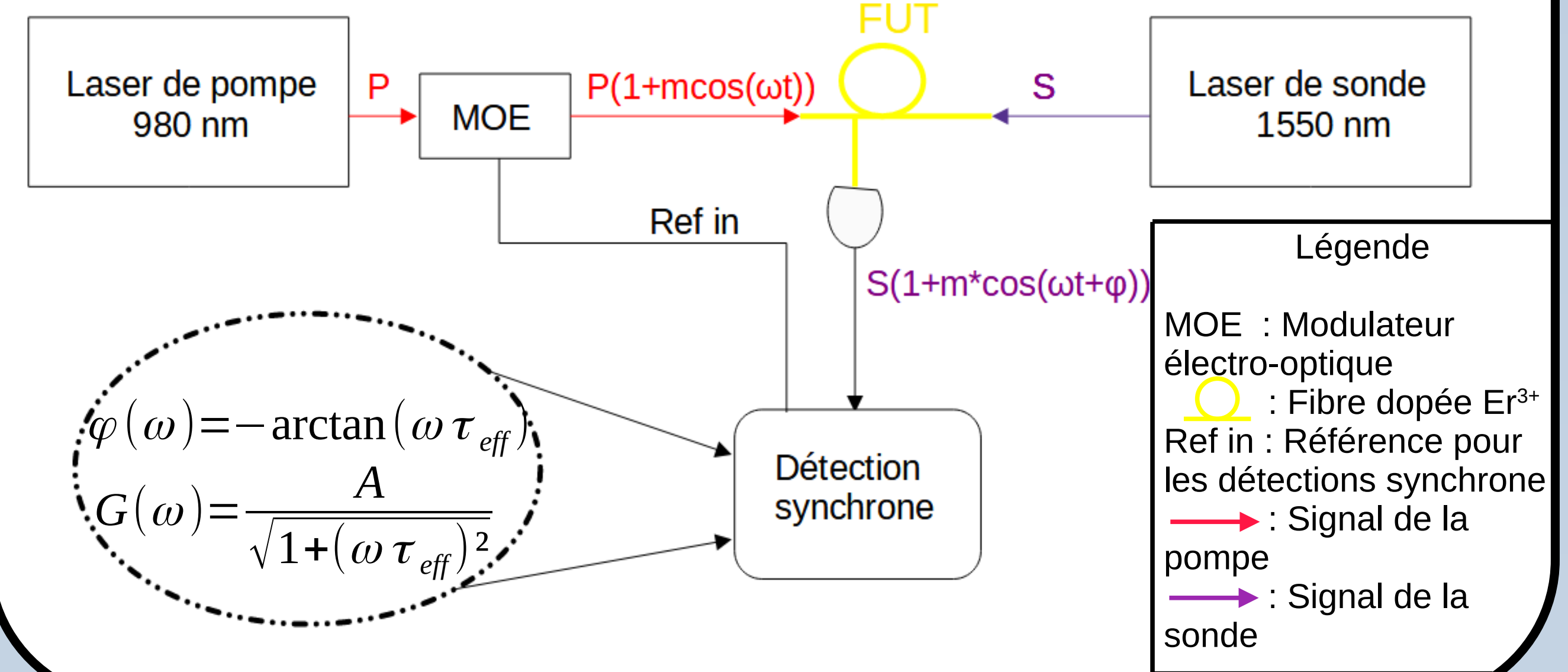
Équation à utiliser selon le modèle

$$\frac{1}{\tau_{eff}} = \sigma_{ap}\phi_p + \frac{1}{\tau_{10}}$$

$$(\sigma_{as} + \sigma_{es})\phi_s \ll \sigma_{ap}\phi_p$$

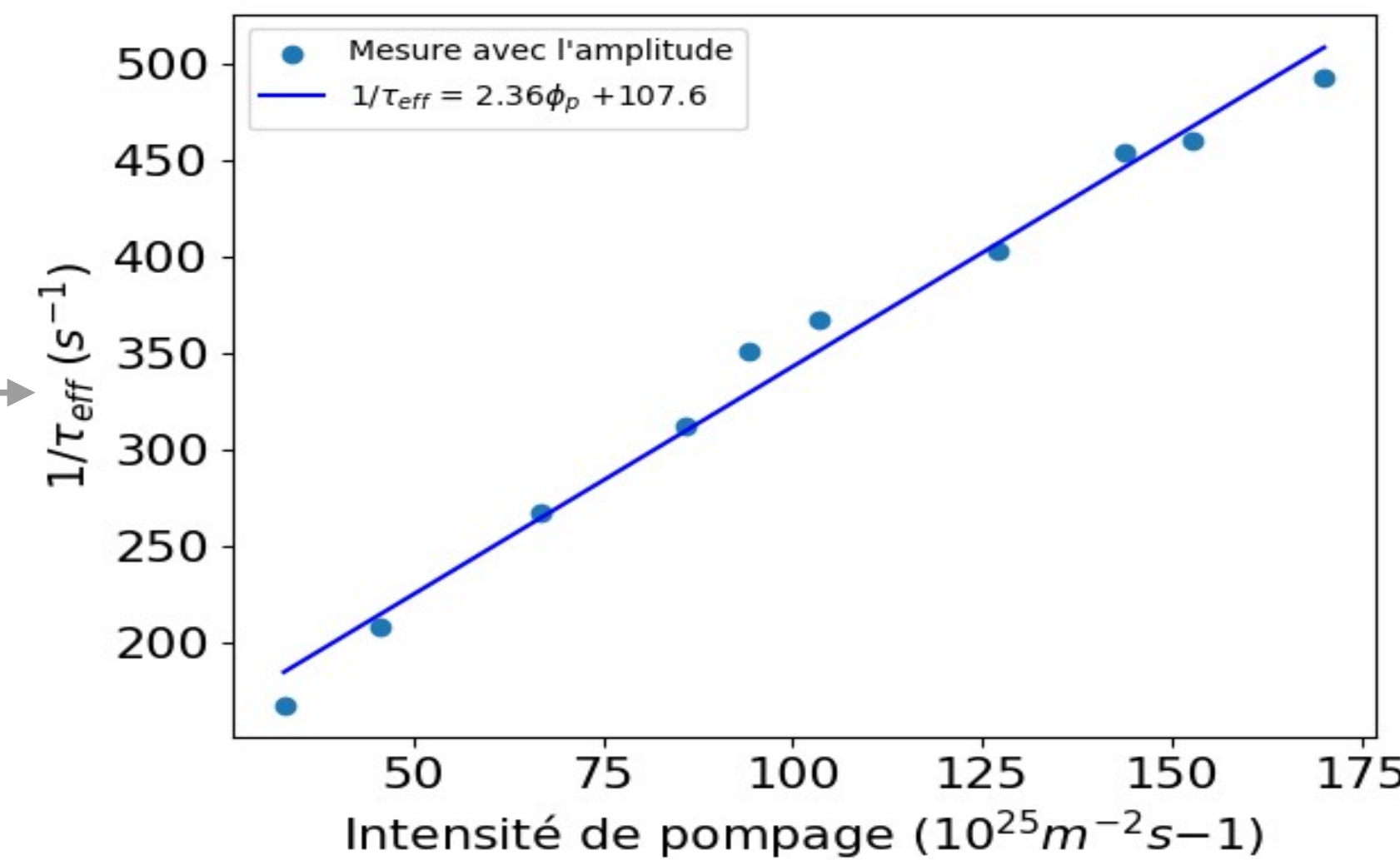
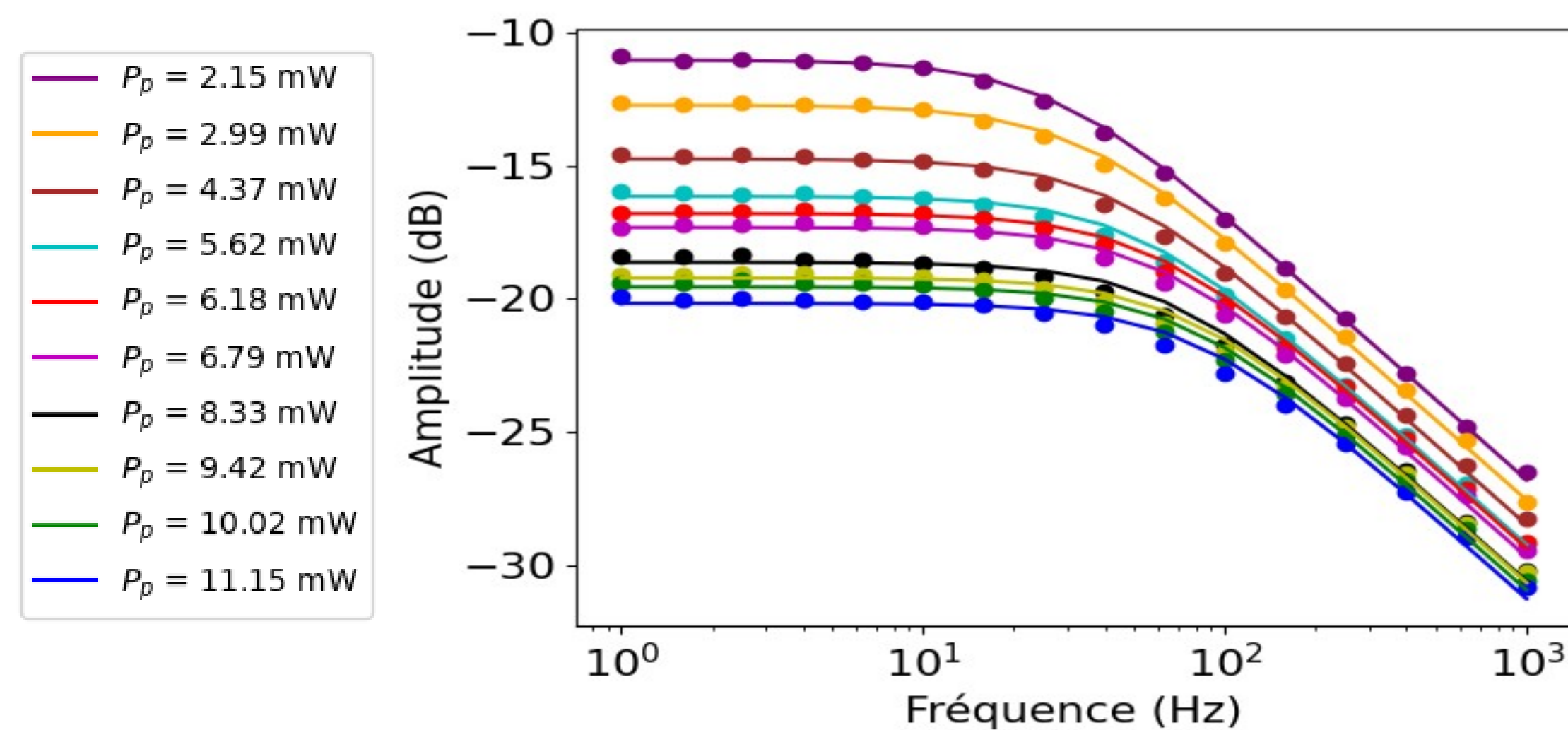


II - Montage FRS en pompe-sonde



III - Résultats des mesures de l'amplitude et de la phase

Mesure de l'amplitude



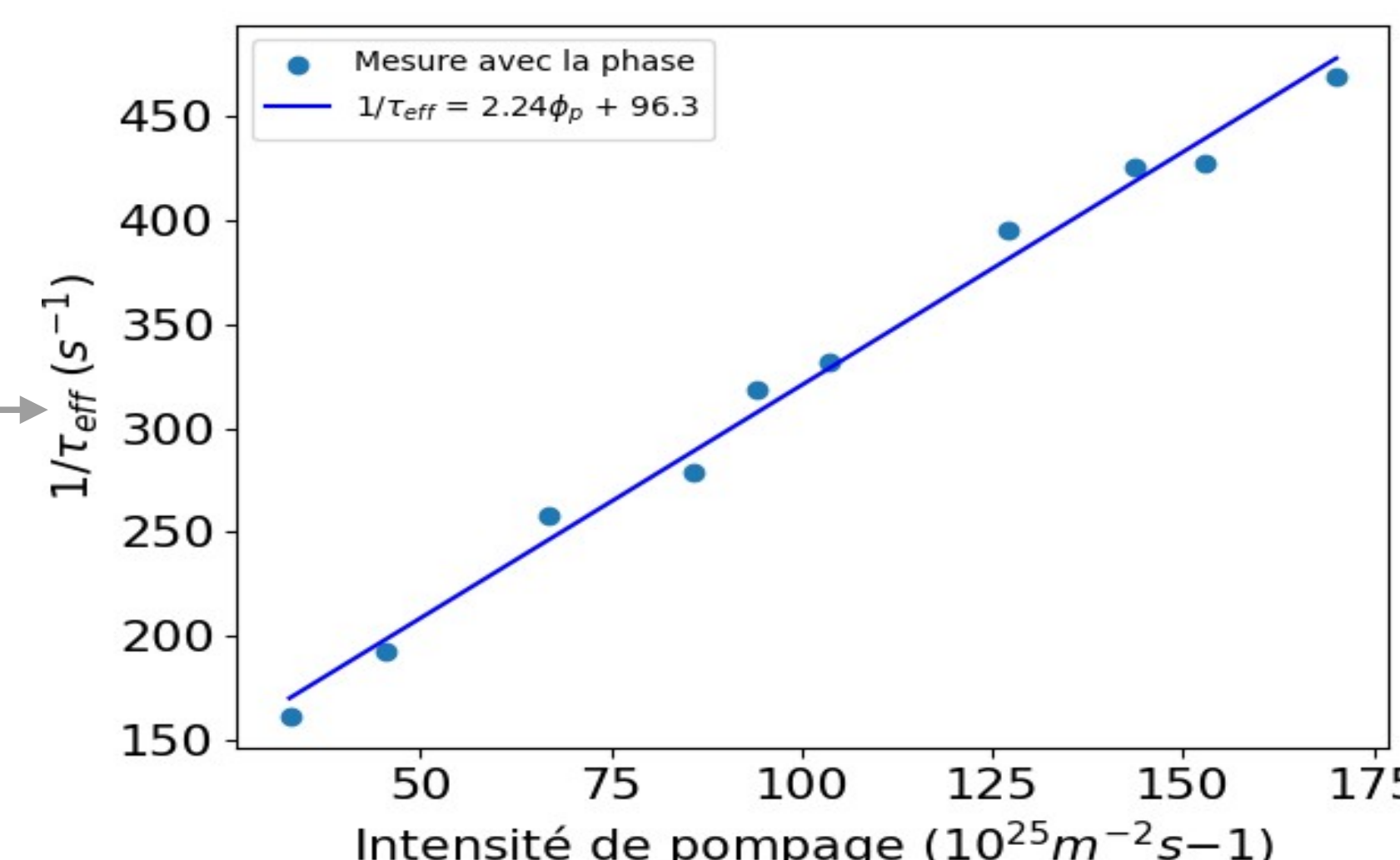
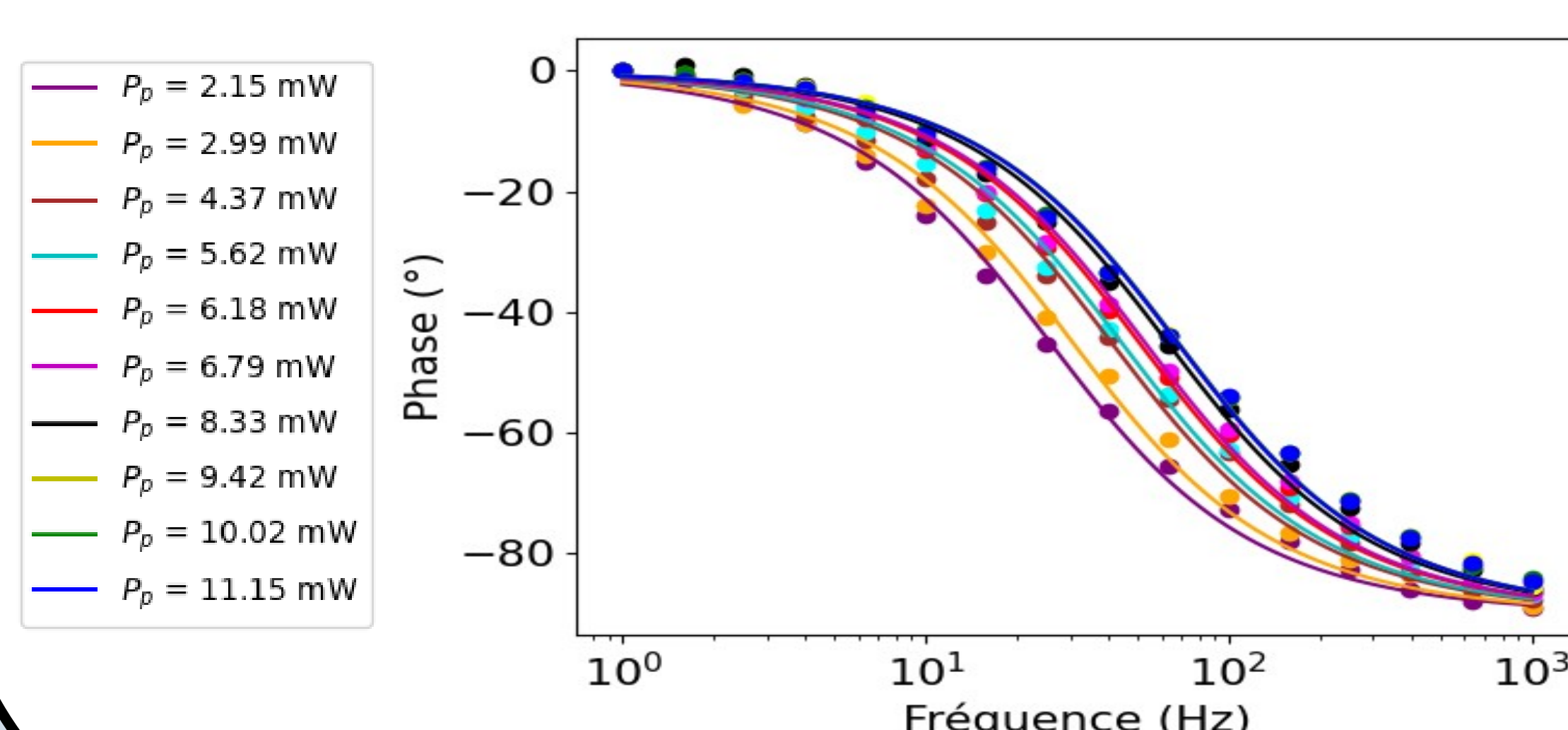
$$\tau_{10} = (9,29 \pm 0,07) \text{ ms}$$

$$\sigma_{ap} = (2,4 \pm 0,2) 10^{-25} \text{ m}^2$$

- ✓ Mesure qui suit bien la régression
- ✓ Mesure plus précise avec 2 coefficients

- ✗ Mesure plus longue
- ✗ Demande 2 détections synchrones

Mesure de la phase



$$\tau_{10} = (10,4 \pm 0,5) \text{ ms}$$

$$\sigma_{ap} = (2,2 \pm 0,6) 10^{-25} \text{ m}^2$$

- ✓ Mesure plus rapide
- ✓ Demande 1 détection synchrone

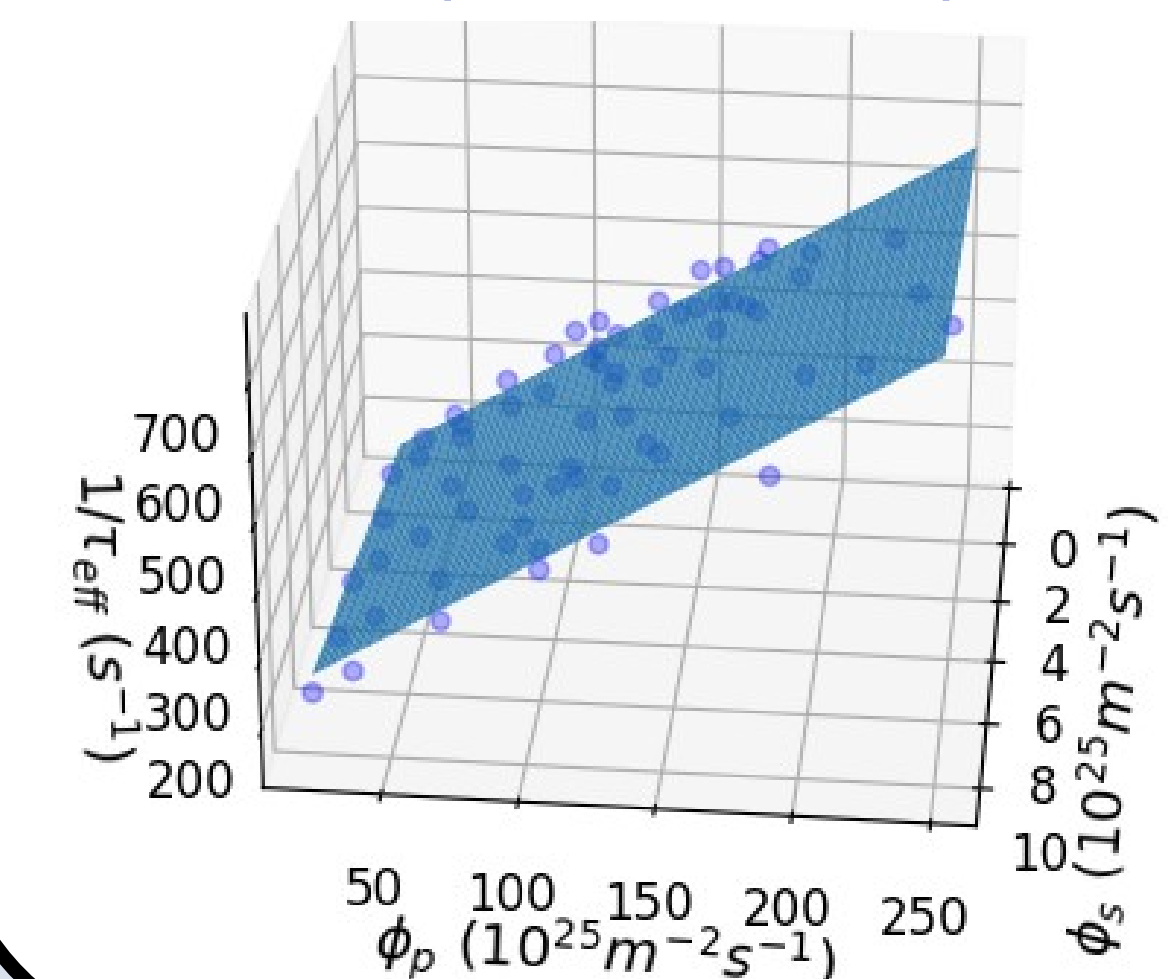
- ✗ Mesure qui suit moins bien la régression
- ✗ Mesure moins précise avec 1 coefficient

Référence des grandeurs cherchées : $\tau_{10} = (10,0 \pm 0,5) \text{ ms}$ (Mesurée par spectroscopie résolue dans le temps) et $\sigma_{ap} = 2,1 \times 10^{-25} \text{ m}^2$ (Prise dans la littérature)

IV - Résultats au-delà du modèle - Variation de la sonde et mesures à hautes fréquences

• Prise en compte de l'intensité de la sonde $\frac{1}{\tau_{eff}} = (\sigma_{as} + \sigma_{es})\phi_s + \sigma_{ap}\phi_p + \frac{1}{\tau_{10}}$

Mesure prise avec l'amplitude



$$\tau_{10} = (9,81 \pm 0,07) \text{ ms}$$

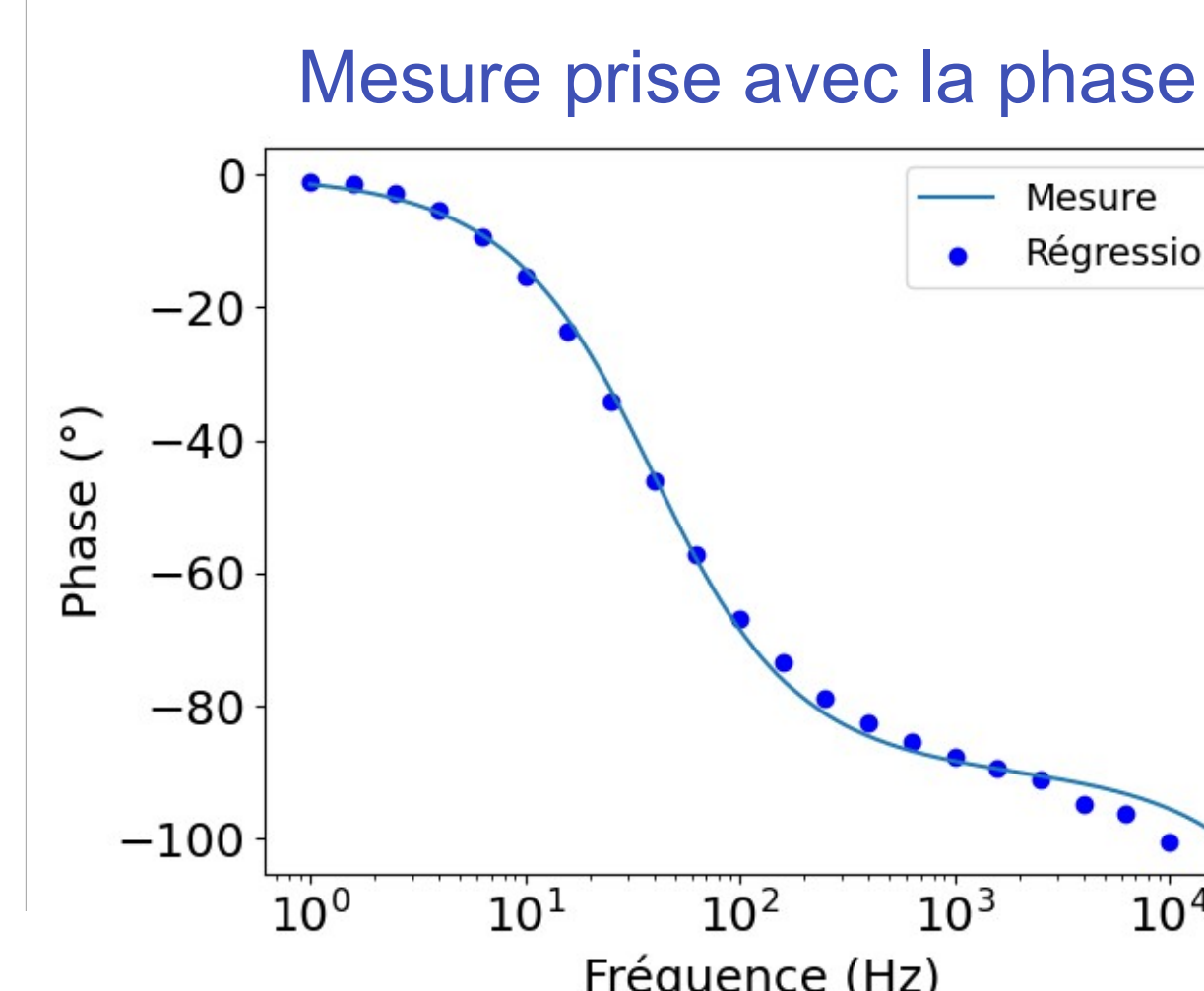
$$\sigma_{ap} = (2,2 \pm 0,2) 10^{-25} \text{ m}^2$$

$$(\sigma_{es} + \sigma_{as}) = (9,56 \pm 0,4) 10^{-25} \text{ m}^2$$

- ✓ Mesure plus précise avec 3 coefficients
- ✓ Donne 3 grandeurs en une expérience

- ✗ Mesure très longue
- ✗ Demande 2 détections synchrones

• Augmentation de la fréquence



Fonction de transfert à 2 durées de vie
$$H_2(\omega) = \frac{A}{(1 + i\omega\tau_{eff})(1 + i\omega\tau'_{eff})}$$

Mesure des temps de vie par régression :

$$\tau_{10} = 9,8 \text{ ms et } \tau_{21} = 10,0 \mu\text{s}$$

V - Conclusion

- Le montage expérimental fonctionne correctement.
- Le modèle utilisé permet de déterminer τ_{10} et σ_{ap} .
- La sonde peut être utilisée comme variable dans le modèle pour déterminer $\sigma_{es} + \sigma_{as}$.
- L'utilisation de hautes fréquences permettrait de déterminer un deuxième temps de vie.

VI - Perspectives

- Déterminer une deuxième fonction de transfert avec deux temps de vie effectifs.
- Tester cette méthode avec un autre échantillon de fibre dopée à l'erbium.
- Automatiser l'ensemble des mesures.

Sources

- [1] Magden, E. S. et al, 2018, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 24(5), 1.
- [2] Guy, S. et al, 2004, Journal of non-crystalline solids 336(3), 165.
- [3] Depinna, S., and D. Dunstan, 1984, Philosophical Magazine B 50(5), 579.
- [4] Brunel, et al, 1996, Optical Materials 5(3), 209.