

# TP plasmons de surface

Cet enseignement permet l'étude du phénomène de résonance de plasmons de surface (RPS). Après des expériences préliminaires, les étudiants utilisent la RPS pour mesurer de faibles variations d'indice optique ou pour déplacer des gouttelettes. Formation et établissement concerné : [Modal de physique de l'École Polytechnique](#).

L'objectif du TP qui se déroule sur 8 séances est de faire découvrir aux étudiants le phénomène de résonance de plasmons de surface. Les applications de ce phénomène sont nombreuses, du développement de capteurs biologiques à la création de circuits photoniques miniatures.

Les plasmons de surface sont des ondes électromagnétiques de surface qui peuvent être excitées à l'interface entre un métal et un autre milieu (air, vide, liquide...) d'indice optique  $n_0$  et qui sont associées à des oscillations électroniques collectives dans le métal. En raison de contraintes d'accord de phase, ces modes ne peuvent être excités par une onde transverse électromagnétique envoyée directement sur l'interface. Une méthode courante pour obtenir ce couplage consiste à déposer une couche de métal de quelques dizaines de nanomètres sur un prisme en verre. L'onde excitatrice traverse ainsi le verre et la couche de métal (elle est alors évanescente) avant d'exciter les plasmons à l'interface entre le métal et le milieu d'indice  $n_0$ . L'angle entre le vecteur d'onde de l'onde excitatrice et la surface métallique joue un rôle critique. En effet, pour un angle précis qui dépend du métal, de  $n_0$  et de la longueur d'onde excitatrice, on obtient une résonance avec une absorption complète de l'onde incidente (et donc une réflexion nulle). Ce phénomène connu comme la résonance de plasmons de surface est étudié lors des premières séances.

Les étudiants peuvent ensuite réaliser deux expériences. L'objectif de la première est d'étudier l'influence de la longueur d'onde et de la température ambiante sur la résonance de plasmons de surface. Ils utilisent pour cela une source blanche pour exciter les plasmons de surface et un thermocouple pour faire varier la température. Ils doivent également réaliser un spectromètre pour mesurer l'angle de résonance sur une large gamme de longueurs d'ondes. La figure 1 montre une partie du dispositif mis en place par les étudiants pour cette expérience.

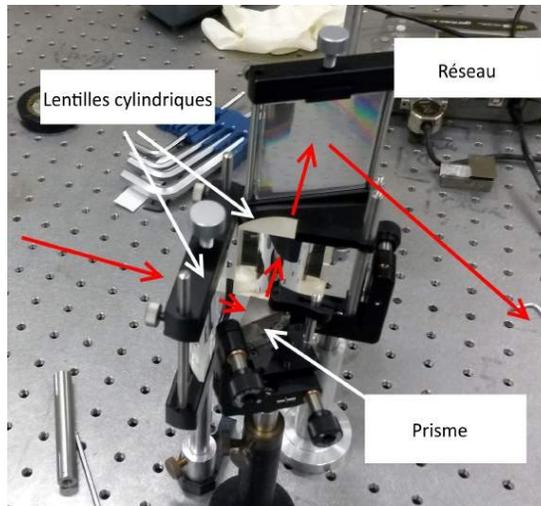


Figure 1: Dispositif expérimental réalisé par les étudiants pour mesurer la dépendance de l'angle de résonance avec la longueur d'onde.

La seconde expérience vise à utiliser la désexcitation de plasmons de surface pour créer un gradient de tension de surface et déplacer des gouttelettes par effet Marangoni [1]. Lors de cette expérience, un module laser à 532 nm est utilisé pour coupler une quantité importante d'énergie avec l'onde de surface et créer un gradient de température significatif lors de sa désexcitation.

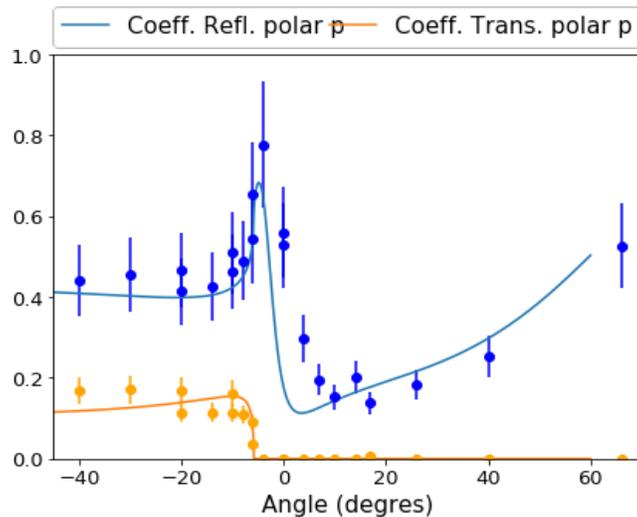
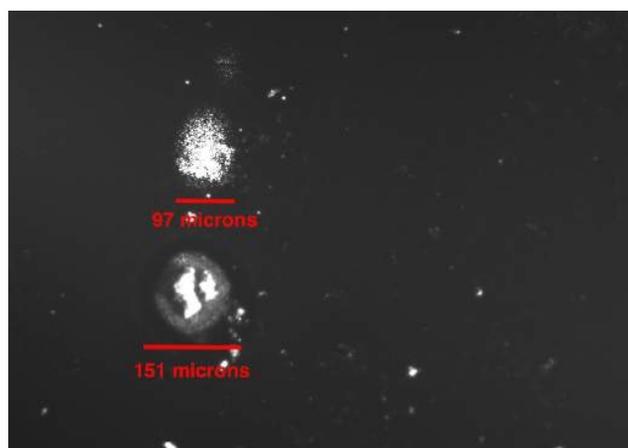


Figure 2: Courbes de transmission et de réflexion de la couche d'or en fonction de l'angle d'incidence. Les courbes continues sont des ajustements théoriques des points expérimentaux. Les barres d'erreurs indiquent l'écart type.

Les étudiants devaient pour ces deux expériences déposer une couche nanométrique de métal (or ou argent) sur un prisme en verre en utilisant un magnétron de l'unité de mécanique (UME) de l'ENSTA Paristech. Il s'est avéré que les dépôts étaient rugueux et inhomogènes ce qui a sévèrement limité la qualité des résultats obtenus. La figure 2 montre les courbes de transmission et de réflexion de l'onde incidente mesurées à l'interface verre-métal pour une couche d'or d'une quarantaine de nanomètres.. Le creux dans la courbe de réflexion correspond à la résonance de plasmons de surface. La résonance est ici très peu piquée en raison de la mauvaise qualité du dépôt. Afin de remédier à ce défaut, les dépôts métalliques seront lors des prochains TP effectués au LPICM par l'équipe de Denis Tondelier. Un premier essai a permis de vérifier que ces nouveaux dépôts améliorent grandement la qualité des résultats.

Malgré leurs défauts les dépôts effectués lors du premier TP ont permis d'obtenir quelques résultats. Les étudiants ont notamment réussi à mettre au point un dispositif pour déposer sur la surface métallique des gouttes d'une centaine de microns (voir figure 3) et les mettre en mouvement. En revanche, la largeur de la courbe de résonance (voir figure 2) n'a pas permis d'utiliser la résonance de plasmons de surface pour mesurer de faibles variations d'indice (notamment en changeant la température de l'air ambiant autour de la couche métallique). L'amélioration de la qualité du dépôt métallique devrait se traduire par des résonances bien plus fines et ainsi permettre d'effectuer l'intégralité des mesures initialement prévues.



Référence: [1] [Marangoni forces created by surface plasmon decay](#), R. H. Farahi, A. Passian, T. L. Ferrell, and T. Thundat, *Optics Letters* **30**, 060616 (2005).

Résultats obtenus dans le cadre du projet **PLASURF** financé par le thème Formation-Diffusion du LabEx PALM et porté par Cédric Thauray (LOA).