

Cahier des charges pour la conception et la réalisation d'un spectromètre non linéaire à incidence rasante

Société : SATT AQUITAINE

Interlocuteur technique :

Simon Dubuis, Porteur du projet NLOptics

Tel 07 66 39 48 19

sdubuis@nloptics.fr

I. Objet de la consultation

I.1. Objet de la consultation

La présente consultation a pour objet la conception, la réalisation et la fourniture d'un spectromètre combinant des techniques d'analyse optique linéaire et non linéaire.

I.2. Critères de sélection

Les critères de sélection et pondération associés sont les suivants :

- Valeur technique du contractant et de la proposition
- Prix
- Délai de réalisation

II. Interlocuteur technique / Localisation

II.1. Interlocuteur technique

Monsieur Simon DUBUIS

Porteur de projet NLOptics

351 Cours de la Libération

Bâtiment A12 – 3^e étage Ouest

33405 Talence Cedex, FRANCE

Tel +33 (0)7 66 39 48 19

sdubuis@nloptics.fr

II.2. Adresse de livraison :

Monsieur Simon DUBUIS

Porteur de projet NLOptics

351 Cours de la Libération

Bâtiment A12 – 3^e étage Ouest

33405 Talence Cedex, FRANCE

III. Spécifications techniques

La consultation porte sur 3 postes.

III.1. Conception d'un spectromètre non linéaire à incidence rasante

L'objet de ce poste est de concevoir un spectromètre non linéaire à incidence rasante à partir d'un modèle existant (prototype) qui se trouve en laboratoire. Dans le cadre d'un transfert technologique organisé par la SATT Aquitaine Science Transfert et le projet de start-up NLOptics, l'objectif est d'utiliser le design existant pour créer un appareil amélioré en portant un regard sur les améliorations proposées. Cette fourniture comprendra l'ensemble des plans et documentations permettant la construction du dispositif par un fabricant maîtrisant les règles de l'art (rappelé en IV.4).

Conceptualisation

Le fonctionnement du spectromètre actuel peut être divisé en plusieurs blocs distincts. Une vue schématisée de l'appareil est proposée à la Figure 1.

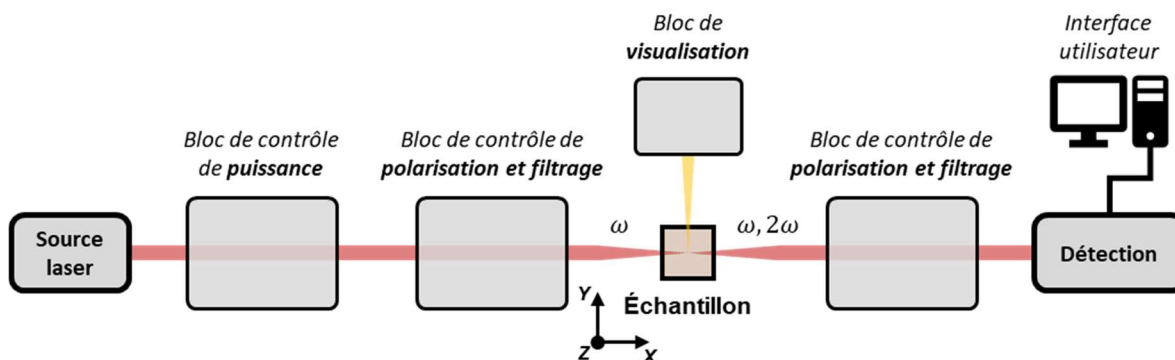


Figure 1 - Représentation schématisée du fonctionnement du spectromètre non linéaire à incidence rasante.

Une source laser infrarouge pulsée (fréquence ω) est envoyée à travers un bloc de contrôle de puissance. Un obturateur et un filtre de densité installés sur des moteurs de translation permettent de modifier la puissance demandée par un utilisateur externe.

Ensuite, un bloc de contrôle de polarisation et de filtrage modifie l'état de polarisation du laser incident, toujours selon une commande donnée par l'utilisateur. Ce bloc doit pouvoir générer une polarisation linéaire selon tout angle de rotation. Les optiques concernées seront installées sur des moteurs de rotation.

Le laser est ensuite focalisé à la surface d'un échantillon selon un angle rasant qui sera fixe et défini avec le contractant en temps voulu (supérieur à 60°). Le porte-échantillon est contrôlé selon trois axes de translation (voir Figure 1), soit de façon longitudinale (X), latérale (Y) et verticale (Z), puis selon deux axes de rotation, soit en roulis (θ) et en tangage (ϕ) en considérant Z comme l'axe pivot. Les axes XYZ sont pilotés automatiquement à travers une interface logicielle. Il n'est pas requis que les rotations θ et ϕ soient automatisées, mais une manipulation manuelle est requise. Le laser incident à l'échantillon produit une tache asymétrique qui permet une résolution de $8 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$. Il est demandé que la taille de la tache soit diminuée au maximum pour améliorer la résolution.

Un système de visualisation placé au-dessus de l'échantillon permet d'observer la surface où le laser sera focalisé. Ce bloc, contenant une caméra, est relié et piloté à partir de l'interface logicielle, où il est possible d'observer en temps réel l'image de la surface sur un ordinateur, cela également durant l'acquisition. Le champ actuel est de $1.5 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ et convient pour l'usage d'observation de la taille

du spot et de la surface de l'échantillon. Aucun traitement d'image en particulier n'est demandé à l'exception d'un affichage sur écran.

Le signal de génération de seconde harmonique réfléchi (R-SHG) à la surface de l'échantillon (dans le spectre visible, à 2ω) ainsi que le faisceau fondamental ω traversent un deuxième bloc de contrôle de polarisation et de filtrage avant d'être collecté par le bloc de détection. Un tube photomultiplicateur (PMT) détecte à la fois le faisceau fondamental ω qui est utilisé à des fins de calibration de puissance et de positionnement et le signal SHG 2ω pour procéder aux analyses de surface à travers l'interface utilisateur. Le PMT est relié à un système d'amplification et à une carte de conversion analogique-numérique.

Pour que des conditions optimales de sensibilité soient atteintes, l'appareil est étanche à la lumière extérieure pendant les prises de mesure. Les échantillons sont manuellement retirés, puis repositionnés entre les analyses.

La description complète des composants optiques et de l'analyse fonctionnelle technique détaillée sera divulguée aux contractants ayant manifesté leur intérêt sous clause de confidentialité.

Modes de fonctionnement

Cinq modes de fonctionnement devront être implémentés dans la réalisation du spectromètre non linéaire à incidence rasante. Les trois premiers sont issus du contrôle indépendant de chaque bloc de la Figure 1 dans l'axe du faisceau laser. Le quatrième mode de fonctionnement est la cartographie R-SHG où l'échantillon est déplacé durant les mesures. Le cinquième et dernier mode de fonctionnement est la mise au point du dispositif. Pour modifier les paramètres des optiques (positionnement, rotation, etc.) sans devoir ouvrir l'enveloppe du spectromètre, un contrôle hybride est demandé entre calibration automatique et ajustements manuels des moteurs par l'utilisateur au besoin. En résumé, il y aura ;

- **Contrôle en puissance**, où la puissance du laser sera ajustée automatiquement en entrée du spectromètre.
- **Contrôle en polarisation incidente**, où l'état de polarisation incident sera contrôlé avant d'atteindre l'échantillon.
- **Contrôle en polarisation de sortie**, où l'état de polarisation de sortie sera analysé à travers le bloc après la réflexion du laser sur l'échantillon.
- **Cartographie de surface**, où l'échantillon sera déplacé dans le plan XY durant les mesures
- **Mise au point**, où les pièces optiques seront déplacées automatiquement pour optimiser la détection du signal à la fréquence 2ω . Des échantillons de contrôle seront fournis au contractant comme outil de vérification.

Caractéristiques et assemblage du spectromètre

En l'état actuel, le prototype en laboratoire performe des analyses R-SHG dans un cadre de recherche académique où certaines fonctionnalités ne sont pas requises ou n'ont pas été implémentées. Simon Dubuis, l'interlocuteur technique, pourra accompagner le contractant en lui présentant l'appareil dans les moindres détails. Pour assurer un transfert technologique adéquat entre le milieu académique et industriel, les spécifications techniques suivantes seront considérées lors de l'assemblage du spectromètre. Certaines pièces aux caractéristiques bien précises sont connues de NLOptics et pourront être suggérées au contractant pour l'assemblage du spectromètre.

- Longueur d'onde du laser : 1025 μm
- Fréquence du laser: 54 MHz

- Durée d'impulsion du laser : 250 fs
- Puissance à la surface de l'échantillon : Ajustable entre 0.1 mW et 300 mW.
- Polarisation : Ellipticité maximale des polarisations linéaires de 1%.
- Angle d'incidence : Entre 60° et 85°
- Résolution spatiale : Asymétrique en X et Y et actuellement de 20µm x 8µm. Amélioration souhaitée en fonction de l'encombrement et de la distance de travail. *Cette spécification technique sera décrite en détail dans l'analyse fonctionnelle technique.
- Déplacement XYZ de l'échantillon : Moteurs avec encodeur, Pas minimum <1µm, Backlash <1µm)
- Dimensions maximales : 80 cm (largeur) x 60 cm (profondeur) x 30 cm (hauteur)
- Poids maximal : 50 kg

Lors de l'assemblage du spectromètre à incidence rasante, il est requis que :

- Tous les déplacements d'optiques nécessaires seront motorisés :
 - Changement et retrait de filtres dans le 1^{er} et le 2^e bloc de contrôle de polarisation et de filtrage.
 - Rotation de polariseurs dans le 1^{er} et 2^e bloc de contrôle de polarisation et de filtrage.
 - Déplacement de l'échantillon en X, en Y et en Z.
- La résolution spatiale soit abaissée au maximum, étant actuellement de 8 µm en Y et 20 µm en X.
- La sécurité laser soit prise en compte dans la fabrication. Le faisceau laser direct ne doit pas être accessible par un utilisateur externe non habilité à la manipulation de lasers haute puissance.
- L'accès au porte-échantillon puisse être facilité pour que l'utilisateur y accède efficacement et sans danger. Par exemple, cela peut prendre forme à travers une porte coulissante, un compartiment sur rail mécanique ou un tiroir. Par mesure de sécurité, l'accès à l'échantillon lorsque le laser est en fonction doit être verrouillé.
- Le spectromètre soit transportable, c'est-à-dire qu'il ne se trouve pas sur un banc optique fixe.
- L'étanchéité de l'enveloppe externe à la lumière soit suffisante pour empêcher toute lumière parasite d'interagir avec le détecteur dans le spectromètre.
- Le pilotage des modes de fonctionnement puisse être réalisé via une interface logicielle.

III.2. Conception d'un logiciel de pilotage du spectromètre

L'objet du poste est la fourniture d'un logiciel de pilotage du spectromètre non linéaire à incidence rasante (voir §III.1). Le spectromètre nécessite une facilité d'utilisation par l'utilisateur et requiert une automatisation des composants pour passer d'une technique d'analyse à une autre.

Conceptualisation

Tel que mentionné précédemment, le spectromètre est utilisable selon cinq modes de fonctionnement (voir §III.1). L'interface logicielle doit pouvoir intégrer ces cinq modes de fonctionnement, ainsi que trois caractéristiques supplémentaires.

En ce qui concerne les contrôles en puissance, en polarisation incidente, en polarisation de sortie et en cartographie, le logiciel doit pouvoir intégrer des commandes fournies par l'utilisateur et procéder à l'acquisition des données selon ces paramètres. Le logiciel doit pouvoir soulever une erreur en cas

de mauvaises consignes d'entrée. Le logiciel contrôlera les optiques ciblées dans les blocs de contrôle de puissance, de polarisation et la platine de positionnement de l'échantillon.

À la fin des analyses, le logiciel doit pouvoir afficher des graphiques pour visualiser facilement les résultats. Il s'agit de graphiques en 2D pour les analyses en puissance, en polarisation incidente et en polarisation de sortie, puis en 3D pour les cartographies.

Lorsque l'utilisateur souhaite récupérer les données d'acquisition, le logiciel générera un rapport d'analyse avec les graphiques désirés dans un format lisible et clair.

Nous demandons que des méthodes de calibration soient automatisées pour 1) calibrer la puissance incidente, 2) corriger les états de polarisation incident et de sortie, 3) ajuster le positionnement de l'échantillon par rapport au faisceau laser et 4) aligner le pointé du signal réfléchi sur le détecteur. Cette fonctionnalité du logiciel peut être interrompue par un utilisateur pour modifier manuellement les paramètres.

III.3. Fourniture d'un spectromètre non linéaire à incidence rasante

L'objet du poste est la fourniture d'un spectromètre non linéaire à incidence rasante et d'un logiciel de pilotage issus des postes précédents (voir §III.1 & §III.2). Il comprendra la fourniture du spectromètre à incidence rasante et d'une interface logicielle pour piloter l'appareil.

IV. Aspects administratifs

IV.1. Offre de prix complète ou partielle

L'offre technique et financière peut porter sur tout ou partie des 3 postes demandés.

IV.2. Délai de livraison

La date limite de livraison est fixée à T0 + 6 mois. Une livraison au plus tôt est appréciée.

IV.3. Garantie et service après-vente

Le délai de garantie doit être à minima de 12 mois pièces et main d'œuvre.

IV.4. Documentation

La livraison de chacun des 3 postes devra s'accompagner d'une documentation technique complète (spécifications, plans, fichiers STEP) rédigée en français ou en anglais.

IV.5. Echancier de paiement

Le paiement de chaque poste sera effectué dans un délai de 30 jours FDM après la livraison du poste concerné.