



Physique

Analyse Spectrale et Atténuation

Auteurs :

M. Samuel RIEDO
M. Pascal ROULIN

Professeur :

Dr. Frédy BIENZ

1 Introduction

Lors de ce travail pratique, nous allons nous intéresser à l'analyse spectrale et l'atténuation. En effet, nous aurons à disposition diverses sources lumineuses et des analyseurs de spectre afin d'en étudier les caractéristiques. Celles-ci sont la longueur d'onde, la largeur à mi-hauteur (FWHM), la puissance maximale de la source ou encore la distance entre les harmoniques d'un laser de type Fabry-Perot.

2 LED

2.1 Analyse spectrale de LED

La première partie de ce travail pratique concerne l'analyse spectrale de différentes LED. Une LED (*Light Emitting Diode*) est un composant à semi-conducteur capable d'émettre de la lumière lorsque celui-ci est parcouru par un courant électrique. Il s'agit d'un dispositif optoélectronique, tout comme les diodes lasers ou les cellules photoélectriques.

Une LED est composée de deux plaques semi-conductrices, l'une chargée positivement (P) et l'autre chargée négativement (N). Lorsqu'un électron passe de la plaque N à la plaque P, cela émet un photon et donc de la lumière.

Aujourd'hui, les LED se retrouvent dans divers domaines comme l'éclairage domestique ou automobile, ou encore dans la composition des écrans plats grâce à leur rendement lumineux. En effet, les LED ont comme avantages de ne consommer que peu d'électricité et de ne générer que peu de chaleur, contrairement aux éclairages à filament. Leur bonne durée de vie ainsi que leur recyclabilité sont également un de leurs atouts.

2.2 Mesures

Les mesures se sont portées sur 8 LED disposées sur une plaque électronique. Puis un pointeur laser de couleur verte a également été analysé ainsi que le laser et la LED infrarouge d'une télécommande pour beamer Philips.

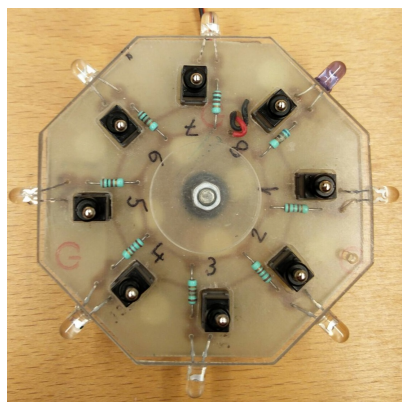


FIGURE 1 – Plaque de LED mesurées



FIGURE 2 – LED infrarouge de la télécommande (non-visible à l'œil nu)



FIGURE 3 – Laser de la télécommande

Les mesures ont été réalisées grâce à un analyseur de spectre et un capteur optique, que voici :

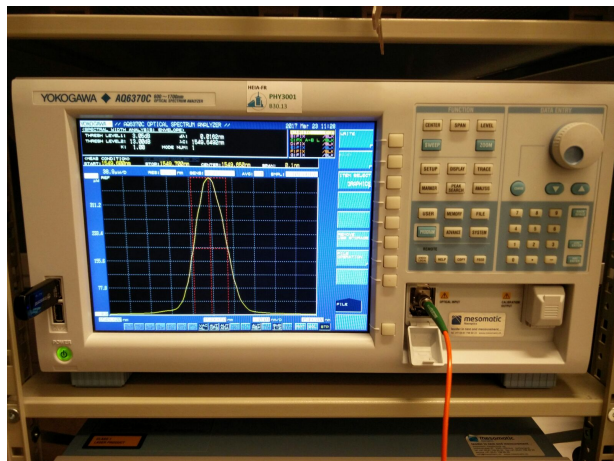


FIGURE 4 – Analyseur de spectre

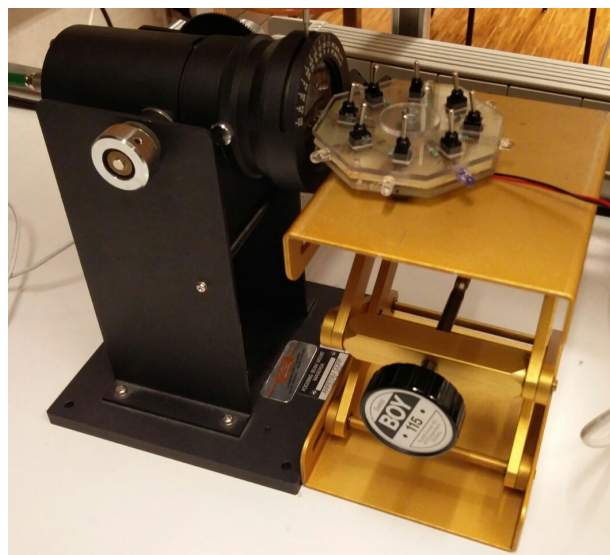


FIGURE 5 – Capteur optique

Voici une synthèse des résultats obtenus :

Numéro de LED	Couleur visible	Longueur d'onde [nm]	FWHM [nm]	Puissance [nW]
1	Blanc	530.47	157.09	0.9
2	Rouge	642.45	39.73	0.39
3	Jaune	583.97	31.44	0.11
4	Vert	567.77	28.06	0.13
5	Bleu	466.54	19.51	8.9
6	Infrarouge	941.97	50.19	1.5
7	Infrarouge	857.24	33.44	7.5
8	Infrarouge	893.44	77.27	4.95
L1	Infrarouge	940.77	43.34	3
L2	Rouge	651.24	4.64	0.13
L3	Vert	531.51	4.37	0.35

TABLE 1 – Tableau de mesure des LED

Les lignes L1, L2 et L3 correspondent respectivement à la LED infrarouge de la télécommande, du laser de celle-ci et du pointeur laser de couleur verte.

Toutes les mesures sont disponibles dans la section *Annexes*.

Si nous analysons les puissances mesurées, nous pouvons remarquer que celles-ci sont relativement faibles pour les LED émettant de la lumière visible, à l'exception de la LED de couleur bleue. Les infrarouges ont des puissances plus élevées et cela peut notamment s'expliquer pour celle de la télécommande. En effet, le signal de la télécommande doit pouvoir être capté par un récepteur à une certaine distance. Il est donc nécessaire que le signal ait une certaine puissance.

Une autre caractéristique intéressante est la longueur d'onde. En effet, celle-ci permet de déterminer si la lumière est visible pour l'oeil humain, et si c'est le cas, elle permet de déterminer la couleur de la LED ou du laser.

Grâce à la figure ci-dessous, nous pouvons analyser nos mesures et vérifier que la longueur d'onde correspond bien à la couleur de la LED (ou du laser). La figure représente uniquement les longueurs d'onde de la lumière visible. Le domaine de l'infrarouge lui va de 700 nm à 3 mm.

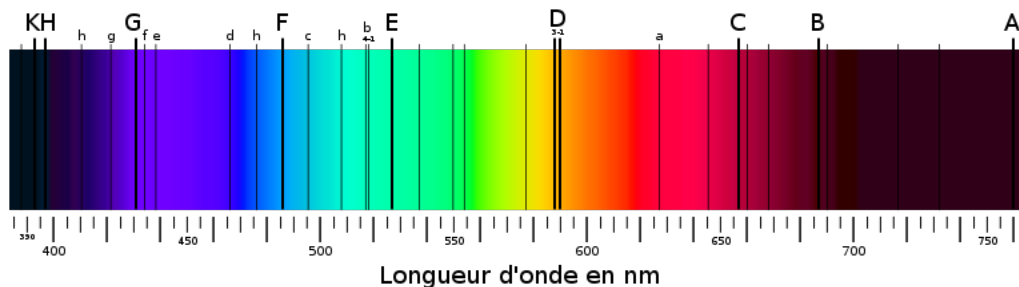


FIGURE 6 – Longueur d'onde de la lumière visible

Nous pouvons remarquer que les mesures correspondent bien aux résultats attendus. Cependant la lumière blanche n'est pas illustrée et la longueur d'onde mesurée correspond à une couleur cyan. Ce résultat s'explique par le fait que la lumière blanche est obtenue grâce à une LED bleue et un luminophore jaune. Un luminophore est une substance qui émet de la lumière lorsqu'elle subit une excitation. Le spectre de la lumière blanche est donc une association du spectre de la LED bleue et du spectre du luminophore jaune.

Nous pouvons voir l'association de ces deux spectres sur la mesure suivante :

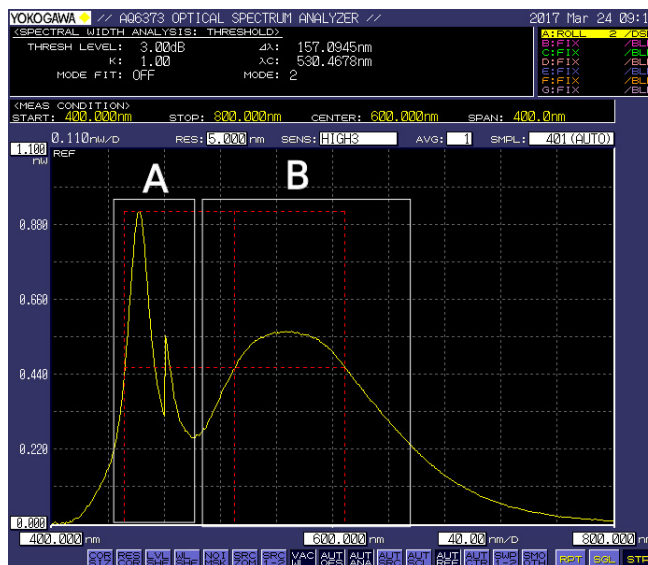


FIGURE 7 – Spectre de la lumière blanche

Le premier cadre (A) représente la partie du spectre appartenant à la LED de couleur bleue alors que le second cadre (B) correspond au spectre du luminophore jaune. Cette composition explique également la valeur élevée que nous avons mesurée pour la FWHM, en plus de la longueur d'onde qui ne correspond pas à la figure 6.

3 Laser

Un laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est un appareil émettant de la lumière au moyen d'un procédé d'amplification basé sur l'émission de radiation. Une source laser associe une amplification optique à une cavité optique généralement composée de deux miroirs.

Contrairement aux autres sources lumineuses, un laser émet un rayonnement d'une très grande pureté spectrale. Le spectre du rayonnement contient en effet un ensemble discret de raies très fines, à des longueurs d'onde définies par la cavité et le milieu amplificateur. Différentes techniques permettent d'obtenir une émission autour d'une seule longueur d'onde.

3.1 Laser Fabry-Perot

Les lasers de type Fabry-Perot sont constitués de deux surfaces réfléchissantes face à face constituant une cavité résonnante. L'une des deux est un miroir idéalement parfait tandis que le second, dit sortant, laisse passer une petite quantité de lumière. Les photons effectuent donc de nombreux aller-retour avant de pouvoir sortir de la cavité résonnante.

Ces lasers sont couramment utilisés dans le domaine des télécommunications pour contrôler et mesurer les longueurs d'onde de rayon lumineux.

Caractéristiques clés :

- Faible coût.
- Grande puissance de sortie.
- Emet des harmoniques de la longueur d'onde sur une plage de cinq à huit nanomètres.

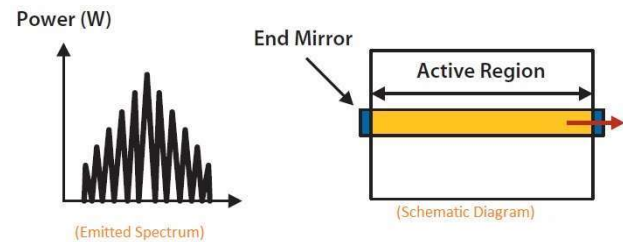


FIGURE 8 – Laser Fabry-Perot

3.1.1 Mesures

Les mesures ci-dessus ont été effectuées sur un analyseur de spectre AQ6370C afin de mesurer diverses valeurs de deux émetteurs laser différents. Du fait que ces derniers sont de type Fabry-Perot, nous remarquons que le spectre contient des harmoniques.

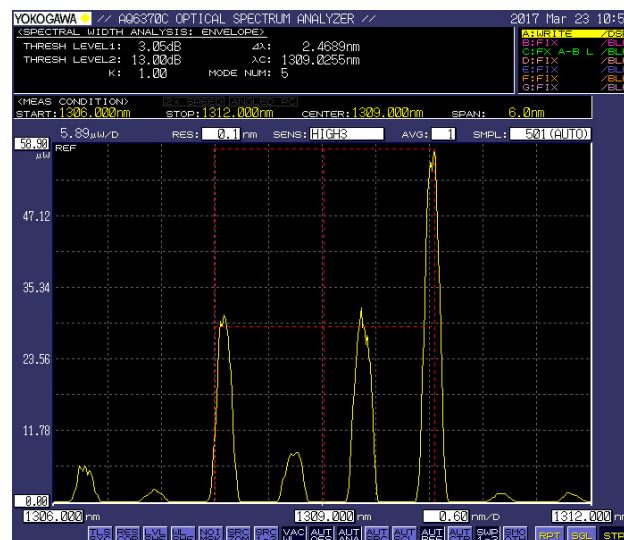


FIGURE 9 – Mesure à 1310nm

Calcule de la cavité résonnante, avec X_i la longueur d'onde d'une harmonique et X_{i+1} celle de la suivante :

$$L = \frac{X_i \cdot X_{i+1}}{2 \cdot (X_i - X_{i+1})}$$

Modèle du laser	λ max	FWHM	Δ entre harmoniques	Longueur cavité résonnante
MG0937C	1310,2nm	2,46nm	0,6nm	1.07mm
MG0938C	1546,5nm	4,41nm	1nm	1.08mm

3.2 Laser à rétroaction répartie

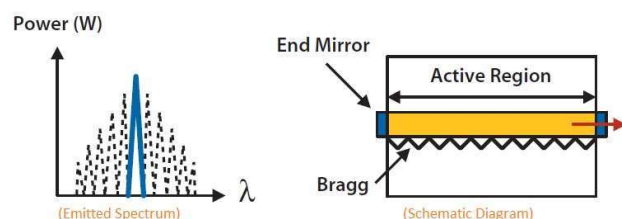


FIGURE 10 – Laser à rétroaction répartie

Un laser à rétroaction répartie ou laser DFB (de l'anglais Distributed FeedBack laser) est un laser utilisant un réflecteur de Bragg qui permet de choisir la longueur d'onde d'émission. Le principe de fonctionnement est similaire à celui des lasers Fabry-Perot avec une cavité résonnante constituée de deux miroirs, avec un réflecteur de Bragg en plus.

Ce dernier élément est un réflecteur de grande qualité alternant des couches de deux matériaux d'indices de réfraction différents provoquant une variation d'indice de réfraction. De ce fait, à la frontière des couches, il se produit une réflexion partielle.

Ainsi, seules les ondes dont la longueur d'onde étant

égale à quatre fois l'épaisseur optique d'une couche, les réflexions se combinent par interférences constructives et le réflecteur de Bragg agit comme un miroir pratiquement parfait.

Caractéristiques clés :

- Plus précis qu'un laser Fabry-Perot.
- Puissance de sortie plus faible qu'un Fabry-Perot.
- Une seule longueur d'onde de sortie sur une plage d'environ 0.1 nanomètre.

3.2.1 Mesures

Contrairement au laser Fabry-Perot, le spectre est cette fois-ci moins réparti, ce qui résulte par un FWHM bien plus faible. Il n'y a également aucune harmonique, et la puissance de sortie est plus faible. Grâce à ses mesures, nous voyons clairement que le spectre des lasers à rétroaction répartie est bien plus propre que celui des lasers Fabry-Perot.

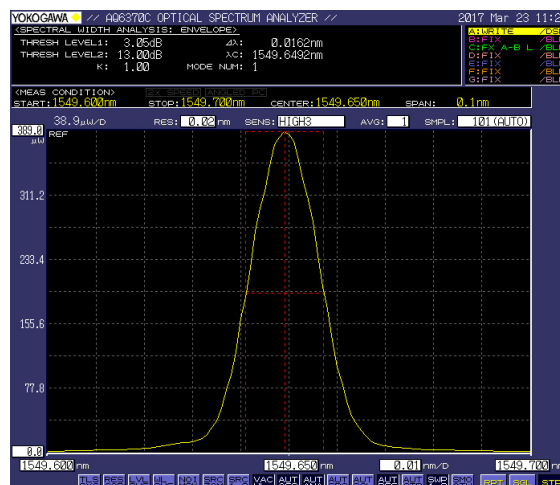


FIGURE 11 – Laser 1549nm

Modèle du laser	λ max	FWHM
Laser 1546nm	1546.81nm	0.0159nm
Laser 1549nm	1549.65nm	0.0162nm

4 Conclusion

Les mesures et leur analyse ont été intéressantes, car nous avons pu mettre en pratique des notions que nous avons vues durant le cours théorique. Ce travail pratique a donc été un bon rafraîchissement de la largeur à mi-hauteur (FWHM) et des différentes propriétés des longueurs d'onde. Nous avons apprécié d'apprendre à nous servir des fonctions de base d'un analyseur de spectre. De plus, nous avons mieux compris comment les couleurs étaient liées aux longueurs d'onde ainsi que la différence entre deux types de laser couramment utilisés : les lasers Fabry-Perot et les lasers à rétroaction répartie.

5 Bibliographie

wikipedia.com - Laser
 rfwireless-world.com - Laser
 wikipedia.com - Laser à rétroaction répartie
 elektro-material.ch - LED expliquée simplement
 wikipedia.org - Spectre Visible
 futura-sciences.com - Technologie LED
 couleur-science.eu - Fonctionnement d'une LED
 wikipedia.org - Diode électroluminescente

6 Annexes

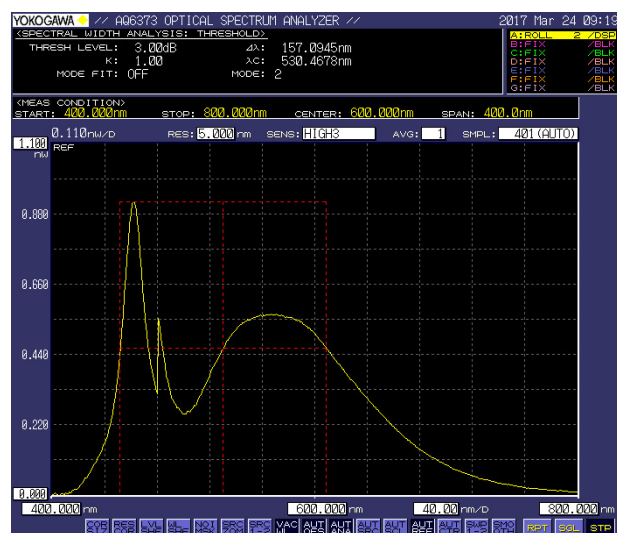


FIGURE 12 – LED 1 - blanche

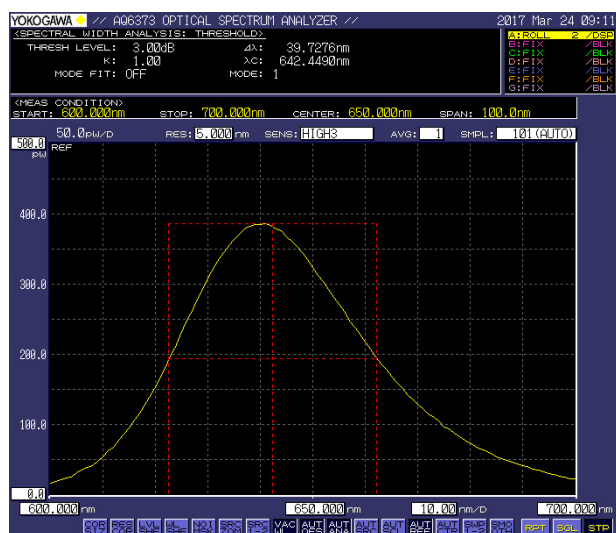


FIGURE 13 – LED 2 - rouge

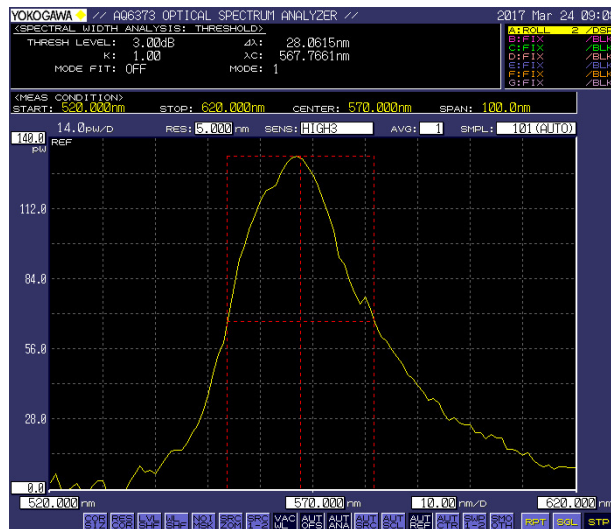


FIGURE 14 – LED 3 - jaune

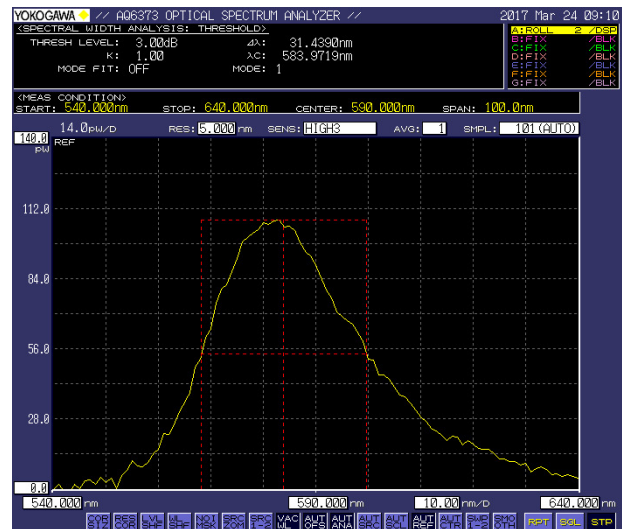


FIGURE 15 – LED 4 - verte

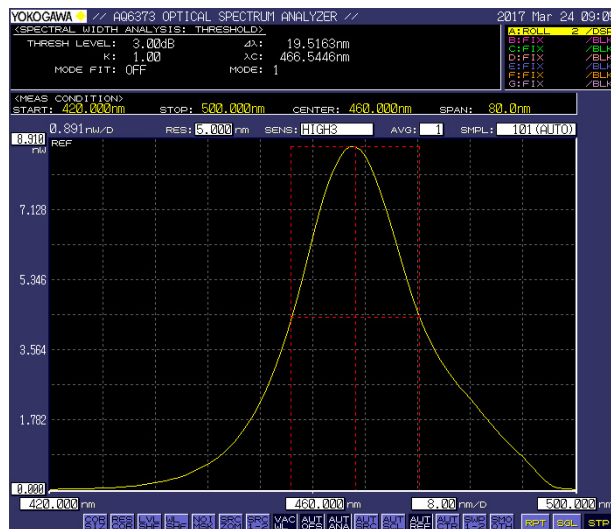


FIGURE 16 – LED 5 - bleu

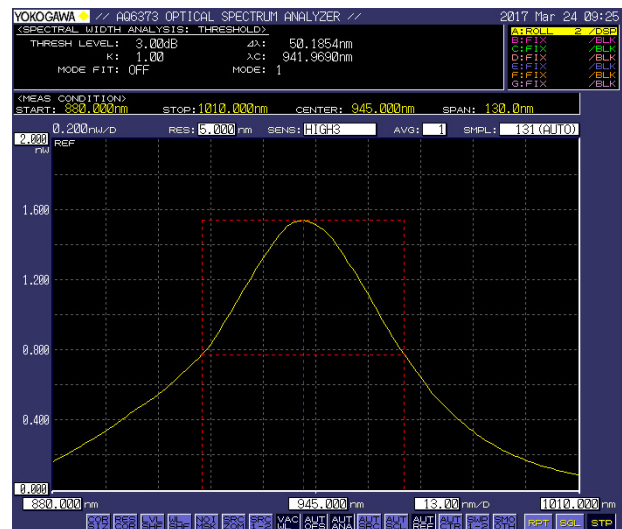


FIGURE 17 – LED 6 - Infrarouge

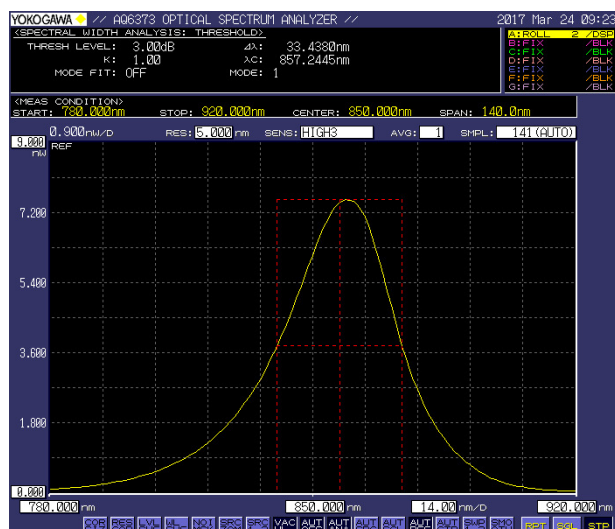


FIGURE 18 – LED 7 - Infrarouge

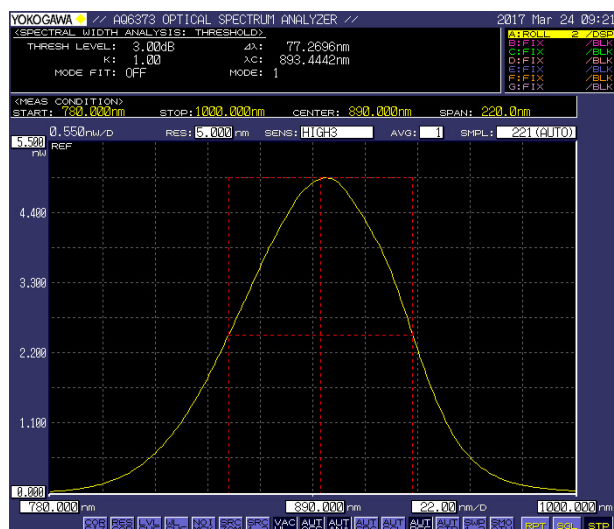


FIGURE 19 – LED 8 - Infrarouge

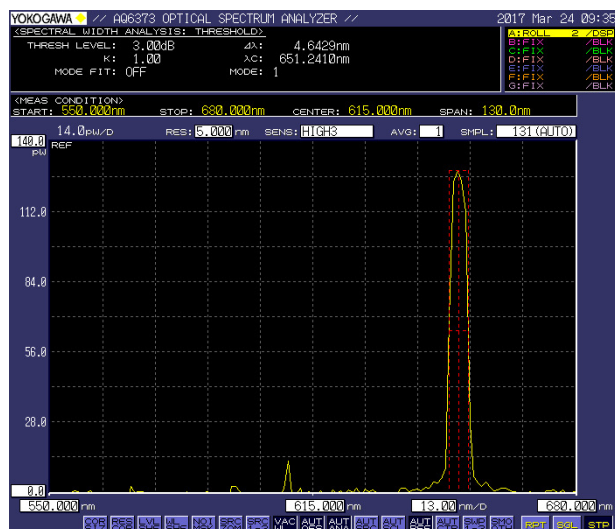


FIGURE 20 – Télécommande - LED rouge

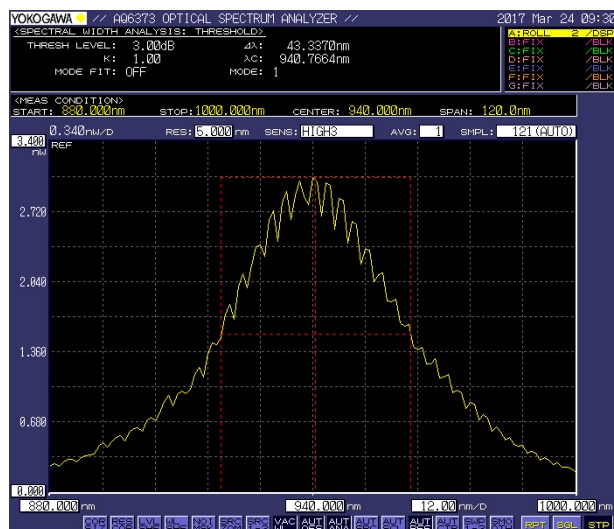


FIGURE 21 – Télécommande - Infrarouge



FIGURE 22 – Pointeur laser vert

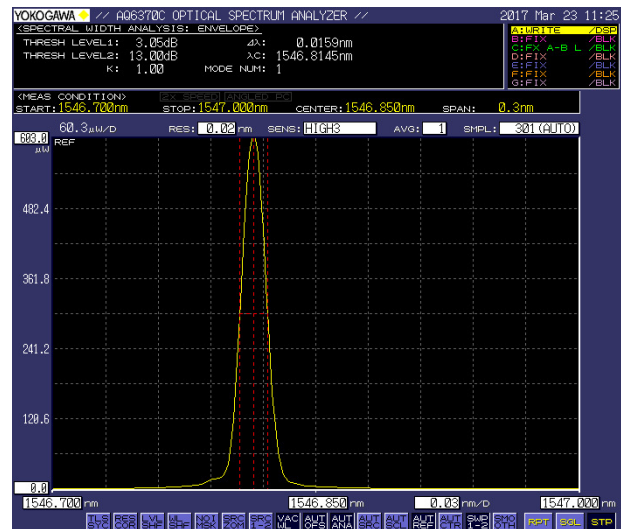


FIGURE 23 – Laser DFB 1546nm

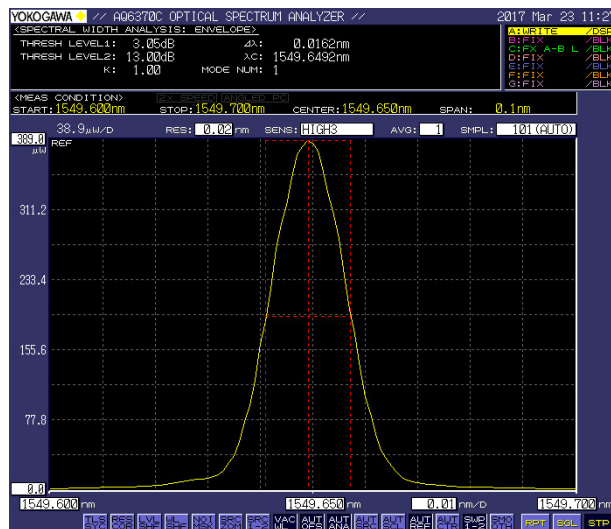


FIGURE 24 – Laser DFB 1549nm

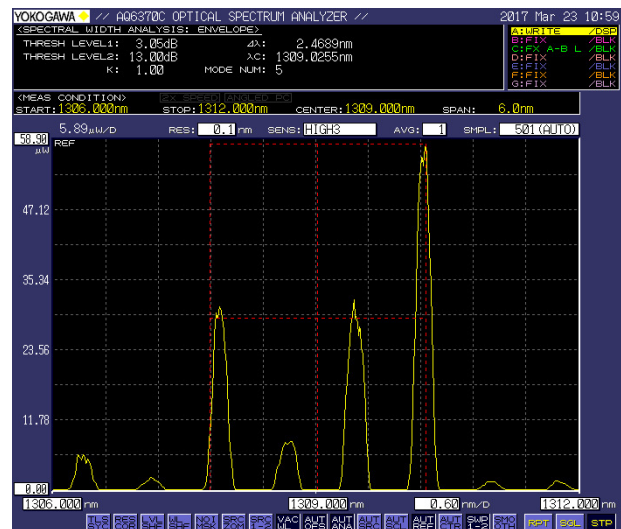


FIGURE 25 – Laser FP 1310nm

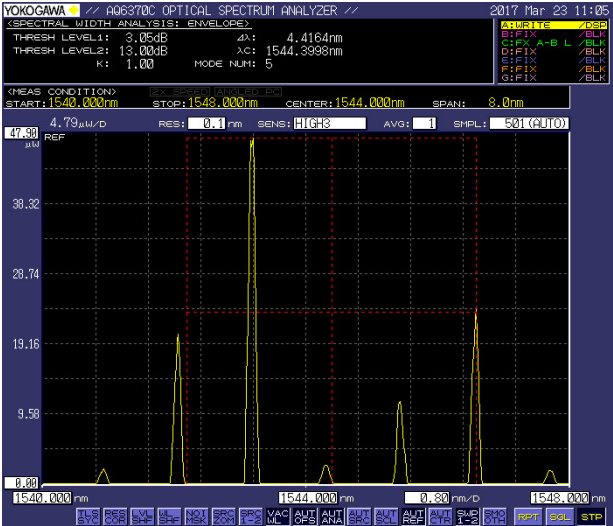


FIGURE 26 – Laser FP 1550nm

Fribourg, le 6 avril 2017

Samuel Riedo

Pascal Roulin