

## Rapport de stage de fin de quatrième année

Amélioration du setup Pirenea au travers  
du développement de programmes  
LabVIEW d'asservissements

Pierre PRIÉ

Département de Génie Physique (GP) - PTP ISS

I5CCST11

Document remis le 24/09/2018

Compilé le 20 septembre 2018

Tuteur INSA : Claude Meny (MCF)  
Tuteur LCAR/IRAP : Hassan SABBAH (MCF)  
Période : 01/07/2018 - 30/09/2018

# **Remerciements**

Je tiens à remercier Christine Joblin et mon tuteur Hassan Sabbah de m'avoir accueilli au sein de l'équipe Pirenea de l'IRAP/OMP de la plateforme nanograins pour ce stage de fin de quatrième année.

Je tiens également à remercier l'ensemble de l'équipe Pirenea, en particulier Odile Coeur-Joly pour toute ses recommandations et ses conseils sur les bonnes techniques de programmation en LabVIEW, ainsi que Anthony Bonnamy pour sa bienveillance et son aide tout au long du stage notamment pour l'ensemble des tests sur le setup Pirenea.

Finalement, je remercie tout particulièrement mon tuteur Hassan Sabbah pour sa disponibilité et son support qui m'ont été bénéfiques tout au long de ce stage de fin de quatrième année.

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Contexte et objectifs du stage</b>	<b>2</b>
1.1 Le stage de fin de quatrième année à l'INSA de Toulouse . . . . .	2
1.2 Contexte dans lequel s'inscrit ce stage : l'IRAP et la plateforme Nanograins . . . . .	2
1.2.1 L'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie . . . . .	2
1.2.2 La plateforme Nanograins . . . . .	3
1.3 Le setup Pirenea de la plateforme Nanograins . . . . .	4
1.4 Objectifs du stage . . . . .	5
<b>2 Matériel à disposition et software utilisés</b>	<b>7</b>
2.1 Description du matériel utilisé . . . . .	7
2.1.1 L'OPO Panther EX et son logiciel associé . . . . .	7
2.1.2 Le contrôleur piézo-moteur KIM101 et les actionneurs piézo-électriques PIAK10 . . . . .	8
2.1.3 L'oscilloscope TDS3052 et la photodiode DET10A . . . . .	9
2.1.4 Le support motorisé MFF101R . . . . .	9
2.1.5 Le puissance mètre 1918-R . . . . .	10
2.2 Détail de la solution hardware réalisée . . . . .	10
<b>3 Travail réalisé et livrable fournis</b>	<b>13</b>
3.1 Travail et choix de départ . . . . .	13
3.1.1 Tests des connexions hardware . . . . .	13
3.1.2 Prise en main du matériel avec LabVIEW : VISA, ActiveX et .Net . . . . .	13
3.1.3 Choix d'une méthode de recherche de maximum via une mesure trois points . . . . .	15
3.1.4 Réalisation et test de la première version du programme LabVIEW . . . . .	16
3.2 Amélioration du programme LabVIEW d'un point de vue programmation et ajout de fonctionnalités . . . . .	17
3.2.1 Utilisation de techniques LabVIEW avancées : clusters, structures évènements, machines à états, fichier d'initialisation, variables globales . . . . .	17
3.2.2 Ajout de fonctionnalités et gestions des erreurs . . . . .	18
3.3 Implémentation de la solution sur le setup Pirenea . . . . .	20
3.3.1 Implémentation de la solution hardware au setup Pirenea . . . . .	20
3.3.2 Etude du comportement de la solution sur le setup Pirenea . . . . .	20
3.3.3 Ajustement de la méthode d'alignement et ajout de la fonction de mesure de puissance . . . . .	20

3.3.4	Tests terminaux pour éprouver et optimiser le code . . . . .	22
3.3.5	Communication entre l'ordinateur hôte du programme LabVIEW et de l'ordinateur de contrôle central . . . . .	22
3.4	Récapitulatif des avancées du projet . . . . .	22
3.5	Livrable fournis à l'équipe Pirenea . . . . .	23
3.6	Axes d'amélioration de la solution développée . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Organisation du stage</b>	<b>25</b>
4.1	Travail et communication avec l'équipe Pirenea . . . . .	25
4.2	Difficultés rencontrées au cours du stage . . . . .	25
4.3	Diagramme de Gantt . . . . .	25
<b>Conclusion</b>		<b>27</b>
<b>Table des annexes</b>		<b>28</b>

# Table des figures

1.1	Schéma de principe du setup Pirenea . . . . .	4
1.2	Schéma de principe de la boucle de contrôle fermée d'alignement du faisceau laser . . . . .	5
2.1	Le laser de 355 nm et l'OPO du setup Pirenea . . . . .	7
2.2	Le contrôleur piézo-moteur KIM101 et les deux actionneurs piézoélectriques PIAK10 utilisés pour l'alignement du faisceau laser . . . . .	8
2.3	L'oscilloscope TDS3052S et la photodiode DET10A . . . . .	9
2.4	Le support motorisé MFF101R . . . . .	10
2.5	Le puissance mètre 1918-R . . . . .	11
2.6	Schéma illustrant l'ensemble des connexions hardware des différents appareils du setup Pirenea . . . . .	12
3.1	Exemple d'utilisation des méthodes VISA avec LabVIEW . . . . .	14
3.2	Exemple d'utilisation des méthodes ActiveX et .NET sous LabVIEW . . . . .	14
3.3	Photo du banc de test composé du laser classe 3a, du miroir muni des actionneurs PIAK10, du chopper optique et de la photodiode DET10A . . . . .	17
3.4	Exemple d'utilisation des clusters sous LabVIEW . . . . .	18
3.5	Exemple d'un message d'erreur à l'initialisation : tous les appareils déconnectés . . . . .	19
3.6	Exemple de courbes réalisées au cours des tests présentant l'intensité mesuré en fonction de la position de l'actionneur piézoélectrique PIAK10 de l'axe X . . . . .	21
3.7	Face avant de la dernière version du programme LabVIEW de l'ordinateur hôte . . . . .	23
N.1	Exemple d'utilisation de la structure évènement sous LabVIEW : cas de la procédure automatique de changement de longueur d'onde et d'alignement . . . . .	XXI
O.1	Diagramme de GANTT des tâches réalisées au cours du stage . . . . .	XXII

# Introduction

Ce document présente mon rapport de stage de fin de quatrième année de formation à l'INSA, spécialité Génie Physique. Ce stage a été réalisé à L'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP), au 9 avenue du Colonel Roche à Toulouse. Pour la durée de ce stage, j'ai intégré l'équipe de l'IRAP/OMP (Observatoire Midi-Pyrénées) travaillant sur la plateforme nanograins (PIRENEA-ESPOIRS) et dirigé par Christine Joblin, directrice de recherche du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

# 1 Contexte et objectifs du stage

## 1.1 Le stage de fin de quatrième année à l'INSA de Toulouse

Le stage de fin de quatrième année à l'INSA de Toulouse est un stage obligatoire, de niveau assistant ingénieur, d'une durée de 10 semaines minimum pouvant être effectué dans une entreprise ou un laboratoire public en France ou à l'étranger. L'objectif est pour l'élève ingénieur d'acquérir une première expérience professionnelle par la réalisation de missions proches de celles d'un ingénieur à travers un vrai projet d'intérêt pour l'organisme d'accueil<sup>1</sup>.

## 1.2 Contexte dans lequel s'inscrit ce stage : l'IRAP et la plateforme Nanograins

### 1.2.1 L'Institut de Recherche en Astrophysique et Planéologie

L'IRAP est un des plus grands laboratoires français en astrophysique et planéologie. Créé au 1er janvier 2011, l'IRAP résulte du rassemblement du Laboratoire d'astrophysique de Toulouse-Tarbes (LATT), du Centre d'étude spatiale des rayonnements (CESR), d'une partie du Laboratoire de recherche sur la dynamique terrestre et planétaire (DTP) et de quelques chercheurs et enseignants-chercheurs du Laboratoire des mécanismes et transferts en géologie (LMTG). Les objectifs scientifiques des 280 personnes qui y travaillent sont la recherche de réponses aux grandes questions actuelles sur l'Univers et sur les objets qui le constituent. Ces sujets sont étudiés à travers 6 groupes thématiques :

- Galaxies, Astrophysique des Hautes Énergies et Cosmologie (GAHEC) ;
- Planètes, Environnement et Plasmas Spatiaux (PEPS) ;
- Dynamique des Intérieurs Planétaire (DIP) ;
- Physique du Soleil, des Étoiles et des Exoplanètes (PS2E) ;
- Signal-Images en Sciences de l'Univers (SISU) ;
- Milieu Interstellaire, Cycle de la Matière, AstroChimie (MICMAC).

---

1. Extrait du site internet de l'INSA de Toulouse : <http://geniephysique.insa-toulouse.fr/fr/formation-initiale/stages.html>, consulté le 27/08/2018.

Outre ses objectifs de recherche fondamentale, l'IRAP est également tourné vers l'innovation instrumentale pour les observations au sol, dans l'espace et les missions d'exploration du système solaire. La réalisation d'instruments est rendue possible par les plateformes Service d'instrumentation spatiale (SISpace) et Service d'instrumentation sol (SISol).

### 1.2.2 La plateforme Nanograins

Les observations dans le domaine infrarouge et sub-millimétrique ont permis, ces dernières années, de progresser dans la compréhension de la composition de la matière interstellaire et des processus physico-chimiques qui se déroulent au sein du milieu interstellaire (MIS). Ces observations suggèrent fortement que les molécules polycycliques aromatiques hydrogénées (PAH) sont omniprésentes dans le MIS. Les PAH interstellaires sont des espèces clés dans la transition entre molécules et grains et jouent un rôle important dans la physique et la chimie du MIS. Afin de caractériser les mécanismes qui sont à la base de la formation et de l'évolution de ces espèces dans les milieux astrophysiques, il est nécessaire de combiner des études théoriques, expérimentales et des modèles de physico-chimie. D'un point de vue technique, cela demande de recréer en laboratoire des conditions proches de celles présentes dans le milieu interstellaire : basse température et isolation des espèces sur des échelles de temps longues. C'est sur ce constat qu'a été créée la plateforme Nanograins<sup>2</sup> du groupe thématique MICMAC.

La plateforme Nanograins regroupe les dispositifs d'astrophysique de laboratoire PIRENEA<sup>3</sup> et ESPOIRS<sup>4</sup>. Pirenea est constitué d'un piège à ions refroidie à environ 35 K dans une enceinte à ultra-vide ( $P < 10 \times 10^{-10}$  mbar), équipée de différentes interfaces qui permettent d'étudier les propriétés physico-chimiques de nanograins et molécules PAH en ambiance cosmique. L'expérience Espoirs est un spectromètre infrarouge à transformé de fourrier (FTIR) sous vide dédié à l'étude des propriétés optiques des grains à basse température avec une extension récente vers les hautes températures.

La plateforme est utilisée dans le cadre de plusieurs études scientifiques s'inscrivant dans le réseau européen de formation EUROPAH (2016-2020), le projet du CER<sup>5</sup> Synergy Nanocosmos (2014-2020) et des projets de long terme avec des collaborateurs au niveau national et international (GDR EMIE<sup>6</sup>, PN PCMI<sup>7</sup>, collaborations avec l'Univ. d'Ottawa, de Cologne).

---

2. Pour plus de précisions, voir le site internet de l'IRAP : <http://www.irap.omp.eu/en/observations/explabo/nanograins>, consulté le 10/08/2018

3. Piège à Ions pour la Recherche et l'Etude de Nouvelles Espèces Astrochimiques.

4. Etudes Spectroscopiques des Propriétés Optiques dans l'InfraRouge et le Submillimétrique d'analogues de grains interstellaires.

5. Conseil Européen de la Recherche.

6. GDR 3533 Edifices Moléculaires Isolés et Environnés.

7. Programme National de Physique et Chimie du Milieu Interstellaire.

## 1.3 Le setup Pirenea de la plateforme Nanograins

Comme indiqué en partie 1.2.2, l'expérience Pirenea<sup>8</sup> fait partie de la plate-forme Nanograins de l'IRAP/OMP. Né en 1998 le dispositif Pirenea combine les performances d'un instrument de spectrométrie de masse à résonance cyclotronique ionique à transformée de Fourier (FTICR-MS) avec un environnement cryogénique. Les conditions de température ( $T$  env. 35 K dans le piège à ions) et de pression ( $P < 10 \times 10^{-10}$  mbar) atteintes dans ce dispositif permettent de réaliser des expériences dans des conditions qui s'approchent de celles du milieu interstellaire.

Cette technique permet de sélectionner dans la cellule ICR les espèces intéressantes (rapport  $m/z$  donné, pouvant aller de 12 à 30000) par éjection sélective et de mener des études sur les ions isolés. Les espèces sont piégées sous l'action conjuguée d'un champ magnétique et d'un champ électrique quadripolaire. D'autre part, grâce à une spectrométrie de masse intrinsèque très performante (sensibilité, sélectivité et haut pouvoir de résolution) cette technique permet d'analyser au cours du temps la composition physico-chimique d'un même échantillon de manière non destructive. Il est possible au contraire de détruire une population en l'excitant sélectivement hors du piège.

L'expérience se compose donc (voir la figure 1.1 et l'annexe A) : d'un aimant supraconducteur (5 T), d'une enceinte à ultravide comprenant des écrans cryogéniques, d'un dispositif de désorption/ionisation laser pour la production des ions et d'une électronique d'excitation/détection pour leur analyse. D'autres interfaces sont couplées à la partie centrale de l'expérience afin de permettre des études de physico-chimie (photodissociation, réactivité chimique...) et de spectroscopie : laser accordable OPO (400 nm à 2600 nm), lampe spectrale à arc Xe, rampe à gaz, four à PAH, source d'électrons, source d' $\text{H}$  atomique.

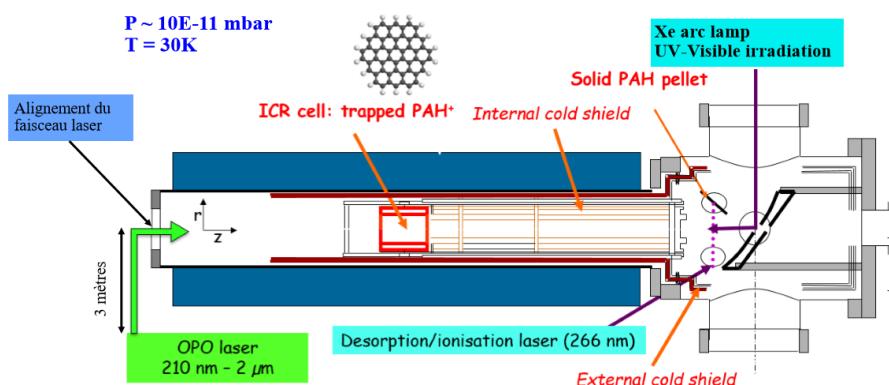


FIGURE 1.1 – Schéma de principe du setup Pirenea

8. Pour plus de précisions, voir la thèse de Francesca Useli Bacchitta : Photophysique des molécules polycycliques aromatiques hydrogénées d'intérêt interstellaire avec l'expérience PIRENEA, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00469704/document>, consultée le 20/08/2018.

## 1.4 Objectifs du stage

L'objectif de ce stage consiste au développement de programmes LabVIEW d'asservissement d'équipements du setup Pirenea pour répondre aux besoins des expérimentateurs. Ces besoins, définis en début de stage sont les suivants :

- contrôle par ordinateur de la longueur d'onde à la sortie de l'Optical Parametric Oscillator (OPO) et implémentation d'une procédure d'alignement automatique du laser en entrée du piège à ions du setup Pirenea ;
- permettre à l'utilisateur d'effectuer des mesures ponctuelles de la puissance du laser pour chaque longueur d'onde.

La procédure d'alignement automatique est nécessaire pour corriger un désalignement du faisceau laser engendré par les mouvements des moteurs de l'OPO. L'OPO est le dispositif permettant de moduler la longueur d'onde du faisceau laser entre 205 nm et 2600 nm. L'OPO est situé juste après le laser pulsé classe 4 de 355 nm et trois mètres avant l'entrée du piège à ions. Dans ces conditions une petite variation du pas des moteurs de l'OPO peut engendrer un déplacement du faisceau laser de quelques mm. Le contrôle de l'alignement du faisceau laser est réalisé par la mise en place d'une boucle de contrôle fermée comme illustré à la figure 1.2.

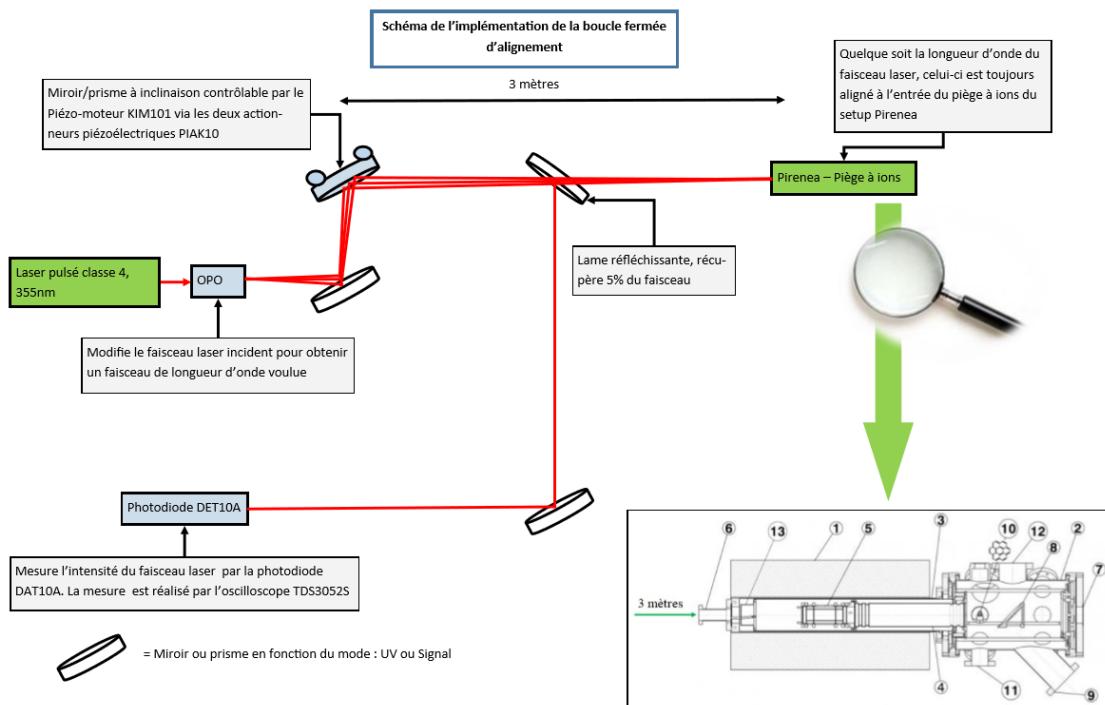


FIGURE 1.2 – Schéma de principe de la boucle de contrôle fermée d'alignement du faisceau laser

Pour réaliser l'alignement, une partie du faisceau laser est récupérée en sortie de l'OPO et redirigé vers une photodiode. Les miroirs de redirections sont réglés de manière à ce que le faisceau laser soit parfaitement centré sur la photodiode et l'entrée du piège à ions de l'expérience Pirenea au même moment. En mesurant l'intensité

associé au faisceau laser grâce à la photodiode, il est possible de trouver la position du faisceau correspondant à une intensité maximum. À cette position le faisceau laser est donc aligné. Le contrôle de l'orientation du faisceau laser se fait grâce à un miroir équipé de deux actionneurs piézoélectriques.

L'ajout d'une mesure de puissance du laser est importante pour les expérimentateurs car l'énergie varie selon la longueur d'onde et est un paramètre important pour la modélisation des spectres.

Le cœur du travail à effectuer est donc le développement d'un ou plusieurs programmes LabVIEW qui permettront, par le contrôle de divers appareils, de répondre aux besoins définis. Ce travail devrait permettre d'améliorer la répétabilité des expériences et de faciliter l'utilisation du setup aux expérimentateurs.

## 2 Matériel à disposition et software utilisés

### 2.1 Description du matériel utilisé

Les programmes sont réalisés avec un ordinateur sous Windows 10 (64 bits) sur lequel est installé le logiciel LabVIEW sous sa version 2017 (32bits). Les ordinateurs appelés, ordinateur hôte du programme LabVIEW et ordinateur de contrôle central partagent ces mêmes caractéristiques. L'ensemble du matériel utilisé durant le stage est présenté ci-dessous.

#### 2.1.1 L'OPO Panther EX et son logiciel associé

L'optical parametric oscillator (OPO) Panther EX, est un dispositif de l'entreprise CONTINUUM (cf. figure 2.1) permettant de moduler la longueur d'onde d'un faisceau laser incident entre 205 nm et 2600 nm. En fonction de la gamme de longueur d'onde générée en sortie de l'OPO, son mode de fonctionnement change. Les modes de fonctionnements possibles sont : Deep UV (entre 205 nm et 285 nm), Signal (entre 258 nm et 710 nm) et Idler (entre 710 nm et 2600 nm). Ce dispositif (déjà présent dans le setup Pirenea) est fourni avec un ordinateur de contrôle. Au travers d'un exécutable, l'ordinateur de contrôle agit sur les moteurs des miroirs et des prismes internes à l'OPO pour modifier la longueur d'onde du faisceau laser en sortie de l'OPO (les spécifications de l'OPO sont disponibles en annexe C).

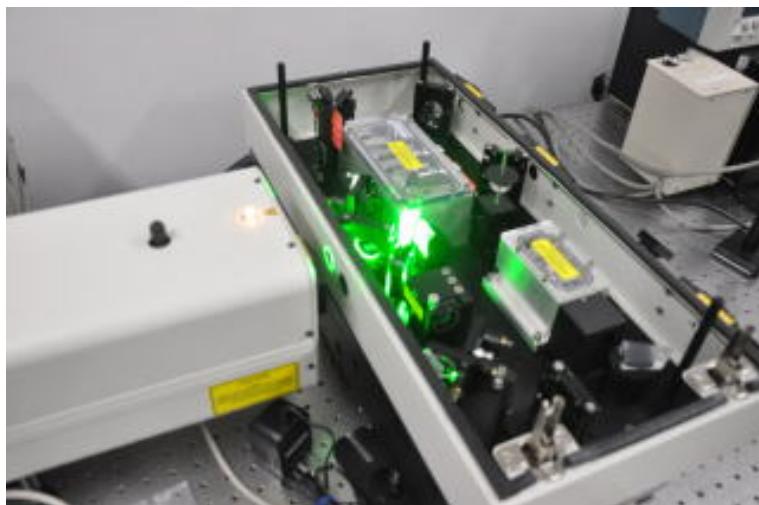


FIGURE 2.1 – Le laser classe 4 de 355 nm à gauche et l'Optical Parametric Oscillator (ouvert) à droite utilisé pour moduler la longueur d'onde du faisceau laser

La connexion entre l'ordinateur de contrôle de l'OPO et l'ordinateur hôte du programme LabVIEW est effectué grâce à un câble de type USB / RS232, réalisée à

l'aide d'un adaptateur USB / RS232 de chez ATEN<sup>1</sup>. Le contrôle de l'OPO par le programme LabVIEW se fait donc par l'intermédiaire de l'exécutable de l'ordinateur de contrôle de l'OPO. Cet exécutable est capable d'effectuer des communications de type VISA.

### 2.1.2 Le contrôleur piézo-moteur KIM101 et les actionneurs piézoélectriques PIAK10

Le contrôleur piézo-moteur KIM101 et les actionneurs piézoélectriques PIAK10 sont des appareils de l'entreprise THORLABS (cf. figure 2.2). Les actionneurs piézoélectriques PIAK10 sont montés sur un support de miroir KM100 et permettent un contrôle haute précision de l'inclinaison du miroir, via des déplacements de l'ordre du nm, et donc de l'orientation du faisceau laser. Ces actionneurs piézoélectriques PIAK10 utilisent une méthode "Slip-Stick" pour générer les mouvements de précisions<sup>2</sup>. Les spécifications des actionneurs piézoélectriques sont disponibles à l'annexe E.

Le contrôle des actionneurs piézoélectrique est effectué grâce au contrôleur piézo-moteur KIM101 qui envoie aux actionneurs piézoélectriques un ordre sous la forme d'une valeur de "pas" à atteindre. Le contrôleur peut gérer jusqu'à quatre actionneurs piézoélectriques. Des câbles types SMC sont utilisés pour connecter le contrôleur et les actionneurs piézoélectriques. Plusieurs paramètres sont modifiables sur le contrôleur KIM101 tel que la tension de commande, le type de déplacements (continu ou par pas), la direction du mouvement ainsi que la taille du pas par exemple. Les spécifications du contrôleur sont disponibles à l'annexe à l'annexe D.



FIGURE 2.2 – Le contrôleur piézo-moteur KIM101 et les deux actionneurs piézoélectriques PIAK10 utilisés pour l'alignement du faisceau laser

Le contrôleur peut être utilisé manuellement par l'utilisateur par son interface direct (joystick et bouton de sélection) mais également via l'intermédiaire d'un ordinateur grâce aux logiciels KINESIS et ADVANCED POSITIONING TECHNOLOGY (APT).

1. Cet adaptateur est disponible à l'adresse : <https://www.aten.com/fr/fr/products/usb-&-thunderbolt/convertisseurs-usb/uc232a/#.W4Vjsbg6-Uk>

2. Description de cette méthode disponible à l'adresse suivante : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_id=9776](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_id=9776)

Ces technologies permettent un contrôle par des logiciels de développement tiers tel que LabVIEW. La connexion entre le contrôleur KIM101 et l'ordinateur hôte du programme LabVIEW est faite par USB.

### 2.1.3 L'oscilloscope TDS3052 et la photodiode DET10A

L'oscilloscope TDS3052 est un appareil de l'entreprise TEKTRONIX et la photodiode DET10A de l'entreprise THORLABS (cf. figure 2.3). La photodiode DET10A est une photodiode base silicium d'une surface de  $0.8 \text{ mm}^2$  dont la gamme d'absorption de longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 1100 nm et possède un temps de monté de 1 ns. L'oscilloscope TDS3052 dispose d'une bande passante de 500 MHz et d'une fréquence d'échantillonnage de 5GE/s. Le détail des spécifications est disponible en annexe F pour l'oscilloscope et en annexe G pour la photodiode.



(a) L'oscilloscope TDS3052S (b) La photodiode DET10A

FIGURE 2.3 – L'oscilloscope TDS3052S et la photoiode DET10A utilisés pour réaliser les mesures de tension associées au faisceau laser

La photodiode est connectée à l'oscilloscope à l'aide d'un câble BNC. L'utilisation de l'oscilloscope peut se faire manuellement directement sur celui-ci mais également par l'intermédiaire d'un ordinateur via une connexion RS232 / USB utilisant le protocole de communication VISA. Comme pour l'OPO, cette connexion entre l'oscilloscope et l'ordinateur hôte du programme LabVIEW est réalisée à l'aide d'un adaptateur USB / RS232 de chez ATEN<sup>3</sup>.

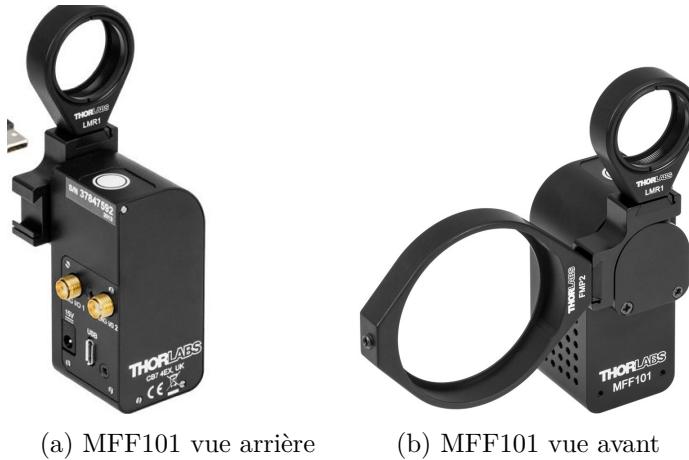
L'oscilloscope et la photodiode sont utilisés dans la boucle fermée d'alignement pour mesurer l'intensité associée au faisceau laser via une mesure d'amplitude du pulse détecté.

### 2.1.4 Le support motorisé MFF101R

Le support motorisé MFF101R est un produit de l'entreprise THORLABS (cf. figure 2.4). Cet appareil permet de choisir de positionner l'un ou l'autre des filtres/optiques dont il dispose sur le chemin optique du faisceau laser via un mouvement de rotation de 90°. L'appareil est contrôlable manuellement par l'utilisateur mais peut également l'être par un ordinateur en utilisant une connexion USB. Comme pour

<sup>3</sup>. Cet adaptateur est disponible à l'adresse : <https://www.aten.com/fr/fr/products/usb-&-thunderbolt/convertisseurs-usb/uc232a/#.W4Vjsbg6-Uk>

l'appareil KIM101, la communication est réalisable par LabVIEW grâce aux technologies KINESIS et APT. Dans notre cas, le support motorisé MFF101R a seulement été équipé d'un détecteur d'énergie 818E-05-25S qui est utilisé pour effectuer les mesures de puissance du faisceau laser. Le détail des spécifications du support motorisé MFF101R est disponible en annexe [H](#).



(a) MFF101 vue arrière      (b) MFF101 vue avant

FIGURE 2.4 – Le support motorisé MFF101R utilisé pour positionner un détecteur de sur le chemin du faisceau laser

### 2.1.5 Le puissance mètre 1918-R

Le puissance mètre 1918-R est un appareil de l'entreprise NEWPORT (cf. figure [2.5](#)). Ce puissance mètre permet notamment d'effectuer des mesures statistiques sur un faisceau laser incident et de récupérer diverses informations telles que la moyenne, la valeur maximum, la valeur minimum et la déviation standard. L'utilisateur peut directement utiliser l'appareil via son interface embarquée ou le contrôler par l'intermédiaire d'une connexion USB à l'aide d'un ordinateur. Comme pour les précédents appareils, la communication est réalisable par LabVIEW mais uniquement grâce à la technologie KINESIS. Pour pouvoir réaliser les mesures statistiques de puissances du faisceau laser, le puissance mètre est connecté au détecteur d'énergie 818E-05-25-S équipé sur le support motorisé MFF101R. La connexion entre le puissance mètre et le détecteur se fait via un câble 25-Pin-D-type mâle. Le détail des spécifications du puissance mètre 1918-R est disponible en annexe [I](#).

## 2.2 Détail de la solution hardware réalisée

Le setup Pirenea s'étend sur trois pièces différentes. Dans la première pièce se trouve le laser pulsé (pulse de l'ordre de 10 ns) classe 4 de longueur d'onde de 355 nm ainsi que l'Optical Parametric Oscillator. Le faisceau laser ressort de l'OPO avec une longueur d'onde modulée et passe par divers éléments optiques (miroirs, filtres, lentilles, iris...). Le faisceau laser pénètre ensuite dans le piége à ions, trois mètres plus loin, situé dans la seconde pièce. Dans cette pièce se trouve également le système



(a) Le puissance mètre 1918-R      (b) Le détecteur d'énergie  
818E-05-25-S

FIGURE 2.5 – Le puissance mètre 1918-R utilisé pour effectuer les mesures statistiques de puissances du faisceau laser

de refroidissement du piège à ions ainsi que le banc de cartes d'acquisitions qui contrôlent et récupèrent les données des manipulations. Ce banc communique par fibre optique avec l'ordinateur de contrôle central qui se trouve dans la troisième pièce.

Dans cette configuration, le contrôle des appareils implémentés (donc dans la première pièce) doit se faire par un ordinateur intermédiaire situé dans la première pièce, l'ordinateur hôte du programme LabVIEW, qui communiquera ensuite par le réseau intranet interne à l'IRAP avec l'ordinateur de contrôle central. L'ensemble des connexions entre les différents appareils du setup Pirenea est illustré par le schéma [2.6](#). Ce schéma est également disponible en annexe [L](#).

Avec cette solution, l'ordinateur hôte du programme LabVIEW est utilisé pour :

- contrôler la longueur d'onde à la sortie de l'OPO via une connexion RS232 avec l'ordinateur de contrôle de l'OPO ;
- réaliser l'alignement automatique du laser en entrée du piège à ions par la mise en place d'une boucle de contrôle fermée. Cette boucle fermée est réalisée via une connexion RS232 avec l'oscilloscope TDS3052S (connecté à la photodiode DET10A) et une connexion USB avec le piézo-moteur KIM101 (connecté aux actionneurs piézoélectrique PIAK10). On oriente le faisceau laser grâce aux actionneurs piézoélectrique et on contrôle la tension associée au faisceau grâce à la photodiode (cf. annexe [B](#) pour revoir l'implémentation de la boucle fermée d'alignement au setup Pirenea) ;
- effectuer des mesures statistiques de puissances du faisceau laser via une connexion USB avec le puissance mètre 1918-R (connecté au détecteur d'énergie 818E-05-25-S) et une connexion USB avec le support motorisé MFF101R. On vient placer ou non le détecteur d'énergie sur le chemin optique du faisceau pour réaliser la mesure statistique de puissance.

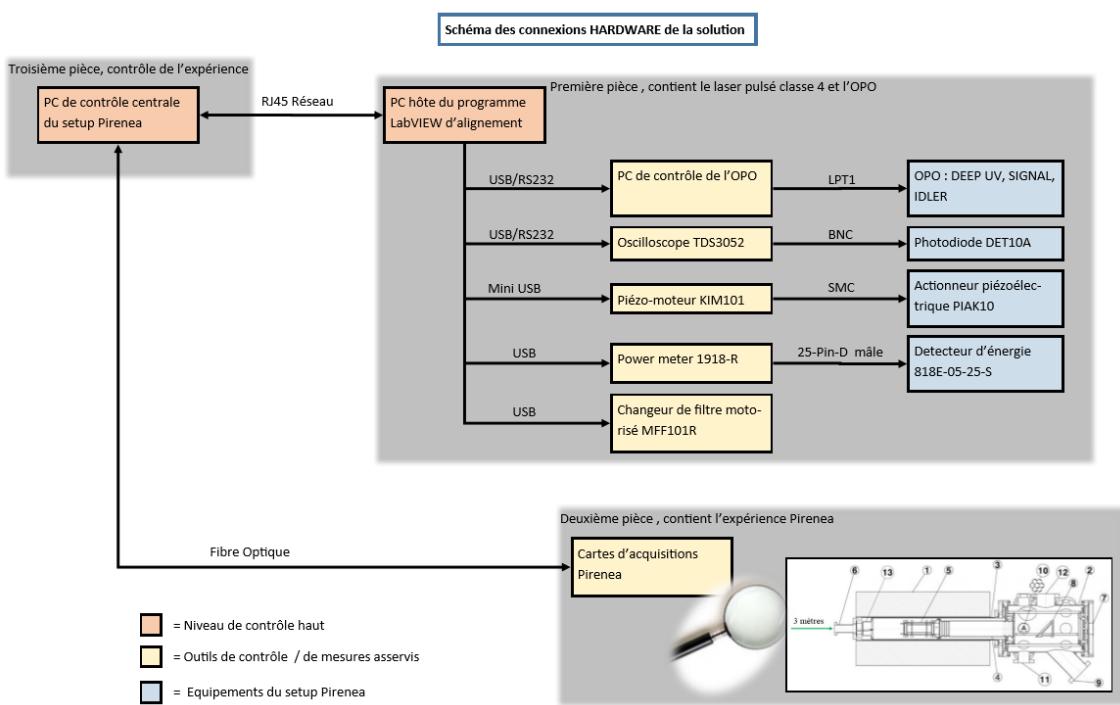


FIGURE 2.6 – Schéma illustrant l'ensemble des connexions hardware des différents appareils du setup Pirenea et leurs répartitions dans les trois différentes pièces de l'expérience Pirenea

# 3 Travail réalisé et livrable fournis

Cette troisième partie concerne l'évolution du travail réalisé au cours de ce stage.

## 3.1 Travail et choix de départ

### 3.1.1 Tests des connexions hardware

La réalisation de la première partie du travail a consisté en la vérification de l'ensemble des connexions avec les appareils ainsi qu'au test du bon fonctionnement de chacune des communications.

Les appareils en connexion USB utilisant la technologie APT via LabVIEW n'ont présenté aucun problème grâce à leurs fonctionnements "plug and play". Ils ont été testés grâce à l'exécutable APT\_USER.exe de THORLABS qui permet de contrôler les appareils utilisant la technologie APT. Les connexions en RS232 ont été testées grâce au logiciel NIMAX de National Instrument. On note que le numéro du port RS232 ne change que si l'ordinateur a été débranché d'une fois à l'autre. La connexion avec le puissance mètre a posé problème car les librairies KINESIS utilisées pour son contrôle par LabVIEW ont été réalisées pour des versions antérieures de LabVIEW. Finalement un flash avec une nouvelle version de l'exécutable embarqué dans le puissance mètre a résolu le problème.

### 3.1.2 Prise en main du matériel avec LabVIEW : VISA, ActiveX et .Net

Les connexions étant testées, il a été possible de commencer le contrôle des divers instruments par l'intermédiaire de LabVIEW. Comme cela a été précédemment expliqué dans la partie 2.1, il existe trois différentes sortes de communications : type VISA par l'intermédiaire de câbles RS232, type APT et KINESIS via les câbles USB.

Sous LabVIEW, des fonctions de communications VISA sont directement disponibles et utilisables comme illustré en figure 3.1. On note entre autre, une fonction d'ouverture de la communication, d'écriture, de lecture, de nettoyage des buffers et de fermeture de communication. Ces fonctions utilisent comme flux de données le port COM associé à l'appareil et un cluster d'erreur. En fonction des cas, écriture ou lecture, des chaînes de caractères ou des entiers s'ajoutent à ce flux de données en entrée ou en sortie.

Sous LabVIEW, les communications type APT sont réalisées grâce aux fonctions ActiveX et les communications type KINESIS par les fonctions .NET. Bien que différentes, ces fonctions s'utilisent de la même façon. Il suffit de sélectionner la librairie.dll associé à l'appareil à contrôler et de choisir une des fonctions disponibles, comme illustré en figure 3.2. Les librairies et les fonctions associées, sont développées par le constructeur et se comportent finalement dans LabVIEW comme un sous-VI

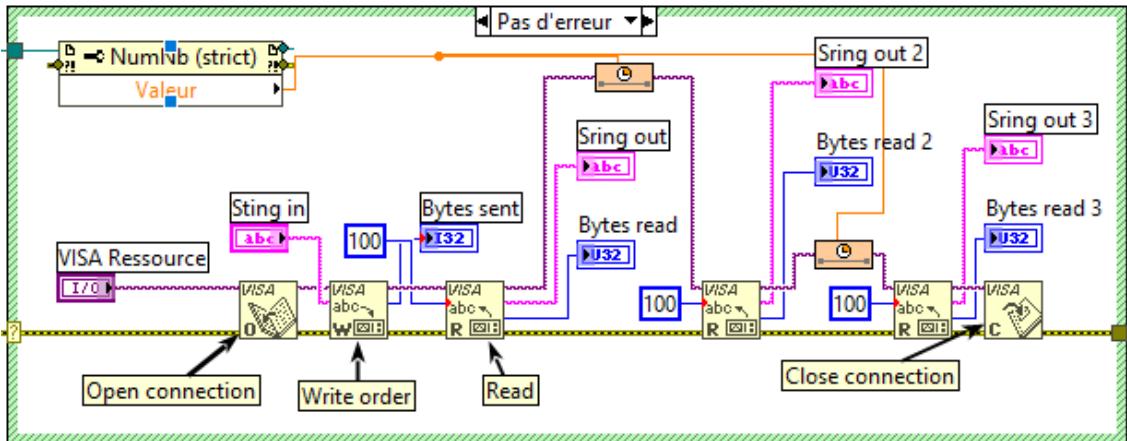


FIGURE 3.1 – Exemple d'utilisation des méthodes VISA avec LabVIEW

avec des paramètres d'entrées et de sorties. Ces paramètres peuvent varier d'une fonction à l'autre mais les flux de données correspondant à l'identification de l'appareil et au cluster d'erreur sont toujours présents.

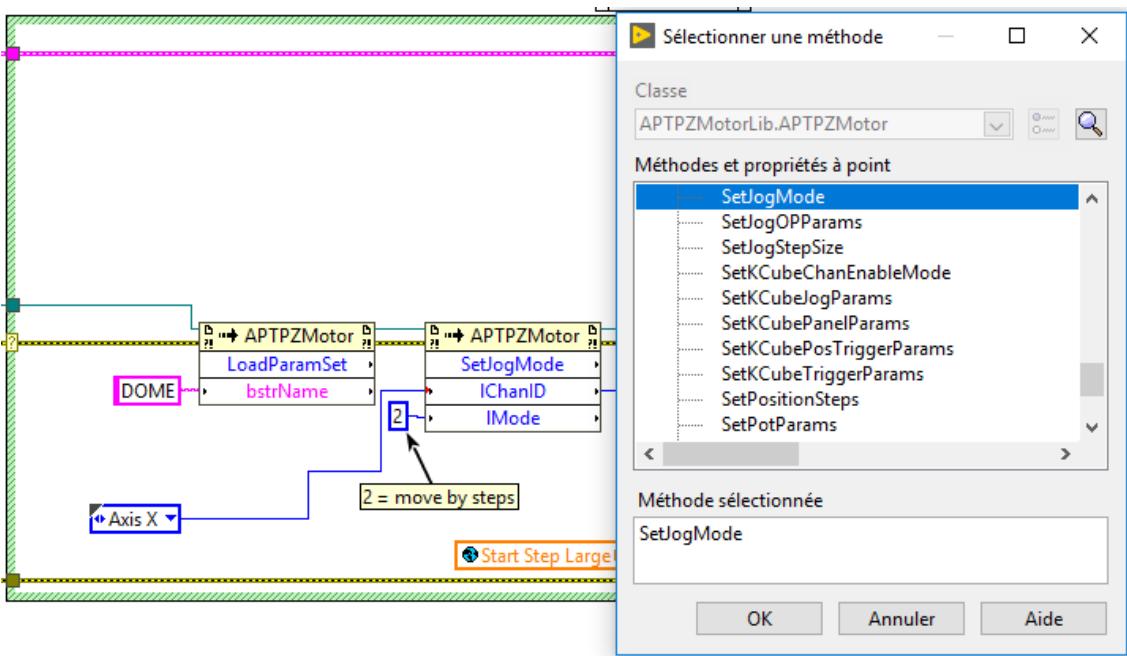


FIGURE 3.2 – Exemple d'utilisation des méthodes ActiveX et .NET sous LabVIEW

Bien que plus rapide que les communications APT, les communications KINESIS n'ont pas été utilisées pour les appareils de THORLABS à cause d'un défaut de fonctionnements des librairies associées. Ce sont les communications type APT donc ActiveX qui sont utilisées. Le puissancemètre 1918-R de NEWPORT utilise lui la communication KINESIS donc les fonctions .NET.

### 3.1.3 Choix d'une méthode de recherche de maximum via une mesure trois points

Pour coder la première version du programme LabVIEW il a fallu mettre au point une méthode de recherche de l'intensité maximum associée au faisceau laser. Après quelques tests, il a été relevé que bien que précis, les déplacements des actionneurs piézoélectriques PIAK10 ne sont pas répétables de part la présence d'hystérésis dans les déplacements. En effet, l'actionneur qui se déplace d'un pas de 250 à un pas de 500 et qui revient ensuite à 250 ne sera physiquement pas exactement à la même position à l'arrivée que au départ. De plus la position des actionneurs piézoélectriques PIAK10 est mise à zéro (du point de vu logiciel, pas physiquement) à chaque mise hors tension du contrôleur piézo-moteur KIM101. Finalement, la valeur de l'intensité associée au faisceau laser ne peut pas être un critère d'alignement car celle-ci varie en fonction de la longueur d'onde du faisceau et de son intensité. Ne pouvant utiliser ni la position des actionneurs piézoélectriques PIAK10 ni la valeur de l'intensité mesurée par la diode DET10A, une procédure d'alignement basée sur une mesure en trois points a été développée. Les mesures de l'intensité associé au faisceau laser sont réalisées via l'oscilloscope TDS3052S et la photodiode DET10A, celle-ci correspond à l'amplitude du pulse détecté (revoir la partie 2.1.3).

La procédure suit le principe suivant : une première mesure est réalisée puis l'actionneur PIAK10 fait un pas en avant, fait une seconde mesure, un autre pas et une troisième mesure. On compare ensuite la deuxième à la première mesure et la troisième à la deuxième mesure pour définir deux états. Ceux si peuvent prendre la valeur UP dans le cas de valeurs croissantes ou la valeur DW dans le cas de valeurs décroissantes. Plusieurs cas sont alors possibles : UP-UP, UP-DW, DW-UP, DW-DW. Dans le cas :

- UP-UP : le déplacement est dans la bonne direction, un déplacement supplémentaire et une nouvelle mesure sont faits avant de re-tester les cas obtenus ;
- UP-DW : la position actuelle se situe à proximité de la position maximum. Soit le pas est réduit et la recherche reprend dans le sens opposé, soit si le pas est déjà le pas minimum défini, l'axe de recherche change. Si les deux axes ont déjà été balayés la procédure s'arrête ;
- DW-UP : ce cas ne devrait pas arriver. Le sens de déplacement change, et une mesure en trois points est relancée ;
- DW-DW : le déplacement est dans la mauvaise direction, le sens de déplacement change, et une mesure en trois points est relancée.

Cette explication présente simplement la procédure de recherche de maximum. Dans les faits, cette procédure inclut une gestion de la perte du signal (dans le cas où plus de 30 déplacements sont faits dans la même direction par exemple). De plus pour une meilleure précision, un premier balayage selon un certain pas est effectué pour les deux axes avant un second avec un pas restreint. Finalement certaines données telles que les dernières positions correspondant aux maximum trouvé ainsi

qu'une valeur de seuils sont enregistrées dans un fichier d'initialisation. La valeur de seuil sert à réduire les erreurs de mesures (on considère que les valeurs sont décroissantes si, lorsque l'on soustrait la deuxième valeur à la première, le résultat est inférieur au seuil). Les positions maximums servent à réduire le temps de recherche du maximum en se positionnant, avant le début de la procédure d'alignement, à un endroit proche du dernier maximum trouvé. Du fait de sa nature, le fichier d'initialisation est facilement modifiable ce qui permet à l'utilisateur de changer la valeur de seuil rapidement si nécessaire. L'algorithme illustrant le fonctionnement final de la procédure d'alignement est disponible en annexe M.

### 3.1.4 Réalisation et test de la première version du programme LabVIEW

La première version du programme LabVIEW se concentre sur le contrôle de l'OPO et la procédure d'alignement. Cette version est codée simplement à partir d'une structure en boucle while avec une gestion d'événement. Ce code est un peu bancal au niveau programmeur car il auto-génère des événements pour réaliser le mouvement de l'OPO puis la procédure d'alignement. Par exemple au démarrage de l'alignement, l'événement "mesure trois points" est réalisé puis appelle l'événement "test des cas" via un changement d'état d'un booleen associé. Le code sera entièrement refait par la suite de manière à respecter de bonnes méthodes de programmation (cf. partie 3.2.1).

Cette première version dispose de nombreux indicateurs booleens, qui permettent de suivre l'avancement dans le déroulé du programme, ce qui facilite le débogage. Elle a été réalisée et testée grâce à un petit banc de test assimilable à la configuration adoptée sur le setup Pirenea (cf. figure 3.3). Ce banc est composé d'un laser classe 3a, du miroir muni des deux actionneurs piézoélectriques PIAK10 d'un chopper optique et de la photodiode DET10A. Le laser classe 3a permet de simuler le laser classe 4 et le chopper optique permet d'obtenir un signal non constant comme celui généré par le laser classe 4 du setup Pirenea qui est pulsé (les pulses sont de l'ordre de 10 ns).

A l'exécution ce programme communique avec l'OPO pour récupérer le mode actuel de fonctionnement de l'OPO (Signal, Deep UV ou Idler) ainsi que la longueur d'onde actuelle. L'utilisateur doit ensuite rentrer une longueur d'onde à atteindre, le programme vérifie alors que celle-ci est autorisée pour le mode en cours. Le déplacement se fait à différentes vitesses de variations de longueur d'onde en fonction de la différence avec la longueur d'onde actuelle. Une fois la longueur d'onde cible atteinte, l'alignement commence selon la procédure expliquée plus haut : partie 3.1.3.

Cette première version du programme a permis de prendre en main les différents appareils et de tester l'efficacité de cette procédure d'alignement.

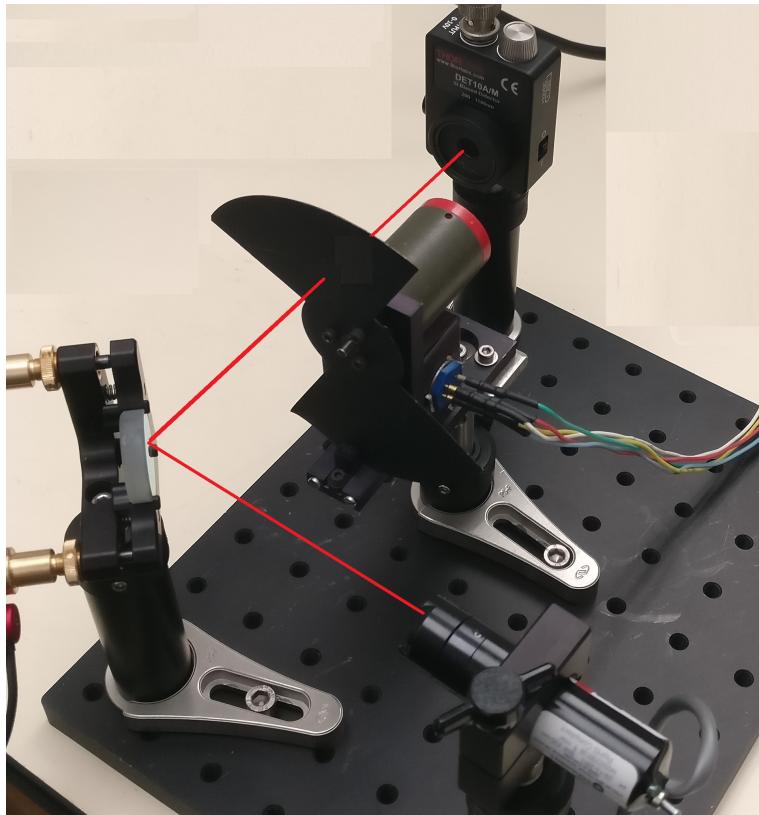


FIGURE 3.3 – Photo du banc de test composé du laser classe 3a, du miroir muni des actionneurs PIAK10, du chopper optique et de la photodiode DET10A

## 3.2 Amélioration du programme LabVIEW d'un point de vue programmation et ajout de fonctionnalités

Suite à ce premier programme et après quelques échanges avec Odile Cœur-Joly, il a été décidé de recommencer entièrement le programme en utilisant de nouvelles structures et en apportant quelques améliorations.

### 3.2.1 Utilisation de techniques LabVIEW avancées : clusters, structures événements, machines à états, fichier d'initialisation, variables globales

Dorénavant, toutes les données constantes du programmes sont enregistrées dans un VI de variables globales, les données changeantes sont elles regroupées sous forme de cluster en fonction de leurs utilités : notamment un pour les données de l'OPO, un pour le contrôleur KIM, un pour les indicateurs, un pour les contrôles. L'image 3.4 montre l'utilisation d'un cluster dans LabVIEW. Cette méthode permet de soulagier l'interface coté programmeur en réduisant le nombre de connexions à l'écran améliorant ainsi la lisibilité du code.

La structure évènement est toujours utilisée, mais uniquement pour répondre à une action de l'utilisateur. Il y a donc un évènement par bouton cliquable en face avant. L'annexe N montre le code associé à l'action utilisateur du bouton "AUTO OPO-KIM".

Une structure type machine à états a été utilisée pour coder la procédure d'alignement notamment. Cette structure fonctionne comme une structure séquentielle mais permet de passer à n'importe quel état existant à tout moment. Son fonctionnement n'est donc pas linéaire.

Un fichier d'initialisation (.INI) a été utilisé pour enregistrer des informations changeantes qui doivent être réutilisées d'une exécution du programme à l'autre, mais également pour retenir une valeur seuil constante durant l'exécution du programme que l'utilisateur peut venir modifier d'une utilisation à l'autre.

Finalement pour faciliter la lecture du code et donc d'éventuelles modifications et évolutions, celui-ci a été divisé en plusieurs sous-VI. La version finale du code contrôlant l'OPO, l'alignement et la mesure de puissance, est composée de 45 sous-VI.

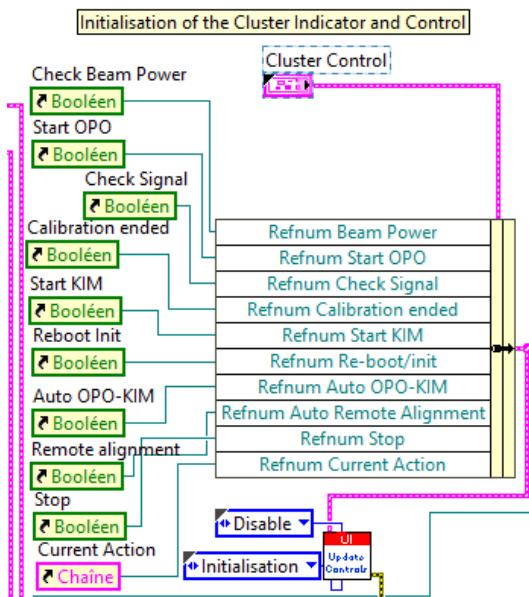


FIGURE 3.4 – Exemple d'utilisation des clusters sous LabVIEW

### 3.2.2 Ajout de fonctionnalités et gestions des erreurs

Le code a également subi quelques améliorations. Au niveau des contrôles l'utilisateur peut maintenant :

- modifier uniquement la longueur d'onde par contrôle de l'OPO ;
- effectuer uniquement une mesure de tension par la photodiode et en fonction de celle-ci enregistrer les positions actuelles comme nouvelles positions de maximum après un alignement manuel ;

- effectuer uniquement l'alignement du laser par contrôle de KIM ;
- relancer la procédure de test des connexions aux divers appareils ;
- lancer une procédure automatique de modification de la longueur d'onde puis d'alignement du laser ;
- attendre un ordre de l'ordinateur de contrôle central pour lancer cette même procédure automatique et lui transmettre les diverses informations en fin de procédure (ce cas est en cours de test et sera opérationnel à la fin de la dernière semaine du stage) ;
- lire un message indiquant l'action en cours du programme. Lors d'une action les boutons sont désactivés à l'utilisateur ;
- fermer le programme.

Une gestion complète des erreurs a également été développée. L'objectif est ici que le programme soit constamment fonctionnel. S'il y a une erreur, celle-ci est transmise uniquement à l'intérieur des sous-VI de la procédure en cours qui vont alors n'effectuer aucune action, mais ouvrir un pop-up à l'utilisateur pour lui signaler l'erreur. Celle-ci est ensuite "nettoyée" avant de redonner la main à l'utilisateur dans le programme principal. Une erreur spécifique est générée dans chacune des procédures, ainsi l'utilisateur sait exactement où elle s'est produite et quelle en est la cause. Par exemple, pour la procédure d'initialisation des connexions, qui consiste à vérifier que tous les appareils sont bien connectés, un pop-up différent sera affiché à l'utilisateur en fonction des appareils non connectés (cf. figure 3.5 dans le cas où tous les appareils sont déconnectés).

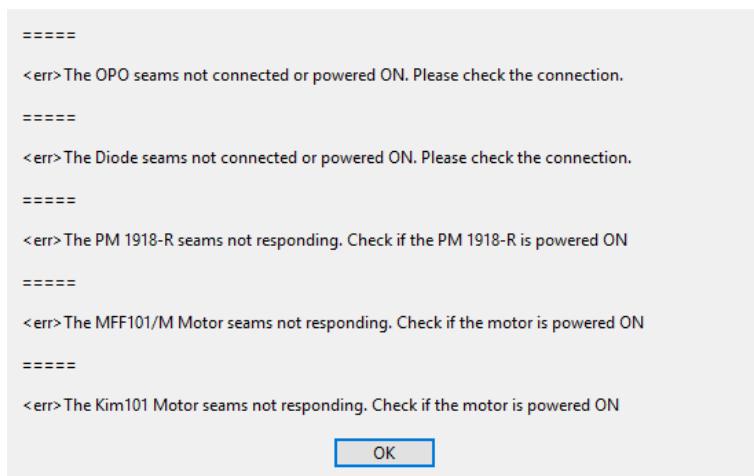


FIGURE 3.5 – Exemple d'un message d'erreur à l'initialisation : tous les appareils déconnectés

### **3.3 Implémentation de la solution sur le setup Pirenea**

#### **3.3.1 Implémentation de la solution hardware au setup Pirenea**

A ce stade du développement de la solution, il a été décidé de vérifier son efficacité sur le setup Pirenea. L'installation de tout les équipements a été réalisée avec la présence et l'aide de Anthony Bonnamy. La vérification du correct alignement optique des miroirs, filtres, prismes, iris et photodiode a été réalisée par Anthony sous mon observation. Manipuler des lasers de classe 4 demande une grande précaution et le port de lunette de sécurité pour éviter tout accident.

#### **3.3.2 Etude du comportement de la solution sur le setup Pirenea**

Lors des premiers tests, la solution n'a pas fonctionné à cause d'une trop grande variation de l'intensité du faisceau laser en fonction du temps (variation qui n'existe pas sur le banc de test avec le laser classe 3a). Plusieurs séries de tests ont alors été réalisées avec un réglage de l'OPO en mode Signal puis Deep UV. Le mode Idler n'a pas été testé car il n'est presque jamais utilisé sur le setup Pirenea et demande la mise en place d'une atmosphère sous-vide. Pour faciliter les tests, le programme a été modifié pour pouvoir enregistrer la longueur d'onde, le mode, la position de l'actionneur X, celle de l'actionneur Y et la tension mesurée par la photodiode à chaque mesure de la photodiode.

Des courbes donnant l'intensité mesurée en fonction de la position des actionneurs ont pu être réalisées pour différents paramètres : longueurs d'onde, pas de déplacements des actionneurs, tension de commande, nombre de mesures par points.

Finalement en ajustant le pas de départ, le pas d'arrivé et le nombre de mesure à moyenner pour chaque point testé, la solution a pu fonctionner comme prévu. Le pas final est de 128 ce qui représente à trois mètres du miroir inclinable une distance de 0.2 mm. Sur un faisceau de 4 mm cela équivaut à une erreur de 5% ce qui est acceptable et représente une nette amélioration par rapport à un alignement manuel.

#### **3.3.3 Ajustement de la méthode d'alignement et ajout de la fonction de mesure de puissance**

Pour améliorer et terminer ce programme LabVIEW trois modifications ont été faites. Tout d'abord, dans la procédure d'alignement. Comme illustré par la figure 3.6, notamment avec la courbe bleu à gauche, on voit qu'un maximum local peut être mesuré à cause d'une variation intempestive de l'intensité du faisceau laser ce qui engendrerait une erreur d'alignement. En effet, le laser s'alignerait à cette position au lieu de celle du maximum. Pour régler ce problème le cas UP-DW qui permet de trouver la position maximum a été amélioré par la prise en compte d'un quatrième point afin d'éviter toute erreur de ce type. Ce cas traite maintenant deux sous-cas,

le cas UP-DW-UP qui génère une annulation des derniers mouvement et relance une mesure trois points et le cas UP-DW-DW qui se comporte comme le précédent cas UP-DW (revoir la partie 3.1.3).

Une recherche de signal en déplacement continu selon l'axe X a également été ajouté en tout début de procédure pour réduire les temps de recherche. Une fois le signal détecté la procédure habituelle est exécutée. Si aucun signal est détecté durant la recherche en déplacement continu, la procédure s'arrête immédiatement et l'utilisateur est informé de l'erreur d'alignement. L'algorigramme final de la procédure d'alignement est disponible en annexe M.

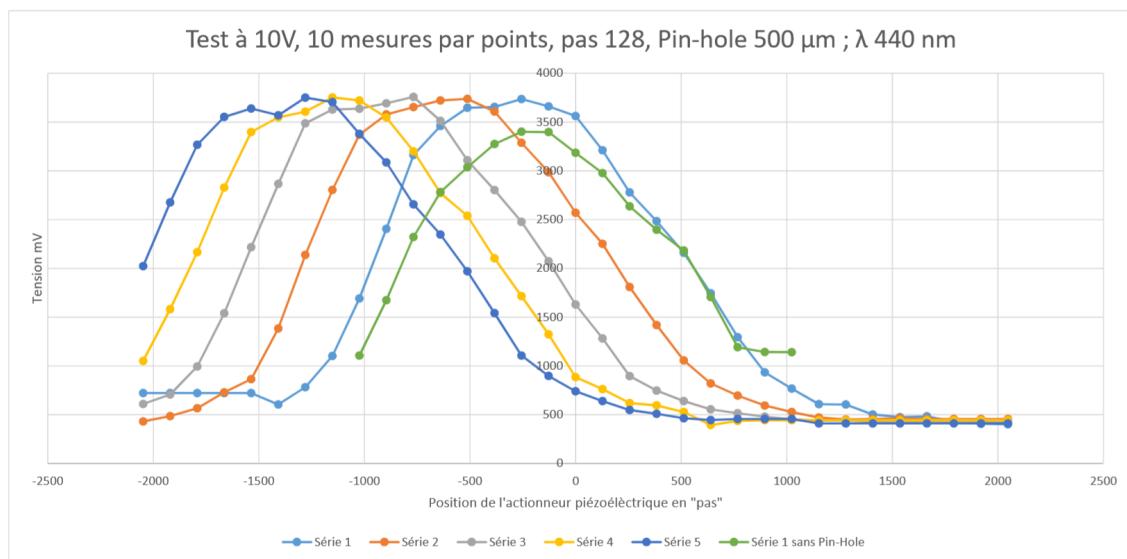


FIGURE 3.6 – Exemple de courbes réalisées au cours des tests présentant l'intensité mesuré en fonction de la position de l'actionneur piézoélectrique PIAK10 de l'axe X

Ensuite, les mesures de tension via l'oscilloscope ont également été améliorées : le voltage/section et le trigger sont automatiquement ajustés en fonction de la tension mesurée.

Finalement, la mesure de puissance a été implémentée permettant à l'utilisateur de récupérer l'énergie moyenne du faisceau laser, sa déviation standard et la RMS. A l'activation, cette procédure place le détecteur d'énergie 818E-05-25-S sur le chemin optique du laser via le support motorisé MFF101R, lance une mesure statistique de l'énergie via le puissance mètre 1918-R, retire le détecteur du chemin optique et renvoie les données en face avant du programme.

Une fonctionnalité supplémentaire a été ajoutée pour permettre de faire automatiquement cette mesure de puissance pour différentes longueurs d'ondes. L'utilisateur en utilisant le bouton "AUTO OPO-PM" pourra choisir une longueur d'onde de départ, d'arrivé ainsi qu'un pas. L'ensemble des mesures est enregistré dans un fichier texte.

### **3.3.4 Tests terminaux pour éprouver et optimiser le code**

Une fois l'ensemble des fonctionnalités du programme développées, il a été possible de procéder aux tests finaux visant à supprimer les derniers bugs et à optimiser la vitesse d'alignement du faisceau laser. Le programme a pu être testé entièrement en mode Deep UV et en mode Signal. Il a également été testé dans le cas où un, plusieurs voir tous les appareils sont déconnectés à l'allumage du programme mais également au cours de l'exécution des différentes procédures. Les communications entre les appareils et le programme LabVIEW ont été optimisés (notamment au niveau des timers entre les différents ordres et réponses). Finalement plusieurs variantes de la procédure d'alignement du faisceau laser ont également été testées pour obtenir l'alignement le plus rapide possible. Dans l'état actuel, l'alignement prend en moyenne 2 minutes contre un peu plus de 3 minutes au départ.

Pour la fin du stage, le code de gestion de la longueur d'onde, de la mesure de puissance et de l'alignement a pu être pleinement éprouvé et est entièrement fonctionnel.

### **3.3.5 Communication entre l'ordinateur hôte du programme LabVIEW et de l'ordinateur de contrôle central**

Cette fonctionnalité, de gestion de la communication entre l'ordinateur hôte du programme LabVIEW et de l'ordinateur de contrôle central, a été développée mais n'a pas encore pu être entièrement testée. Les tests sont réalisés avec Odile Cœur-Joly, en charge du programme principale de l'ordinateur de contrôle central. La fonctionnalité sera opérationnelle avant la fin de la dernière semaine de ce stage. Cette communication repose sur un système de création/suppression de fichiers, sur le réseau intranet, contenant les informations à communiquer de l'ordinateur hôte du programme LabVIEW vers l'ordinateur de contrôle central et vice-versa.

## **3.4 Récapitulatif des avancées du projet**

Dans l'état actuel du projet, les objectifs initialement fixés ont été atteints (cf. partie 1.4). Le code LabVIEW de l'ordinateur hôte a été produit et est parfaitement fonctionnel (cf. figure 3.7). Il permet : le contrôle de l'OPO, la réalisation de la procédure d'alignement automatique du faisceau laser et la mesure statistique de puissance de ce même faisceau. Il permet également d'enchaîner un changement de longueur d'onde avec une procédure d'alignement mais aussi d'effectuer une mesure statistique de puissance pour plusieurs longueurs d'onde à la suite. Les données générées sont enregistrées et accessibles par un fichier texte.

La communication du programme avec l'ordinateur de contrôle central a été implémentée mais est encore en phase de test. La fonctionnalité sera opérationnel à la fin de la dernière semaine de ce stage.

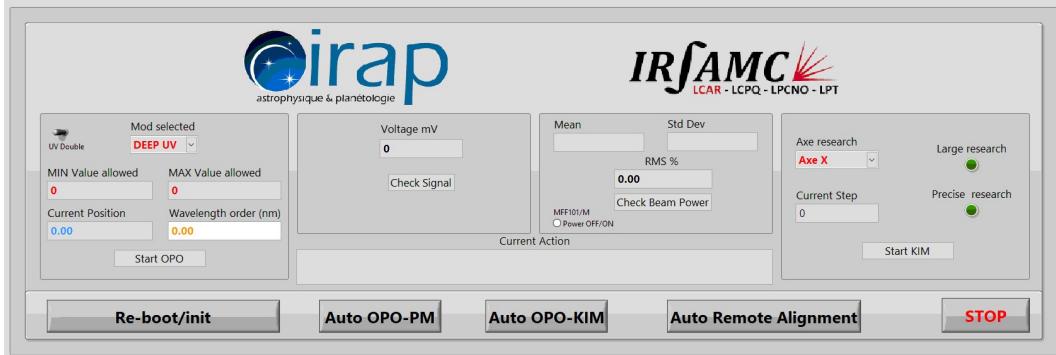


FIGURE 3.7 – Face avant de la dernière version du programme LabVIEW, de contrôle, de mesure et d’alignement du faisceau laser, de l’ordinateur hôte

### 3.5 Livrable fournis à l’équipe Pirenea

Au cours du stage plusieurs livrables ont été produit et remis à l’équipe Pirenea. Ces livrables sont les suivants :

- le programme LabVIEW gérant le contrôle de l’OPO, l’alignement du laser et la mesure statistique de puissance ;
- la documentation complète du programme LabVIEW fourni ;
- le document regroupant les tests intermédiaires effectués sur le setup Pirena ;
- un manuel utilisateur du programme LabVIEW gérant le contrôle de l’OPO, l’alignement du laser et la mesure statistique de puissance. Ce manuel détaille les réglages préalables (appareils à allumer, alignement du laser du bras du setup Pirena et du bras de la photodiode) ainsi que les diverses fonctionnalités du programme.
- un algorigramme détaillant le fonctionnement de la procédure d’alignement automatique.
- la table des tests finaux du programme LabVIEW.

### 3.6 Axes d’amélioration de la solution développée

La solution développé au cours de ce stage est entièrement fonctionnelle et opérationnelle. Cependant, pour optimiser le temps de recherche de maximum et donc réduire encore plus la durée d’alignement du faisceau laser, certains points pourraient être améliorés.

Les actionneurs piézoélectrique PIAK10 bien que précis, possèdent une hystérisis importante sur l’ensemble de leurs mouvements. Cela peut être à l’origine d’une perte de précision dans l’alignement et empêche d’utiliser certaines méthodes d’alignement qui nécessiterai de revenir à une position précise du pas de l’actionneur. Il pourrait

donc être intéressant de se procurer des actionneurs ne possédant pas d'hystérisis tout en conservant une bonne précision.

Le faisceau laser, à certaines longueurs d'onde possède une dispersion assez importante à 3 m de l'OPO. La tâche du faisceau peut atteindre 4 mm de hauteur pour 10 mm de largeur dans certains cas. De ce fait la précision de l'alignement en largeur est limitée car la tension mesurée par la photodiode DET10A est identique pour un déplacement de 5 mm du faisceau sur sa largeur. Utiliser une photodiode possédant 4 cadans séparés permettrait de caractériser la tâche du faisceau et améliorerait la précision de l'alignement.

Finalement utiliser une carte d'acquisition qui serait capable de remplacer l'oscilloscope TDS3052S pour acquérir l'amplitude du signal mesuré par la photodiode, permettrait de s'affranchir des problèmes liés au calibre de l'oscilloscope (Voltage/-Section) et du trigger. Actuellement le calibre et le trigger sont modifiés dans la procédure automatique d'alignement en fonction de la tension mesurée, mais cela demande des ressources en communication et donc en temps ce qui augmente encore la durée de la procédure d'alignement.

Procéder à ces modifications permettrait donc, d'augmenter la précision de l'alignement du faisceau laser et surtout de réduire la durée de la procédure d'alignement qui est en moyenne de 2 minutes dans la configuration actuelle.

## 4 Organisation du stage

### 4.1 Travail et communication avec l'équipe Pirenea

J'ai réalisé la majorité de mon travail au sous-sol de l'IRAP dans la salle de contrôle du setup Pirenea. Cela m'as permis d'avoir continuellement accès aux appareils utilisés dans la solution développée et contrôlés par LabVIEW. Les tests directement réalisés sur le setup Pirenea n'ont eu lieu qu'en présence de Anthony Bonnamy et sous sa surveillance. Toutes les notes et observations réalisées au cours du stage ont été consignées dans un cahier personnel. Un document excel mis à jour quotidiennement m'a permis de suivre l'avancement de mon travail, les problèmes relevés et le travail restant à effectuer.

La communication avec l'équipe Pirena, notamment avec Anthony Bonnamy, Odile Cœur-Joly et mon tuteur Hassan Sabbah s'est faite continuellement au cours du stage sous la forme de conseils, de rapports d'avancée du travail (parfois via des démonstrations de fonctionnement du code), de conversation téléphonique et également au travers de conversations informelles lors des repas au self de l'IRAP/OMP.

### 4.2 Difficultés rencontrées au cours du stage

Je n'ai rencontré que deux difficultés aux cours de ce stage. La première, au début du stage pour appréhender le setup Pirena et la solution à développer. Les nombreux appareils utilisés ainsi que leurs différences de fonctionnements m'ont rendu la tâche difficile les premiers jours. La seconde a été la densité du code à réaliser. Cette difficulté a pu être contrôlée avec l'utilisation des diverses techniques de programmation avancées en LabVIEW que j'ai pu acquérir au cours du stage grâce aux explications de Odile Cœur-Joly.

Communiquer avec l'entreprise THORLABS ou NEWPORT n'a jamais posé de problème grâce à leurs réponses claires et rapides.

### 4.3 Diagramme de Gantt

Mis à part la réalisation des objectifs pour la fin du stage, celui-ci n'as été soumis à aucun impératif intermédiaire. L'avancement dans le travail a donc été assez libre bien que parfois tributaire de la disponibilité de certain membres de l'équipe. Le travail a été réalisé selon les tâches suivantes :

Tâche	Date de début	Date de fin
Début du stage, rencontre de l'équipe et du setup Pirenea	02/07/18	02/07/18
Documentation, test des connexions des appareils (VISA, ActiveX, .NET)	03/07/18	06/07/18
Programme 1.0, gestion OPO et KIM, premier test de l'alignement	09/07/18	07/17/18
Programme 2.0, utilisations des techniques avancées et ajout de fonctionnalités	18/07/18	25/07/18
Test du programme 2.0 sur Pirenea, récupération et traitement de données	26/07/18	22/08/18
Amélioration du programme 2.0 niveau alignement et ajout de la mesure de puissance	23/08/18	28/08/18
Rédaction de la documentation du code et écriture du rapport	28/08/18	24/09/18
Réalisation du programme de gestion de l'intensité	03/09/18	05/09/18
Amélioration et optimisation du programme 2.0	05/09/18	14/09/18
Mise en place des communications entre les programmes et ordinateurs	17/09/18	21/09/18
Tests finaux sur le programme 2.0 et gestion d'intensité	17/09/18	28/09/18
Remise du rapport papier à l'INSA	24/09/18	24/09/18
Fin de la documentation et préparation de la soutenance du stage	25/09/18	28/09/18
Fin du stage et soutenance à l'INSA	01/10/18	01/10/18

Un diagramme de Gantt reprenant ces tâches est disponible en annexe [O](#).

# Conclusion

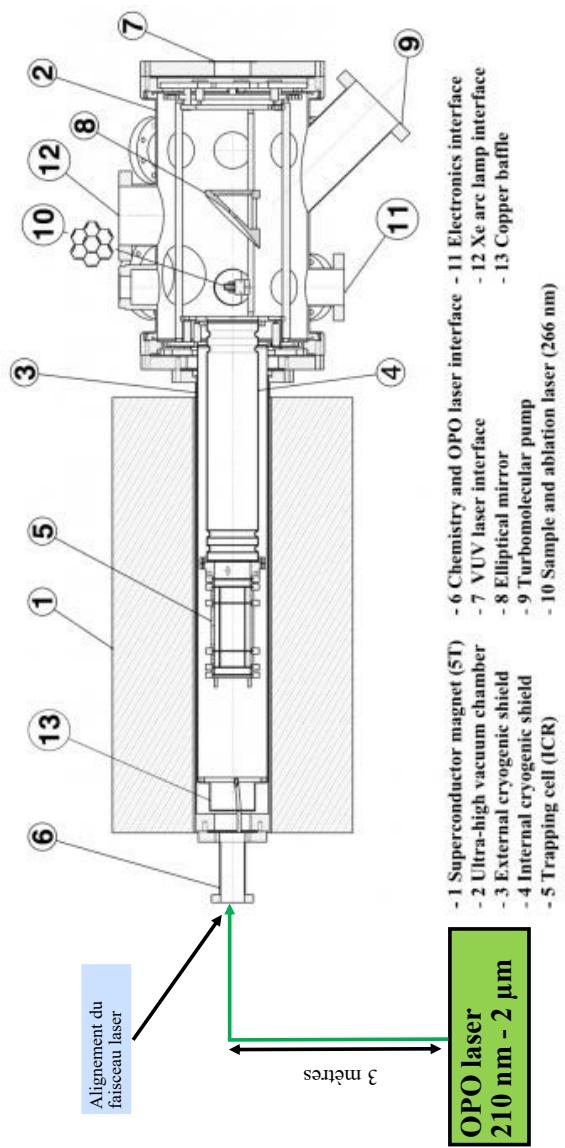
Ce stage, au travers d'une programmation sous LabVIEW a permis de développer et d'implémenter une solution au setup Pirena pour répondre aux besoins des expérimentateurs. Cette solution à été entièrement réalisée, le programme de contrôle de l'OPO, d'alignement du laser et de mesure statistique de puissance fonctionne correctement mais ne communique pas encore avec l'ordinateur de contrôle central. Cette fonctionnalité a été développée et implémentée mais des tests restent encore à être réalisés. Des pistes d'améliorations de la solution d'alignement développée ont également été proposées et seront peut-être l'objet d'un nouveau stage.

D'un point de vue personnel, ce stage m'as permis de réaliser un premier travail type ingénieur en autonomie. J'ai pu me confronter à des problèmes concrets comme la gestion des communications entre différents appareils et acquérir de nouvelles compétences en LabVIEW au travers de l'apprentissage de technique de programmation avancée. Finalement, ce stage m'a conforté dans mon projet professionnel : travailler dans le domaine de l'instrumentation ou des objets connectés.

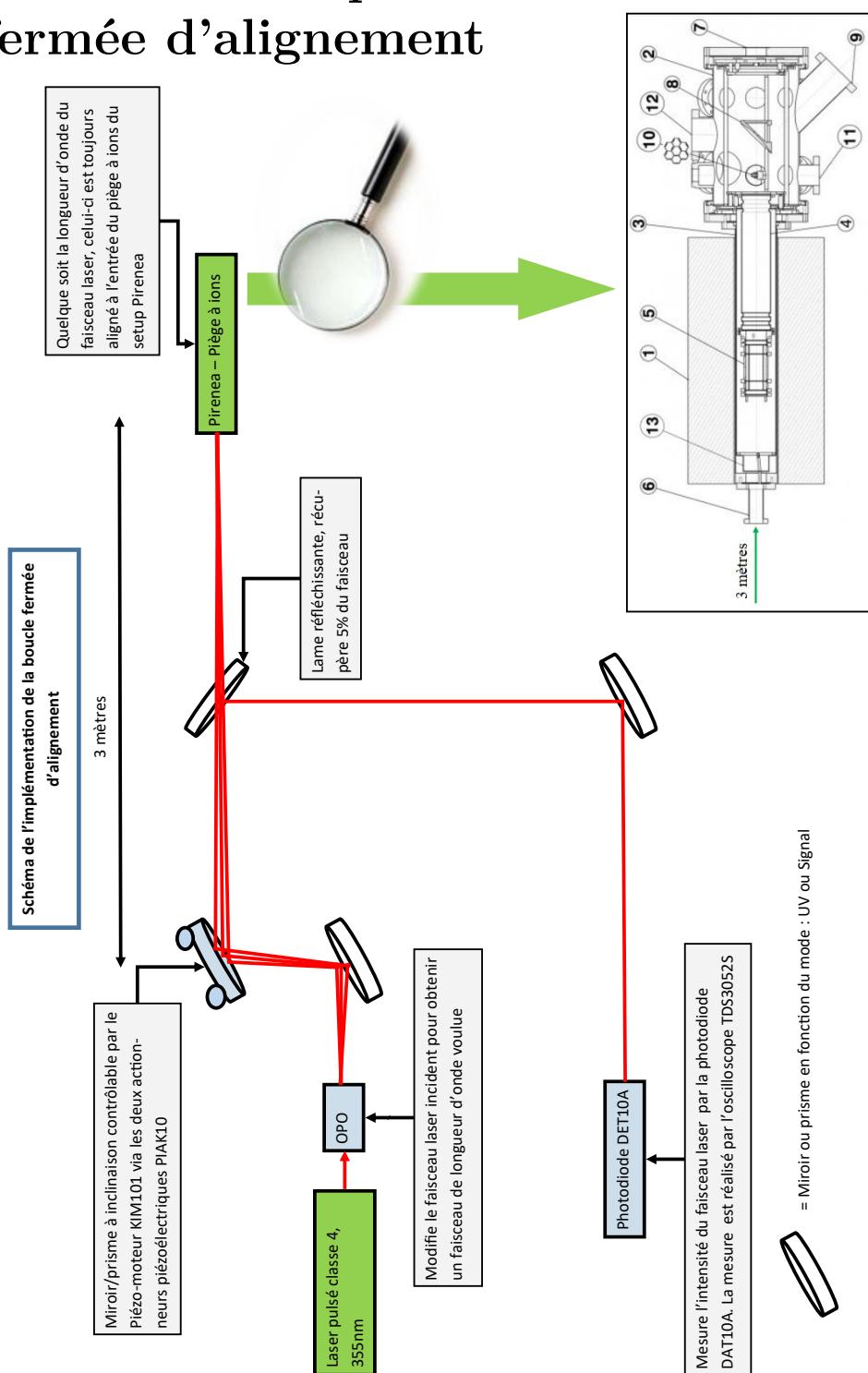
# Table des annexes

A Schéma de principe du setup Pirenea	I
B Schéma de l'implémentation de la boucle fermée d'alignement	II
C Datasheet Tunable OPO	III
D Datasheet KIM101	V
E Datasheet PIAK10	VI
F Datasheet TDS3052S	VII
G Datasheet DET10A	XI
H Datasheet MFF101R	XII
I Datasheet PM1918R	XIII
J Datasheet KDC101	XVI
K Datasheet PRMTZ8M	XVIII
L Schéma des connexions HARDWARE de la solution	XIX
M Algorigramme de la procédure d'alignement automatique	XX
N Illustration de l'utilisation de la structure évènement	XXI
O Diagramme de GANTT du stage	XXII

# A Schéma de principe du setup Pirenea



## B Schéma de l'implémentation de la boucle fermée d'alignement



# C Datasheet Tunable OPO

## Continuum<sup>®</sup>

An Excel Technology Company

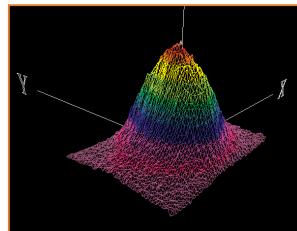
### Panther<sup>®</sup> EX OPO & Panther<sup>®</sup> EX PLUS OPO

The new generation of OPOs

## TUNABLE OPO



Panther<sup>®</sup> EX PLUS OPO  
shown pumped by the Powerlite™ 9010



Panther<sup>®</sup> EX PLUS OPO  
output beam characteristics

#### FEATURES & BENEFITS

*Excellent beam quality and low divergence in both axes*

*Signal energies to > 100 mJ per pulse*

*Linewidths down to < 1.5 cm<sup>-1</sup>*

*Tunability from 205 nm to 2550 nm*

*Pump with any Surelite™ or Powerlite™ pulsed Nd: YAG laser*

*Integrated frequency doubler*

*Hermetically sealed and temperature stabilized crystal housings*

**The Panther<sup>®</sup> EX and Panther<sup>®</sup> EX Plus**, yet another generation of industry leading OPO's.

PANTHER <sup>®</sup> EX & PANTHER <sup>®</sup> EX PLUS SPECIFICATIONS										
	355 nm Laser Output (mJ)	Panther Pump Energy (mJ)	Energy at Peak in Signal unseeded (mJ)	linewidth (cm <sup>-1</sup> )	seeded (mJ)	Energy at Peak in Doubled Signal unseeded (mJ)	linewidth (cm <sup>-1</sup> )	seeded (mJ)	linewidth (cm <sup>-1</sup> )	seeded (mJ)
<b>Panther<sup>®</sup> EX (pumped with 200 mJ or less)</b>										
SL I-10	100	100	12	< 6	N/A	N/A	1.5	< 5	N/A	N/A
SL I-20	100	100	12	< 6	N/A	N/A	1.5	< 5	N/A	N/A
SL II-10	160	160	24	< 6	N/A	N/A	2.5	< 5	N/A	N/A
PL 8030	150	130	20	< 5	25	< 2.5	2.5	< 5	3.5	< 4

Panther <sup>®</sup> EX PLUS (pumped with more than 200 mJ)										
	225	225	35	< 6	N/A	N/A	3.5	< 5	N/A	N/A
SL III-10	225	225	35	< 6	N/A	N/A	3.5	< 5	N/A	N/A
PL 8000	310	250	40	< 5	50	< 2.5	5	< 5	7.5	< 4
PL 9010	550	450	70	< 5	85	< 2.5	7	< 5	10	< 4
PL 9020	475	380	60	< 5	75	< 2.5	6	< 5	9	< 4
PL 9030	400	320	40	< 5	48	< 2.5	5	< 5	7.5	< 4

#### NOTES

All signal specifications at 450 nm and all doubled signal specifications at 240 nm, unless otherwise noted.

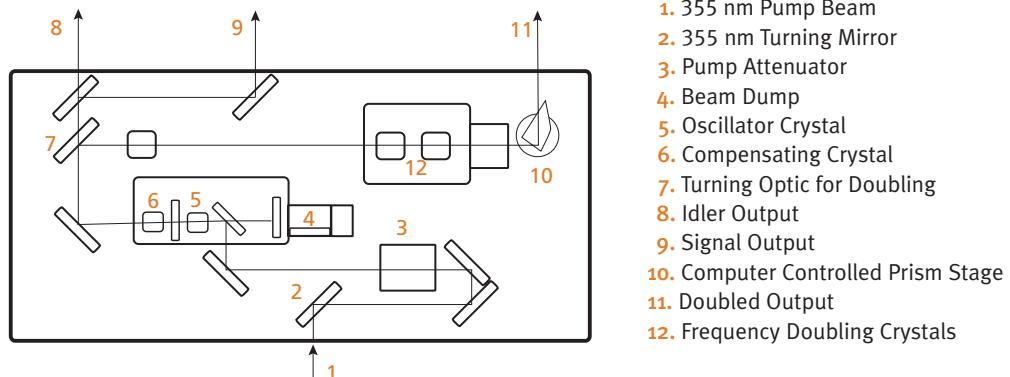
As a part of our continuous improvement program, all specifications are subject to change without notice.

## PANTHER® EX OPO & PANTHER® EX PLUS OPO SPECIFICATIONS

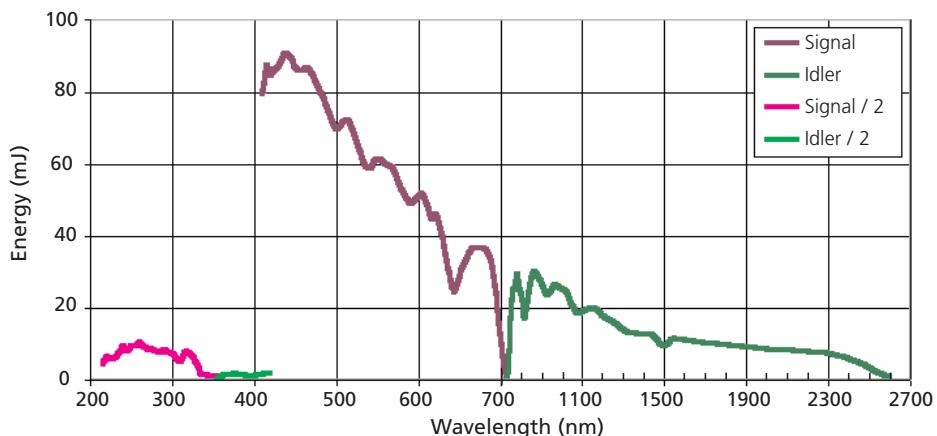
DESCRIPTION	SL I,II,III	PL 8000	PL 9000
Pulsewidth (nsec)	3-5	3-7	3-7
Pointing Stability ( $\mu$ rad)	$<\pm 150$	$<\pm 100$	$<\pm 100$
Energy stability (%), 99% of shots)	$<\pm 10\%$ @ 10 & 20 Hz	$<\pm 10\%$ @ 10 & 20 Hz	$<\pm 15\%$ @ 30 Hz
Divergence (mrad, FWHM)		< 2 mrad (both axes)	
Beam Diameter (mm, near field)		4-7	
Beam Ellipticity (near field)		< 20 %	
Polarization			
Signal Vertical %		> 99	
Idler Horizontal %		> 99	

**Continuum®**  
An Excel Technology Company

## PANTHER® EX OPO OPTICAL LAYOUT

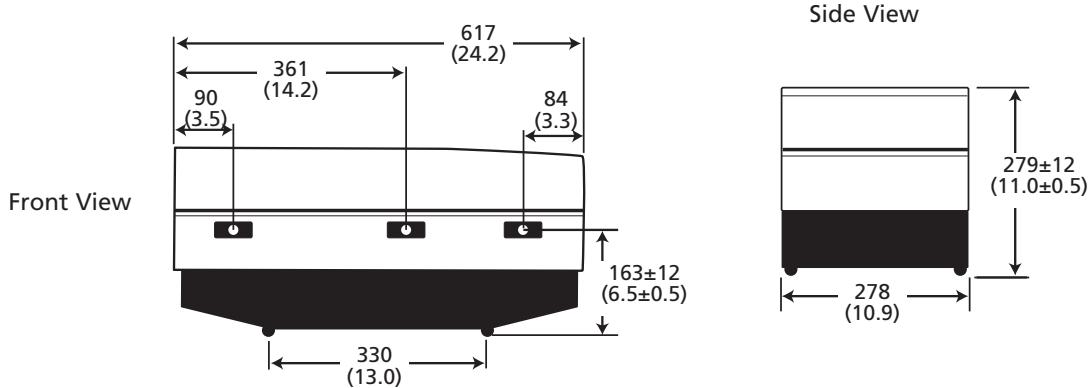


## PANTHER® EX PLUS PERFORMANCE WITH SEEDED PL 9010 PUMP



## PANTHER® EX OPO PHYSICAL LAYOUT

All dimensions in mm (inches)



# D Datasheet KIM101<sup>1</sup>

*Appendix C Specifications and Associated Parts*

## Appendix C Specifications and Associated Parts

### C.1 Specifications

Parameter	Value
<b>Piezoelectric Output (SMC)</b>	
Voltage Output	85 to 125 V DC/channel
<b>External Input (SMA CHA, CHB)</b>	
Input Type	Single Ended, Analog
Input Voltage	0 to 10 V ±2% 0 V gives nominally 2kHz pulses backwards 10 V gives nominally 2 kHz pulses forwards 5 V gives zero movement
Output Configuration	Individual Channels: Ch 1, Ch2, Ch3, Ch4 Paired Channels: Ch 1 and 2, Ch 3 and 4
Output Pulses	Frequency: 1 Hz to 2 kHz Voltage: Peak 85 to 125 V Adjustable
Operating Display	128 x 128 TFT LCD Color
I/O 1 and I/O 2 Connectors	TTL Input, TTL Output, 5V Level
Joystick	2-axis, Spring-loaded, Center return Velocity Control of Selected Axis Menu Control in Setup Mode
User I/O Connector	15 Pin DIN 5 V @ 150 mA User Supply with 0 V Return Qty 8 Limit Switch Inputs - Multiplexed
USB Connector	The USB 3.0 (left hand side of the connector is compatible with a USB 2.0 Micro B) Communication speed USB 1.1
<b>Input Power Requirements</b>	
Voltage	15 VDC
Current	2 A
<b>General Data</b>	
Housing Dimensions Excluding Baseplate (W x D x H)	121 x 60 x 47 mm (4.8 x 2.4 x 1.8 in.)
Weight:	390 g

1. Extrait du manuel de KIM101 : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_id=9790&pn=KIM101#9791](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_id=9790&pn=KIM101#9791), consulté le 28/08/2018

# E Datasheet PIAK10<sup>1</sup>

---

## Chapter 5 Specification

Parameter	PIA13	PIA25	PIA50	PIAK10 <sup>a</sup>
Travel Range	13 mm (0.51")	25 mm (0.98")	50 mm (1.97")	10 mm (0.39")
Typical Step Size <sup>b</sup>		20 nm		
Maximum Step Size <sup>c</sup>		<30 nm		
Step Size Adjustability <sup>d</sup>		Up to 30%		
Maximum Step Frequency		2000 Hz		
Velocity (Cont. Stepping)		2 mm/min (Typ), <3.5 mm/min (Max)		
Max Active Preload <sup>e</sup>		25 N	30 N	
Typical Angular Resolution <sup>f</sup>		N/A	1" Mounts: 0.5µrad 2" Mounts: 0.3 µrad	
Recommended Max Active Load Capacity <sup>g</sup>		2.5 Kg		
Mounting	9.5 mm (3/8") Barrel and 3/8-40 Thread		9.5 mm (3/8") Barrel and 1/4-80 Thread	
Drive Screw	1/4-80 Thread, Hard PVD Coated			
Actuator Tip	Tungsten Carbide Ball			
Lifetime	>1 Billion Steps			
Connector Type	SMC Female			
Cable Length	1 m (3.3 ft) Cable Wrap Included			
Cable Exit Adjustability	±55 Deg for Left- or Right-hand Exit			
Piezo Capacitance	175 nF			
Max Operating Voltage	130 V			
Operating Temperature	10 to 40 °C			
Dimensions	59.5 x 31.5 x 17.0 mm (2.34" x 1.24" x 0.67")	71.4 x 31.5 x 17.0 mm (2.81" x 1.24" x 0.67")	96.6 x 31.5 x 17.0 mm (3.80" x 1.24" x 0.67")	72.9 x 31.5 x 17.0 mm (2.87" x 1.24" x 0.67")
Weight (inc. Cable)	55 g (1.94 oz)	60 g (2.12 oz)	65 g (2.29 oz)	55 g (1.94 oz)

Notes.

<sup>a</sup> Kinematic mount version for mirror mounts

<sup>b</sup> Can vary over 20% due to component variance, change of direction and application condition

<sup>c</sup> Adjusted by changing the piezo drive voltage - see the KIM101 controller handbook for more details.

<sup>d</sup> Adjusted by changing the piezo drive voltage - see the KIM101 controller handbook for more details.

<sup>e</sup> Axial force applied onto drive screw tip (ball). A minimum of 5N active preload is recommended to enhance stepping behaviour

<sup>f</sup> Typical angular resolution when fitted to 1" or 2" mirror mounts with max active preload of 30N. Not applicable to PIA13, PIA25 and PIA50 actuators.

<sup>g</sup> A higher horizontal load is possible but this may adversely affect the typical step size.

1. Extrait du manuel de PIAK10 : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_ID=9776](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_ID=9776), consulté le 28/08/2018

# F Datasheet TDS3052S<sup>1</sup>

## Datasheet

### Work where you need to

The TDS3000C Series packs the power of a DPO in a compact design that is only 5.9 in. (149 mm) deep, freeing up valuable benchtop space. And when you need to move your oscilloscope to another lab, its portable 7 lb. (3.2 kg) design makes for easy transport.

If your work demands even more mobility, then the optional battery pack will give you up to three hours of operation without line power.



TDS3BATC provides you with up to three hours of portable battery operation.

## Specifications

All specifications are guaranteed unless noted otherwise. All specifications apply to all models unless noted otherwise.

	TDS3012C	TDS3014C	TDS3032C	TDS3034C	TDS3052C	TDS3054C
Input channels	2	4	2	4	2	4
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	300 MHz	300 MHz	500 MHz	500 MHz
Rise time (typical)	3.5 ns	3.5 ns	1.2 ns	1.2 ns	0.7 ns	0.7 ns
Sample rate on each channel	1.25 GS/s	1.25 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
Record length	10 kpoints					

### Vertical system

Hardware bandwidth limits	TDS3012C	TDS3014C	TDS3032C	TDS3034C	TDS3052C	TDS3054C
	20 MHz	20 MHz	20 MHz, 150 MHz	20 MHz, 150 MHz	20 MHz, 150 MHz	20 MHz, 150 MHz
Input coupling	AC, DC, GND					
Input impedance	1 MΩ in parallel with 13 pF or 50 Ω					
Input sensitivity range						
1 MΩ	1 mV/div to 10 V/div					
50 Ω	1 mV/div to 1 V/div					
Vertical resolution	9 bits					
Maximum input voltage						
1 MΩ	150 V <sub>RMS</sub> with peaks at ≤400 V					
50 Ω	5 V <sub>RMS</sub> with peaks at ≤30 V					

<sup>4</sup> [www.tek.com](http://www.tek.com)

1. Extrait du manuel de TDS3052S : <https://www.tek.com/oscilloscope/tds3000>, consulté le 28/08/2018

**Vertical system**

DC gain accuracy	±2%
Position range	±5 div

**Horizontal system**

Seconds/division range	TDS3012C	TDS3014C	TDS3032C	TDS3034C	TDS3052C	TDS3054C
	4 ns to 10 s	4 ns to 10 s	2 ns to 10 s	2 ns to 10 s	1 ns to 10 s	1 ns to 10 s

Time base accuracy	±20 ppm over any 1 ms time interval
--------------------	-------------------------------------

**Trigger system**

Trigger modes	Auto (supports Roll Mode for 40 ms/div and slower), Normal, Single Sequence
B trigger	Trigger after time or events
Trigger after time range	13.2 ns to 50 s
Trigger after events range	1 to 9,999,999 events
Trigger types	
Edge	Conventional level-driven trigger. Positive or negative slope on any channel. Coupling selections: AC, DC, Noise Reject, HF Reject, LF Reject
Video	Trigger on all lines or individual lines, odd/even or all fields on NTSC, PAL, SECAM
Extended video	Trigger on specific lines in broadcast and non-broadcast (custom) standards and on analog HDTV formats (1080i, 1080p, 720p, 480p). Requires TDS3VID application module
Pulse width (or glitch)	Trigger on a pulse width <, >, =, ≠ to a selectable time limit ranging from 39.6 ns to 50 s
Runt	Trigger on a pulse that crosses one threshold but fails to cross a second threshold before crossing the first again
Rise/fall time	Trigger on pulse edge rates that are either faster or slower than a set rate. Edges can be rising, falling, or either
Pattern	Specifies AND, OR, NAND, NOR when true or false for a specific time
State	Any logic state. Triggerable on rising or falling edge of a clock. Logic triggers can be used on combinations of 2 inputs (not 4)
Comm	Provides isolated pulse triggering required to perform DS1/DS3 telecommunications mask testing per ANSI T1.102 standard. Requires TDS3TMT application module
Alternate	Sequentially uses each active channel as a trigger source

**Acquisition system**

DPO	Captures and displays complex waveforms, random events and subtle patterns in actual signal behavior. DPOs provide 3 dimensions of signal information in real time: Amplitude, time, and the distribution of amplitude over time
Sample	Sample data only
Average	Waveform averaged, selectable from 2 to 512
Envelope	Min-max values acquired over one or more acquisitions
Peak detect	High-frequency and random glitch capture. Captures glitches as narrow as 1 ns (typical) using acquisition hardware at all time base settings

## Datasheet

### Acquisition system

WaveAlert®	Monitors the incoming signals on all channels and alerts the user to any waveform that deviates from the normal waveform being acquired
Single sequence	Use the Single Sequence button to capture a single triggered acquisition sequence at a time

### Waveform measurements

Cursors	Amplitude, time
Automatic measurements	Display any four measurements from any combination of waveforms. Or display all measurements with measurement snapshot feature. Measurements include Period, Frequency, +Width, -Width, Rise time, Fall time, +Duty cycle, -Duty cycle, +Overshoot, High, Low, Max, Min, Peak-to-peak, Amplitude, Mean, Cycle mean, RMS, Cycle RMS, Burst width, Delay, Phase, Area <sup>1</sup> , Cycle Area <sup>1</sup>
Measurement statistics	Mean, Min, Max, Standard deviation. Requires TDS3AAM application module
Thresholds	User-definable thresholds for automatic measurements; settable in percent or voltage
Gating	Isolate a specific occurrence within an acquisition to take measurements, using either the screen or cursors

### Waveform math

Arithmetic	Add, subtract, multiply, and divide waveforms
FFT	Spectral magnitude. Set FFT vertical scale to Linear RMS or dBV RMS, and FFT window to Rectangular, Hamming, Hanning, or Blackman-Harris
Advanced math	Integrate, differentiate, define extensive algebraic expressions including analog waveforms, math functions, scalars, up to two user-adjustable variables and results of parametric measurements. For example: (Intg (Ch1-Mean(Ch1)) × 1.414 × VAR1) <sup>2</sup>

### Waveform processing

Autoset	Single-button, automatic setup of all channels for vertical, horizontal and trigger systems, with undo autoset
Deskew	Channel-to-channel deskew ±10 ns may be manually entered for better timing measurements and more accurate math waveforms

### Display system

Display type	6.5 in. (165.1 mm) liquid-crystal TFT color display
Display resolution	640 horizontal × 480 vertical pixels (VGA)
Interpolation	Sin(x)/x
Waveform styles	Dots, vectors, variable persistence, infinite persistence
Graticules	Full, grid, crosshair, and frame. NTSC, PAL, SECAM, and vectorscope (100% and 75% color bars) with optional TDS3VID application module
Format	YT, XY, and Gated XYZ (XY with Z-axis blanking available on 4-channel instruments only)

<sup>1</sup> Requires TDS3AAM application module.

<sup>2</sup> Requires TDS3AAM application module.

**Input/output ports**

<b>Ethernet port</b>	RJ-45 connector, supports 10Base-T LAN
<b>USB port</b>	Front-panel USB 2.0 host port. Supports USB flash drive
<b>GPIB port</b>	Full talk/listen modes, setting and measurements. (Optional with TDS3GV Communications Module)
<b>RS-232C port</b>	DB-9 male connector, full talk/listen modes; control of all modes, settings and measurements Baud rates up to 38,400 (Optional with TDS3GV Communications Module)
<b>VGA video</b>	DB-15 female connector, monitor output for direct display on large VGA-equipped monitors (Optional with TDS3GV communications module)
<b>External trigger input</b>	BNC connector, input impedance >1 MΩ in parallel with 17 pF; max input voltage is 150 V <sub>RMS</sub>

**Power source**

<b>AC line power</b>	
<b>Source voltage</b>	100 V <sub>RMS</sub> to 240 V <sub>RMS</sub> ±10%
<b>Source frequency</b>	45 Hz to 440 Hz from 100 V to 120 V 45 Hz to 66 Hz from 120 V to 240 V
<b>Power consumption</b>	75 W maximum
<b>Battery power</b>	Requires TDS3BATC, rechargeable lithium ion battery pack
<b>Operating time, typical</b>	3 hours

**Physical characteristics**

Dimensions		mm	inches
	Width	375.0	14.8
	Height	176.0	6.9
	Depth	149.0	5.9
Weight		kg	lb.
	Instrument only	3.2	7.0
	with accessories	4.5	9.8
Package dimensions		mm	inches
	Width	502.0	19.8
	Height	375.0	14.8
	Depth	369.0	14.5
Rackmount (RM3000)		mm	inches
	Width	484.0	19.0
	Height	178.0	7.0
	Depth	152.0	6.0

# G Datasheet DET10A <sup>1</sup>

Si Biased Detector

Chapter 7: Specifications

## Chapter 7 Specifications

All measurements are performed at 25 °C ambient temperature unless stated otherwise.

Electrical Specifications		
<b>Detector</b>	-	Silicon
<b>Active Area</b>	-	Ø1.0 mm (0.8 mm <sup>2</sup> )
<b>Wavelength Range<sup>a</sup></b>	$\lambda$	200 to 1100 nm
<b>Peak Wavelength</b>	$\lambda_p$	730 nm (Typ.)
<b>Peak Response<sup>b</sup></b>	$R(\lambda_p)$	0.44 A/W (Typ.)
<b>Shunt Resistance</b>	$R_{sh}$	1 GΩ (Typ.)
<b>Diode Capacitance</b>	$C_J$	6 pF (Typ.)
<b>Rise Time<sup>b,c,d</sup></b>	$t_r$	1 ns (Typ.)
<b>NEP (830 nm)</b>	-	$5.0 \times 10^{-14} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ (Typ.)
<b>Photodiode Bias Voltage</b>	$V_R$	10 V
<b>Dark Current<sup>e</sup></b>	$I_D$	0.3 nA (Typ.) 2.5 nA (Max)
<b>Output Voltage</b>	$V_{OUT}$	0 to 10 V
General		
<b>On/Off Switch</b>	Slide	
<b>Battery Check Switch</b>	Momentary Pushbutton	
<b>Output</b>	BNC (DC Coupled)	
<b>Package Size</b>	2.8" x 1.9" x 0.83" (70 mm x 48 mm x 21 mm)	
<b>PD Surface Depth</b>	0.13" (3.4 mm)	
<b>Weight</b>	0.2 kg	
<b>Accessories</b>	SM1T1 Coupler SM1RR Retainer Ring	
<b>Storage Temp</b>	-20 to 70 °C	
<b>Operating Temp</b>	10 to 50 °C	
<b>Battery</b>	A23, 12 V <sub>DC</sub> , 40 mAh	
<b>Low Battery Voltage<sup>f</sup></b>	(See Battery Check)	
$V_{OUT}$ (Hi-Z)	~9 V	
$V_{OUT}$ (50Ω)	~400 mV	

<sup>a</sup> When long-term UV light is applied, the product specifications may degrade. For example, the product's UV response may decrease and the dark current may increase. The degree to which the specifications may degrade is based upon factors such as the irradiation level, intensity, and usage time.

<sup>b</sup> Measured with specified bias voltage of 10.0 V.

<sup>c</sup> Low battery voltage will result in slower rise times and decreased bandwidth.

<sup>d</sup> For a 50 Ω Load

<sup>e</sup> Measured with a 1 MΩ Load

<sup>f</sup> Assumes the battery voltage drops below 9.6 V. The reverse protection diode generates a 0.6 V drop.

1. Extrait du manuel de DET10A : <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=DET10A&pn=DET10A#4577>, consulté le 28/08/2018

# H Datasheet MFF101R<sup>1</sup>

---

## Appendix B Specifications

Parameter	Value
Travel	90°
Flip Time <sup>1</sup>	500 ms to 2800 ms
Optic Diameter	MFF101: 1" MFF102: 2"
Flip to Flip Repeatability	50 µrad
Angular Repeatability	240 µrad
Max Load <sup>1</sup>	120 g (4.23 oz)
Max Torque	0.1 Nm
DIG IO Connector Type	SMA
Power Input	15V DC
Weight	100 g (3.53 oz)

<sup>1</sup> For higher loads, the flip time must be increased. Settings will differ for each application, but as a rough guide, for loads >50 g the flip time should be > 1 second.

1. Extrait du manuel de MFF101R : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_id=3962&pn=MFF101/M#3962](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_id=3962&pn=MFF101/M#3962), consulté le 28/08/2018

# I Datasheet PM1918R<sup>1</sup>

---

22

General Information

and manufacturing environments, the 1918-R Series optical meters enable users to benefit from high correlation between multiple locations at a price-to-performance ratio second to none. Among all the other practical tools provided, remote controlling with a computer and synchronization to other instruments are simplified with the inclusion of LabVIEW drivers, tools to develop in the .NET environment and a high-speed software utility that fully utilized the optical meter's ability to sample at 250 kHz and transfer data via a Full-Speed USB interface (11 Mbps).

## 2.2 Calibration

---

Calibration of the optical meter is done at the factory by defining a slope and offset, for all ranges as determined for each detector type.

Newport recommends annual factory re-calibration to ensure the continued accuracy of optical meter measurements.

Please refer to the "Maintenance and Troubleshooting" section for contact information for re-calibration of your optical meter.

## 2.3 Specifications

---

### 2.3.1 Physical Specifications:

Dimensions:	5.4 x 7.6 x 2.4 inch (137 x 193 x 61 mm)
Weight:	max. 2.3 lb
Enclosure:	Plastic molded case with a kick stand.
Connectors:	Optical Detector 15-Pin D-Sub, Analog Output 3.5 mm Jack, USB-A Host, mini-B USB Device, DC Input 2.1 mm Power Jack.
Power:	90-264 VAC, 50/60 Hz, 33 Watts with 1918-EXT-PS External Power Supply
Display:	Graphical LCD ¼ VGA, 4 inch diagonal
Display Update Rate:	up to 20 Hz for selected graphical modes
Operating Environment <sup>1</sup> :	5°C to 40°C; < 70% RH non-condensing
Storage Environment:	-20°C to 60°C; < 90% RH non-condensing
Altitude	< 3000m
Installation Category	II
Pollution Degree	2
Use Location	Indoor use only.

---

<sup>1</sup> Charging battery up to 35°C

### 2.3.2 Electrical Specifications

#### DC Current Measurement (Low-Power, Semiconductor Photodiode)

Signal Range <sup>2,3</sup>	0	1	2	3	4
Full-Scale Current	2.50 $\mu$ A	25.0 $\mu$ A	250 $\mu$ A	2.50 mA	25 mA
Resolution (Filtered) <sup>1</sup>	10 pA	100 pA	1.00 nA	10.0 nA	100 nA
Bandwidth <sup>6</sup> (Unfiltered)	480 Hz	4 kHz	43 kHz	170 kHz	500 kHz
Accuracy (Filtered) <sup>1</sup>	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Accuracy (Maximum Measurement Rate=4 kHz)	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Signal to Noise Ratio <sup>1</sup>	100 dB	100 dB	100 dB	100 dB	100 dB

#### Peak-Peak Current Measurement (Low-Power, Semiconductor Photodiode)

Signal Range <sup>2,3</sup>	0	1	2	3	4
Full-Scale Current	2.50 $\mu$ A	25.0 $\mu$ A	250 $\mu$ A	2.50 mA	25 mA
Resolution	76.3 pA	763 pA	7.63 nA	76.3 nA	763 nA
Accuracy	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Bandwidth <sup>6</sup>	480 Hz	4 kHz	43 kHz	170 kHz	500 kHz
Maximum Pulse Repetition Rate <sup>4</sup>	480 Hz	4 kHz	4 kHz	4 kHz	4 kHz

#### D.C. Voltage Measurement (Thermopile)

Signal Range <sup>2,3</sup>	0	1	2	3	4	5
Full-Scale Voltage	2.5mV	25.0 mV	250 mV	2.50 V	25.0 V	130 V
Resolution	76.3 nV	763 nV	7.63 $\mu$ V	76.3 $\mu$ V	763 $\mu$ V	3.96 mV
Accuracy (Filtered) <sup>1</sup>	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Accuracy (Maximum Measurement Rate=2 kHz)	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Bandwidth <sup>6</sup>	3 kHz	3 kHz	3 kHz	3 kHz	3 kHz	3 kHz
Signal to Noise Ratio <sup>1</sup>	100dB	100dB	100dB	100dB	100dB	100dB

#### Pulse Voltage Measurement (Energy, Pyroelectric)

Signal Range <sup>2,3</sup>	0	1	2	3	4	5
Full-Scale Current	2.5mV	25.0 mV	250 mV	2.50 V	25.0 V	130 V
Resolution	76.3 nV	763 nV	7.63 $\mu$ V	76.3 $\mu$ V	763 $\mu$ V	3.96 mV
Accuracy	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Bandwidth <sup>6</sup>	600 kHz	1000 kHz	1000 kHz	1000 kHz	400 kHz	1000 kHz
Maximum Pulse Repetition Rate <sup>5</sup>	2 kHz	2 kHz	2 kHz	2 kHz	2 kHz	2 kHz

**RMS Measurement**

Maximum Pulse Repetition Rate	2 kHz	4 kHz
Accuracy	1.0%	2.0 %

**Analog Output**

Output Range	0	1	2
Full Scale Voltage (Load > 100 kΩ)	1 V	2 V	5 V
Accuracy	1.0 %	1.0 %	1.0 %
Linearity	0.3%	0.3%	0.3%

**Trigger Level**

Programmable Level	0...100 % Full Scale
Resolution	0.39 % Full Scale

<sup>1</sup> With 0.5 HZ filter on.<sup>2</sup> Listed signal ranges specify meter capability. Available signal ranges are detector dependent.<sup>3</sup> Maximum measurable signal is detector dependent.<sup>4</sup> While the maximum repetition range may equal the bandwidth, it really depends on the signal duty-cycle or the signal shape.<sup>5</sup> The Maximum Repetition Rate refers to the meter pulse-by-pulse measuring capability. Due to its high bandwidth, the 1918-R can take in signals with higher repetitive rates and outputs them undistorted at the Analog Output.<sup>6</sup> The instrument bandwidth is determined by the detector used. Please refer to Newport Corporation's complete offering on detector type. The specified bandwidth is measured from the instrument input (detector) to the Analog Output BNC, using a generator with 50 Ω output.

---

**2.4 Unpacking and Handling**

It is recommended that the 1918-R Optical Meter be unpacked in a lab environment or work site. Unpack the system carefully; small parts and cables are included with the instrument. Inspect the box carefully for loose parts before disposing of the packaging. You are urged to save the packaging material in case you need to ship your equipment in the future.

---

**2.5 Inspection for Damage**

The 1918-R Optical Meter is carefully packaged at the factory to minimize the possibility of damage during shipping. Inspect the box for external signs of damage or mishandling. Inspect the contents for damage. If there is visible damage to the instrument or accessories upon receipt, inform the shipping company and Newport Corporation immediately.

# J Datasheet KDC101<sup>1</sup>

---

## Appendix C Specifications and Associated Products

### C.1 Specifications

Parameter	Value
<b>Motor Output</b>	
Motor Drive Voltage	±12 to ±15V (Depending on Supply)
Motor Drive Current	150mA (Cont) >250 mA (peak)
Motor Drive Type	8-bit Sign/Magnitude PWM
Control Algorithm	Digital PID Filter (16bit)
Position Feedback: Quadrature Encoder (QEP) Input	5V Single Ended
Encoder Feedback Bandwidth	750 kHz
Position Counter	32-bit
Operating Modes	Position, Velocity
Velocity Profile	Trapezoidal
<b>Motor Drive Connector (15 Way D-Type)</b>	
Motor Drive Outputs	+ve & -ve
Quadrature Encoder (QEP) Input	Single Ended
Limit Switch Inputs	Forward, Reverse (+ Common Return)
Encoder Supply	5V
<b>Front Panel Controls</b>	
Sprung Potentiometer Wheel	Bidirectional Velocity Control, Forward/Reverse Jogging or Position Presets
<b>Input Power Requirements</b>	
Voltage	15V Regulated DC
Current	500mA (peak)
<b>General Data</b>	
Housing Dimensions (W x D x H) (excluding buttons and baseplate)	60 x 60 x 47mm (2.36" x 2.36" x 1.85")
Weight	170g (6.0 oz)

---

1. Extrait du manuel de KDC101 : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_id=2419&pn=KDC101#5077](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_id=2419&pn=KDC101#5077), consulté le 28/08/2018

*Appendix C*

---

Recommended Motor Requirements	
Peak Power	2.5W
Rated Current	10mA to 200mA (Nominal)
Motor Type	Brushed DC
Coil Resistance	5 to 50Ω
Coil Inductance	250 to 1500mH
Position Control	Closed loop Encoder

## C.2 Associated Products

Product Name	Part Number
6mm DC Servo Motor Actuator, 1/4"-80	Z806
6mm DC Servo Motor Actuator, 1/4"-80, Vacuum Rated	Z806V
12mm DC Servo Motor Actuator, 1/4"-80,	Z812
12mm DC Servo Motor Actuator, 3/8" Barrel Attachment	Z812B
12mm DC Servo Motor Actuator, 1/4"-80, Vacuum Rated	Z812V
12mm DC Servo Motor Actuator, Vacuum Rated, 3/8" Barrel Attachment	Z812BV
25mm DC Servo Motor Actuator, 3/8" Barrel Attachment,	Z825B
25mm DC Servo Motor Actuator, Vacuum Rated, 3/8" Barrel Attachment	Z825BV
3-Channel K-Cube Controller USB Hub	KCH301
6-Channel K-Cube Controller USB Hub	KCH601
Single Way Power Supply	KPS101
8-way Power Supply	TPS008

# K Datasheet PRMTZ8M<sup>1</sup>

---

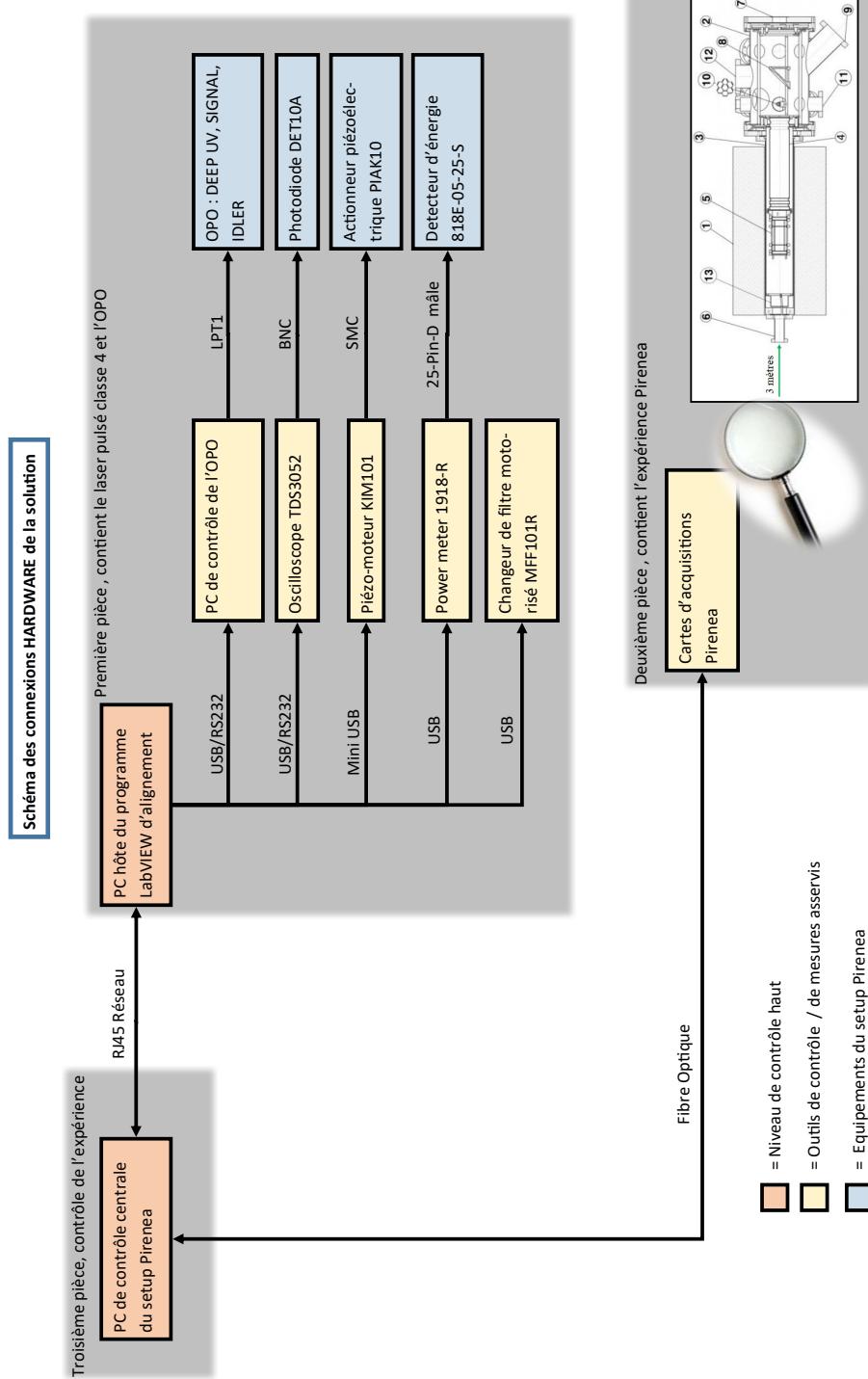
## Chapter 5 Specifications

Parameter	Value
<b>Stage Specifications</b>	
Range	360° Continuous
Bidirectional Repeatability	±0.1°
Backlash	±0.3°
Max Rotation Velocity	25 deg/sec
Calculated Resolution	2 arcsec (0.0005°)
On-Axis Load Capacity, Horizontal Mounting <sup>a</sup>	15 N (1.5 kg/3.4 lbs)
Min Repeatable Incremental Motion	0.04°
Absolute On-Axis Accuracy	0.1%
Home Location Accuracy	±0.2°
Wobble	200 µrad
<b>Motor Specifications</b>	
Motor Type	DC Servo
Nominal voltage	6 V
No load speed	6560 rpm
No load current	7.43 mA
Nominal speed	1050 rpm
Nominal torque (max. continuous torque)	1.26 mNm
Nominal current (max. continuous current)	0.156 A
Stall torque	1.54 mNm
Starting current	0.184 A
Max. efficiency	65%
Terminal resistance	32.7 Ω
Terminal inductance	0.607 mH
Torque constant	8.38 mNm/A
Speed constant	1140 rpm/V
Speed / torque gradient	4450 rpm/mNm
Mechanical time constant	13.9 ms
Rotor inertia	0.298gcm <sup>2</sup>

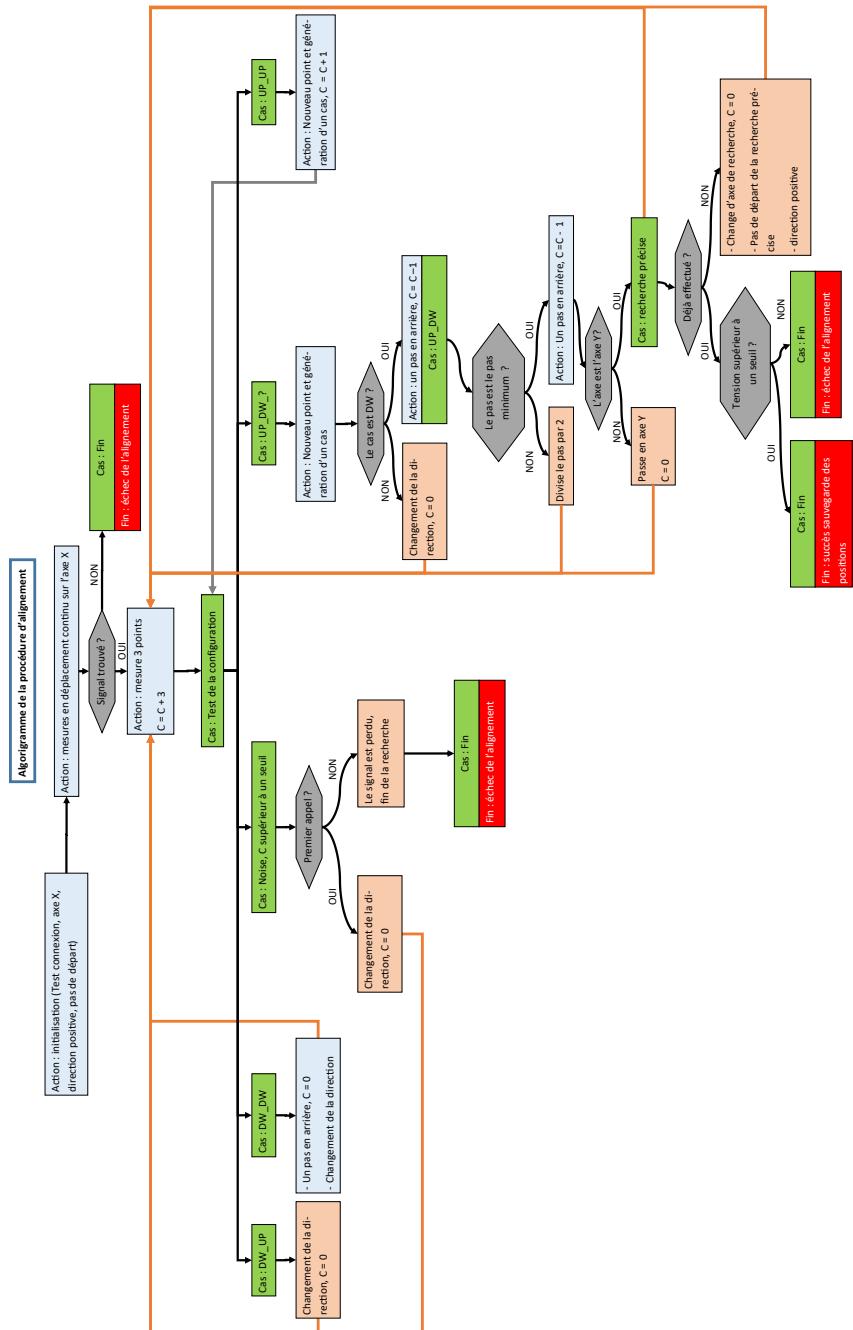
<sup>a</sup> The stage is not intended for vertical mounting, e.g. on a post.

1. Extrait du manuel de PRMTZ8M : [https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup\\_id=4134&pn=PRMTZ8/M](https://www.thorlabs.com/newgroupage9.cfm?objectgroup_id=4134&pn=PRMTZ8/M), consulté le 28/08/2018

# L Schéma des connexions HARDWARE de la solution



# M Algorigramme de la procédure d’alignement automatique



# N Illustration de l'utilisation de la structure événement : cas de la procédure automatique

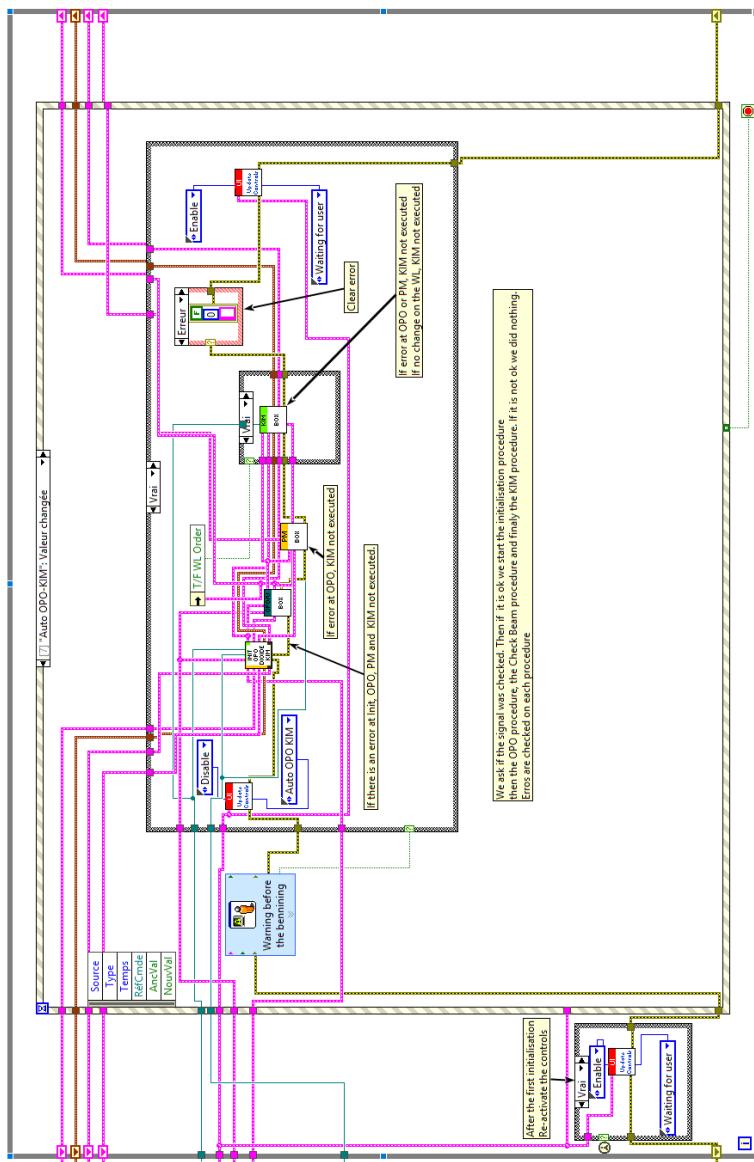


FIGURE N.1 – Exemple d'utilisation de la structure événement sous LabVIEW : cas de la procédure automatique de changement de longueur d'onde et d'alignement

# O Diagramme de GANTT du stage

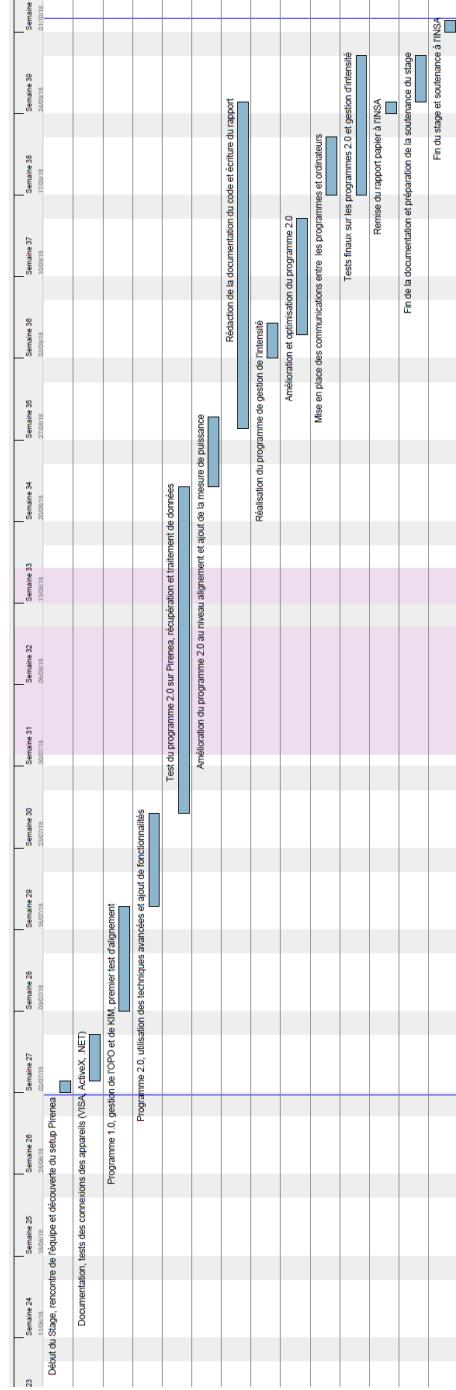


FIGURE O.1 – Diagramme de GANTT des tâches réalisées au cours du stage