

Manuel d'utilisation
MODULE DE PHOTODÉTECTION
RAPIDE

Document : MPDR-MAN-0104-A
Diffusion : Interne
Date révision : Juin 2008
Auteur : Gilles Bailly

Laboratoire Collisions, Agrégats et Réactivité
UMR5589 CNRS-Université Paul Sabatier
118 Rte de Narbonne 31062 Toulouse Cedex 04
Tél : +33 (0)5 61 55 60 23
Fax : +33 (0)5 61 55 83 17
www.irsamc.ups-tlse.fr

Table des matières

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Introduction | 1 |
| 1.1 | Objet | 1 |
| 1.2 | Diffusion | 1 |
| 1.3 | Acronymes | 2 |
| 1.4 | Documents <i>LCAR</i> relatifs à <i>MPDR</i> | 2 |
| 1.5 | Documents non- <i>LCAR</i> relatifs à <i>MPDR</i> | 2 |
| 2 | Informations condensées | 2 |
| 2.1 | Vue d'ensemble | 2 |
| 3 | Description du circuit | 2 |
| 3.1 | Photodétecteur | 4 |
| 3.2 | Amplificateurs de transimpédance | 4 |
| 3.3 | Régulateurs | 4 |
| 4 | Spécifications détaillées | 4 |
| 5 | Connections | 6 |
| 5.1 | Connecteurs Mini-DIN | 6 |

Liste des tableaux

| | | |
|---|-------------------------|---|
| 1 | Spécifications. | 5 |
|---|-------------------------|---|

Table des figures

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Le module MPDR. | 3 |
| 2 | Plan synoptique du module. | 3 |
| 3 | Mesure de la réponse impulsionnelle | 6 |
| 4 | Mesure de la densité spectrale de bruit en sortie | 7 |
| 5 | Mesure du domaine de linéarité à la sortie DC | 8 |

1 Introduction

1.1 Objet

Ce document est destiné aux utilisateurs du *Module de photodétection rapide*.

NB : Les performances indiquées sont relatives au module prototype de référence *MPDR-IDT-0102*.

1.2 Diffusion

Ce manuel s'adresse aux membres du laboratoire LCAR.

1.3 Acronymes

| | |
|-------|--|
| MPDR | Module photodétection rapide |
| ATIPR | Amplificateur de transimpédance pour photodiode rapide |
| NEP | Noise equivalent power |
| DS | Densité spectrale |

1.4 Documents *LCAR* relatifs à *MPDR*

| | |
|------------------|-----------------------------|
| ATIPR-SCH-0100-A | Schémas électroniques ATIPR |
| ATIPR-PCB-0099-A | Circuit imprimé ATIPR |

1.5 Documents non-*LCAR* relatifs à *MPDR*

| | |
|-------------------|---|
| Hamamatsu InGaAs | Pin photodiode G8376 series |
| New Focus | Insights into high speed photodetectors ... |
| Texas Instruments | Noise analysis for high-speed op amps |

2 Informations condensées

2.1 Vue d'ensemble

MPDR est un module qui intègre une photodiode faible bruit large bande passante et 2 amplificateurs. Ces derniers traitent indépendamment les composantes DC et AC du courant collecté par la photodiode rapide.

NB : MPDR fixe seulement le type de connecteurs utilisés, leurs brochages et les dimensions du boîtier. Il est donc possible d'intégrer différentes électroniques de détection selon le type d'application. Se référer à la documentation de la carte le cas échéant. La carte montée en standard est ATIPR (section 1.4).

L'interfaçage aux instrument de mesure se fait par deux connecteurs BNC qui permettent d'accéder aux sorties DC et AC de ATIP. Un autre connecteur mini-DIN alimente le module, délivre la sortie DC de ATIP et permet de fournir une tension externe de polarisation de la photodiode.

Le boîtier se présente sous la forme d'un cylindre en aluminium peint en noir de dimensions (DxH) = 65x35 mm. Un trou fileté M6 permet d'adapter un pied de fixation.

Les signaux d'entrée sont :

- les alimentations $\pm 8V$;
- la tension de polarisation de la photodiode.

Les signaux de sortie sont :

- la tension de sortie de l'étage transimpédance DC.
- la tension de sortie de l'étage transimpédance AC.

3 Description du circuit

Les quelques indications sur le fonctionnement du circuit sont données dans le cas de l'utilisation de la carte ATIPR. Pour plus de détails, se référer aux

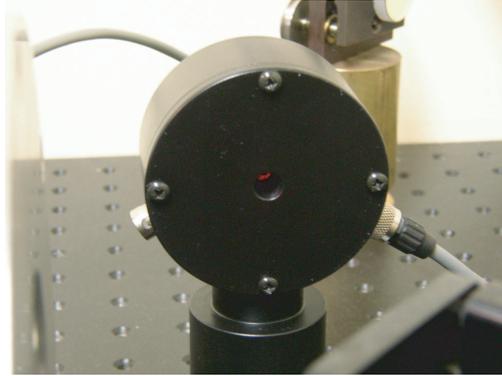


FIG. 1: Le module MPDR.

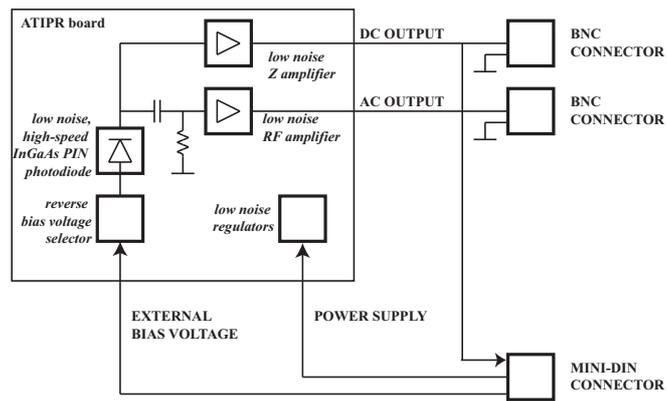


FIG. 2: Plan synoptique du module.

schémas électroniques ATIPR (section 1.4) qui décrivent précisément les amplificateurs de transimpédance faible bruit, la connectique, le circuit de polarisation de la photodiode et les régulations de tensions.

3.1 Photodétecteur

Le photodétecteur utilisé provient de la série G8376 de technologie InGaAs PIN du fabricant Hamamatsu. La diode retenue est le modèle G8376-03 qui est montée dans un boîtier hermétique métallique TO18. Elle présente une surface active de diamètre 0.3mm. La photo-sensibilité est de $0.7A/W$ à $\lambda = 1064nm$. La bande passante à $-3dB$ peut atteindre 470MHz. La polarisation de la photodiode est possible : locale(0V ou -5V), externe via le connecteur MINI-DIN(niveau de tension selon les spécifications constructeur). Pour les autres spécifications se reporter à la documentation constructeur (section 1.5) .

3.2 Amplificateurs de transimpédance

Deux bandes passantes sont distinguées par les amplificateurs. La première allant de continu à 30kHz est traitée par un amplificateur de transimpédance qui délivre la sortie DC. Le gain est de $10 \times 10^3 V/A$. La seconde bande passante démarre à 30 kHz pour s'étendre à 60 MHz. Cette composante AC du courant de la photodiode est mesurée aux bornes d'une résistance de charge de 50Ω pour être ensuite amplifiée par un gain de $22.4V/V$. Un dernier étage se charge de compenser la perte de $6dB$ due à la charge 50Ω et permet de piloter un câble présentant jusqu'à 3 nF de capacité. Le bruit en sortie donne une $NEP = 50pW/\sqrt{Hz}$.

3.3 Régulateurs

La carte ATIP est alimentée en $\pm 8V$ via les entrées du connecteur MINI-DIN. La carte procède en interne à une régulation de tensions $\pm 5V$ qui alimentent les différents amplis op et le circuit de polarisation.

4 Spécifications détaillées

| Paramètre ^A | Symbole | Conditions | Min | Typ | Max | Unité |
|------------------------------|--------------|--|------|------|------------|----------------------------------|
| DIVERS | | | | | | |
| longueur d'onde nominale | λ_0 | | | 1064 | | <i>nm</i> |
| puissance incidente | P_i | | 0 | | 0.3 | <i>mW</i> |
| sensibilité spectrale | S_0 | $\lambda = \lambda_0$ | | 0.7 | | <i>A/W</i> |
| tension alimentation pos | VA_{pos} | | 7.5 | 8 | | <i>V</i> |
| courant alimentation pos | IA_{pos} | | | 30 | | <i>mA</i> |
| tension alimentation neg | VA_{neg} | | -7.5 | -8 | | <i>V</i> |
| courant alimentation neg | IA_{neg} | | | -30 | | <i>mA</i> |
| SORTIE DC | | | | | | |
| bande passante $-3dB$ | BP_{DC} | | | 30 | | <i>kHz</i> |
| tension décalage | VD_{DC} | $P_i = 0$ | | 0.5 | | <i>mV</i> |
| résistance de charge | RC_{DC} | | 2 | | | <i>kΩ</i> |
| gain transimpédance | ZT_{DC} | | | 10 | | <i>kV/A</i> |
| tension de sortie | VS_{DC} | $RC_{DC} = 2k\Omega$ | 2.5 | | 4.3 | <i>V</i> |
| puissance regime linéaire | $PLIN_{DC}$ | | | | 600 | <i>μW</i> |
| equation de sortie | EQV_{DC} | $EQV_{DC} = P_i \times S_\lambda \times ZT_{DC}$ | | | | |
| SORTIE AC^B | | | | | | |
| résistance de sortie | RS_{AC} | | | 50 | | Ω |
| résistance de charge | RC_{AC} | | | 50 | | Ω |
| capacité de charge | CC_{AC} | | | | 3 | <i>nF</i> |
| tension de sortie | VS_{AC} | | | | 1.5 | <i>V_{pp}</i> |
| | VS_{AC} | | | | 13.5 | <i>dBm</i> |
| gain transimpédance | ZT_{AC} | | | 1.12 | | <i>kV/A</i> |
| puissance équ de bruit | NEP_{AC} | | | 45 | | <i>pW/\sqrt{Hz}</i> |
| fréquence coupure haute | FCH_{AC} | note ^C | 54 | 80 | <i>MHz</i> | |
| largeur à mi-hauteur | $TFWHM_{AC}$ | impulsion laser fs | 7.5 | | | <i>ns</i> |
| fréquence coupure basse | FCB_{AC} | | | 30 | | <i>kHz</i> |
| puissance regime linéaire | $PLIN_{AC}$ | | | | 300 | <i>μW_{pp}</i> |
| ds courant bruit entrée | $DIBRE_{AC}$ | note ^D | | 36 | | <i>pA/\sqrt{Hz}</i> |
| ds tension bruit sortie | $DVBRS_{AC}$ | note ^D | | 40 | | <i>nV/\sqrt{Hz}</i> |
| puissance équ de bruit | NEP_{AC} | note ^D | | 50 | | <i>pW/\sqrt{Hz}</i> |
| tension de bruit en sortie | VBR_{AC} | note ^E | | 1.2 | | <i>mV_{pp}</i> |
| | VBR_{AC} | note ^E | | 200 | | <i>μV_{RMS}</i> |
| | VBR_{AC} | note ^E | | -60 | | <i>dBm</i> |
| puissance équ bruit sortie | PBR_{AC} | note ^E | | 250 | | <i>nW_{RMS}</i> |
| equation de sortie | EQV_{AC} | $EQV_{AC} = P_i \times S_\lambda \times ZT_{AC}$ | | | | |

^A tests effectués sur carte MPDR-IDT-0102 équipé d'une diode G8376 montée sur une carte ATIPR.

^B Données sur charge $RC = 50\Omega$

^C La valeur min est calculée à partir de $F-3dB = 0.4/TFWHM$ pour une impulsion gaussienne. La valeur max est obtenue à partir de la mesure de la FFT du signal impulsionnel : la fréquence de coupure est mesurée comme la valeur correspondant à l'affaiblissement de $6dB$ du spectre en puissance.

^D Mesure effectuée à l'analyseur de spectre Agilent E4403B.

^E Valeur estimée pour une bande passante de mesure de $10MHz$.

TAB. 1 – Spécifications.

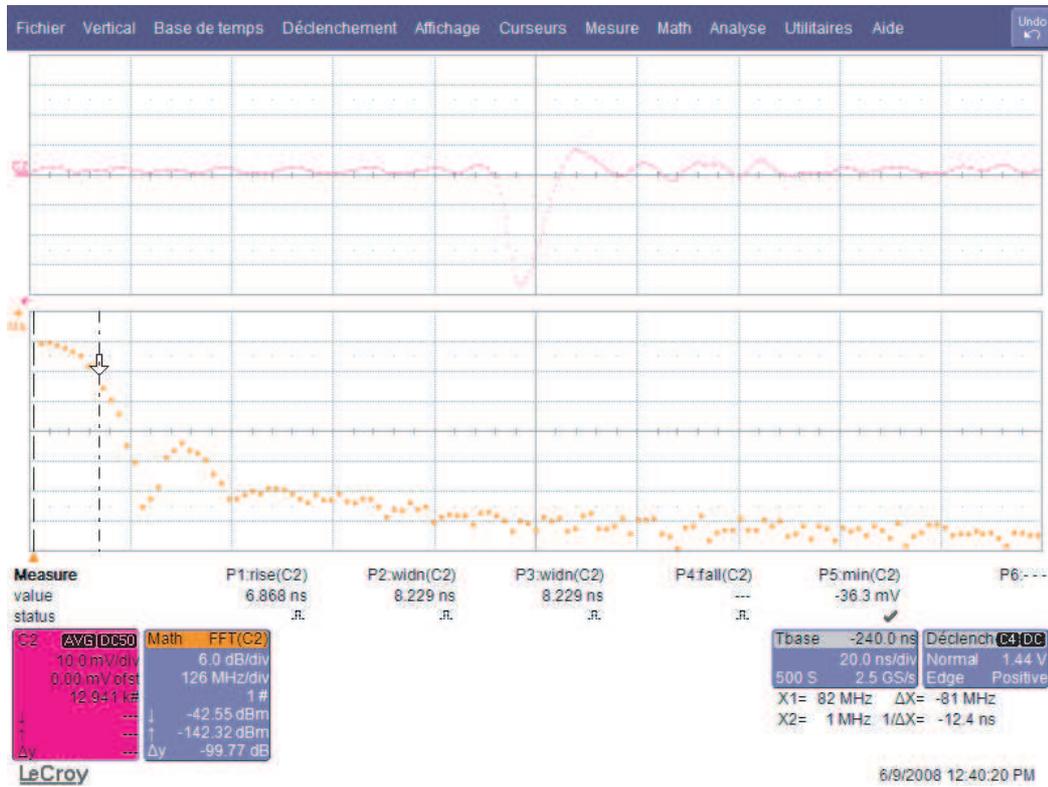


FIG. 3: En haut, la réponse impulsionnelle de la sortie AC du module obtenue à partir d’une impulsion laser femtoseconde dans un domaine spectral autour de $800nm$. La largeur à mi-hauteur est $T_{FWHM} = 7.5ns$ permet de calculer une estimation de la bande passante à $-3dB$ par $F-3dB = 0.4/T_{FWHM}$. En bas, la mesure du spectre de puissance de l’impulsion donne $F-3dB = 80MHz$, fréquence qui correspond à un affaiblissement de $-6dB$ en puissance.

5 Connections

Le module MPD présente 3 connecteurs. Le connecteur principal au format Mini-DIN achemine les signaux d’alimentation vers le module, le signal de polarisation ainsi que le signal de mesure DC. Les 2 autres connecteurs coaxiaux sont au format BNC. Ils permettent de connecter un instrument de mesure aux sorties DC et AC .

5.1 Connecteurs Mini-DIN

Le connecteur Mini-DIN 7 broches permet d’alimenter le module, de polariser la photodiode (optionnel) et d’accéder au signal de mesure à la sortie de l’amplificateur de transimpédance.

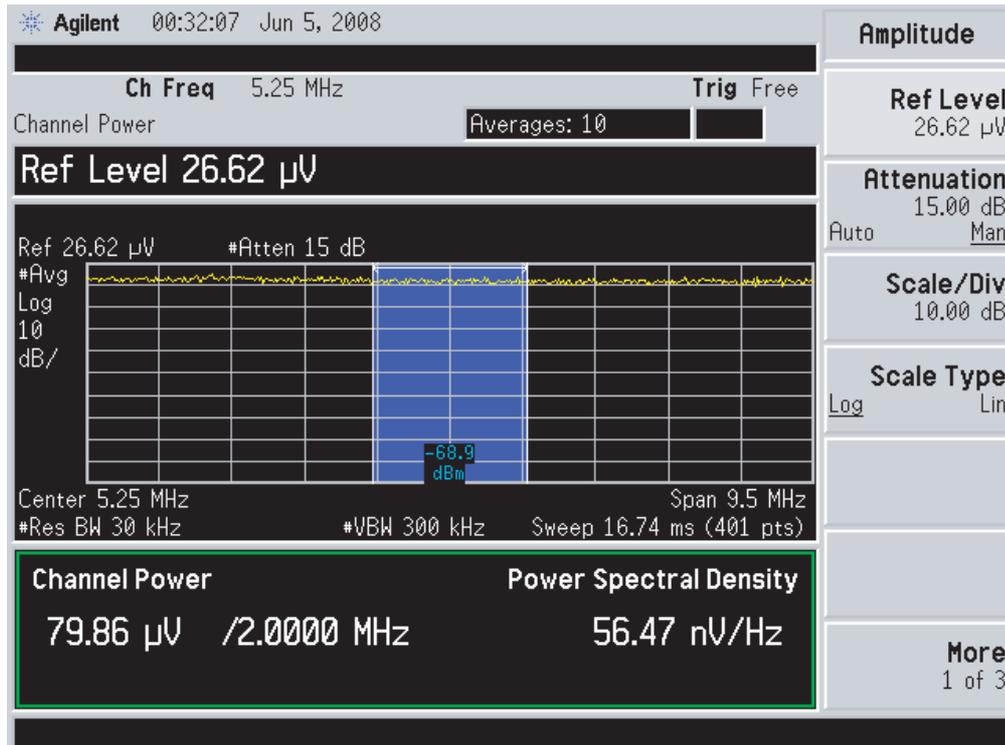


FIG. 4: La mesure effectuée sans éclairage indique une DS constante dans la bande $[500\text{kHz} - 10\text{MHz}]$.

La DS mesurée de $56\text{nV}/\text{Hz}^{1/2}$ doit être corrigée pour obtenir la DS en sortie de l'étage AC en faisant $DS_{\text{corrige}} = \sqrt{DS_{\text{mesure}}^2 - DS_{\text{analyseur}}^2}$.

Le terme $DS_{\text{analyseur}}$ correspond au bruit de l'analyseur seul mesuré dans les mêmes conditions.

Avec $DS_{\text{analyseur}} = 39\text{nV}^{1/2}$ et $DS_{\text{totale}} = 56\text{nV}/\text{Hz}^{1/2}$, on obtient une $DS_{\text{corrige}} = 40\text{nV}/\text{Hz}^{1/2}$ au dessus des $35\text{nV}/\text{Hz}^{1/2}$ prévus par les calculs. Ce bruit équivaut à une $NEP = 50\text{pW}/\text{Hz}^{1/2}$.

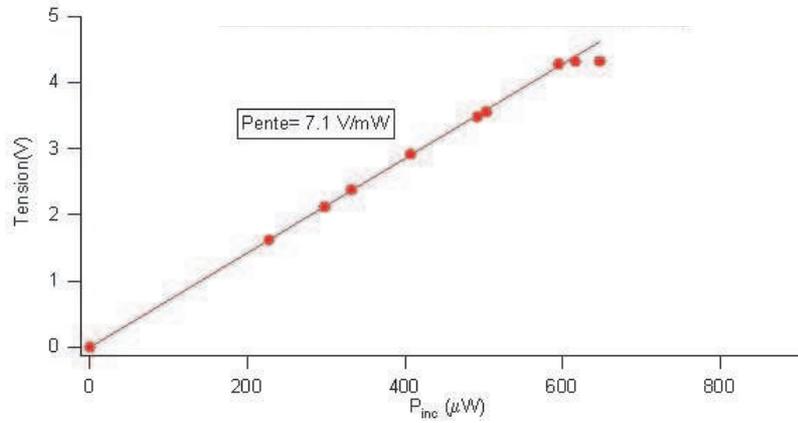


FIG. 5: La saturation de la tension de sortie DC limite la puissance lumineuse mesurable à $600\mu W$. Le gain est de $7V/mW$. Mesure effectuée sur le module MPDR-IDT-0102.

| n°broche | étiquette | description |
|----------|-----------|----------------------------------|
| 1 | +8V | alimentation positive |
| 2 | AGND | masse alimentation |
| 3 | -8V | alimentation négative |
| 4 | BIAS | tension de polarisation négative |
| 5 | OUTPUT | signal de mesure |
| 6 | AGND | masse signal de mesure |
| 7 | réservé | |