

# Banc de caractérisation thermostaté de Systèmes de Photodétection pour l'imagerie biomédicale

Y. Charon, M.-A. Duval, C. Esnault, B. Janvier P. Lanière,  
L. Ménard, L. Pinot, S. Spadola et M.-A. Verdier

Imagerie et Modélisation en Neurobiologie et Cancérologie,  
IN2P3-CNRS, 91405 Orsay, France

11 juin 2015

# Introduction

## Contexte

- Le développement de nouveaux dispositifs d'imagerie biomédicale isotopique a nécessité la mise en place d'un banc de caractérisation des systèmes de photodétection.
- But
  - Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs
  - Mesure de Scintillation

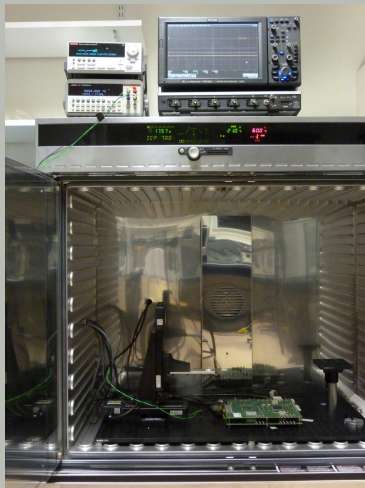
# Matériel

## Banc de test

- 2 enceintes thermostatées entre  $-10^{\circ}\text{C}$  et  $100^{\circ}\text{C}$  ( $0.1^{\circ}\text{C}$ ) : Mermet, Binder
- Bras motorisé, déplacement micrométrique dans les 3 directions :
- Électronique de lecture monovoie:
  - Amplis Miteq
  - Oscilloscope Tektronix DPO7254, 2.5 GHz, 40 GS/s
- Électronique de lecture multivoie
  - SiPMs : ASIC EASIROC (Pôle Omega – LAL), CITIROC (Weeroc)
  - MA-PMT : ASIC HARDROC (LAL)
- Contrôle (température, courant de fuite), acquisition et traitement des données automatisés sous labview
- Alimentations stabilisée Keithley 2611A

# Matériel

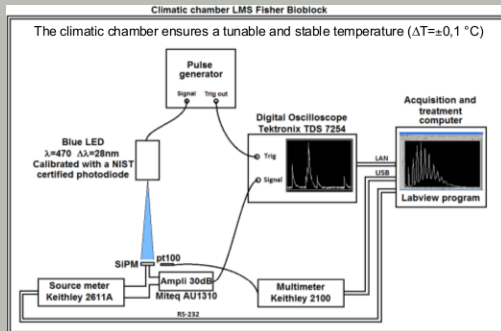
## Setup



# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

## Matériel

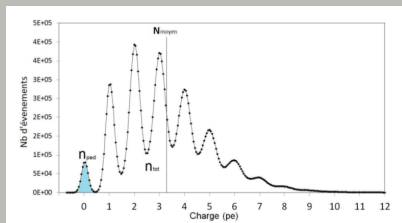
- Drivers + tête pulsée Picoquant : 430 nm, 70 ps
- LED Nichia NSPB310A, 470 nm
- Photodiode silicium calibrée (GENTEC-EO, PH51-Si-BNC)



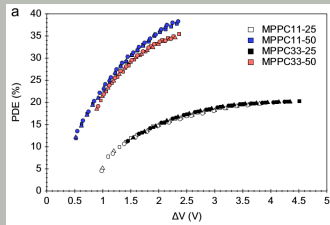
# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

## Efficacité de photodétection (PDE)

$$PDE = \frac{n_{pe}}{n_{ph}} = \frac{1}{n_{ph}} \left( -\ln \left( \frac{n_{ped}}{n_{tot}} \right) + \ln \left( \frac{n_{ped}^0}{n_{tot}^0} \right) \right)$$



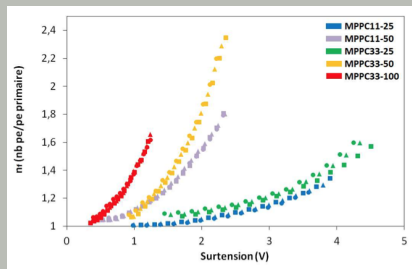
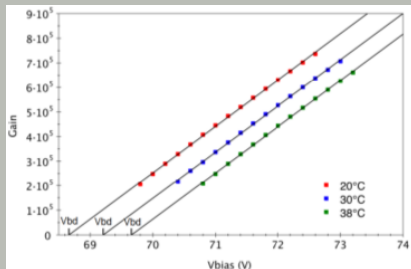
Spectre de la LED utilisé pour le calcul de l'efficacité de détection



PDE pour différents SiPMs et différentes températures

# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

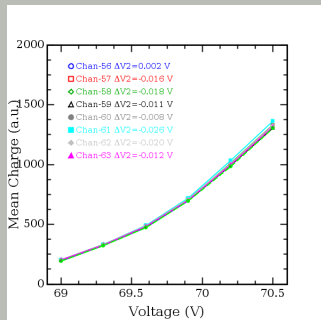
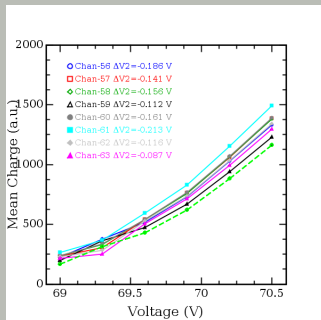
## Gain et probabilité de crosstalk



Gain total et gain avec probabilité de crosstalk de SiPMs croissent avec la tension d'alimentation

# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

## Uniformité de réponse

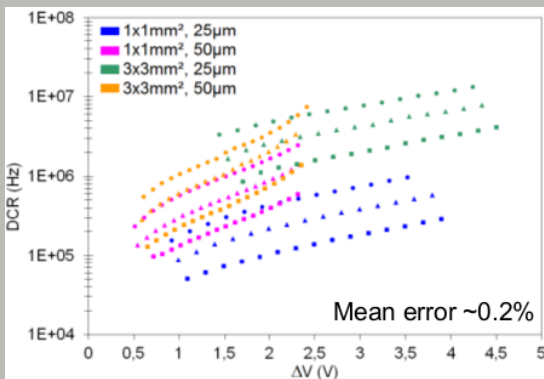


Uniformité de réponse d'une matrice de SiPM avant et après ajustement des DACs



# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

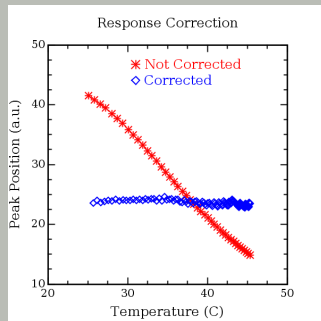
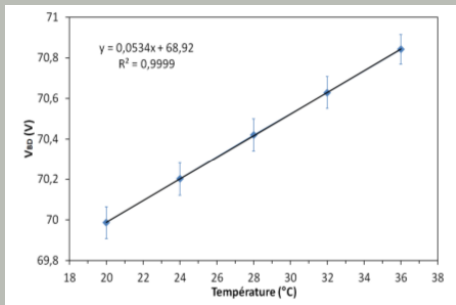
## Bruit d'obscurité



Bruit d'obscurité pour différents SiPMs à différentes températures

# Caractérisation intrinsèque des photodétecteurs

## Effet de la température



Effet de la température sur le seuil d'avalanche et correction du gain sur des SiPMs

# Mesures de scintillation

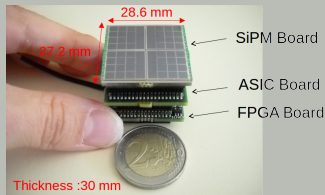
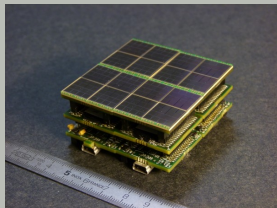
## Matériel

- Scintillateurs :
  - Inorganiques :  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ,  $\text{GaGG}(\text{Ce})$ ,  $\text{NaI}(\text{TI})$ ,  $\text{LYSO}$ ,  $\text{GSO}$ ,  $\text{BGO}$
  - Organiques : p-terphenyl, plastiques
- Source radioactives ponctuelles :  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{204}\text{Tl}$ ,  $^{241}\text{Am}$
- But :
  - Mesures en énergie
    - Résolution énergétique
    - Linéarité
  - Mesures spatiales :
    - Résolution spatiale
    - Distorsion

# Mesures de scintillation

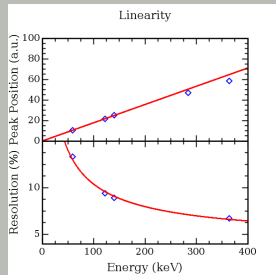
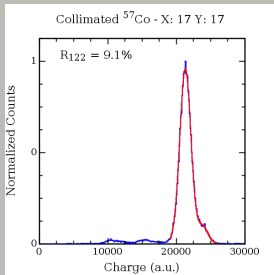
## Exemple : $\gamma$ -caméra

- Les  $\gamma$ -caméra présentent un intérêt pour la chirurgie des tumeurs radio-guidée.
  - en particulier les appareils compacts pouvant être utilisés directement en contact avec les tissus pour une résolution, une sensibilité et une ergonomie améliorée.
- ⇒ **MAGICS : une  $\gamma$ -caméra compacte avec hautes performances basée sur des SiPMs**



# Mesures de scintillation

## Résolution énergétique et linéarité



Spectre de  $^{57}\text{Co}$  et linéarité du  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  avec une matrice de  $16 \times 16$  SiPMs

- Résolution en énergie : 9.1% (10.7 % en moyenne)
- Linéaire jusqu'à 200 keV

# Mesures de scintillation

## Résolution spatiale et uniformité de reconstruction

- Résolution spatiale 0.77 mm (champs de vue utile)
- Champ de vue utile :  $45 \times 45 \text{ mm}^2$

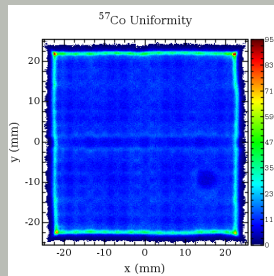
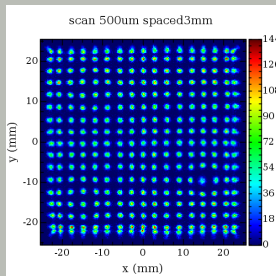


Image de reconstruction d'un scan de points source espacés de 3 mm et d'une irradiation uniforme

# Conclusion et Perspectives

## Résumé

- Mise en place d'un banc de caractérisation de photodétecteurs pour l'imagerie biomédicale
  - Caractérisation intrinsèque de photodétecteurs
  - Mesures à température constante :
    - PDE, Gain, Crosstalk, Uniformité de réponse, Bruit d'obscurité
- Mesures de scintillation
  - Spectres en énergie
  - Reconstruction d'image de sources

## Futur

- Mise en place de mesures de résolution temporelle avec diode laser 70 ps