

**Description:** Le service R&D Détecteur de l'IPN d'Orsay possède une expérience bien établie sur les photomultiplicateurs pour ce qui concerne le développement, l'optimisation et la caractérisation de détecteurs de radiation basés sur le PMTs.

Nous avons l'habitude de développer des bancs de test dédiés pour l'étude de la réponse au photoélectron unique (SER and P/V), les propriétés temporelles, l'uniformité de la photocathode, l'efficacité de détection, le niveau de bruit, le taux d'afterpulse et la variation de la réponse en fonction de la température.

## Les Photomultiplicateurs

**Grand nombre de photomultiplicateurs (~300) pour divers projets en physique nucléaire, physique hadronique et physique des astroparticules:**

Auger Exl Bedo PMm2 Orgam *CND-Clas12*

**3 fournisseurs différents pour un total de 33 modèles de PMTs avec diverses caractéristiques**

Fournisseur	# Etage	Dimension	Forme	# Canaux	Fenêtre	Propriété
Photonis	8	0.5"	Head-on	1	Borosilicate	Bas tension
Hamamatsu	10	0.75"	Hémisphérique	2	Quartz	Haute PHR
ETL	11	1"	Concave	4	Verrier Pyrex	Bas gain
	12	1.125"	Carré			Haute gain
		1.5"				Ultra bas K
		2"				Photocathode SBA
		3"				Photocathode UBA
		5"				Très Rapide
		8"				High linearity
		9"				
		10.6"				
		1" x 1"				
		2" x 2"				



## Equipements – Savoir faire

- Salle étanche à la lumière pour tester plusieurs PMTs en même temps.
- Sources de lumière à LED
- Enceinte climatique (Voestch VC4034) et boîte noire. Variation de température entre -40° et +50°C
- Systèmes d'acquisition de données basés sur système CAMAC et VME
- Oscilloscope LeCroy WavePro 715ZI: 1.5GHz de bande passante, 20 GS/s
- Carte digitizer MATAQC: 1GS/s, gamme dynamique [-0.5, +0.5]V, 2GHz, 12 bits
- Atelier électronique pour le design, réalisation et tests de circuits imprimés et des embases des PMTs. Un plan travail recouvert d'une tôle en laiton, afin de créer un plan de masse efficace, est disponible dans l'atelier pour les mesures sensibles au niveau de bruit



**Collaboration de longue durée avec Photonis sur plusieurs sujets de R&D de PMTs**

## Exemples de réalisations

### Choix des PMTs pour le Central Neutron Detector de CLAS12

**Mesures de résolution temporelle et études dans un champ magnétique (@ LAL):**

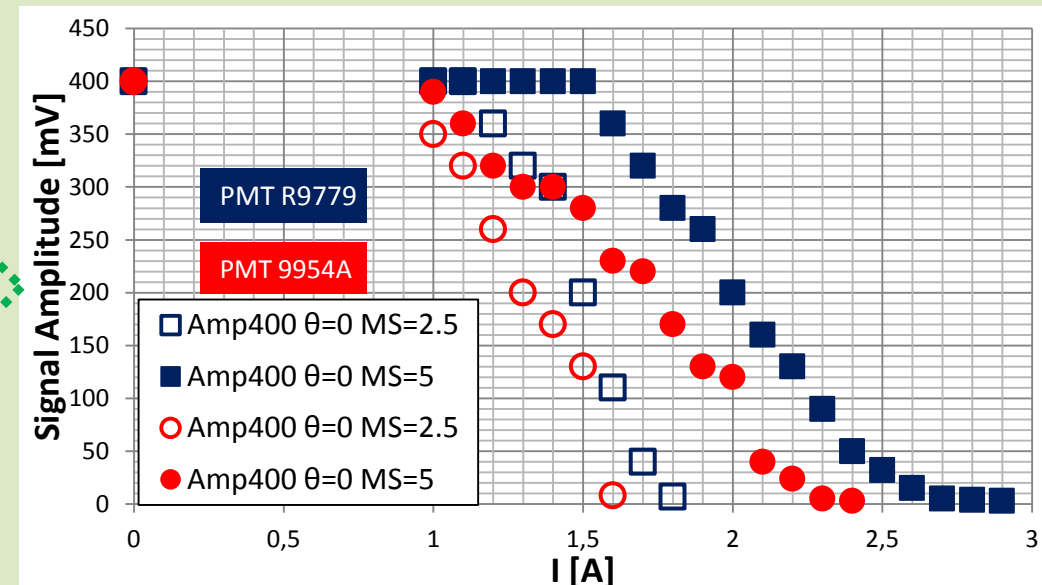
4 différents PMTs considérés:

- Hamamatsu R2083
- ETL 9954A
- Hamamatsu R9779
- Hamamatsu R10533

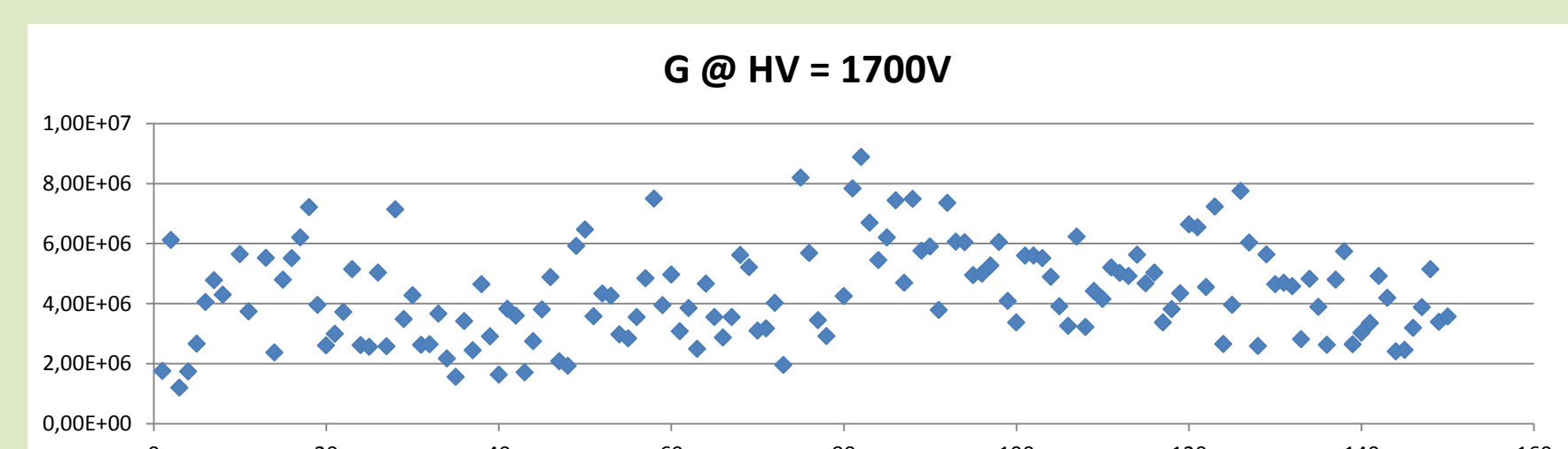


- ✓ PMT R9779
- ✓ PMT 9954A
- ✓ Acier doux (AD) = 2.5 mm à 5 mm
- ✓  $\mu$ -metal = 1 mm
- ✓  $\theta$  entre 0° et 30°
- ✓ PMT irradié par un LED via de la fibre optique

$\theta=0^\circ$ , amplitude=400mV  
Comparaison des deux PMTs avec deux blindages différents (AD=2.5 mm, AD=5 mm)



### Calibration des 150 PMTs du CND de Clas12



Calibration, à la LED, des PMTs par groupe de 8, dans la salle de test étanche à la lumière

**Le PMT R10533 est le choix final pour équiper le CND. Ce PMT offre excellente résolution temporelle et haute gain pour un prix compétitif**

"Design and time properties of the Central Neutron Detector for CLAS12"  
Présentation à la conférence IEEE NSS - MIC 2013

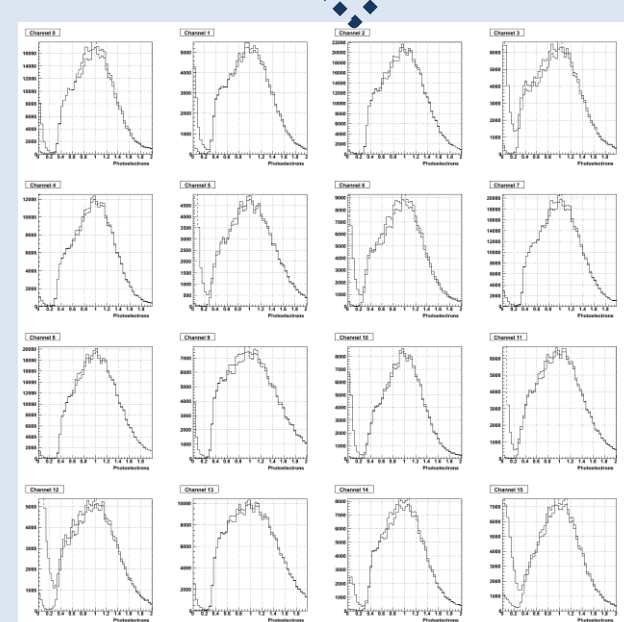
### R&D des PMTs pour les expériences en astroparticules: le projet PMm2

- Conception d'une embase étanche à l'eau
- Banc de test pour l'étude de tenue sur pression de PMT de 1"
- Conception d'une carte mère, d'un protocole de communication avec un système de DAQ à longue distance (100m), et d'une nouvelle version de TDC implémentée dans le circuit PARISROC2
- Conception et construction d'un démonstrateur



Le démonstrateur PMm<sub>2</sub> mesure le nombre de photoelectrons et leurs temps d'arrivés sur la photocathode avec un taux de perte inférieur au 4% effets du bruit inclus.

Il est possible de mesurer le pic de l'électron unique et de compenser la dispersion en gain du PMT en raison de la haute tension commune



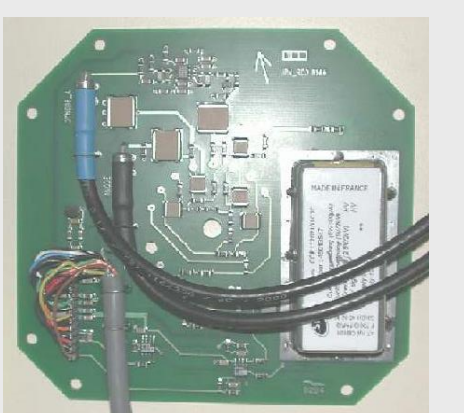
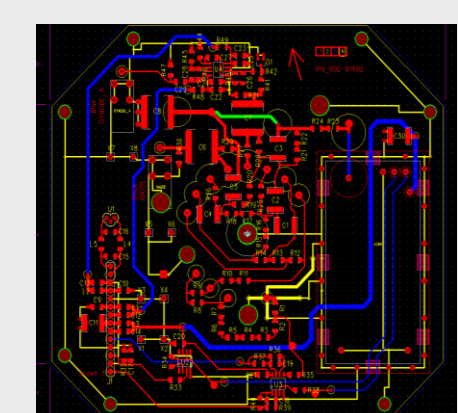
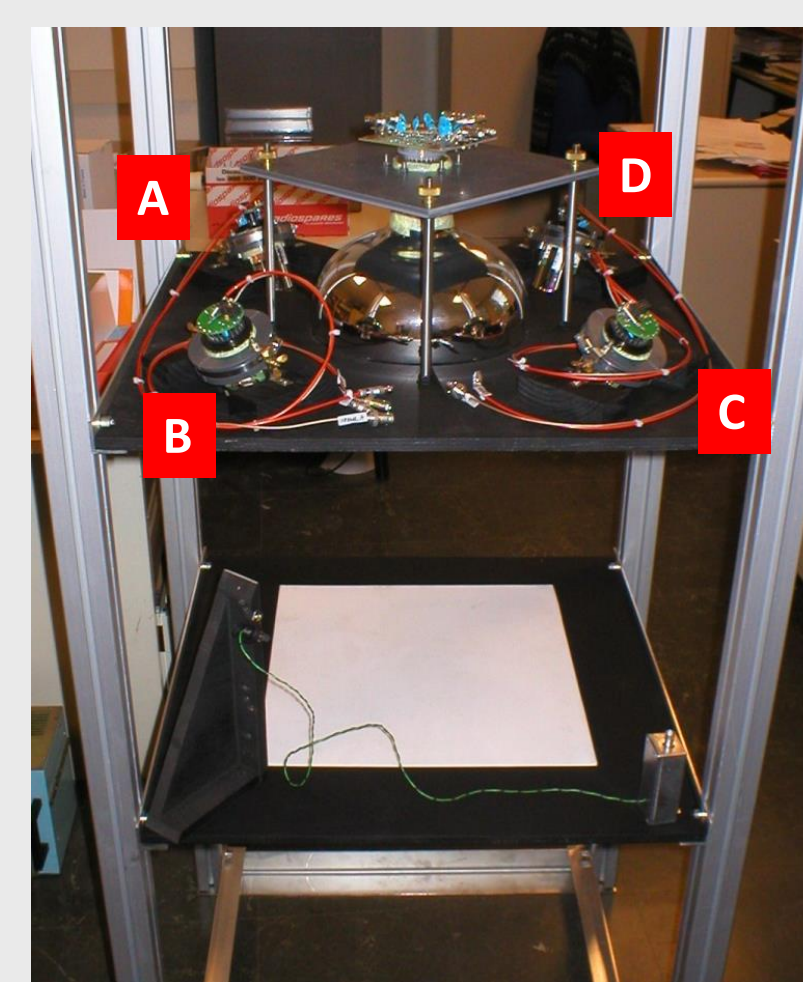
**Un démonstrateur de 16 PMTs (8"), insérés dans une cuve d'eau étanche à la lumière et équipé de son électronique de lecture, a été livré à la collaboration LAGUNA**

"Large Photomultiplier and innovative electronics for the next-generation neutrino experiments"  
Nucl. Inst. Meth. A 610 (2009) 249-252

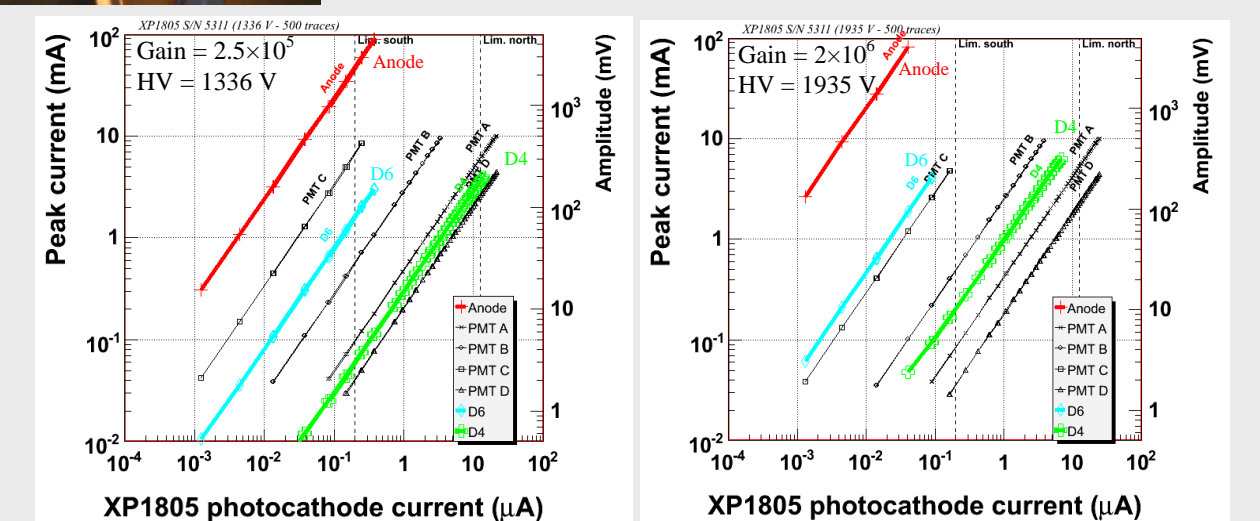
### Etudes des embases pour les PMTs de l'observatoire Pierre Auger

**Réalisation des embases de faible consommation et de grande gamme dynamique. Trois PMTs à équiper pour chacune des ~1600 cuves d'eau qui constituent la totalité de l'observatoire, pour un total de ~5000 embases à fabriquer (en collaboration avec INFN-TO)**

- ✓ Conception de l'embase
- ✓ Validation de la conception
- ✓ Réalisation et mise au point d'un banc de test pour valider la fonctionnalité des embases
- ✓ Production de 2500 embases (assurée par une entreprise extérieure): câblage, cycles thermiques et tests fonctionnels



Mesure de linéarité du PMT XP1805 (@ G=2.5 10<sup>5</sup> et G=2.5 10<sup>6</sup>). La lumière de la LED est envoyée vers une feuille diffuseuse et est détectée par les PMTs. Les PMTs A,B,C,D autour du PMT testé, sont utilisés comme références.



**Les PMTs sont opérationnels à Malargüe (Argentine) depuis 2005. Le service RDD de l'IPNO a été responsable de la maintenance des embases**

"Low power high dynamic range photomultiplier bases for the surface detector of the Pierre Auger observatory"  
Nucl. Inst. Meth. A 504 (2003) 240-244

**Localisation:** Salle M905 et M908  
bât. 100M de l'IPN d'Orsay  
15 Rue Georges Clemenceau  
91406 Orsay Cedex

**Contacts:** Bernard GENOLINI genolini@ipno.in2p3.fr  
Giulia HULL hull@ipno.in2p3.fr  
Michaël JOSSELIN josselin@ipno.in2p3.fr  
Thi NGUYEN TRUNG trung@ipno.in2p3.fr  
Thomas ZERGUERRAS zerguer@ipno.in2p3.fr

**Site web:** <http://ipnwww.in2p3.fr/R-D-Detecteurs->