



PMm² PMm²

PMm² (Photo Multiplieurs mètre carré) est un projet ANR qui s'étend de 2007 à 2009. Il s'agit de démontrer la faisabilité de la mise en réseau de nombreux photodétecteurs afin de réduire le coût des futures expériences mettant en jeu plusieurs dizaines de milliers de ces détecteurs en minimisant le nombre de connexions.

Introduction

Contexte scientifique et objectifs du projet : la couverture de très grandes surfaces de photodétection est un élément essentiel des dispositifs expérimentaux dévolus aux études des gerbes atmosphériques de grande énergie, des neutrinos de différentes sources (soleil, atmosphère, supernova, réacteurs, accélérateurs) ainsi que celles sur la désintégration du nucléon prévue par les théories de Grande Unification. Les expériences des générations futures dont les potentiels de découvertes sont importants ne pourront plus être le simple agrandissement des expériences existantes qui utilisent des photomultiplicateurs (PM) de très grandes dimensions (jusqu'à 50 cm de diamètre) et un système centralisé d'acquisition. Elles devront faire appel à des capteurs intelligents distribués, par analogie à la grille de calcul par rapport aux « Super calculateurs ». L'objectif de ce projet est une « recherche amont » en vue de réaliser de grands détecteurs utilisant des

Points forts

Conception et test de la carte électronique de surface qui assure l'alimentation, la communication et la synchronisation avec le boîtier étanche immergé.

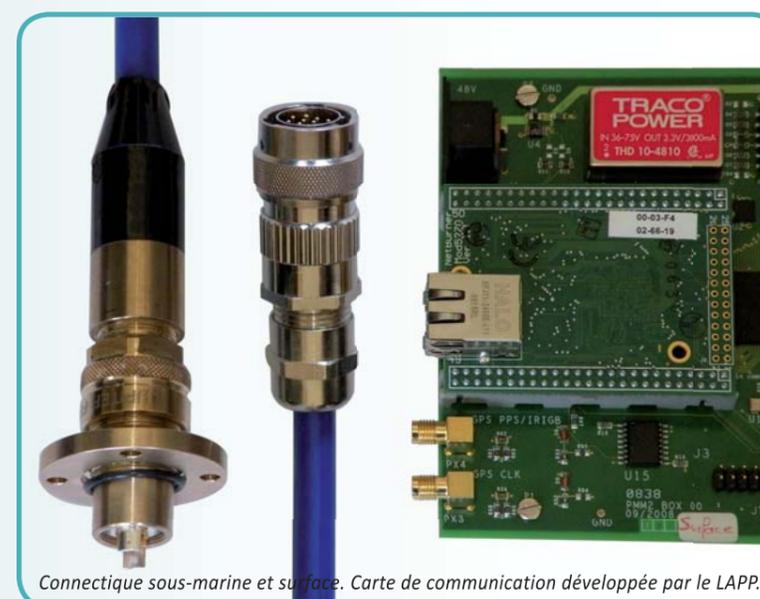
Choix et qualification du câble et des connecteurs sous-marins reliant un macro pixel à l'acquisition.

milliers de photomultiplicateurs. Les partenaires se proposent de segmenter de très grandes surfaces en macro-pixels connectés à une électronique innovante autonome permettant alors de réduire considérablement le coût surfacique de ces détecteurs et facilitant leur industrialisation. Ce développement est rendu possible par les progrès de la microélectronique qui permettent d'intégrer tous les composants d'amplification et de traitement du signal de nombreuses voies de PM dans un circuit intégré (ASIC). Seules les données utiles sont ensuite expédiées par réseau vers le système de sauvegarde des données.

Un macro-pixel est composé de 16 photomultiplicateurs connectés à une électronique de traitement placée dans un boîtier étanche. Il est immergé dans une cuve d'eau pure à une profondeur pouvant atteindre 100 m. La liaison avec l'acquisition de données située en surface se fait par un câble unique.

La collaboration

Les partenaires sont le LAL (porteur du projet ANR), l'IPNO et le LAPP, ainsi que l'industriel PHOTONIS.



Connectique sous-marine et surface. Carte de communication développée par le LAPP.

Activités de recherche du groupe du LAPP

Le LAPP a la responsabilité de deux volets techniques du projet et de la simulation physique.

Conception et test de la carte électronique de surface

La carte électronique de surface doit assurer l'alimentation, la communication et la synchronisation avec le boîtier étanche immergé. Les données sont ensuite envoyées vers le PC d'acquisition via le réseau Ethernet. La communication avec le boîtier étanche distant de 100 m se fait via un câble constitué de (au moins) 2 paires différentielles : une pour le transport de données bidirectionnelles et une pour la transmission de l'horloge de synchronisation. Ces 2 paires utilisent le format RS485 et le codage Manchester pour les données. La puissance est fournie via un transformateur issu du standard Power Over Ethernet.

La carte électronique de surface est principalement constituée d'un circuit programmable (FPGA) assurant la communication avec le boîtier étanche et d'un microcontrôleur assurant la communication avec le réseau Ethernet.

Choix et qualification du câble et des connecteurs sous-marins reliant un macro-pixel à l'acquisition

Nous avons comparé les différentes solutions pour transporter de la puissance électrique et des données bidirectionnelles à 100 m de profondeur. Plusieurs câbles sous-marins ont été sélectionnés, ainsi que plusieurs types de connecteurs étanches, afin de comparer prix et performances. Ils ont été assemblés et surmoulés en polyuréthane selon les procédés industriels qui seraient utilisés en série. Ces câbles subissent des tests électriques approfondis ainsi que des tests en pression. Les résultats de ces tests nous permettront de faire le choix du câble qui sera produit en 10 000 exemplaires pour les futures expériences.

Simulation physique

Depuis février 2008, le LAPP est responsable de la partie simulation du projet. Une première simulation Monte Carlo avec GEANT4 dans le but de déterminer la géométrie de la cuve de test équipée de 16 tubes photomultiplicateurs permettant la détection des muons cosmiques à la surface a été réalisée. Une cuve de $2 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$ avec les 16 PM placés au fond est amplement suffisante pour cet objectif. C'est ainsi, que la collaboration avec l'équipe MEMPHYNO de l'APC-Paris VII a démarré. MEMPHYNO est le prototype de MEMPHYS. MEMPHYNO sera équipé des 16 PM PHOTONIS de PMm^2 et de l'électronique associée une fois validée. Il sera installé dans le laboratoire souterrain de Modane dans le tunnel du Fréjus et il sera dédié essentiellement à l'étude des bruits de fond physiques. La simulation du détecteur mégatonne MEMPHYS découle naturellement de cette collaboration. Elle est également une brique importante dans le projet européen EuroNu qui a pour objectif de décider en 2012 de la meilleure technologie de détecteur parmi trois : Cherenkov à eau, détecteur argon liquide ou scintillateur liquide, pour la prochaine génération d'expériences en physique des neutrinos.

Publications importantes

1. "Large area photodetection for Water Cerenkov detectors PMm^2 proposal: Front End Electronics MAROC ASIC", IEEE 07. Ch. de La Taille.
2. " PMm^2 Electronic readouts", NNN 07. J. Pouthas.
3. " PMm^2 : large photomultipliers and innovative electronics for the next-generation neutrino experiments", NDIP 08 [arXiv:0811.2681] Submitted to Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. A, November 14, 2008. B. Genolini et al.

L'équipe du LAPP

Physiciens : D. Duchesneau, J. Favier, A. Zghiche

Equipe Technique : N. Dumont-Dayot, R. Hermel, J. Tassan