

DRAFT

Auteur : J.E Campagne
18 mai 2005
MégaTonne/180505

Diffusion : Ch. Cavata, L. Mosca, J. Pouthas, H. Lebbolo, Ch. De La Taille, F. Pierre, E. Delagnes, J. Bouchez, J. Dumarchez, Stavros Katsanevas

Objet : Fiche signalétique préliminaire d'une électronique PMT MégaTonne

Introduction

Lors d'une réunion au LAL le 22 avril 2005, les personnes présentes ont convenu d'éditer un petit document afin de préciser un cahier des charges d'une électronique pour l'acquisition du signal de PMT pour un MégaTonne.

En remarque préliminaire, même si le sujet est très intéressant en soit, ne sont pas abordés dans ce document : des comparaisons de photodétecteurs (PMT, HPMT, HPD), voire des comparaisons avec des procédés plus exotiques (panneaux de Micromégas). Ces sujets pourraient faire l'objet de documents différents.

Le document s'appuie sur (les chiffres [x] servent aux références futures mais en aucun cas pour hiérarchiser les sources) :

- [1] Des transparents de C. Marmonier de Photonis-DEP, de J. Pouthas (IPNO), et d'autres intervenants japonais de SK présentés à l'atelier NNN05 d'Aussois des 7-9 avril 2005 (site web : <http://nnn05.in2p3.fr/>);
- [2] Il a été également mentionné le document NIM de description de l'expérience Super-Kamiokande (SK par la suite) disponible sous la référence NIM A501 (2003) 418-462.
- [3] Il a été également mentionné le document NIM de description de l'expérience Super-Kamiokande (SK par la suite) disponible sous la référence NIM A501 (2003) 418-462.

Au cours de la discussion, il est apparu que la « logique de trigger » dépend selon toute vraisemblance des canaux de physique : désintégration du proton, oscillations de neutrinos utilisant des accélérateurs, oscillations de neutrinos utilisant le Soleil et l'atmosphère, étude des explosions de supernovae (explosion ou neutrinos reliques).

Pour aborder ce point, il paraît judicieux de pouvoir disposer du cahier des charges du trigger de SK. Il est par ailleurs jugé que la réalisation de ce cahier des charges est en soit moins intéressante si SK utilise une électronique « classique ». La recherche d'un expert de SK est prioritaire, mais la référence [3] doit être un point de départ pour notre propre analyse.

Cahier des charges...

Cette partie du document est susceptible d'évolution au fur et à mesure de nos connaissances.

Le coût de la voie de photodétection qui devrait inclure en toute logique le PMT, la HT, l'électronique et la mécanique est un point critique dans les projets MégaTonne. Si l'on se restreint, comme l'a fait C. Marmonier de Photonis [1], à ne comptabiliser que les PMTs, on atteint déjà la somme d'environ **500M€ pour 200,000 PMTs 20'' Hamamatsu** (estimé 2500€/pièce). A couverture constante, il faudrait 540,000 PMTs de 12'' estimés à 800€/pièce. Le point d'équilibre pour l'électronique + HT + mécanique se situe à **200€/voie**. Par point d'équilibre, il faut entendre un coût total identique pour les PMTs et leur électronique.

Le PMT de 12'' a des avantages selon Photonis quand on regarde le Coût/(cm² x QE x CE), car on passe d'un facteur 12.6 pour un 20'' à un facteur de 7.7 pour un 12''. Mais, on peut se demander s'il est bien envisageable de produire 540,000 PMTs. En tous cas, 200€/voie semblent jouables, car on peut compter sur 70€/voie pour une HT à la Auger (ETL). Il reste donc environ 130€/voie pour l'électronique (avec les cables et la mécanique d'intégration).

Un consensus s'est dégagé pour étudier une électronique **ASIC** mise au plus près du détecteur et pouvant ne faire véhiculer vers « l'extérieur » qu'une information digitale (Ethernet à la Opera).

En suivant les indications [2] valides pour des 20'' actuellement en fonctionnement pour le détecteur kT à KEK (et sans doute valides pour les mêmes PMTs dans SK), on note les chiffres suivants :

Item	Valeur	Commentaires
Gain PMT	10 ⁷	2000 Volts
Courant d'obscurité	200nA	
Déclenchement	1/4 p.e	Auto-trigger requis
Taux de Comptage	3kHz	@ 1/4 pe
TDC	12bits ÷ 0.4ns/count	
ADC	12bits ÷ 0.15pC	1p.e à 10 ADC jugé trop juste selon le rapport pic/vallée des 20''. Sans doute 1pe à 20-30 ADC est jugé plus réaliste.
Résolution	2ns	
« Burst »	6 10 ⁵ evts/sec pour l'ensemble du détecteur	SuperNovae

Il semble également que le « bruit » de photons réels dû aux réflexions et diffusions soit sur les PMTs ou bien l'environnement immédiat de ces derniers, soit un des points sur lequel les attentions se porte actuellement dans SK (cf. l'image d'un anneau Cerenkov reconstruit avec le MC standard de SK et l'évolution que l'on peut en attendre si l'on supprimait ces effets parasites). Ainsi, le ratio « pic/vallée » (pureté du 1pe) des PMTs n'est pas forcément critique, mais l'efficacité à détecter le 1pe est essentielle.

Il a été mentionné également que l'électronique doit permettre la détection d'événements retardés (ex. $\mu \rightarrow e$ temps caractéristique 2 μ s). A part éventuellement la remontée de la ligne de base de la HT, il ne semble pas y avoir de contrainte supplémentaire sur l'électronique.

La consommation à raison de 10W/voie (2MW/200,000PMTs de 20'') n'est pas un problème, L'expérience Auger fait actuellement trois fois mieux (10 W pour l'ensemble d'une cuve de 3 PMT)

Les idées existent déjà pour remplir le « cahier des charges » minimal cité ci-dessus, et la réflexion devrait se pencher 1) à **clarifier la logique de trigger** mentionnée dans l'introduction, et 2) à **préciser** comment serait envisagé **le regroupement de l'information** de chaque PMT. Dans ce cadre, pour aborder le point n°2, un groupement 4x4 PMTs a été évoqué (soit 1m² avec des 12'') comme granularité d'un niveau juste au dessus du PMT.

Lien avec le GIS-Photonis

Les laboratoires de l'IN2P3 (IPNO et LAL) sont impliqués dans le GIS Photonis et peuvent par ce biais influencer le R&D sur les photodétecteurs. L'IPNO est engagée dans la qualification de PMTs 8''-9'' et 12'' à l'avenir, et également pour d'autres types de photodétecteurs dont Photonis a le savoir faire : les Hybride-PMT (HPMT) et les Hybride Photo Diode (HPD). Le but de ces qualifications est de retenir le « meilleur » photodétecteur (le qualificatif « meilleur » inclut les coûts industriels). Le LAL est engagé dans la conception et la réalisation d'ASIC de l'électronique frontale (ADC inclus) de tels photodétecteurs (Smart PMT).

D'autres laboratoires soit de l'IN2P3 soit du CEA pourraient être intéressés par des développements sur l'électronique « MégaTonne ».