

MACFLY



Measurement of Air Cherenkov and Fluorescence Light Yield

Expérimentateurs : P. Nédélec
 Equipe Technique : J. Ballansat, F. Cadoux, M. Cailles, P-Y. David, C. Girard
 Doctorants : P. Colin
 Visiteurs étrangers : A. Chukanov, D. Naumov, Y. Nefedov, L.. Tkatchev, B. Sabirov

Abstract : Most of the experiments looking for Ultra High Energy Cosmic Rays (UHECR) : Auger, HiRes, TA on Earth or EUSO, TUS, ..., in space, are using the air fluorescence technique to detect the interaction of UHECR with the atmosphere. The precise knowledge of the Fluorescence Light Yield (FLY) becomes a key point to reduce the sources of uncertainty on the energy reconstruction. At LAPP, we have initiated a new experiment, MACFLY – Measurement of Air Cherenkov and Fluorescence Light Yield, to measure the air and pure nitrogen FLY, produced both by a single track and by an electromagnetic shower developing in the gas. Two separate devices are used to perform the measurements, both running at gas pressure between 0 and 1200 mbar. The electron energy varies from few MeV (^{90}Sr source) to 50 GeV (CERN test beam). All the collected data are recorded, on an event per event basis. MACFLY is the first laboratory experiment to measure the FLY induced by Extended Air Showers.

Présentation générale

L'expérience MACFLY consiste à observer à l'aide de photomultiplicateurs sensibles à l'UV (300-400 nm) la lumière de fluorescence (FLY) et de Tcherenkov (le cas échéant) produite par le passage de trace(s) chargée(s) dans une enceinte contenant le gaz à étudier. L'originalité de cette expérience provient de la capacité du détecteur à pouvoir mesurer la FLY produite par le développement d'une gerbe électromagnétique dans l'air (ou l'azote) reproduisant ainsi en laboratoire ce qui se passe pour une gerbe réelle se développant dans l'atmosphère. Cette approche a le mérite de pouvoir comparer des données expérimentales avec les programmes de simulations. Deux détecteurs indépendants mais pouvant travailler en série, MF1 et MF2, ont été optimisés pour ces mesures. L'un, MF1 (figure de gauche) est utilisé pour mesurer la FLY des traces uniques et l'autre MF2 (figure de droite) sert à la mesure des gerbes électromagnétiques se développant dans le gaz.

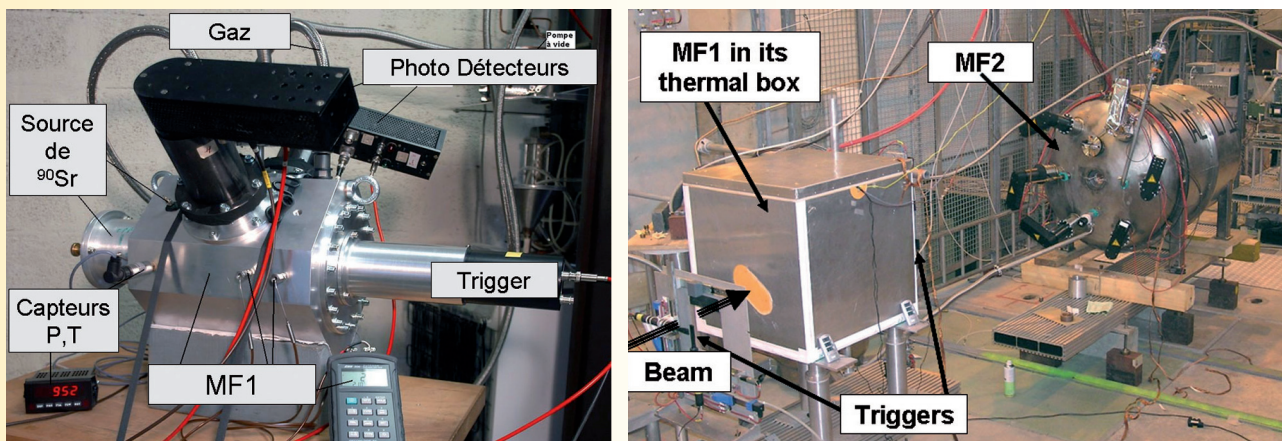


Figure 1 : (à gauche) MF1 équipé de son système de source et de déclenchement. (à droite) MF1 (dans sa boîte thermique) + MF2, installés sur la ligne de faisceau test du CERN

Le passage d'une trace chargée dans l'air produit environ 4 photons par mètre de trace. Dans MF1, une trace produit un signal moyen de 0.01 photon-électron (pe). La sensibilité de l'instrument correspond à 10^{-3} pe.

Dans une première étape, les mesures, à différentes pressions, ont été effectuées en laboratoire à l'aide d'une source β^- de ^{90}Sr installée sur MF1, permettant des mesures de références à quelques MeV. Par la suite le dispositif expérimental complet a été installé sur une ligne de faisceau du CERN, pour des études à hautes énergies (50 GeV).

Collaboration

La collaboration MACFLY regroupe une quinzaine de collaborateurs. Elle s'est bâtie autour du groupe du LAPP avec comme partenaire principal le groupe du JINR-Dubna (Russie), impliqué dans le projet spatial TUS. Un soutien dans le cadre des accords IN2P3-JINR a permis une collaboration fructueuse. Un groupe du LIP-Coimbra (Portugal), spécialisé dans les mesures de fluorescence, s'est joint à la collaboration.

Le domaine scientifique étudié par le groupe du LAPP couvre la totalité du domaine d'investigation de MACFLY, à savoir, la mesure de la production de lumière induite, principalement par fluorescence (FLY), par une trace unique ou par une gerbe se développant dans un gaz quelconque (air et azote en pratique). Les instruments MF1 et MF2 permettent d'étudier la production de FLY pour une pression gazeuse variant entre 0 et 1200 mbar et une température pouvant, en principe, varier entre -50° et $+30^{\circ}$ C.

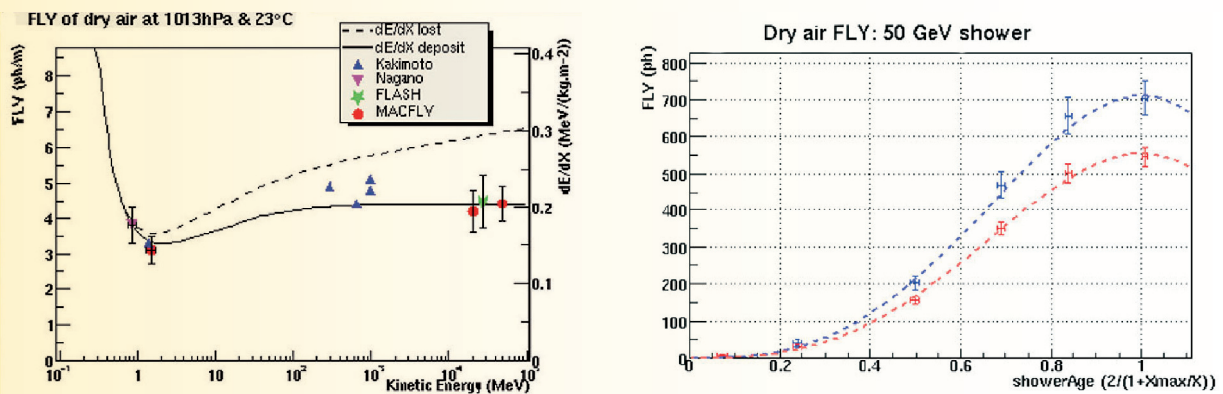


Figure 2 : (à gauche) Production de fluorescence (FLY) en fonction de l'énergie incidente mesurée dans MF1 ; (à droite) FLY produite par une gerbe se développant dans l'air, en fonction de la longueur de radiation.

Les études ont permis de mesurer la variation de la FLY en fonction de l'énergie des particules incidentes. La figure 2 montre les résultats de MACFLY comparés à d'autres expériences ; la FLY dépend bien de l'énergie déposée dans le gaz. Les résultats préliminaires obtenus avec MF2, nous ont permis de vérifier le comportement de la FLY en fonction de l'âge de la gerbe, autrement dit en fonction de la longueur de radiation traversée.

Conceptions et réalisations

La conception et la réalisation des instruments ont été intégralement réalisées au LAPP. Un effort particulier a été fait en mécanique concernant l'étanchéité gazeuse et lumineuse. La qualité du travail a permis d'obtenir une très grande sensibilité de l'instrument. Nos collègues du JINR ont collaboré à la simulation de MF2 et ont assuré sa construction.

Faits marquants - Perspectives

La conception, la réalisation et l'utilisation de MACFLY se sont effectuées très rapidement, MF2 devant impérativement entrer dans la « fenêtre de tir » du temps faisceau attribuée par le CERN. L'efficacité des services techniques et la détermination des physiciens ont permis au groupe d'être prêt à temps, et une première campagne de mesures a ainsi pu être réalisée. Pour parfaire les mesures en énergie, une mesure intermédiaire (100 MeV) serait utile. Celle-ci pourrait être réalisée par nos collaborateurs russes au JINR. L'étude en fonction de la température a été amorcée, il conviendrait de développer le système de thermalisation pour compléter les mesures et obtenir une mesure de la FLY en fonction des paramètres qui caractérisent l'atmosphère : pression, température et humidité.

En février 2005, nous avons organisé le troisième atelier international consacré à la mesure de la fluorescence de l'air : IWFM05. La communauté concernée s'y est retrouvée pour discuter de l'avancée des mesures.

Pour en savoir plus

<http://lapp.in2p3.fr/MACFLY>

<http://lapp.in2p3.fr/IWFM05>

Thèse de Pierre Colin : LAPP-T-2005-06