

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

---

**INFN/TC-95/26**  
**15 Settembre 1995**

A. Cassotana, P. Domenichini, M. Anghinolfi, M. Battaglieri, P. Cocconi, A. Longhi,  
F. Parodi, M. Ripani, A. Rottura, M. Taiuti:

**IL CONTROLLO AUTOMATICO DEL SISTEMA OTTICO DI LETTURA  
DEL CALORIMETRO A GRANDE ANGOLO PER CLAS**

**IL CONTROLLO AUTOMATICO DEL SISTEMA OTTICO DI LETTURA DEL  
CALORIMETRO A GRANDE ANGOLO PER CLAS**

A. Cassotana<sup>a</sup>, P. Domenichini<sup>b</sup>, M. Anghinolfi<sup>c</sup>, M. Battaglieri<sup>c</sup>, P. Cocconi<sup>c</sup>, A. Longhi<sup>c</sup>, F.  
Parodi<sup>c</sup>, M. Ripani<sup>c</sup>, A. Rottura<sup>c</sup>, M. Taiuti<sup>c</sup>.

<sup>a</sup>Ditta CET, Via Emiliani 18, I-16035 Rapallo

<sup>b</sup>VIRTUAL@PN.ITNET.IT

<sup>c</sup>INFN-Sezione di Genova, Via Dodecanneso 33, I-16146 Genova

**INTRODUZIONE**

La collaborazione AIACE<sup>[1]</sup> partecipa alla attività sperimentale della Hall B<sup>[2]</sup> a CEBAF<sup>[3]</sup> fornendo alcuni moduli del calorimetro elettromagnetico (LAC = Large Angle Calorimeter) che costituisce la parte esterna di CLAS<sup>[3]</sup>, il grande rivelatore a  $4\pi$ . Questo calorimetro, in combinazione con i contatori Cherenkov, serve all'identificazione di elettroni in presenza di un elevato fondo di pioni ed è inoltre utilizzato per la rivelazione dei fotoni di decadimento da mesoni neutri ( $\pi^0, \eta, \eta'$ ) e per la misura dell'impulso dei neutroni con i tempi di volo<sup>[4]</sup>.

Ciascun modulo del LAC è costituito da una struttura a più strati fatta da fogli di piombo alternati a barre di scintillatore plastico: gli strati consecutivi sono disposti a  $90^\circ$  e formano una matrice di  $40 \times 24$  celle di dimensione  $10 \times 10$  cm<sup>2</sup>. Il modulo è diviso verticalmente in una parte interna ed esterna per ottimizzare la separazione  $e^-/\pi$ ; le barre di plastico (separatamente per la parte interna ed esterna) che giacciono una al di sopra dell'altra formano 128 colonne indipendenti. Lo sciame elettromagnetico è generato nel piombo e si propaga negli strati successivi; la frazione assorbita nella parte attiva produce un impulso luminoso che viene raccolto ai due estremi di ciascuna barra di scintillatore plastico. La luce raccolta è sommata, separatamente per ciascuna pila di barre (e separatamente per la parte interna ed esterna) per essere poi trasportata al fotomoltiplicatore.

Gli impulsi luminosi emessi da 8 o 9 diversi scintillatori sono perciò raccolti in un solo fotomoltiplicatore posizionato sulla superficie esterna del calorimetro.

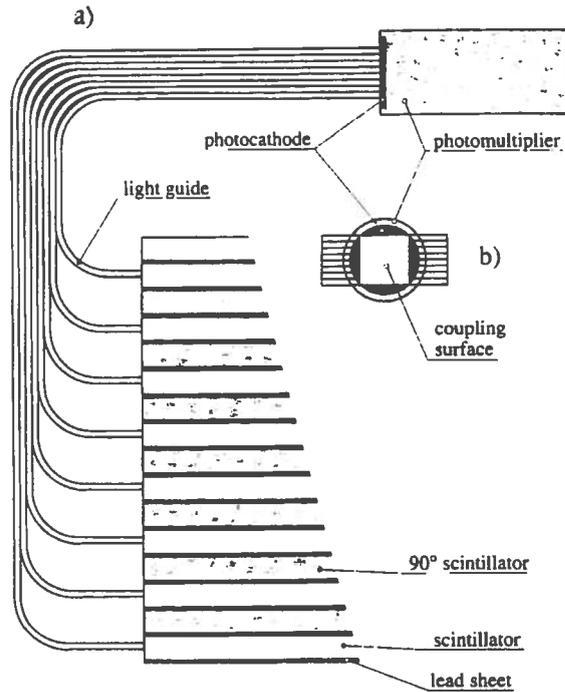


Fig. 1 – Il disegno di una guida di luce vista di lato(a) e di fronte (b).

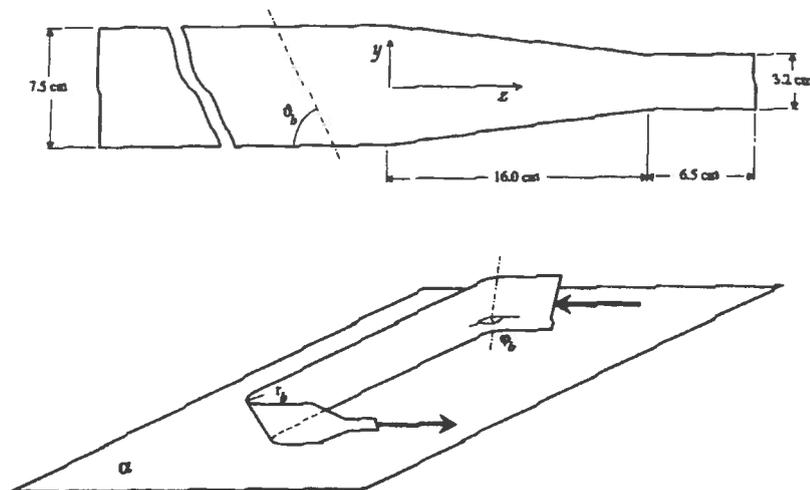


Fig. 2 – Una singola banda della guida di luce senza (alto) e con le due piegature (basso); le due frecce indicano la direzione di entrata e uscita di un raggio di luce parallelo al piano  $\alpha$ .

In Figura 1 è riportato schematicamente il disegno della guida<sup>[5]</sup> che conduce la luce dal plastico fino al fotomoltiplicatore. Ciascuna guida è composta da un insieme di bande in plexiglas della forma illustrata in Figura 2: lo spessore è di 0.4 cm, la larghezza è di 7.5 cm sul lato dello scintillatore e di 3.2 cm. su quello del fototubo.

La forma di ciascuna banda rimane invariata sebbene cambino sia la lunghezza che la piegatura, in funzione della distanza tra gli scintillatori ed il fotomoltiplicatore.

L'efficienza relativa di trasmissione in funzione della lunghezza e del tipo di piegatura è stata inizialmente misurata utilizzando direttamente la luce prodotta dagli elettroni emessi da una sorgente di  $^{90}\text{Sr}$  posta sulla barra di plastica, tramite un fotomoltiplicatore posto all'altro estremo della banda<sup>[5]</sup>. Tale sistema, operando in condizioni assai simili a quelle di misura, è estremamente preciso ed affidabile ma richiede un elevato tempo di esecuzione e l'assoluta necessità di lavorare in condizioni di buio totale. Dato l'elevato numero di guide da controllare (256 per modulo, 8-9 bande per guida) si è dovuto pensare ad un sistema alternativo più rapido e pratico ma altrettanto affidabile. In particolare si è arrivati alla definizione di un nuovo apparato in grado di:

- misurare l'efficienza di trasmissione di a) ciascuna banda e b) di tutta la guida con elevato grado di riproducibilità (migliore del 3% entro  $2\sigma$ ),
- ottimizzare tutta l'operazione nei confronti del tempo e della semplicità di esecuzione,
- operare a luce ambiente o penombra,
- automatizzare con PC l'emissione, la ricezione e la memorizzazione su supporto della luce trasmessa da ciascuna banda effettuando poi alcune valutazioni statistiche.

Di seguito descriviamo il sistema e infine discutiamo i risultati ottenuti.

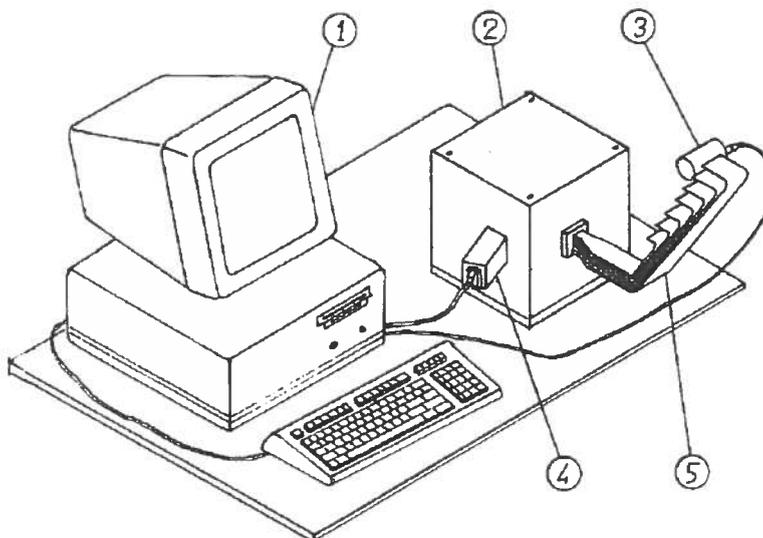
## IL SISTEMA AUTOMATICO DI CONTROLLO

In Figura 3 è riportata una visione molto schematica del sistema di controllo realizzato.

Un tubo attinico Philips TL 4W/05 da 4 W costituisce la sorgente luminosa con uno spettro di emissione 300-460nm che si sovrappone ampiamente alla lunghezza d'onda tipica della luce prodotta nello scintillatore plastico dalle particelle ionizzanti (420 nm).

Il tubo (lunghezza 110 mm,  $\varnothing$  16mm) è alimentato a 220 V, ha una vita media di 2000 h ed è contenuto in un apposito manicotto che mette a contatto le superfici del tubo stesso con l'estremità della banda in misura. L'inserimento di quest'ultima è effettuato con semplice operazione manuale e la sua tenuta a contatto è garantita tramite un sistema di molle. Un fotodiodo Centronic tipo UDT 5DP posizionato nel manicotto misura la luce emessa direttamente dal tubo, monitorandone le eventuali variazioni nel tempo.

La frazione di luce che viene trasmessa attraverso la guida viene misurata all'altro estremo tramite un altro fotodiodo Centronic OSD 5.8-7 UV-enhanced posizionato sulla superficie interna di una sfera integratrice. Tale sfera, realizzata presso la nostra officina, è stata ottenuta lavorando internamente le due metà di un cubo di alluminio di 200mm di lato fino ad ottenere due incavi emisferici di raggio 150 mm perfettamente equivalenti. La superficie interna è stata poi ricoperta da vari strati di vernice speciale (NE 560 paint) per garantire la massima diffusione e riflessione della luce (riflettività  $\cong 95\%$  per  $\lambda=420$  nm). Questo accorgimento ha permesso di misurare la luce trasmessa in un modo ampiamente indipendente dal posizionamento dell'estremo della guida dentro la sfera integratrice ed ha garantito un elevato grado di riproducibilità delle misure.



**Fig. 3** – Il sistema automatico di controllo con il PC (1), la sfera integratrice (2), il manicotto contenente la sorgente luminosa (3), il fotodiodo per la lettura della luce nella sfera integratrice (4), una guida di luce (5); la meccanica per il supporto della guida non è illustrata.

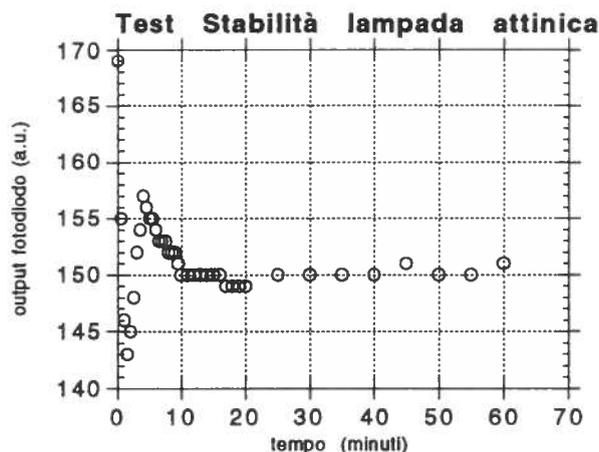
I segnali provenienti dai due fotodiodi, opportunamente preamplificati, vengono quindi inviati al PC (mod IBM xxxx) che effettua la loro conversione numerica, alla visualizzazione su schermo e, su opportuna richiesta, alla memorizzazione su supporto magnetico.

Una volta che la guida è stata posizionata nell'apposito supporto meccanico con la parte destinata al contatto col fototubo inserita dentro la sfera, la procedura per la misura dell'efficienza di trasmissione può essere sintetizzata nei seguenti punti:

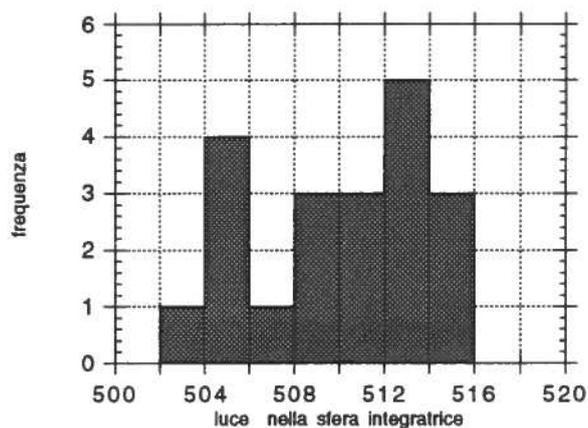
- Interruttore di accensione posizionato su 'ON': la lampada attinica, il monitor e il computer sono accesi.
- Compare la schermatura di utilizzo del banco di test per le guide; si hanno 3 finestre:
  - nella più grande compare:
    - > la scelta del tipo di guida (24 tipi diversi).
    - > l'opzione 'UP/DOWN' relativa alle guide che raccolgono la luce rispettivamente dalla parte esterna o interna del calorimetro.
    - > il numero identificatore della guida da testare.
  - nella seconda finestra dovrà essere inserito il numero identificativo dell'operatore.
  - nella terza finestra si ha la scelta 'MISURA/USCITA'
- Scegliendo l'opzione 'MISURA' compare una seconda schermata con l'immagine stilizzata di una guida; a questo punto il sistema richiede l'effettuazione della misura di 'FONDO' cioè della luce ambiente che poi verrà automaticamente sottratta ai dati
- A questo punto si è pronti per la misura vera e propria: si inserisce il manicotto contenente il tubo attinico nella banda selezionata da video e premendo un unico tasto si effettua la misura; in caso di misure ripetute, soltanto l'ultimo dato viene salvato.

## RISULTATI

Il sistema è stato provato utilizzando alcuni prototipi di guide di luce la cui efficienza di trasmissione era già stata misurata in laboratorio con la sorgente di  $^{90}\text{Sr}$ , valutando poi la consistenza dei due risultati ottenuti. In realtà, prima di questa operazione, sono stati effettuati alcuni tests preliminari su alcune parti del sistema. In Figura 4 riportiamo la misura della luce emessa direttamente dal tubo in funzione del tempo trascorso dall'accensione: dopo un transiente di circa 20' dovuto in parte al fotodiode e in parte alla lampada stessa, l'emissione si stabilizza. Da questo andamento si conclude, perciò, che dopo l'accensione del sistema occorre attendere almeno una ventina di minuti prima di iniziare le misure.



**Fig. 4** – Andamento della luce emessa dalla lampada attinica in funzione del tempo trascorso dall'accensione; le fluttuazioni iniziali sono dovute sia alla lampada che al fotodiode.



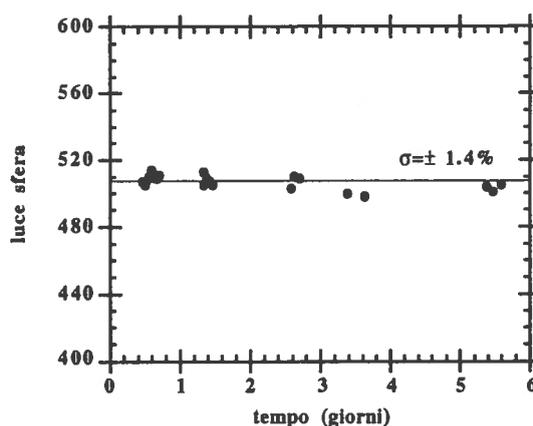
**Fig. 5** – Istogramma delle misure ottenute con successivi inserimenti del manicotto nello stesso settore.

Una volta stabilito il tempo minimo per portare tutto il sistema a regime, abbiamo stimato l'errore associato all'inserimento del manicotto nella banda. Per fare questo ci siamo focalizzati su un unico settore della guida e abbiamo più volte inserito e disinserto il manicotto in quella

banda. Per ciascun inserimento abbiamo anche misurato la luce trasmessa alla sfera integratrice con il contatto guida-sfera mantenuto fisso durante tutta l'operazione. In Figura 5. è riportato l'istogramma dei valori ottenuti: la forma non del tutto gaussiana del risultato potrebbe indicare che il posizionamento della banda nel manicotto avviene in due configurazioni distinte; tuttavia lo scarto tra le misure risulta piccolo e ben al di sotto delle tolleranze richieste

Del tutto trascurabile è risultato, invece, l'errore che si commette nel posizionare l'estremo della guida destinato al contatto col fototubo dentro la sfera integratrice (vedi figura 3): diversi inserimenti compatibili con la meccanica del sistema non hanno prodotto significative variazioni della misura della luce trasmessa.

Per verificare la stabilità a lungo termine (si prevede utilizzare il sistema lasciandolo acceso continuamente per almeno una settimana) abbiamo misurato, per un analogo periodo, la luce trasmessa da una banda alla sfera integratrice prendendo i valori qualche volta al giorno e controllando che nel frattempo non variasse la luce emessa dalla lampada. Il risultato della misura è illustrato in Figura 6: lo scarto tra i dati non supera il 2%, indicando un'ottima stabilità del sistema nel suo complesso.

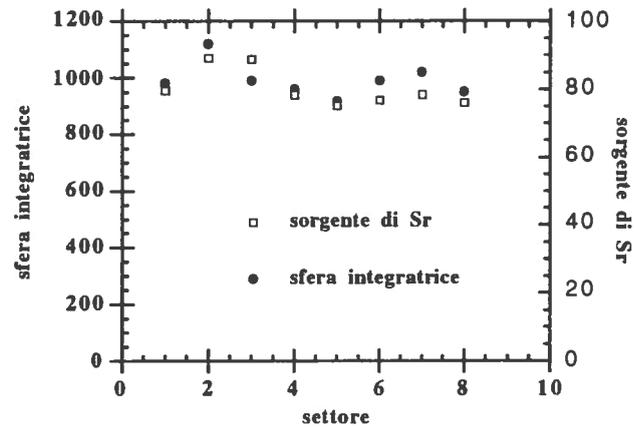


**Fig. 6** – Andamento temporale della luce trasmessa da una banda, misurata su un periodo di circa una settimana.

Come ultimo test si è infine misurata l'efficienza di trasmissione al variare dei settori di una singola guida e si è confrontato il risultato con il valore ottenuto utilizzando la sorgente di  $^{90}\text{Sr}$  come descritto precedentemente. Tale confronto, illustrato in Figura 7, indica che il sistema automatico realizzato fornisce, a tutti gli effetti, lo stesso risultato ma con il grosso vantaggio di un tempo di misura assai ridotto e condizioni di lavoro assai più semplici.

L'andamento leggermente decrescente dell'efficienza di trasmissione indica semplicemente che una maggior attenuazione della luce è presente nei settori più lunghi.

Questi valori sono stati ottenuti nel nostro laboratorio dopo l'installazione del sistema; per effettuare la misura su una guida di 8 bande abbiamo impiegato meno di 5' incluso il tempo di posizionamento della guida nel sistema: si tratta di un tempo del tutto ragionevole che ampiamente soddisfa le richieste che ci eravamo proposte.



**Fig. 7** – Efficienza di trasmissione in funzione dei settori di una guida; il risultato col sistema di automazione (punti neri, sfera integratrice) è paragonato con quello ottenuto con la sorgente di  $^{90}\text{Sr}$  (quadrati vuoti).

#### REFERENZE

1. M.Anghinolfi et al., Proc. Int. Workshop on Flavour and Spin in EM-interactions, Torino September 21-23, 1992, eds. F.Balestra, Vol. 39 (Italian Phys. Soc., 1993) p. 237.
2. V.D.Burkert et al; Modern Topics In Electron Scattering, eds. B.Frois (World Scientific, 1991).
3. J.J.Domingo, Proc. 5th Workshop on perspectives in Nuc. Phys. at Intermediate Energies, Trieste May 6-10, 1991, eds. S.Boffi (World Scientific) p. 260.
4. M.Taiuti et al, INFN/BE-95/03 accettato al Nucl. Instr. and Meth.
5. M.Taiuti et al., Nucl. Inst. and Meth. A 357 (1995) 344.