

# Progettazione e realizzazione del rivelatore di fotoni per lo spettrometro Compton per la diagnostica del fascio di ELI-NP

**Relatore:** Oscar Adriani (oscar.adriani@unifi.it)

**Candidato:** Lapo Miccinesi

L'infrastruttura ELI-NP, acronimo di *Extreme Light Infrastructure-Nuclear Physics*, è il pilastro del progetto pan-europeo ELI che si occupa della realizzazione di fasci laser e di fotoni  $\gamma$  per la ricerca nell'ambito di fisica nucleare. Questo laboratorio sarà collocato a Magurele, in Romania, e sarà operativo a partire dal 2018. Il fascio polarizzato di  $\gamma$ , realizzato ad ELI-NP, avrà un'energia regolabile con continuità nell'intervallo 1 – 20 MeV, e sarà caratterizzato da monocromaticità e brillantezza di 1-2 ordini di grandezza superiori rispetto a quanto raggiunto fino ad ora. Queste caratteristiche consentiranno di esplorare nuovi campi della fisica, rendendo possibile la realizzazione di un gran numero di esperimenti sia di fisica di base che di fisica applicata. Il fascio  $\gamma$  di ELI-NP sarà ottenuto da *backscattering* Compton tra elettroni relativistici e un fascio laser con impulsi molto stretti. Il fascio  $\gamma$  così generato, sarà caratterizzato da una struttura temporale costituita da macroimpulsi con frequenza di ripetizione pari a 100 Hz; ogni macroimpulso è suddiviso in 32 impulsi di durata inferiore a 1.5 ps distanziati da 16 ns. Un fascio  $\gamma$  con queste caratteristiche necessita di un sistema di diagnostica che fornisca informazioni precise sull'allineamento, la distribuzione spaziale ed energetica del fascio e sulla sua intensità. Le particolari caratteristiche di questo fascio non permettono di affidarsi a tradizionali sistemi di diagnostica, piuttosto è necessario lo studio di un sistema di rivelatori dedicati allo scopo.

Uno di questi rivelatori è uno spettrometro Compton che ha lo scopo di misurare l'energia del fascio  $\gamma$  sfruttando l'interazione Compton del fascio stesso su un bersaglio sottile realizzato con materiale a basso Z. L'interazione Compton di un fotone su un bersaglio è caratterizzata dall'emissione di un elettrone e di un fotone. La conoscenza della direzione di emissione e dell'energia di una di queste particelle permette di ricostruire l'energia del fotone incidente. Lo spettrometro Compton di diagnostica è formato da due gruppi di rivelatori: un sistema di rivelatori che misura energia (con un Germanio Iperpuro) e direzione (con un rivelatore al silicio a microstrip) dell'elettrone Compton e da un rivelatore di  $\gamma$  Compton diffusi dall'interazione. Lo scopo di quest'ultimo rivelatore è quello di fornire una selezione pulita degli eventi in cui siano presenti l'elettrone e il fotone Compton e di fornire il trigger veloce di misura. Il rivelatore di  $\gamma$  Compton è composto da una matrice  $4 \times 4$  di cristalli scintillanti otticamente isolati, in modo da ricostruire la direzione di provenienza e l'energia del fotone Compton. Il materiale scintillante usato per il rivelatore deve essere caratterizzato da un'alta densità, per aumentare la probabilità di interazione di  $\gamma$ , e una buona resa di luce.

Lo scopo di questa Tesi è quello di progettare e caratterizzare il rivelatore di  $\gamma$  Compton. In particolare mi sono concentrato sulla caratterizzazione del sistema di raccolta della luce prodotta dalla matrice di cristalli, sulla scelta del materiale scintillante che compone il rivelatore e sullo studio delle tecniche utilizzabili per la caratterizzazione dello strumento finale.

Il sistema di raccolta della luce prodotta dalla matrice di cristalli è un fotomoltiplicatore a multianodo (MaPmt). Questo tipo di fotomoltiplicatore è in grado di distinguere il punto di arrivo dei fotoni di scintillazione grazie ad una particolare segmentazione dei dinodi di moltiplicazione e del sistema anodico. Ciascun canale di un MaPmt ha un guadagno che può essere diverso da quello degli altri canali, ed è di solito presenta una correlazione elettrica (cross talk) tra canali vicini. Durante la tesi ho stimato l'omogeneità del MaPmt misurando il guadagno relativo tra vari pixel e confrontato il risultato con quello dichiarato dal costruttore Hamamtsu. Inoltre ho misurato il cross talk che è risultato, nei casi studiati, inferiore al 2%.

I cristalli che compongono questo rivelatore devono essere caratterizzati da una buona resa di luce e una veloce formazione del segnale. La possibile scelta ricade su due cristalli inorganici, CsI(Tl) e BaF<sub>2</sub>.

Per il CsI(Tl) sono stati studiati diversi tipi di rivestimento (Teflon, Vikuiti, vernice diffusiva) per cercare quello che ottimizzasse la risoluzione energetica. Il materiale riflettente (Vikuiti) è risultato essere quello ottimale per la nostra applicazione; per questo materiale è stata misurata la correlazione ottica tra cristalli vicini che è risultata inferiore al 2%.

Per entrambi i cristalli è stata stimata, con delle simulazioni, e misurata la risoluzione temporale del tempo di arrivo del primo fotone al multianodo. Dalle misure è emerso che la risoluzione temporale del BaF<sub>2</sub> ( $(0.55 \pm 0.02)$  ns) è migliore rispetto a quella del CsI(Tl) ( $> 15$  ns). Da queste misure è quindi emerso che il materiale di scintillazione ottimale per il rivelatore di fotoni Compton è il BaF<sub>2</sub>.