

LA PARAMETRIZZAZIONE DELLA LUCE CERENKOV EMESSA DA UNO SCIAME ELETTROMAGNETICO : ALCUNE CONSIDERAZIONI

V.Valente, Giugno 1999

Nell'ultima riunione ho sollevato il problema della effettiva validita' dei metodi di simulazione della luce Cerenkov emessa dagli sciame elettromagnetici che accompagnano un muone e della eventuale necessita' di fare qualche misura di controllo. In questa nota vi presento alcune considerazioni sull'argomento ed una ipotesi di apparato di misura. Non c'e' molta fantasia in quello che esporro', ma puo' essere un punto di partenza per una riflessione.

Il problema di come sia distribuita la luce Cerenkov intorno alla traccia di un muone nell'acqua e' fondamentale per esperimento che attraverso essa pretenda di ricostruire la direzione nello spazio della traccia primaria con precisione dell'ordine del grado.

E' necessario premettere che, ad alte energie del muone, la stragrande parte della luce che investe un rivelatore e' generata dagli sciame elettromagnetici che, nati da fotoni e coppie di elettroni prodotti dal primario, avvolgono la traccia del muone come una guaina.

Prima ancora di occuparci delle metodologie di parametrizzazione di tale luce che possono, esse sole, rendere possibile (cioe' fattibile in tempi ragionevoli) un calcolo di simulazione quando le energie diventano considerevoli, dobbiamo domandarci cosa sappiamo del processo stesso di emissione.

Programmi di simulazione dello sviluppo dello sciame esistono da molti anni e sono stati testati con misure dirette.

Le misure, pero' (per quanto ne so), effettuate tutte con calorimetri a sampling di diversi materiali e diversa granulazione, riguardano solo la distribuzione longitudinale e laterale di elettroni e fotoni ed il flusso longitudinale di energia. Praticamente niente ho trovato sulla distribuzione angolare delle particelle alla periferia dello sciame e, di conseguenza, sulla possibilita' di calcolare la produzione di luce.

E' vero che con programmi alla GEANT e' possibile seguire tutte le particelle ed i fotoni cerenkov da queste prodotte ed e' questo che si e' fatto per avere un punto di partenza alle varie parametrizzazioni.

E' ancora vero che le "code" delle distribuzioni, proprio in quanto "code", rappresentano effetti di ordine superiore, ma riteniamo necessaria, o almeno opportuna, una verifica sperimentale della distribuzione angolare della luce emessa?

Ricordiamo che uno sciame di "appena" 30 GeV ha nella zona del suo massimo, dell'ordine di 4 lunghezze di radiazione, un numero di elettroni fra 80 e 100 e che solo dopo piu' di 15 lunghezze di radiazione tale numero va sotto 10.

E' mia opinione che in un apparato poco denso come lo schema a torri attualmente in discussione, con il conseguente piccolo numero di rivelatori interessati all'evento e la piccolezza del segnale di luce su ciascuno, gli effetti di "coda" possono essere importanti: la luce raccolta da molti rivelatori lontani dalla traccia e' solo dovuta alle particelle periferiche dello sciame (piu' vicine).

Vediamo ora se, e come, sia possibile un approccio sperimentale al problema.

Che cosa si dovrebbe misurare, cosa sarebbe possibile misurare, e come?

Data l'energia dei fasci di muoni disponibili agli acceleratori, le probabilita' degli eventi stocastici e la non localizzabilita' a priori dell'origine degli sciame, penso vada

abbandonata l'idea di lavorare con muoni. La possibile alternativa di usare muoni atmosferici e' ancora meno proponibile, dato lo spettro d'energia e la rate degli eventi.

Propongo quindi di considerare l'utilizzo di fasci di elettroni, disponibili per esempio al CERN fino al centinaio di GeV di energia.

Una "vasca" d'acqua, equipaggiata con fotomoltiplicatori, e' l'ovvio archetipo di rivelatore.

Per una trattazione completa e dettagliata dello sviluppo della luce sarebbe di principio necessaria una misura della distribuzione angolare di detta luce in ogni sezione longitudinale dello sciame; andrebbero, inoltre, utilizzati rivelatori di piccola dimensione e collimati, allo scopo di non dover poi deconvolvere effetti di dimensione finita, e di eventuali disuniformita', non banali.

L'ultima considerazione fatta ed il fatto che in acqua uno sciame elettromagnetico ha una lunghezza di 7-8 metri ed una larghezza (intesa come raggio che contiene anche le particelle piu' esterne) non inferiore al metro, rendono l'apparato ideale di, diciamo, "difficile realizzazione".

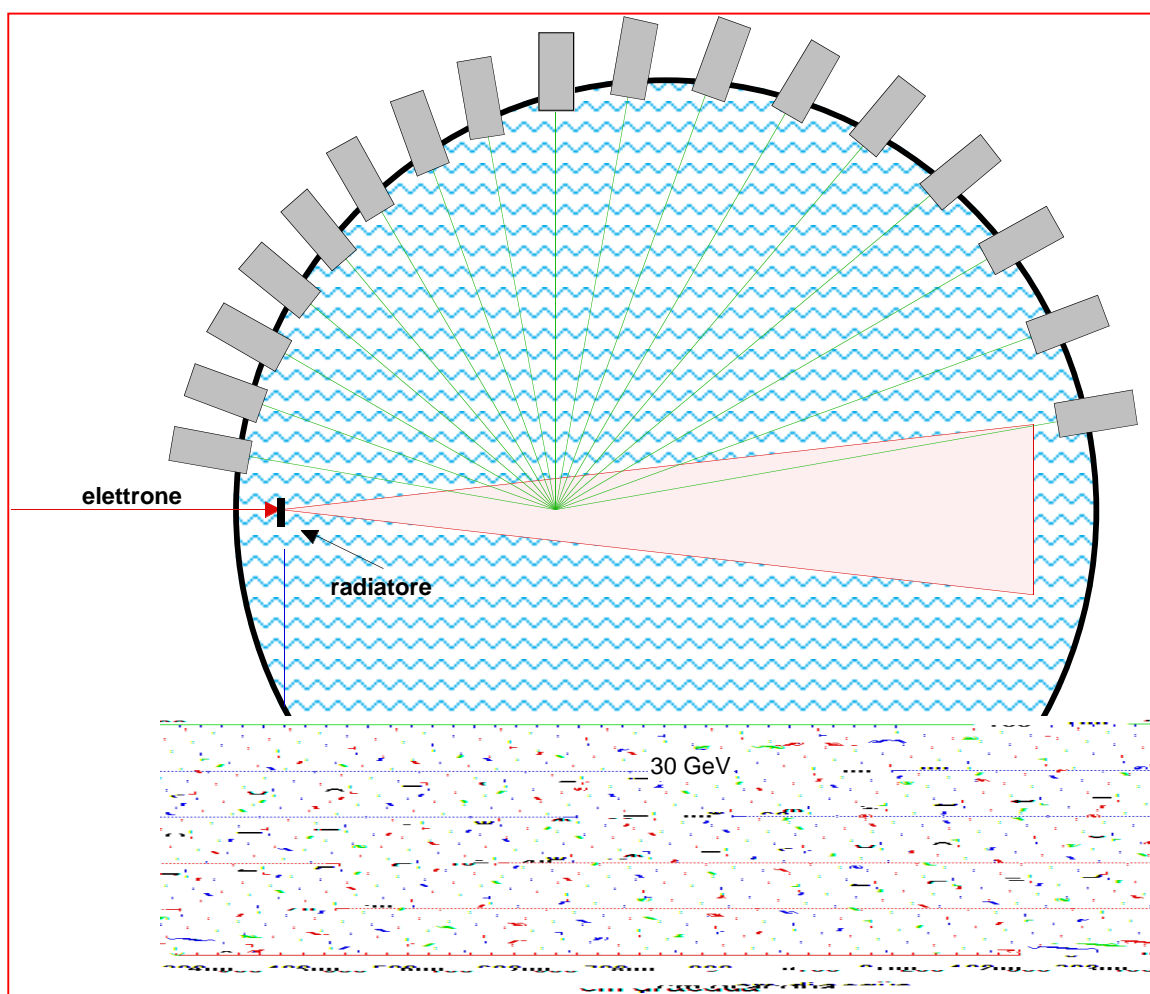


Figura 1

Il primo compromesso può essere il seguente:

- i fotomoltiplicatori, collimati e posti su una semicirconferenza (ciascuno, ad esempio, ogni 10 gradi), guardano un punto fisso dello sviluppo longitudinale dello sciame e, spostando il punto di inizio dello stesso, si guardano in successione le varie sezioni.

In figura 1 uno schema di principio dell'apparato (a proposito, per motivi storico-sentimentali l'ho chiamato New Gamelle).

Il radiatore, solido, permette di fissare il punto d'inizio dello sciame, che altrimenti sarebbe indeterminato entro una lunghezza di radiazione. Esso dovrà essere spostabile entro e fuori della "vasca". Nella figura sono riportati anche il profilo longitudinale di uno sciame di elettroni di 30 GeV ed una indicazione del suo inviluppo trasversale.

Come si vede dallo schizzo, siamo di fronte ad un apparato di dimensioni considerevoli.

E' possibile ridurre le dimensioni verticali (assumiamo per ora che l'apparato sia disposto rispetto al suolo come nel disegno), eliminando la meta' non equipaggiata di fotomoltiplicatori ma lasciando lo spazio sufficiente per contenere anche la parte inferiore dello sciame: un elettrone diretto verso il basso può inviare fotoni cerenkov verso la parte alta. Ridurre in altezza la meta' superiore può non essere corretto, in quanto sembra opportuno lasciare spazio fra il bordo estremo dello sciame ed i rivelatori.

Non conviene, invece, accorciare la vasca: quando, per studiare la parte terminale dello sciame, occorrerà portare ben fuori dalla vasca il radiatore, sarà necessario far entrare in essa, attraverso opportuna apertura, tutti gli elettroni già prodotti e non ho trovato una forma acconcia di apparato compatto.

Una successiva approssimazione di apparato è mostrata nelle figure seguenti in tre situazioni di misura.

E' sempre riportato, per comodità di interpretazione, lo sviluppo di uno sciame da 30 GeV, ma è ovvio che le misure andranno fatte a varie energie.

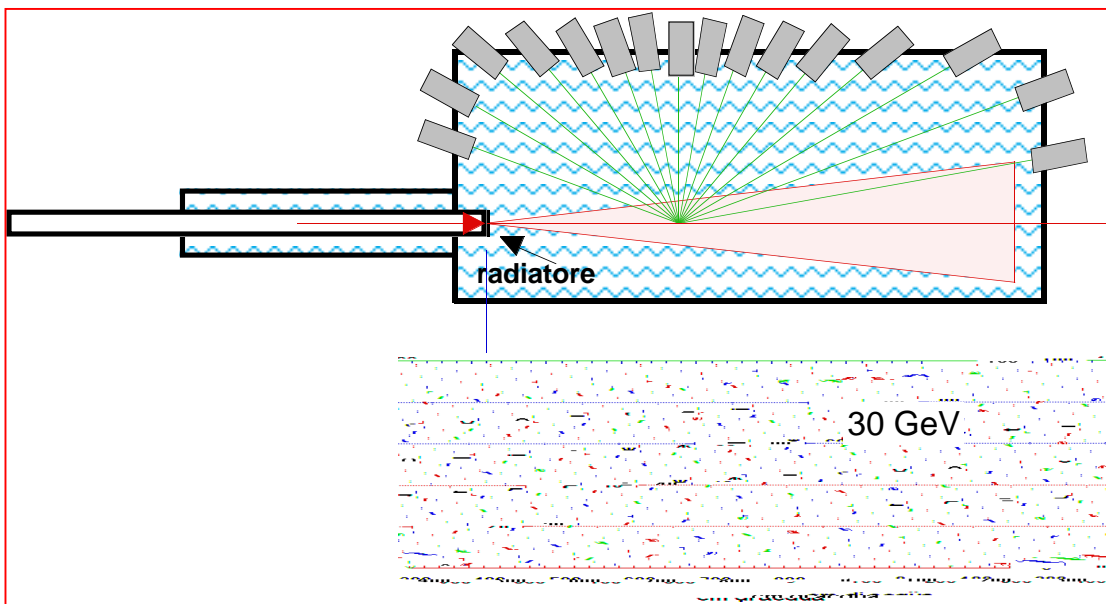


Figura 2a.

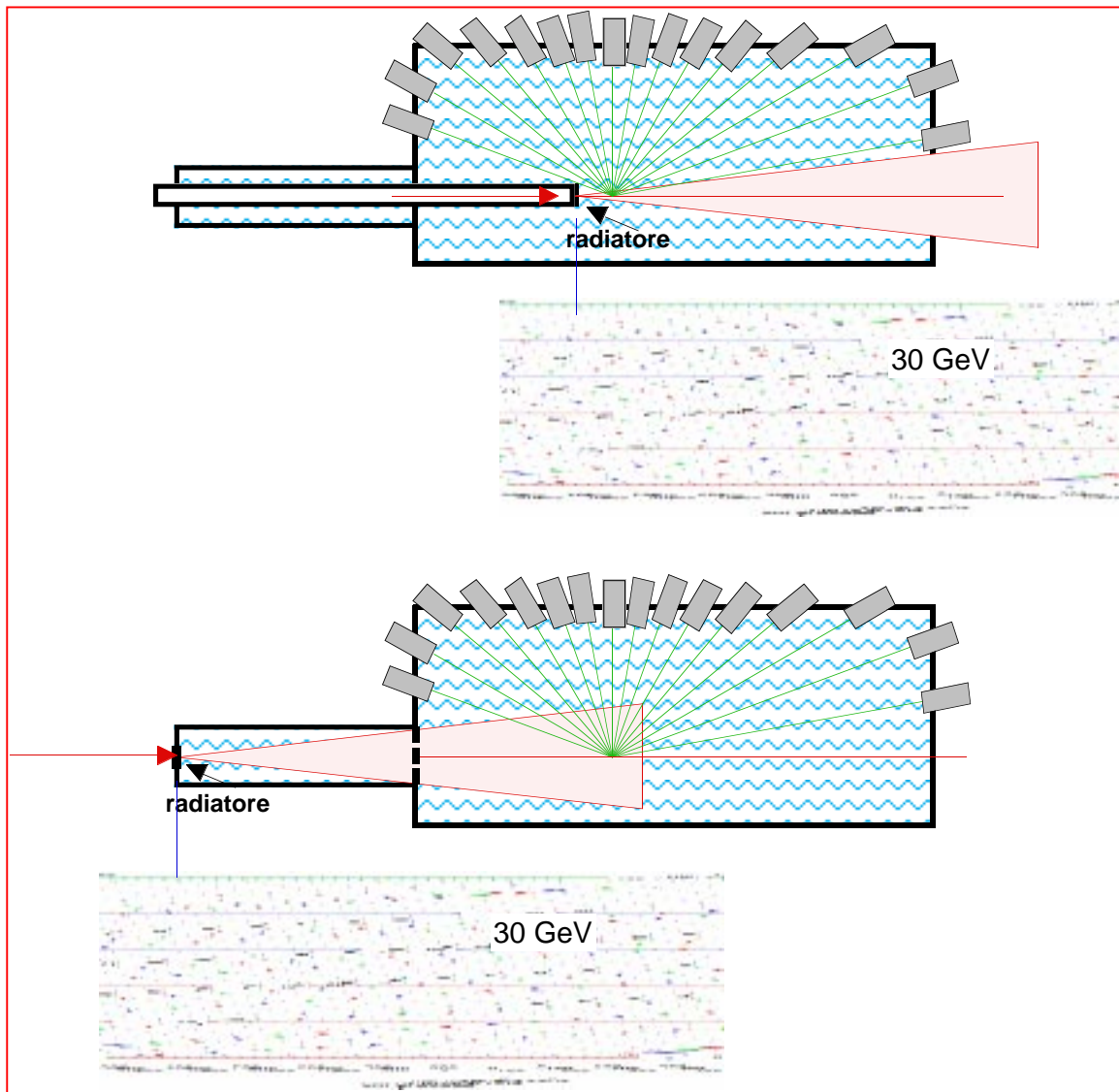


Figure 2b e 2c

Come si vede anche da questi schemi semplificati, e' necessario portare l'elettrone primario fino al radiatore senza che interagisca (vedi 2b) e, quando il radiatore e' fuori dalla vasca, provvedere l'acqua per lo sviluppo dello sciame anche fuori di questa (2c).

Domanda capitale: come si fa a muovere il radiatore (con tubo annesso)?

Una semplificazione (con riduzione di dimensioni) dell'apparato e' mostrata in Figura 3.

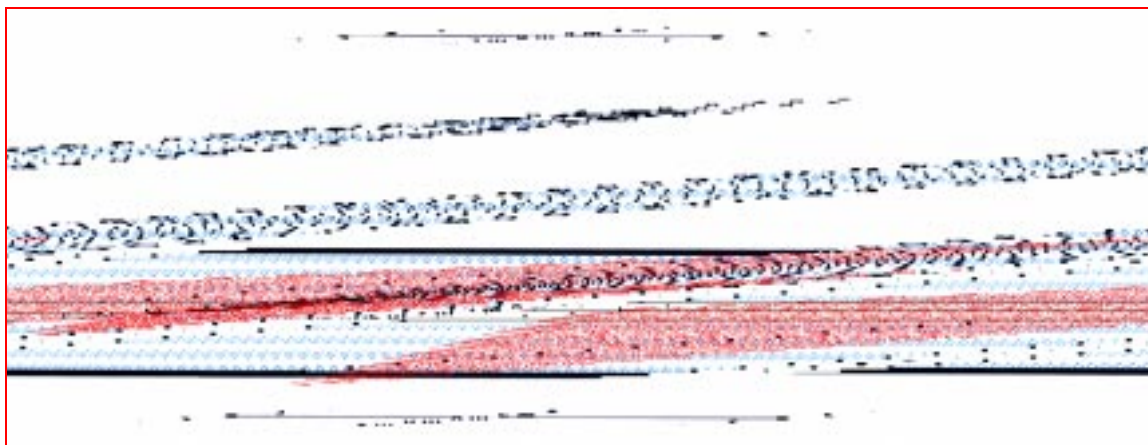


Figura 3

Come si vede, rimane comunque un apparato di notevoli dimensioni e complicazioni costruttive (ricordiamo la movimentazione del radiatore).

Conclusioni

A prescindere dal fatto che e' ancora da dimostrare l'assoluta necessita' di fare misure del genere, anche se un'impresa delle dimensioni del KM3 non dovrebbe trascurare il controllo dei suoi assunti costruttivi fondamentali, si puo' dire che una esaustiva indagine sperimentale sulla distribuzione della luce Cerenkov emessa da uno sciame elettromagnetico richiede un notevole sforzo e presenta problemi tecnici non irrilevanti.

....sempre che a qualche mente piu' fantasiosa non venga un'idea veramente brillante ed originale....