

QUANTO SI PUO' CRESCERE? FILOSOFEGGIANDO SULL'APPARATO

V.Valente maggio 2004

A conclusione e commento degli argomenti trattati nelle mie ultime note, penso ci siano sufficienti elementi per considerazioni del tutto generali sulla problematica dell'apparato. Quanto riporterò nel seguito è stato già ripetutamente esposto, anche se spesso in forma implicita, nei lavori precedenti, molte sentenze possono essere ritenute ovvie o banali; ciononostante ritengo utile un sommario ragionato.

Al disopra di 10 TeV, ferme restando le caratteristiche generali: volume di circa un chilometro cubo e numero di fotomoltiplicatori di alcune migliaia, la struttura dell'apparato è ininfluente sulle sue prestazioni. In pratica una elevata frazione di tracce muoniche che lo penetrano danno sempre un trigger di basso livello comunque costruito ed un numero di segnali sufficienti a tentarne la ricostruzione spaziale. Il parametro che definisce l'area efficace per le alte energie è, in definitiva, solo il volume dell'apparato.

Una possibile complicazione deriva dalla presenza del fondo casuale, ma anche questo problema è risolvibile alle energie di cui stiamo parlando.

Vediamo perché.

La dimensione temporale che può avere una traccia, l'intervallo di tempo, cioè, fra due segnali estremi che, dato un trigger, potrebbe contenerla è pari al massimo delle lunghezze contenibili nell'apparato. Il numero di segnali casuali presenti in tale intervallo, fissa la frequenza di singole per PMT, e' lineare col numero totale di PMT nell'apparato, ed è, quindi, enormemente superiore al numero di segnali di traccia.

Una prima "scrematura" dei segnali casuali viene operata da un criterio di causalità: a partire da un segnale ritenuto sicuramente di traccia, il "seme": il trigger stesso o il segnale più alto, si scartano i segnali esterni ad una finestra di tempo posizionata in funzione della sua distanza spaziale dal seme. La larghezza della finestra deve essere tale da minimizzare il taglio di segnali veri.

Dopo il taglio di causalità il numero di segnali casuali resta quasi sempre superiore a quello dei segnali di traccia. In queste condizioni è sbagliato procedere comunque al tentativo di ricostruzione ed eliminare via via i segnali spuri in base a criteri di bontà statistica del risultato: se il primo passo (il cosiddetto Prefit) risulta "sballato" per il preponderante peso dei segnali spuri difficilmente l'evento potrà essere recuperato ed, alla fine, si sarà duramente intaccata l'efficienza finale (o area efficace di ricostruzione). Un taglio a priori, prima del prefit, sull'ampiezza dei segnali non può fare una cernita efficace: ricordiamo che a 10 TeV già a distanza traccia-PMT di circa 50 metri l'ampiezza media di segnale scende sotto 1 fotoelettone.

Fortunatamente, la richiesta di correlazioni spazio-temporali locali, metodo della clusterizzazione, risulta molto efficace: scegliendo l'opportuna definizione di cluster per l'effettiva struttura dell'apparato, è possibile mandare quasi a zero il numero di segnali casuali facendo restare quello dei segnali di traccia ad un livello sufficiente per una buona ricostruzione. Anche a questo livello il risultato in termini di prestazioni non dipende dalla struttura "fine" dell'apparato.

Veniamo ora alle energie minori di 10 TeV,

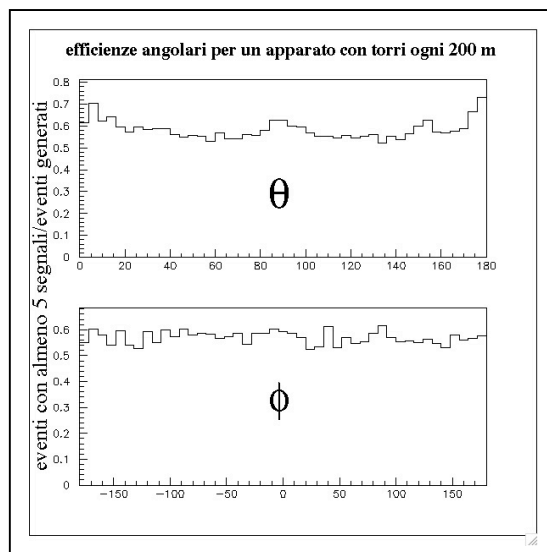
Qui non possiamo più prescindere a priori dalla struttura dell'apparato.

Per i motivi ripetutamente discussi ed ormai metabolizzati nella collaborazione, parliamo di una struttura ad elementi verticali, torri, con una dimensione trasversale, braccio nella attuale ipotesi costruttiva, ed un numero di PMT da definire.

Qualche meditazione sulla distanza fra le torri. Una traccia di 100 GeV (limite inferiore di energia a cui si vorrebbe lavorare, o no?) che entri nell'apparato produce luce per circa 700-800 metri (range + lunghezza di attenuazione della luce) per cui interessa al più 4 torri, se il passo di queste è di 200 metri e la traccia è orizzontale.

Il ridurre la distanza intertorri a 150 metri (si può ragionevolmente pensare a passi inferiori a questo?) non cambia di molto la situazione. Inoltre, per non ridurre il volume dell'apparato e, di conseguenza, l'area efficace per le alte energie, bisognerebbe aumentare il numero di torri. Non è corretto pensare che infittire le torri porti ad aumentare l'accettazione per tracce verticali che interessano una sola torre:

- ❖ l'efficienza angolare di un apparato con passo 200 m non mostra alcun depauperamento per tracce verticali, quelle, cioè, che potrebbero finire nei buchi fra le torri;
- ❖ il calcolo effettuato per 200 m di passo mostra che degli eventi ad una sola torre più dell'80% sono eventi non verticali che toccano una torre di confine dell'apparato.



Nella nota precedente (Quale via per ottimizzare l'apparato – maggio 2004) si è visto che cambiare la dimensione del braccio da 10 a 20 metri e/o l'orientazione dei PMT non cambia né l'accettazione né la qualità degli eventi; questo è vero a tutte le energie.

In definitiva l'efficienza dell'apparato sotto il TeV soffre per due motivi fondamentali:

- ❖ in origine, una traccia di bassa energia incontra "pochi" PMT sul suo cammino e non produce abbastanza eventi con almeno 5 segnali;
- ❖ qualunque filtro a cluster dovendo inglobare più segnali buoni diventa lasco e prende troppo fondo; un suo indurimento perde eventi.

Per ottenere vantaggio alle energie minori sembra necessario infittire i PMT sui bracci.

Attenzione però ai fondi!

Ho fatto prove con 4, 6 e 8 PMT su bracci di 16 metri, lasciando invariata la distanza fra torri, 200 metri, ed il loro numero, 64.

Il fondo inserito ha frequenza di 50 kHz.

Il numero di segnali casuali che vengono raccolti nelle finestre di causalità crescono linearmente col numero dei PMT secondo

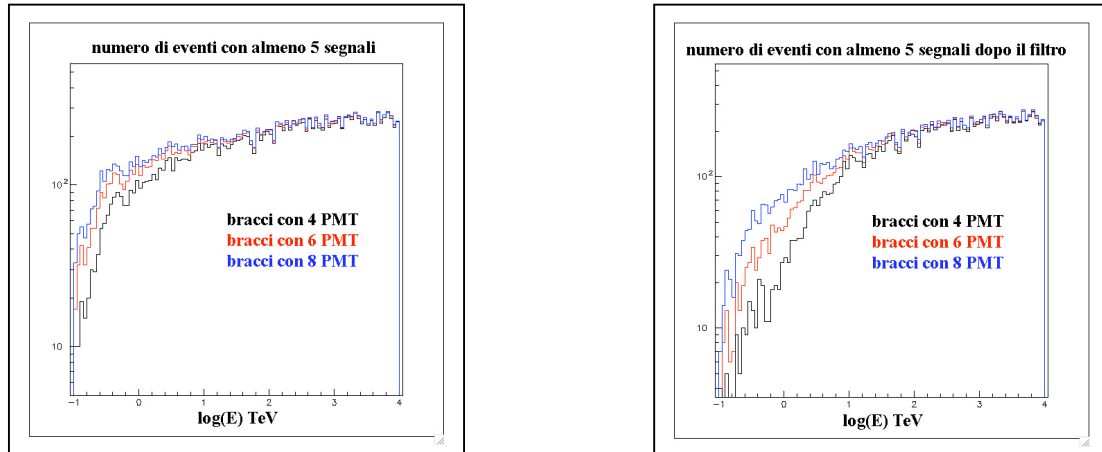
$$N_{\text{segnali di fondo}} \approx 37 * N_{\text{PMT totali}/1000}$$

mentre il numero di segnali fra 100 GeV e 10 TeV cresce solo come

$$N_{\text{segnali di traccia}} \propto 2 * N_{\text{PMT totali}/1000}$$

ne risulta che i segnali di traccia sono solo fra il 7% ed il 6% di quelli casuali.

In questa zona di energia l'uso di un filtro diventa vitale: più PMT ci sono, più stringente deve essere il filtro. Va cercata una situazione di compromesso per evitare che la ricerca di pulizia si rimangi parte dell'accrescimento di accettazione. I risultati di un esempio possibile e' mostrato nelle figure seguenti:



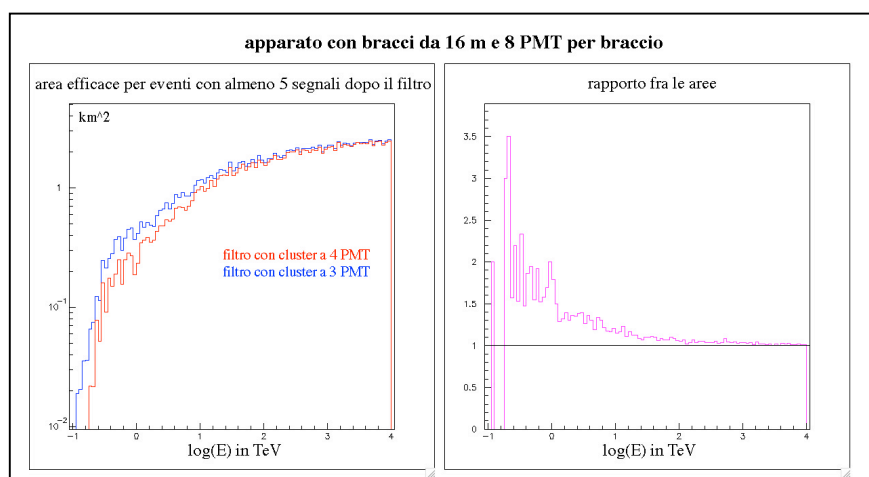
I filtri usati sono diversi a seconda della configurazione. Il numero di eventi raccolti non varia molto aumentando il numero di PMT, ma il numero di quelli che restano dopo il filtro risente in maniera vistosa dell'accresciuto numero di segnali disponibili.

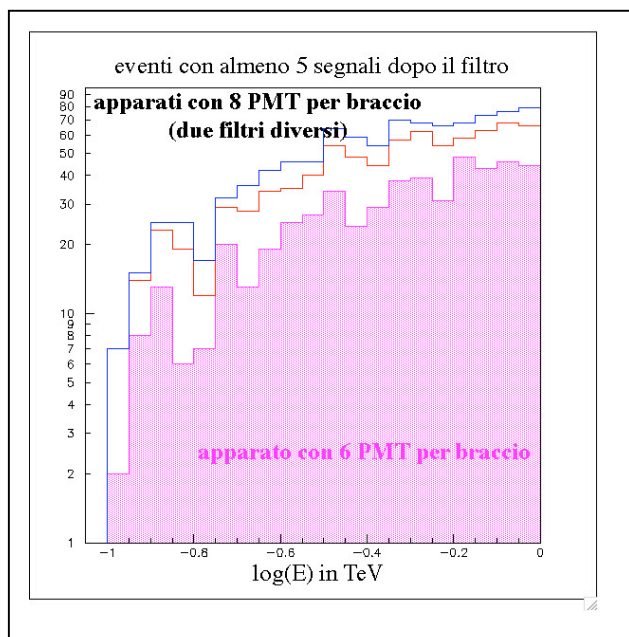
Approfondiamo il caso di 8 PMT per braccio includendo una discussione sui parametri del filtro.

Come detto altre volte due sono i parametri del filtro: il raggio della regione entro cui si definisce il cluster ed il numero minimo di segnali richiesto al cluster. Entrambi sono quantizzati: il raggio, data la prevalenza della dimensione verticale (distanza fra i piani) nella torre rispetto a quella trasversale (lunghezza dei bracci) va a step di 40 m, la dimensione del cluster e' naturalmente quantizzata. Alle energie minori, anche con 8 PMT per braccio e raggio che includa 3 bracci, la dimensione del cluster non può superare il valore di 4 per non perdere vistosamente efficienza.

Ho analizzato il caso di un apparato con 8 PMT per ogni braccio di 16 m usando due filtri, di dimensione 3 e 4 in un raggio di 45 m.

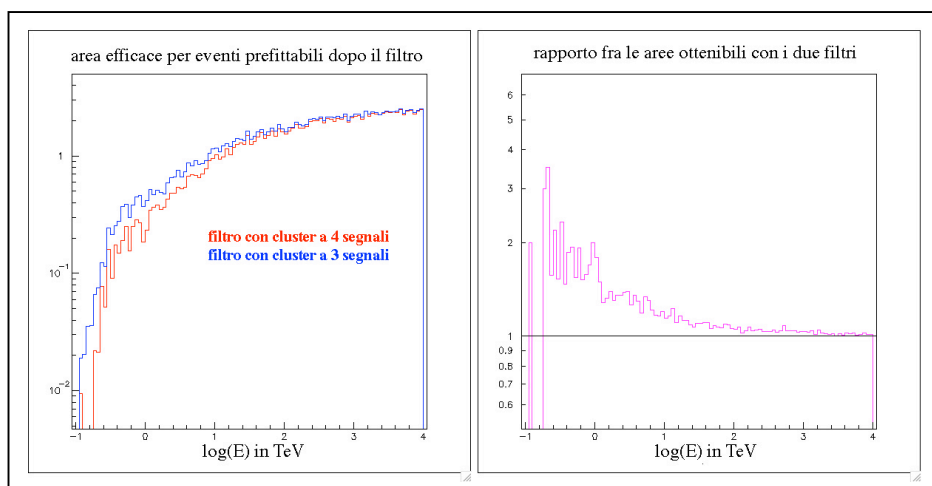
I risultati nelle tre figure seguenti.



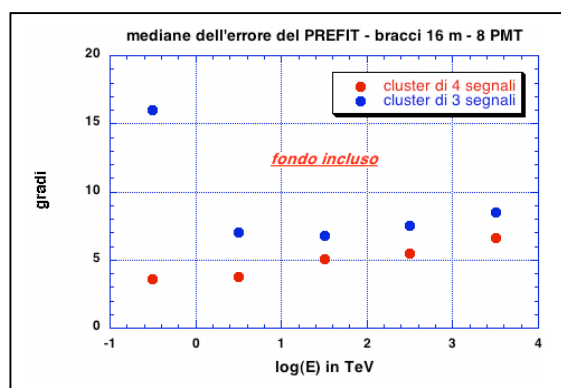


L'aumento di area efficace (dopo i filtri) rispetto all'apparato con 6 PMT e' ben visibile alle energie inferiori ad 1 TeV.

L'accresciuto numero di PMT ha anche un altro effetto: il numero di eventi che dopo i filtri ha segnali in almeno due torri, sono cioe' prefittabili col mio metodo, aumenta anch'esso.



Evidentemente il filtro più duro, se da una parte produce un'area efficace minore, garantisce però una migliore precisione.



In conclusione:

- ❖ se il numero di torri non deve essere aumentato non ha molto senso cambiare la loro interdistanza, dai 200 metri canonici, in quanto si abbasserebbe l'area efficace per le energie alte senza vantaggi alle basse
- ❖ la lunghezza dei bracci, almeno nell'intervallo 10-20 metri esplorato, e l'orientazione dei PMT sono ininfluenti sia a bassa che ad alta energia
- ❖ l'aumento del numero di PMT per braccio porta ad un sensibile aumento dell'efficienza fra 100 GeV e 10 TeV, senza cambiare le prestazioni sopra tale energia: 8 per braccio sembra un'ottima soluzione
- ❖ i filtri contro i segnali casuali sono assolutamente necessari, ma la loro definitiva messa a punto deve essere armonizzata con la capacità di un fit spazio-tempo di maneggiare eventi con un certo numero di segnali casuali
- ❖ sotto i 100 GeV solo un cambiamento radicale di struttura può produrre una ragionevole accettazione.