



Collimazione con Cristalli Piegati UA9 Experiment

Corso Fisica Nucleare e Subnucleare II



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Roberto Rossi

Tutor : Gianluca Cavoto

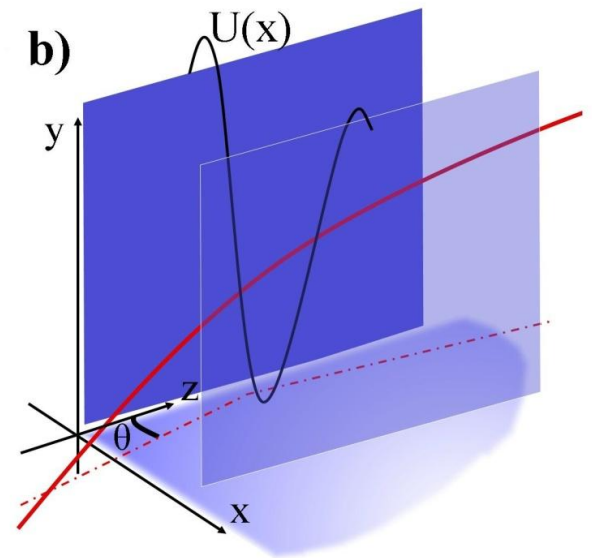
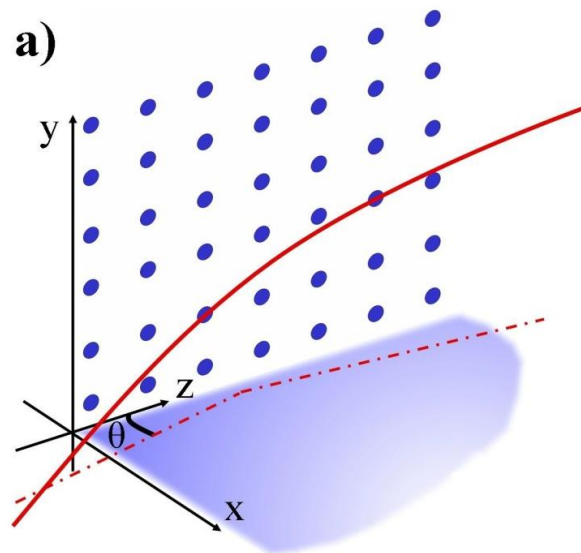
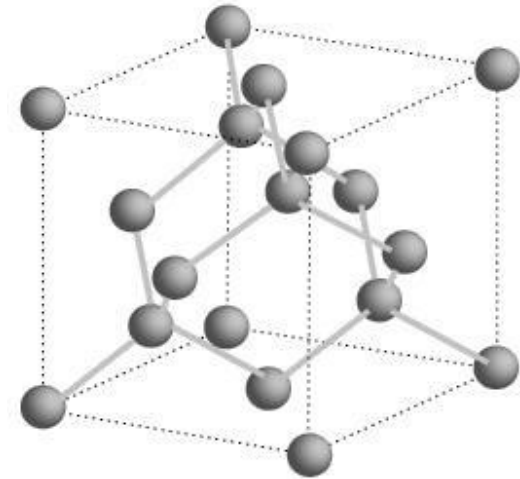
Crystal Channeling

E' una proprietà che hanno i cristalli con particolare ordine della struttura cristallina.

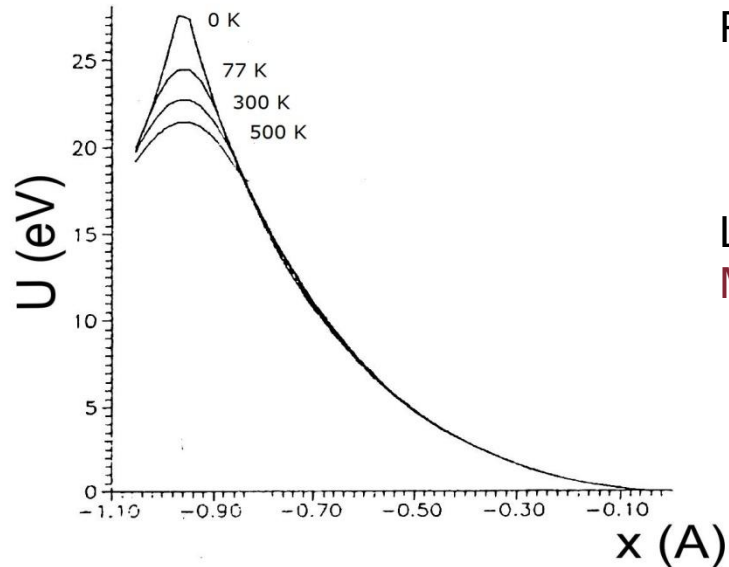
Il fenomeno della canalizzazione consente alle particelle di viaggiare nel cristallo coerentemente.

Esistono diversi tipi di fenomeni che producono tale risultato :

- Channeling Planare
- Channeling Assiale
- Channeling di Volume
- Riflessione di Volume



Channeling Planare – Cristalli Dritti



Potenziale di interazione di Thomas - Fermi :

$$V(r) = \frac{Z_i Z e^2}{r} \varphi\left(\frac{r}{a_{TF}}\right)$$

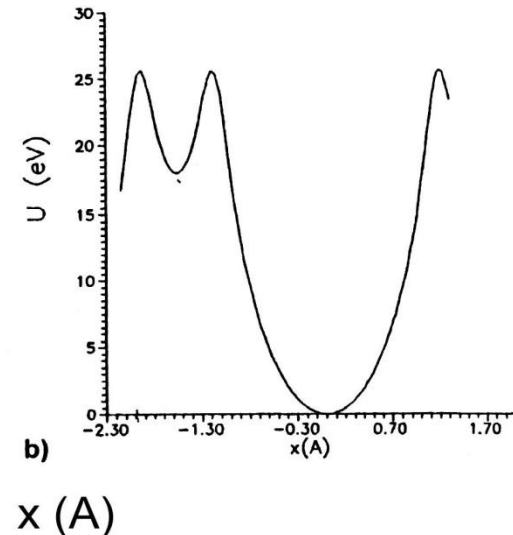
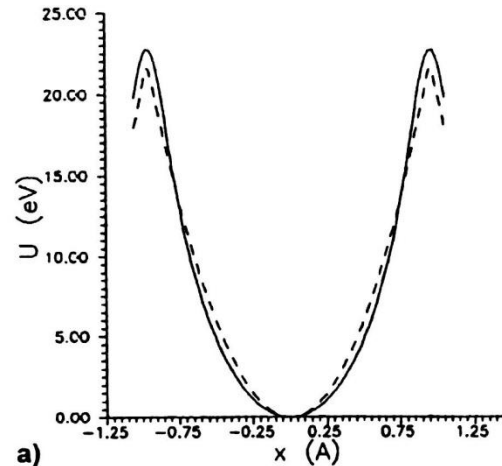
La funzione di schermo è descritta dall'approssimazione di Molire :

$$\varphi\left(\frac{r}{a_{TF}}\right) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \exp\left(-\frac{\beta_i r}{a_{TF}}\right)$$

Lindard: “ Sotto ipotesi di angolo di impatto piccolo, possiamo considerare il potenziale medio generato dal piano reticolare come un potenziale continuo.”

Così l'energia potenziale si ricava integrando la $V(r)$ nelle direzioni (z,y) .
Per ottenere la simmetria tra i piani $U(x)$ diventa :

$$U(x) \approx U_p \left(\frac{d_p}{2} - x \right) + U_p \left(\frac{d_p}{2} + x \right)$$



Channeling Planare – Cristalli Dritti

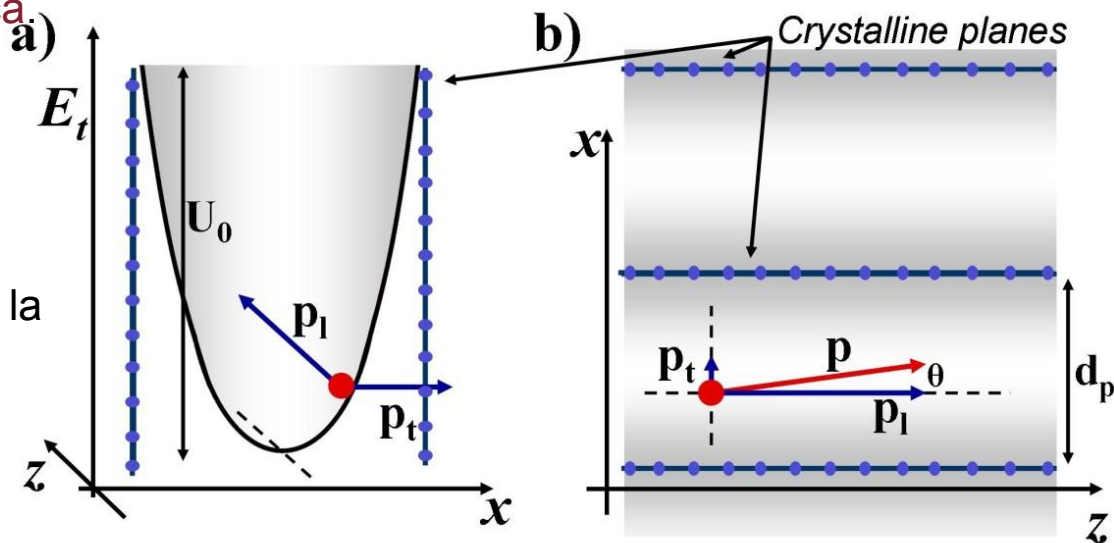
Regime di channeling :

l'impulso trasverso < barriera della buca

$$\frac{p^2 c^2}{2E} \theta^2 + U(x) \leq U_{max}$$

Da questa si possono ricavare ad $x=0$, la condizione di channeling sull'angolo :

$$\theta_c = \sqrt{\frac{2U_{max}}{pv}}$$



Si può anche ricavare la **traiettoria** usando un'approssimazione armonica della $U(x)$:

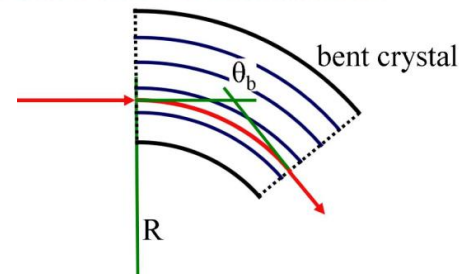
$$x = \frac{d_p}{2} \sqrt{\frac{E_t}{U_0}} \sin\left(\frac{2\pi z}{\lambda} + \phi\right)$$

$$\lambda = \pi d_p \sqrt{\frac{pv}{2U_{max}}} = \frac{\pi d_p}{\theta_c}$$

E	θ_c (μrad)	λ
500 MeV	282,84	7,85 μm
120 GeV	18,26	0,12 mm
450 GeV	9,42	0,24 mm
3,5 TeV	3,38	0,66 mm
7 TeV	2,39	0,93 mm

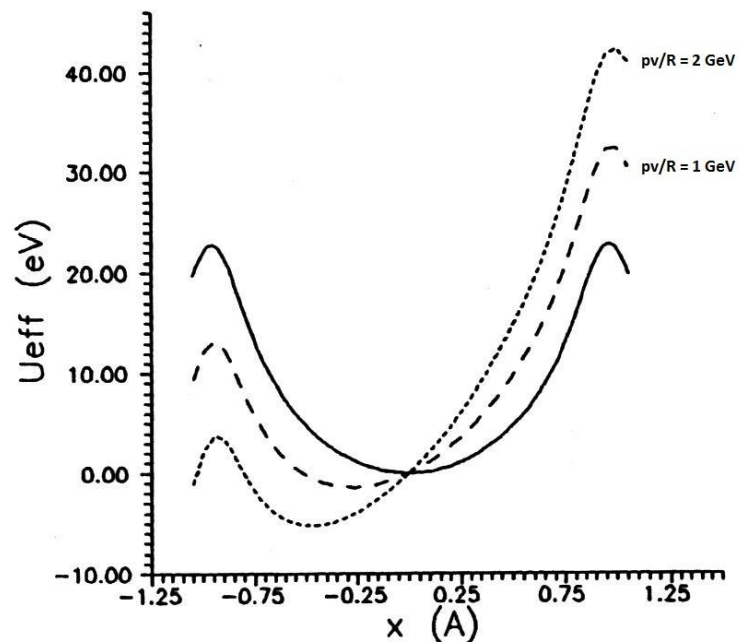
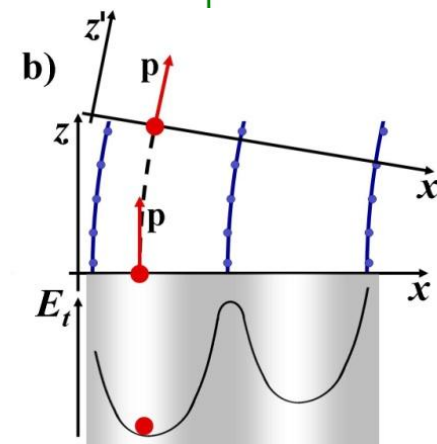
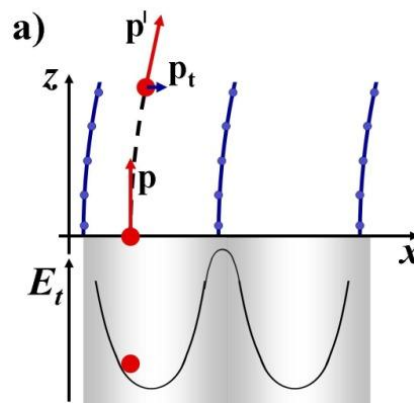
Channeling Planare – Cristalli Piegati

Quello che vogliamo ottenere ora è usare un cristallo piegato per curvare la particella di un angolo $\theta_b = l/R$.



Nel sistema di riferimento della particella il potenziale va integrato col termine di forza centrifuga :

$$U_{eff}(x) = U_{max} \left(\frac{x}{x_{max}} \right)^2 + \frac{pv}{R} x$$



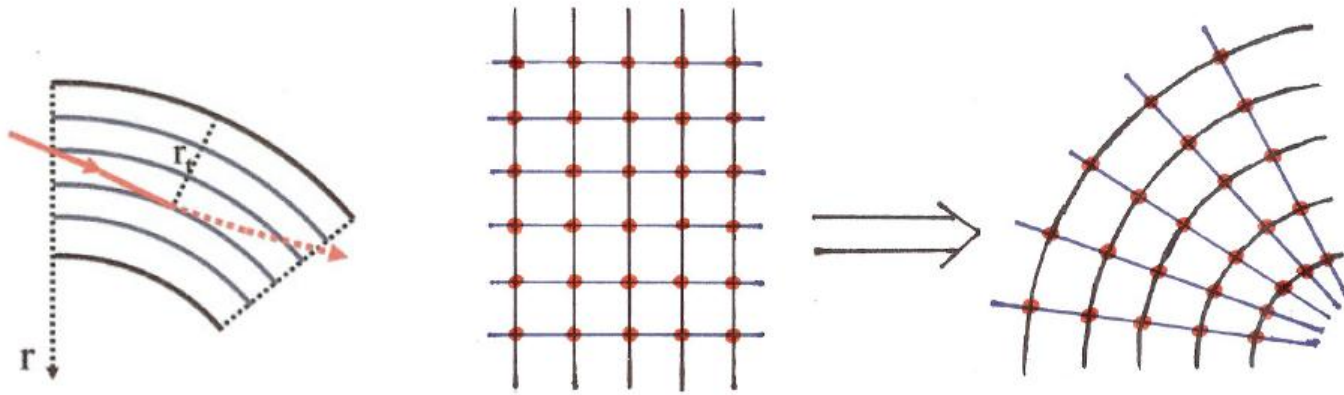
Quindi la traiettoria diventa :

$$x = -x_{min} + x_{max} \sqrt{\frac{E_t}{U_{max}^b}} \sin\left(\frac{2\pi z}{\lambda} + \phi\right)$$

Quando i contributi di potenziale e forza centrifuga si uguagliano si definisce un **raggio critico** :

$$R_c = \frac{pvx_{max}}{2U_{max}}$$

Riflessione di volume



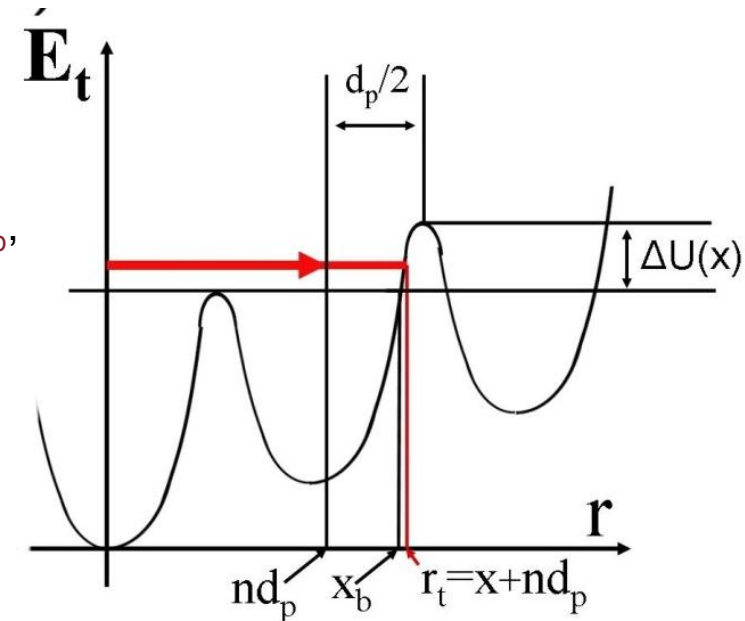
Man mano che R diminuisce la densità di atomi aumenta, a questo punto una particella trova un $U > E_t$ e viene riflessa indietro.

Con un conto analogo al planare si ottiene che la deviazione angolare della particella che arriva sarà :

$$\delta\theta = \sqrt{\frac{2U(r_t)}{pv}}$$

quindi, tenendo conto che il potenziale U è periodico con nd_p , e che la stessa deviazione è impressa alla particella quando riparte, la deviazione totale è :

$$\theta_v = 2 \sqrt{\frac{2U(x)}{pv}}$$

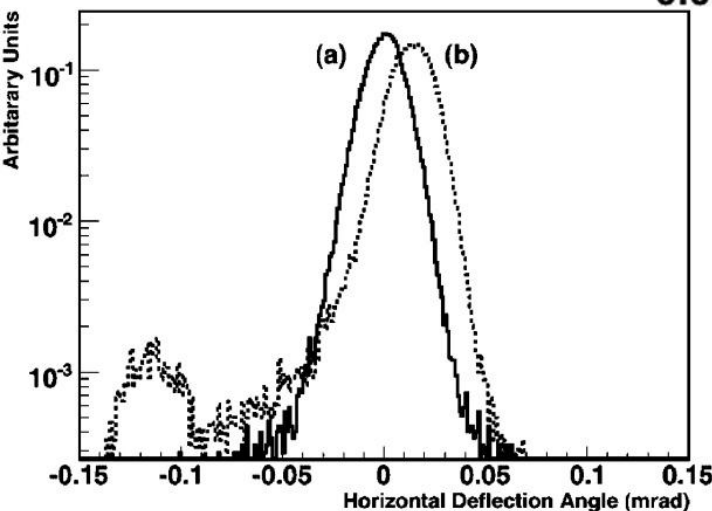
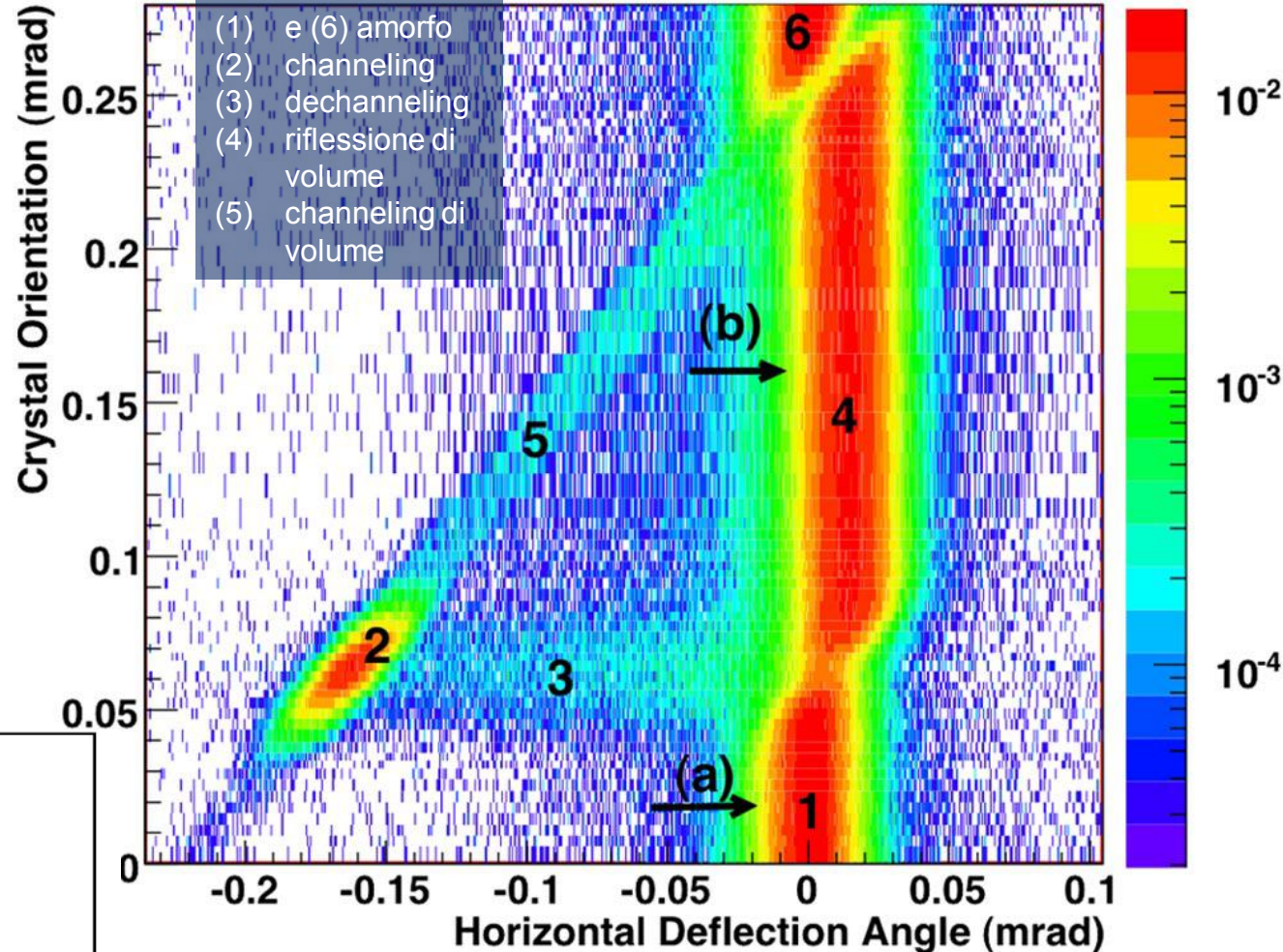


Intensità del Fascio rispetto alla deflessione angolare

Fascio a 400 GeV estratto nella linea H8 di SPS.
 Misure su cristallo strip (110) lungo 3 mm e curvato di $162 \mu\text{rad}$.
 $U_0 = 22.7 \text{ eV}$ quindi $\theta_c = 10,6 \mu\text{rad}$.

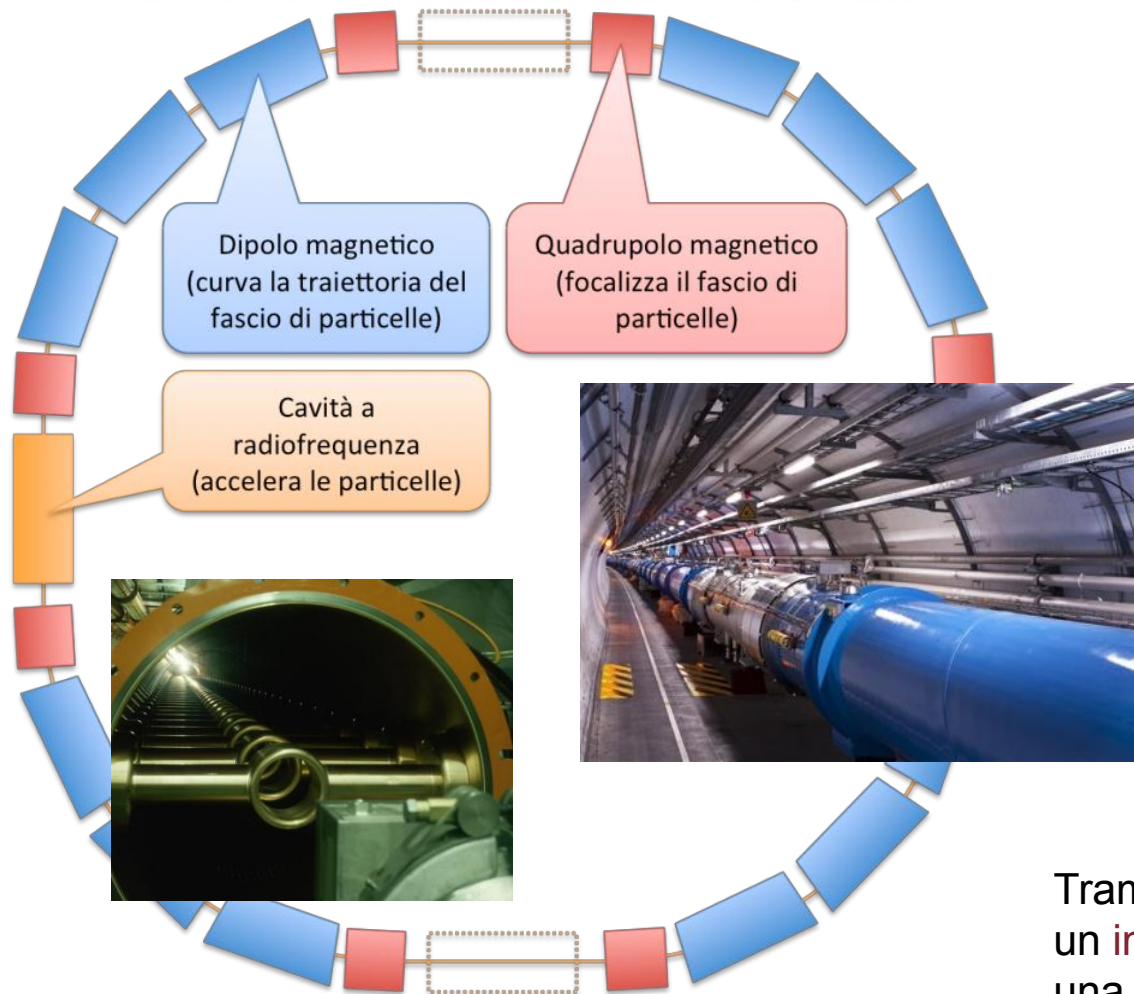
Dalla figura si possono stimare :
efficienza e range angolare.

La zona (2) corrisponde ad una deflessione dallo 0 di $(165 \pm 2) \mu\text{rad}$ con un'efficienza dell' 83% vicina a quella prevista teoricamente per singolo passaggio (85%).



Sulla zona (4) un fit gaussiano indica una deflessione di $\theta_{vr} = [13.9 \pm 0.2(\text{stat}) \pm 1.5(\text{syst})] \mu\text{rad}$ in accordo con le simulazioni MC. Dall'analisi sulla profilo del fascio (a sx riportate zone (1) e (4)) e del grafico sull'intensità si è stimato che l'efficienza della riflessione di volume supera il 95%.

Acceleratori di particelle



Un acceleratore circolare è composto da un insieme di campi elettrici e campi magnetici, ognuno col suo specifico compito.

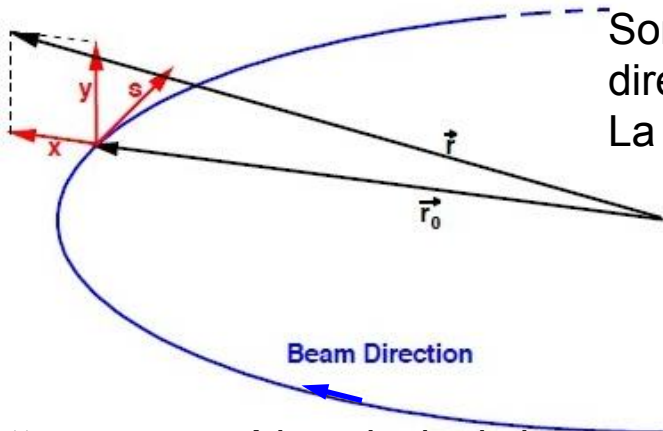
Le **Radio Frequenze** (RF)

I **Dipoli**

I **Quadrupoli** (e ordini successivi)

Tramite questi apparati si impartisce un **impulso nominale** p_0 che descrive una **traiettoria di riferimento**.

Oscillazioni Betatroniche



Sono causate dalla forza di Lorentz sul piano trasverso alla direzione del fascio.

La descrizione si fa con le equazioni di Hill :

$$\begin{cases} x'' + k_x(s)x = 0 \\ y'' + k_y(s)y = 0 \end{cases}$$

Si ottengono così le soluzioni che rappresentano l'oscillazione betatronica.

$$x(s) = \sqrt{\varepsilon\beta_x(s)} \sin(\varphi_x(s) + \varphi_0)$$

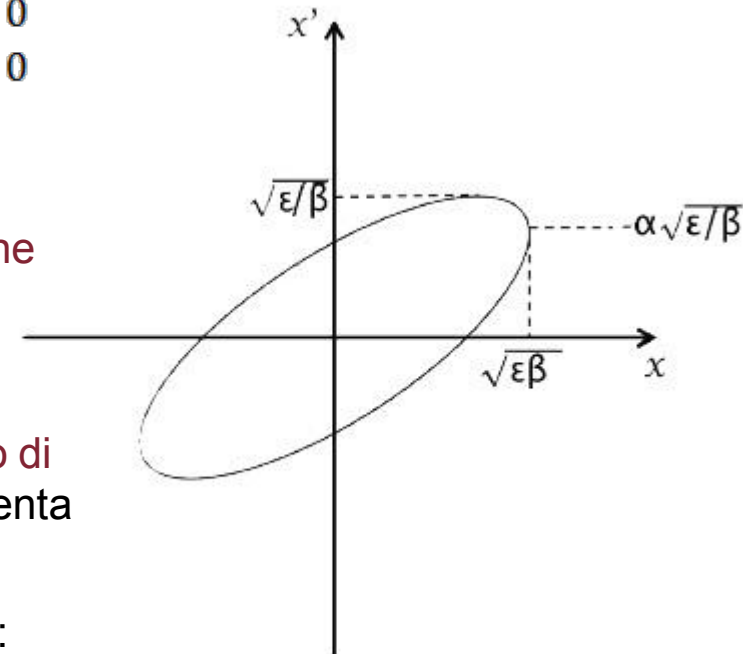
β è la lunghezza d'onda delle oscillazioni, φ è l'avanzamento di fase ed ε è l'emittanza una quantità conservata che rappresenta l'area dello spazio delle fasi (x, x') .

Infine si definiscono la dimensione trasversa (e il momento) :

$$\sigma_x(s) = \sqrt{\varepsilon\beta_x(s)} \quad , \quad \sigma_{x'}(s) = \sqrt{\varepsilon/\beta_x(s)}$$

Altro parametro utili è il Tune :

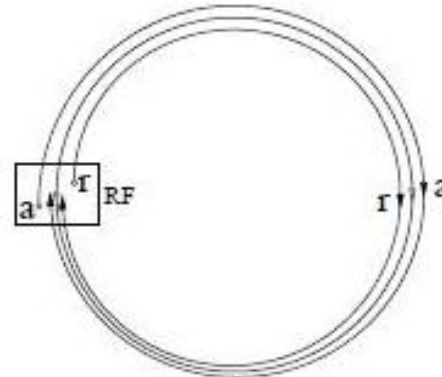
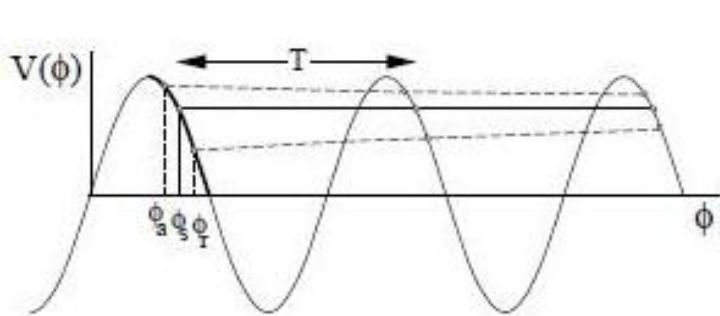
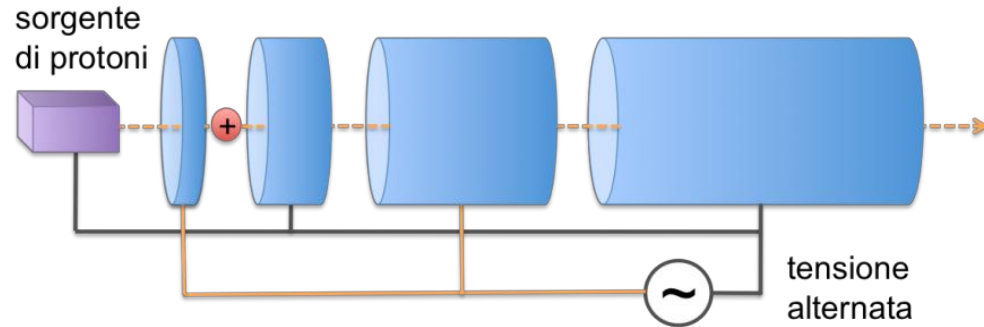
$$T = \frac{1}{2\pi} \varphi(c) = \frac{1}{2\pi} \int_s^{s+c} \frac{ds'}{\beta(s')}$$



Oscillazioni di Sincrotrone e Dispersione

L'energia fornita per un passaggio dalle RF è :

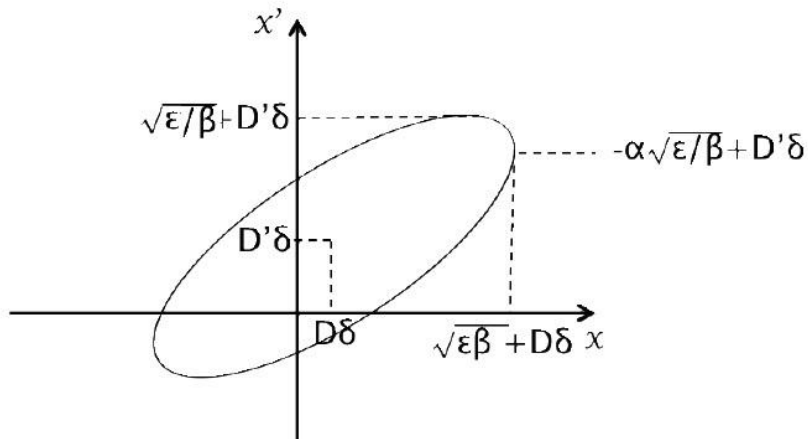
$$E' = E_s + \delta E + qV_0 \sin(\phi_s + \delta\phi)$$



L'oscillazione di sincrotrone delle particelle con piccola variazione in momento

$\delta = (p-p_0)/p_0$ è descritta da :

$$\ddot{\phi} + \frac{\Omega_s^2}{\cos \phi_s} (\sin \phi - \sin \phi_s)$$



La variazione δ modifica le equazioni di Hill, aggiungendo una dipendenza dalla **funzione di Dispersione**.

$$\begin{cases} x(s) = x_\beta(s) + x_s(s) = x_\beta(s) + D(s)\delta \\ x'(s) = x'_\beta(s) + x'_s(s) = x'_\beta(s) + D'(s)\delta \end{cases}$$

Collimazione

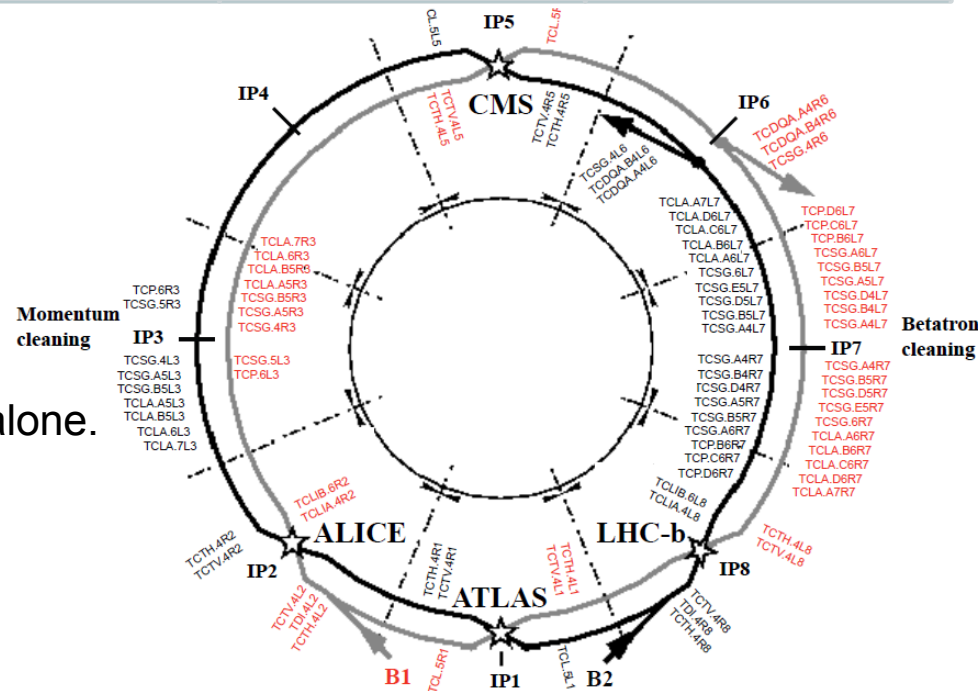
Le particelle non restano all'infinito sull'orbita di riferimento poiché l'emittanza aumenta a causa di diversi effetti :

Interbeam Scattering	Scattering con molecole di gas residue	Effetti beam-beam	Perdite per errori di iniezione	Perdite per non sincronismo del dump	Errori occasionali e non prevedibili
----------------------	--	-------------------	---------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------



Tali processi incrementano la popolazione dell'alone che provoca diversi problemi :

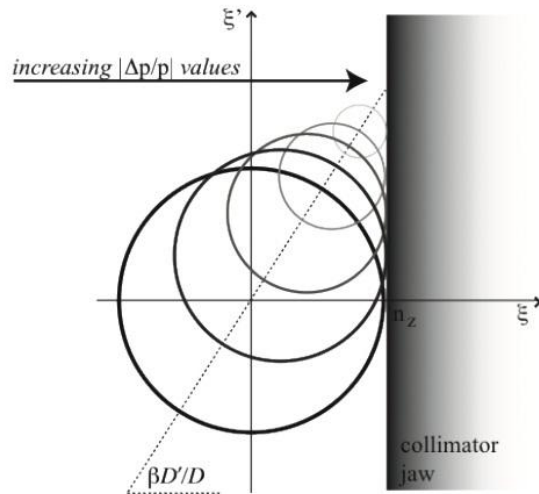
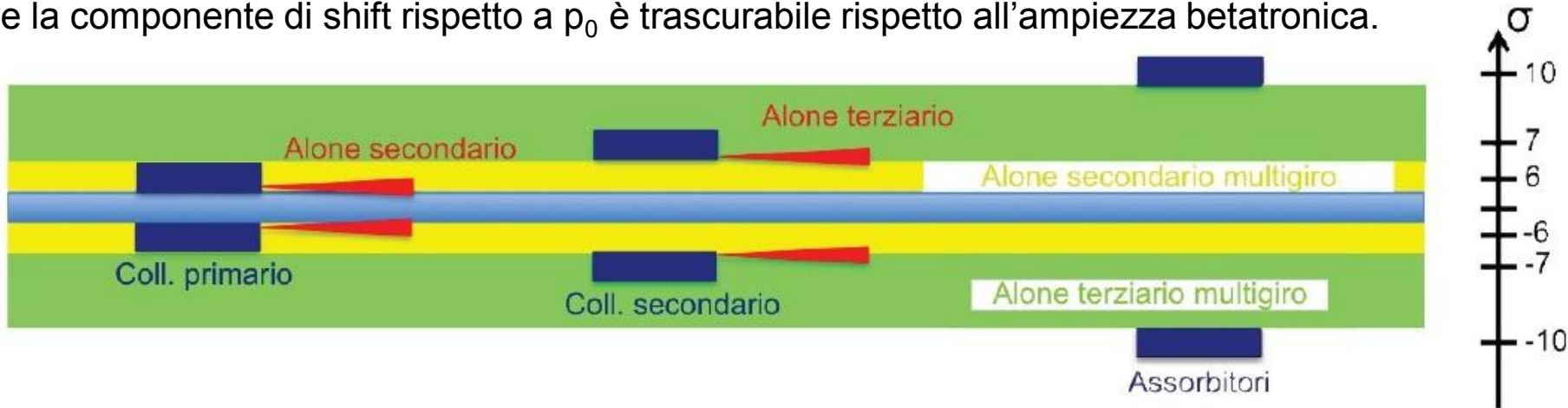
Effetti non lineari dei magneti, lontano dal centro	Restrizioni geometriche	Fondo per gli esperimenti a grande parametro d'impatto	Riduzione vita media apparati investiti	Perdite su magneti superconduttori con possibile quench
---	-------------------------	--	---	---



La collimazione serve a ridurre le particelle nell'alone.
 Si eseguono due tipi di pulizia
 Collimazione moto betatronico
 Collimazione moto sincrotronico

Principi di Collimazione

La **pulizia betatronica** è effettuata nei punti a bassa dispersione, a grande distanza dal centro dove la componente di shift rispetto a p_0 è trascurabile rispetto all'ampiezza betatronica.



La **pulizia in momento** è effettuata in punti dove la dispersione è più alta a parità di $x_\beta(s)$. Si va ad agire con lo stesso sistema fisico sulle particelle off-momentum.

Le inefficienze di tale sistema sono dovute allo scattering multiplo e a perdite di tipo energetico che provocano.

Effetti Diffrattivi
Interazioni Anelastiche

Questi effetti limitano la macchina in **Corrente Totale Circolante** e quindi la **Luminosità**.

Collimazione con Cristalli

Sfruttando il channeling dei cristalli il layout si riduce a due stadi. I vantaggi sono :

Riduzione Interazioni Anelastiche al primo stadio

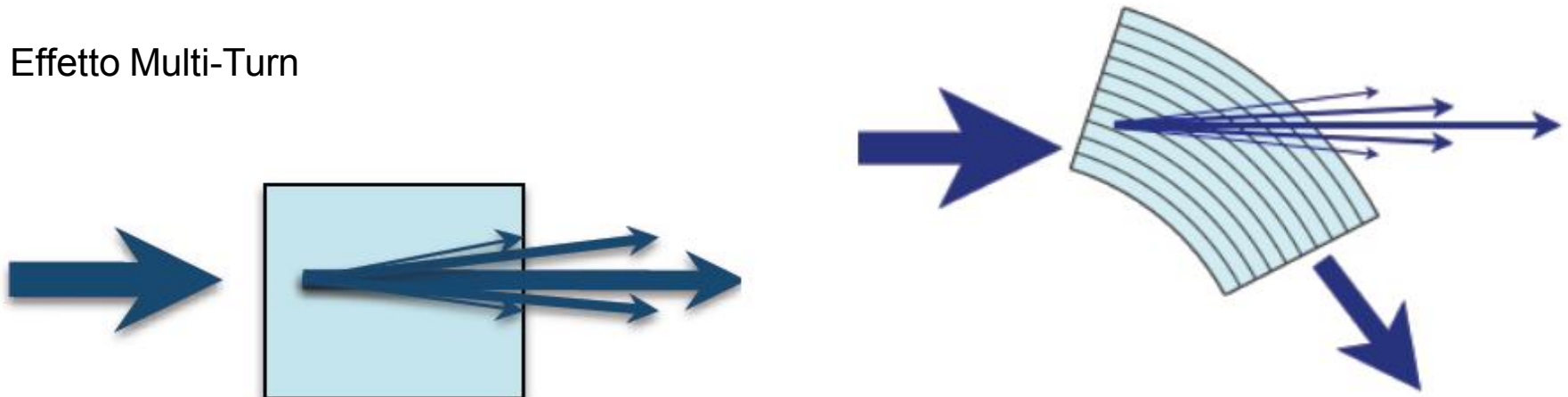
Grande Angolo di Deflessione

Riduzione Impedenza Complessiva



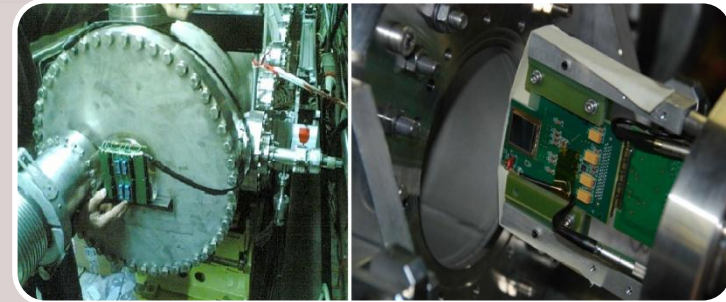
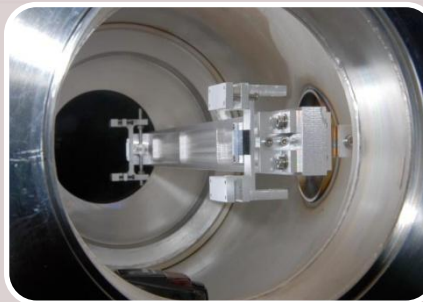
Consente di concentrare le perdite in un piccolo punto della macchina, dove inserisco l'assorbitore.

Effetto Multi-Turn



E' l'esperimento che sta verificando la possibilità di applicare questa tecnologia ad LHC. E' situato in SPS.

Si cercano evidenze che l'uso dei cristalli possa ridurre il livello di perdite (sia sull'alone, sia in area dispersiva) e che tale sistema sia più efficiente di quello in uso.



Macchina

- L'esperimento si svolge ad SPS, che è utilizzabile durante i Macchine Development di LHC. Si usa un fascio di $10^{10} \div 10^{11}$ particelle a 120 GeV in modalità COAST (fascio circolante stazionario). I valori dell'ottica (Emittanza e Tune) sono monitorati per evitare fenomeni di debunching.

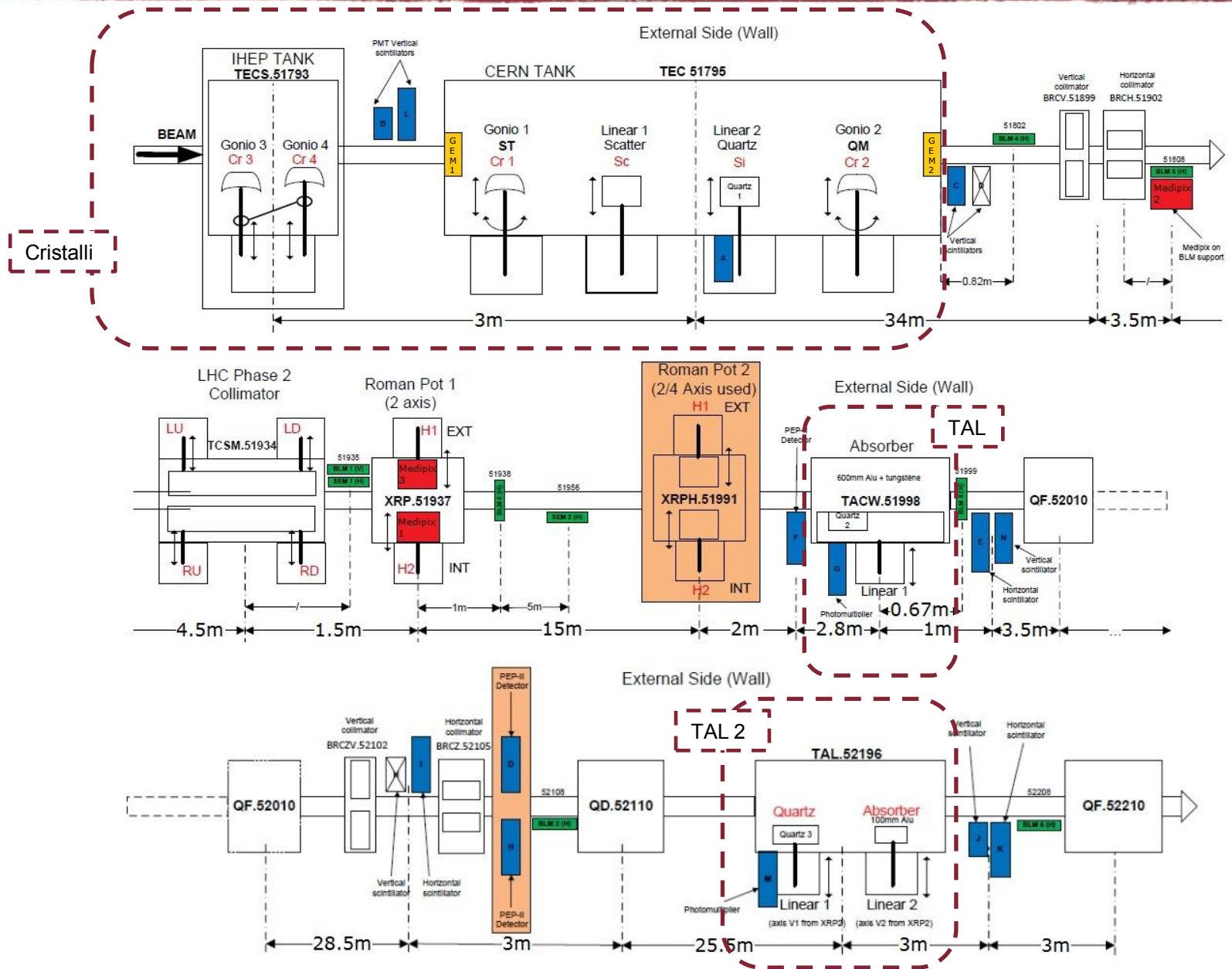
Cristalli

- I cristalli utilizzati sono 4 (2 strip e due quasimosaic) di simili dimensioni longitudinali ($\sim 2\text{mm}$) e curvatura ($150 \div 170 \mu\text{rad}$); ognuno è posizionato su un goniometro che misura l'angolo di orientazione.

Apparato

- Il resto del layout è formato da assorbitori (TAL, TAL 2, LHC Phase II Collimator) e rivelatori (GEM, Scintillatori) che misurano i secondari prodotti dalle interazioni anelastiche (BLM), o la distribuzione trasversale del fascio (Medipix).

Layout



Operazioni Preliminari

La posizione del **centro del fascio** va individuata per ogni nuovo fill della macchina, in modo da poter tagliare alle σ che non ci interessano.

L'**allineamento** è effettuato col Collimatore LHC Phase II, consente di trovare il centro del fascio con una precisione di 100 μm . Questo sarà diverso dallo 0 di riferimento, si definisce una σ_{all} alla quale verranno allineati tutti gli apparati :

$$\sigma_{all} = \frac{x_{half}}{\sigma_{mm}}$$

Gli altri apparati sono allineati lasciando il collimatore in posizione, avanzando a piccoli passi ($\sigma/10$ a 1mm/s).

Assumiamo che il livello di perdite sia proporzionale al numero di particelle intercettate.

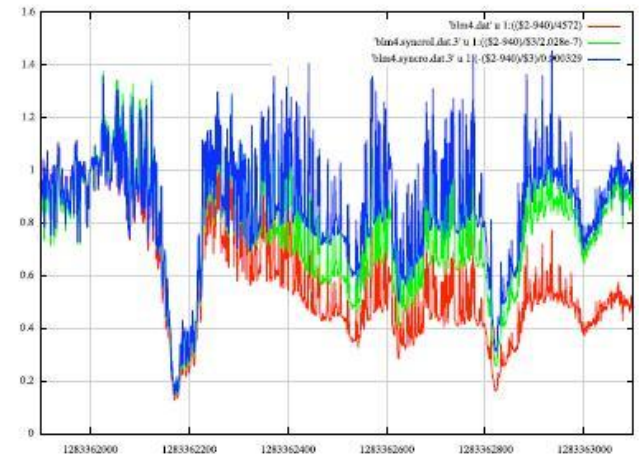
Infine la **normalizzazione** dei dati per confrontare misure di fill diversi è effettuata con il **flusso**.

Poiché misuriamo il # particelle sul rivelatore

α al # interazioni anelastiche

α al # particelle sull'ostacolo (cristallo) (tutto nell'unità di tempo)

che sono proporzionali al flusso e non all'intensità circolante.



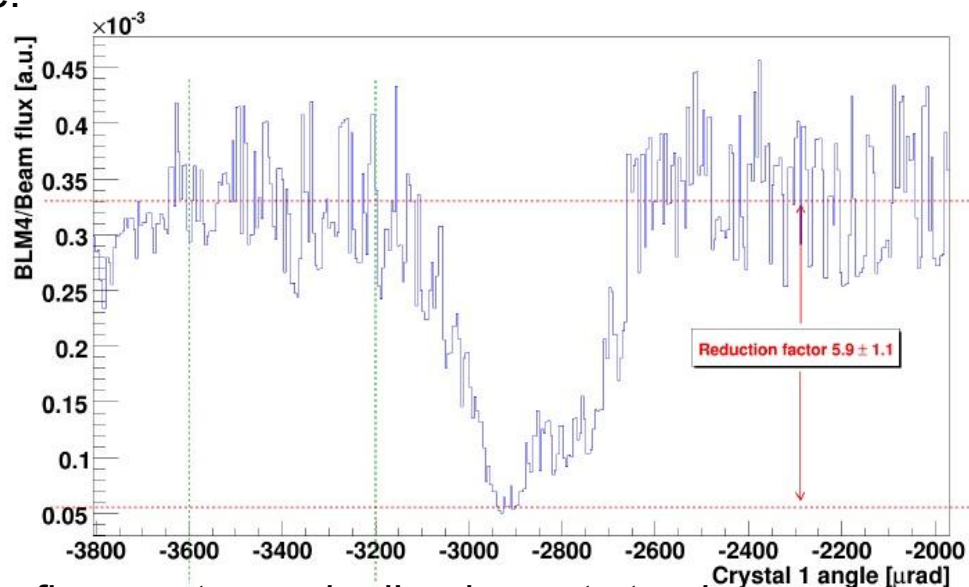
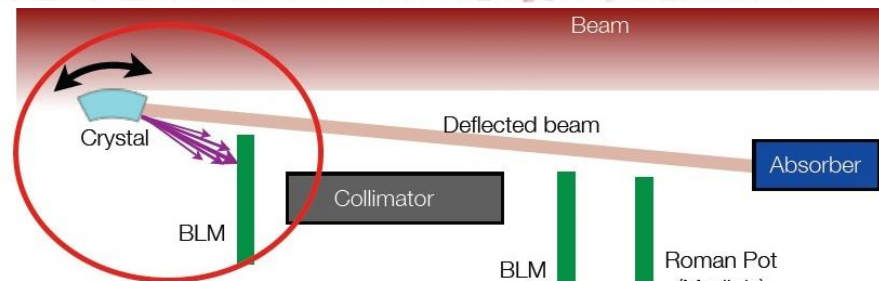
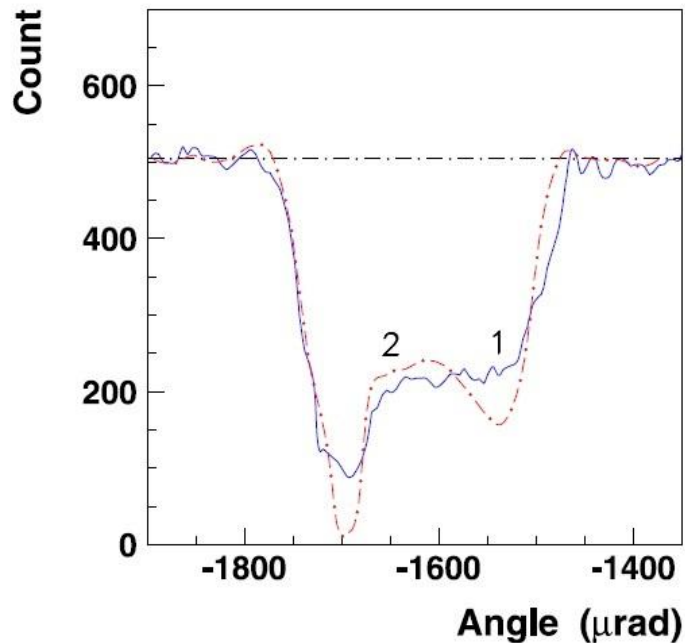
Misure – Scan Angolari

Questo tipo di analisi si effettua inserendo il cristallo 0,5 mm più dentro rispetto all'allineamento, e l'assorbitore più fuori di 1.5mm.

L'analisi si esegue muovendo il goniometro con velocità, tra $1 \div 5 \mu\text{rad/s}$, inversamente proporzionale al livello di statistica che si vuole.

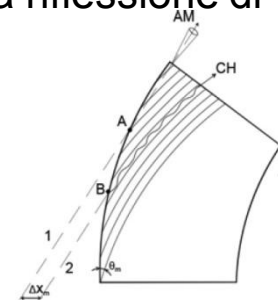
L'osservabile è il **fattore di riduzione del livello di perdite**.

$$R_{in} = \frac{Loss_{am}}{Loss_{ch}}$$

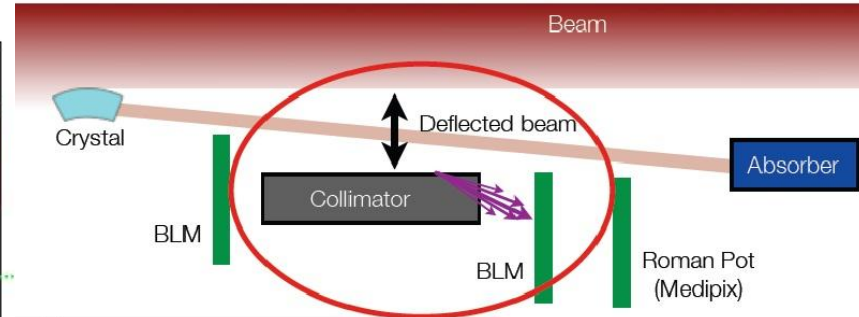
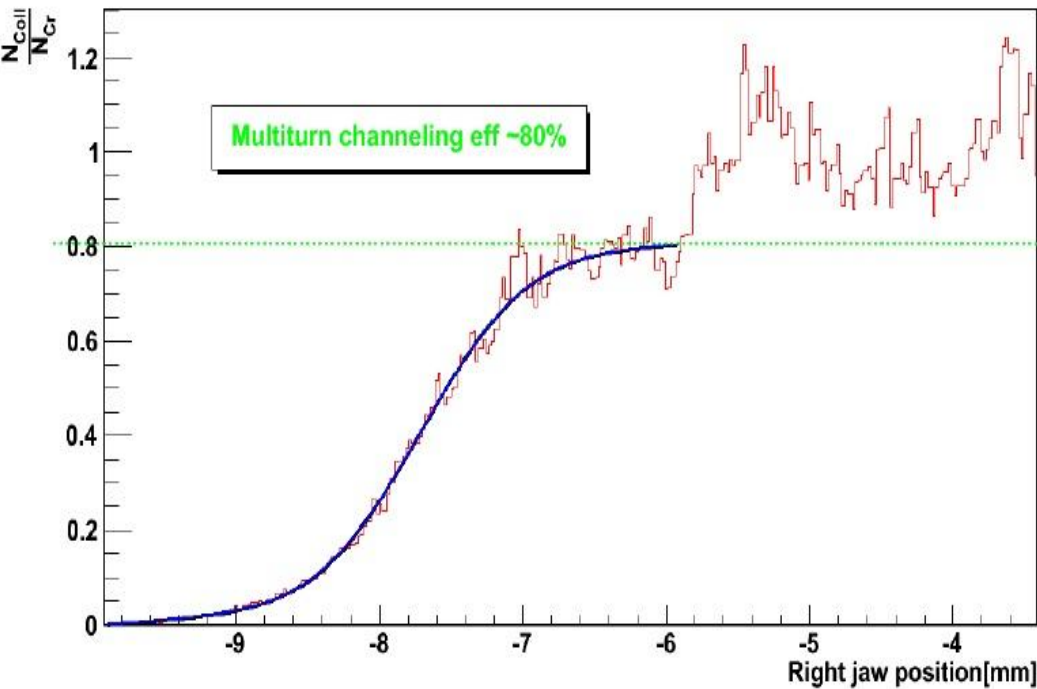


Questo grafico mostra anche l'andamento teorico previsto. La mancanza del secondo minimo (dovuto alla riflessione di volume) è imputabile a :

- Torsione
- Perfetto allineamento
- Miscut Angle



Misure – Scan LHC Phase II Collimator



Misura l'efficienza di estrazione multigioco del cristallo.

Il cristallo è fissato sull'angolo di channeling. Lo scan è in funzione della posizione della mascella destra del collimatore LHC.

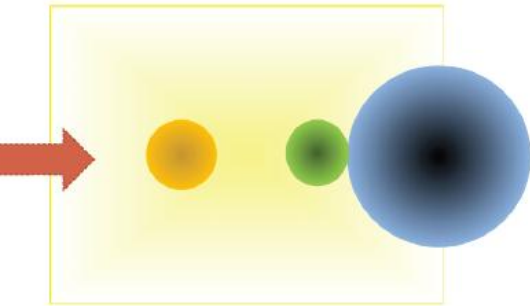
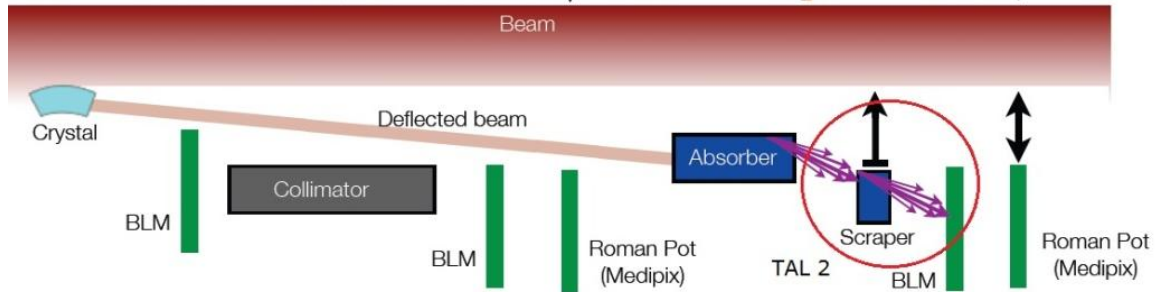
➤ Si misurano il livello di perdite (in media) quando il collimatore supera l'ombra del cristallo (α # particelle impattanti) e quando supera l'ombra del TAL (α # particelle deflesse)

Cristallo	Pos. Cr. [σ]	Pos. TAL [σ]	Deflessione [μrad]	Sigma [μrad]	Efficienza %
3	7.2	9.1	178 ± 3	29 ± 3	69 ± 7
3	7.2	9.1	186 ± 2	25 ± 2	67 ± 6
4	4.9	7.1	183 ± 3	23 ± 2	80 ± 8

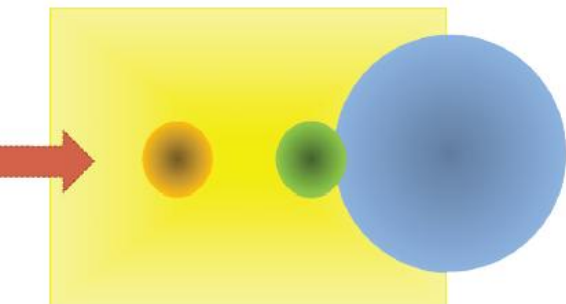
Misure - Scan area dispersiva

Si vuole, infine, analizzare la popolazione dell'alone terziario.

Si confrontano il # di particelle diffuse con Cristallo in channeling, in amorfo, con Collimatore LHC Phase II.

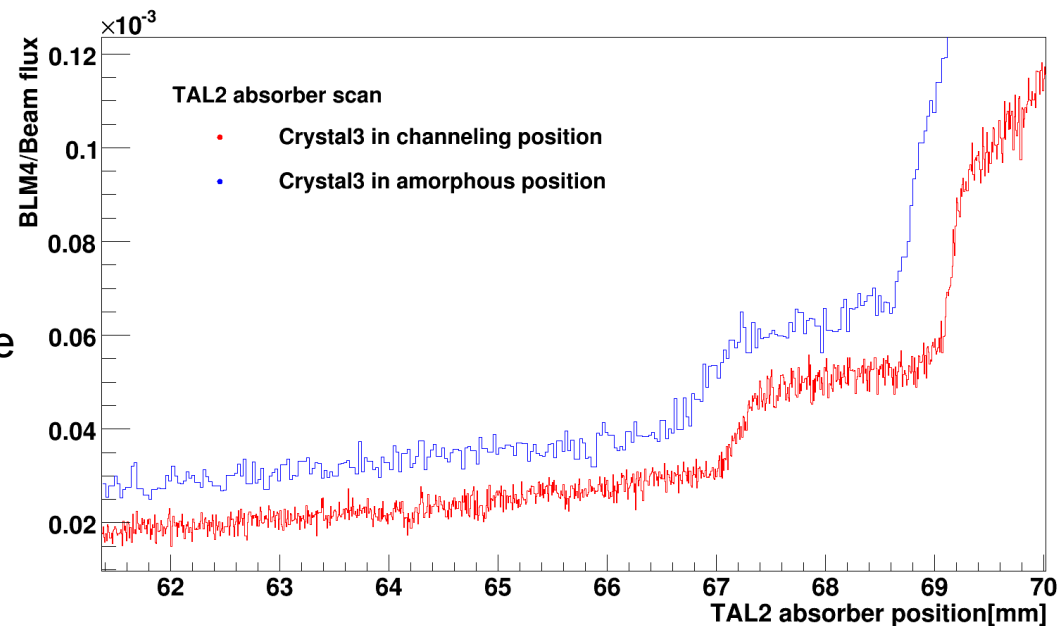


Si ottiene l'evidenza che con il cristallo in channeling il numero di particelle in area dispersiva è minore sia in valore assoluto, sia in numero di particelle per unità di lunghezza.



Questo grafico mostra che il livello di perdite è più alto in condizione di amorfo rispetto al cristallo in channeling.

Il **Fattore di Riduzione dell'alone Terziario** è misurato nella zona più esterna al fascio (62 ÷ 66 mm).



Conclusioni

L'accordo tra le misure eseguite sui protoni e quelle sugli ioni di piombo, la velocità e la buona riproducibilità del channeling rendono il sistema di collimazione molto solido.

L'alone è deviato coerentemente ad ampio angolo e l'efficienza misurata dallo scan col collimatore è del $(75 \pm 4\%)$ e $(85 \pm 5\%)$ rispettivamente per strip e quasi-mosaic.

- Si è inoltre dimostrato che tale efficienza cresce molto se rendiamo l'allineamento del fascio rispetto all'angolo critico quasi perfetto.

La ridotta dimensione longitudinale dei cristalli, rispetto ai collimatori amorfi, abbatte sia il valore dell'impedenza complessiva, di $\sim 20\%$, sia le perdite per interazione anelastica, che si riducono di circa 5 volte in condizione di channeling, ma il fattore di riduzione è anche maggiore nelle simulazioni.

- Migliorando le imperfezioni del cristallo (torsione, allineamento, miscut angle) si ridurranno le perdite per interazione nucleare.

Applicazione ad LHC

Sono cinque i problemi principali aperti per passare ad LHC

L'orientazione in Channeling richiede un'accuratezza maggiore di quella possibile oggi.

Adattare la traiettoria dell'alone deviato alle ridotte dimensioni della beam pipe.

L'intera potenza delle particelle dell'alone è depositata in un piccolo punto dell'assorbitore.

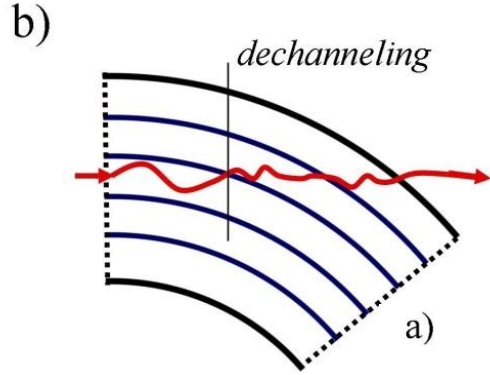
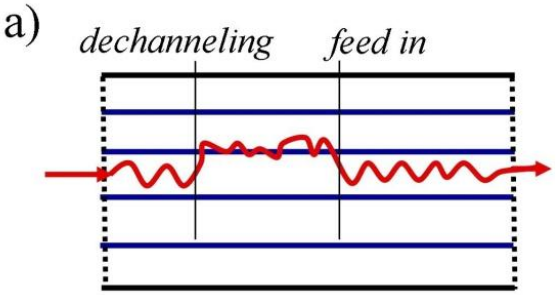
Dimostrare che il sistema basato sui cristalli piegati supera l'efficienza di pulizia raggiunta oggi da LHC del 99.99%.

Studiare la stabilità termica e geometrica del cristallo piegato per l'estrazione di un alone ad alta potenza, comprese le questioni di carico termico, e raffreddamento.



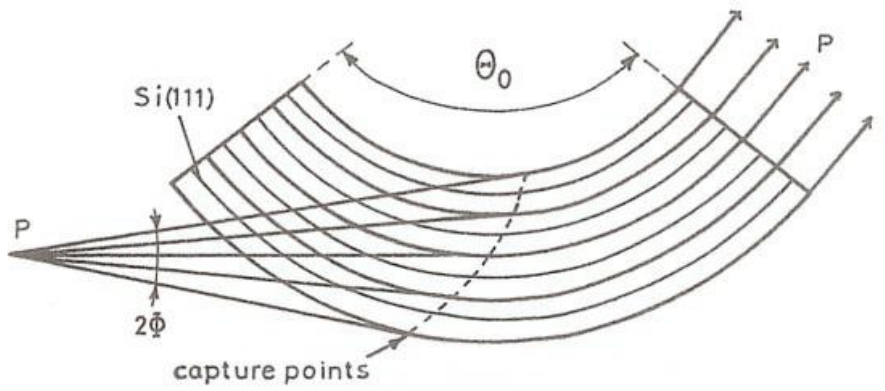
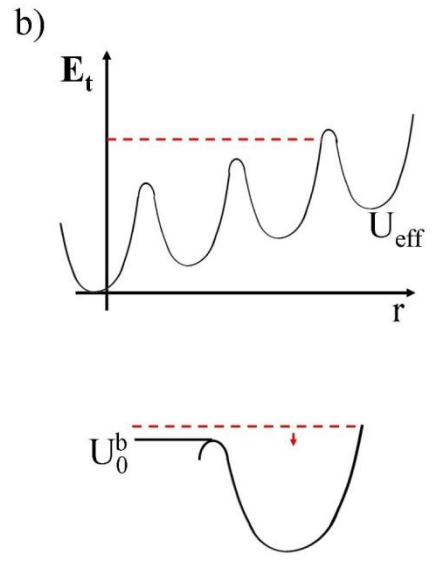
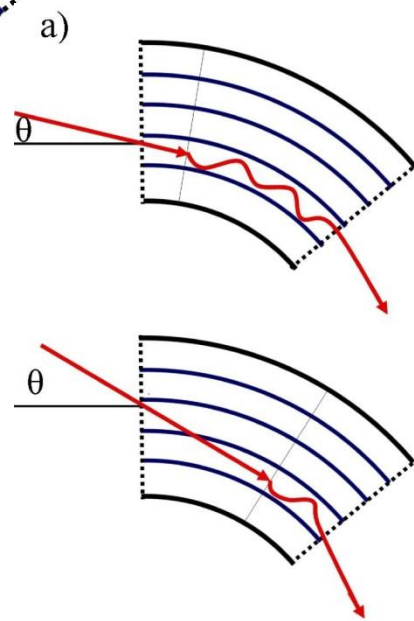
Appendice

Channeling di volume e Dechanneling



Il **dechanneling** consiste nella fuoriuscita dall'incanalamento della particella, che ha raggiunto la condizione $E_t > U_{max}$

Il **channeling di volume** invece riguarda le particelle che vengono incanalate dopo essere entrate nel cristallo ed hanno raggiunto la condizione $E_t < U_{max}$



La probabilità di incanalamento di volume cresce col raggio di curvatura del cristallo

$$\mathcal{P}_{cv} = \frac{R}{(pv)^{3/2}}$$

Oscillazioni Betatroniche

Infine si definiscono la dimensione trasversa (e il suo momento) che rappresenta l'orbita entro la quale sono contenute il 66% delle particelle del fascio.

$$\sigma_x(s) = \sqrt{\varepsilon\beta_x(s)} \quad , \quad \sigma_{x'}(s) = \sqrt{\varepsilon\gamma_x(s)}$$

Tale grandezza differenzia il centro del fascio, il core, dal resto che è detto alone.

Le Oscillazioni Betatroniche influenzano, dunque, la sezione trasversale del fascio.

Dalla definizione dell'avanzamento di fase φ :

$$\varphi(s) = \int_0^s \frac{ds'}{\beta(s')}$$

Otteniamo il Tune, ovvero il numero di giri nello spazio delle fasi durante un giro completo della macchina :

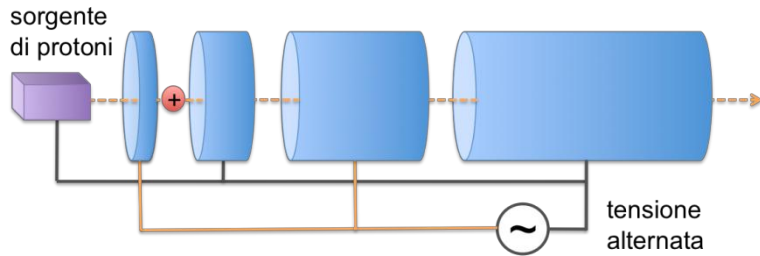
$$T = \frac{1}{2\pi} \varphi(c) = \frac{1}{2\pi} \int_s^{s+c} \frac{ds'}{\beta(s')}$$

E' possibile calcolare in che punto dello spazio delle fasi arriverà una particella dopo aver percorso un certo tratto di macchina. Per farlo occorre la matrice di trasporto.

$$\begin{pmatrix} x(s_2) \\ x'(s_2) \end{pmatrix} = M(s_1|s_2) \begin{pmatrix} x(s_1) \\ x'(s_1) \end{pmatrix}$$

Da cui è possibile ricavare l'espressione dell'angolo di kick che una particella subisce nell'incontrare un cristallo.

Oscillazioni sincrotroniche



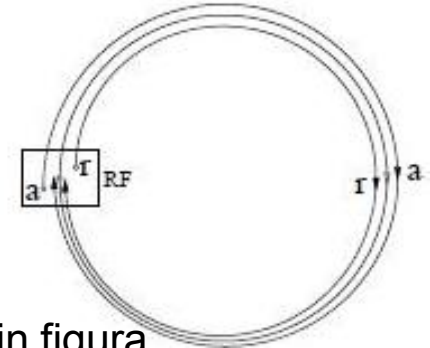
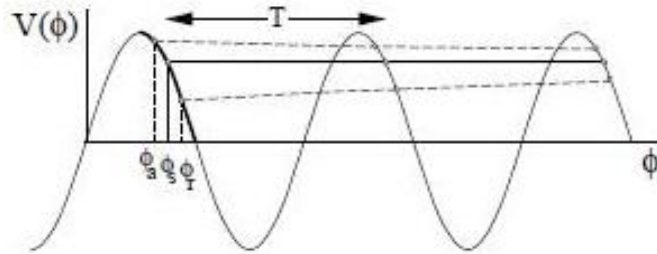
Le RF impartiscono alla particella un potenziale che le accelera. La tensione alternata serve a invertire la polarizzazione ogni volta che la particella entra in una diversa cavità. L'energia fornita è :

$$E' = E_s + \delta E + qV_0 \sin(\phi_s + \delta\phi)$$

Dunque le particelle oscillano intorno alla fase di riferimento con variazione d'impulso $\Delta p = \Delta E/c$. Il rapporto tra variazione longitudinale del bunch e variazione dell'impulso è detto fattore di compressione.

$$\alpha_c = \frac{\Delta L/L}{\Delta p/p}$$

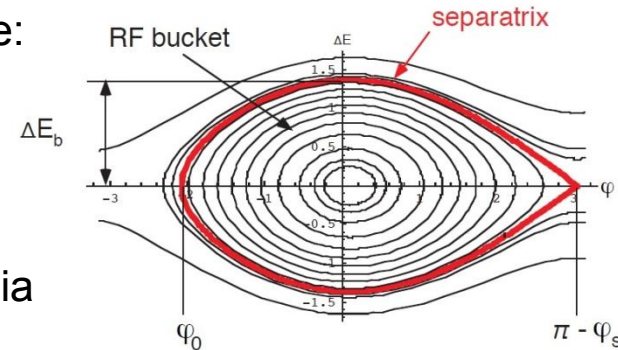
Le RF agiscono sulla stabilità longitudinale del fascio.



Tale stabilità si controlla col **phase focusing** che tiene conto dei fenomeni in figura. Le particelle che hanno piccola variazione di ampiezza longitudinale sono contenute nel **bucket** ed effettuano le oscillazioni di sincrotrone:

$$\ddot{\phi} + \frac{\Omega_s^2}{\cos \phi_s} (\sin \phi - \sin \phi_s)$$

L'effetto della non linearità definisce una **separatrice**, che rende le particelle fuori da essa sempre meno sincrone e che perdono energia fino a perdersi nella macchina. ΔE_b definisce l'accettanza energetica della macchina.



Dispersione

La differenza da p_0 modifica anche l'oscillazione betatronica.

Definita la variazione in momento $\delta = (p-p_0)/p_0$ l'equazione del moto di Hill si modifica e la soluzione diventa composta dell' "omogenea", ricavata prima, più una che dipende dalla funzione di Dispersione.

$$x(s) = x_\beta(s) + D(s)\delta$$

$$x''_\beta + [k_x(s) + \Delta k_x(s)]x_\beta = 0 \quad D'' + [k_x(s) + \Delta k_x(s)]D = \frac{1}{\rho(s)}$$

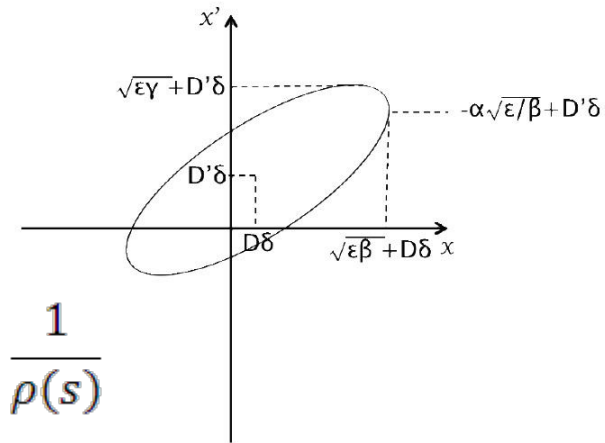
Considerando solo termini lineari in δ e notando che la variazione $\Delta k_x \ll k_x$, una è la soluzione precedente, l'altra ci fa ricavare $D(s)$:

$$D(s) = \int_0^s \frac{\sqrt{\beta(s')\beta'(s')}}{\rho(s')} \sin(\varphi(s') - \varphi(s)) ds'$$

Quindi all'ampiezza betatronica va aggiunto il termine di dispersione, e lo spazio delle fasi diventa :

$$\begin{cases} x(s) = x_\beta(s) + x_s(s) = x_\beta(s) + D(s)\delta \\ x'(s) = x'_\beta(s) + x'_s(s) = x'_\beta(s) + D'(s)\delta \end{cases}$$

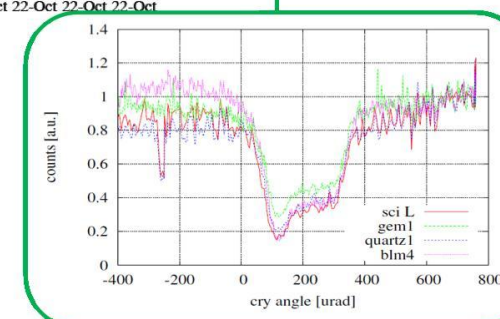
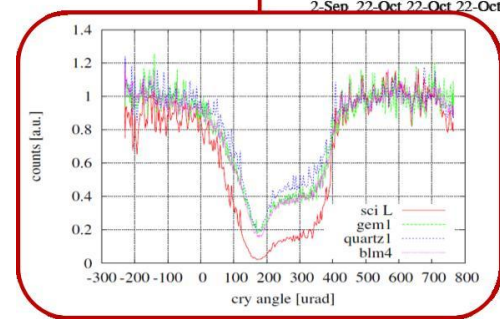
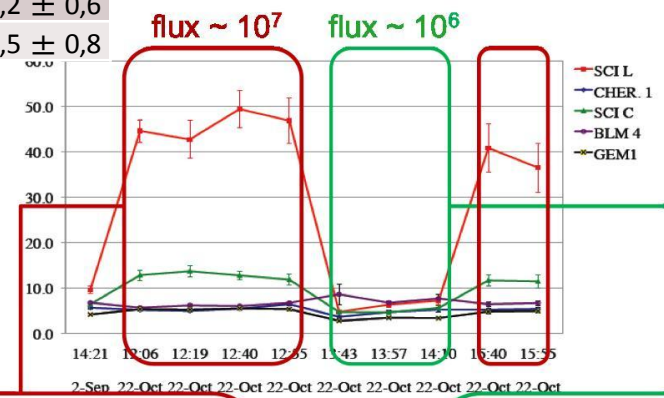
Cioè l'ellisse sposta il suo centro dall'origine al punto $(D'(s)\delta, D(s)\delta)$



Misure – Scan Angolari

Cristallo	Flusso	Pos. Cr.[σ]	Pos. TAL [σ]	Fattore di Riduzione			
				Sci. L.	CRK.A	GEM 1	BLM 4
3	$8,2 \cdot 10^6$	7,2	8,9	$9,8 \pm 0,7$	$5,8 \pm 0,4$	$6,1 \pm 0,4$	$6,1 \pm 0,2$
3	$3,5 \cdot 10^6$	5,7	7,2	$5,8 \pm 0,6$	$3,3 \pm 0,3$	$4,1 \pm 1,0$	$4,5 \pm 0,3$
4	$2,2 \cdot 10^6$	7,1	8,6	$8,2 \pm 0,8$	$6,8 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,3$	$7,3 \pm 0,3$
3	$1,0 \cdot 10^7$	4,5	6,1	$53,8 \pm 4,5$	$6,3 \pm 0,5$	$6,2 \pm 0,6$	$6,4 \pm 1,1$
3	$1,4 \cdot 10^7$	4,5	6,1	$43,6 \pm 3,5$	$4,8 \pm 0,4$	$5,1 \pm 0,4$	$6,0 \pm 0,4$
3	$1,1 \cdot 10^7$	4,5	6,1	$39,0 \pm 8,5$	$5,8 \pm 0,7$	$6,4 \pm 0,5$	$6,9 \pm 0,5$
3	$0,9 \cdot 10^7$	4,5	6,1	$47,8 \pm 5,4$	$6,1 \pm 1,2$	$6,0 \pm 0,3$	$7,1 \pm 0,3$
3	$1,9 \cdot 10^6$	6,2	5,9	$3,7 \pm 0,6$	$3,9 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,3$	$8,7 \pm 1,4$
3	$2,5 \cdot 10^6$	6,2	5,9	$4,7 \pm 0,7$	$3,7 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,2$	$8,2 \pm 1,4$
3	$4,0 \cdot 10^6$	6,2	5,9	$5,5 \pm 0,8$	$4,3 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,8$
3	$3,4 \cdot 10^6$	6,2	5,9	$7,4 \pm 1,7$	$5,7 \pm 0,4$	$5,1 \pm 0,3$	$8,1 \pm 0,9$
3	$1,0 \cdot 10^7$	4,7	5,9	$37,3 \pm 8,0$	$4,9 \pm 0,5$	$5,3 \pm 0,5$	$6,2 \pm 0,6$
3	$1,0 \cdot 10^7$	4,7	5,9	$37,1 \pm 5,8$	$5,5 \pm 0,5$	$5,4 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,8$

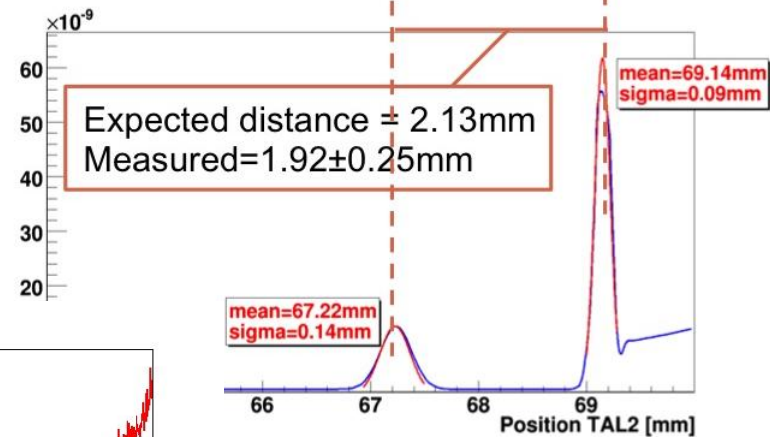
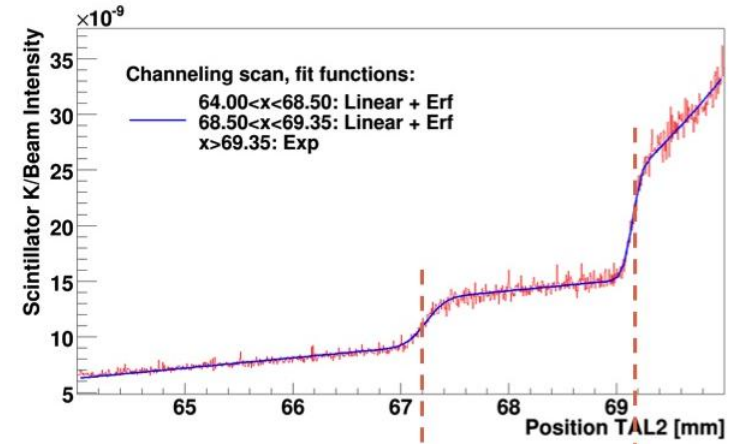
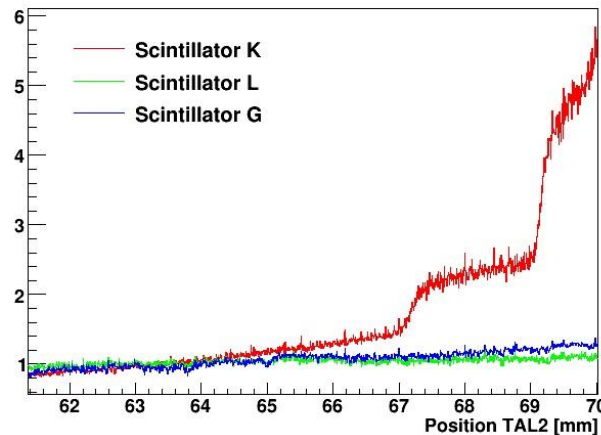
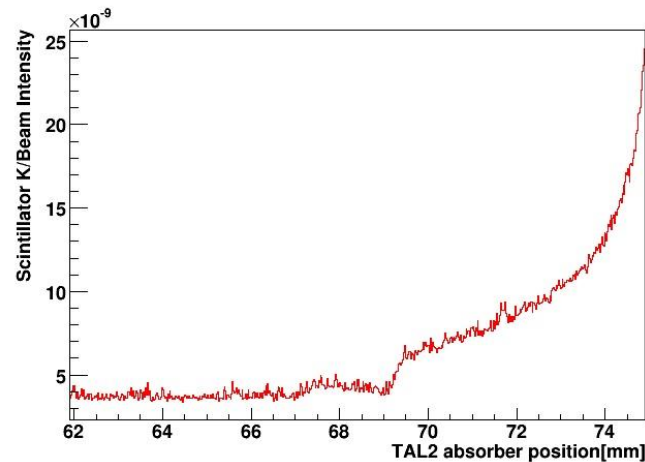
Sono riportati i dati sui fattori di riduzione per diversi fill.
Si nota un problema di pile-up sugli scintillatori in condizione di alto flusso.



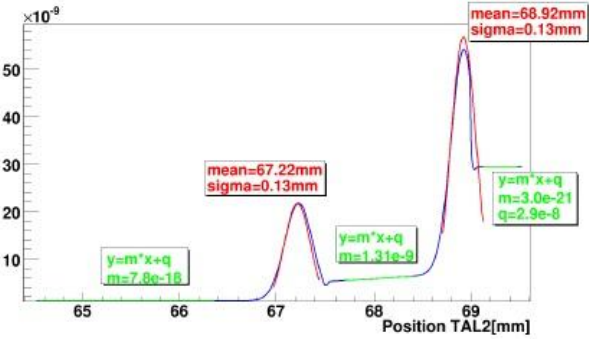
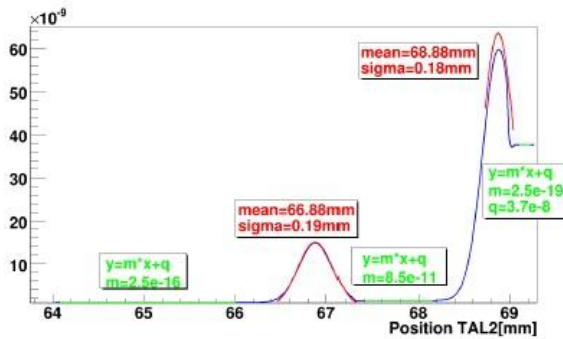
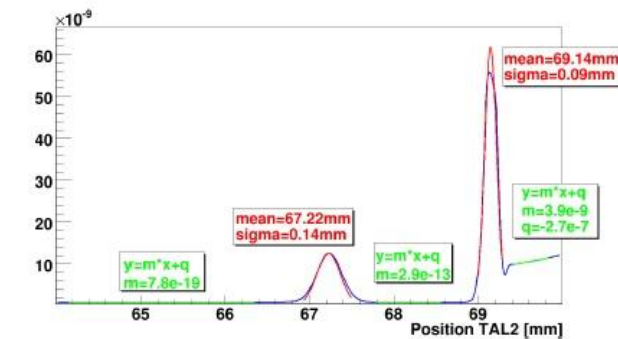
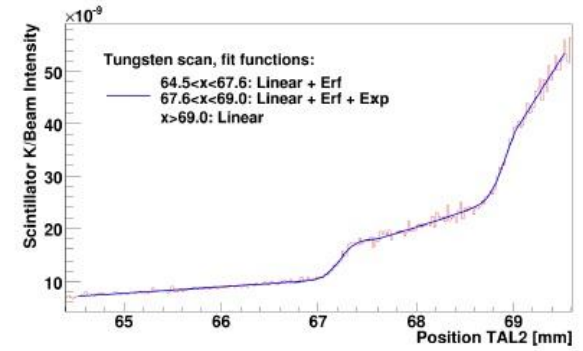
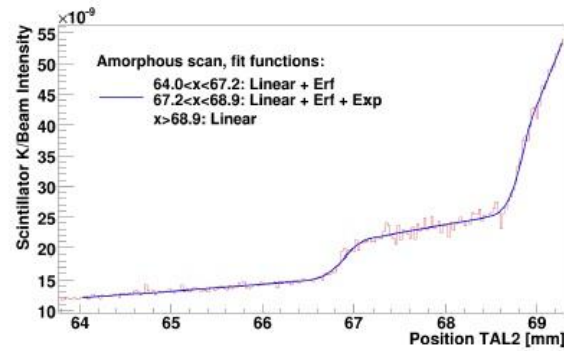
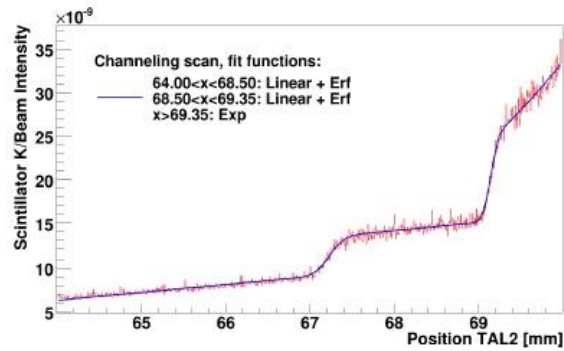
Misure - Scan area dispersiva

Le due spalle prodotte sono generate dall'interazione del TAL2 con le particelle off-momentum che passano dietro a TAL e cristallo.

Se le particelle fossero on-momentum dovremmo osservare un dump, quando TAL2 diventa restrizione primaria. Inoltre si dovrebbero abbassare le perdite dietro cristallo e assorbitore.



Misure - Scan area dispersiva



Densità di particelle normalizzata all'intensità circolante (10^{-9})

Condizione	Posizione		
	Prima del TAL	Dopo il TAL	Dopo cristallo/tungsteno
Cr. in channeling	0.9	0.9	10
Cr. In amorfo	1.0	1.5	37
Tungsteno	1.2	5.4	29

Analisi qualitativa

Pendenza fit lineare ($10^{-9}/\text{mm}$)

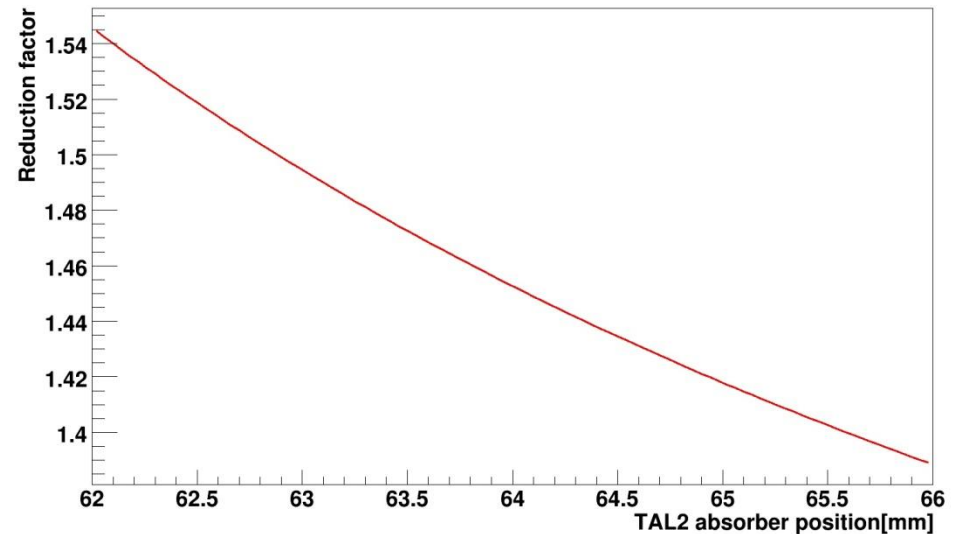
Condizione	Posizione		
	Prima del TAL	Tra TAL e cristallo	Tra cristallo e fascio
Cr. In channeling	$<10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-4}$	3.9
Cr. in amorfo	$<10^{-6}$	0.1	$<10^{-9}$
Tungsteno	$<10^{-8}$	1.3	$<10^{-11}$

Misure - Scan area dispersiva

Alone Terziario Multi-turn Il livello delle perdite generate tramite l'inserzione dell'assorbitore, o della popolazione direttamente misurata dal rivelatore Cherenkov, che si trovano nel range compreso tra 1 e 5 mm dopo l'ombra del TAL in direzione uscente rispetto al centro del fascio.

Si effettua un fit lineare in questo range e si ottiene il Fattore di Riduzione dei rapporti nei diversi casi.

Il grafico si riferisce al fit fatto sul grafico precedente.

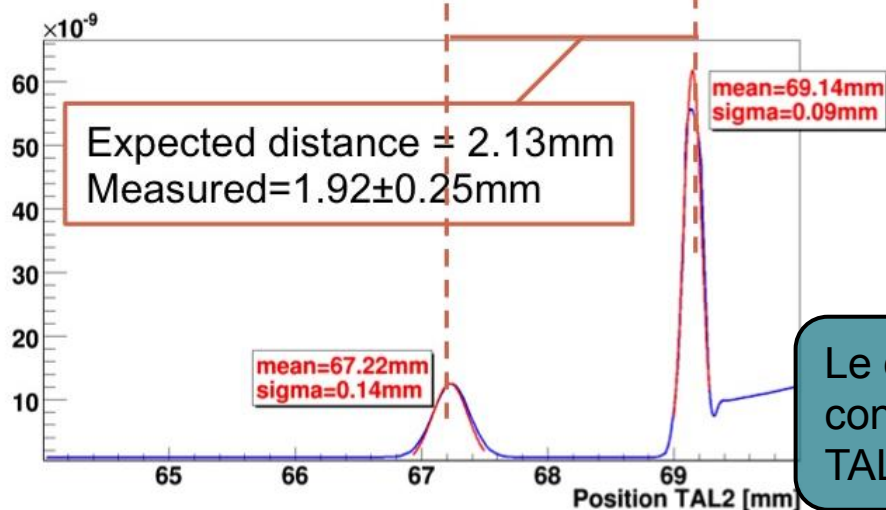
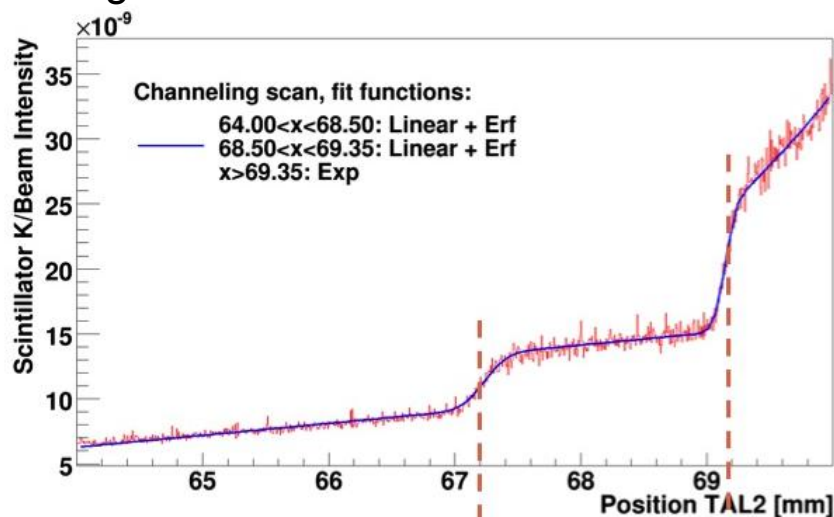


Cristallo	Posizione cristallo [σ]	Posizione TAL [σ]	Fattore di Riduzione	
			Sci. K	BLM4
3	5.7	7.2	3.77 ÷ 3.97	3.70 ÷ 5.20
3	6.7	8.3	1.34 ÷ 1.44	1.38 ÷ 1.54
3	6.7	8.3	1.80 ÷ 2.10	2.08 ÷ 2.26
3	4.1	5.5	3.10 ÷ 3.90	n.a.

Panoramica del range del Fattore di Riduzione

Misure - Scan area dispersiva

Si vuole, infine, analizzare la popolazione dell'alone terziario, ossia le particelle ad ampiezza trasversale maggiore del TAL. L'osservabile è il **fattore di riduzione dell'alone terziario**, analogo al caso anelastico.



Le misure sono eseguite con due metodi indipendenti ma ridondanti :

- Assorbitore di alluminio come scraper con rivelatori a valle
- Rivelatore Cherenkov (radiatore di quarzo in vuoto primario)

Si trovano nello stesso tank e sono indicati come **TAL2**.

La presa dati è effettuata misurando il # di particelle diffuse in differenti condizioni :

- Cristallo in channeling
- Cristallo in amorfo
- Collimatore LHC Phase II

Le due salite sono generate dall'interazione del TAL2 con le particelle off-momentum che passano dietro a TAL e cristallo.

Obiettivi LUA9

Confermare la robustezza operativa del sistema con cristalli piegati usato in SPS.

Studiare soluzioni appropriate per i cristalli e integrarli al meglio col layout esistente.

Fornire una prova degli effetti benefici del sistema e della sua efficienza nella riduzione delle particelle off-momentum dell'alone in LHC.

Dimostrare che si può ottenere un'efficienza di pulizia migliore di quella attuale.

Confermare la stabilità termica e geometrica del cristallo piegato con alone ad alta potenza dissipata.