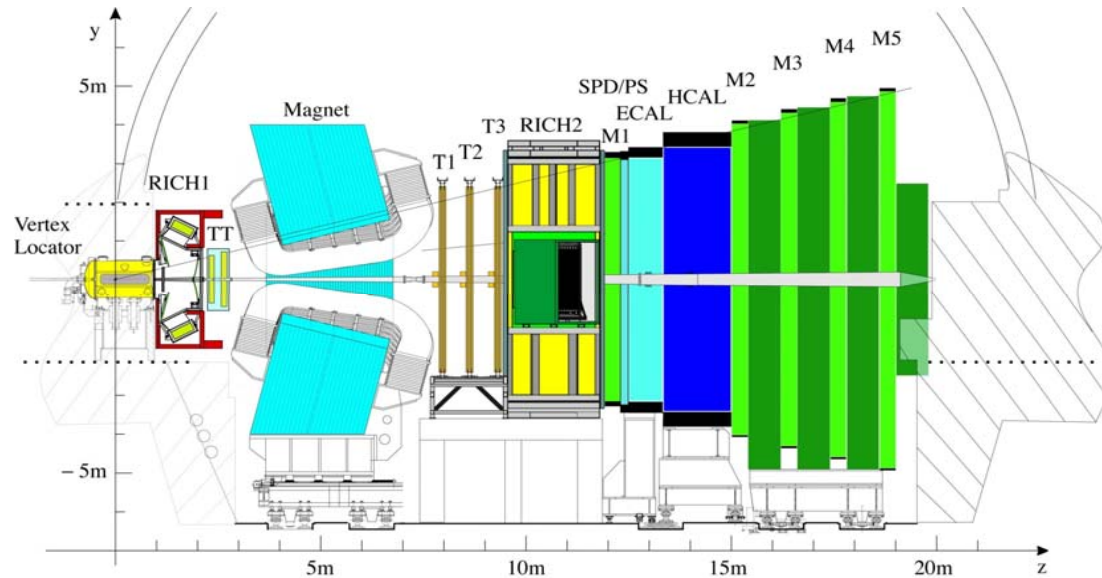


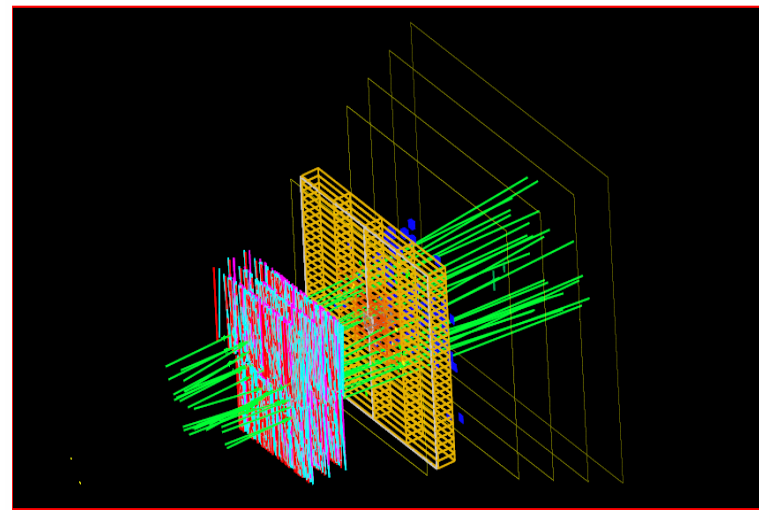
L'upgrade di LHCb

- Le motivazioni
- LHC e LHCb
- Quale upgrade
- Gli interessi dei gruppi INFN



Il programma di LHCb

TDR : 5 anni @ $2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \rightarrow 10 \text{ fb}^{-1}$

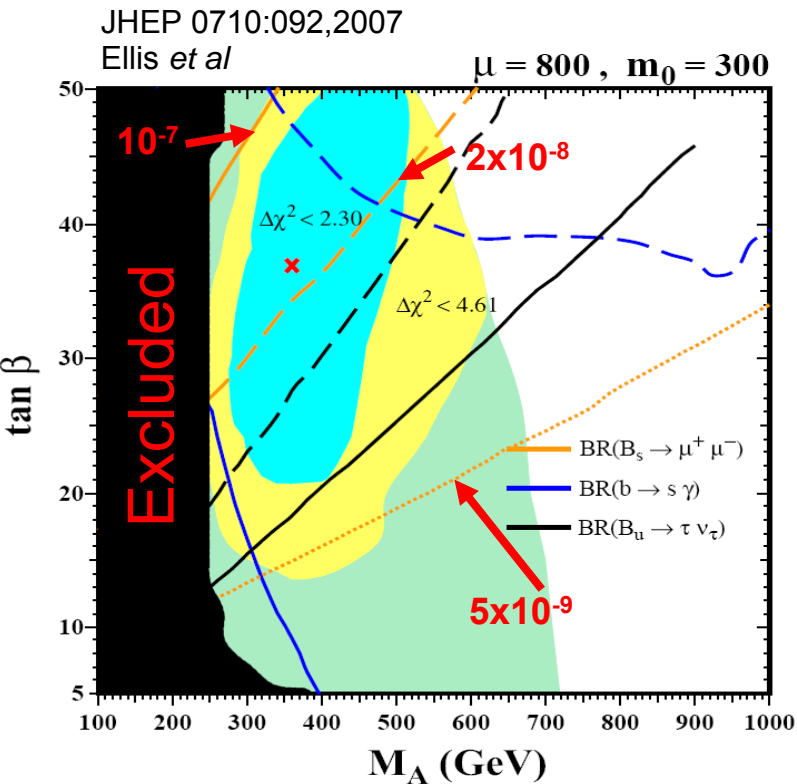


Con i dati raccolti nei prossimi 2-3 anni, LHCb potrebbe essere in grado di scoprire Nuova Fisica in alcuni canali

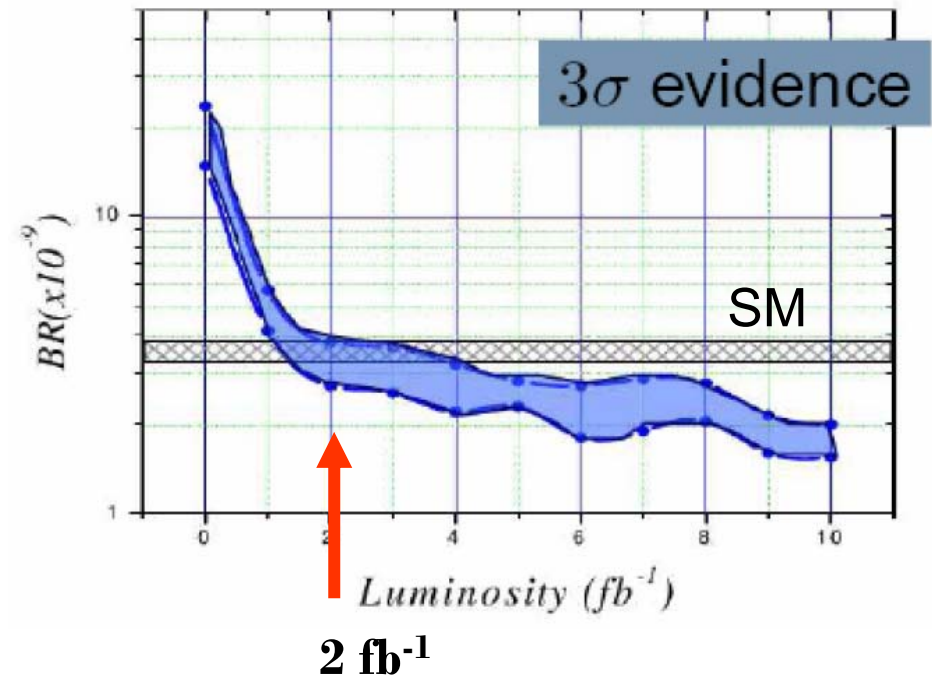
Quelli piu' interessanti sembrano essere $B_s \rightarrow \mu \mu$ e $B_s \rightarrow \psi \phi$

- previsioni teoriche precise
- valori dello SM raggiungibili con $2-3 \text{ fb}^{-1}$ (quindi entro 2-3 anni)
- qualche (vaga) indicazione di NP da CDF/D0

$$B_s \rightarrow \mu \mu$$



Limits in m_A versus $\tan \beta$
within MSSM



- Super rare decay in SM with well predicted

$$BR(B_s \rightarrow \mu\mu) = (3.55 \pm 0.33) \times 10^{-9}$$

- Sensitive to NP in MSSM

$$BR \propto \tan^6 \beta / M_A^4$$

$$\mathbf{B}_s \rightarrow \psi \phi$$

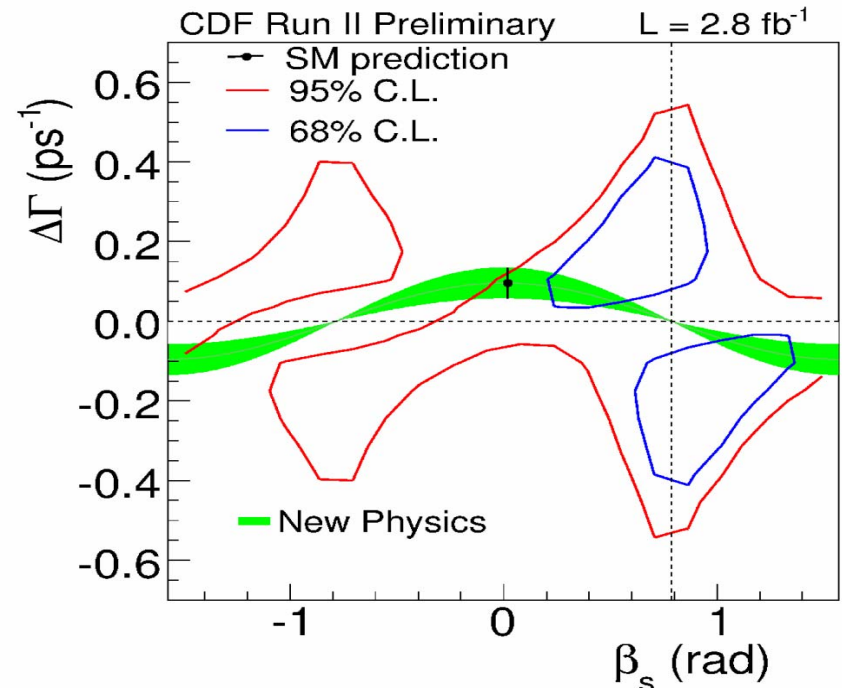
Theoretical uncertainty is much smaller than for β

$$\phi_s (\mathbf{B}_s \rightarrow \psi \phi) [\text{SM}] = 0.0368 \pm 0.0017 \text{ (CKMfitter 2007)}$$

Phase $\phi_s = (-2\beta_s)$ is 2.2σ away from SM prediction

SM prediction 0.04, central experimental value 0.77

In 2 fb⁻¹ of data:
100k signal events
 $\sigma(2\beta_s) = 0.03$



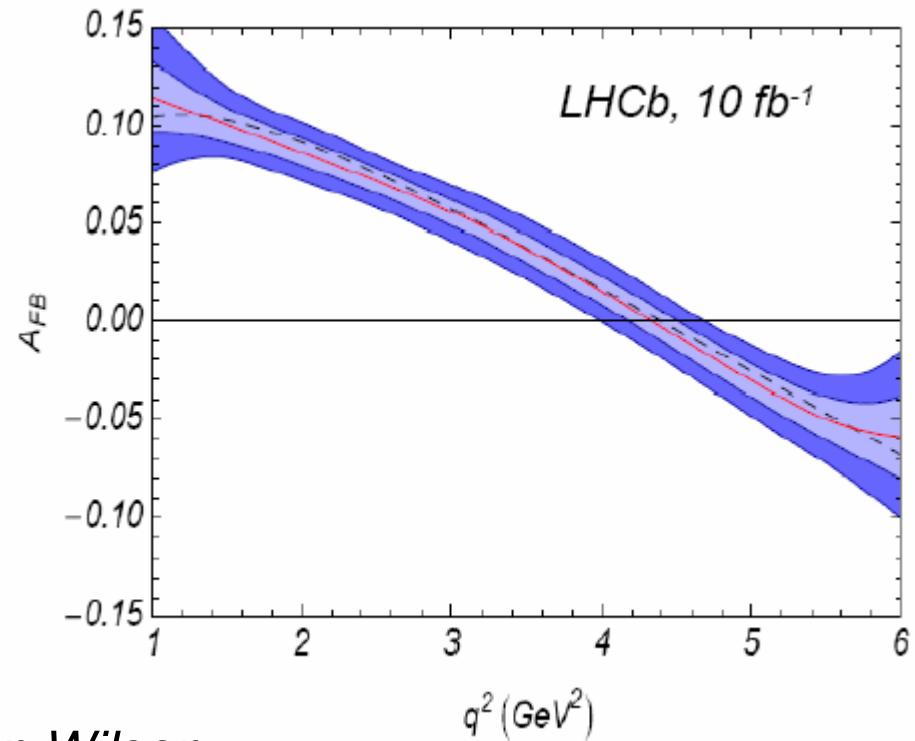
$B_d \rightarrow K^* \mu \mu$

- *Forward-backward asymmetry $A_{FB}(s)$ in $\mu\mu$ - rest frame is a sensitive NP probe*

- *Predicted zero of $A_{FB}(s)$ depends on Wilson coefficients $C_7^{\text{eff}} / C_9^{\text{eff}}$*

- *After 10 fb^{-1} zero of A_{FB} located to $\pm 0.28 \text{ GeV}^2$ (0.5 GeV^2 after 2 fb^{-1}) providing 7% stat. error on $C_7^{\text{eff}} / C_9^{\text{eff}}$*

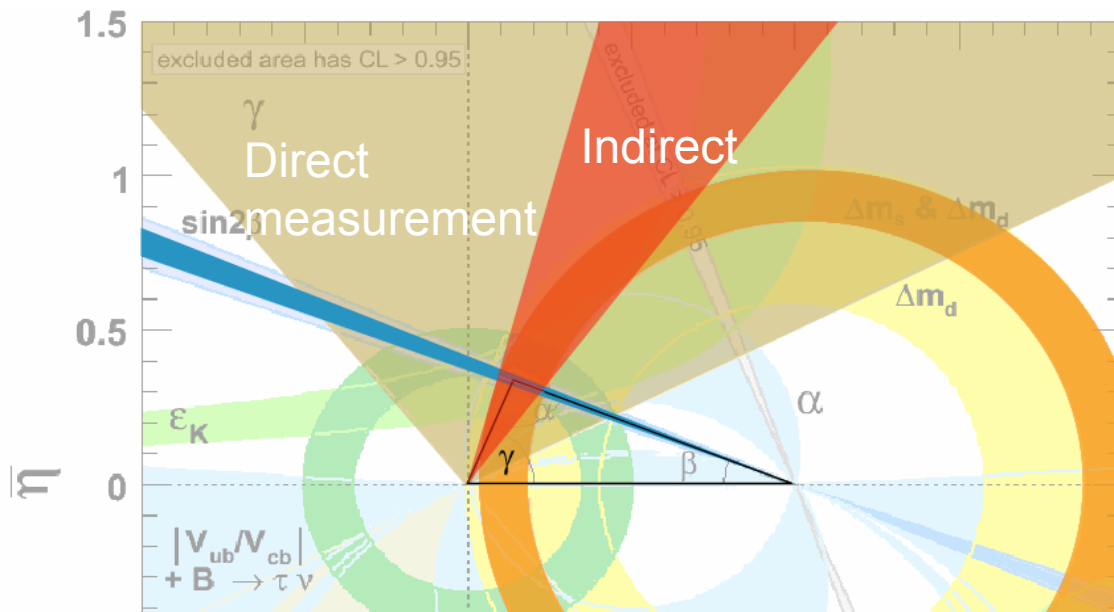
- *Full angular analysis gives better discrimination between models (statistics needed)*



CP angle γ

($B_d \rightarrow D^* \pi$, $B_d \rightarrow D^0 K^*$, $B_d \rightarrow D^0 K$, $B_s \rightarrow D_s \pi$, $B_s \rightarrow D_s K$)

limited by experiment: γ is poorly measured ($\pm 20^\circ$)



Indirectly γ is determined to be $\gamma = (68 \pm 5)^\circ$ from the processes involving loops

LHCb will measure γ directly in trees:

$\sigma(\gamma) \sim 2\text{-}3^\circ$ (10 fb^{-1} sample)

Altri canali possibili di ricerca di NP (con $10 \text{ fb}^{-1} \rightarrow 100 \text{ fb}^{-1}$)

- Polarizzazione del fotone in $\mathbf{B}_s \rightarrow \phi \gamma$
- $\Delta(\beta_s)$ in $\mathbf{B}_s \rightarrow \mathbf{J}/\psi \phi$ & $\mathbf{B}_s \rightarrow \phi \phi$
- $\Delta(\beta)$ in $\mathbf{B} \rightarrow \mathbf{J}/\psi \mathbf{K}_s$ & $\mathbf{B} \rightarrow \phi \mathbf{K}_s$
- BR di $\mathbf{B}_d \rightarrow \mu \mu$, BR di $\mathbf{D}^0 \rightarrow \mu \mu$
- Asimmetrie di CP nel charm (\mathbf{D}^0 - anti \mathbf{D}^0)
- LFV nel $\mathbf{BR}(\tau \rightarrow 3\mu) < 10^{-8}$ usando τ from $\mathbf{D}_s \rightarrow \tau \nu$

LHCb sensitivities for integrated lumi of 100 fb⁻¹

Observable	Sensitivity
$S(B_s \rightarrow \phi\phi)$	0.01 – 0.02
$S(B_d \rightarrow \phi K_S^0)$	0.025 – 0.035
$\phi_s (J/\psi\phi)$	0.003
$\sin(2\beta) (J/\psi K_S^0)$	0.003 – 0.010
$\gamma (B \rightarrow D^{(*)}K^{(*)})$	$< 1^\circ$
$\gamma (B_s \rightarrow D_s K)$	$1 - 2^\circ$
$\mathcal{B}(B_s \rightarrow \mu^+\mu^-)$	5 – 10%
$\mathcal{B}(B_d \rightarrow \mu^+\mu^-)$	3σ
$A_T^{(2)}(B \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	0.05 – 0.06
$A_{\text{FB}}(B \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-) s_0$	0.07 GeV ²
$S(B_s \rightarrow \phi\gamma)$	0.016 – 0.025
$A^{\Delta\Gamma_s}(B_s \rightarrow \phi\gamma)$	0.030 – 0.050
charm x'^2	2×10^{-5}
mixing y'	2.8×10^{-4}
CP y_{CP}	1.5×10^{-4}

I piani di LHC (prima del 0919...)

Fase 1 (2013) nuovi tripletti, D1, TAS, $\beta^*=0.25\text{m}$ in IP5&IP1
goal: $2\text{-}3 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Fase 2 (2017) “upgrade path” - goal: $10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

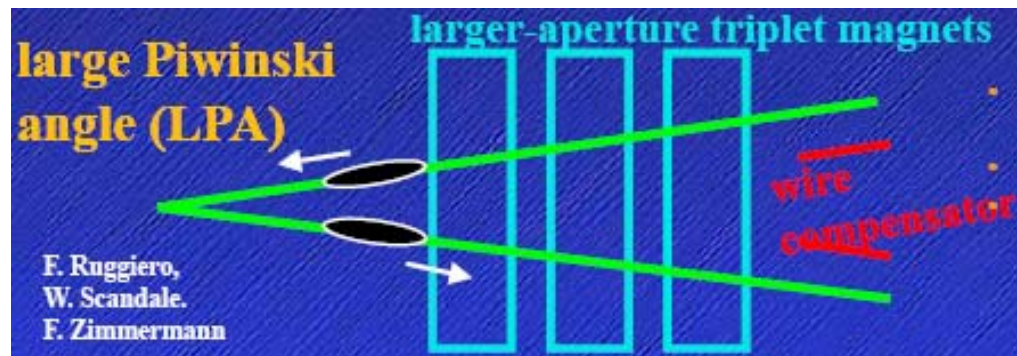
Extended shutdown: 2012/13 e 2016/17 con importanti interventi di ATLAS e CMS

LHCb intende(rebbe) sfruttare questi 2 passaggi per due fasi di upgrade (uno “elettronico” ed uno di “rivelatori”)

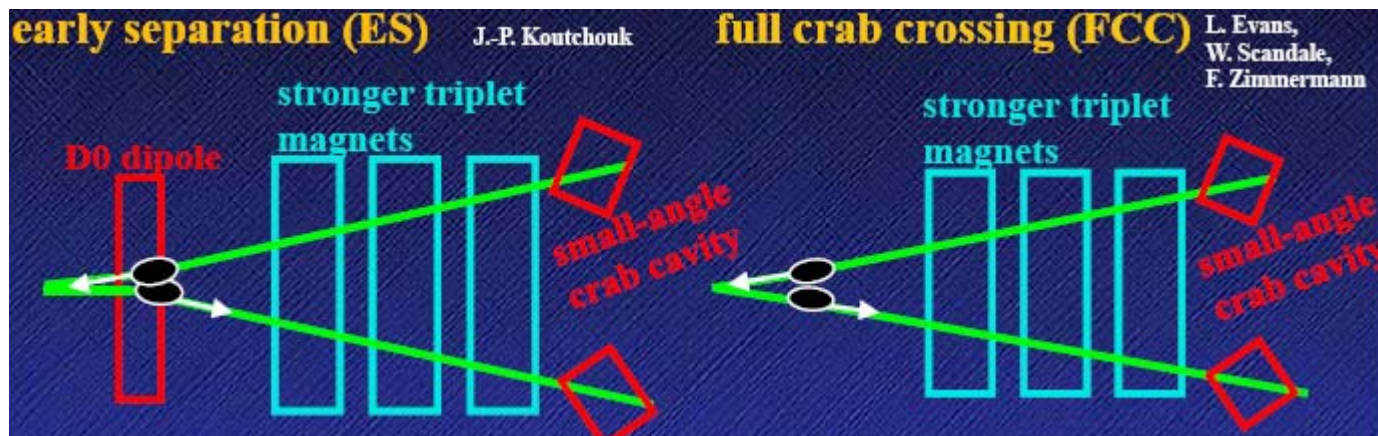
L'upgrade di LHCb e' indipendente dall'upgrade di LHC, ma questo puo' influenzare moltissimo il run di LHCb (in qualche configurazione anche impedirlo)

LHC “Upgrade path”

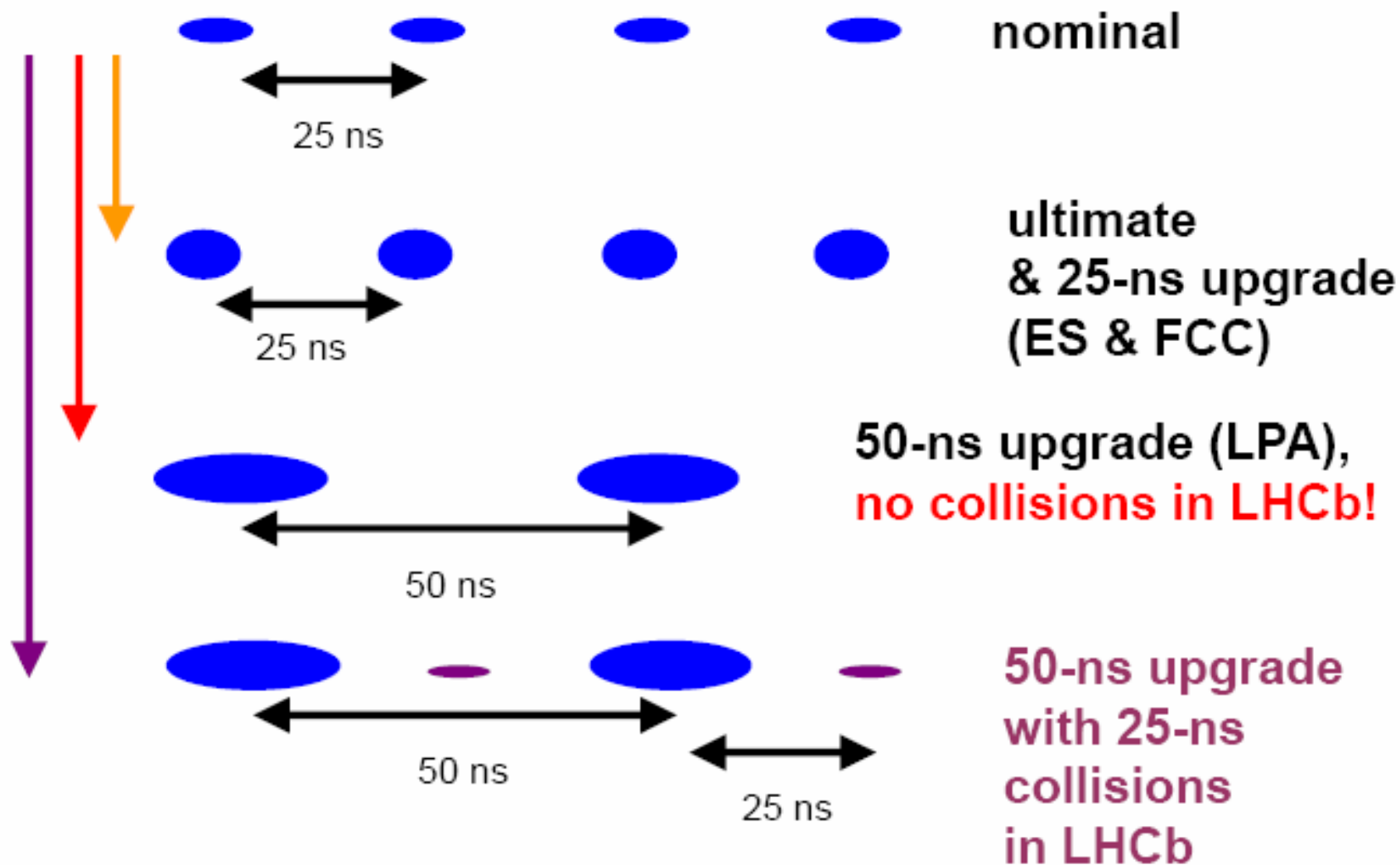
Scenario 50 ns Large Piwinski Angle: LHCb non prende dati, a meno di non mettere un pilot bunch ad intensita’ ridotta shiftato di 25 ns



Scenari a 25 ns Early Separation o Full Crab Crossing: LHCb puo’ continuare a prendere dati solo se il beam-beam tune shift indotto dalla sua presenza e’ moderato da un trucco (non ovvio)



bunch structures



L'attuale trigger L0 in LHCb

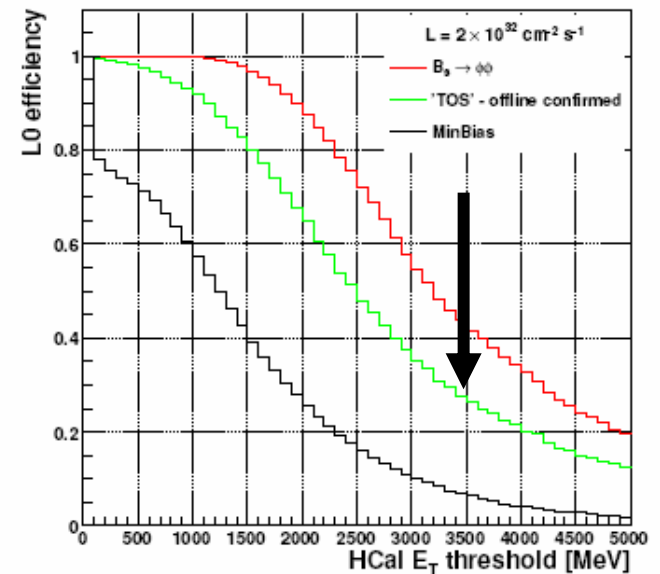
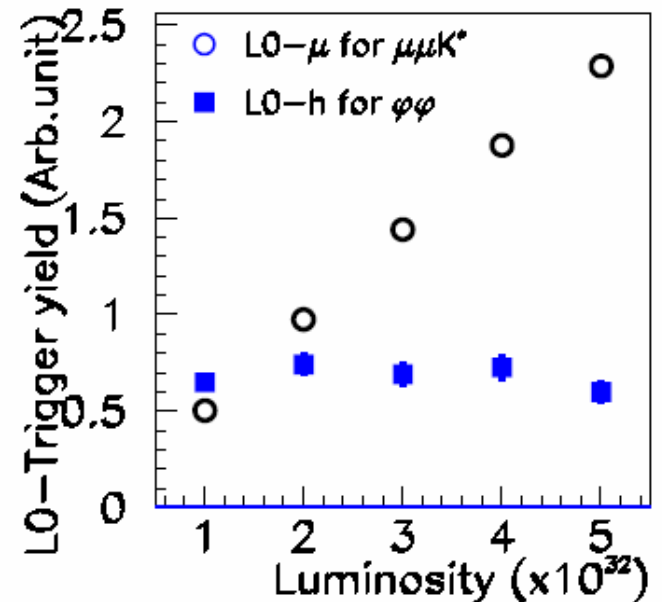
Level-0 (hardware based):

- Largest E_T hadron, $e(\gamma)$ and μ .
- @ $L > 2 - 5 \cdot 10^{32}$:
L0-retention $\sim 10 - 5\%$
- **Hardwired bottlenecks:**
 - 1 MHz max-output rate.
 - Latency: $2.5 \mu\text{s}$ for trigger

All'aumentare della luminosita' il numero di eventi (yield) nei canali adronici satura, mentre quello nei canali con mu cresce quasi linearmente

La banda passante di 1 MHz e' divisa

- 700 kHz dall'L0-had
- 150 kHz da e / γ
- 150 kHz da $\mu, \mu\mu$



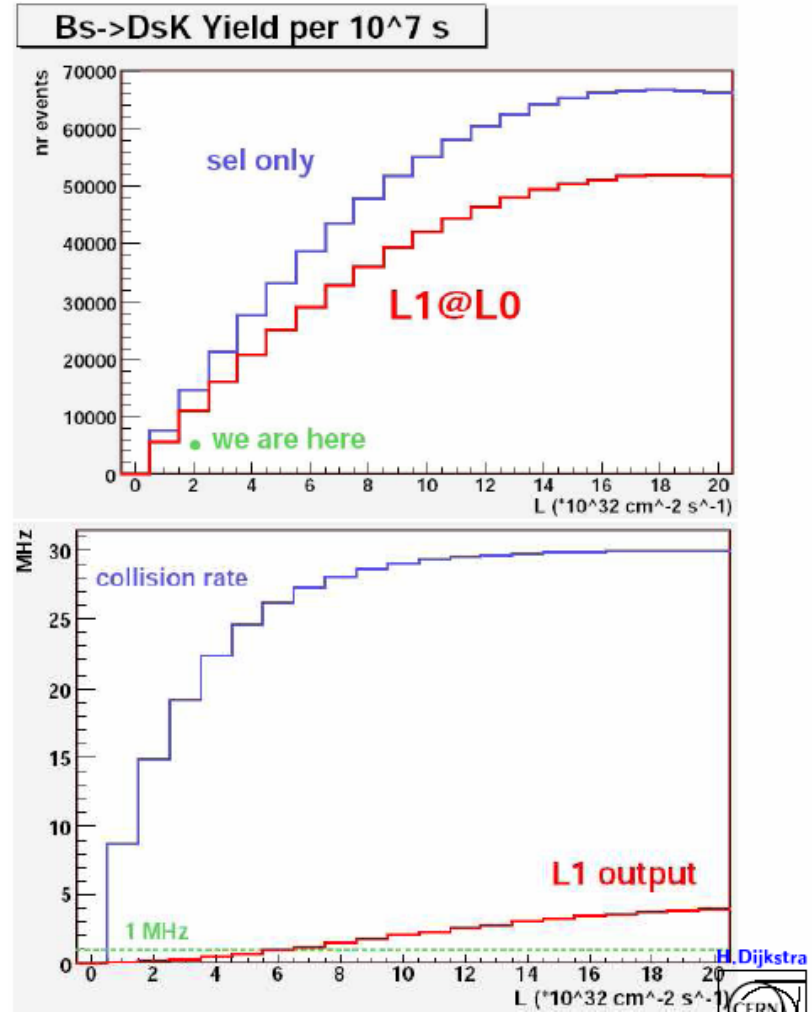
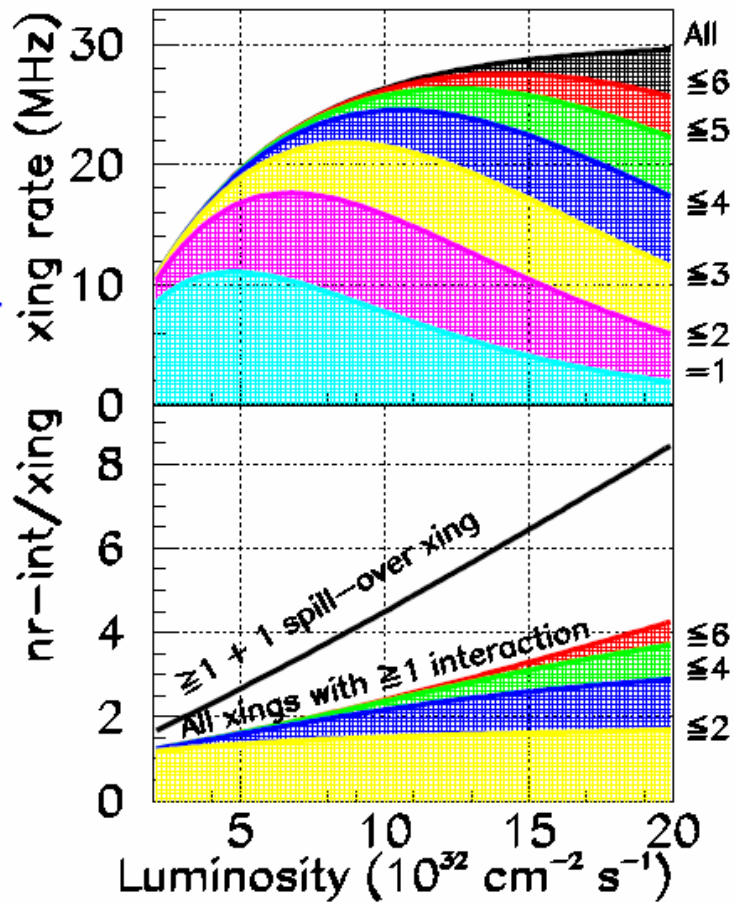
L'attuale L0 ha un'efficienza del 40-50% sui canali adronici e del 90% su quelli con mu

Decay Channel	$\varepsilon_{L0}(\%)$	Inclusive efficiencies (%)		
		had. trig.	elec. trig.	muon trig.
$B_{cd}^0 \rightarrow D^{*-}(\overline{D^0}\pi^-)\pi^+$	49.0 ± 1.1	41.7 ± 1.1	14.0 ± 0.8	8.4 ± 0.6
$B_{cd}^0 \rightarrow \overline{D^0}(K^+\pi^-)K^{*0}(K^+\pi^-)$	53.0 ± 1.4	45.3 ± 1.4	13.9 ± 0.9	8.1 ± 0.7
$B_{cd}^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$	53.6 ± 0.4	47.6 ± 0.5	14.1 ± 0.3	6.8 ± 0.2
$B_{s0}^0 \rightarrow D_s^-(K^+K^-\pi^-)\pi^+$	49.4 ± 0.6	42.2 ± 0.6	13.1 ± 0.4	8.3 ± 0.4
$B_{s0}^0 \rightarrow D_s^-(K^+K^-\pi^-)K^+$	47.2 ± 0.3	39.4 ± 0.3	11.7 ± 0.2	8.2 ± 0.2
$B_{s0}^0 \rightarrow \phi(K^+K^-)\phi(K^+K^-)$	41.8 ± 0.9	28.7 ± 0.9	9.7 ± 0.6	8.6 ± 0.5
$B_{s0}^0 \rightarrow \phi(K^+K^-)\gamma$	69.6 ± 1.6	33.1 ± 1.6	65.8 ± 1.7	7.7 ± 0.9
$B_{s0}^0 \rightarrow J/\psi(\mu^+\mu^-)\phi(K^+K^-)$	89.7 ± 0.1	20.0 ± 0.2	8.4 ± 0.1	87.4 ± 0.1
$B_{cd}^0 \rightarrow J/\psi(\mu^+\mu^-)K_S^0(\pi^+\pi^-)$	89.3 ± 0.5	18.6 ± 0.7	8.3 ± 0.5	87.2 ± 0.6
$B_{cd}^0 \rightarrow \mu^+\mu^-K^{*0}(K^+\pi^-)$	93.6 ± 0.7	24.9 ± 1.2	10.3 ± 0.8	91.8 ± 0.7
$B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$	96.7 ± 0.2	-	-	-

A $2 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ il rate di incroci non vuoti passa da 10 MHz a 30 MHz ($\langle N \text{ int/x-ing} \rangle$ passa da 0.3 a 3 \rightarrow gestione di PV multipli)

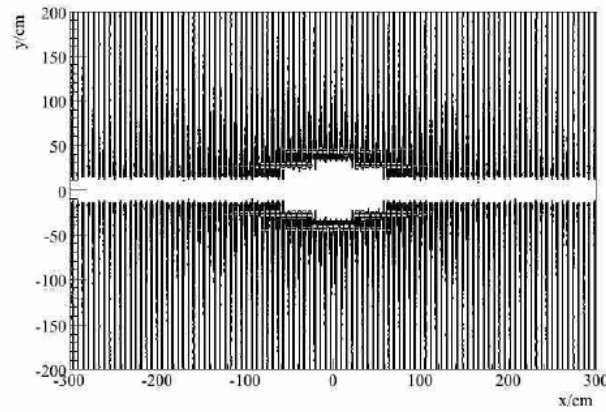
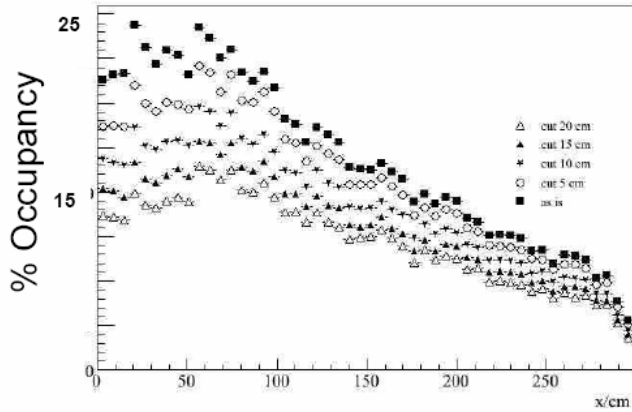
A causa degli eventi multipli e dello spillover, la qualita' dei dati dell'informazione si deteriora: servono, al livello L0, tagli in IP e in pt

Upgrade (fase 1) \rightarrow Tutti i rivelatori, a 40 MHz, trasferiscono i dati ad una farm che bufferizza ed elabora un trigger L0 (fase 1)

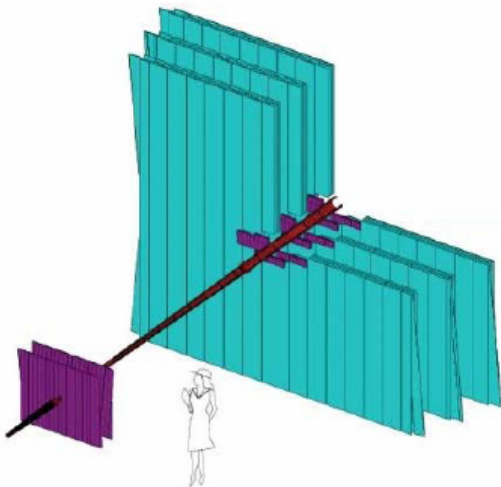
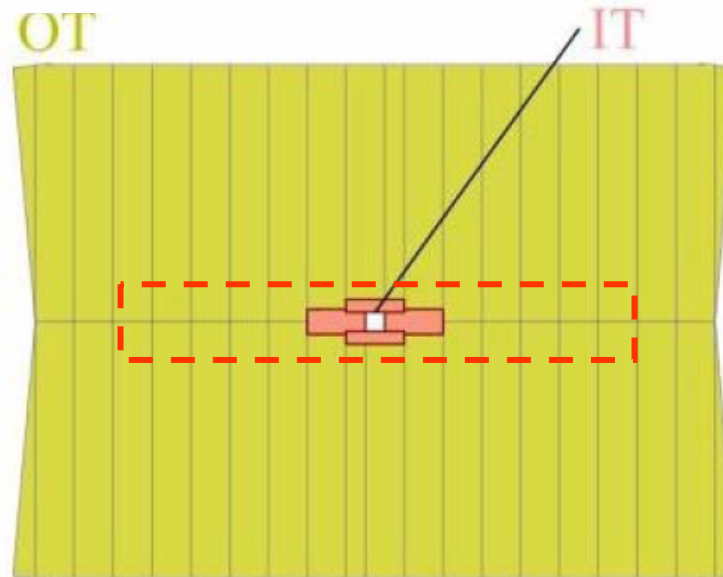


Con la richiesta dell'IP e di pt al livello L0 l'efficienza di selezione di eventi adronici cresce ($\rightarrow 60\%$) e rimane costante con l'aumento di luminosita', portando l'output dovuto al Min.Bias a 4 MHz

Nota: a $2 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ il rate di B visibili in LHCb e' **400 kHz**

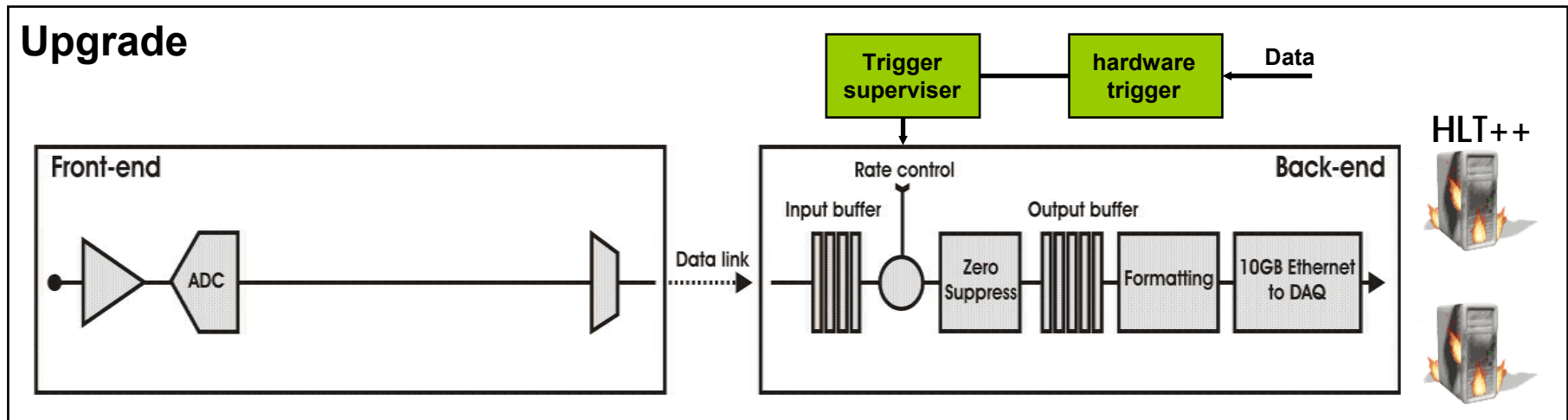
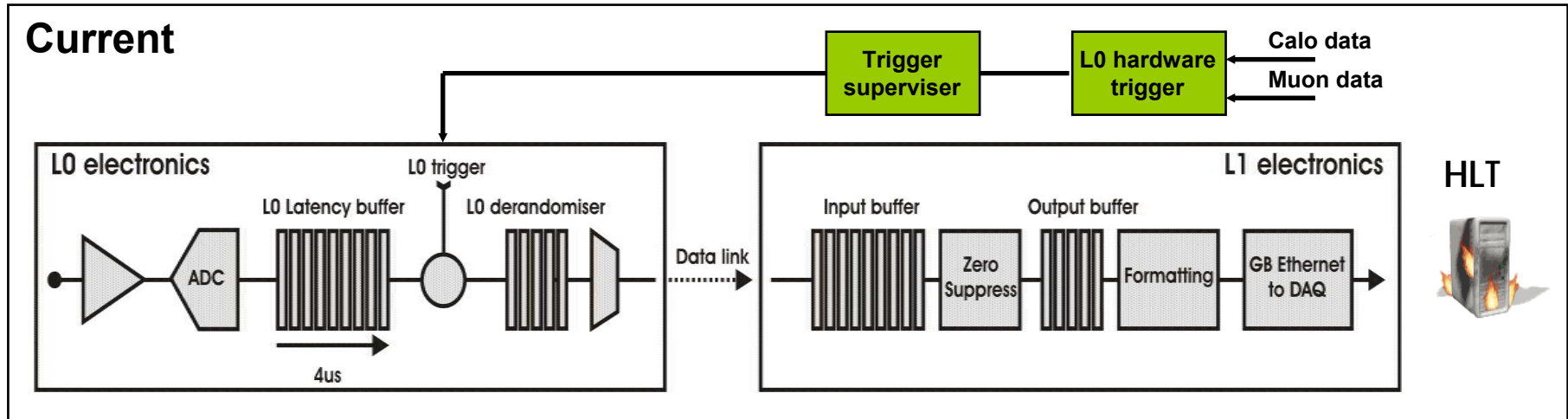


Nell'Outer Tracker
 l'occupancy a $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 diventa rilevante ($\rightarrow 20\%$)
 A causa della proiettività e
 della latenza del rivelatore



C'è la proposta di estendere il tracciamento
 al silicio della zona centrale per diminuire
 l'occupancy

Current vs Upgraded Electronics Architecture



- Farm size of full software trigger:

- Hlt1 now: 5k events/16-core box

- >2014: 20k events/box i.e. 50 boxes/MHz. Total "space" 1100 boxes.

Questa proposta ha effetti profondi su LHCb (e ancora non del tutto chiariti a fondo...)

Al 1° ordine ECAL e MU non sono toccati (sono già in L0)

Tutto il resto del FEE non è compatibile (Velo, Silicon Tracker, Outer Tracker, RICH)

Questa non compatibilità si porta (spesso) dietro anche pezzi di apparato (HPD, Silicio, etc...), tutte le volte che l'elettronica è parte integrante del rivelatore

C'è poi una **fase 2** (> 2018 ?) che tiene conto anche della necessità di un upgrade dei rivelatori per tenere dietro alla luminosità e ai problemi di resistenza alla radiazione: questo aspetto, per ora, non viene discusso, ma diventa rilevante, se non si vuole fare il lavoro 2 volte

L'upgrade nei rivelatori INFN e i possibili interessi dei gruppi italiani

- **Muoni** (BA, CA, FE, FI, LNF, RM1/PZ, RM2)
- **RICH** (GE, MIB)
- **Trigger / DAQ** (BO)

Non e' da escludere che in futuro possano nascere interessi su altre parti di detector

Muoni (rivelatore)

Ageing

An accumulated charge $\lesssim 1$ C/cm of wire, is considered a range of safe operation \Rightarrow **The precise limit is to be investigated !**

C/cm at $L = 2 \times 10^{33} \times 5 * 10^7$ s
(Safety factor=2 M1 & 5 Low Energy hits in M2-M5)

	R1	R2	R3	R4
M1	NA	3.3	1.4	0.44
M2	1.32	0.95	0.45	0.1
M3	0.35	0.1	0.07	0.03
M4	0.45	0.15	0.05	0.02
M5	0.3	0.12	0.05	0.015

Rate capability

Max Rate with $L = 2 \times 10^{33}$ (Martellotti et al. LHCb note 2005-075)

	R1	R2	R3	R4
M1	1.2 MHz	1.2 MHz	1.8 MHz	3 MHz
M2	1.6 MHz	1.1 MHz	200 kHz	200 kHz
M3	500 kHz	70 kHz	14 kHz	15 kHz
M4	50 kHz	35 kHz	25 kHz	17 kHz
M5	20 kHz	33 kHz	25 kHz	18 kHz

Conclusioni: togliere M1, probabilmente il resto OK

Muoni (elettronica)

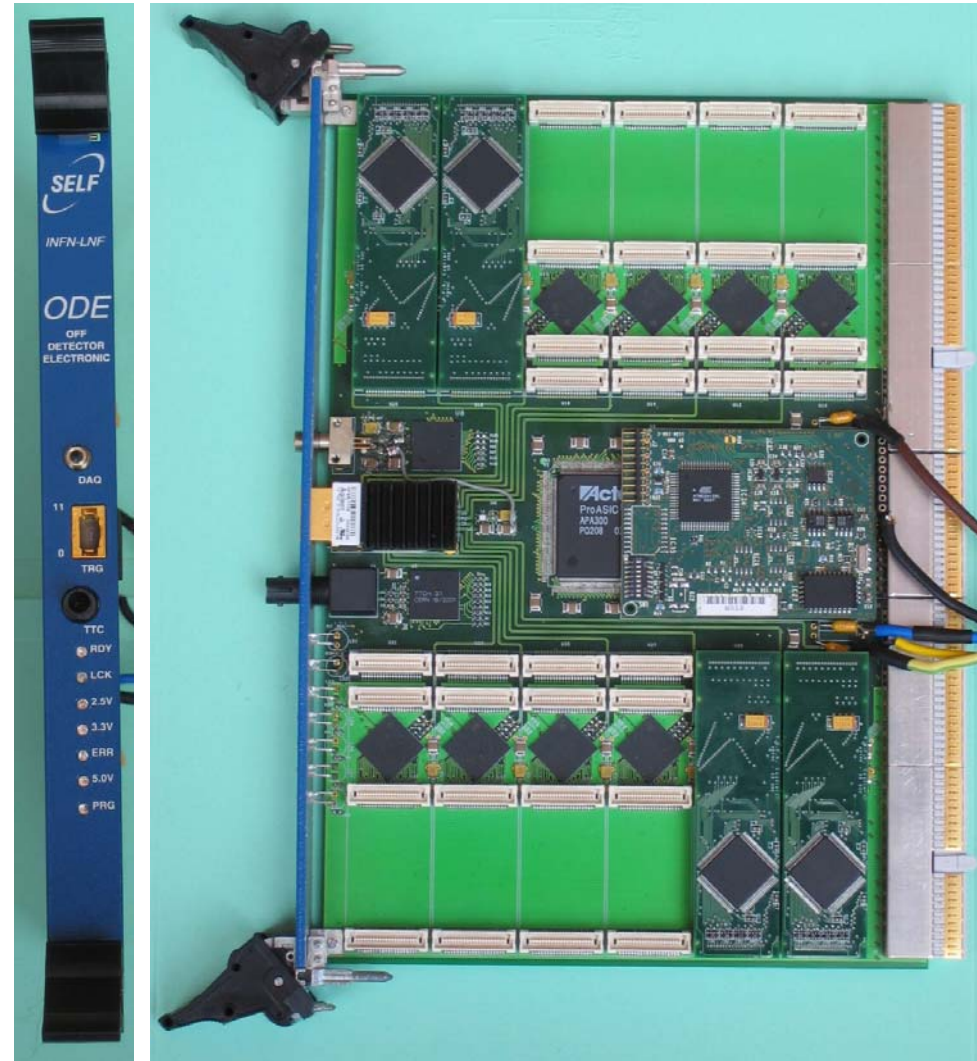
Il “cuore” dell’elettronica risiede nella *ODE* che trasmette i dati all’ L0 (circa 200 schede) via link ottico

Per vari motivi (compatibilita’ con resto dell’upgrade (GBT), nuove tecnologie, nuove possibili funzionalita’, etc...) va ridisegnata completamente.

Il FEE potrebbe rimanere invariato

Tempo stimato 3-4 anni ca.

Possibile interesse di CA e LNF se la scala dei tempi fosse 4-5 anni



RICH

- The RICH is unique amongst LHCb sub-detectors – the 2014 date requires *major* re-think of the existing detector.
- The readout electronics are encapsulated inside the HPD photon detector
- Therefore front-end electronics AND photon detectors have to be replaced for Phase 1.
- Present HPDs took ~5-6 years of development (although many of the complex technical issues are now solved), 2 years of production, and 1 year of integration, so 2013/14 (5 years) looks EXTREMELY tight !
- In 2017, possibility of new design “Super RICH” but using Phase 1 photon detectors – Phase 1 & 2 designs must therefore be coupled.

- Possible choices of photodetector
 - HPD with 40 MHz pixel chip
 - Flat-panel MaPMT
- FE electronics
 - development of pixel chip at 40MHz or external front-end chip for commercial devices



HPD Advantages:

- Ease of integration / Very low noise / High density of channels

HPD Disadvantages:

- Ion feedback still needs to be understood
- Need another intensive R&D programme
- An **independent** readout chip (bump-bonded) would need R&D
- On the timescale of 2013/4, changing the HPDs clashes with the necessity of replacing the currently ageing HPDs.
- Compatibility with SuperRich (?)

RICH upgrade: Flat Panel MAPMT

Hamamatsu flat panel MAPMT H9500

16x16 channels, 2.8 mm each, pitch 3.04 mm

Excellent packing factor and active

to total area ratio: 75%

Good quantum efficiency (Ultra Bialkali available)

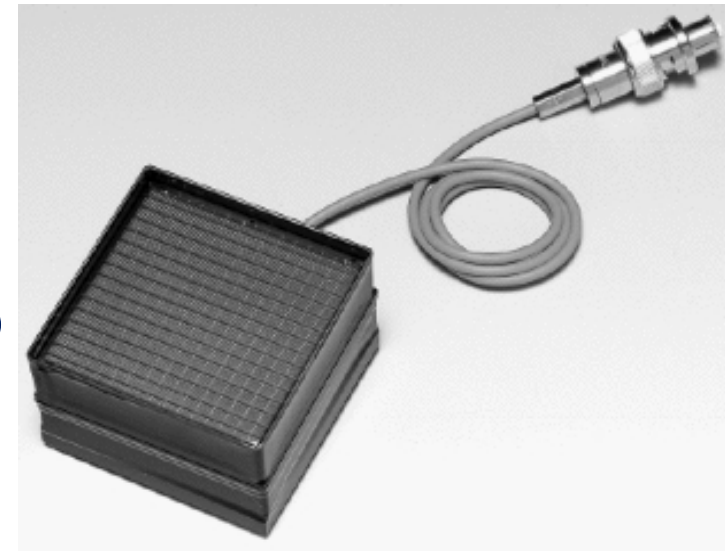
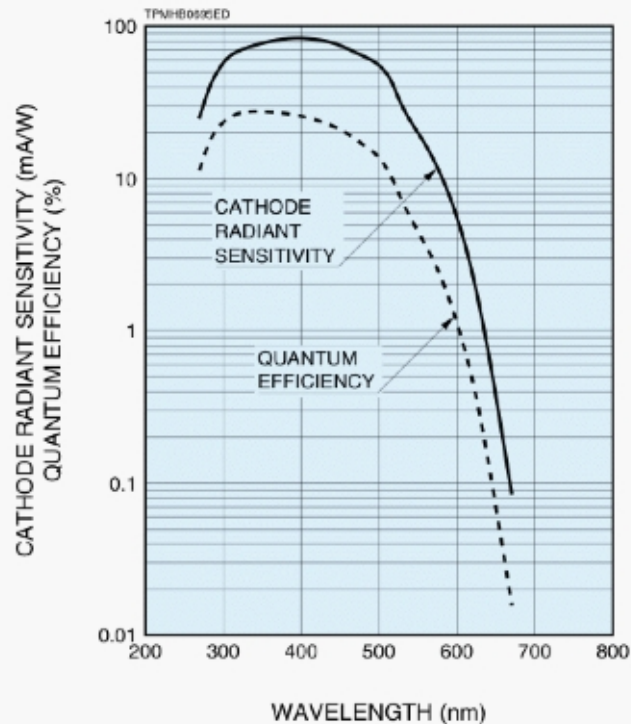


Figure 1: Typical Spectral Response



Characterisation of noise and cross-talk ongoing (Milano B.)

Further tests are foreseen, in agreement and coordination with the RICH group.

Main open issues: cross-talk, channel to channel gain variations and readout electronics.

Trigger / DAQ

- BO collabora allo sviluppo dell'acquisizione dati di LHCb. In fase di progetto della DAQ, responsabilita' dei test di trasferimento dei dati su network GbE
- Progetto di ricerca e sviluppo dedicato a esperimenti di prossima generazione (SuperB/Super LHCb) basato su 10 GbE o InfiniBand.
- Costruzione di un prototipo per effettuare primi studi: due PC da collegare punto a punto mediante 10 GbE e InfiniBand.
Studio di prestazioni in termini di throughput, occupazione di CPU, percentuale di pacchetti persi, latenza, etc..
Risultati di interesse generale per il computing
Il sistema serve anche come prototipo di Tier-3 per l'analisi di LHCb.
- Progetto per DAQ sottomesso a FP7-Marie Curie con CERN, EPFL, Roma II.

Conclusioni

- LHCb ha messo in moto (dal 2007) il processo di studio di un possibile upgrade (in 2 step: “elettronico” e di “rivelatori”, con molte intersezioni)
- Ha presentato all’LHCC una EoI (molto vaga). Si ripromette di formulare un vero e proprio TDR per la fine del 2009 (→ Working Group)
- C’è un ampio interesse in LHCb per uno sviluppo per un chip a 40 MHz che soddisfi varie esigenze (Rich, Silici, Velo, OT, etc...)
- C’è un po’ di ritrosia a pensare al futuro (visto il nebuloso presente...): c’è però la necessità di incominciare a pensare anche in ambito INFN all’upgrade

Si è consci che per acquisire velocità, l’upgrade ha bisogno di un qualche segnale di NP, sia da LHCb che da fuori