

Acquisition des données et Online

Christina Agapopoulou (IJCLab/CNRS)

École thématique d'instrumentation de l'IN2P3: "Du détecteur à la mesure"

Roscoff, 23-28 Novembre 2025

Plan

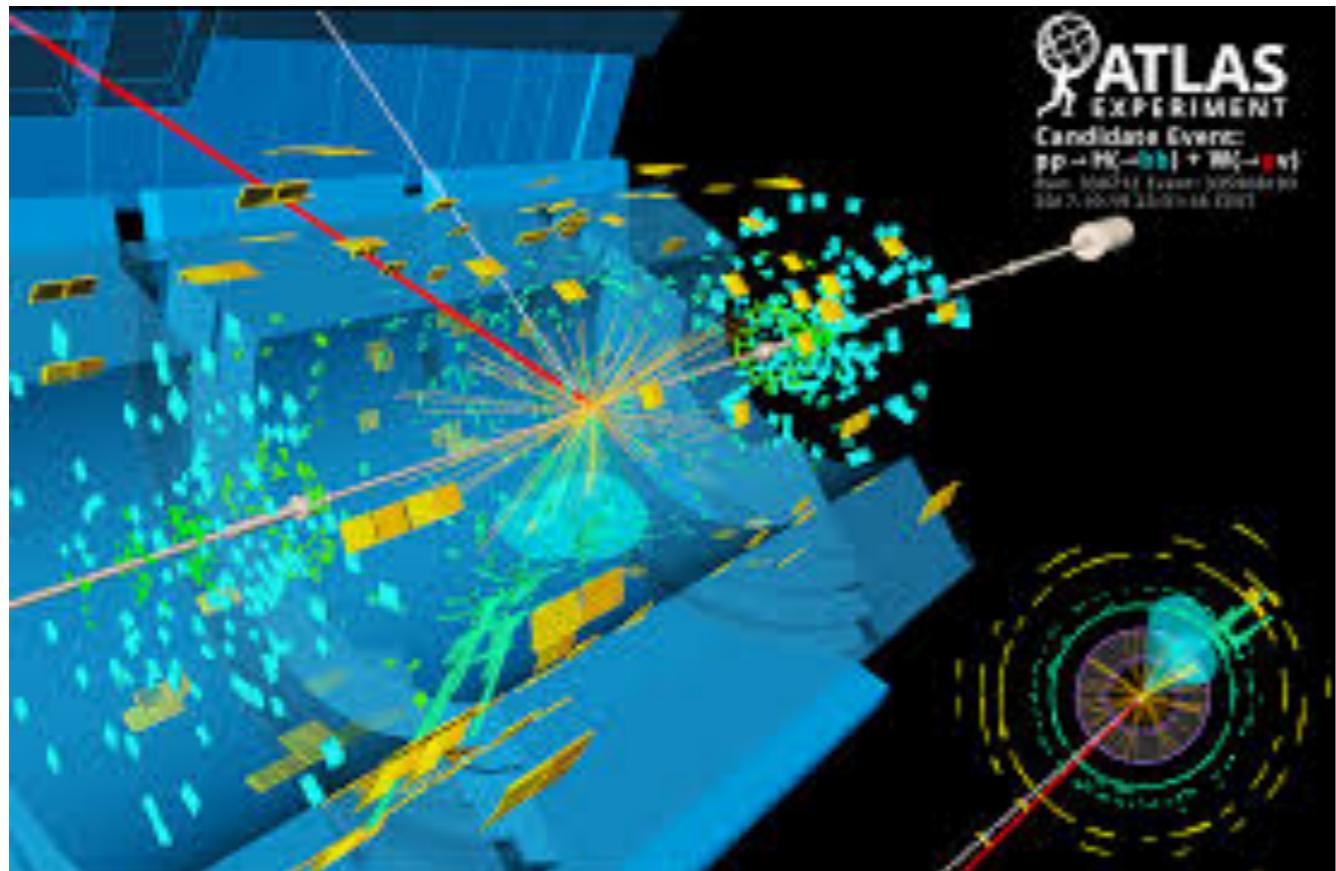
- Aujourd'hui:
 - Introduction et concepts de base
 - Acquisition des données (Front-end et Back-end)
 - Trigger Hardware
 - Readout et ferme des calculs
 - Distribution d'horologe
 - Control
- Vendredi:
 - Un paradigm different: sans trigger hardware (streaming)
 - Architectures heterogenes
 - Analyse en temps réel
 - Monitoring
 - Tendances nouvelles et futures: IA et al.

Quelques remarques

- Ceci n'est pas une revue complète: désolée si j'ai oublié votre système/experience préférée
- on va couvrir les systèmes acquisition et online des expériences parmi les plus "gourmandes" en taux des données: les 4 expériences du LHC (LHCb, ATLAS, CMS et ALICE)
- J'ai un point de vue très biaisé côté expérience de collisionneur des particules - mais les points principaux qu'on va couvrir ensemble sont transférables dans d'autres systèmes d'acquisition

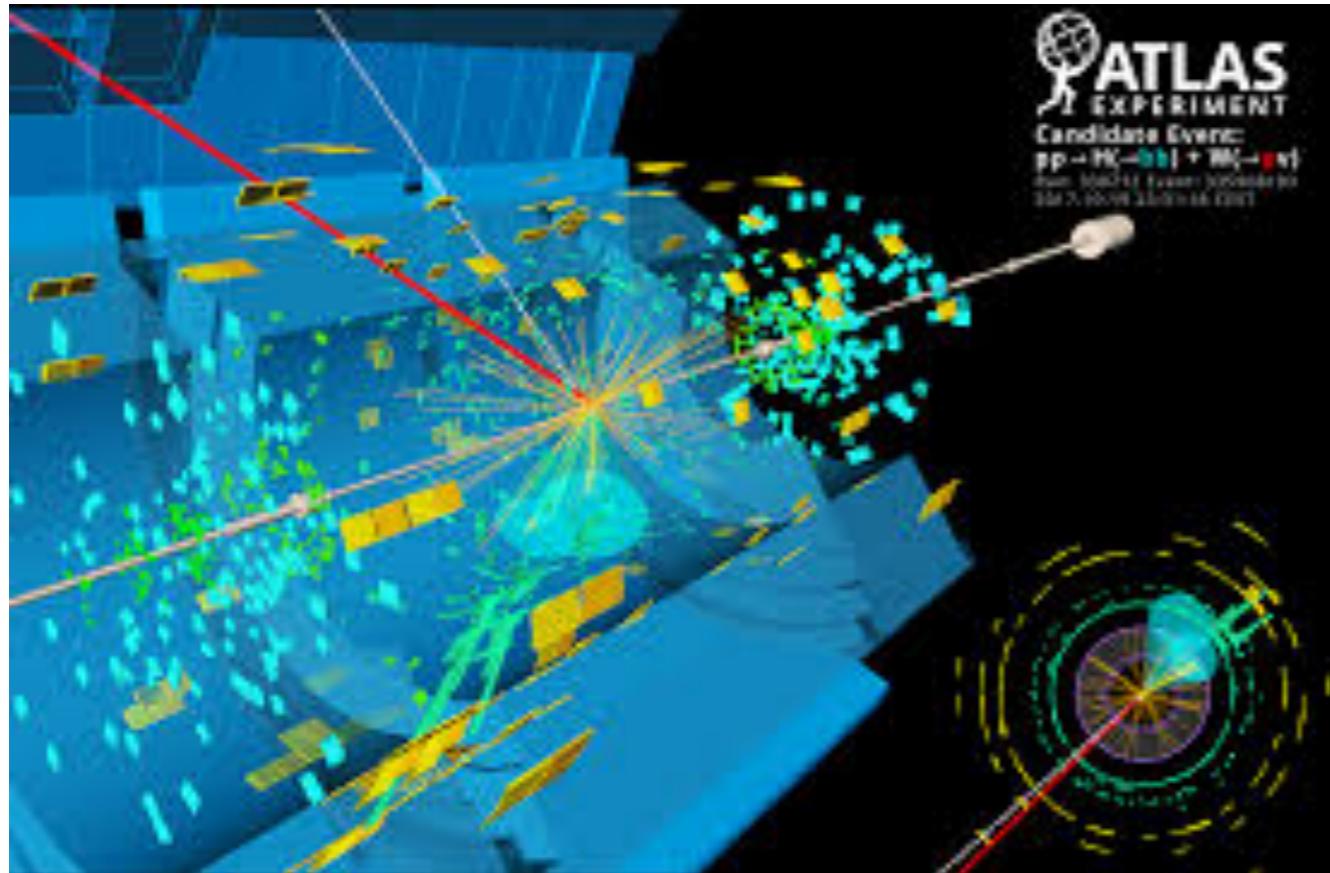
Le rôle de DAQ et online

Passer de ça

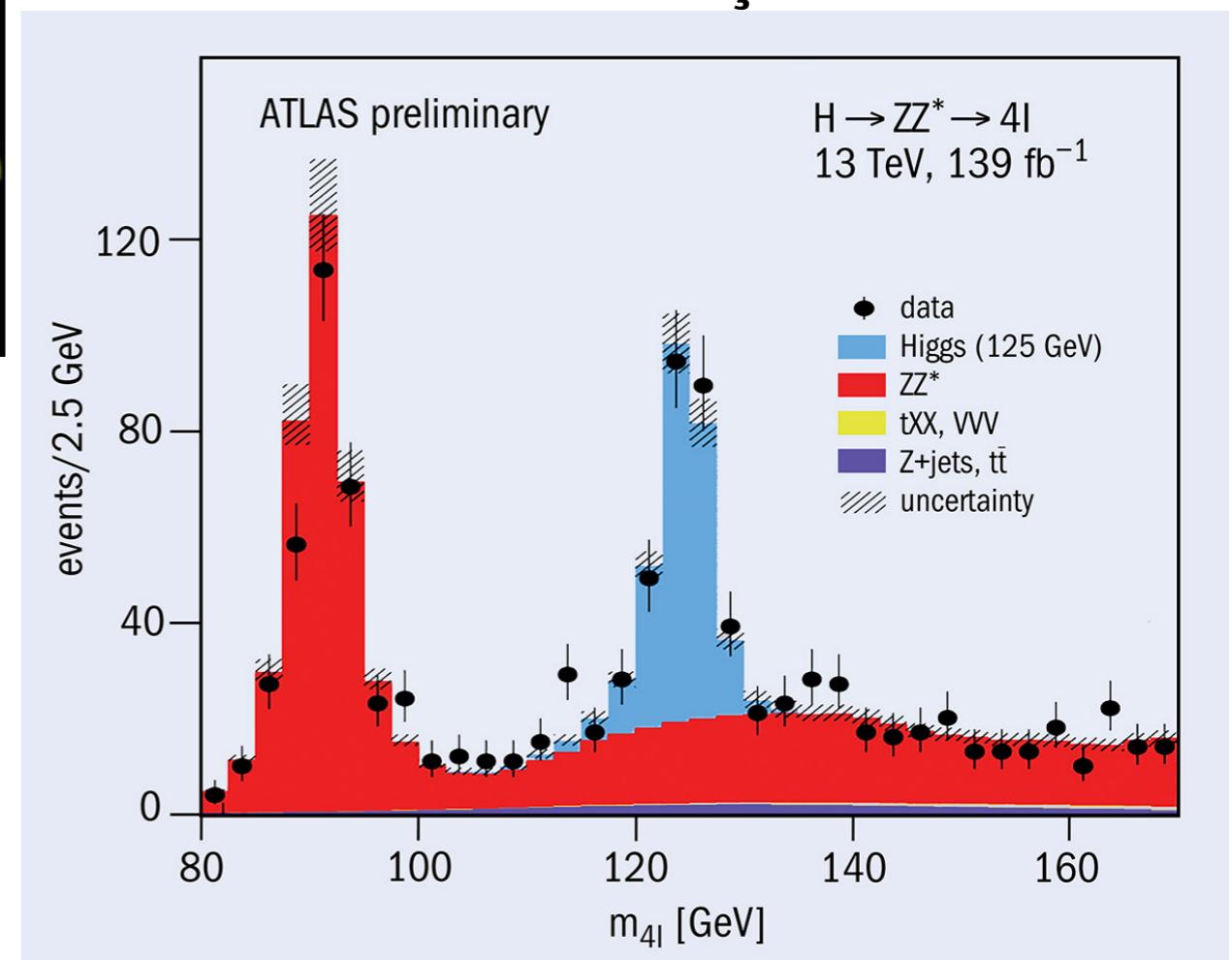


Le rôle de DAQ et online

Passer de ça

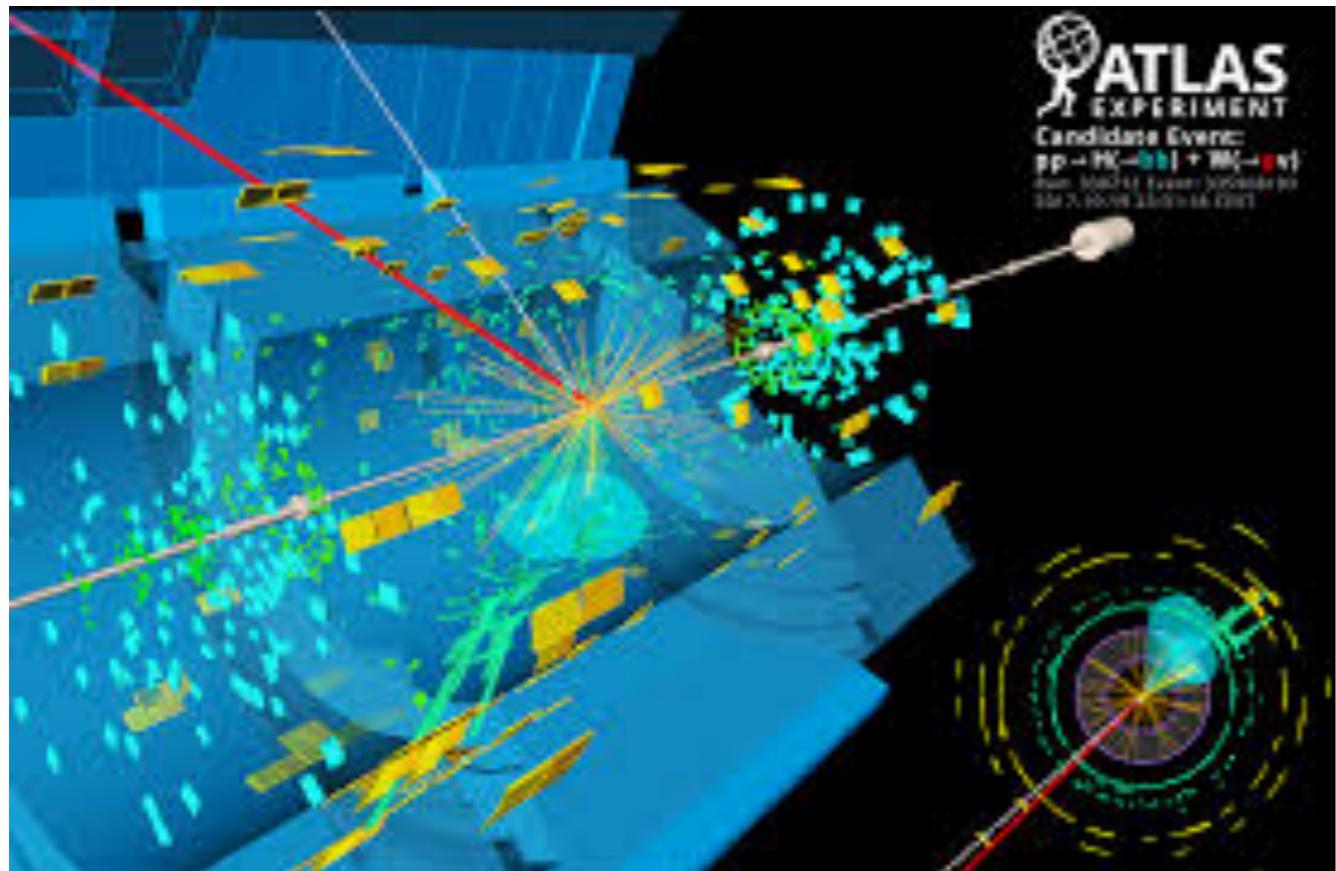


A ça



Le rôle de DAQ et online

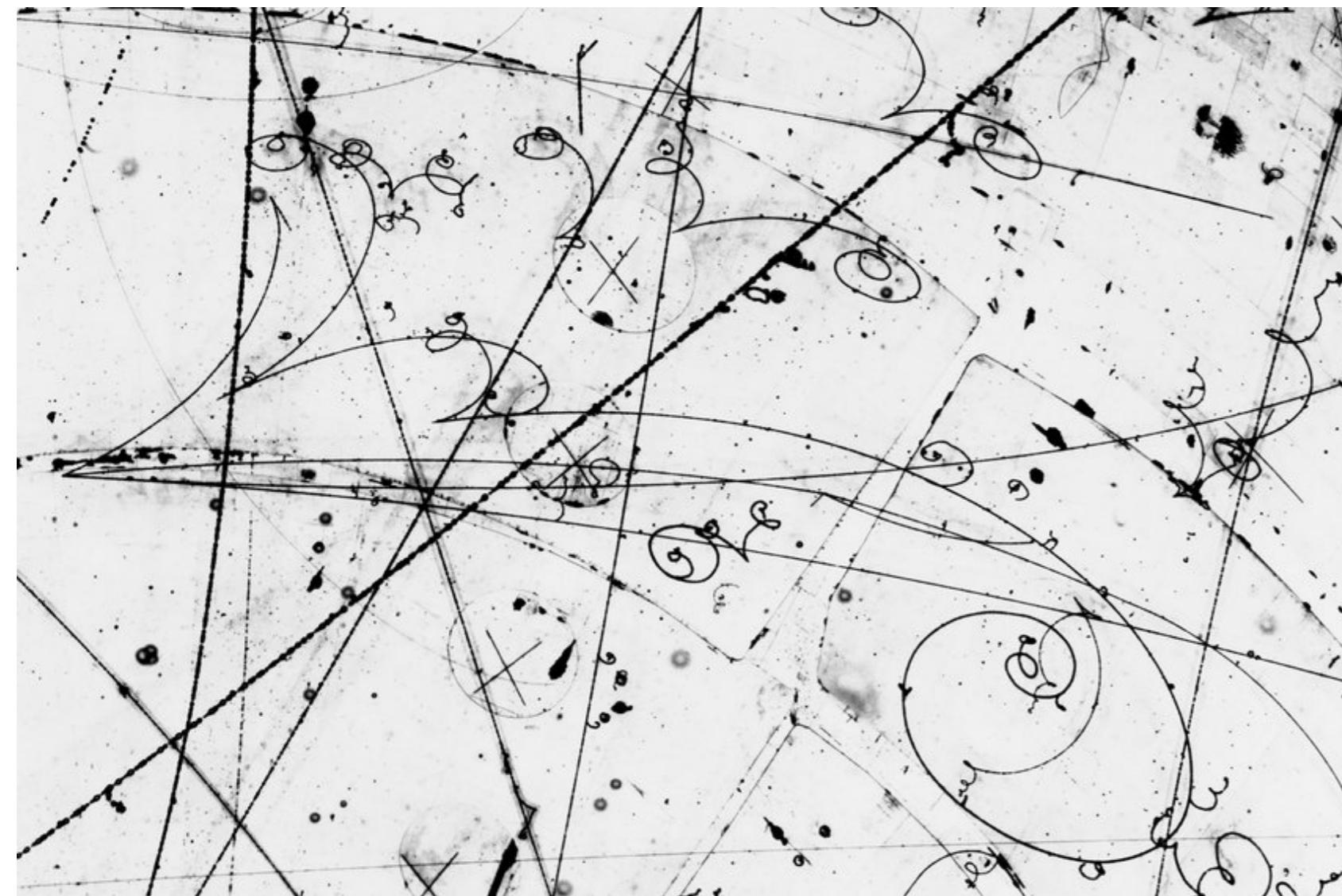
Passer de ça



*en vérité ça



L'acquisition des données il y a 50 ans



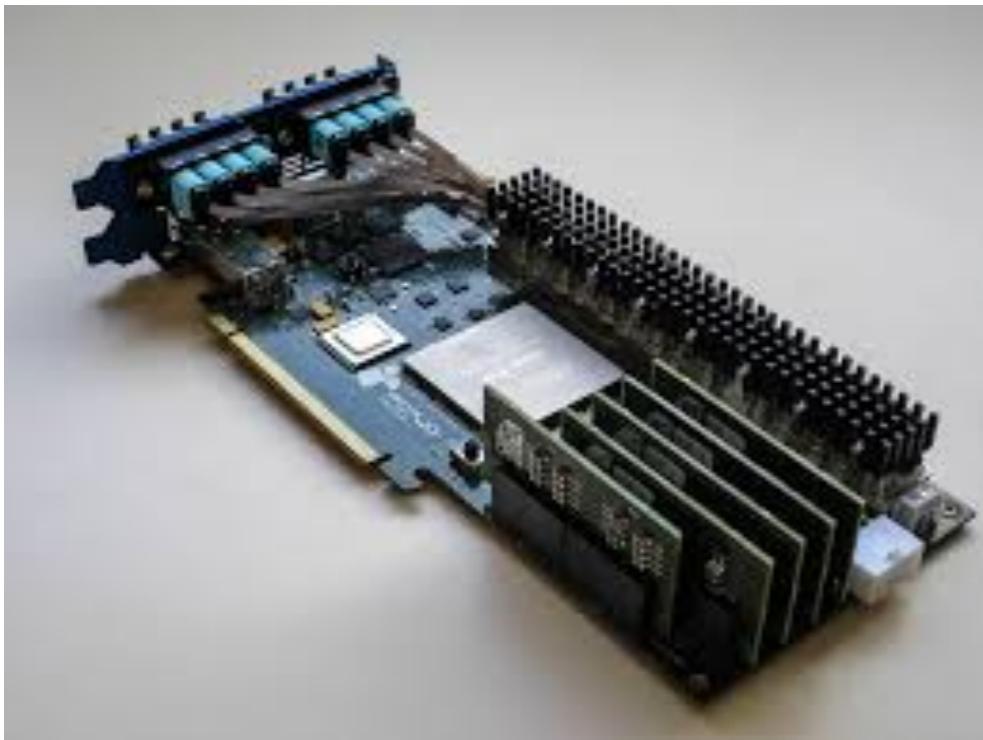
Signaux des particules transversant un bubble chamber



Analyse des films photographiques

Jusqu'à assez récemment (~1960-1970), découvertes majeures dans la physique des particules était basée sur des méthodes photographiques et de visualisation humaine!

... et aujourd'hui



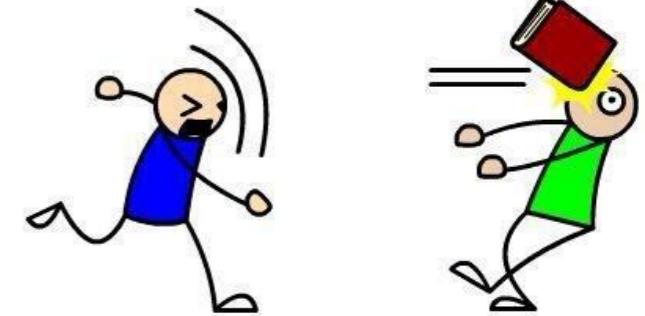
Les semi-conducteurs et processeurs des calculs nous a permis de faire la transition vers des systèmes modernes ou, pour le plupart

- l'acquisition des données est basée sur les systèmes électroniques
- et l'analyse des données est automatisé dans les fermes de calcul



Concepts principaux

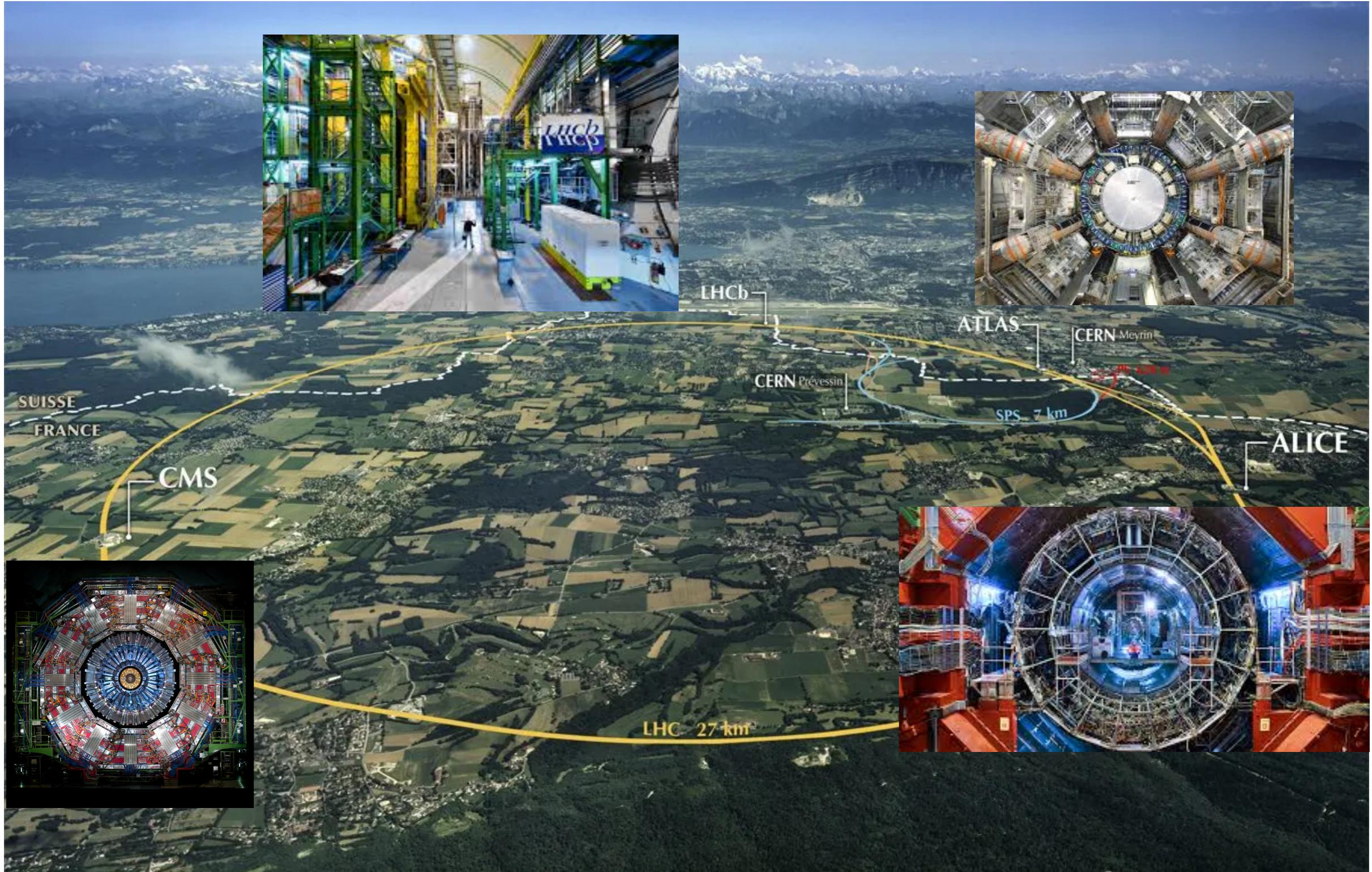
DICTIONARY ATTACK!



Quelques definitions qu'on aura besoin pendant ce cours:

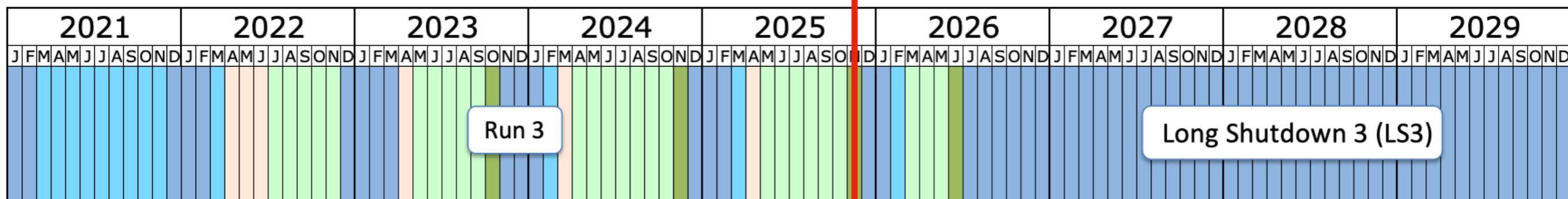
- **DAQ:** Data AcQuisition (Acquisition des données)
- **Online:** le traitement des données fait en temps réel, avant le stockage permanent des données
- **Cartes front-end:** la première étape des cartes électroniques d'acquisition, qui reçoivent directement les signaux du détecteur
- **Cartes back-end:** deuxième étape des cartes électroniques d'acquisition, typiquement utilisés pour concentrer et re-organiser les données
- **Déclenchement des données (trigger):** système de filtrage des données, classifiant les données suffisamment intéressantes pour être stockées
- **Évènement (event):** un phénomène unique et complet qui se produit et qui peut être détecté par l'expérience (ex. Collision dans un collisionneur, une fusion des trous noirs dans un interféromètre des ondes gravitationnels)
- **Latence (latency):** le délai entre l'entrée du signal et la réponse du système
- **Taux de traitement:** quantité de données, d'informations ou d'opérations traitées par un système pendant un temps donné.
 - Bande passante (bandwidth): bits / s
 - Throughput: événements / s (Hz)

Le LHC

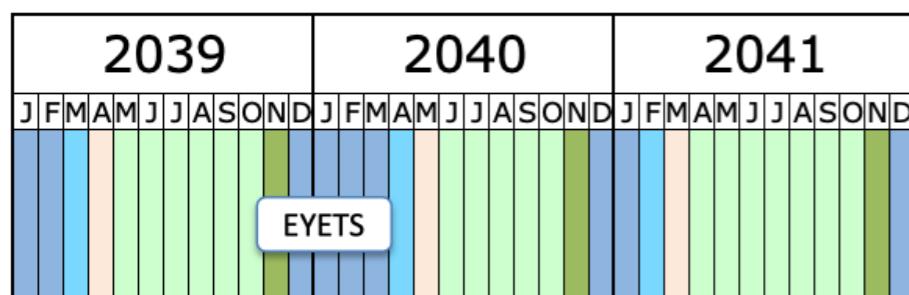
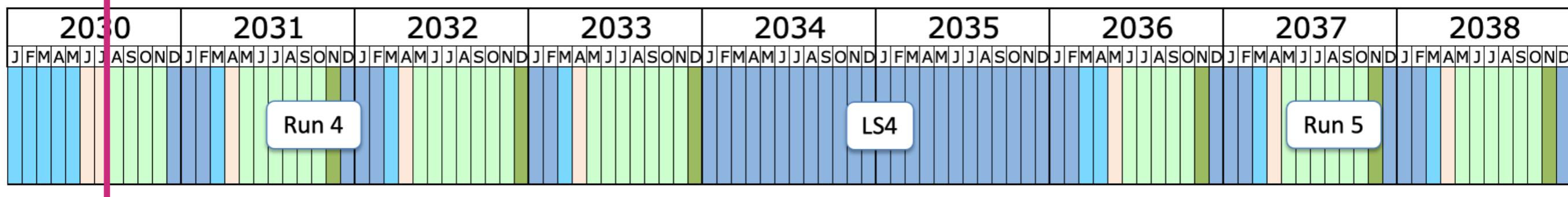


Le LHC et son futur

On est ici



Debut du HL-LHC



- Shutdown/Technical stop
- Protons physics
- Ions
- Commissioning with beam
- Hardware commissioning

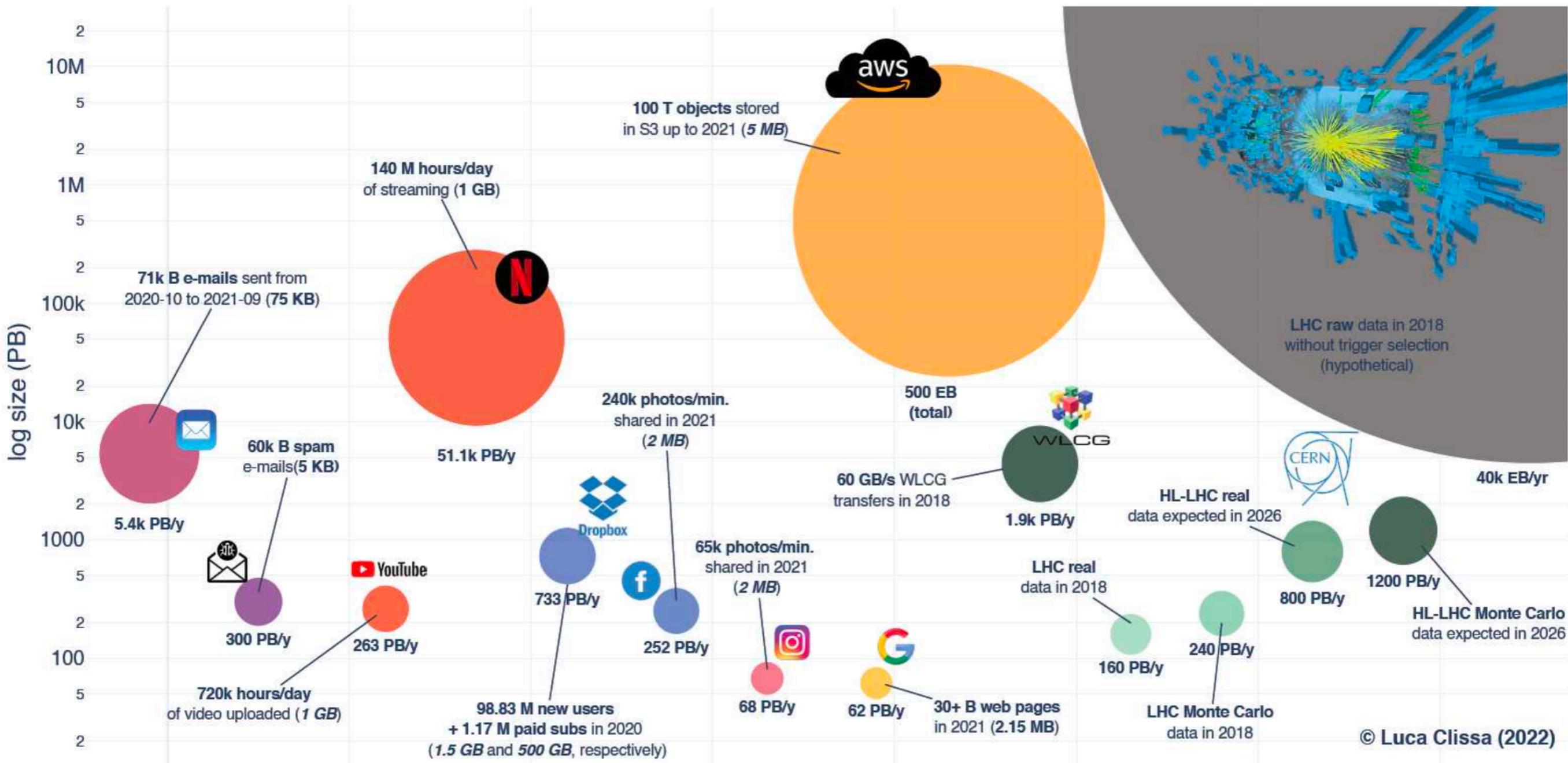
Last update: November 24

Les expériences LHC en chiffres

		Nombre de canaux	Taux de collisions	Données générées par un Bunch Crossing
ALICE		~ 60 millions	PbPb : 125 μ s p-p : 1.5 μ s	Pb-Pb : 86 MB p-p : 2.5 MB
ATLAS		~100 millions	p-p : 25 ns	p-p : 1.6 MB
CMS		~70 millions	p-p : 25 ns	p-p : 1 MB
LHCb		~1 million	p-p : 25 ns	p-p : 75 kB

(Données Run 1)

Peut-on stocker toute cette information?



Comparaison du volume de données produite par le LHC avec celles des applications majeures de l'internet mondial

A-t-on besoin de stocker toute cette information?

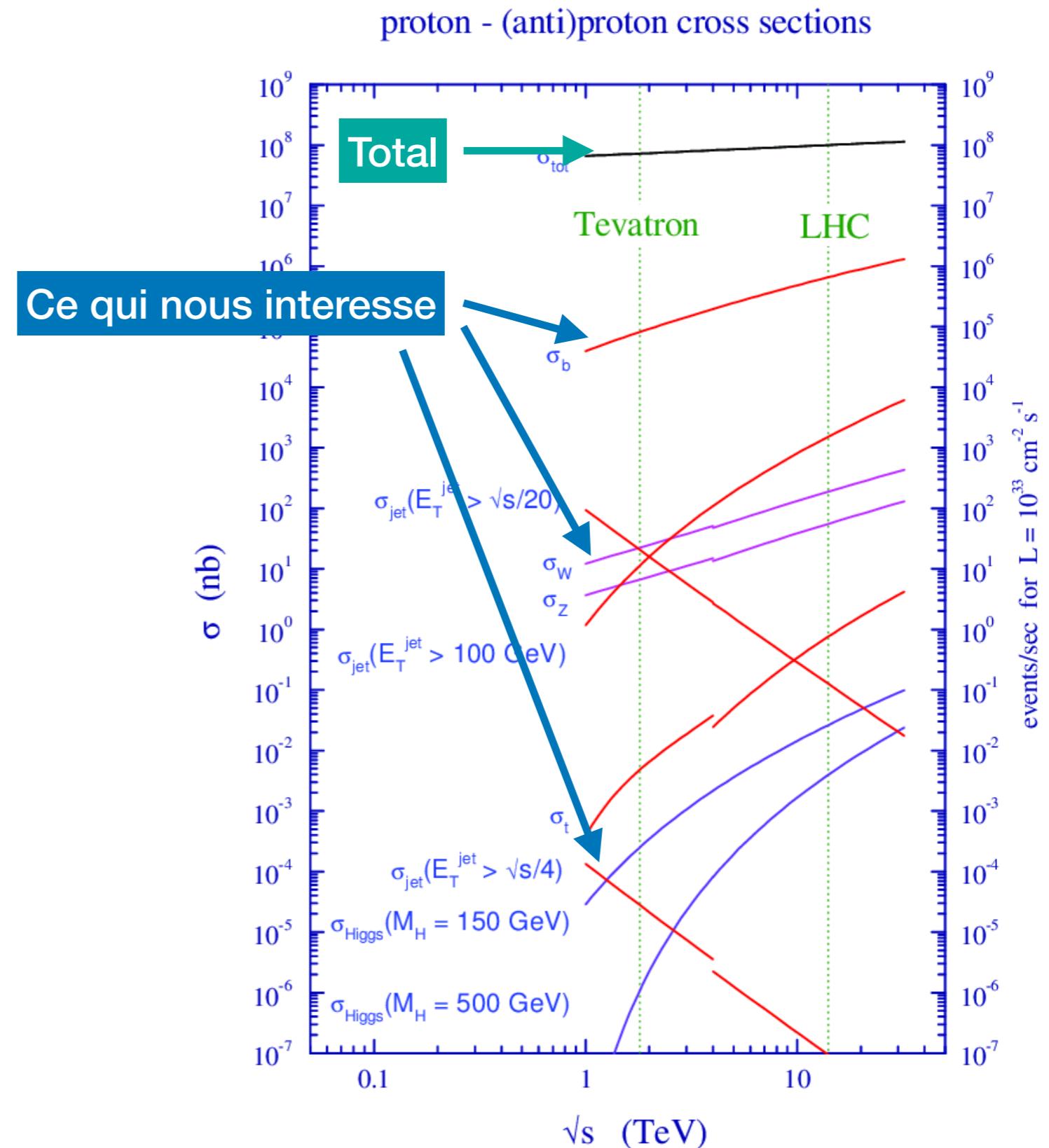
On travaille dans un régime statistique:
chaque collision donne des interactions et
désintégrations différentes

Et nous nous intéressons seulement d'une
petite partie de toutes les collisions

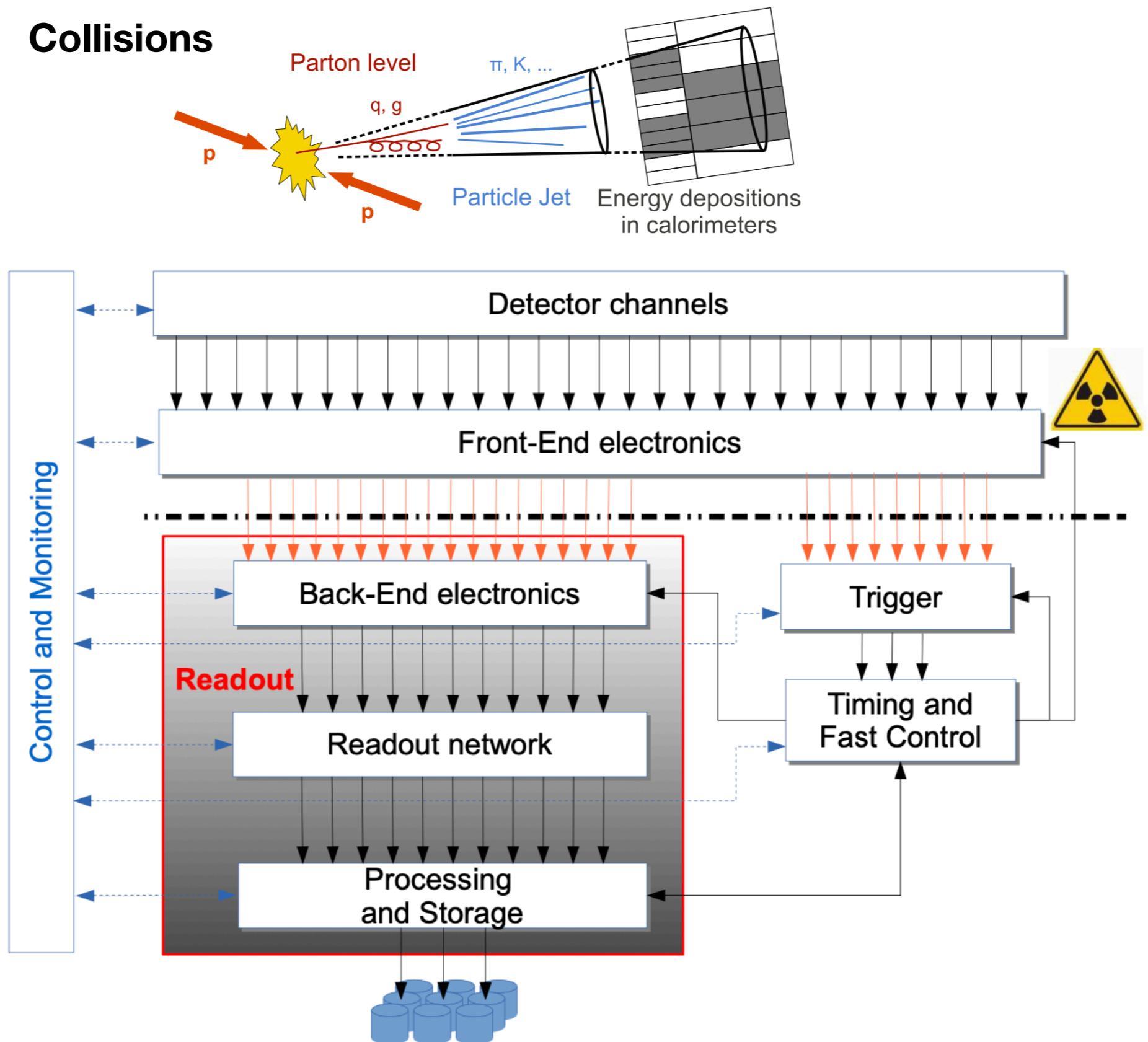
Pour LHC:

- Bunch crossing: 40 MHz
- Toutes les collisions p-p: 100 MHz
- Production de pairs $b\bar{b}$: 1 MHz
- Production de Higgs: $O(1)$ Hz

Pour réduire le taux des données, on peut
filtrer les événements inutiles → **Trigger**

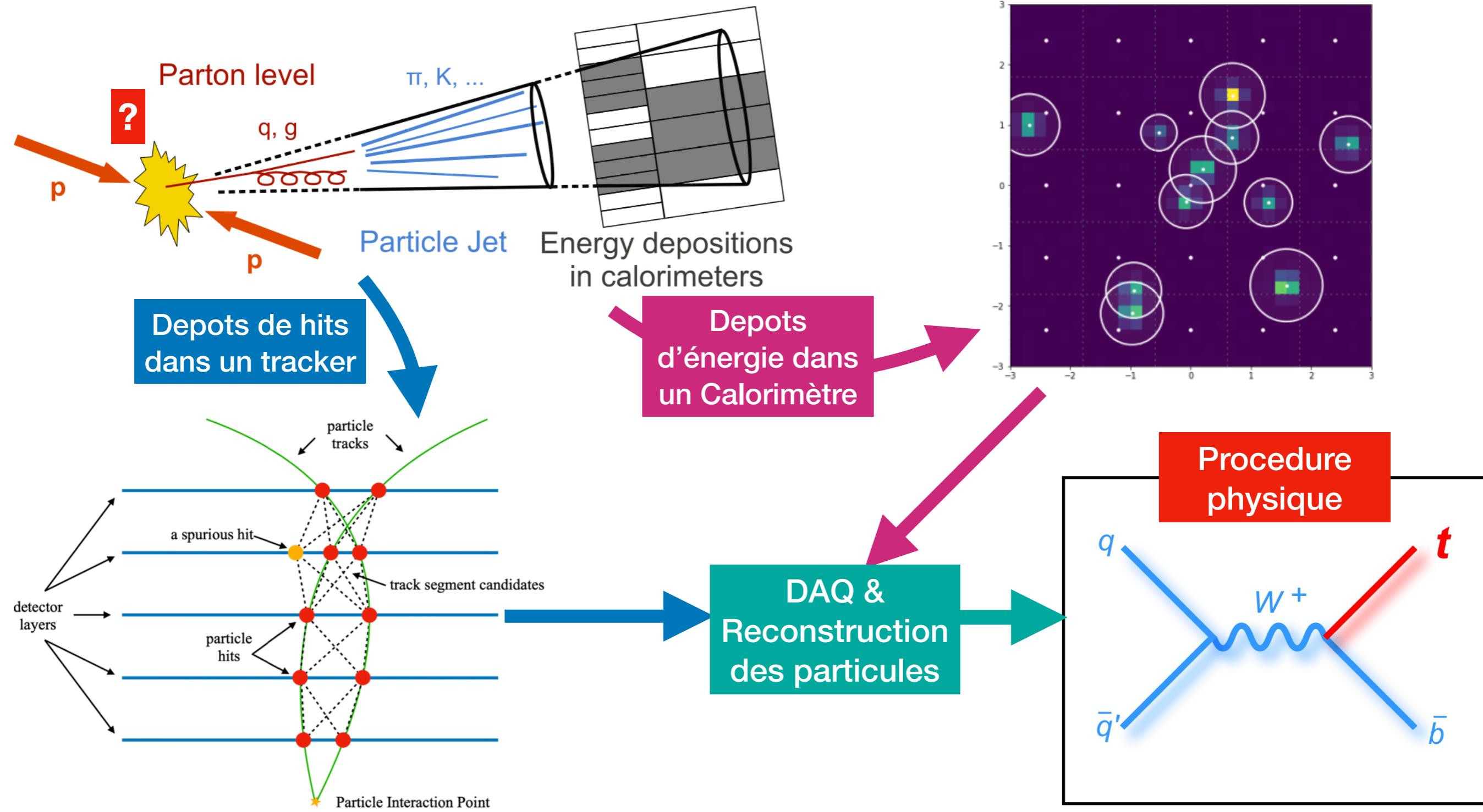


Une chaîne DAQ du détecteur de particules

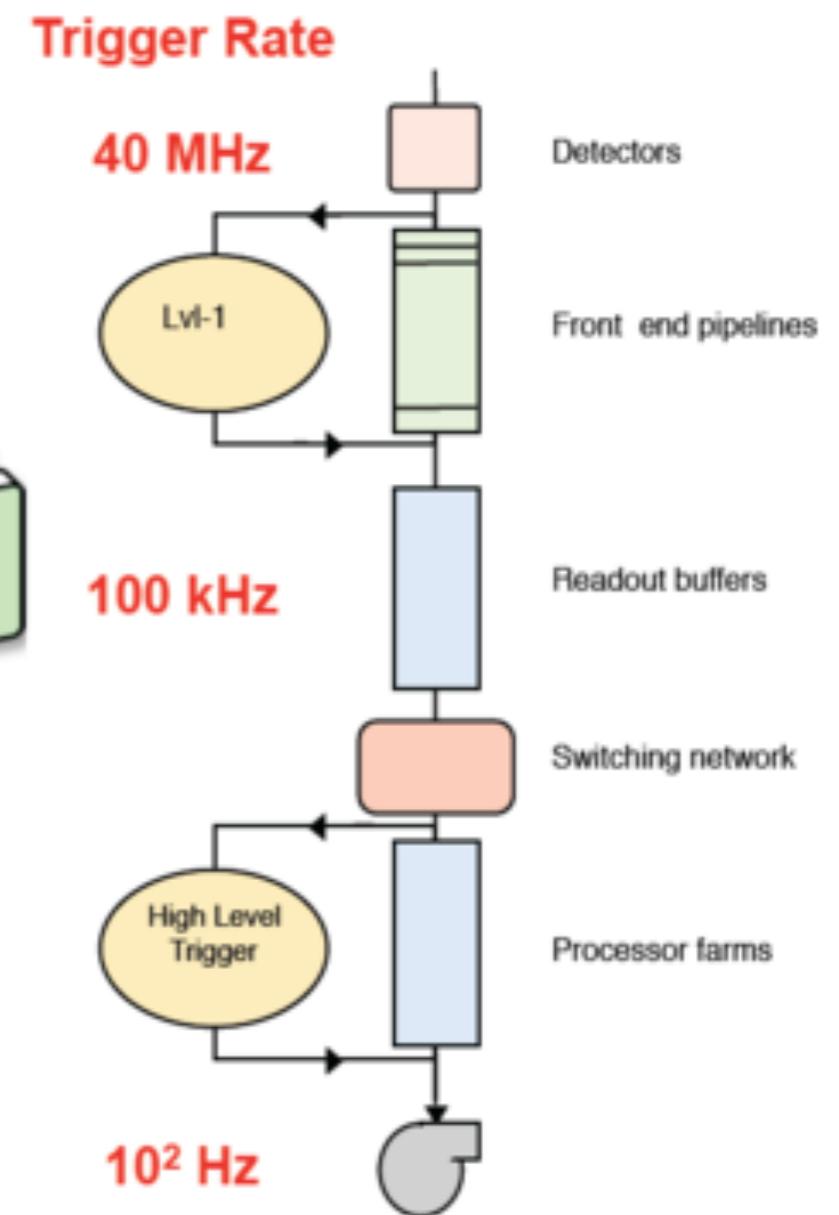
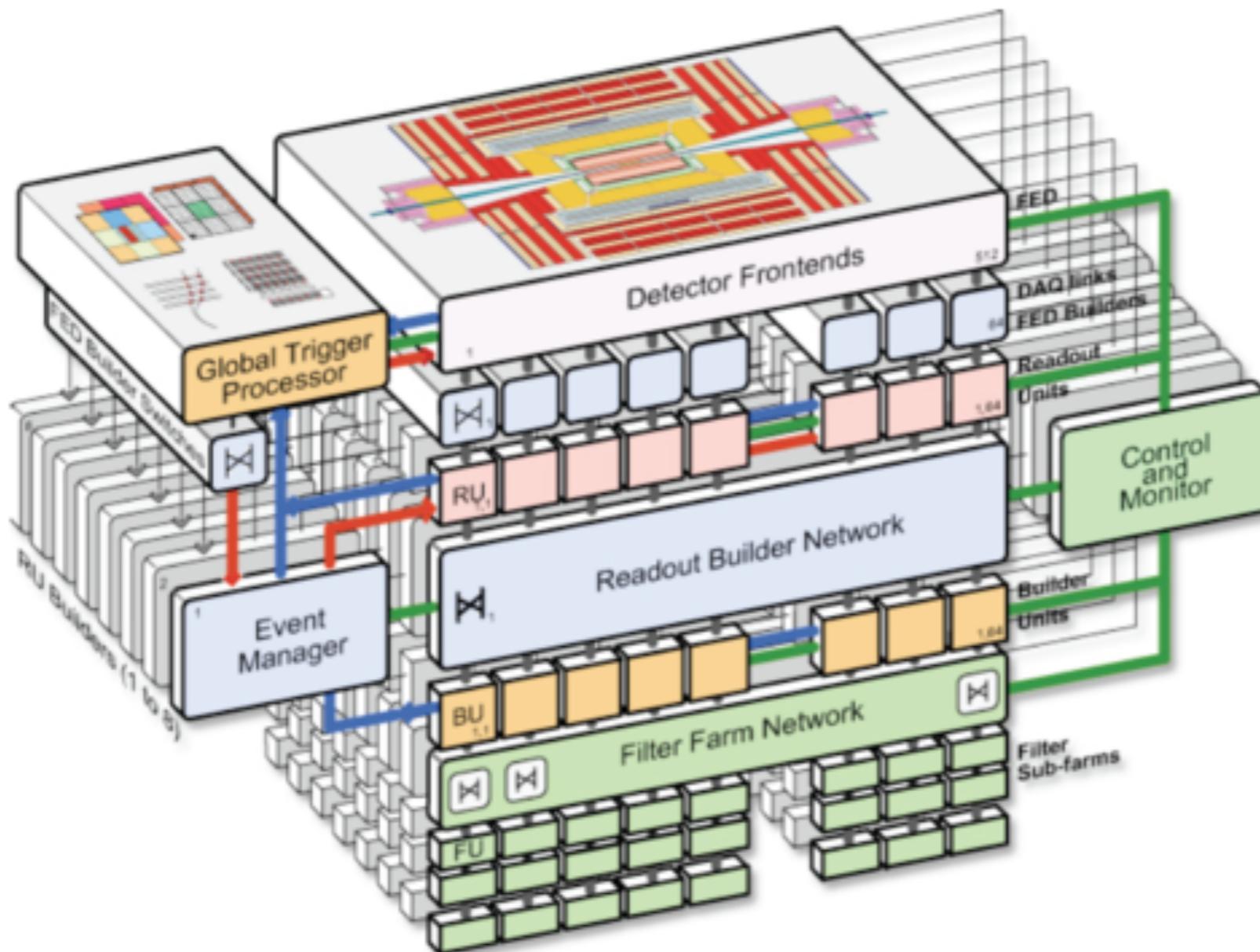


Vue côté des particules

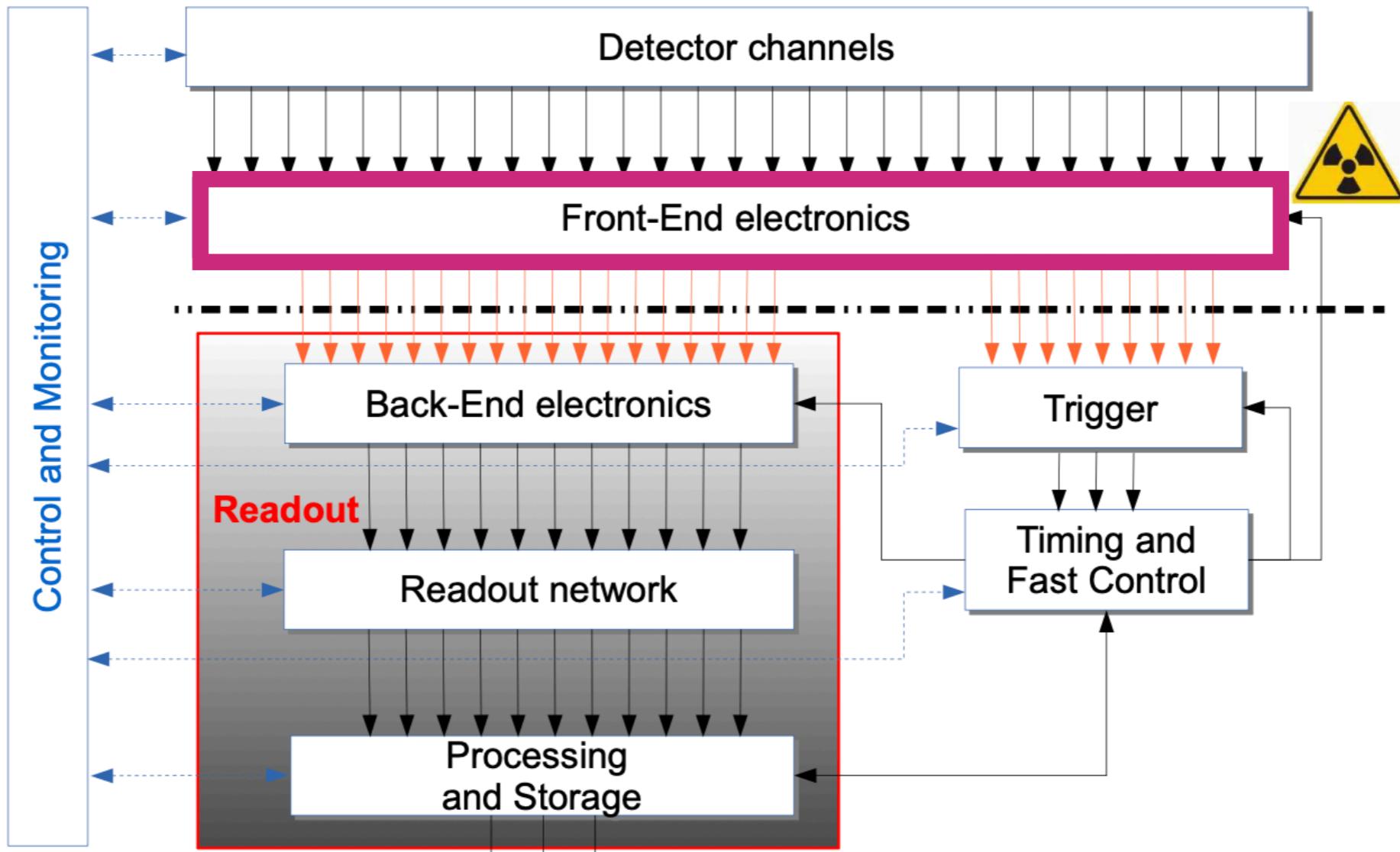
Comment on va des signaux dans les voies du détecteurs aux particules



Un exemple: CMS



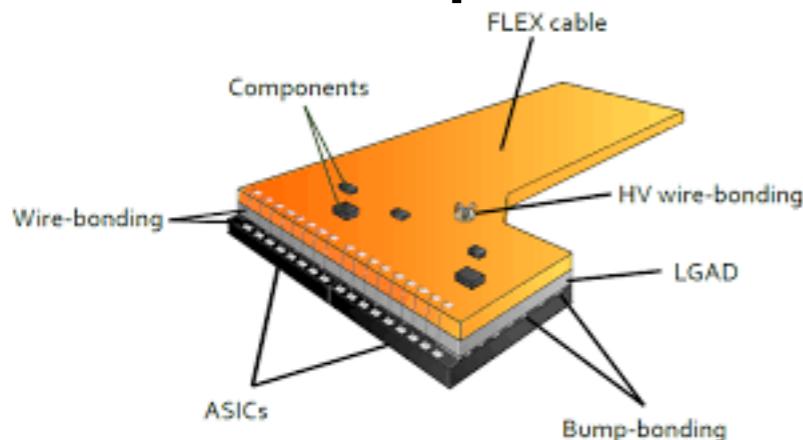
Front-end



- Les éléments Front-end font la première lecture du détecteur - le plus souvent reçoivent des signaux analogiques
- Leur rôle principal: traiter le signal analogique et le convertir en digital pour transmission
- Avec une grande vitesse d'acquisition (Trigger @ LHC 40 MHz, détecteurs après trigger @ 10 kHz - 1 MHz)
- Et dans un environnement très irradié

Types de front-end

ASIC sur chip - on-detector



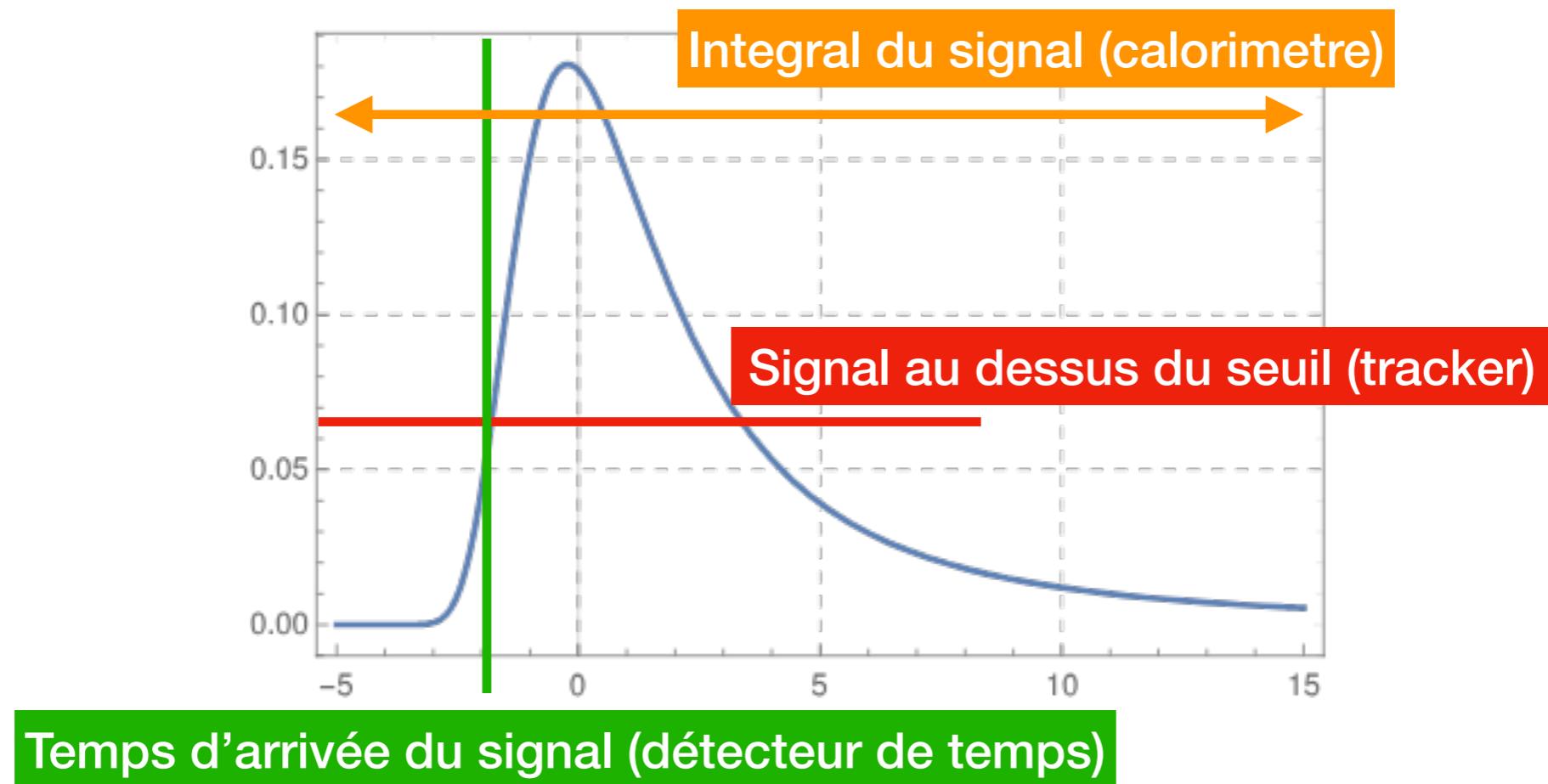
ASIC sur carte - near detector



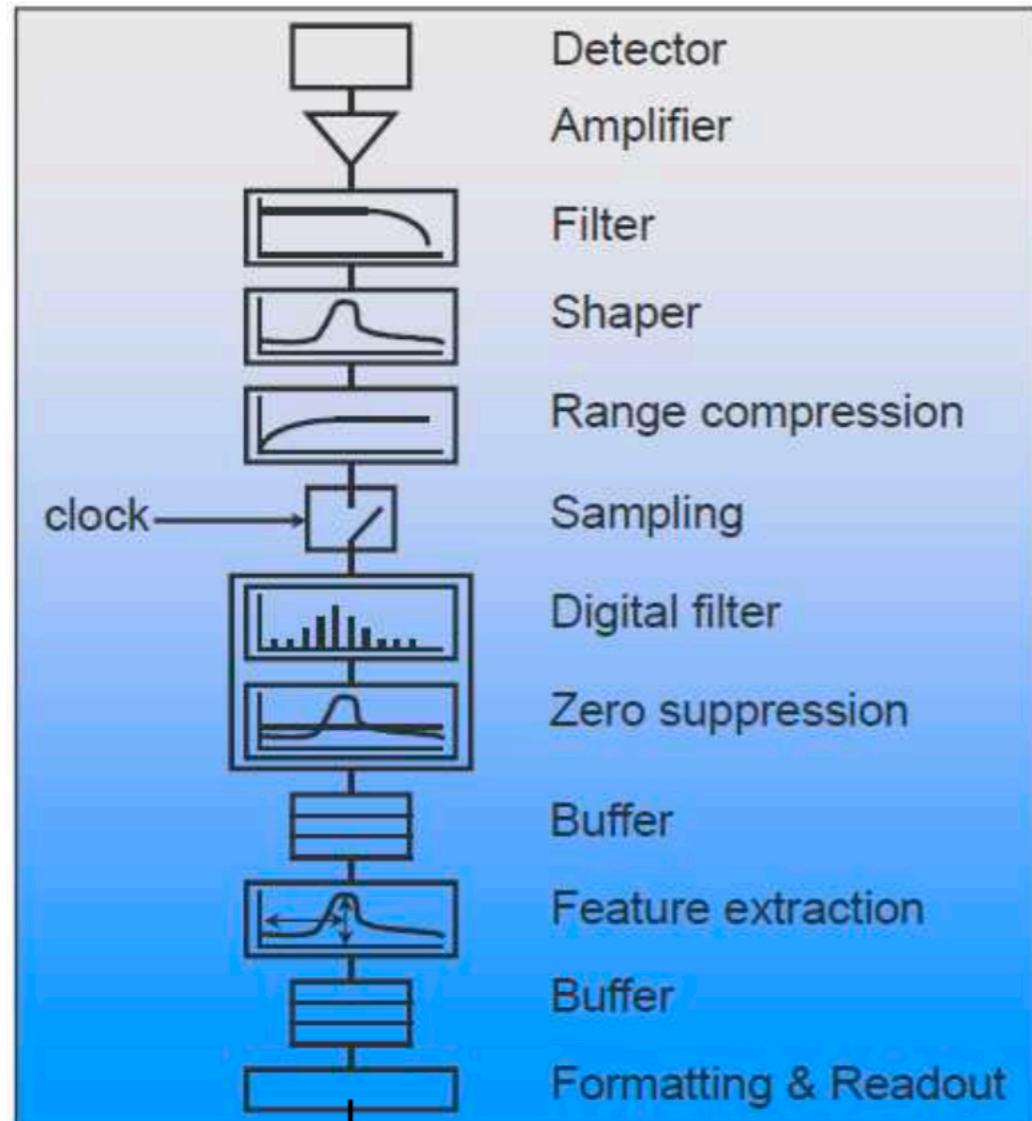
- Pour les détecteurs avec un grand nombre des voies (trackers en silicium) et/ou une manque d'espace
- Doivent tenir aux niveaux d'irradiation très élevés (MRad)- souvent en froid
- Très contraignant niveau espace et assemblage complexe

- Plus typique pour les détecteurs aux extrémités (Calo + Muon): moins de voies et plus d'espace
- Moins de contraintes d'irradiation
- Plus d'espace pour intégrer plusieurs composants
- Attention a l'impédance des cables entre détecteurs et cartes

Types des mesures



Les opérations basiques



Operations basiques faites par ASICs et/ou FPGAs

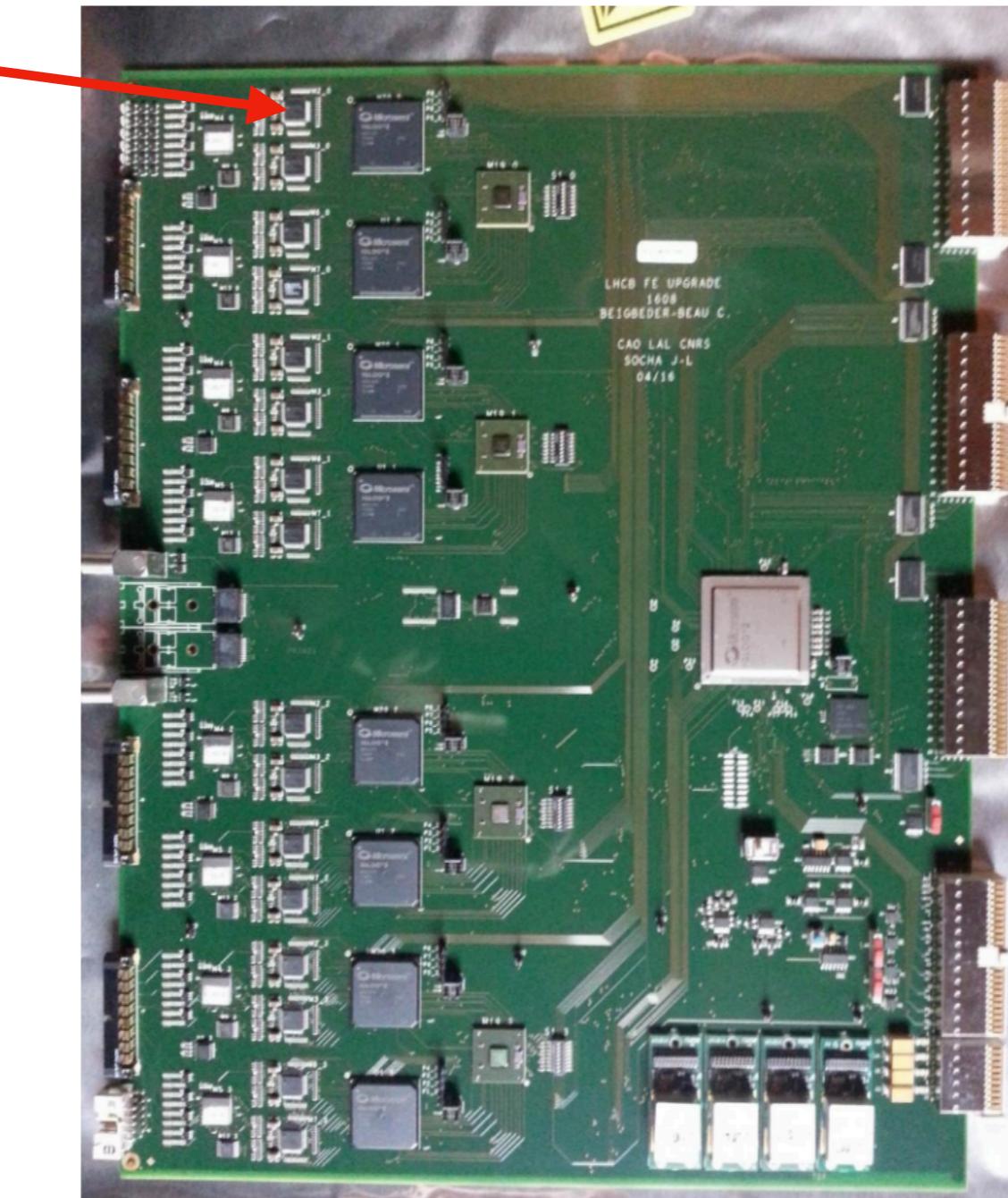
- Amplification/modification (shaping) du signal pour mesure optimale
- Mesure d'intérêt
- Reduction des données:
 - Conversion signal analogue → digital
 - Suppression en zero (pas de signal, pas d'envoie des données)
 - Extraction des features (ex clustering calorimètre)
- Stockage des données en attendant la décision du trigger (buffer)
- Préparation des données pour envoi: format des données très important pour les étapes suivantes!

Exemple

ASICs ICECAL:

- Circuit pour shaping
- Intégration du signal pour extraction de l'énergie déposée
- Envoie de l'intégral (conversion analogique → digital via ADC)

Carte FE d'expérience LHCb pour Run 3



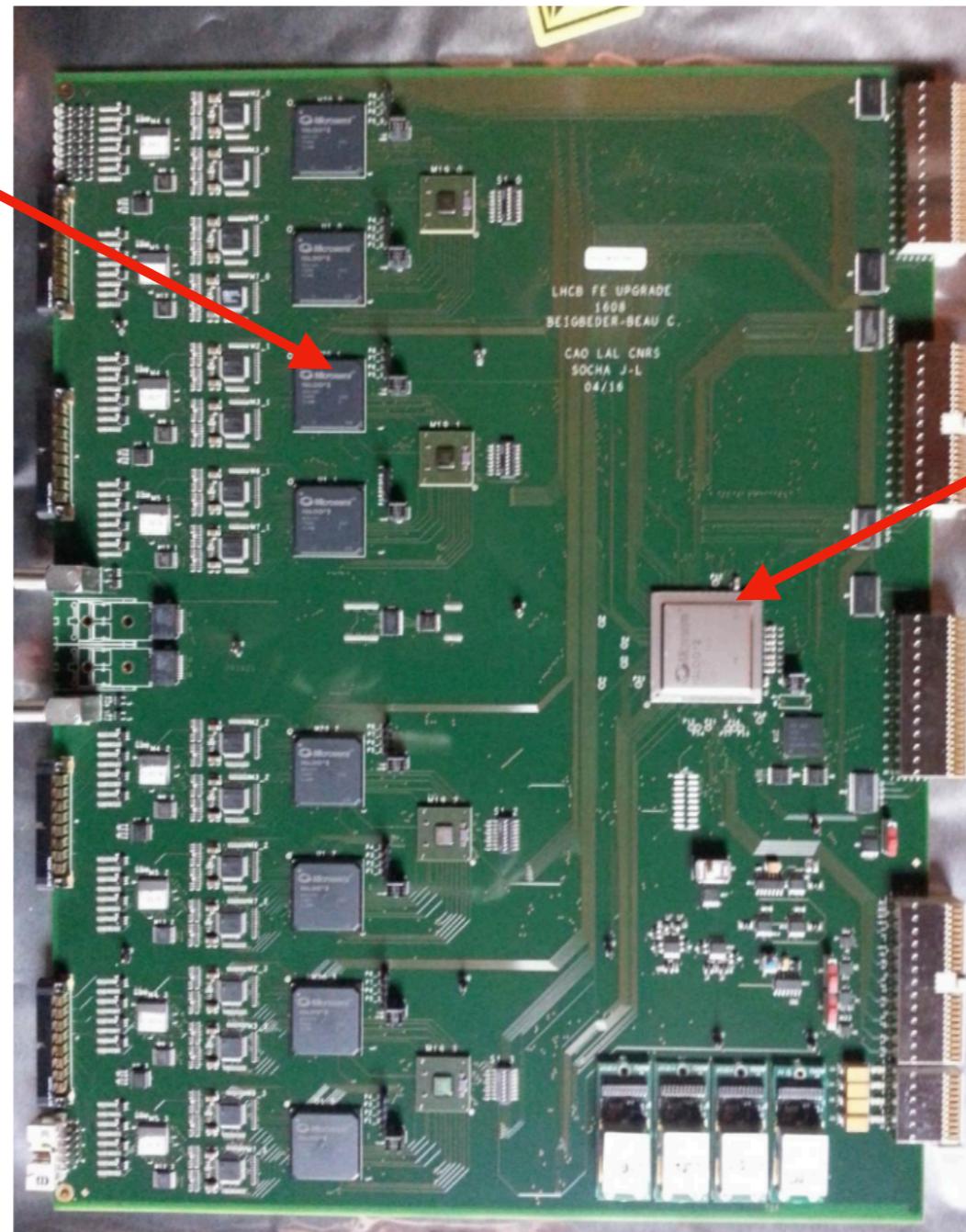
16 ASICs per carte

Traitement de 4 voies chaque (32 total)

Exemple

- FPGAs pour clustering
 - Calculs de depot maximal d'énergie sur tours 2x2
 - Durcis aux radiations (Igloo 2)

Carte FE d'experience LHCb pour Run 3



- FPGAs sequencer
 - Preparation des données pour envoie au back-end
 - Controle de carte

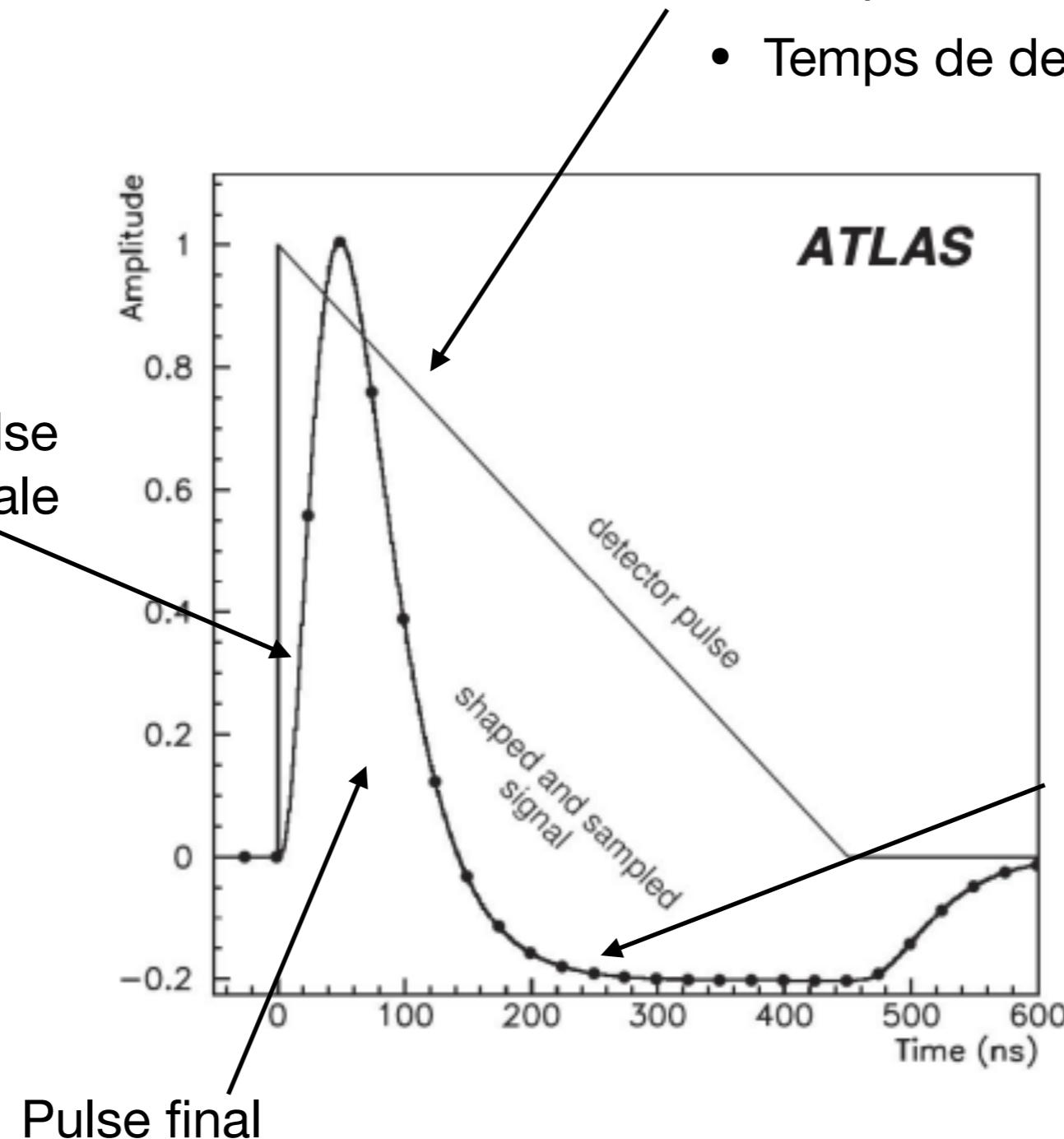
Un exemple de traitement du signal

Le but: extraire la position et amplitude du peak via sampling

Le pulse originel - difficultés:

- Temps monté et peak trop court
- Temps de descente trop longue

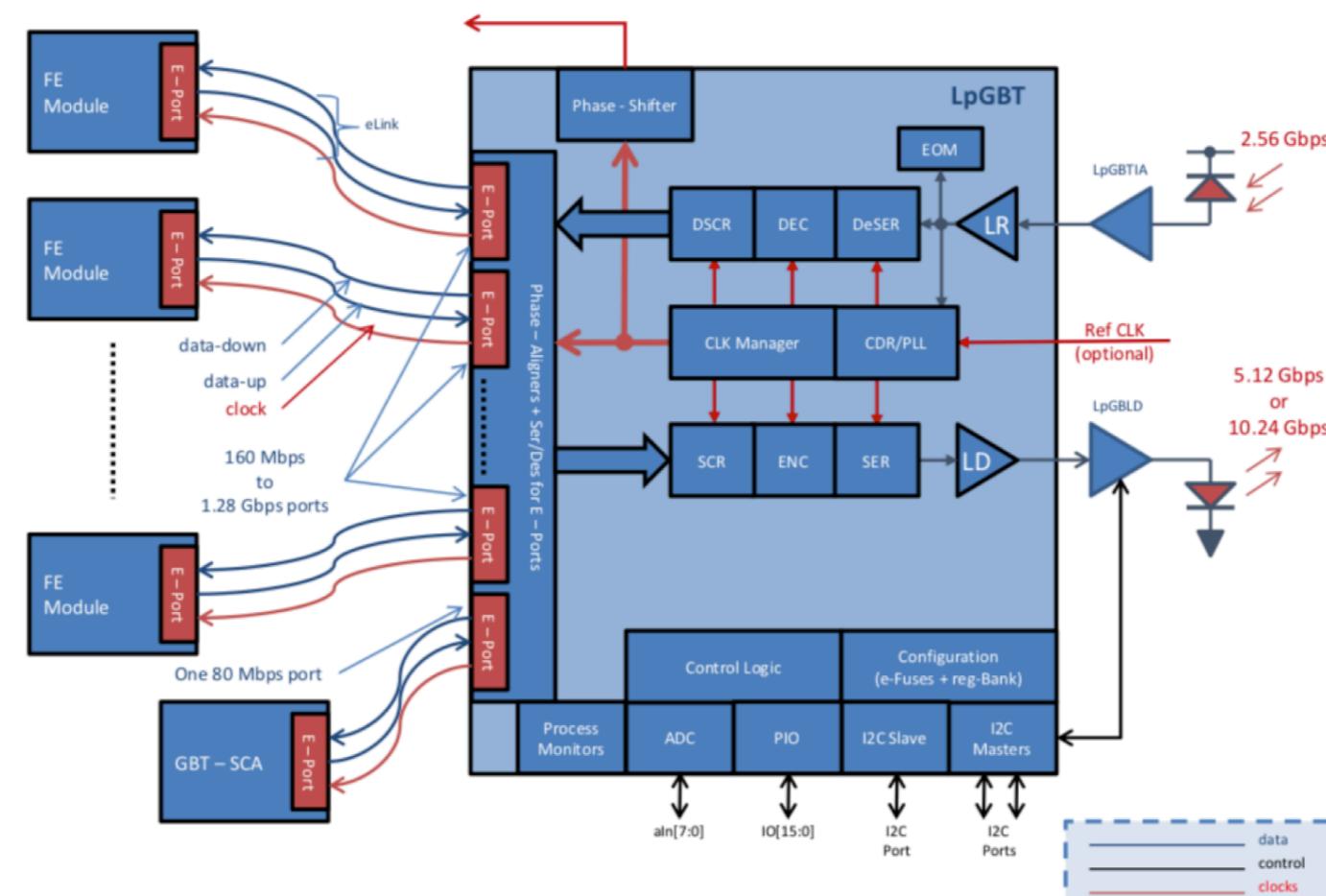
Shaping bipolaire du pulse pour un sampling optimale



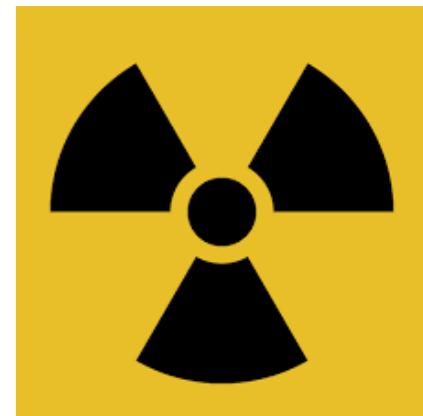
Filtrage digital pour raccourcir le temps de descente

Organisation et transmission des données

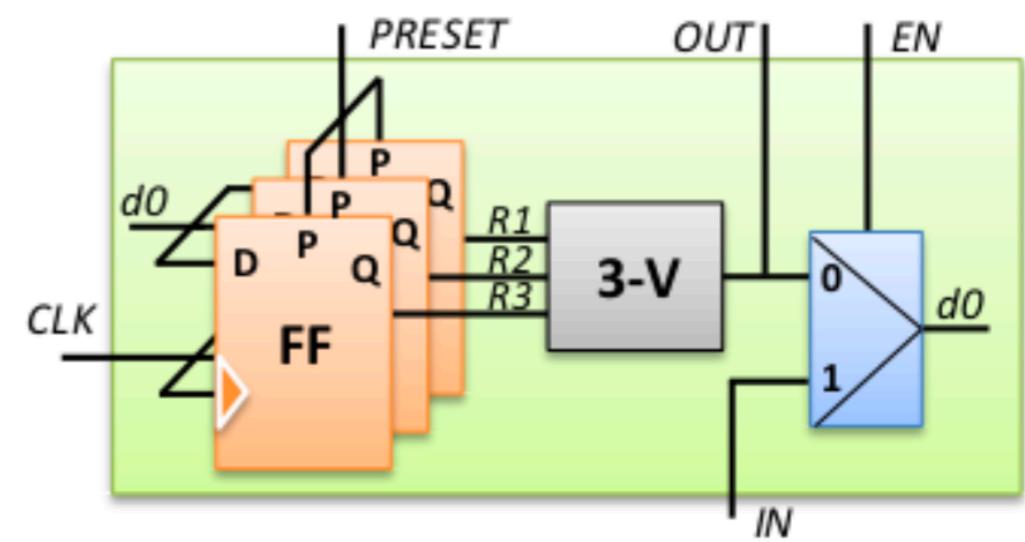
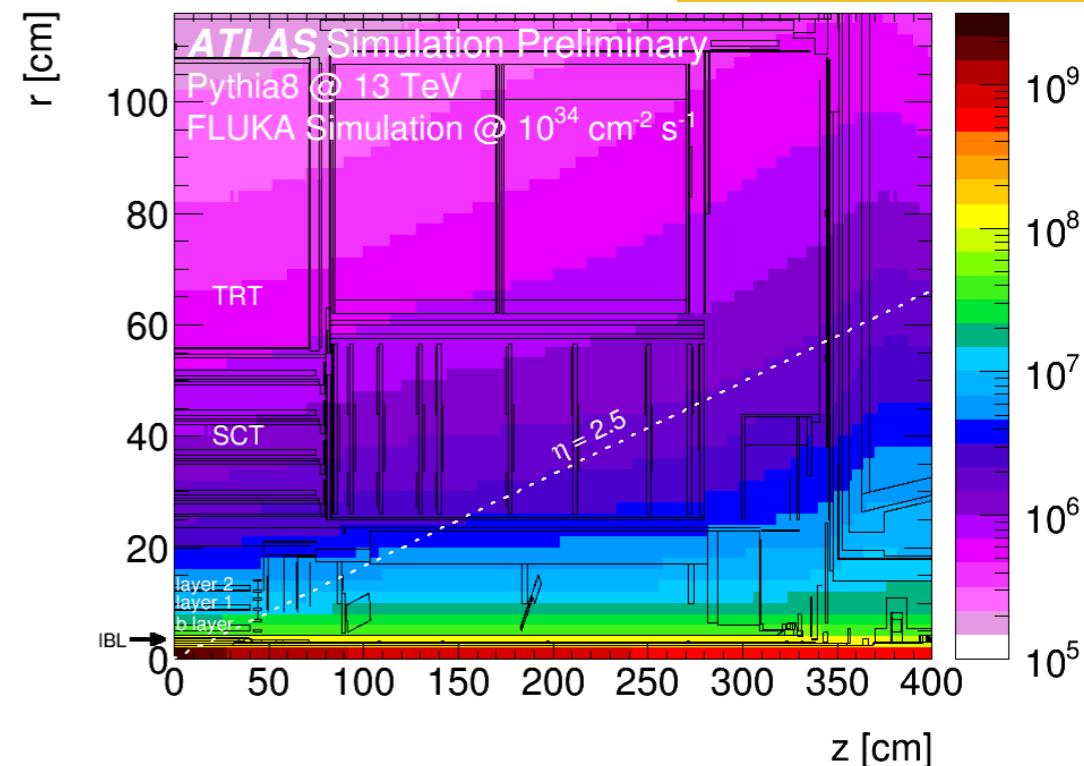
- Reception des données par plusieurs voies, et pas nécessairement alignés en temps
- Il faut les mettre dans la bonne ordre: serialisation et alignment temporelle
 - Alignment temporelle typiquement fait par les ASICs/FPGAs en utilisant l'horloge
- Transmission en haute bande passante: Liens optiques
 - Serialisation et transmission par ASICs spécialisées pour vitesse, faible consommation et tolerance en radiation: GBT, IpGBT \rightarrow O(10 Gbps / lien)



Tolerance en radiation

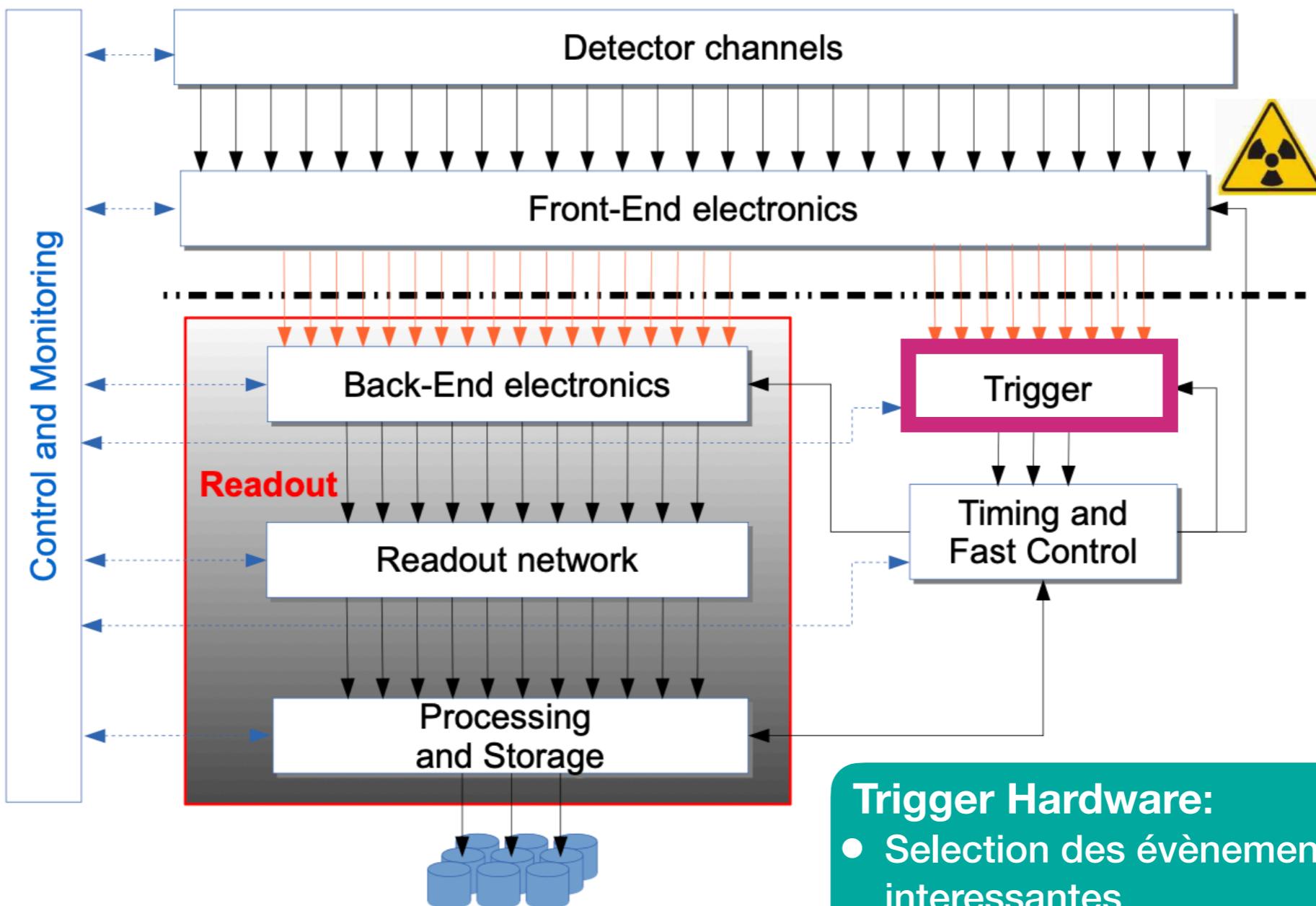


- Les expériences de LHC (et l'espace) sont des environnements très irradiés
- Il faut choisir des technologies qui tiennent à l'irradiation
- Plupart des composants en Si... effets communs:
 - Creation des défauts dans le Si (effets cumulatives avec le passage du temps)
 - Single Event Upsets (SEU): bit flips a cause du passage d'une particule, peuvent être restaurés avec un reset (mais il faut les voir vite)
- Plusieurs façons à mitiger:
 - Choix de matériaux
 - Tests d'irradiation des prototypes (pour éviter les surprises)
 - Protection des données: triple voting



Questions? (+ pause eau pour moi)

Trigger (type “Hardware”)

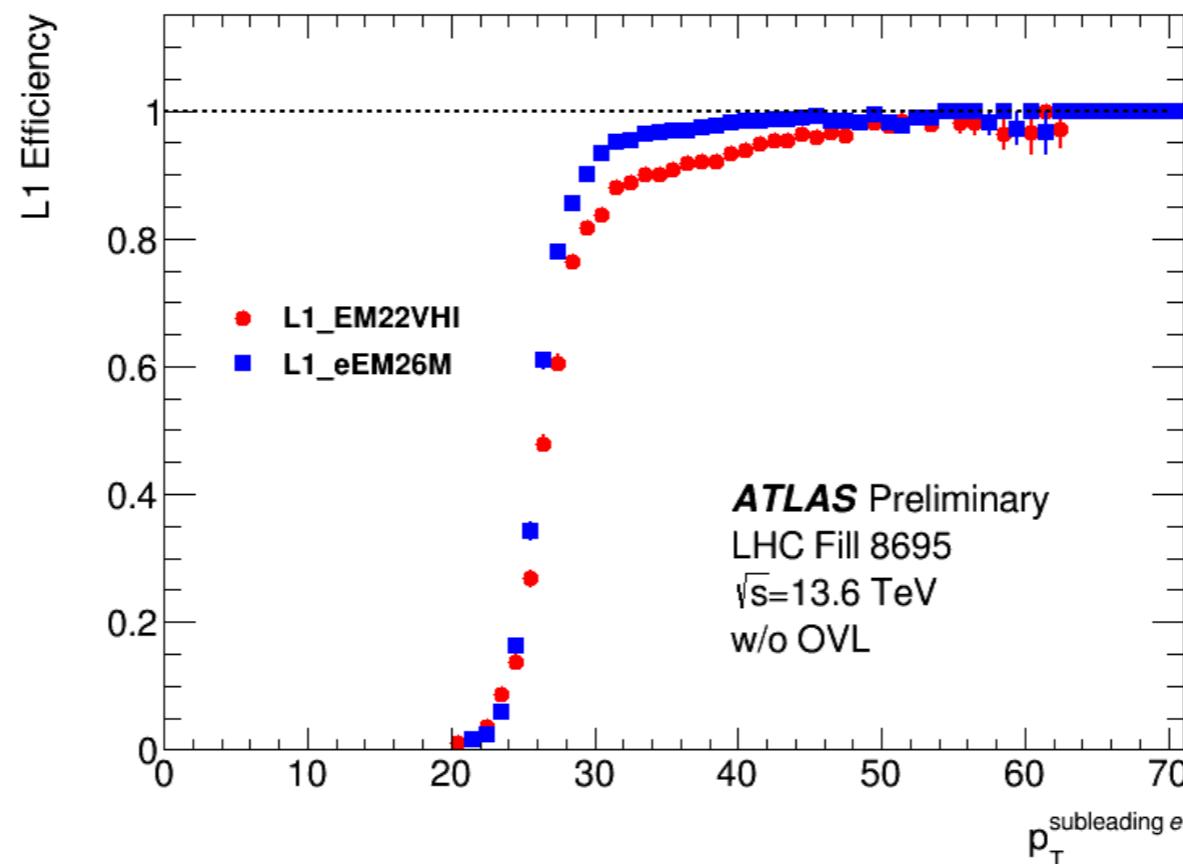


Trigger Hardware:

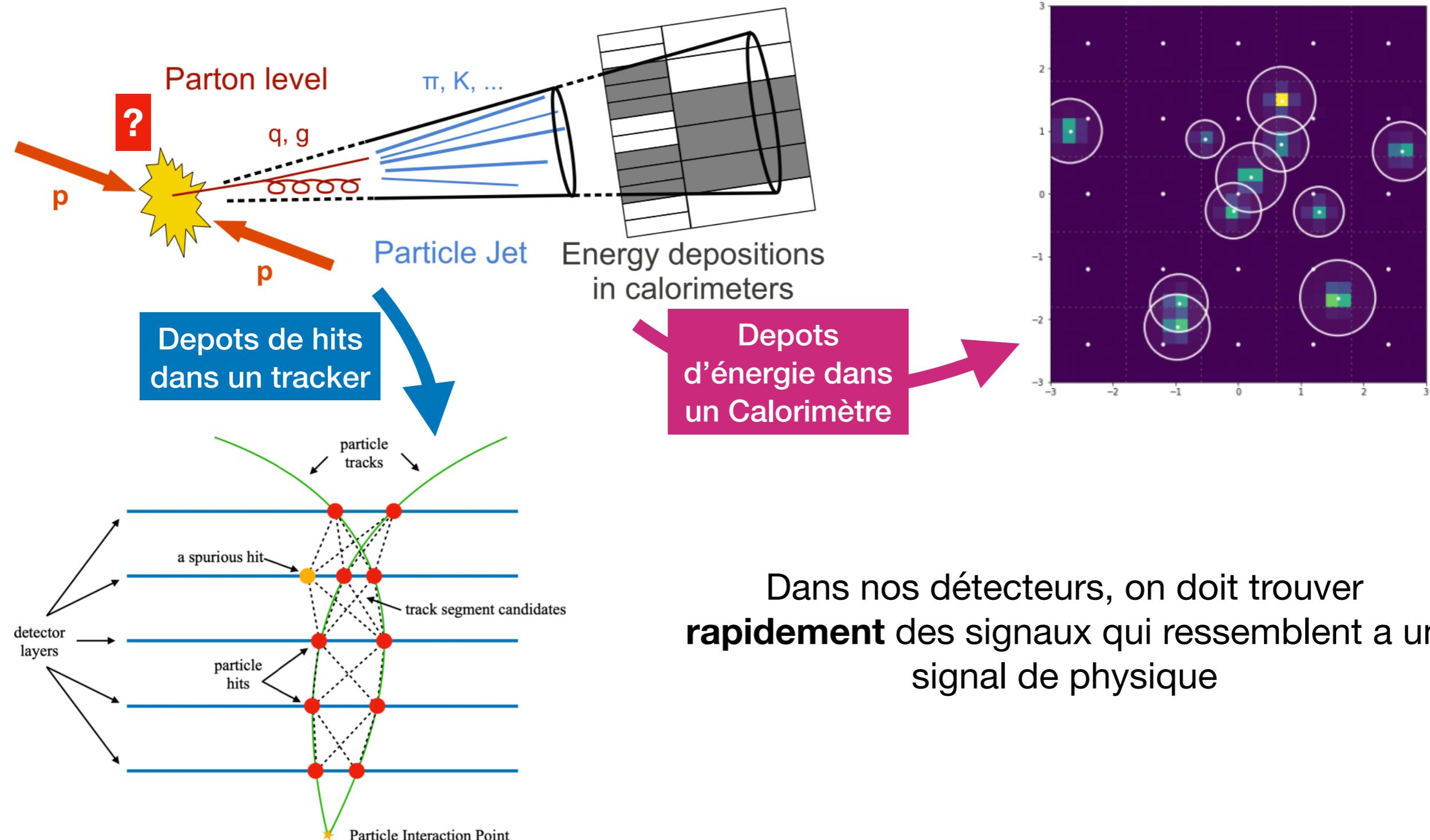
- Selection des évènements intéressantes
- Contraintes importantes de vitesse → cartes électroniques (FPGA comme processeur)

Un bon trigger

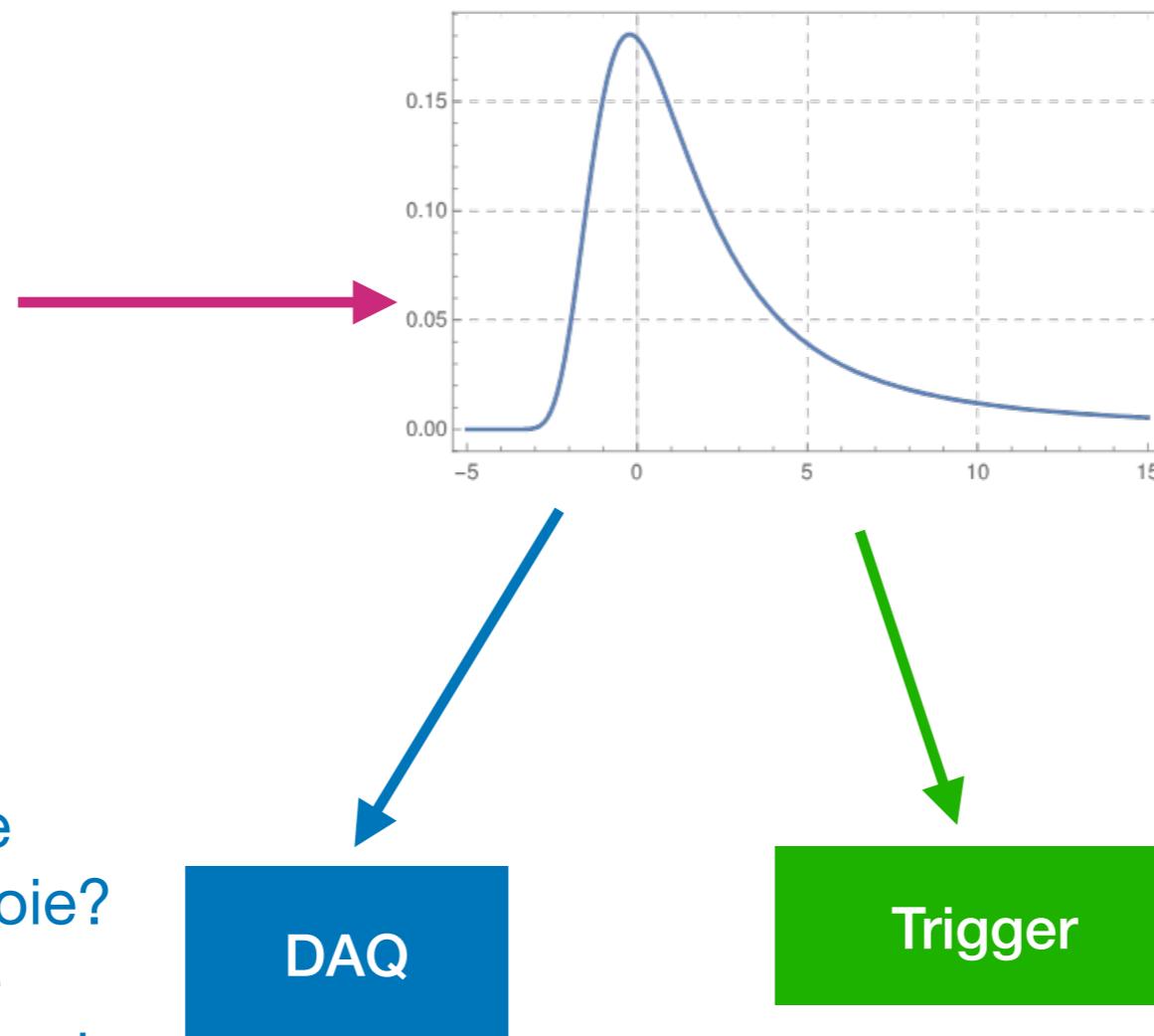
- A une très grande efficacité: i.e. quand il y a un bon évènement il le garde toujours
- A une très bas taux de mis-selection: quand il y a un évènement non intéressant il le rejette toujours
- Est rapide: pour réduire la taille des mémoires dans les Front-End
- Est peu sensible au bruit et fluctuations de prise des données



Comment on fait un choix?



Un simple exemple



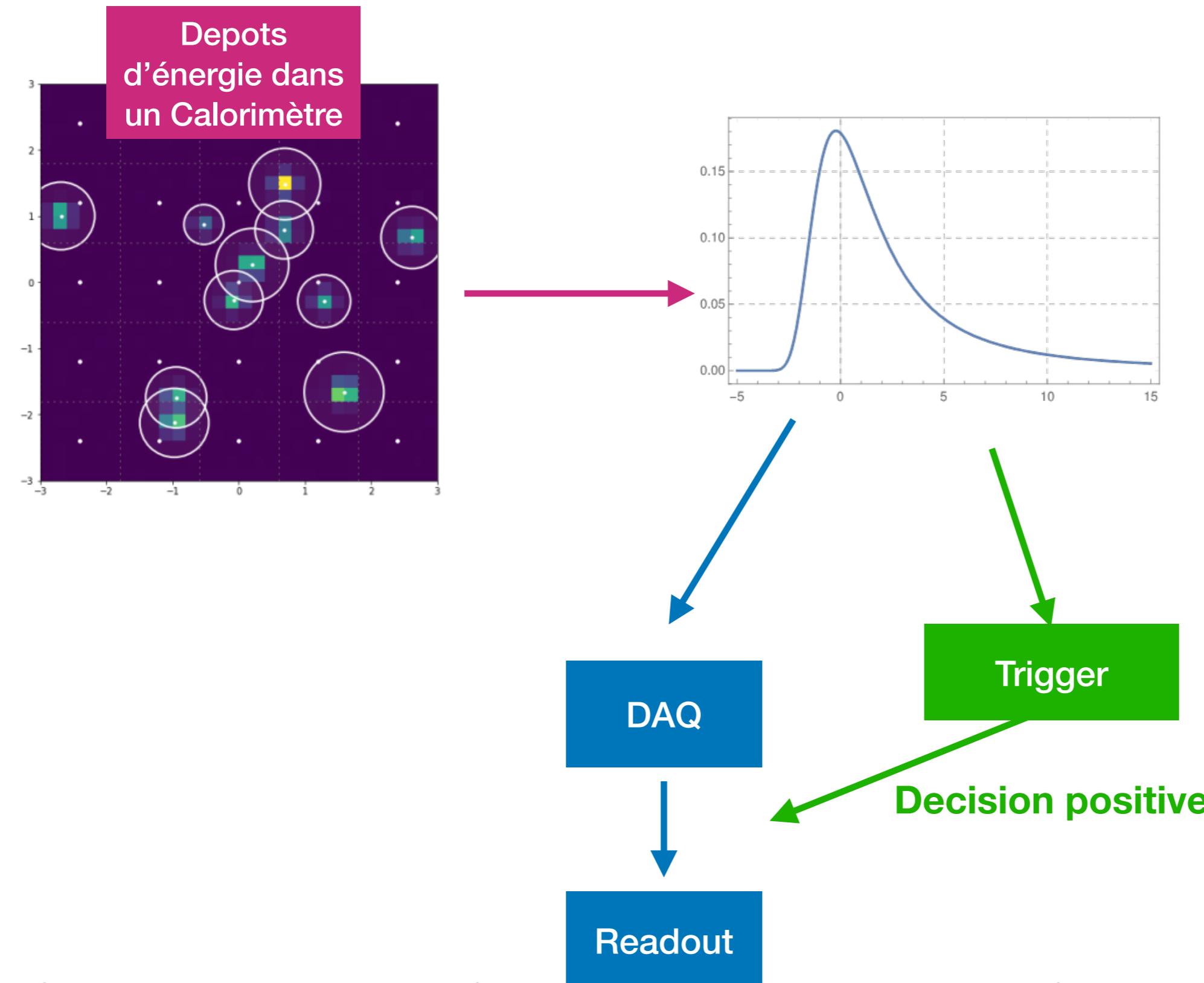
Chemin DAQ:

- Quelle était l'énergie déposée dans ma voie?
- Digitisation doit être précise, pas possible de récupérer l'info analogique!
- Exigence de transmission: la fréquence du trigger

Chemin Trigger:

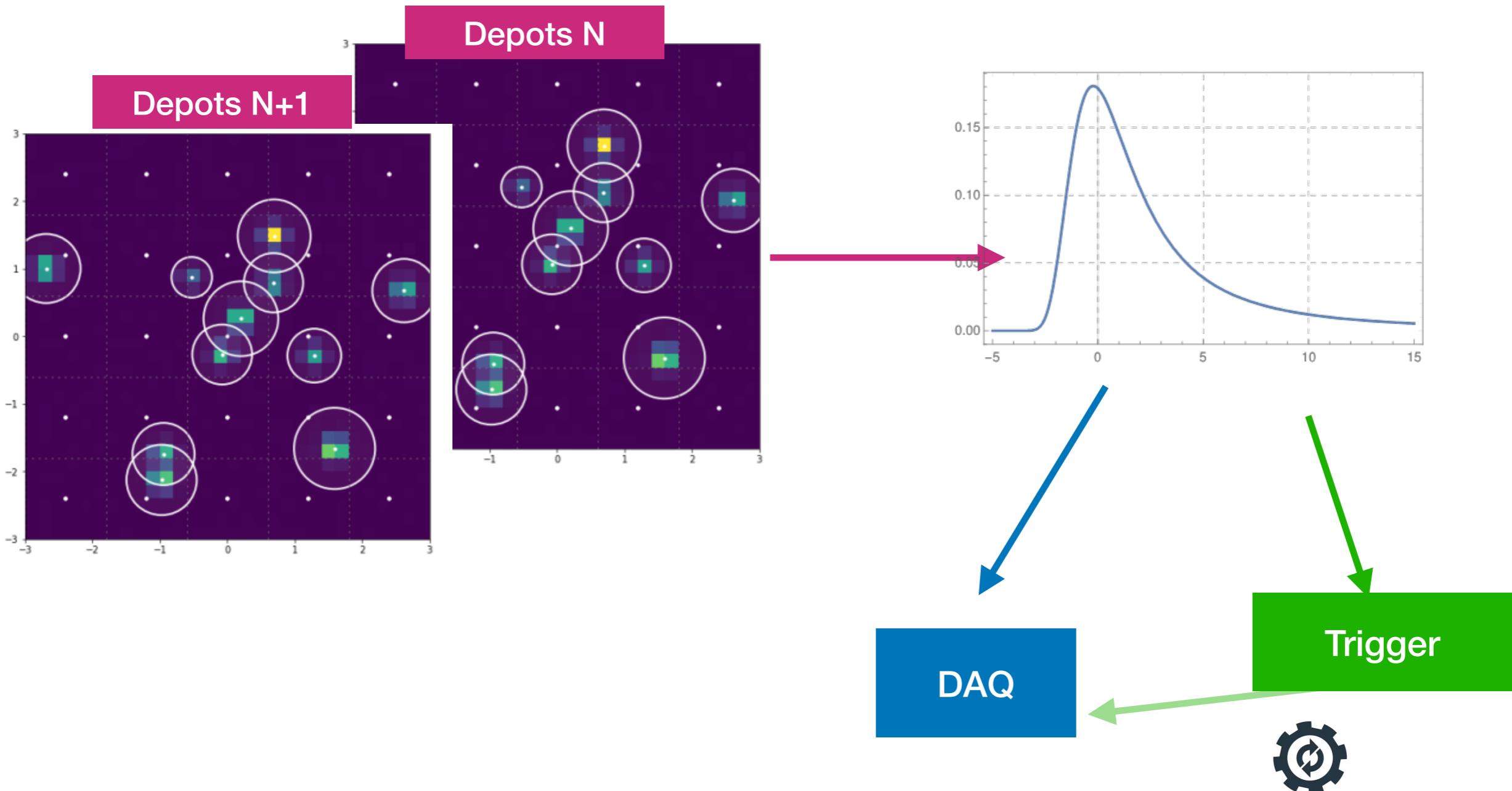
- Avait-il du signal intéressant dans ma voie?
- Mesure doit être très vite!
- Exigence de transmission: la fréquence de collisions (40 MHz à LHC)

Un simple exemple



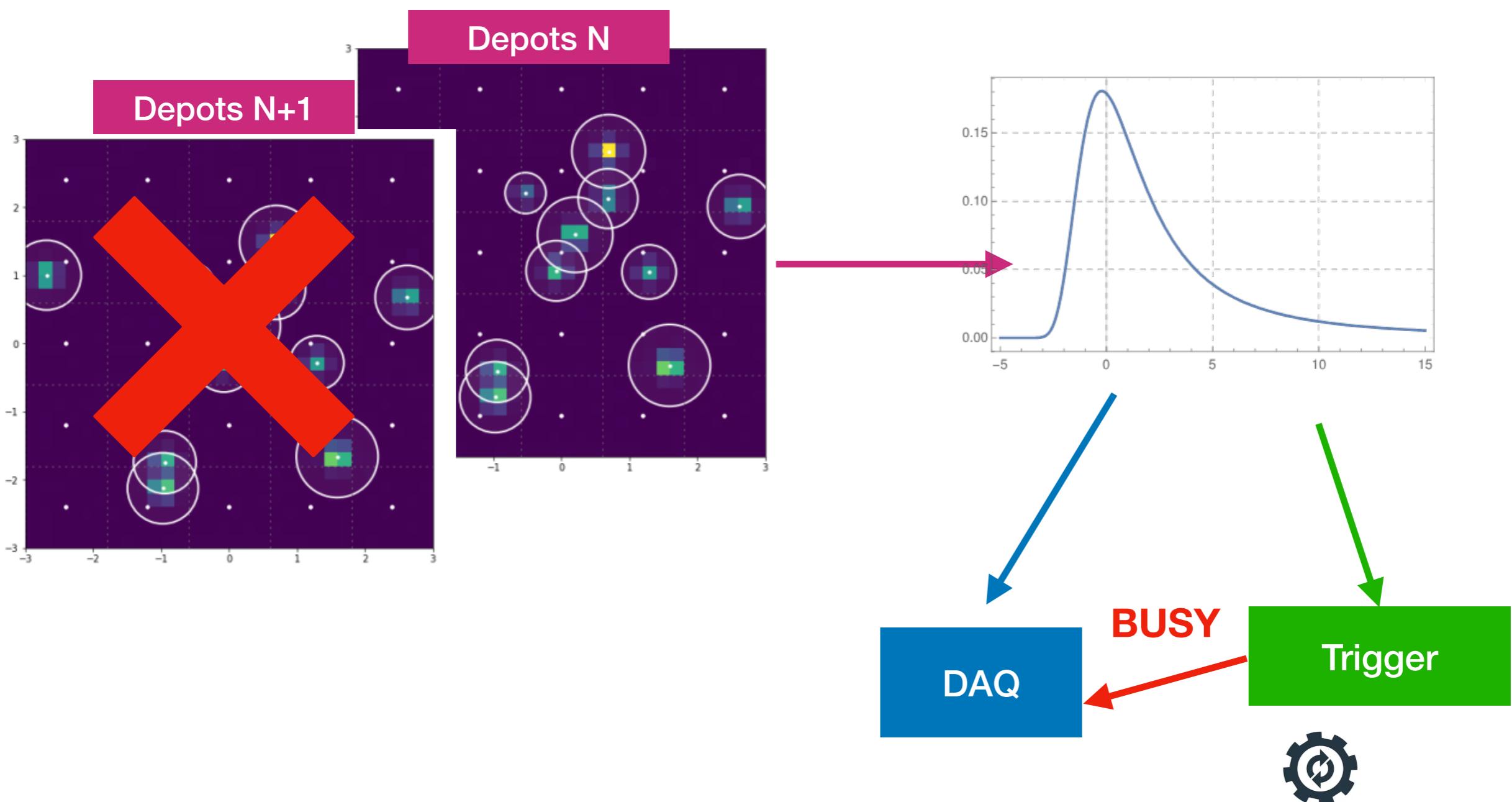
Latence du trigger

- Le temps qui prend le système du trigger d'émettre une décision
- Que passe-t-il si pendant que le DAQ attend la décision, on reçoit un nouveau signal?



Notion de temps mort, et comment l'éviter

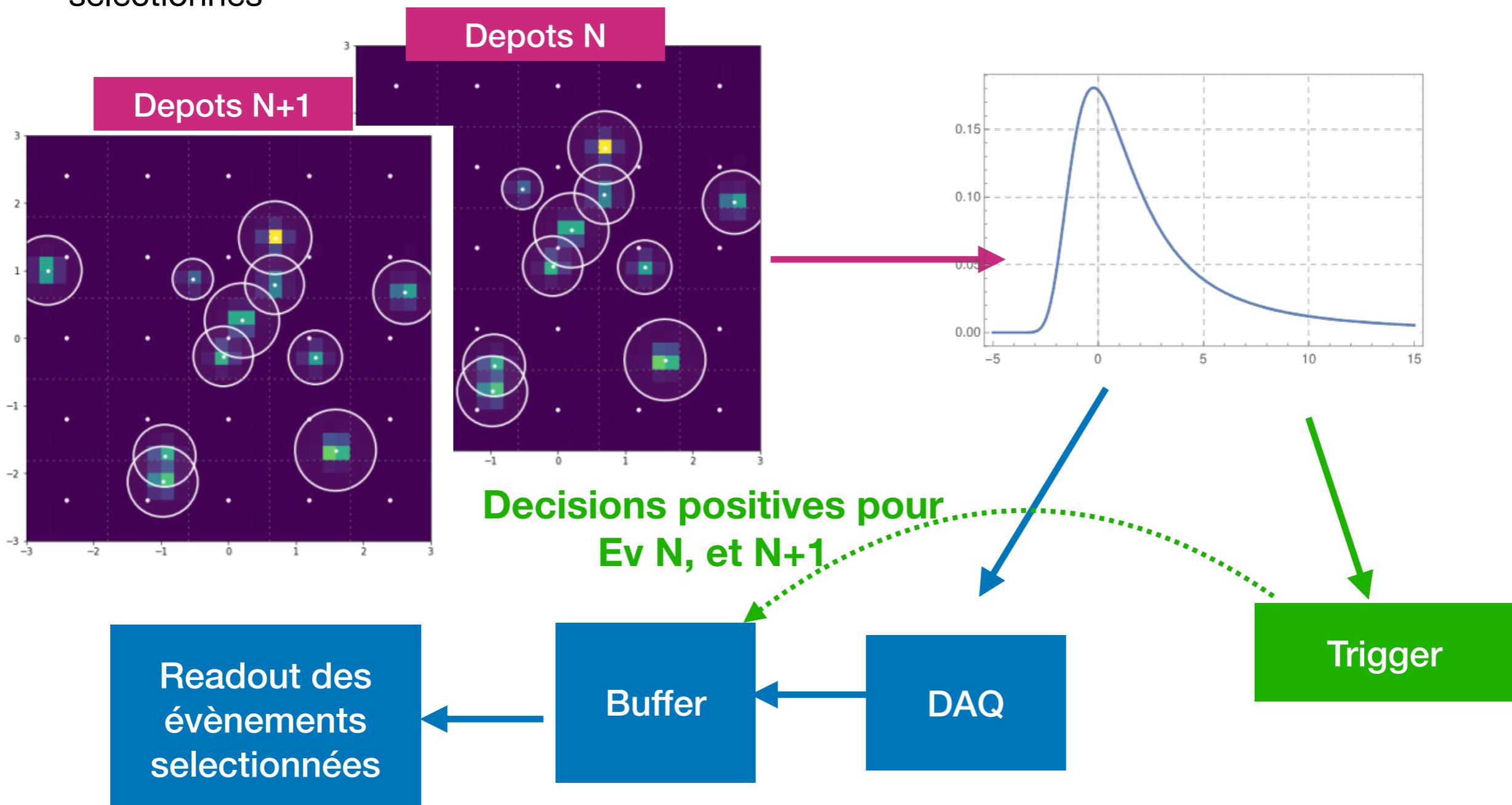
- Temps mort: temps pendant lequel le system ne peux pas prendre des nouveaux événements (BUSY)
 - Solution n1: emmettre un signal BUSY, pendant lequel on rejette les nouveaux événements



Notion de temps mort, et comment l'éviter

- Solution n2: **Derandomisation**

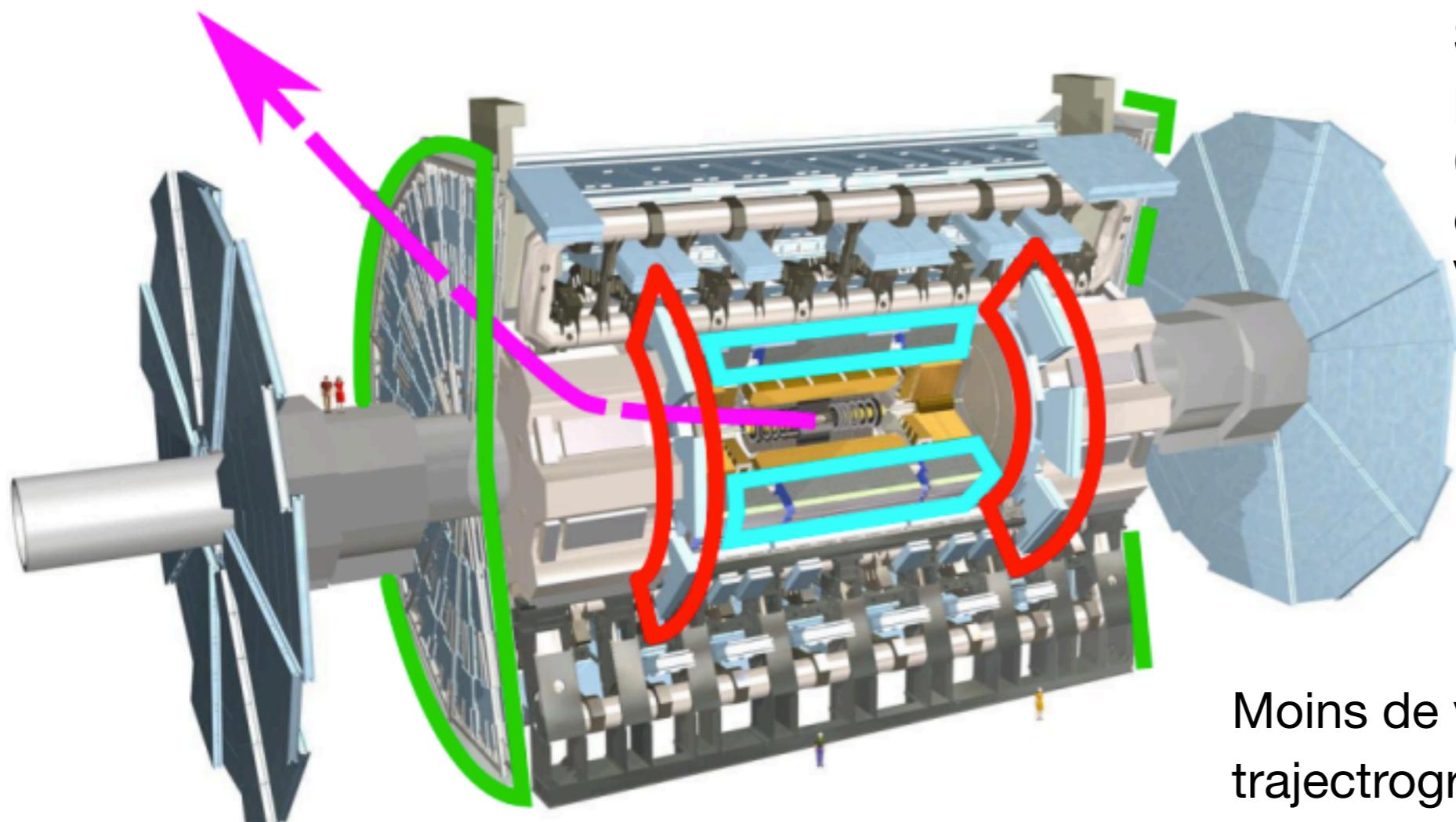
- Introduire des éléments de stockage temporaire (buffers) dans le chemin DAQ
- Buffers doivent être compactes et rapides, ex FIFO (First In First Out)
- Nécessite synchronisation entre les deux chemins, pour pouvoir associer les événements sélectionnés



Quelles systèmes utiliser pour un trigger?

Rappel: il faut avoir des decisions efficaces et rapides!

Traditionnellement, les premiers étapes de trigger hardware données par les systèmes de **calorimètre et de trajectorgraphe a muons...** Pourquoi?

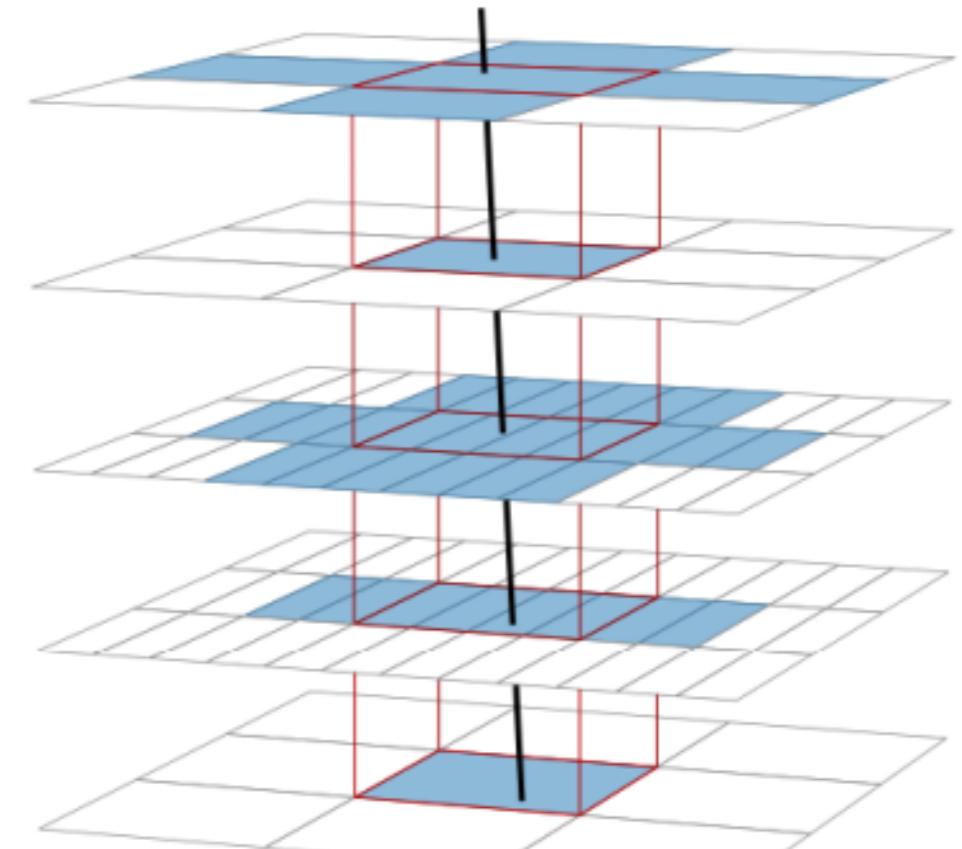


Signaux claires et pertinentes pour la physique* (au moins pour Higgs, on discutera plus sur ce sujet a Vendredi!)

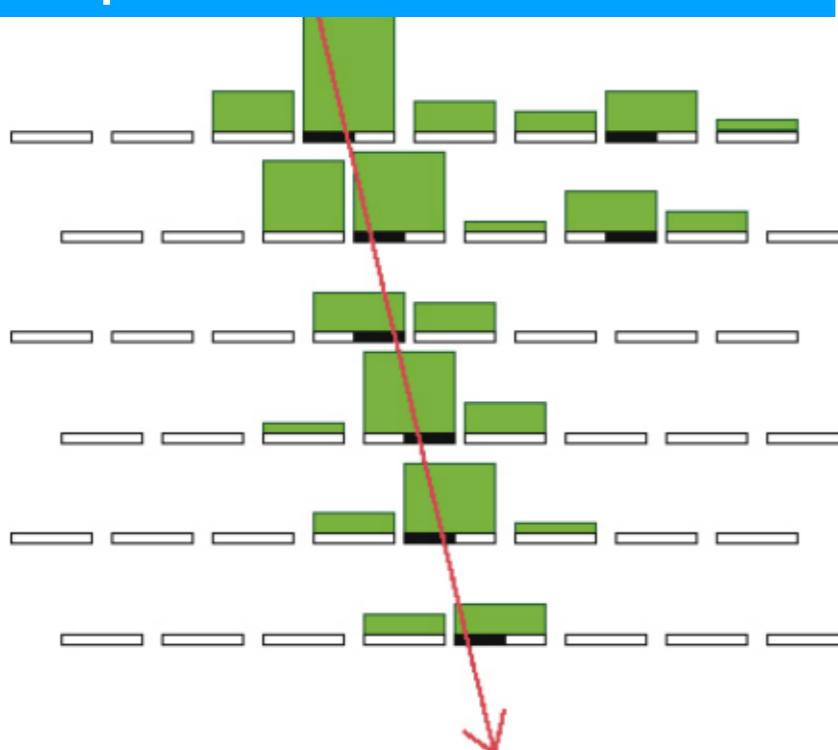
Moins de voies que les trajectrographes intérieurs → moins de combinatoire à calculer

Implementation des algorithmes

- Calorimetre
 - Particules créent de gerbes
 - Pattern dans le calorimètre: clusters
 - Recherche des regions avec des depots significatives dans plusieurs couches (towers)



Exemple d'une trace muon CMS

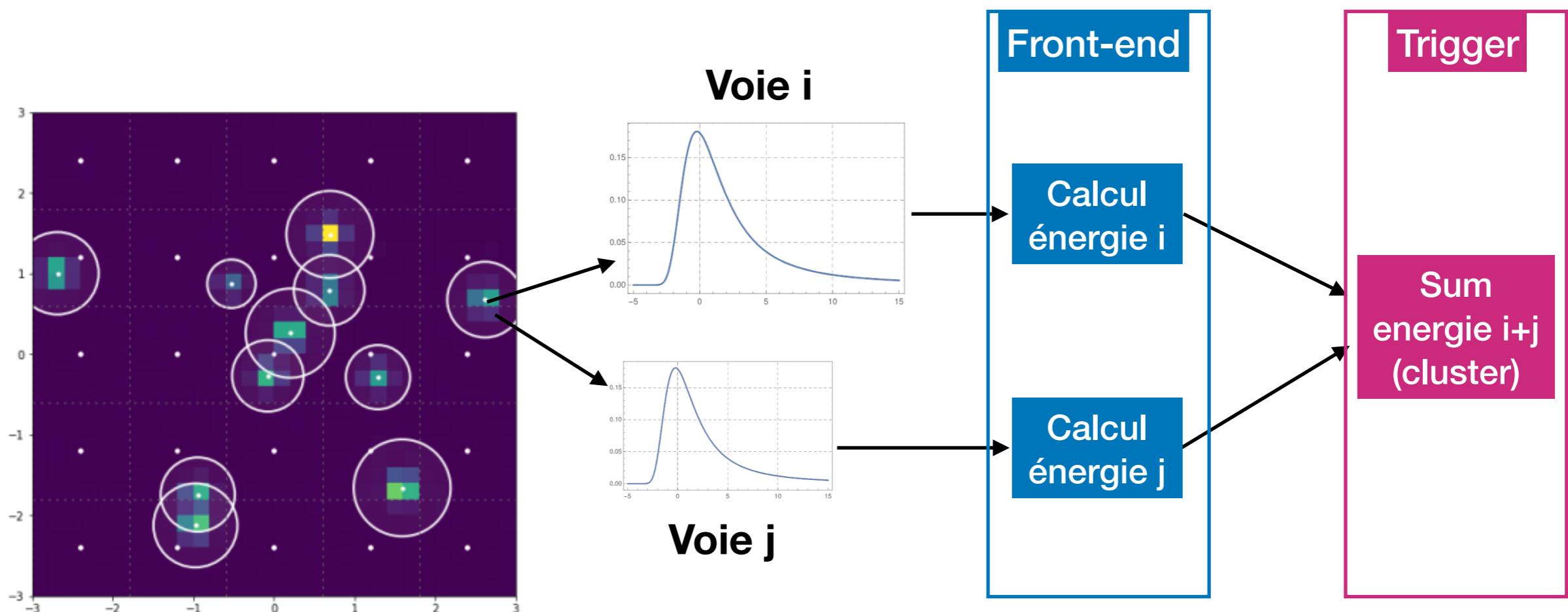


Exemple d'un Calo tower d'ATLAS

- Muons
 - Pattern des muons: traces
 - Sauvegarder les patterns typiques dans des tableaux, et chercher s'il y a un match
 - Mesure d'impulsion possible (champs magnétique)

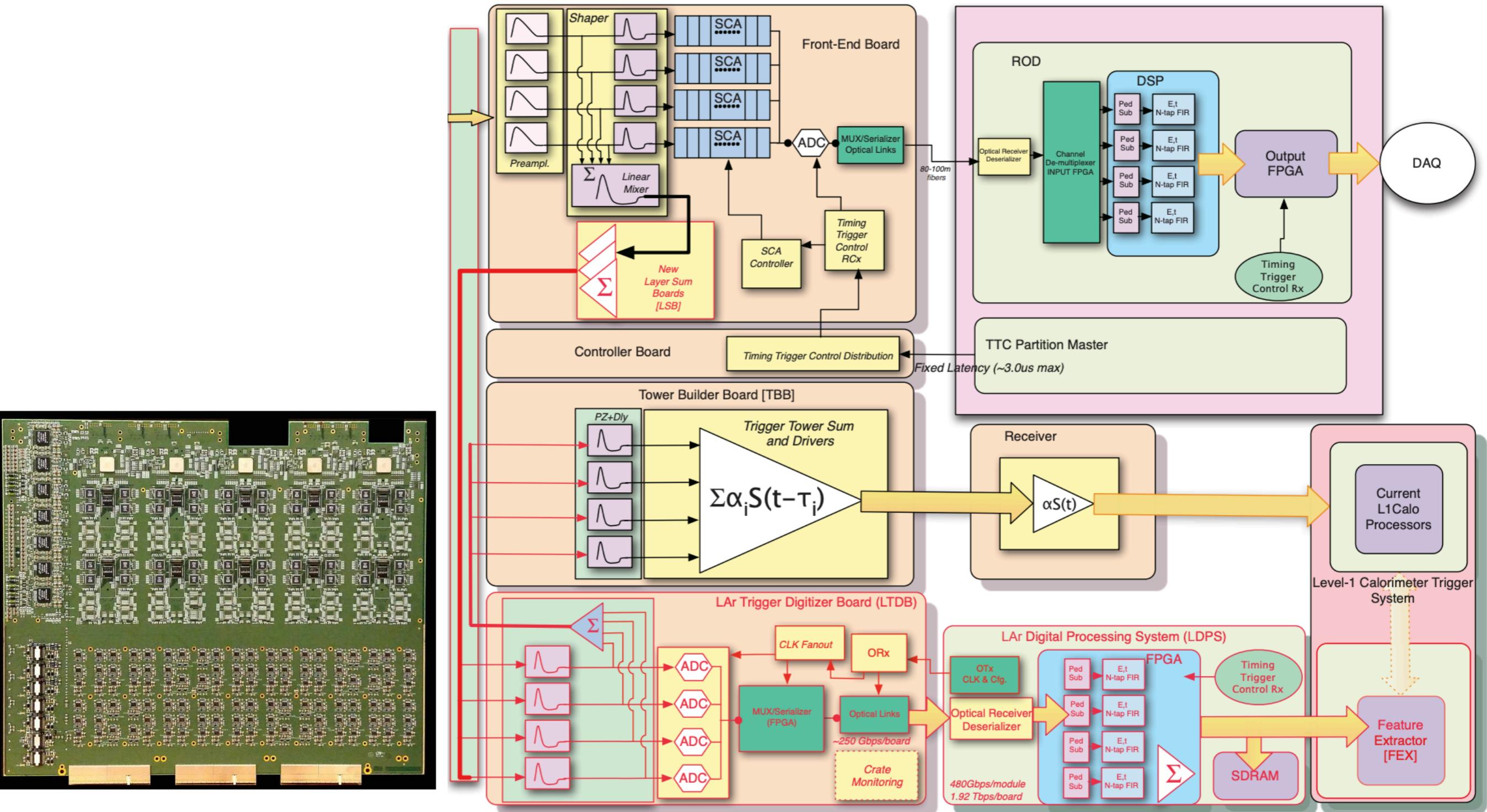
Implementation des algorithmes

- Plus d'espace pour mettre des composants → plus de puissance de calculs!
 - Typiquement, FPGA de taille moyenne/grande
- Accès à l'info de plusieurs cartes FE → possible de combiner l'information pour réduire les données
 - Important de réfléchir sur la routage optimal et la position physique des cartes Trigger



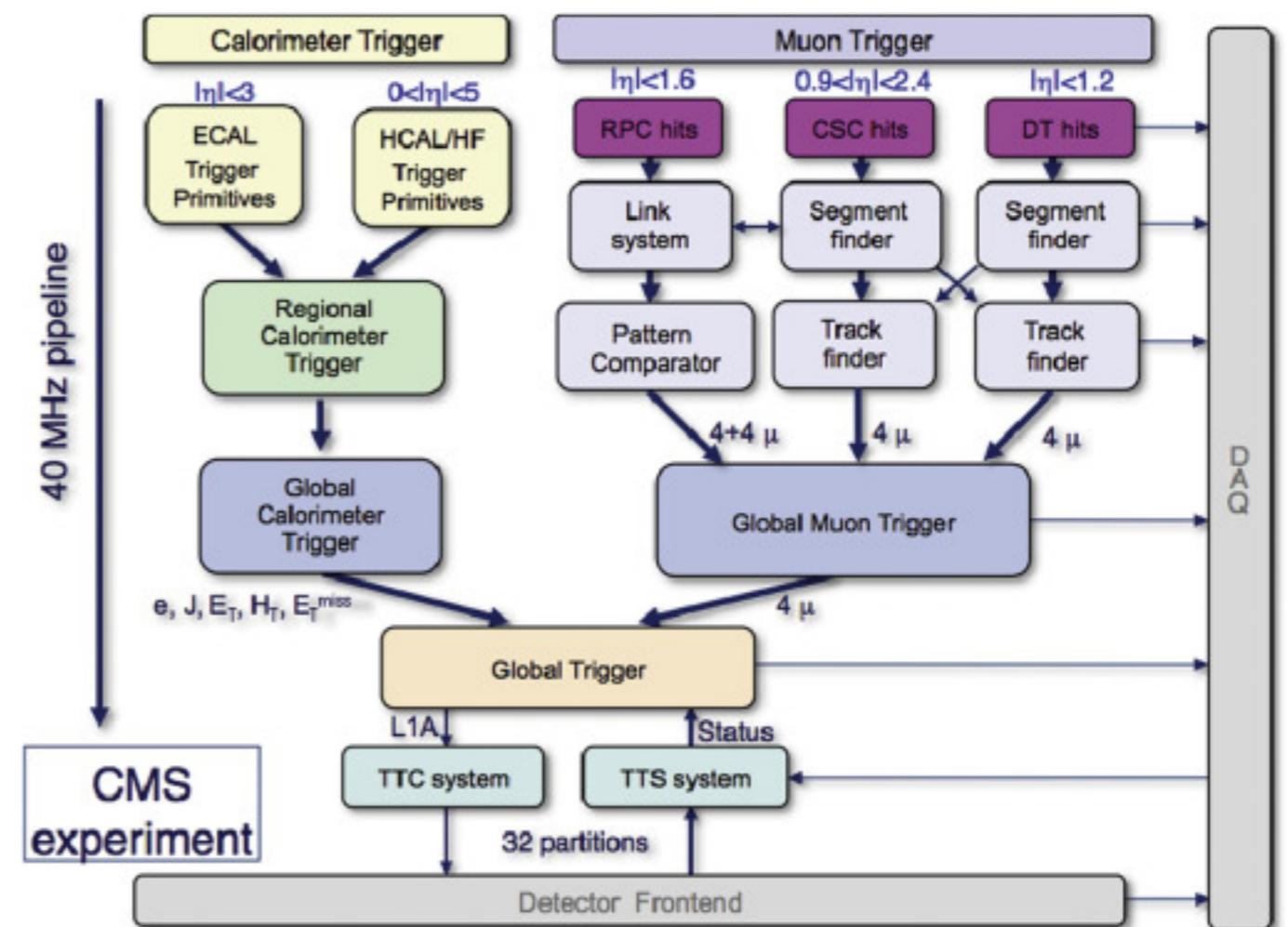
Un peu plus complexe en réalité

Les électroniques trigger du Calorimètre Liquide Argon d'ATLAS (actuel)

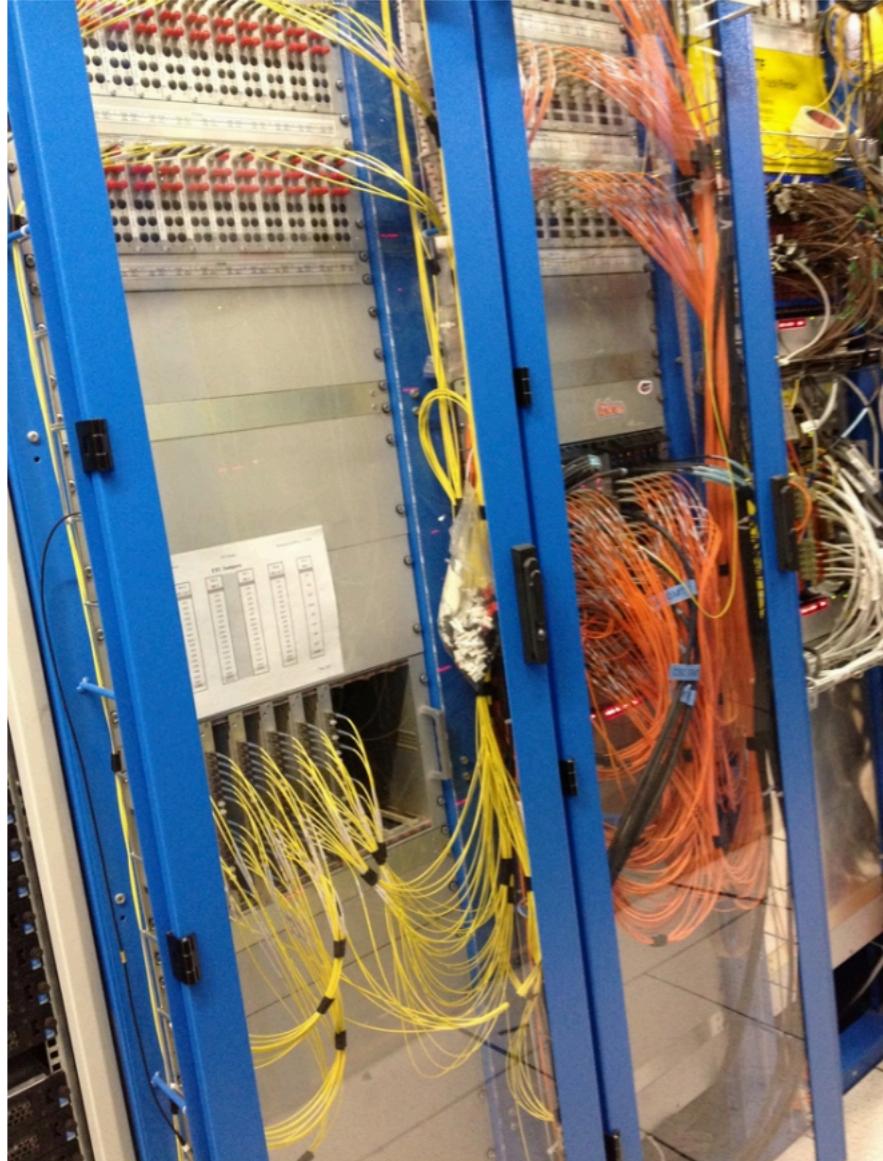


Trigger centrale

- A la fin, il faut combiner l'info de chaque sous-système pour faire une decision globale
→ **Global (ou central) trigger**
- Et si decision positive, il faut la transmettre dans toute la chaine DAQ pour déclencher la transmission des données de tous le détecteurs
- Quelques chiffres:
 - ATLAS: latence 2.5 μ s, taux après selection 100 kHz
 - CMS: latence 4 μ s, taux après selection 100 kHz
 - LHCb Run 2* : latence 4 μ s, taux après selection 1 MHz

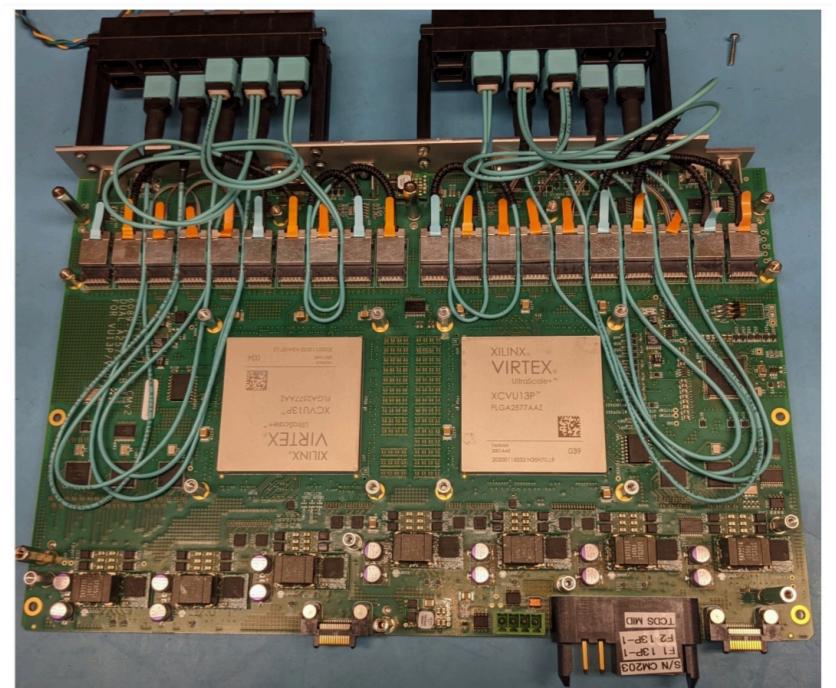
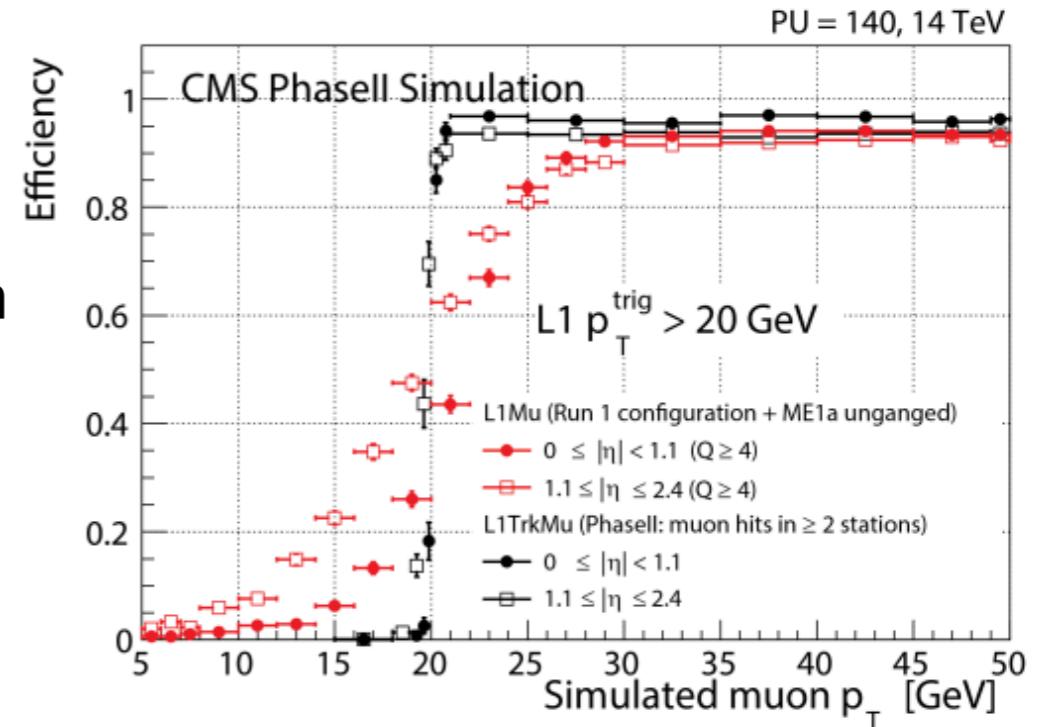


Trigger centrale



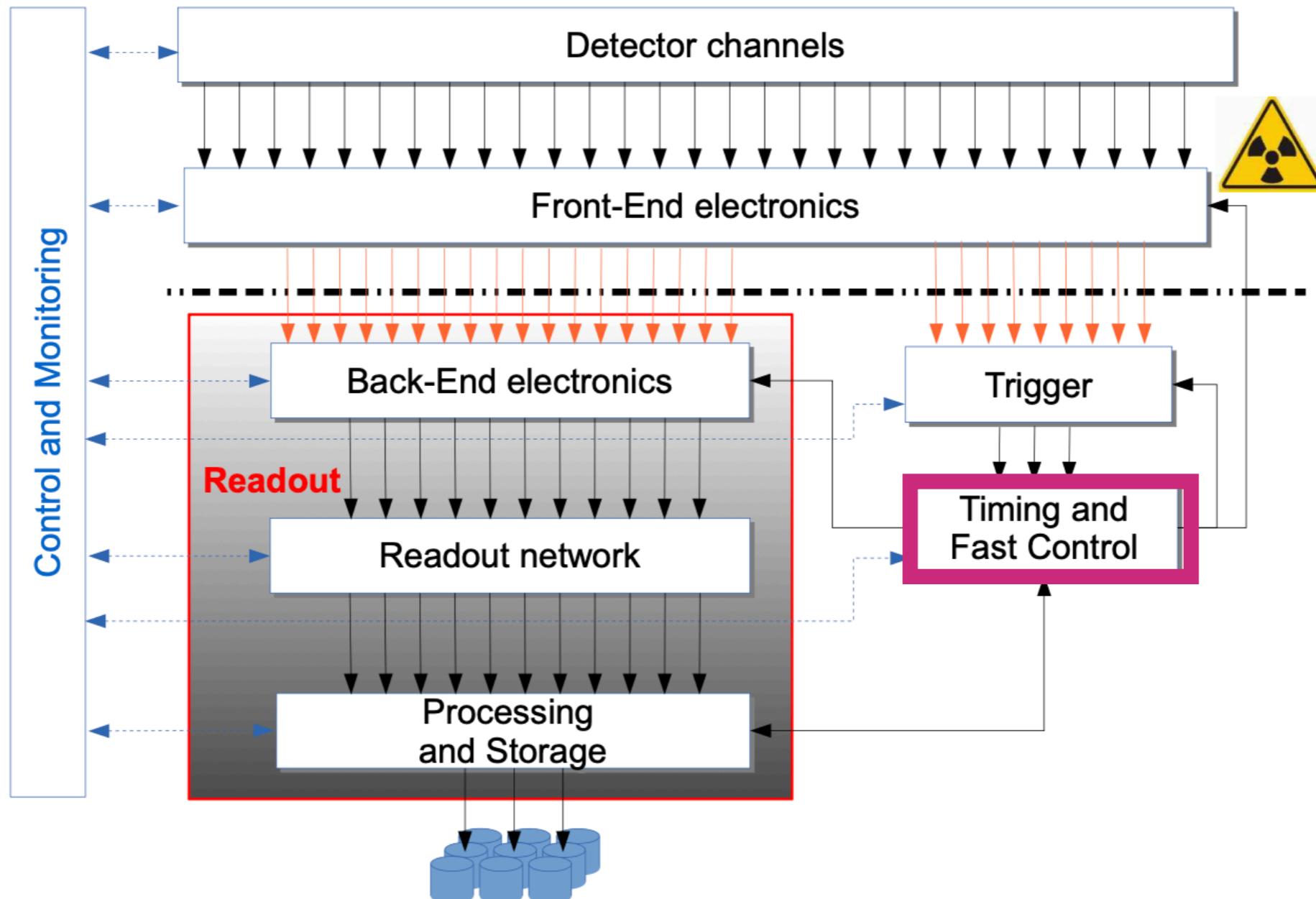
Et la reconstruction des traces?

- Jusqu'au présent, reconstruction des traces était typiquement exclu du premier trigger
- Mais avec l'empilement de HL-LHC, cette information devient vite très utile!
- Les difficultés:
 - Un throughput de ~ 40 Tbps est nécessaire pour consommer les 15k candidats de traces
 - Reconstruire les traces avec une latence de 4 μ s
 - Implementer dans les cartes du trigger de CMS
- Implementation FPGA:
 - Possible grace aux nouvelles générations de FPGA
 - Choix d'un algorithme qui map bien dans une approche pipeline
 - Codé en HDL



Apollo Rev-2, target board for the track finder FW, two VU13P FPGAs. Also used in inner tracker DTC and Lumi measuring

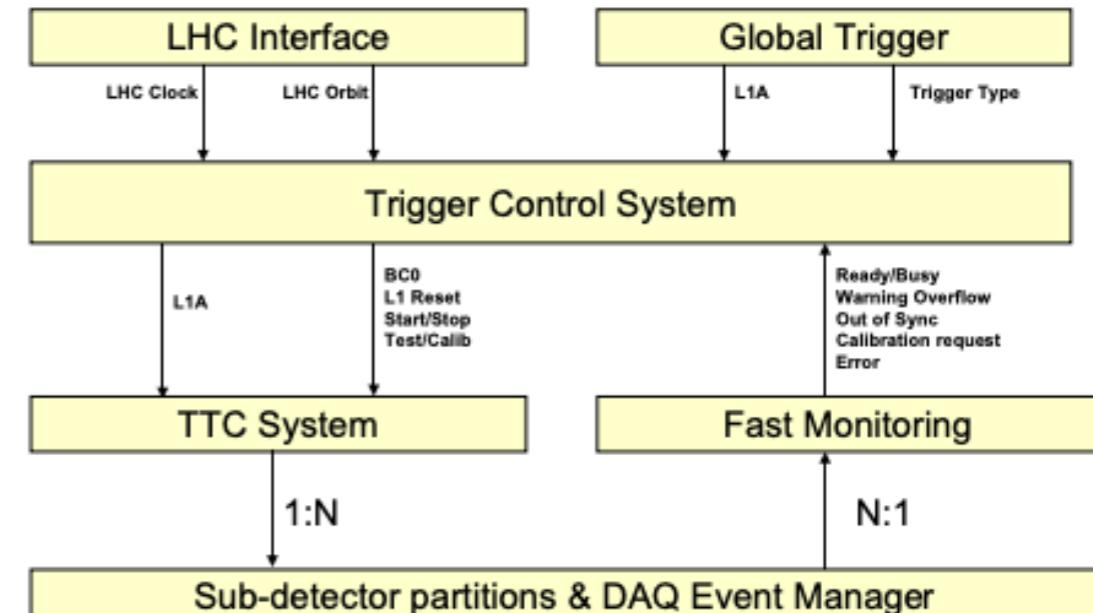
Distribution d'horologe



Distribution d'horloge

Pourquoi?

- Nous avons besoin de savoir quand il y avait un crossing des deux faisceaux (Bunch Crossing)
- A LHC, on a un horologe assez simple, c'est chaque 25 ns pour tout le monde...
- Distribution par des fibres optiques dans des systèmes dédiés pour chaque experience (TTC)
 - jitter O(10)ps

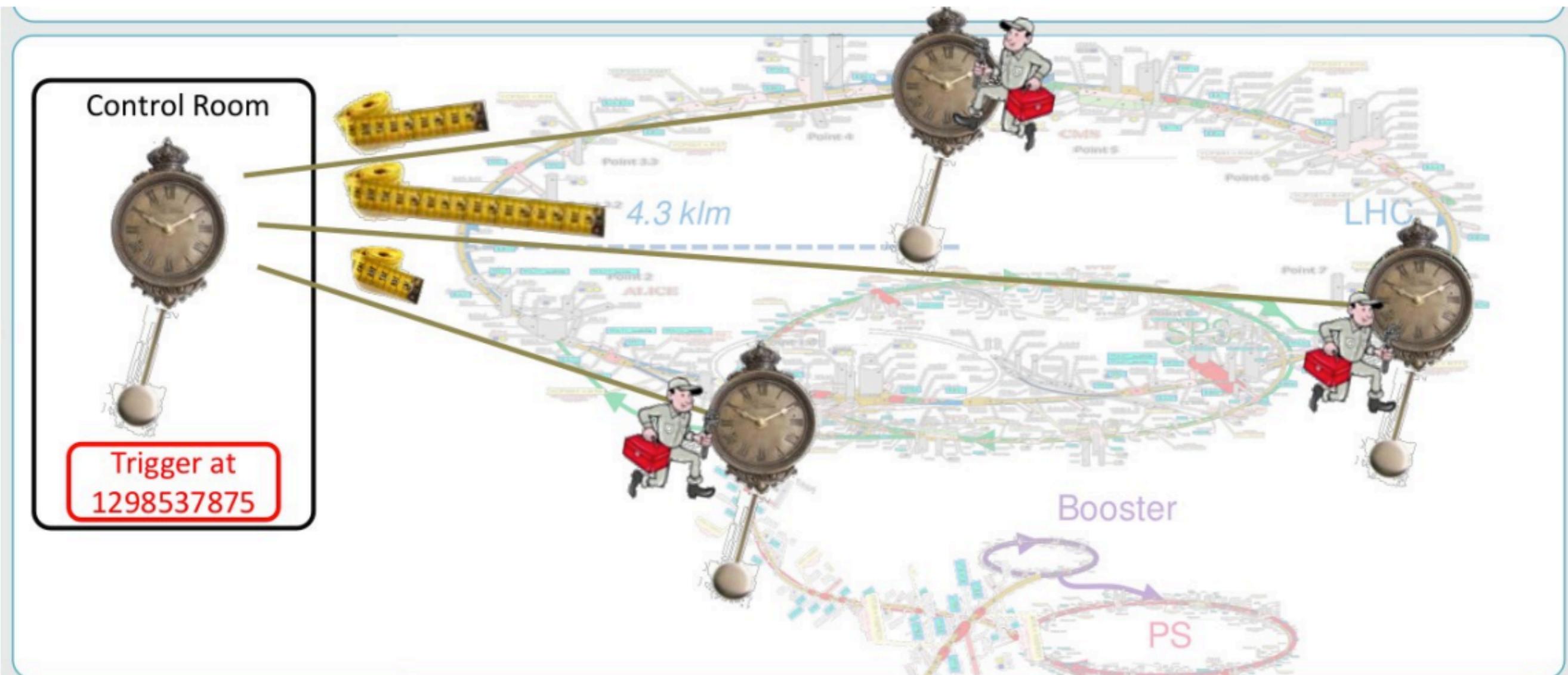


Mais l'horologe est-il bien distribué pour des O(M) voies ... Et les données arrivent-elles bien alignées?

- Plusieurs effets a prendre en compte
 - Temps de vol entre point d'interaction et voie
 - Delai de generation et extraction du signal per le FE
 - Delai a cause des cables
 - Delai pour decision du trigger hadrware
 -



Distribution d'horologe

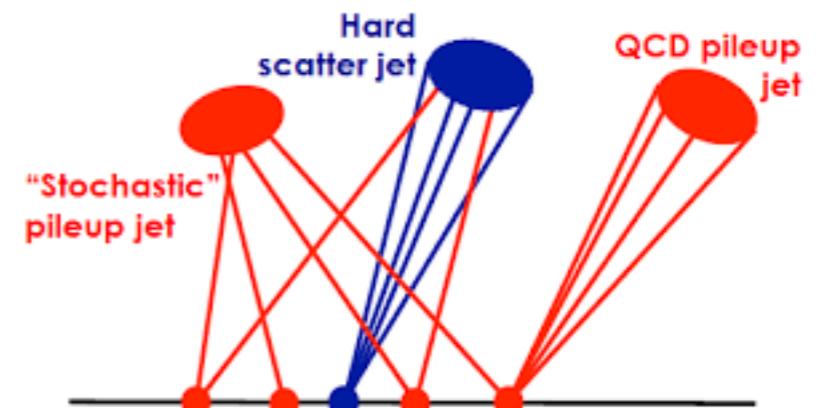
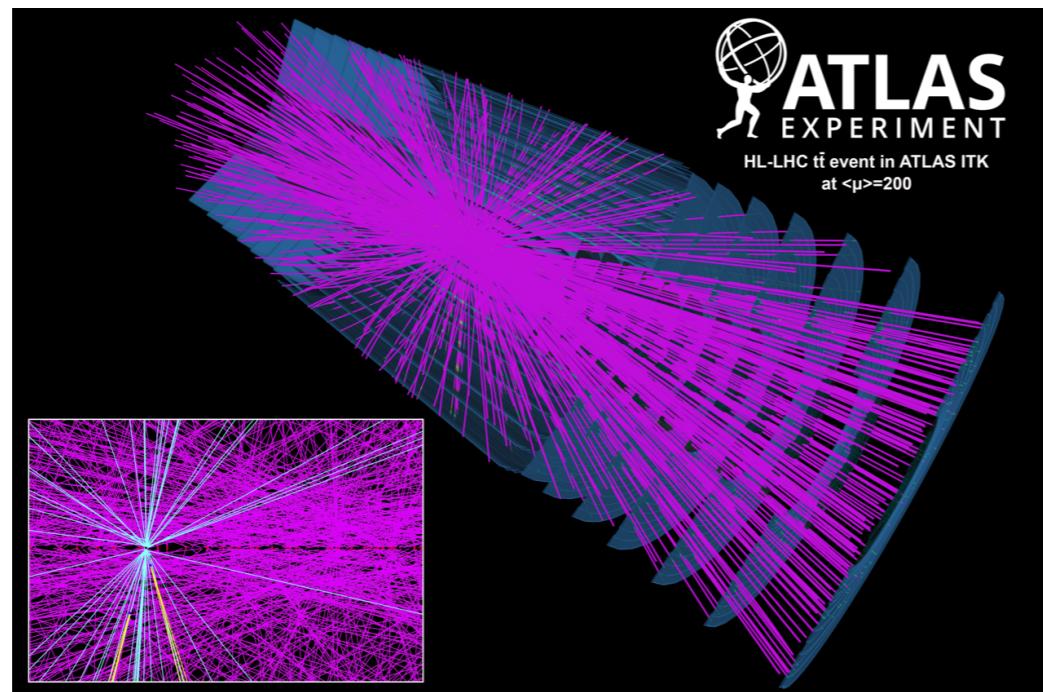


- Façons de s'assurer que tout va bien:
 - Systèmes de détection du throttling
 - Encodage du BCID dans les données
 - Calibrations et test triggers

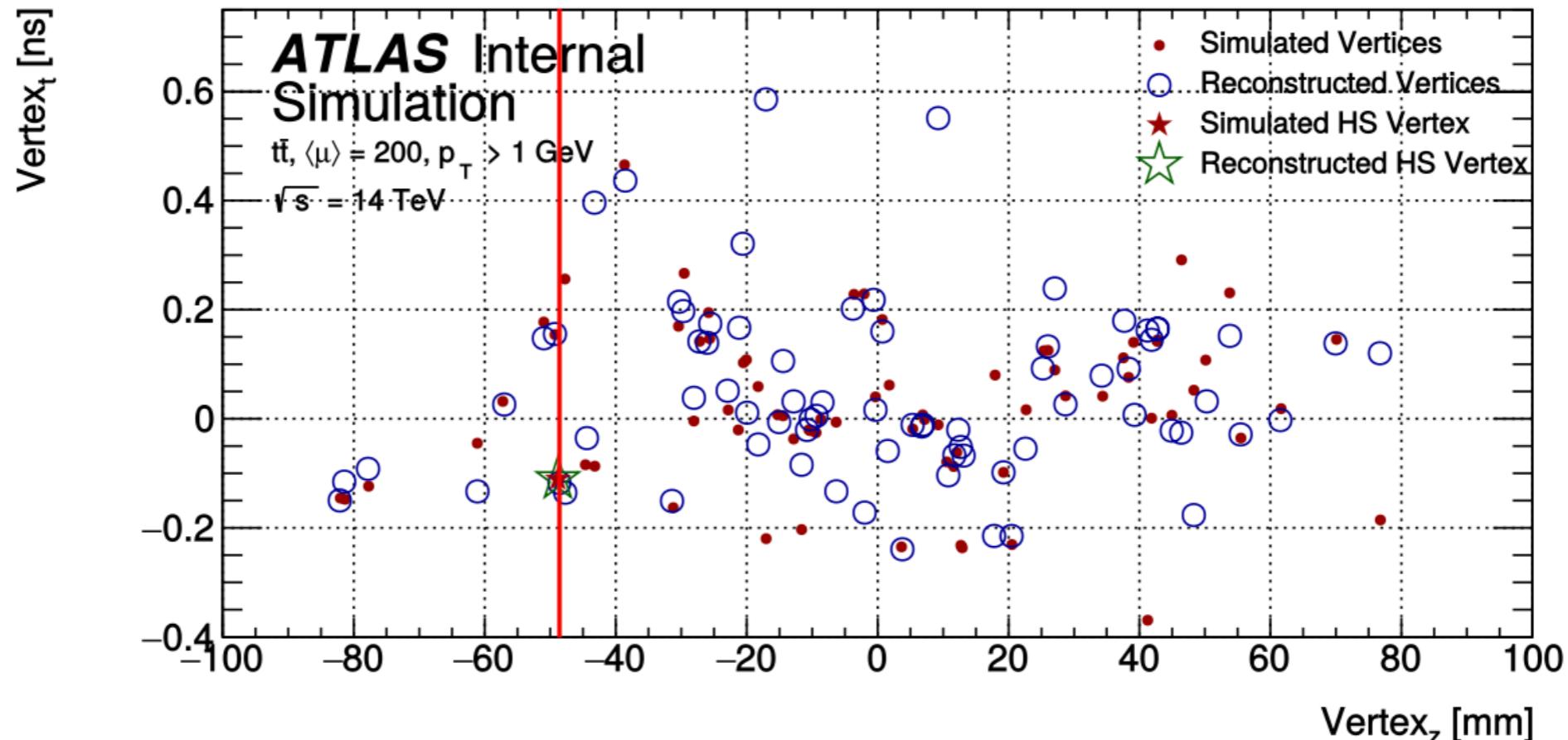
A la picosecond, pourquoi?

On veut augmenter la précision (statistique) dans nos mesures de physique

- On pouvait tourner les expériences plus longtemps... mais c'est long et ça coûte
- On peut augmenter la luminosité instantanée : plus de protons dans chaque bunch, plus grande probabilité de collision
- Mais ce n'est pas gratuit: à grande luminosité on augmente **l'empilement des données**
- À HL-LHC (2030+)
 - ATLAS & CMS vont de ~60 à ~200 collisions par BX
 - LHCb va de ~5 à 40



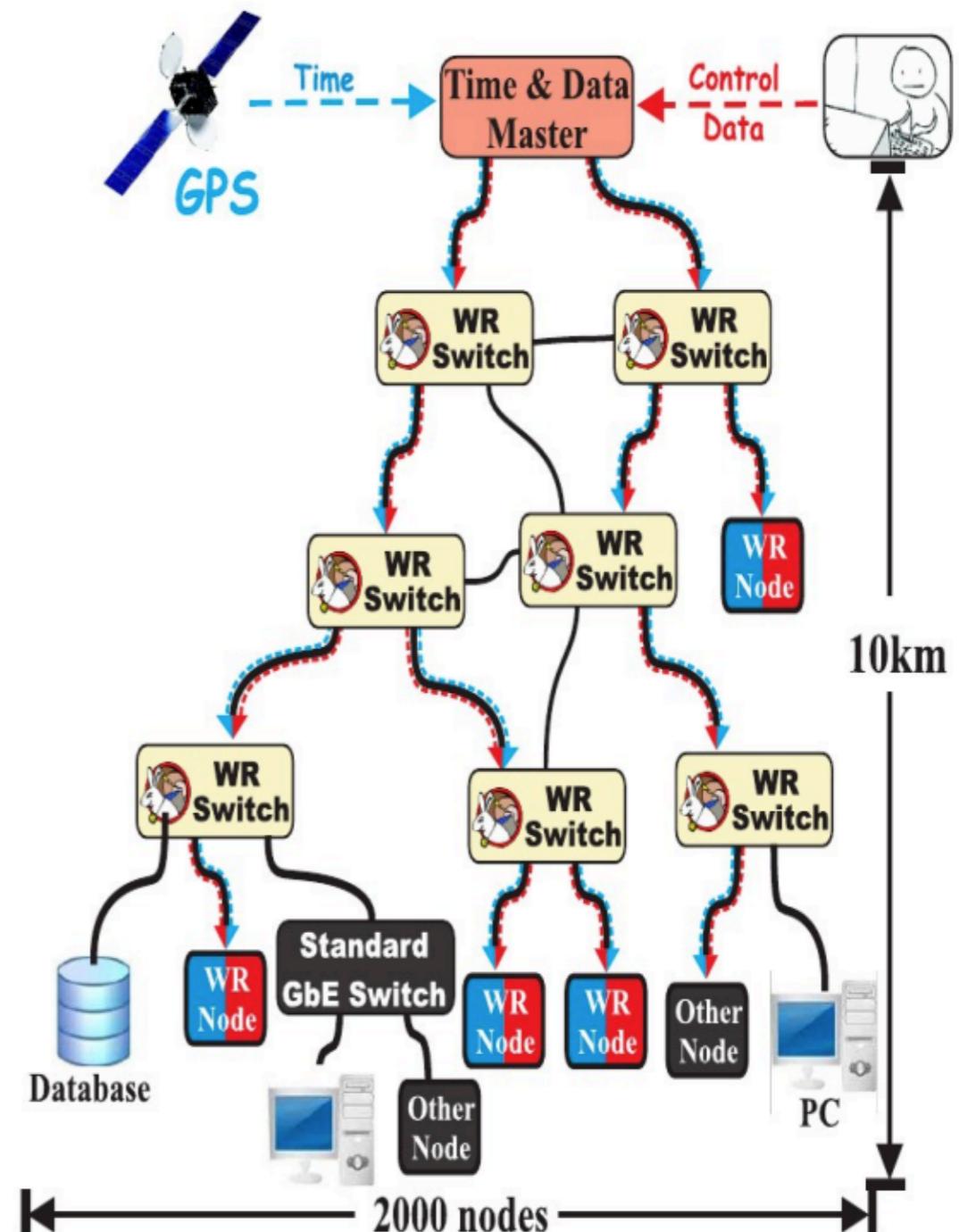
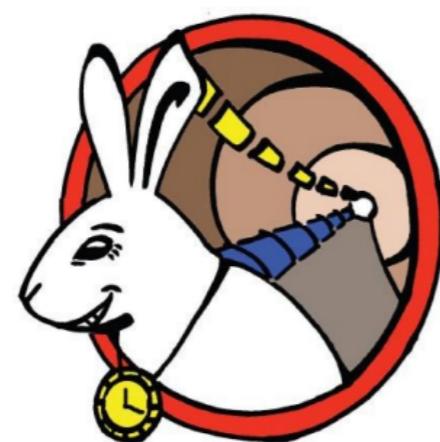
A la picosecond, pourquoi?



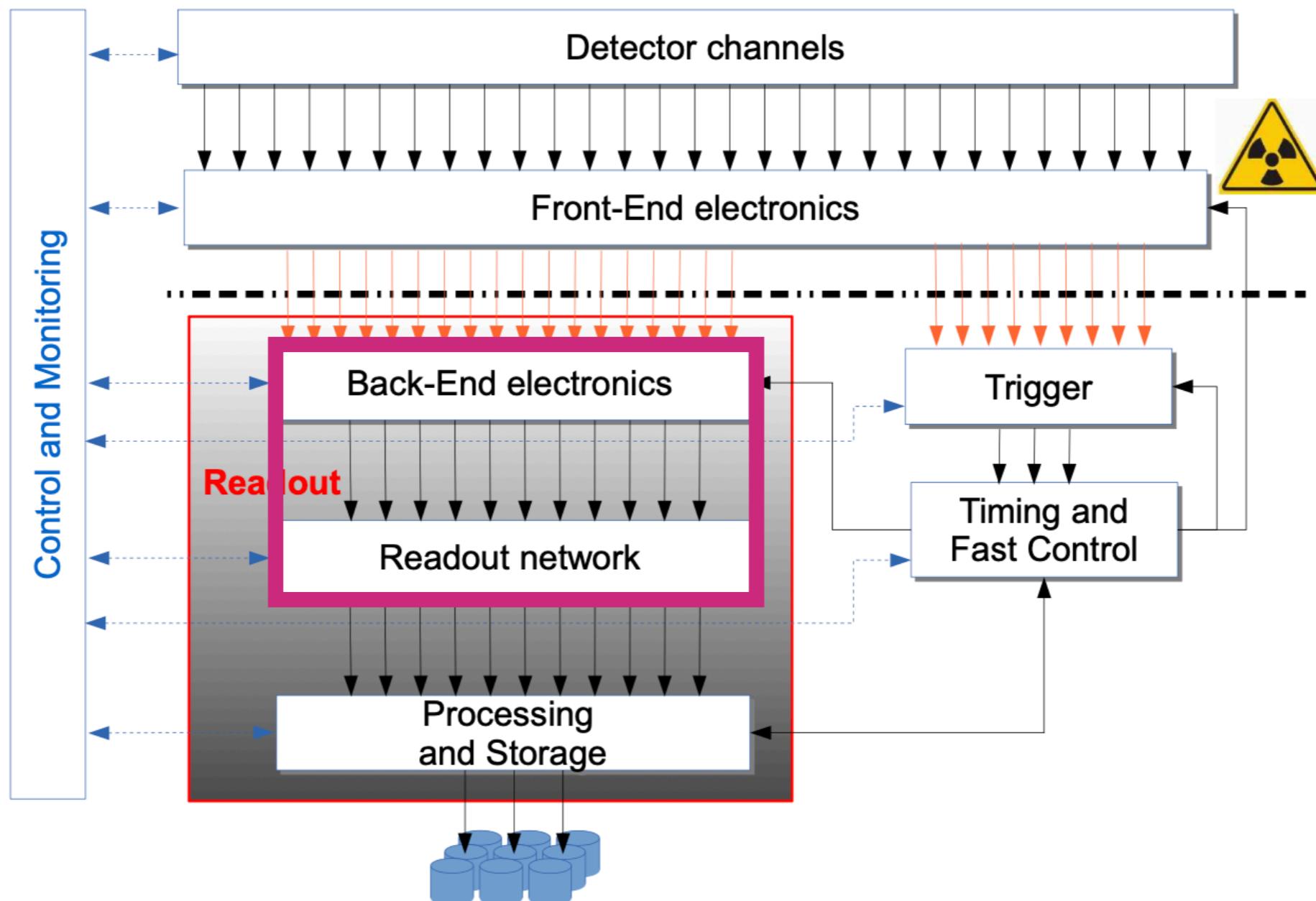
- Exploiter la dimension temporelle pour enlever l'empilement des données
- A LHC, la dispersion temporelle des collisions dans le même bunch-crossing ~ 200 ps \rightarrow **Besoin d'une mesure de temps avec une précision < 100 ps!**
- **Distribution d'horloge < 10 ps**

A la picosecond: White rabbit

- Protocol de distribution d'horloge pour les très grandes expériences: LHC, mais aussi expériences radioastronomie
- Extension d'ethernet :
 - En mode synchrone et avec une latence déterminée
- Peut arriver a une performance < 10 ps!

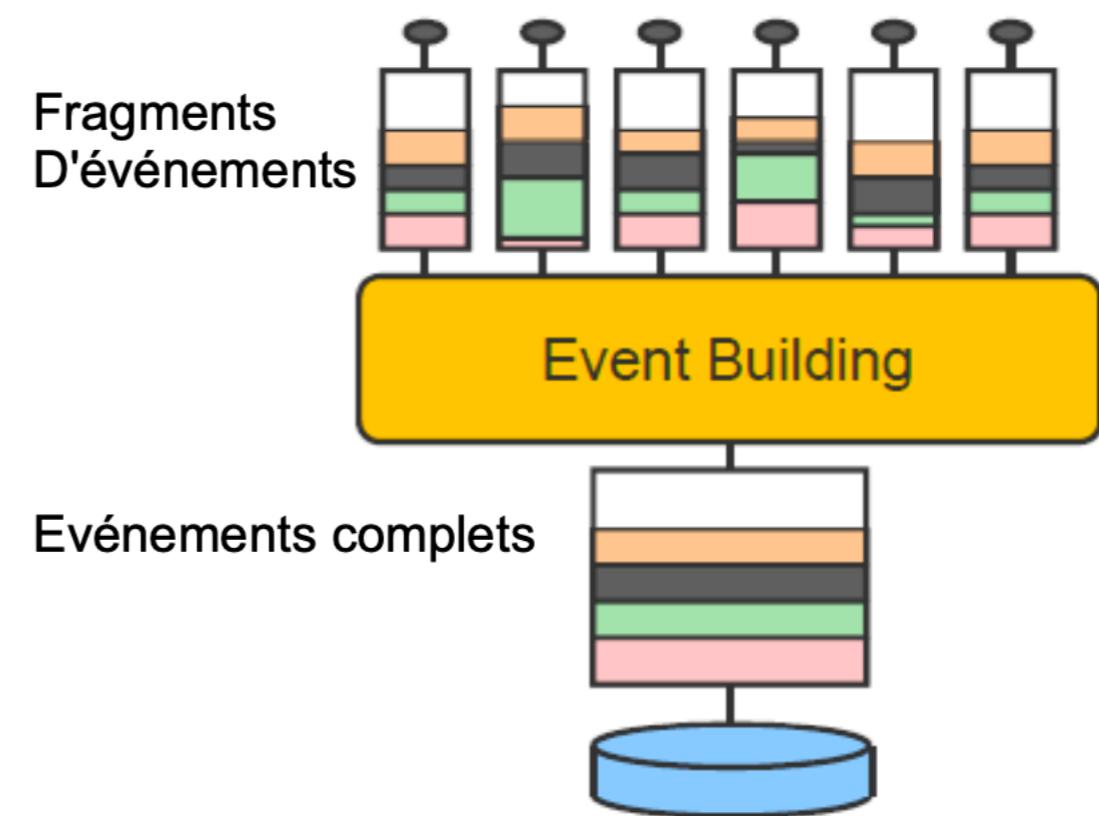


Back-end et read-out



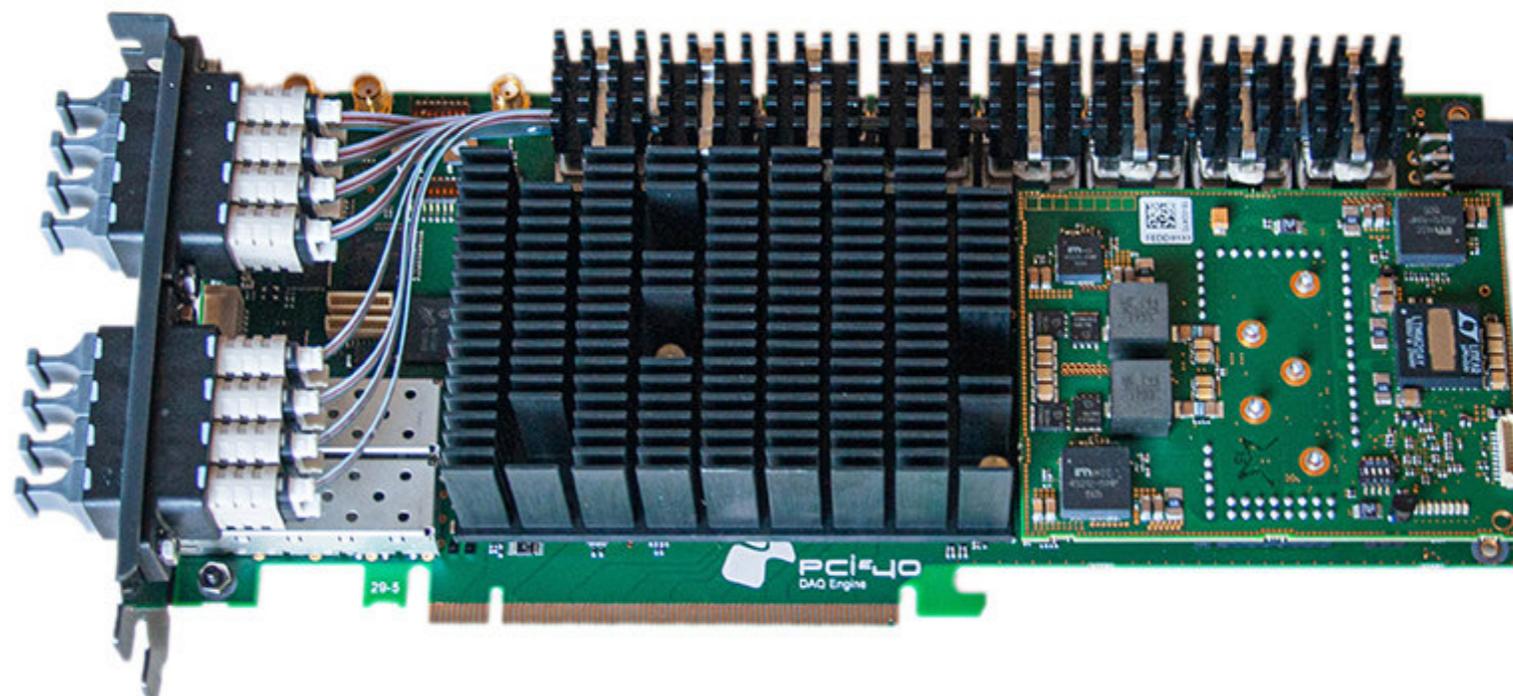
Construction des évènements

- Évènement dans le contexte collisionneur: toute l'information qui appartient à la même collision
- Chaque détecteur envoie un fragment de l'évènement
- Mais pour analyser les données dans la ferme, il faut mettre ensemble l'évènement : **Event Building (EB)**
 - 1. Les fragments des événements peuvent arriver de façon irrégulière, ils doivent être mis en temps à l'arrivée - **cartes back-end génériques**
 - 2. Les données synchronisées par chaque carte doivent être mise ensemble - **réseau**



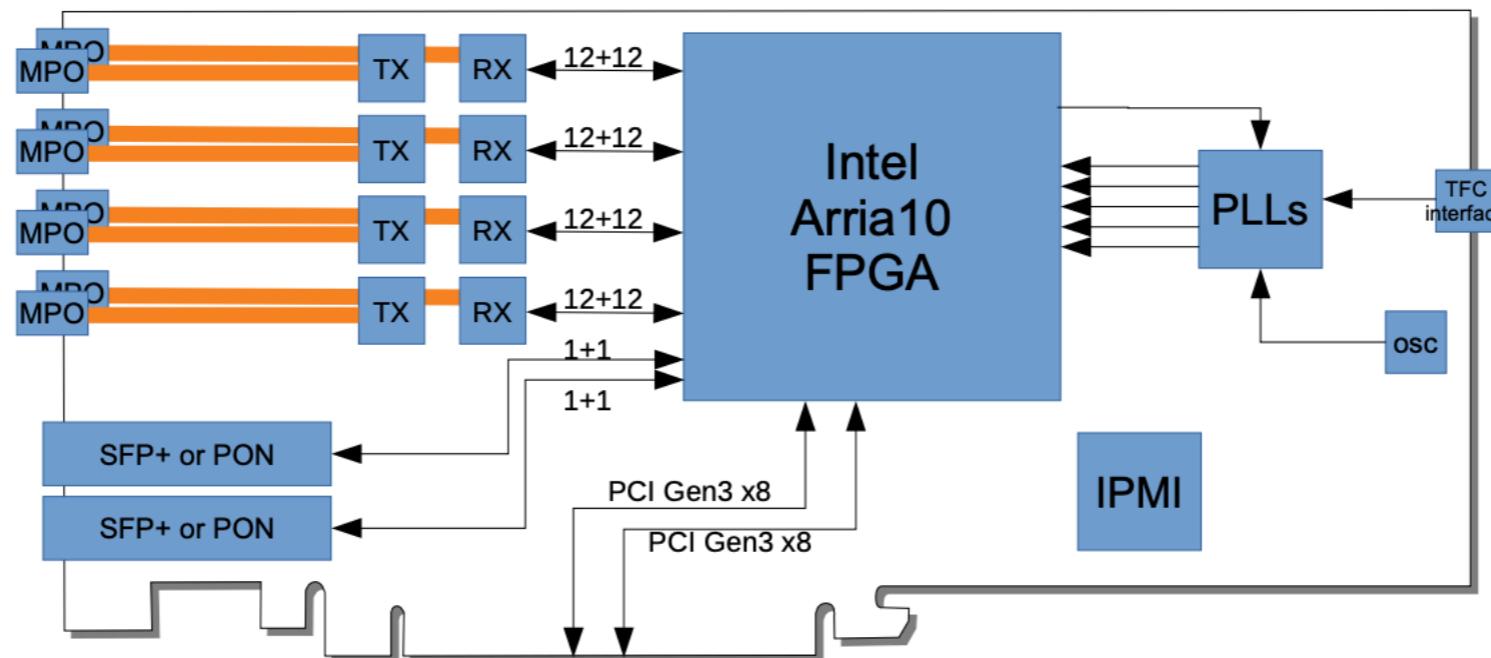
Cartes de read-out generiques

- Role: connecter les détecteurs au réseau central d'acquisition
 - Chemin d'acquisition, mais aussi trigger, control et horologe!
- Doivent:
 - Etre flexibles: plusieurs types des formats des données parmi le détecteurs
 - Avoir une puissance des calculs élevée
 - Avoir une haute bande passante pour l'entrée et sortie des données!



Un exemple: la carte PCIe40

- Une carte générique pour l'acquisition des données a LHCb, Belle II et ALICE
- Specs:
 - 1 FPGA de grande taille (1.15 M. Cells)
 - 48 liens bidirectionnels @ 10 Gbps chacun
 - 2 liens bidirectionnels @ 10 Gbps pour la distribution d'horloge
 - 112 Gbps interface avec CPU via PCIe
 - Pas de memoire dédiée - utilisation de la memoire de hôte CPU



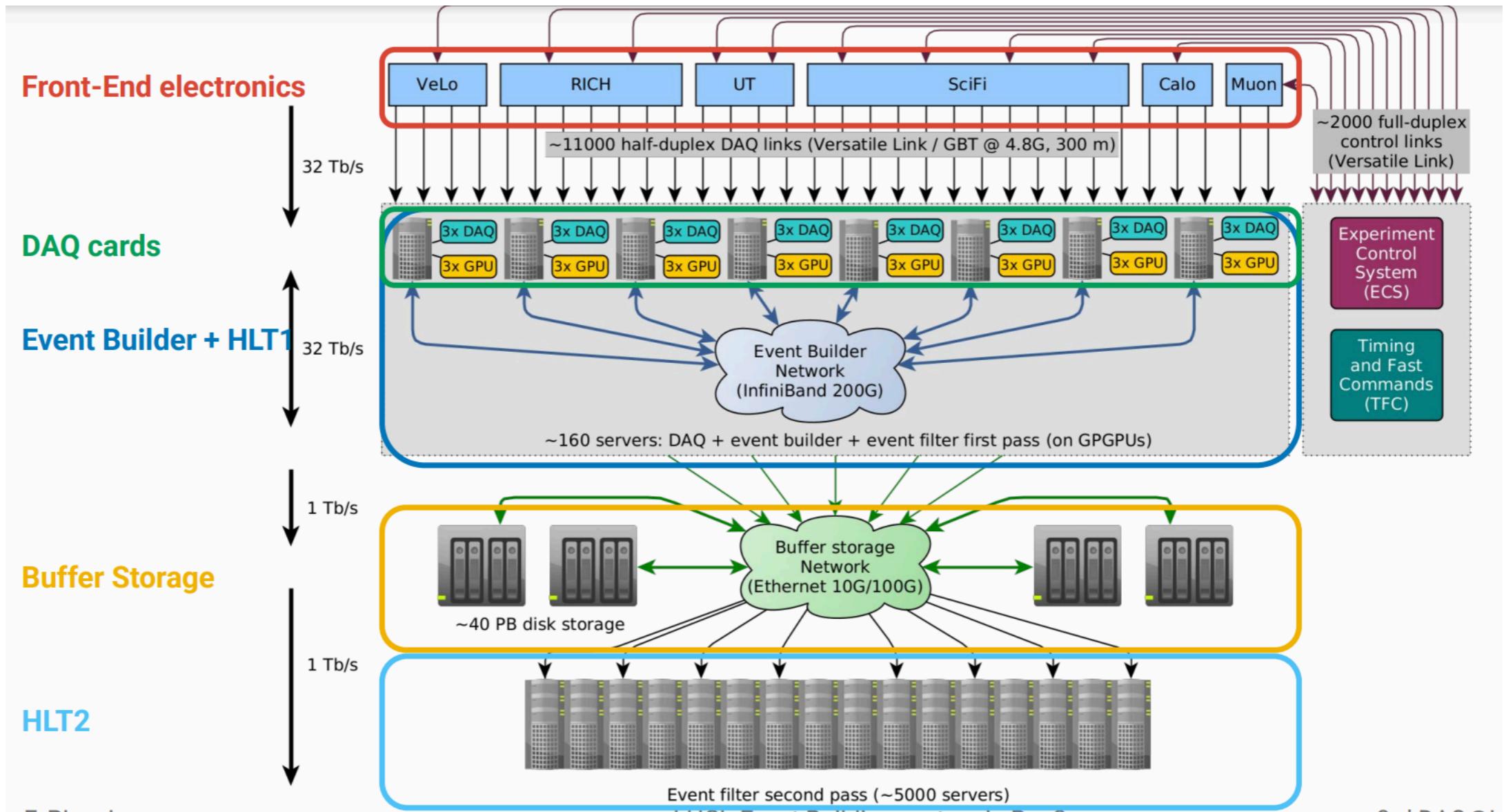
L'importance du format des données

- Données doivent être encodées dans l'output du FE, et décodées dans l'input du back-end/carte générique
- Complexité du format des données très importante pour les resources disponibles

	Sub-detector	Data format	Links connected to TELL40
Formats fixes	CALO	FF	24 (output bandwidth limitation)
	MUON	FF	30 (due to dectector geometry)
Formats variables	SCIFI	FF	40 (fpga resource limitation)
	RICH	FF	48 (hardware limitation)
	SCIFI	FV	16 (fpga resource limitation)
	UT	FV	6, 8, 10, 12 (fpga resource limitation)
	VELO	FF with subframes and no BXID sequence + clustering	20 (fpga resource limitation)

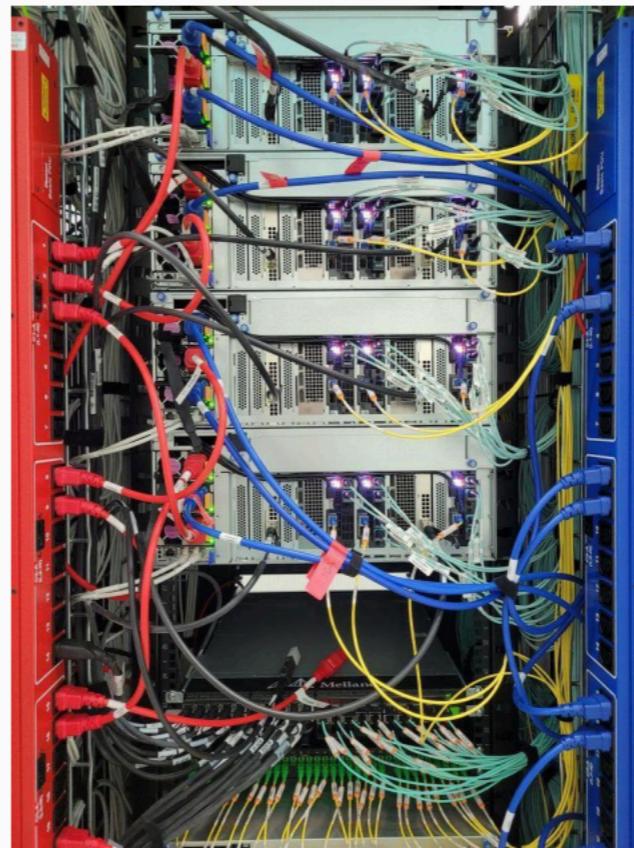
Il faut pas oublier a prendre en compte les operations d'encodage/decodage dans les calculs des resources!

Réseau EB

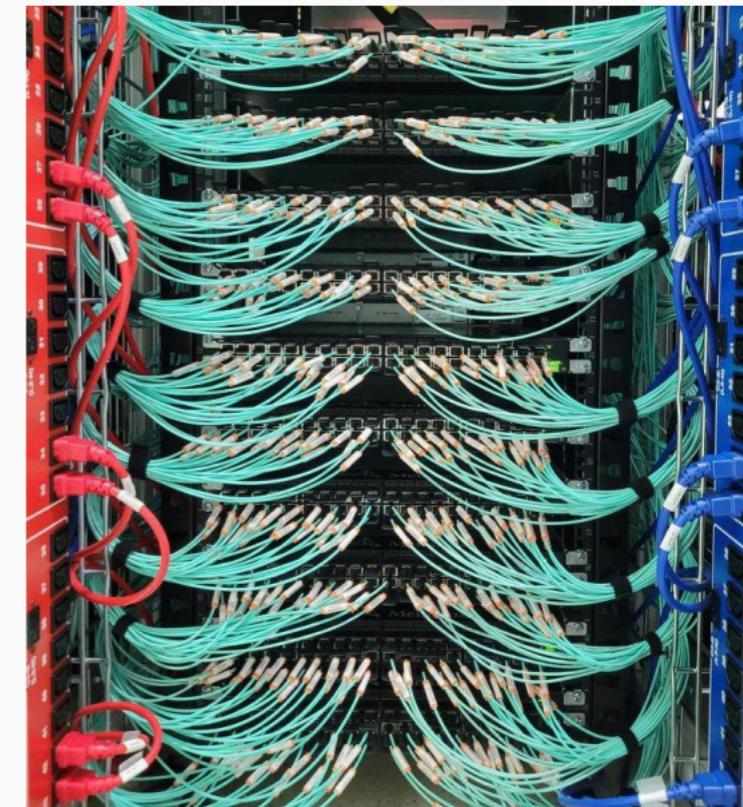


Réseau EB de LHCb

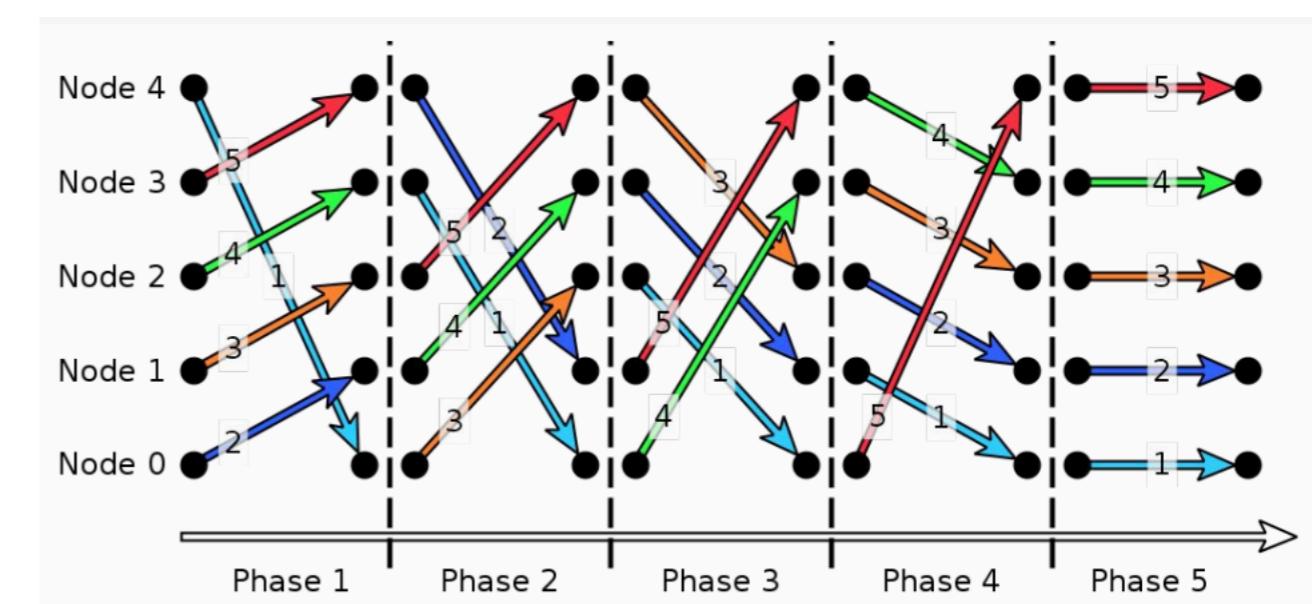
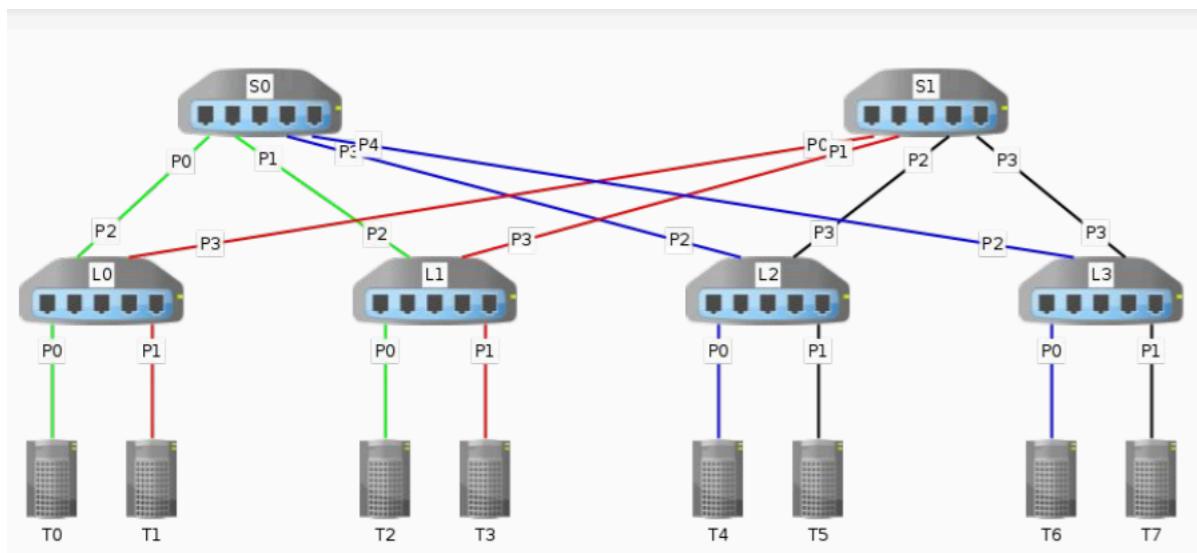
- Un exemple: L'EB de LHCb Run 3:
 - Infiniband 20G
 - 163 serveurs chacun avec 8 x16 PCIe Gen slots
 - Division de tâches: ReadOut et Build
 - **Fat-tree network:** Dans chaque cycle, chaque tâche ReadOut envoie des données, et chaque tâche Build reçoit des données
 - Assure une bonne gestion du trafic



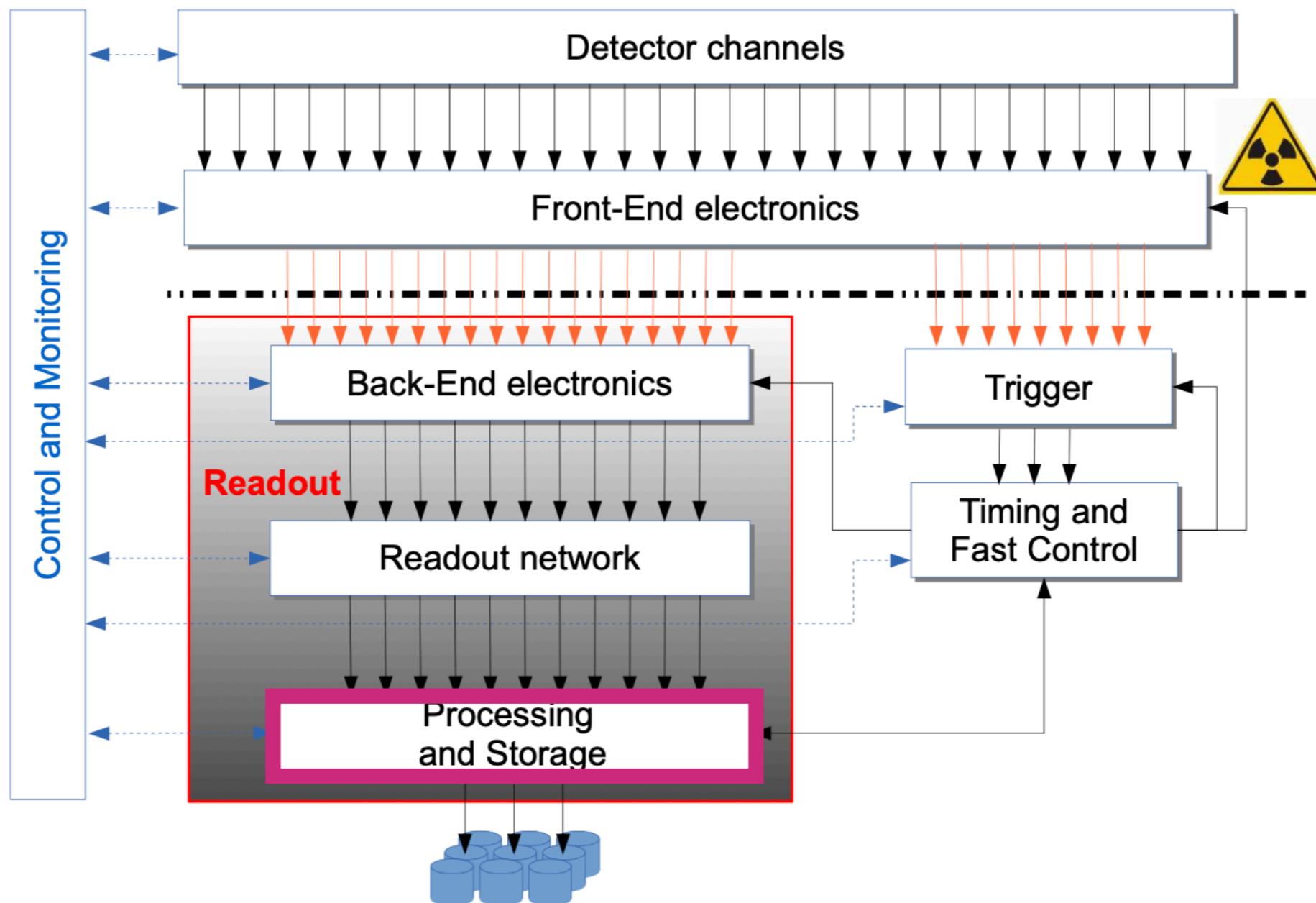
EB rack



IB spine switches



Ferme des calculs



Software trigger (HLT)

- Encore un trigger! Mais pourquoi?
 - Après le premier stage de hardware, nous avons environ 100 kHz (ATLAS/CMS), avec 2 MB/événement
 - Toujours trop des données! On vise plutôt à 1 kHz
- Stratégie de réduction:
 - Sélection des événements intéressants, utilisant l'information complète de l'événement
 - Traces, jets, construction des vertex etc - High Level Trigger
 - Loin du détecteur: possible de mettre en place une ferme de calculs!
 - Utilisation de processeurs du marché (moins cher, facilité d'utilisation): CPUs (+? à vendredi)
 - Souvent plusieurs étapes à cause de complexité



Ordres de grandeur avant Run 3

	ALICE	ATLAS	CMS	LHCb
# cores (+ hyperthreading)	2700	17000	13200	15500
# servers (mainboards)		~ 2000	~ 1300	1574
total available cooling power	~ 500	~ 820	800	525
total available rack-space (Us)	~ 2000	2400	~ 3600	2200
CPU type(s)	AMD Opteron, Intel 54xx, Intel 56xx	Intel 54xx, Intel 56xx	Intel 54xx, Intel 56xx Intel E5-2670	Intel 5450, Intel 5650, AMD 6220

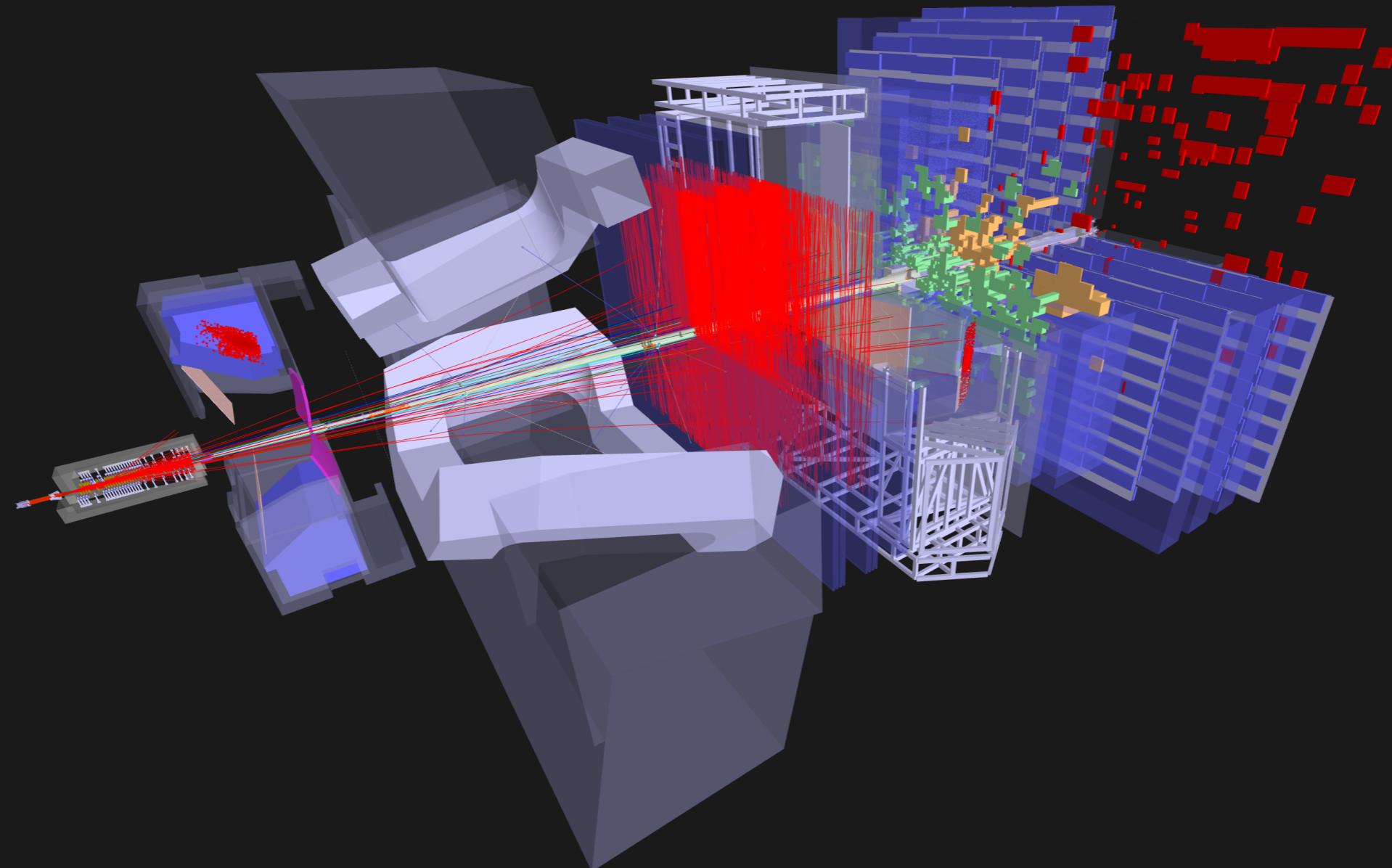
Source Niko Neufeld, CERN (Données Run 1)

Ce n'est pas la fin de l'histoire, nous reparlerons à vendredi!

Localité et son importance



LHCb Experiment at CERN
Run / Event: 255623 / 300064
Data recorded: 2022-11-25 09:40:16 GMT

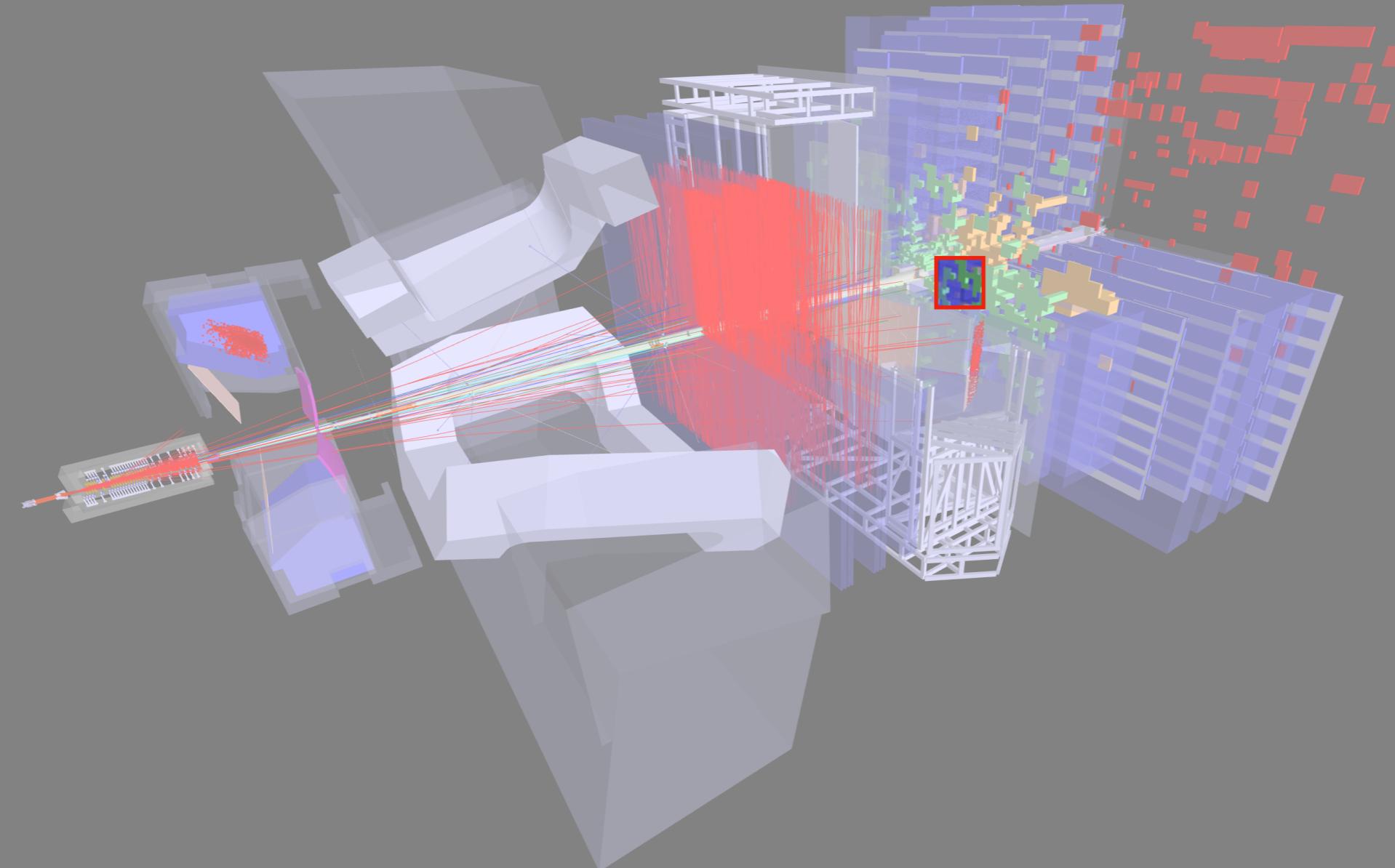


Un événement a LHCb

Localité et son importance



LHCb Experiment at CERN
Run / Event: 255623 / 300064
Data recorded: 2022-11-25 09:40:16 GMT

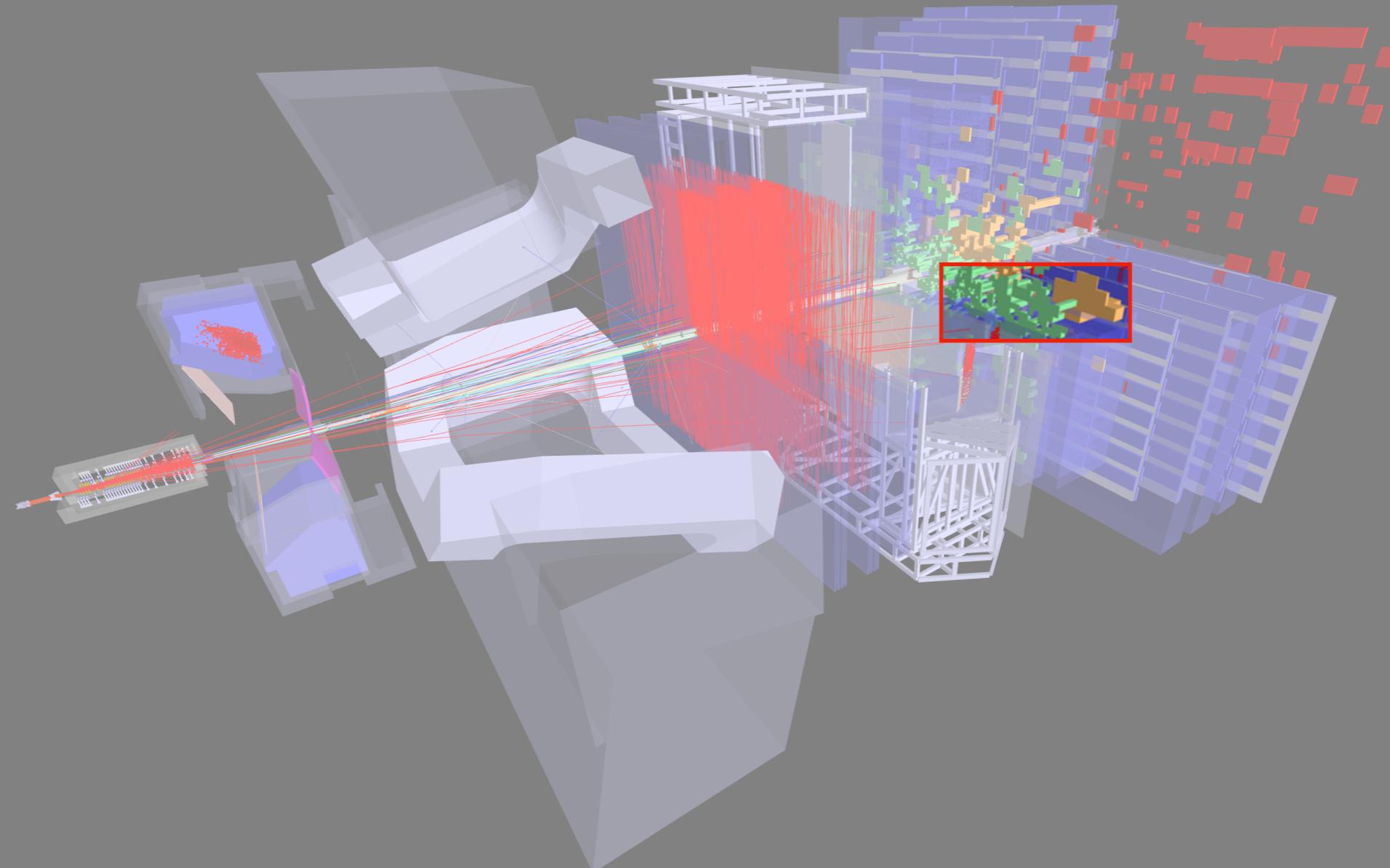


Ce qui voit une carte FE du Calo

Localité et son importance



LHCb Experiment at CERN
Run / Event: 255623 / 300064
Data recorded: 2022-11-25 09:40:16 GMT

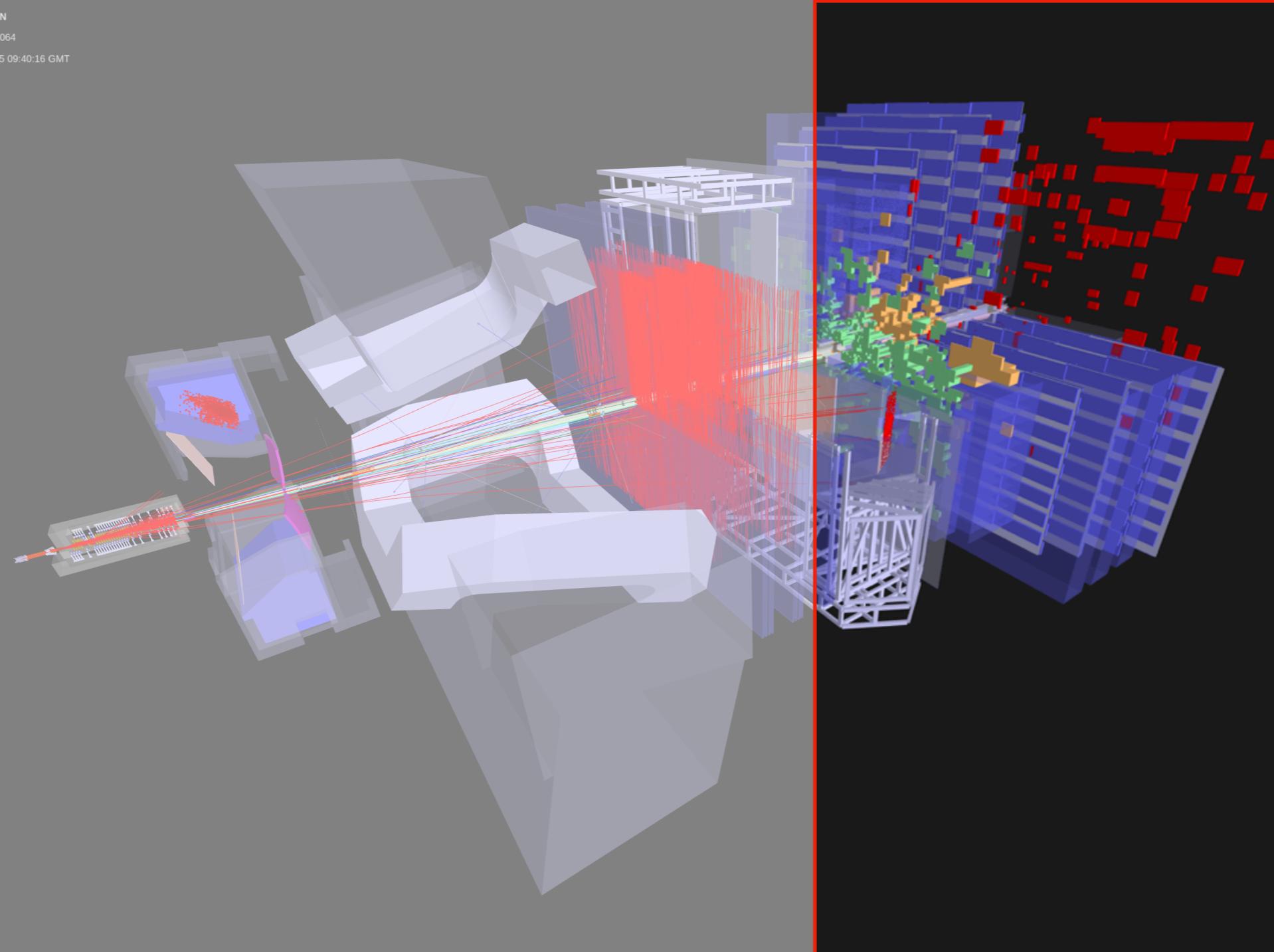


Ce qui voit une carte BE du Calo

Localité et son importance



LHCb Experiment at CERN
Run / Event: 255623 / 300064
Data recorded: 2022-11-25 09:40:16 GMT

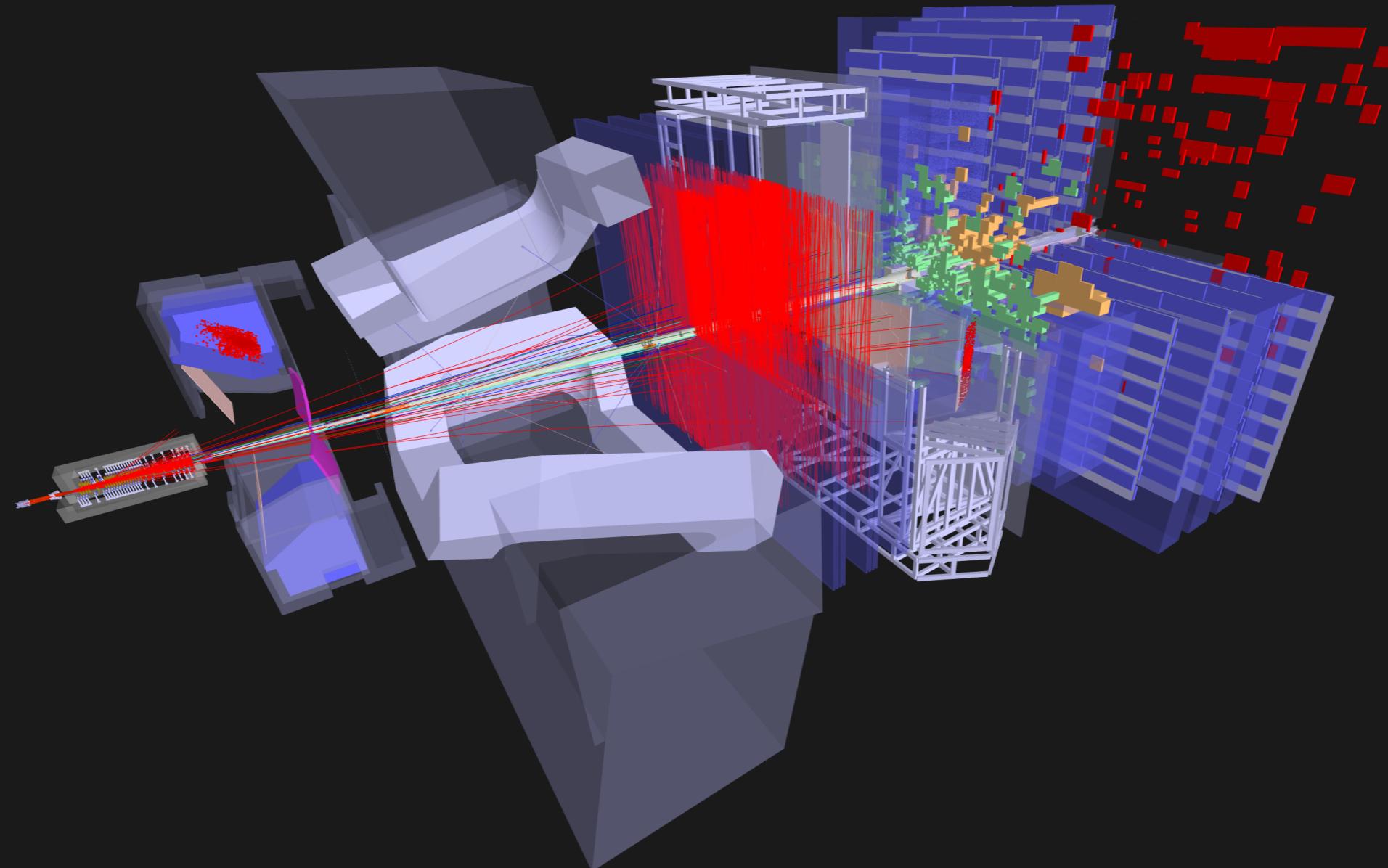


Ce qui voit un trigger Hardware

Localité et son importance



LHCb Experiment at CERN
Run / Event: 255623 / 300064
Data recorded: 2022-11-25 09:40:16 GMT



Ce qui voit un trigger software

Le choix et design des algorithmes depend de l'information disponible dans chaque étape!

Le cout du trigger

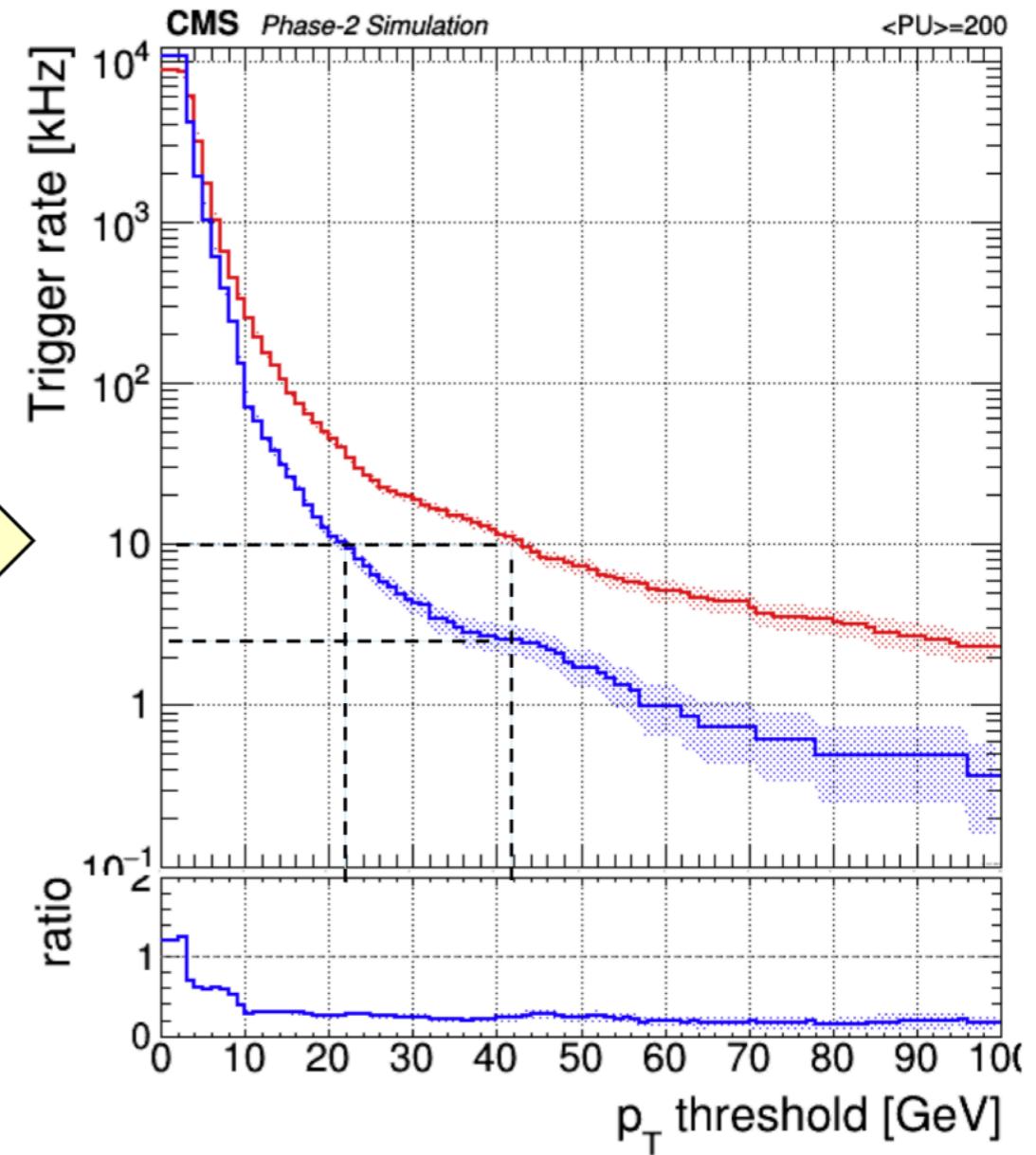
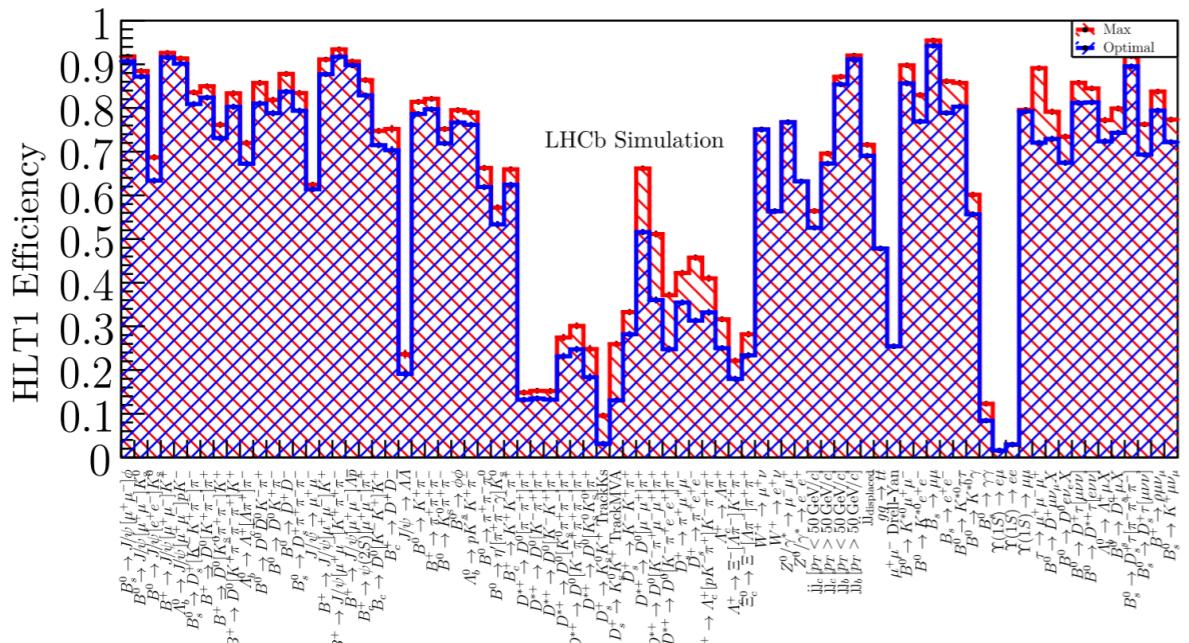
Comment choisir le point d'opération?

C'est une question d'optimisation du cout: voir rate comme \$\$ (supposant une bonne efficacité)

Trouver des variables qui peuvent bien contrôler la rate (ex. pT, ET).. et ajuster!

Des outils automatiques pour une repartition “égalitaire” de bande passante entre cas de physique

Et des ajustements en temps réel selon les conditions



Les menus

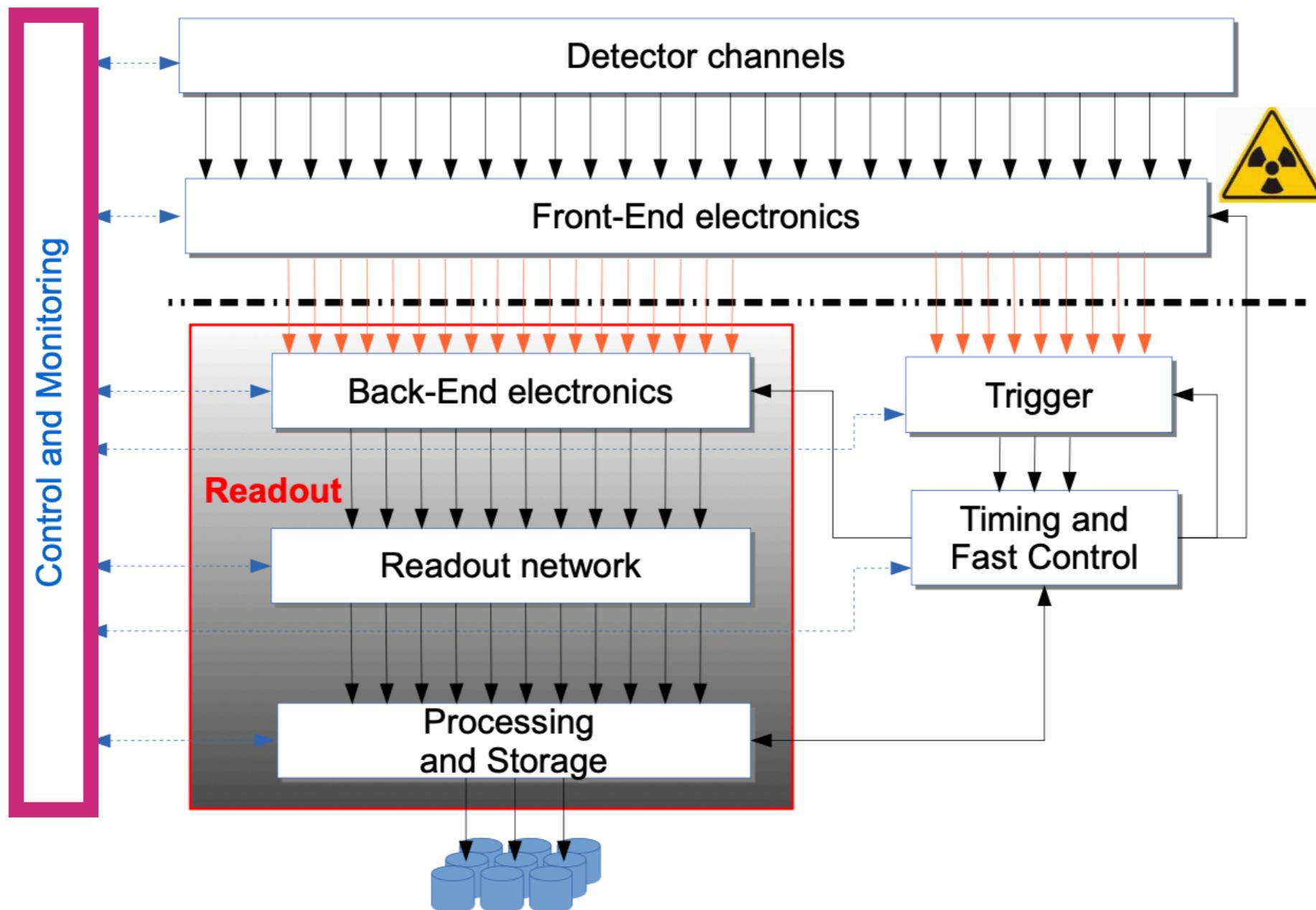
La liste des criteria de selection (OR logique)



1	stream	dataset	path	group
2				
490	PhysicsMuons	MuOnia	HLT_Mu7p5_Track7_Upsilon_v10	BPH
491	PhysicsMuons	MuOnia	HLT_Trimuon5_3p5_2_Upsilon_Muon_v4	BPH
492	PhysicsMuons	MuOnia	HLT_TrimuonOpen_5_3p5_2_Upsilon_Muon_v2	BPH
493	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_DiMu9_Ele9_CaloIdL_TrackIdL_DZ_v15	SUS,HIG,SMP,EXO
494	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_DiMu9_Ele9_CaloIdL_TrackIdL_v15	SUS,HIG,SMP
495	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_DoubleMu20_7_Mass0to30_L1_DM4EG_v6	SMP,BPH
496	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_DoubleMu20_7_Mass0to30_L1_DM4_v6	SMP,BPH
497	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_DoubleMu20_7_Mass0to30_Photon23_v6	SMP,BPH
498	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu12_DoublePhoton20_v3	SMP
499	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu12_TrkIsoVVL_Ele23_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_DZ_v13	TOP,SUS,SMP,EXO
500	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu12_TrkIsoVVL_Ele23_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_v5	TOP,SUS,SMP,EXO
501	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu17_Photon30_IsoCaloId_v4	SUS
502	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu23_TrkIsoVVL_Ele12_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_DZ_v13	TOP,SUS,SMP,B2G,EXO
503	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu23_TrkIsoVVL_Ele12_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_v5	TOP,SUS,SMP,B2G,EXO
504	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu27_Ele37_CaloIdL_MW_v3	B2G
505	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu37_Ele27_CaloIdL_MW_v3	B2G
506	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu43NoFiltersNoVtx_Photon43_CaloIdL_v4	EXO
507	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu48NoFiltersNoVtx_Photon48_CaloIdL_v4	EXO
508	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_DiEle12_CaloIdL_TrackIdL_DZ_v16	HIG,SUS,SMP,EXO
509	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_DiEle12_CaloIdL_TrackIdL_v16	HIG,SUS,SMP
510	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_Ele8_CaloIdM_TrackIdM_Mass8_PFHT350_DZ_v17	SUS
511	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_Ele8_CaloIdM_TrackIdM_Mass8_PFHT350_v17	SUS
512	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_TrkIsoVVL_Ele23_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_DZ_v11	HIG,SUS,SMP,B2G,TOP,EXO
513	PhysicsMuons	MuonEG	HLT_Mu8_TrkIsoVVL_Ele23_CaloIdL_TrackIdL_IsoVL_v9	HIG,SUS,SMP,B2G,TOP,EXO
514	PhysicsMuons	SingleMuon	HLT_IsoMu20_eta2p1_LooseChargedIsoPFTau27_eta2p1_CrossL1_v10	TAU,HIG,SUS
515	PhysicsMuons	SingleMuon	HLT_IsoMu20_eta2p1_LooseChargedIsoPFTau27_eta2p1_TightID_CrossL1_v10	TAU,HIG,SUS
516	PhysicsMuons	SingleMuon	HLT_IsoMu20_eta2p1_MediumChargedIsoPFTau27_eta2p1_CrossL1_v10	TAU,HIG,SUS
517	PhysicsMuons	SingleMuon	HLT_IsoMu20_eta2p1_MediumChargedIsoPFTau27_eta2p1_TightID_CrossL1_v10	TAU,HIG,SUS

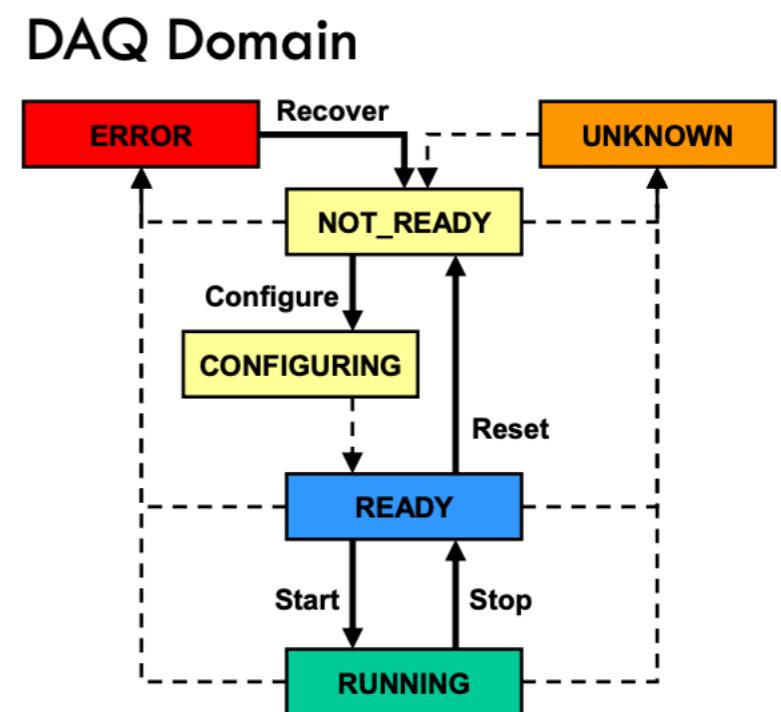
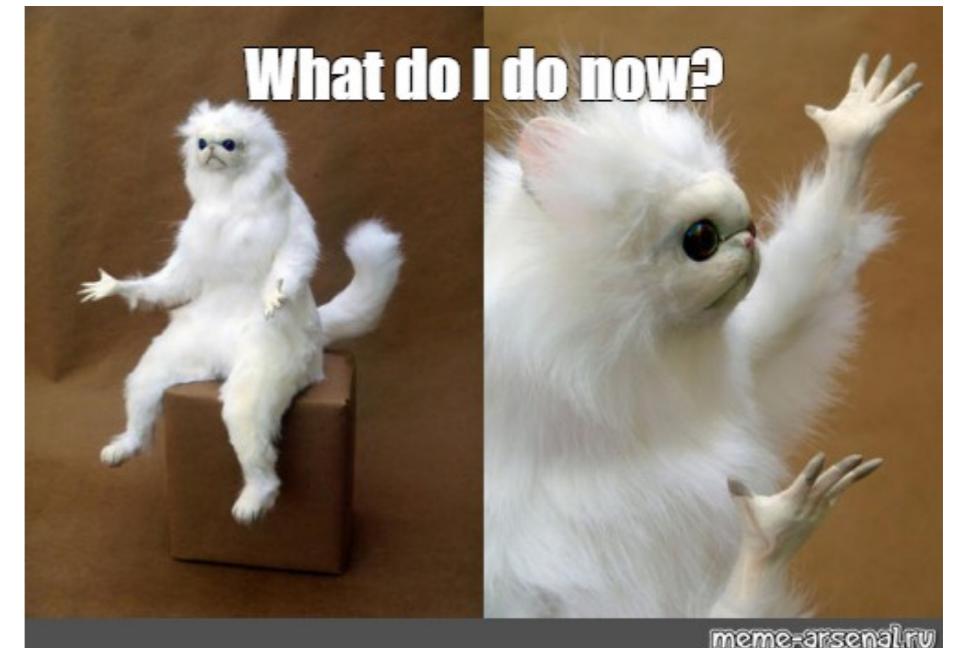
Typiquement, O(1000) selections différentes pour couvrir toutes les cas de physique

Contrôle et monitoring

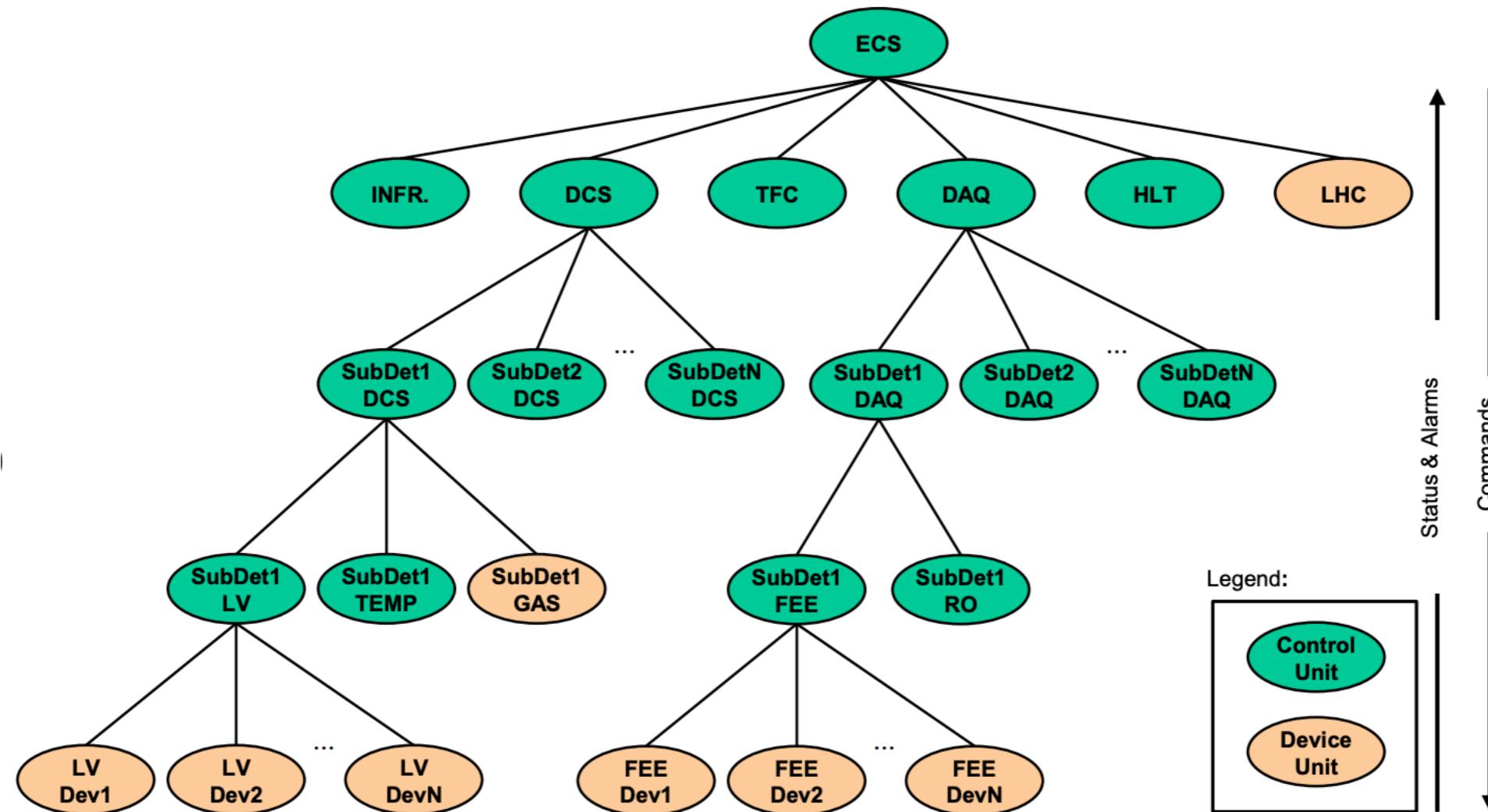


Experiment Control System (ECS)

- Assure la supervision global de l'expérience
- Pilotage de l'acquisition des données, de l'EB et le trigger
 - Chargement des paramètres de la prise des données, démarrage, arrêt changement de RUN
 - Détection des erreurs
 - Pilotage des sous-systèmes (slow control, HV, température, gaz) et infrastructure (refroidissement ventilation etc)
 - Monitoring
 - Interface avec accélérateur, autres expériences etc

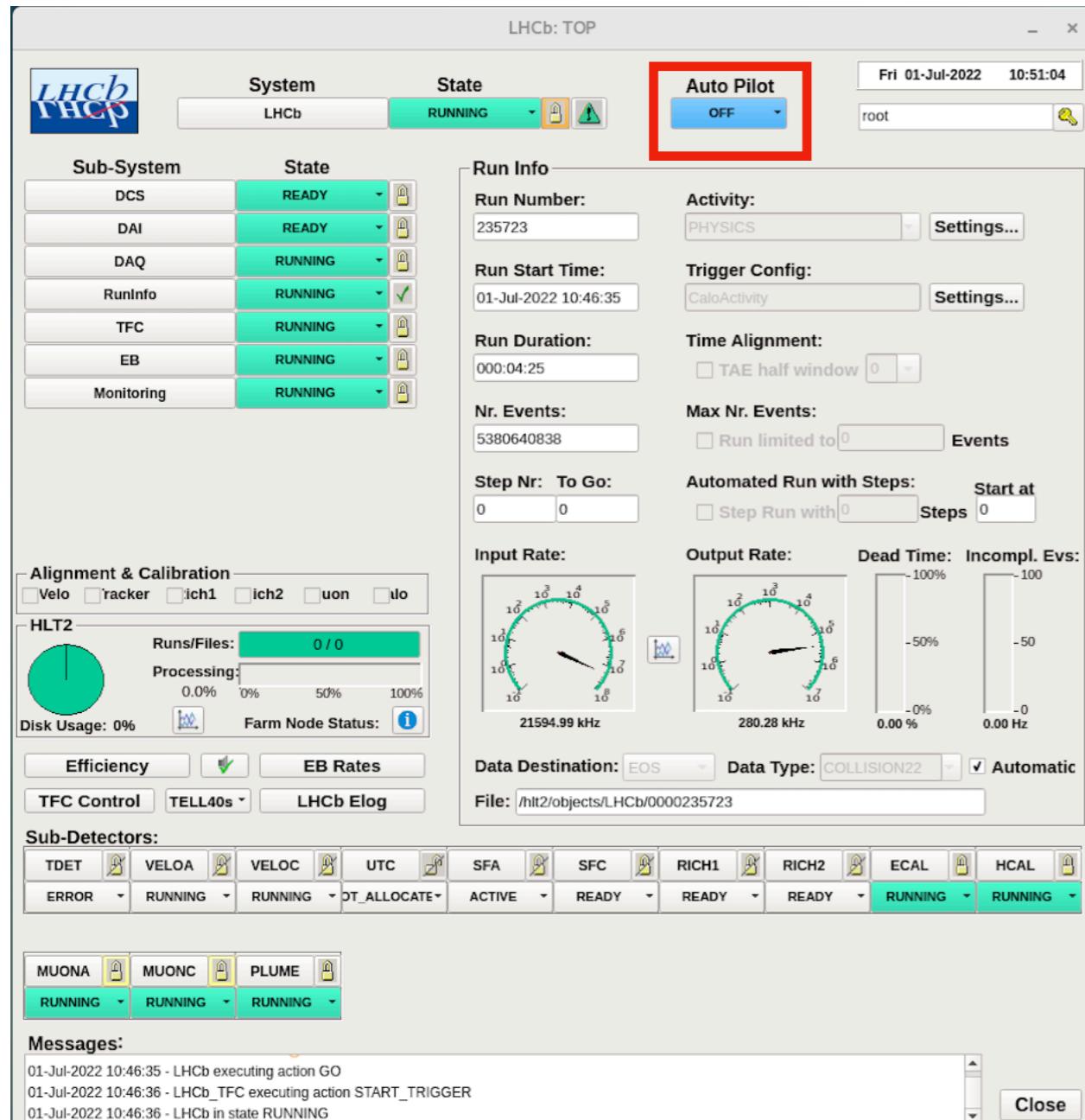


Pilotage des sous-systèmes



Organisation en arbres hiérarchiques, avec unités physiques (device) et unités de contrôle (groupent les unités physiques)

Panneaux de supervision



- Facilité d'utilisation
- Mode automatique de prise des données (auto-pilot) indispensable sur le longue terme

Panneaux de supervision

The image displays two software interfaces for LHCb supervision. The left interface is the 'LHCb: TOP' control panel, showing various subsystems like DCS, DAI, DAQ, RunInfo, TFC, EB, and Monitoring, all in 'RUNNING' state. The right interface is the 'EB_MAEB02: TOP' monitoring interface, showing a detailed flowchart of the EB processing chain. The EB component in this flowchart is highlighted with a red oval. A red line connects the 'EB' row in the LHCb: TOP control panel to this highlighted EB component in the monitoring interface.

LHCb: TOP

- System**: LHCb, State: RUNNING, Auto Pilot: OFF
- Sub-System**: DCS, DAI, DAQ, RunInfo, TFC, EB, Monitoring. All are RUNNING.
- Run Info**: Run Number: 235723, Activity: PHYSICS, Trigger Config: CaloActivity, Run Start Time: 01-Jul-2022 10:46:35, Run Duration: 000:04:25, Max Nr. Events: 5380630838, Step Nr: To Do: 0 0, Automated Run with Steps: Step Run with 0 Steps Start at 0.
- Alignment & Calibration**: Velo, tracker, ich1, ich2, ion, elo. All are off.
- HLT2**: Runs/Files: 0 / 0, Processing: 0.0%, Farm Node Status: 100%, Disk Usage: 0%, Efficiency: 100%, EB Rates: 21594.99 kHz, Input Rate: 280.28 kHz, Output Rate: 0.00 kHz, Dead Time: 0.00%, Incompl. Evs: 0.00 Hz.
- Data Destination**: EOS, Data Type: COLLISION22, Automatic checked, File: /hlt2/objects/LHCb/0000235723.
- Sub-Detectors**: TDET, VELOA, VELOC, UTC, SFA, SFC, RICH1, RICH2, ECAL, HCAL. All are ACTIVE, READY, or RUNNING.
- MUONA**, **MUONC**, **PLUME** are all RUNNING.
- Messages**:
 - 01-Jul-2022 10:46:35 - LHCb executing action GO
 - 01-Jul-2022 10:46:36 - LHCb_TFC executing action START_TRIGGER
 - 01-Jul-2022 10:46:36 - LHCb in state RUNNING

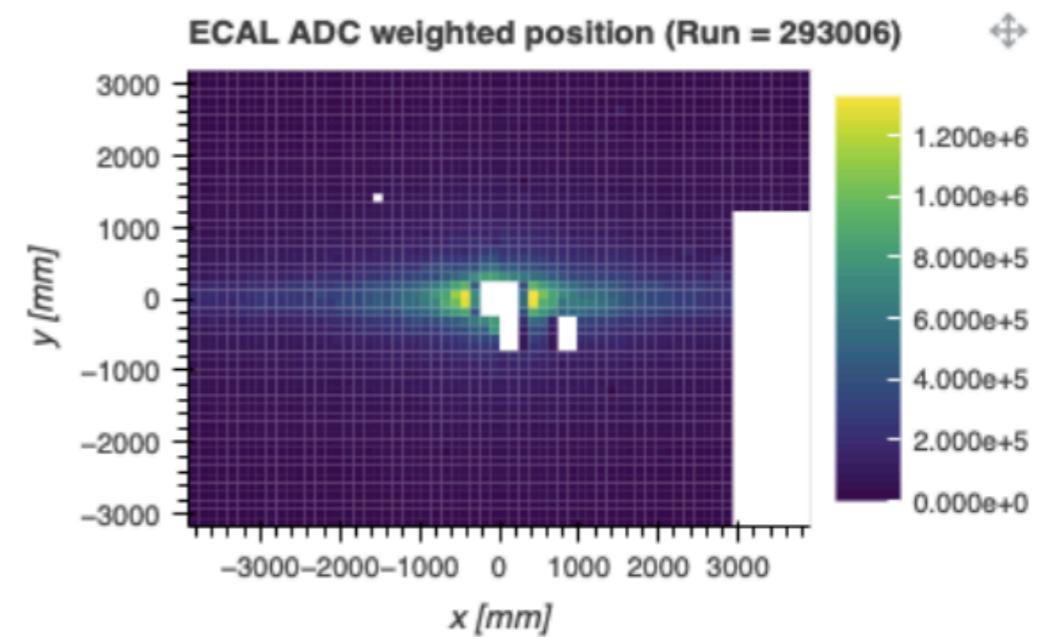
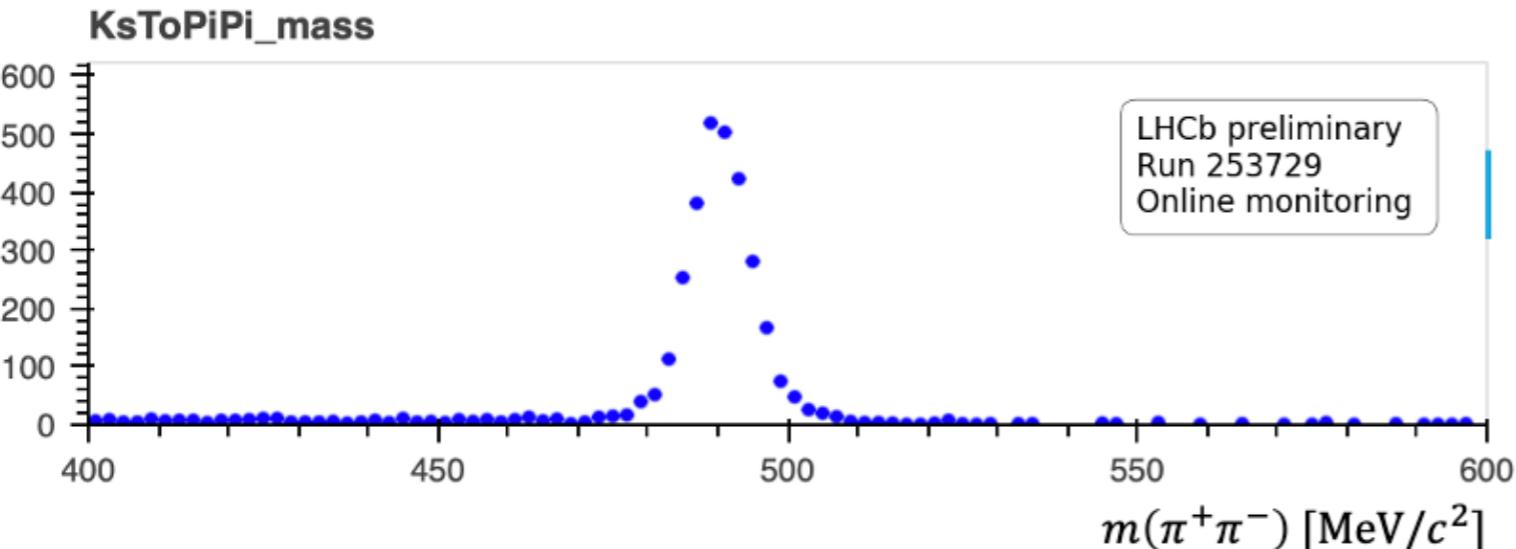
EB_MAEB02: TOP

- Object**: EB_MAEB02, State: RUNNING.
- Sub-System**: EB_MAEB02_Controller, State: RUNNING.
- Flowchart**:
 - EB_MAEB02_Controller feeds into RU (2 (2)).
 - RU feeds into BU (2 (2)).
 - BU feeds into Events_0 and Events_1.
 - Events_0 feeds into Alien.
 - Alien feeds into Output.
 - Output feeds into EBStorage and EBSender.
 - EBMBM and EBAdder are also connected to the flow.
- Node Type Defaults...**

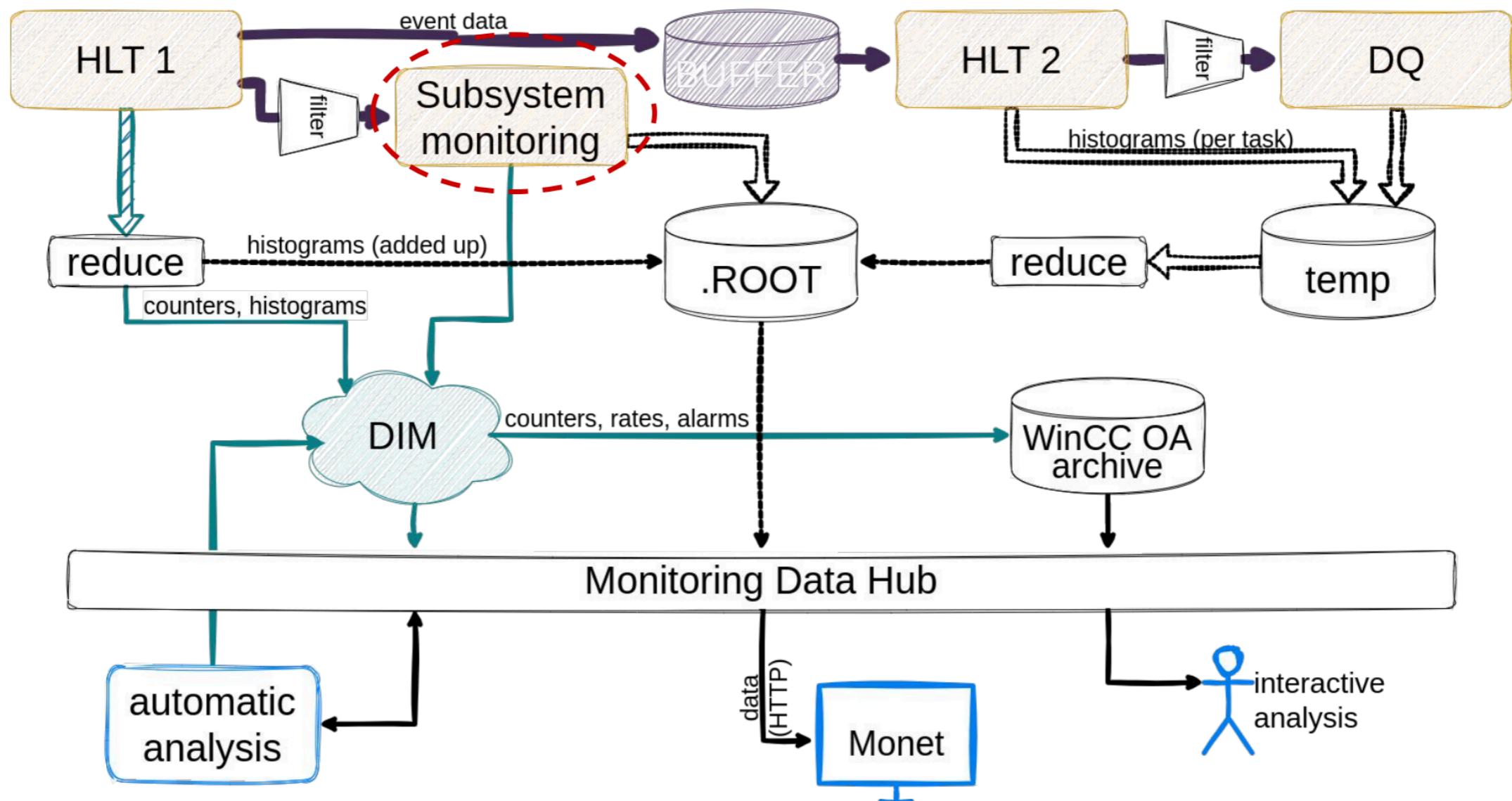
Monitoring

Pourquoi a-t-on besoin?

- Détecter les problèmes rapidement: **toutes parties du système sans monitoring sont potentiellement non-fonctionnelles**
- Qualité des données
- Faire du debugging
- Sauvegarder les conditions de prise des données
- Donner du feedback aux autres (LHC, autres expériences etc)
- Source des données:
 - Les données de systèmes de HV, refroidissement etc
 - Les données brutes du détecteur
 - Les données du trigger (hardware et software)
 - Données d'une post-analyse à plus haut niveau



Monitoring: un exemple



Système assez complexe, quelques fonctionnalités:

- Monitoring des sous-déTECTEURS à 10 kHz → histograms
- Monitoring du premier etape du trigger soft a 40 MHz
- Visualisation par interface web (Monet)
- Possibilité de faire analyse en ligne complémentaire des histograms (automatic analysis): fits, ratios, alarms etc

Questions?