

Nouvelle ligne de faisceau dédiée aux tests des capteurs de CMS

- Le cyclotron CYRCé
- Motivation et but
- Détails de la ligne de faisceau au cyclotron CYRCé de l'IPHC (ligne « CMS »)
- État de lieu
- Calendrier approximatif
- Perspectives

CYRCé: installed at IPHC in 2014

- ❑ TR24 cyclotron^[1] (CYRCé - *Cyclotron pour la Recherche et l'Enseignement*), recently inaugurated at the Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC/CNRS) of Strasbourg,
- ❑ Works at energies between 16 and 25 MeV for intensities up to 500 μA ,
- ❑ Radioelements produced: mainly ^{18}F and ^{64}Cu + many others for positron emission tomography (PET) and single-photon emission computed tomography (SPECT).



Parameter	Value
Particle	H ⁺
Intensity (μA)	<500
Max energy (MeV)	25.0
B ρ (T.m)	0.72
Time Structure	CW (85 MHz RF)
Beam profile	Gaussian

PRECy

E. Bouquerel, E. Traykov, T. Adams, G. Heitz, C. Maazouzi, C. Matthieu,
M. Pellicoli, M. Rousseau, C. Ruescas, J. Schuler on behalf of the PRECy project,
IPHC, UNISTRA, CNRS, 23 rue du Loess, 67200, Strasbourg, France

GOALS

- ❑ Development of a Platform for Radiobiological Experiments from CYRCé:
 - To better understand the RBE (Relative Biological Effectiveness) *in vitro* and *in vivo* in small animals (mice) and,
 - To study the combination of treatment with chemotherapy and proton therapy.
- ❑ Linked to microPET, microCT, microSPECT and Photoimager stations (AMISSA - A Multi Modality Imaging System for Small Animal),
- ❑ Possibility to cover a range of energy from a few hundred keV to 25 MeV.

rpPET Beamline

- ❑ Joined collaboration between IPHC and the Paul Strauss Centre^[2],
- ❑ To study the relationship between the physical dose and biological effects in a proton therapy in mice by PET,
- ❑ Entirely located inside the vault and is composed of collimators, and Faraday cups.

PERCy project will provide the transport beam line and the focussing and switching magnets needed for adding external beam lines.

Beam of 25 MeV protons delivered by Cyclotron

Some details on the beam characteristics :

- Energy : 16-25 MeV; dispersion: $\Delta E = 100\text{keV}$,
- Particles: Protons,
- Intensities max 10^{12} p/s, min 10^2 p/s.
- Time structure: micro-structure: $85.085\text{ MHz} \triangleq \Delta T 11,75\text{ ns}$, just about twice the 40MHz of LHC
- First study for a “chopper” : $85.085\text{ MHz} \rightarrow 42.5\text{ MHz}$

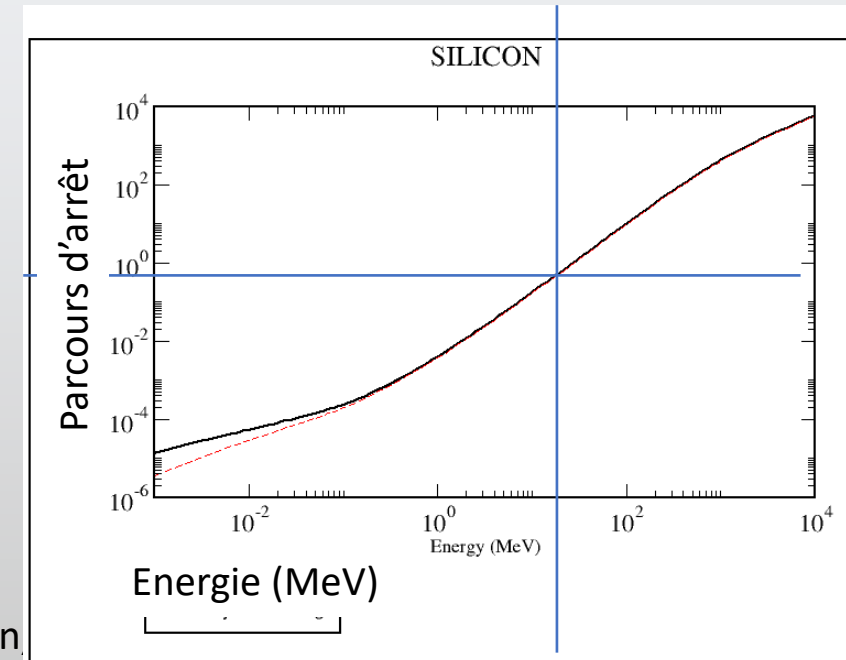
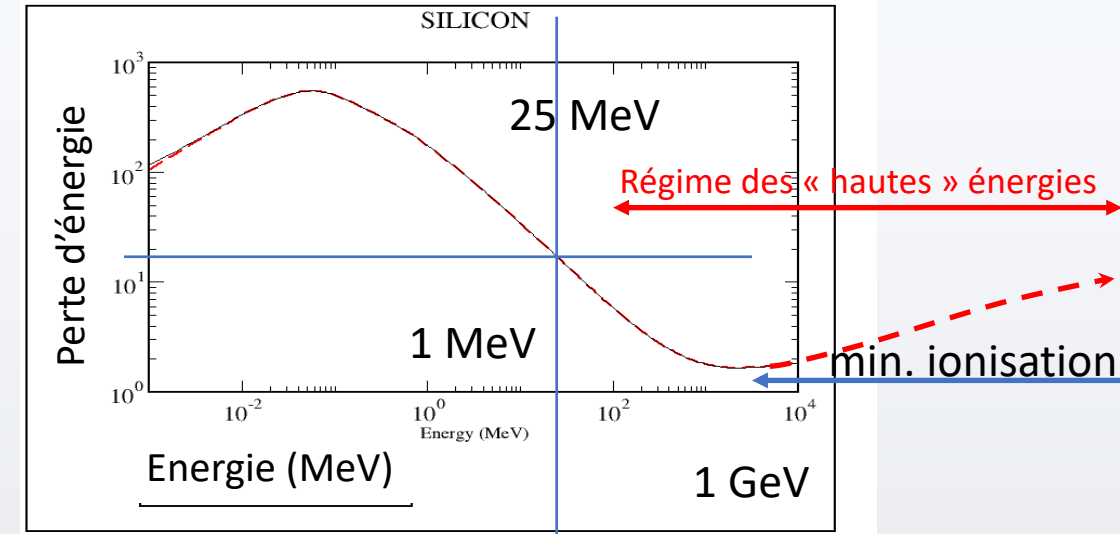
Tests de capteurs pour les hautes énergies ???

- Perte d'énergie dans 300 micron Si = 1,26 MeV
11 x le minimum ionisation
- Parcours d'arrêt : 3 mm
- Diff. Multiple: $\theta_{average} \sim \frac{1}{p} \approx 60 mrad$

CMS : tester les détecteurs à micro-pistes de silicium aux conditions extrêmes pour le LHC à très haute luminosité (2025)

- Haute intensité et densité des particules
- Challenge pour l'électronique et les détecteurs
- Grands dépôts d'énergie <-> similaire aux int. nucléaires
- Synchronisation de l'électronique LHC (40MHz) avec le cyclotron (85 MHz) ; Projet d'un « chopper » 85MHz /2
- Absence des faisceaux test au CERN pour 2 ans

25 MeV Test beam at IPHC Cyclotron.



Goals of the project

Facility to test CMS detectors (2S, PS, Pixels) at high rate and occupancy, mainly during 2019 and 2020

- High rate and occupancy:
 - $40 \text{ MHz} = 4 \cdot 10^7 \text{ p/s} \Rightarrow 6,4 \text{ pA}$
 - $10^2 \text{ p/s} \rightarrow 10^{12} \text{ p/s}$, $100 \text{ nA} \Rightarrow 6 \cdot 10^{11} \text{ protons/second}$
 - High occupancy on full size detector: 40 MHz/cm^2 on $10 \times 10 \text{ cm} = 0,64 \text{ nA}$
- 11x higher energy deposition than MIP
- HIP (nuclear fragments) could be created by nuclear reactions in target just in front of detector
- Electronics synchronized with beam, like at LHC
- Train CMS members (students, post-docs and physicists) on new tracker: detectors, FE-electronics, DAQ
- Train university students

Chopper à 21.7 MHz

Etude de Michel Pellicoli

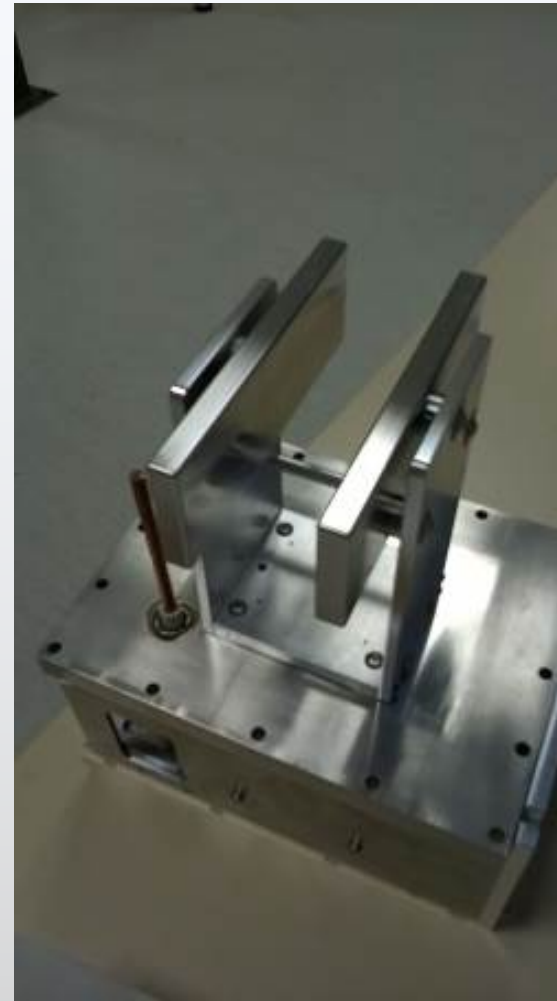
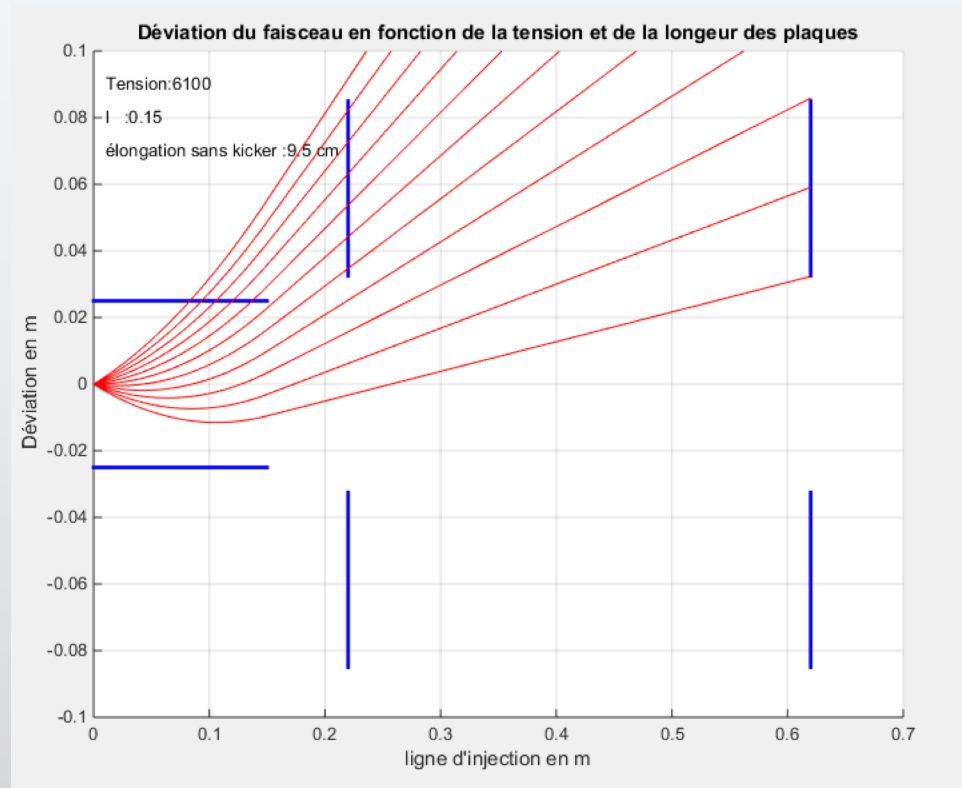
Preliminary study:

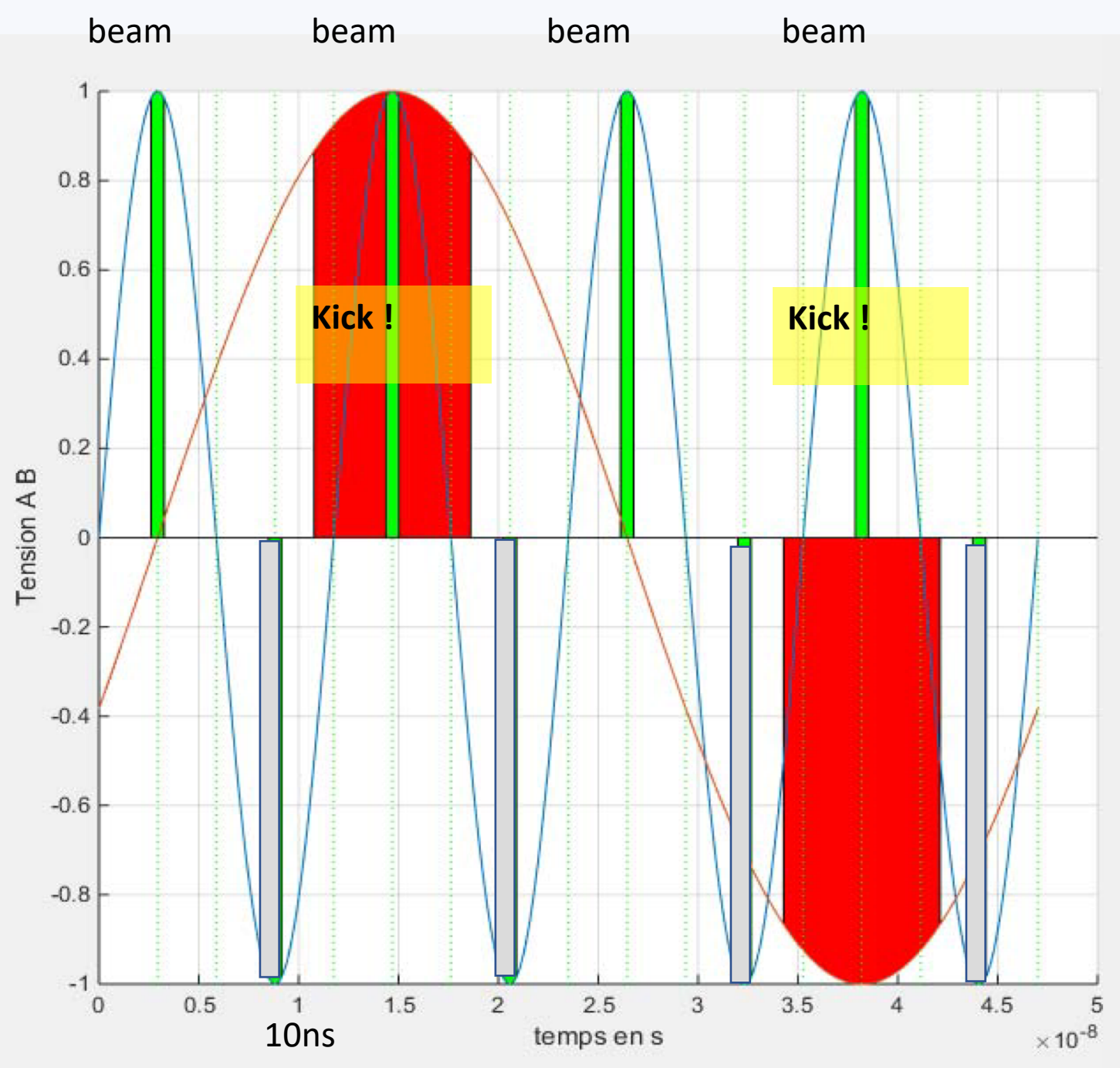
- Possible to suppress each second bunch!
- Scheme based on existing static kicker
- Scheme needs a new design for a resonant circuit with small parasitic capacities in order to obtain a large Q-factor and small power losses
- First measurement of rejection in static mode: 10^{-7}
- Additional equipment to be bought, about 20k€
- Experts: M. Pellicoli, Ch. Ruescas, C. Mathieu ... but already overbooked
- Time scale ?

Backup:

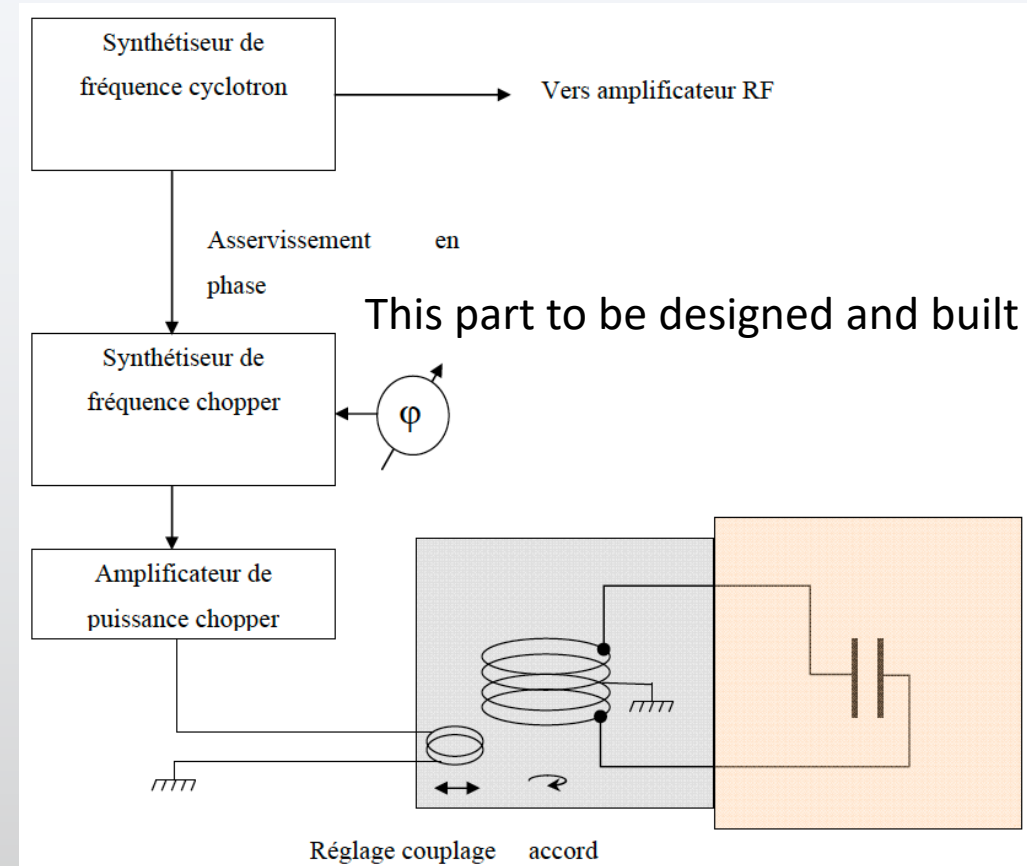
- Beam scintillator: tagging of off-time bunches
- Segmented multi-anode PMT or similar to tag off-time tracks.

Existing « slow » chopper



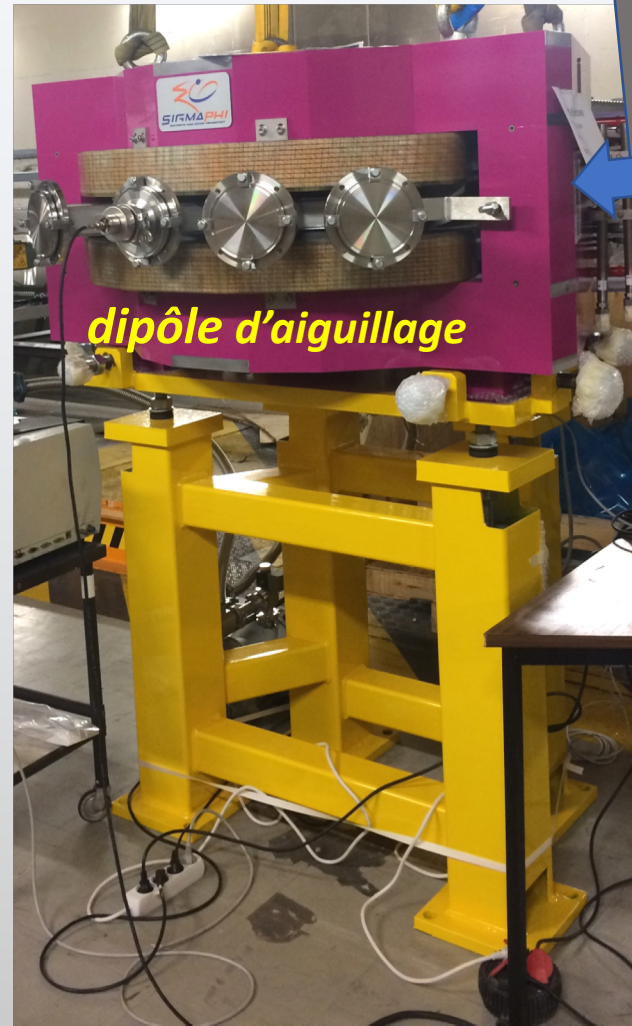


scheme

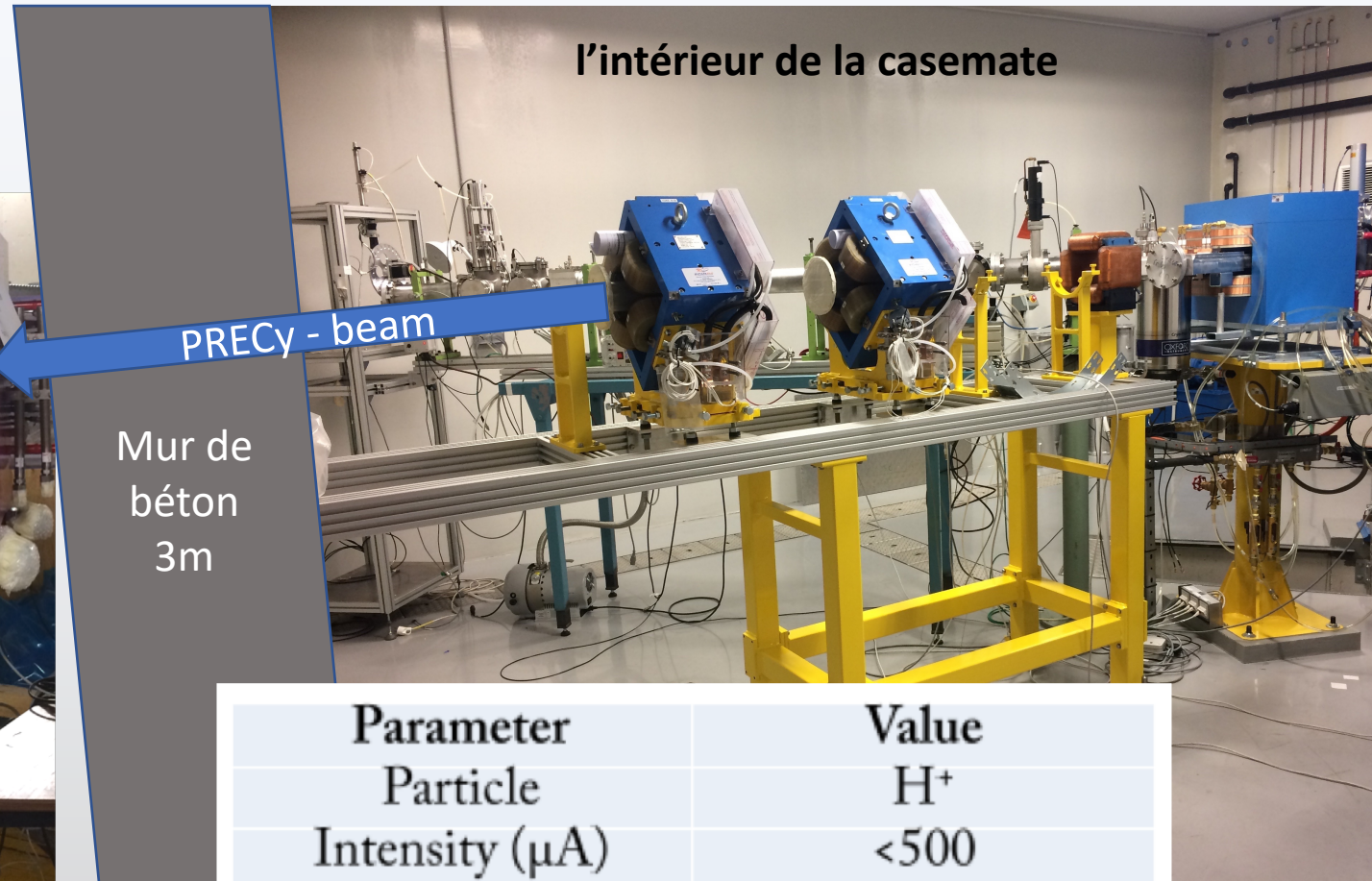


CYRCé et PRECy

À l'intérieur de la
nouvelle salle
expérimentale



dipôle d'aiguillage

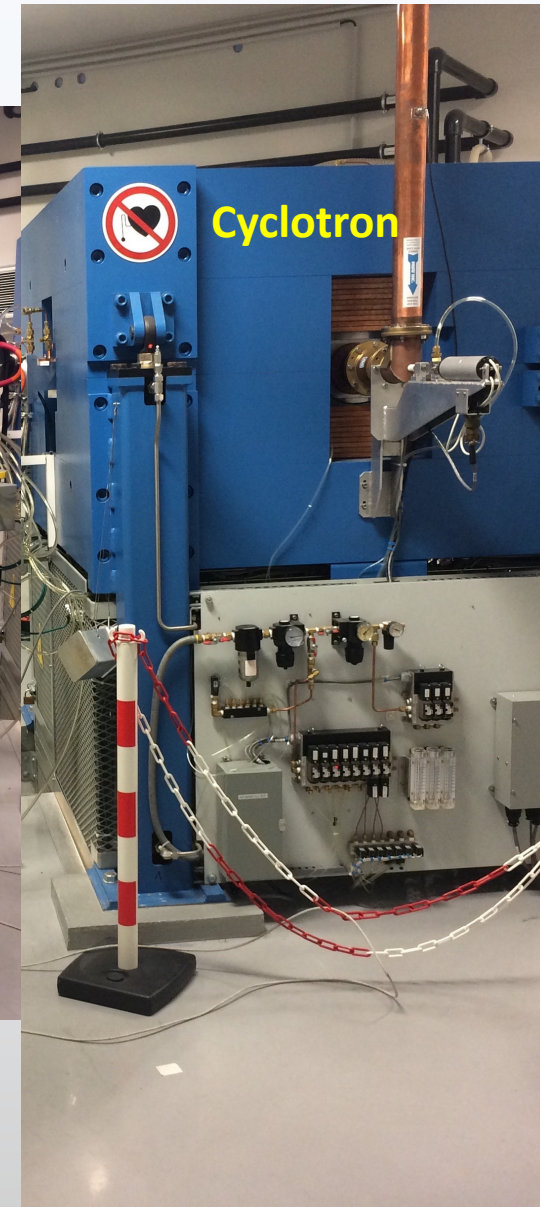


PRECy - beam

Mur de
béton
3m

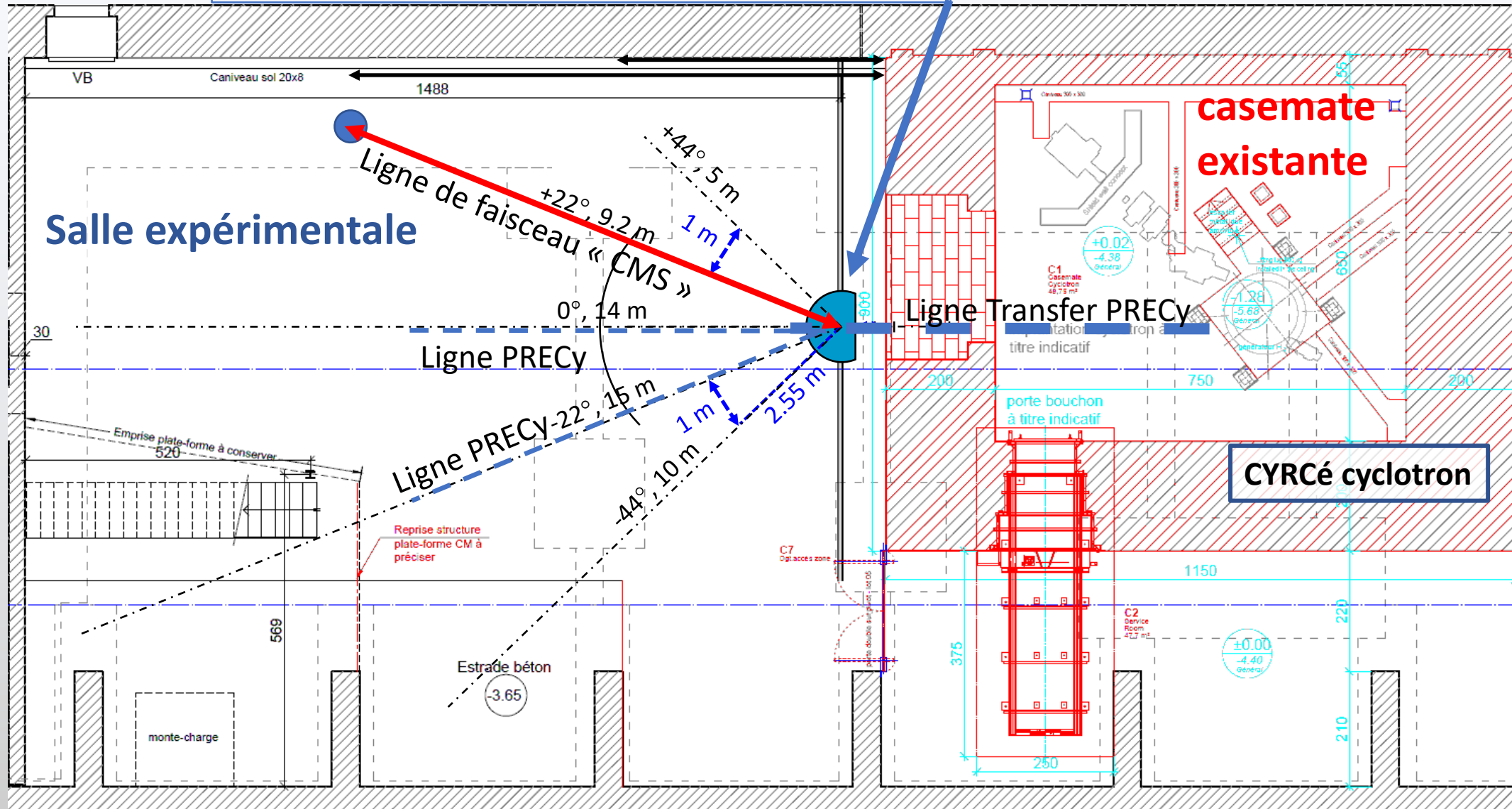
l'intérieur de la casemate

Parameter	Value
Particle	H ⁺
Intensity (μA)	<500
Max energy (MeV)	25.0
Bρ (T.m)	0.72
Time Structure	CW (85 MHz RF)
Beam profile	Gaussian

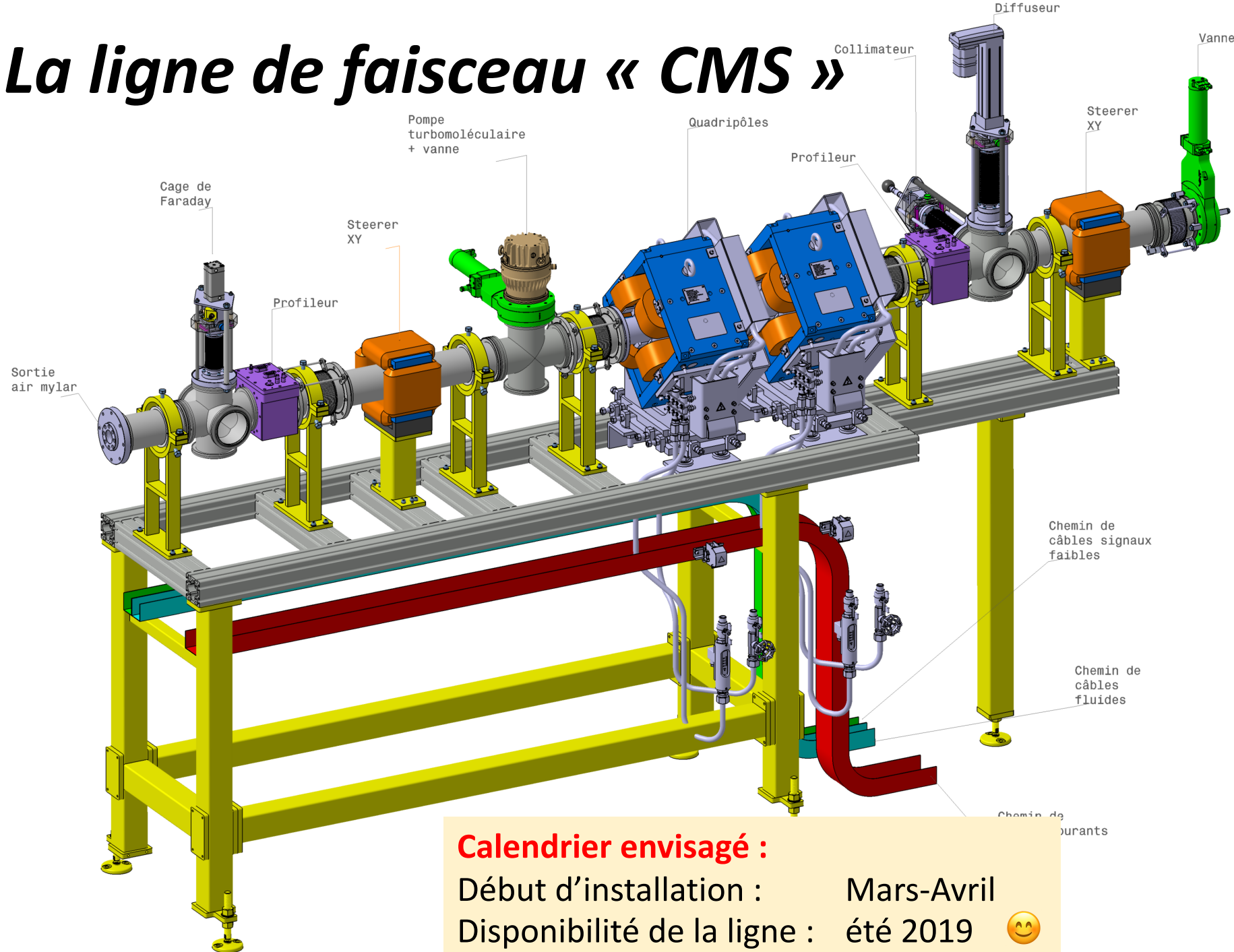


Cyclotron

Scale 1 : 100



La ligne de faisceau « CMS »



Ligne de faisceau externe
(synonyme temporel :
« CMS »)

A 100% intégré dans le
planning et exécution du
projet PRECy :

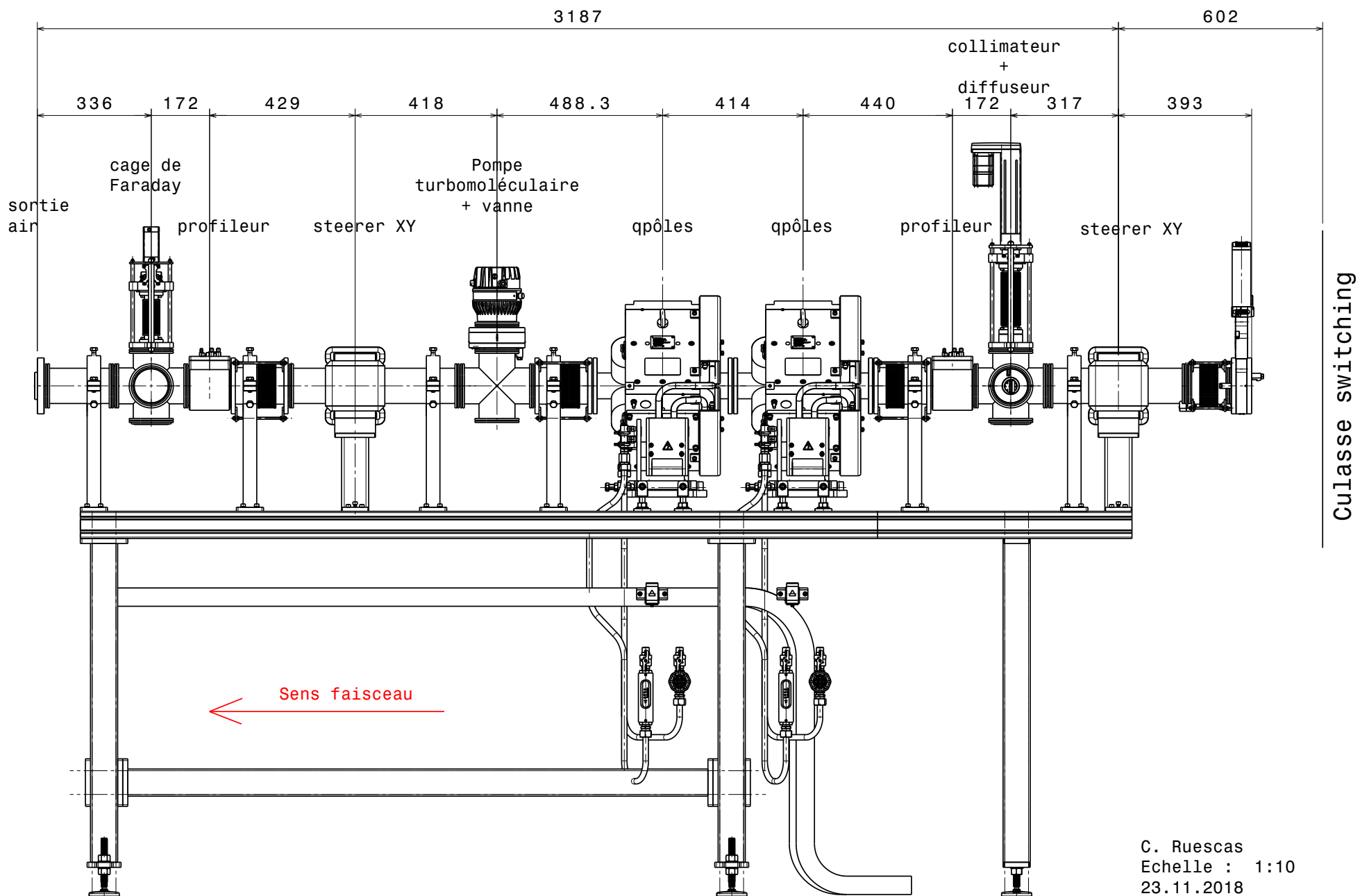
- Mécanique
- Contrôle à distance
- Simulation faisceau
- Vide
- Infrastructure
-

Financé par CMS !

Calendrier envisagé :

Début d'installation : Mars-Avril

Disponibilité de la ligne : été 2019 😊



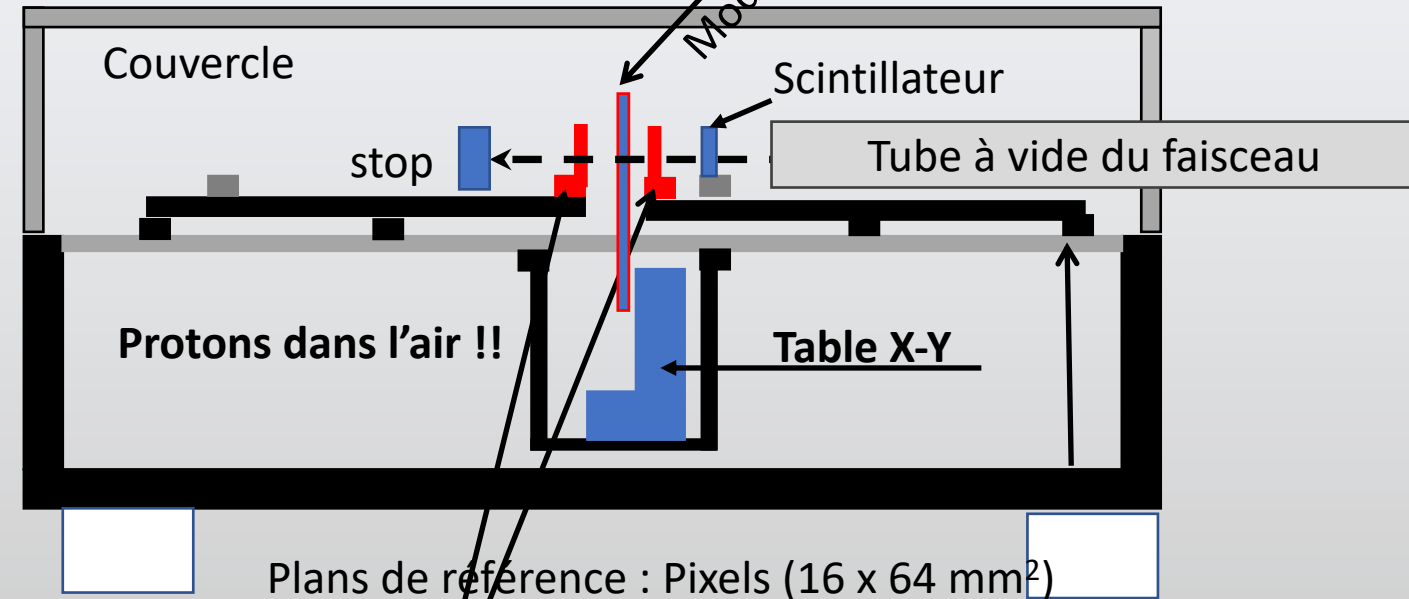
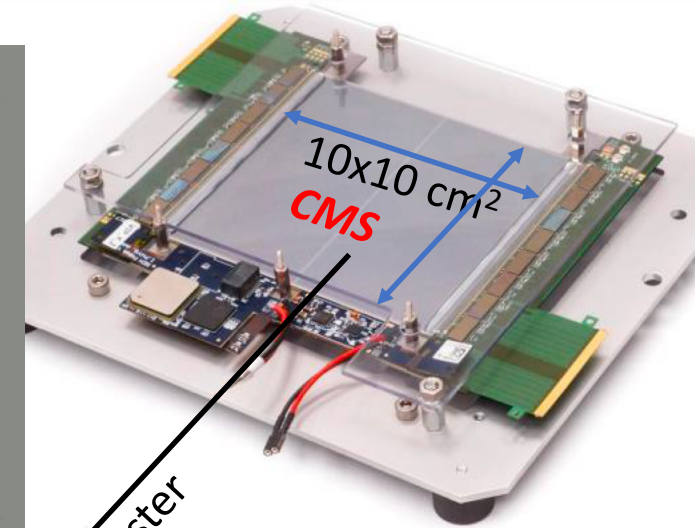
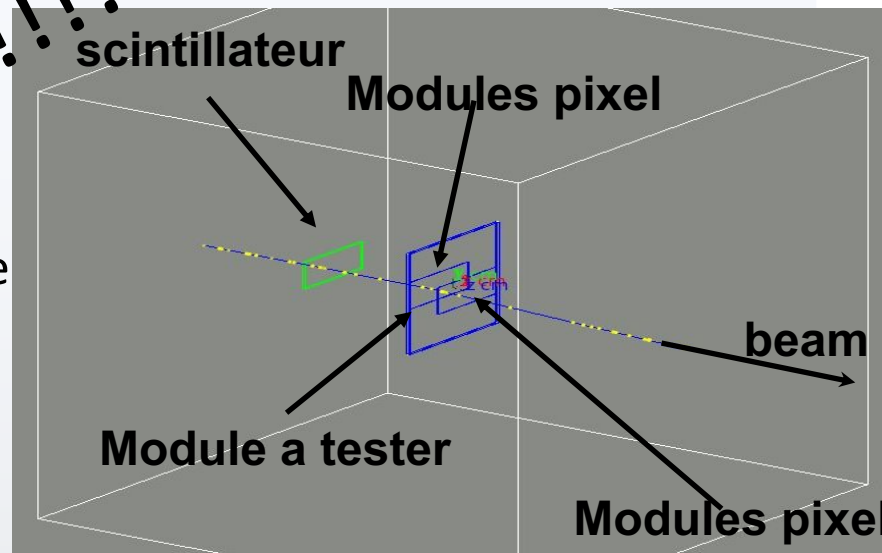
C. Ruescas
Echelle : 1:10
23.11.2018

Avancement du projet

- Délai pour la préparation de la salle expérimentale
- Première simulation de l'optique de la ligne : fait
- Début de l'installation pas avant mars-avril 2019
- Commandes placés pour
 - Q-pôles, livraison Avril-Mai 2019
 - Steerer, livraison mars 2019
 - Alimentations steerer livrées
 - Contrôles à distance, livrés
 - Mécanique en cours, plusieurs commandes en 2018 et début 2019
 - ...
- But : Mise en fonction et au point en été 2019

Les tests des détecteurs de CMS

- Les tests nécessitent la reconstruction de la trajectoire des protons.
- Des simulations ont été effectuées pour estimer la faisabilité.
- Plans de référence « Mini-télescope » :
 - **Simple** : basé sur deux plans de modules à pixel de silicium,
 - **Flexible** : peut s'adapter à différentes dimensions de capteur. Module à tester est placé sur une table amovible en X et Y
 - **Performant** : permet des reconstructions assez précises tout en limitant les effets d'atténuation du faisceau, fonctionne également avec de fort taux de particules.
- En cours de fabrication.



25 MeV Test beam at IPHC Cyclotron, U. Goerlach

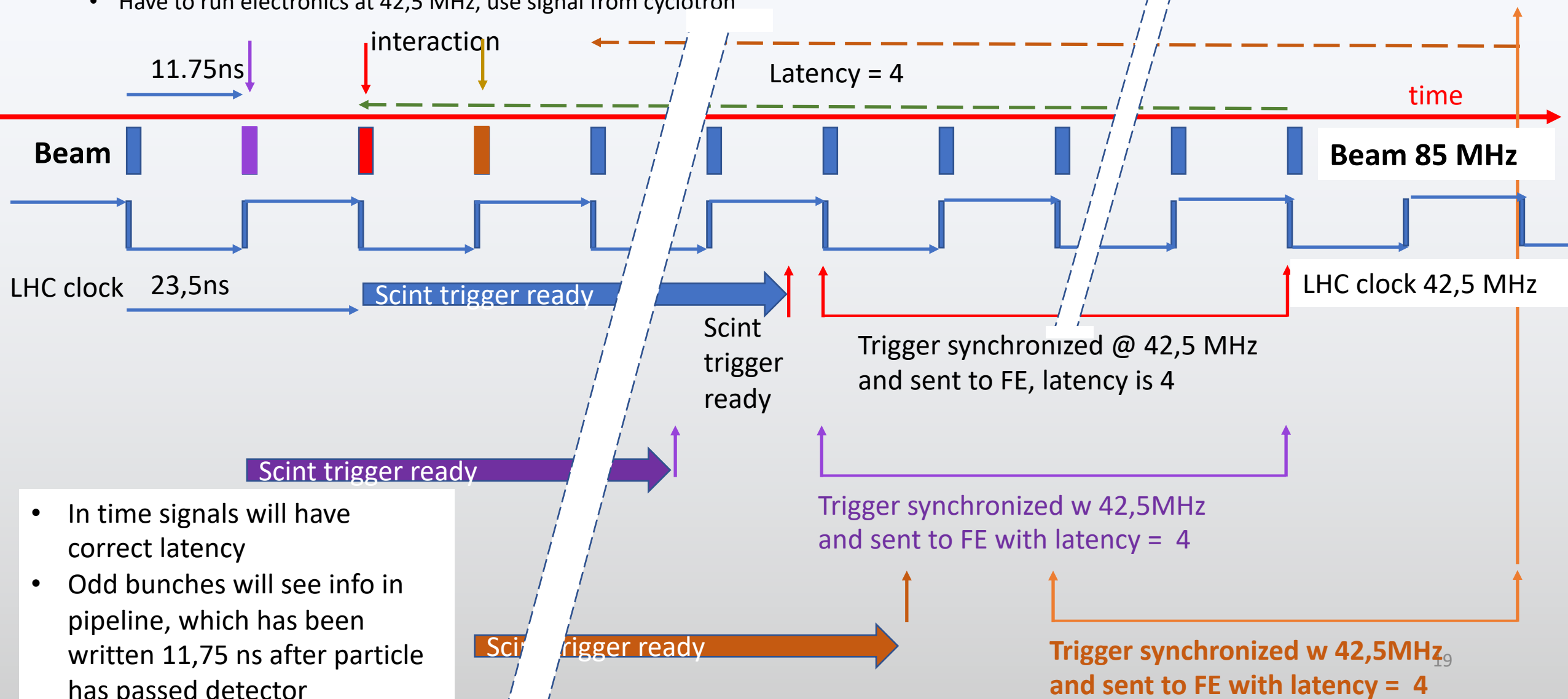
Perspectives

- Sauf la préparation de la salle expérimentale la ligne faisceau avance bien !
- Les commandes sont en cours ou seront effectués début 2019
- Prochaine étape critique :
 - installation d'aimant d'aiguillage et
 - vérification ou mesure de l'émittance du faisceau
- Installation de la ligne pourrait commence en avril 2019
- Faisceau en été 2019 ! 🤪 ?
- Tests de détecteurs en automne ?
- Durées de faisceau: (4-8)h/24h, pas de WE
- Man-power : Equipe PRECy, UG., C. Grimault(PhD), AI-CDD

Backup

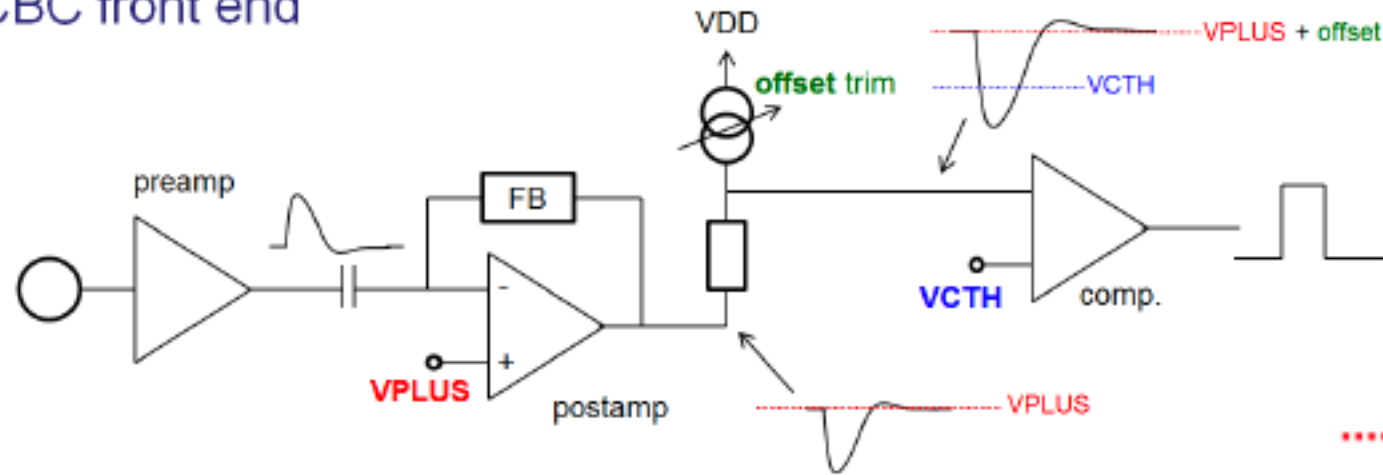
Beam time structure and triggering

- Frequency is 85.085 MHz corresponding to 11,75 ns
- Have to run electronics at 42,5 MHz, use signal from cyclotron

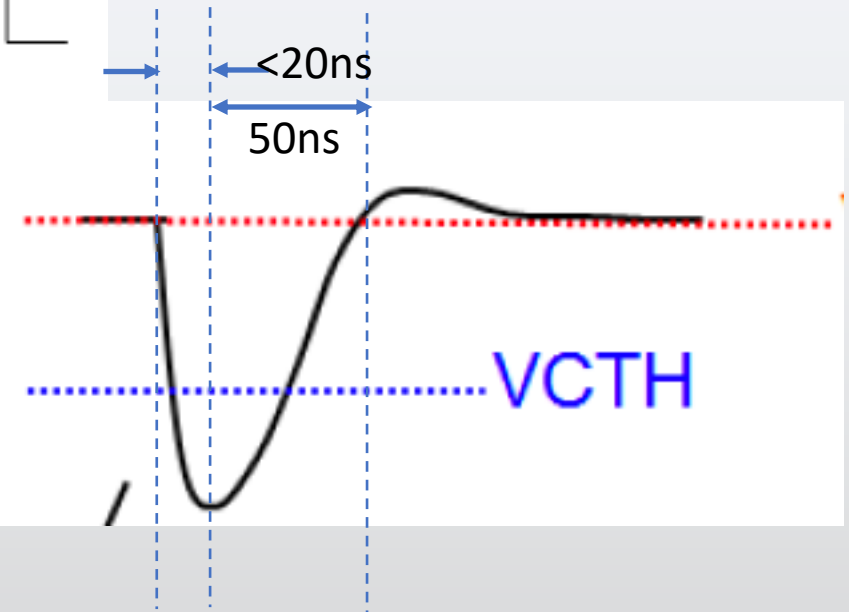


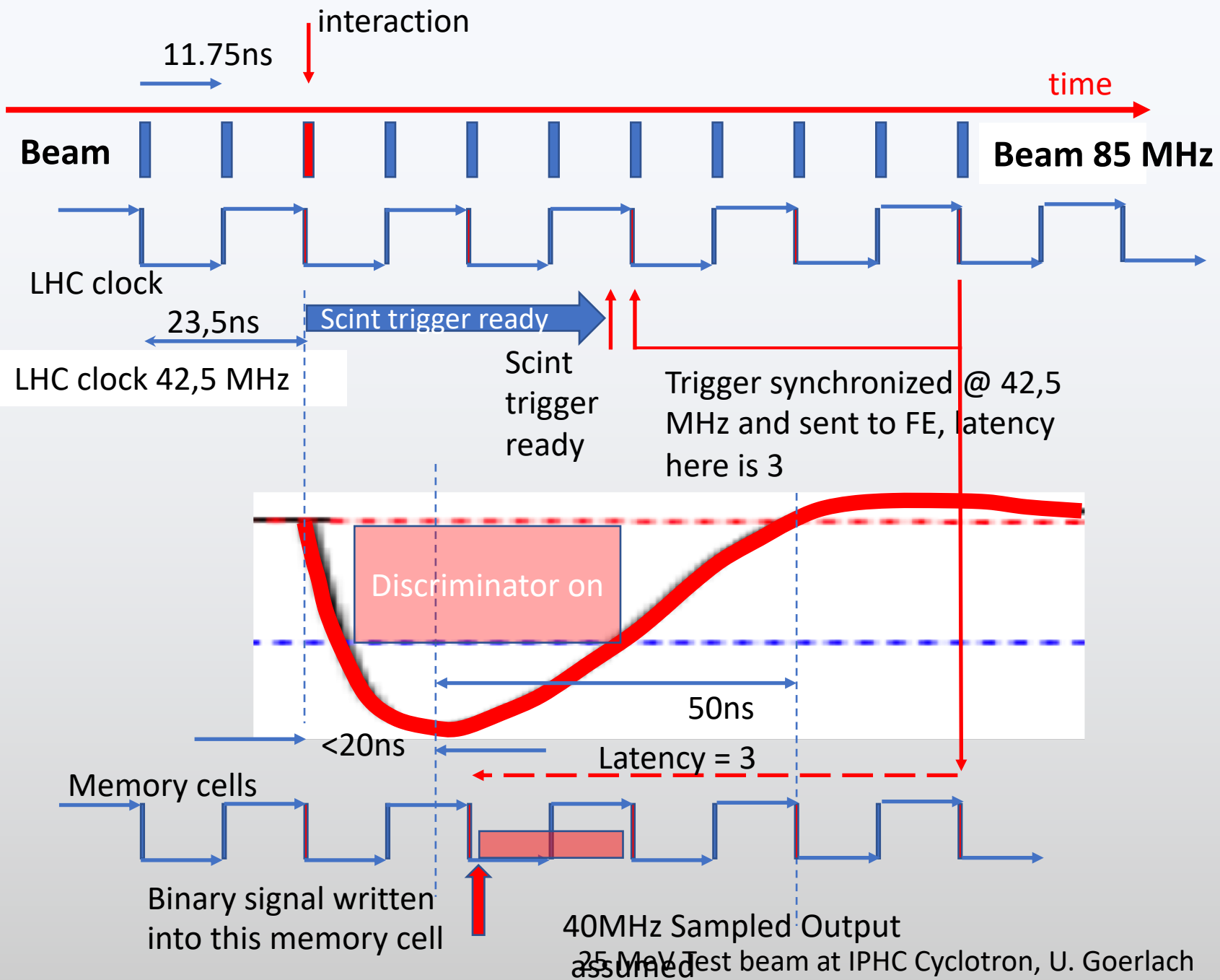
- In time signals will have correct latency
- Odd bunches will see info in pipeline, which has been written 11,75 ns after particle has passed detector

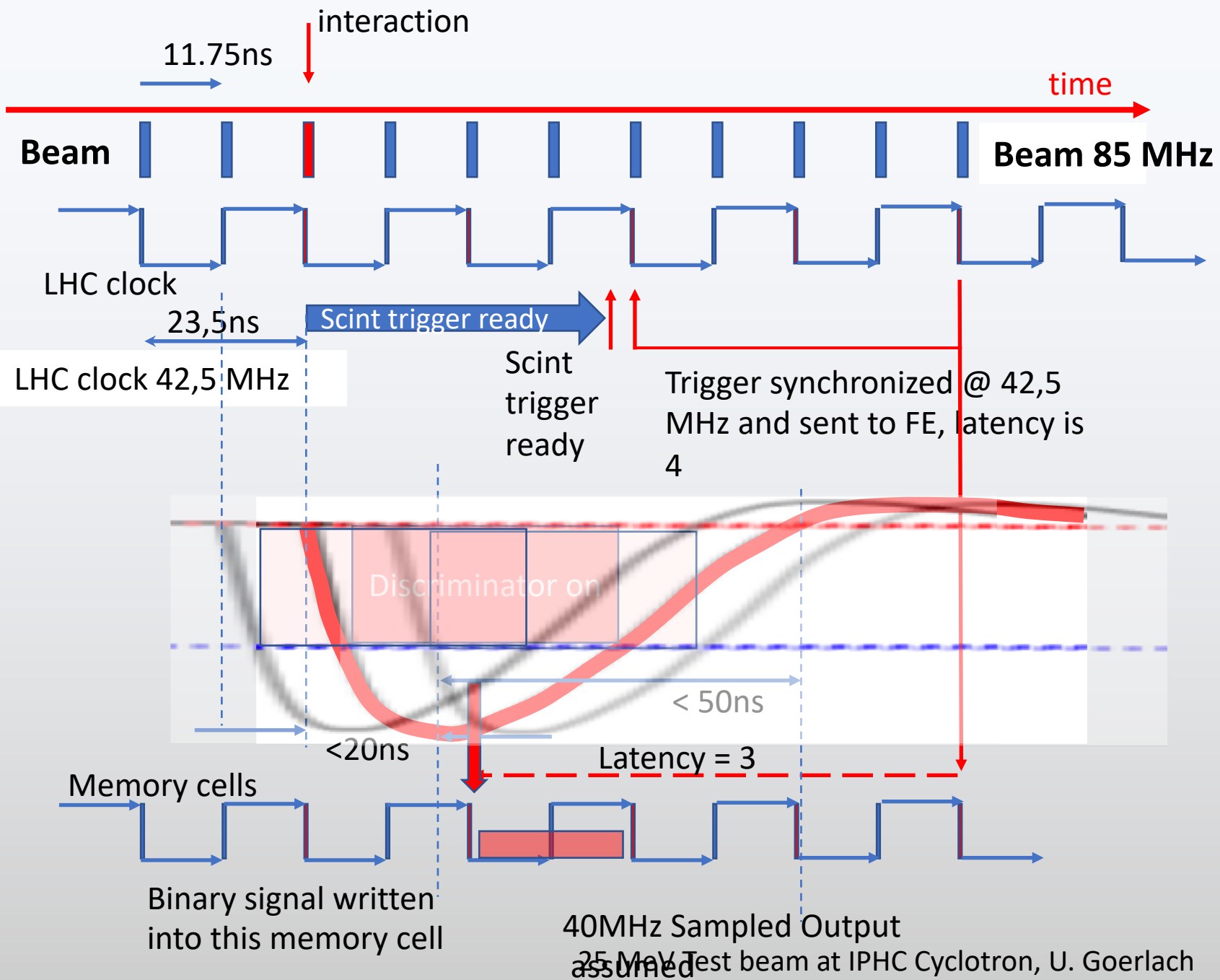
CBC front end



The amplifier pulse shape peaking-time should be <20 ns with a return to the baseline within 50 ns.







	Equipement	fournisseur	Prix unitaire	nombre	total	commentaires
Contrôle/commande	Chassis compact Rio	NI	5000	1	5000	peut être inférieur
	Cartes C/C Verin/vannes connectique+cable	IPHC	170	4	680	
			2000	1	2000	estimation
	Total:				7680	
profileur	moteurs + C/C profileur	Trioptic	4000			Si BNC moins chère à tester
	Soudure passage à vide	Neyco	300			
	Passage à vide triax	Mouser electronics	100			
	Cables triax et adapt BNC/triax	Testoon	1200			
Fentes mobiles Tronc commun		sous total:	5600	2	11200	
	Verin	Oriental motor	750			estimation
	souflet	comvat	279			
	Bride+méca		400			
	passage à vide		400			
	isolant lèvres		200			
	carte I/V		250			
Collimateur		sous total:	2279	4	9116	
	Verin	Oriental motor	750			estimation
	souflet	comvat	279			
	Bride+méca		400			
	passage à vide		200			
	carte I/V		250			
		sous total:	1879	1	1879	
diffuseur	Verin	Oriental motor	750			estimation
	souflet	comvat	279			
	Bride+méca		400			
		sous total:	1429	1	1429	
Faraday cup	Verin + materiel cup	Efrapo	180			estimation
	souflet	Comvat	279			
	flange/méca	IPHC	300			
	Passage à vide triax+soudure		400			
	Commutateurs hydrauliques		50			
	carte I/V (ou Keithley)		250			
		sous total:	1459	1	1459	
			total:		25083	
optique faisceau	Qpoles (doublet) avec alim	Sigmaphi	25800	2	51600	selon devis du 29/06
	steerers	Sigmaphi	4640	2	9280	selon devis du 29/06
	Alims steerers	Equipements scientifique:	4000	2	8000	
		total:			68880	
Mécanique ligne	Pieds chassis ligne (?)	ACBVM	800	1	800	2 vannes ligne+1 vanne vide en DN100
	Soufflets	COMVAT	1500	1	1500	
	Materiel ligne (griffes,brides,...)	Cryotherm	2500	1	2500	
	Croix	Pfeiffer	2000	1	2000	
	Chassis mécanique	Phoenix mecano	1000	1	1000	
	Vannes	VAT	4500	1	4500	
	Pipe		1000	1	1000	
	Matière chassis+peinture	Weinmann	1000	1	1000	
		total			14300	
Vide	Pompe à spiral	Agilent	2700	1	2700	
	Pompe turbo	Edwards	5000	1	5000	
		Total			7700	

25 MeV Test beam at IPHC Cyclotron, U. Goerlach

TOTAL 123643