



Description du point de vue de la sûreté des essais d'injection dans le LHC

G. Roy, M. Lamont, D. Forkel-Wirth

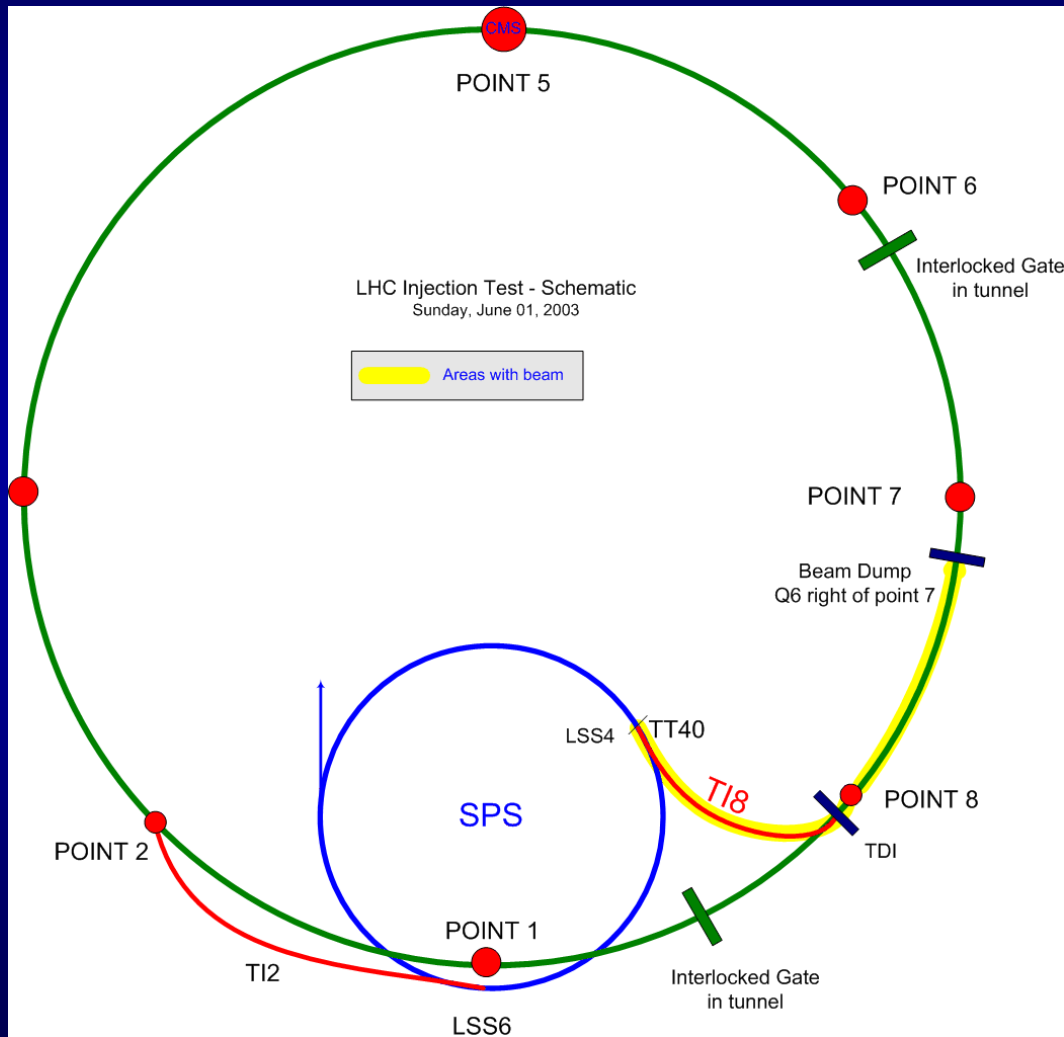
PRELIMINARY VERSION

Introduction

- Ce document a pour objet la description des tests d'injection dans le secteur 7-8 du LHC que le CERN souhaite réaliser en novembre prochain, et la description des dispositions afférentes qui seront prises en matière de sûreté.
- Seules les mesures dérogeant aux dispositions prévues dans le cadre du *Rapport provisoire de sûreté* sont abordées dans ce document.

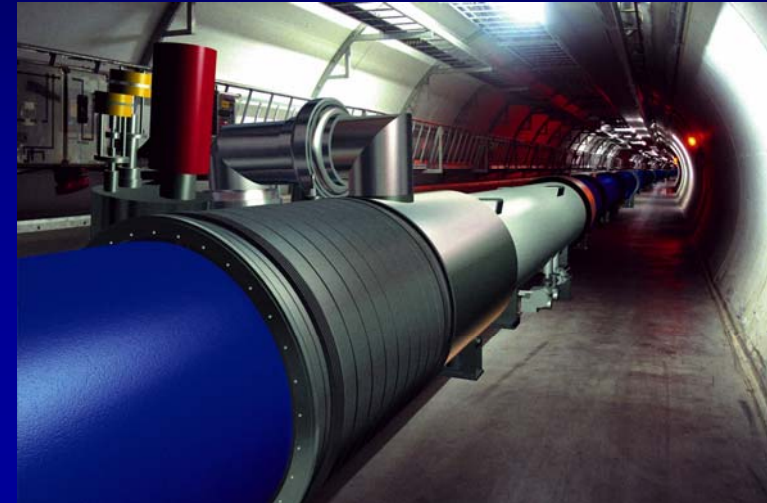
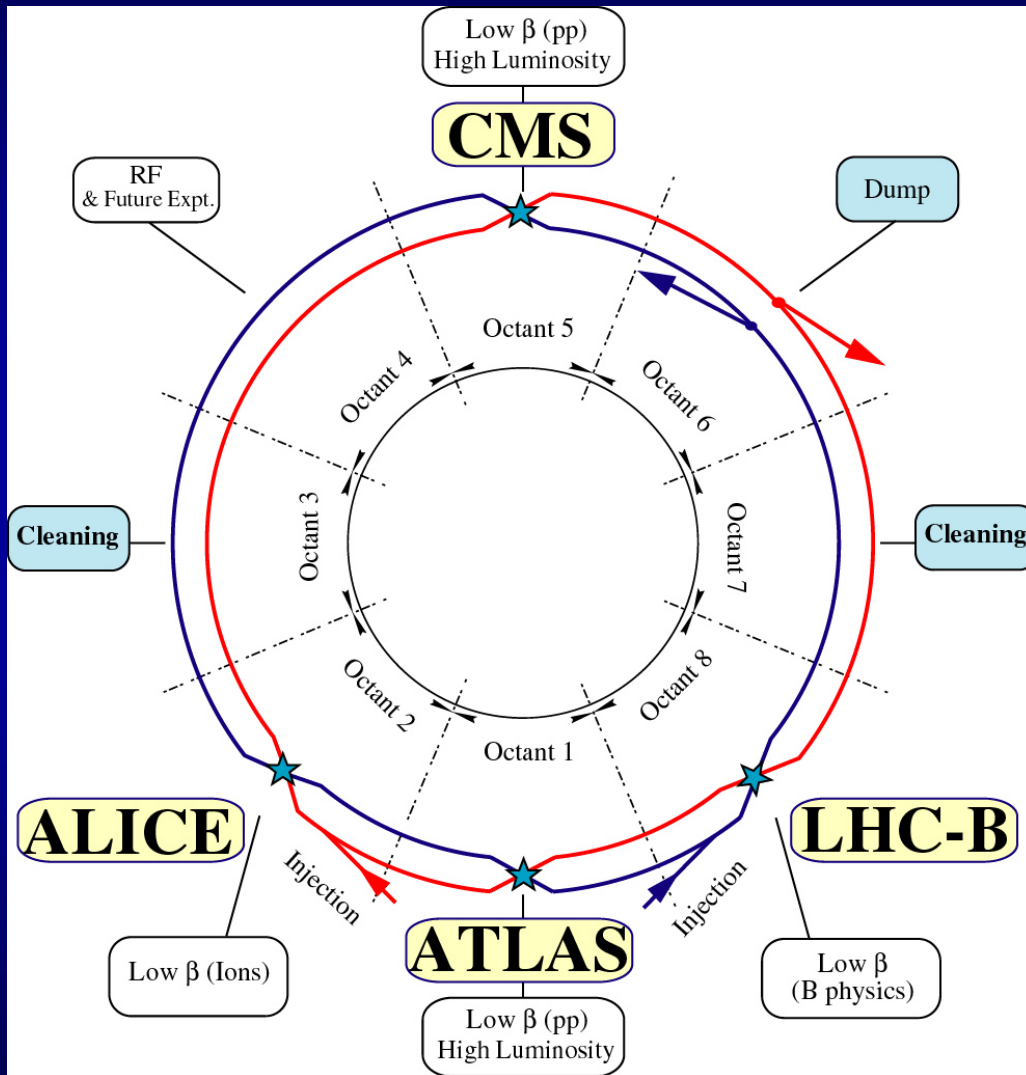
Injection test in 2006

Approved - 2 weeks, November 2006



**3.3 km of the LHC
including one
experiment insertion
and a full arc**

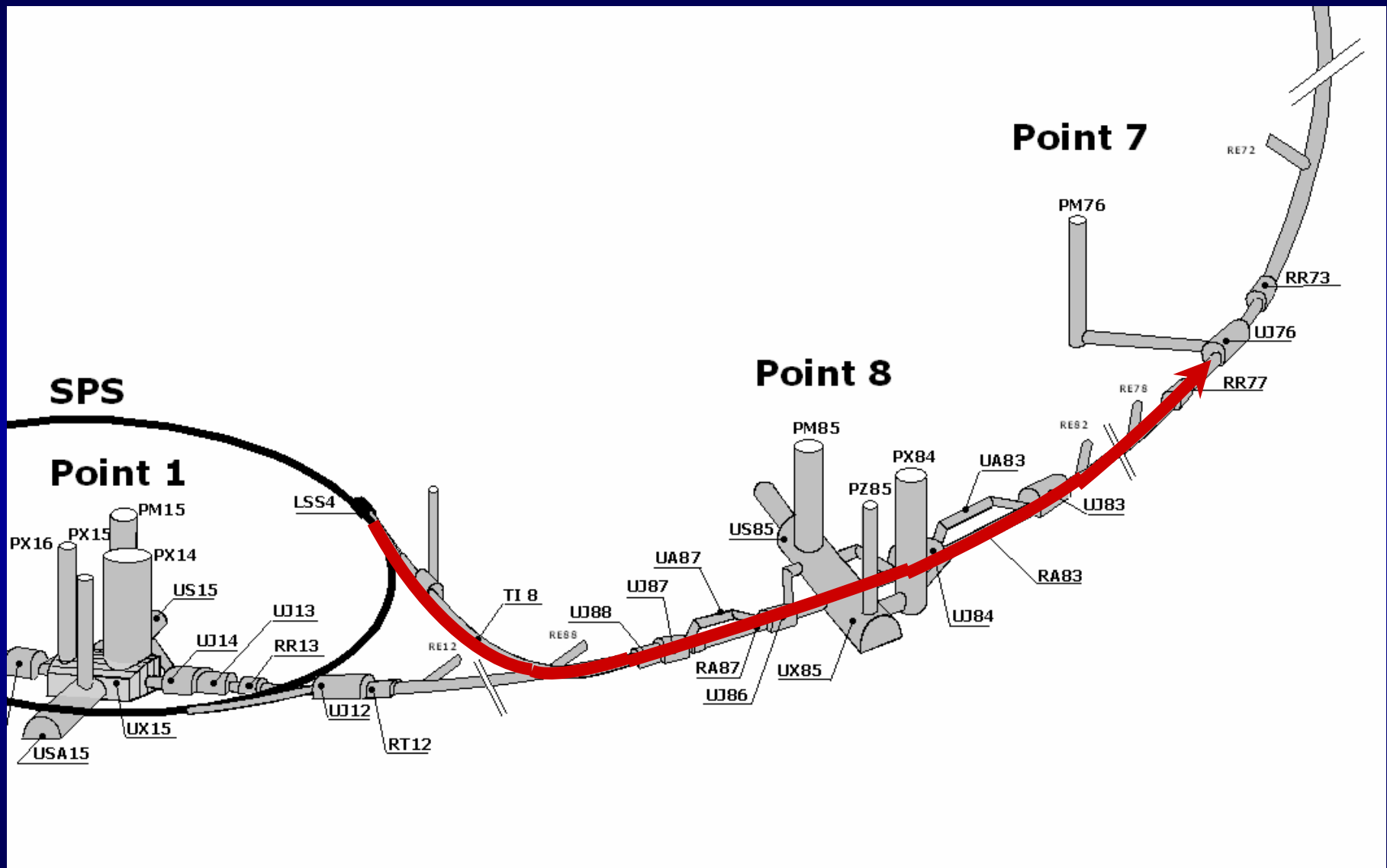
Description des installations



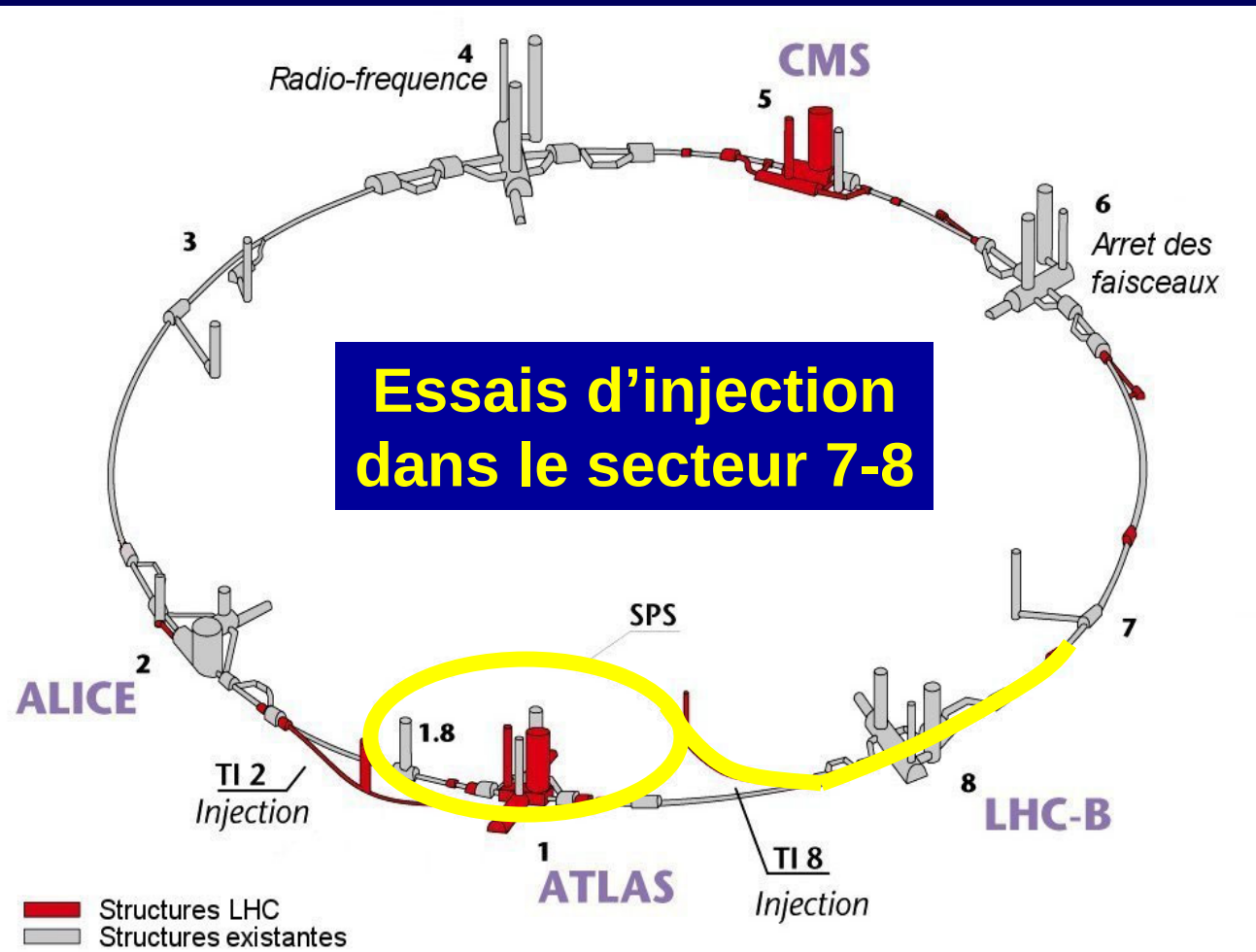
Éléments de spécification du LHC :

- 2808 paquets par faisceau
- $1,15 \times 10^{11}$ particules par paquet
- luminosité $\approx 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Description des installations



Description des installations



Sont directement concernés par ces tests :

3,3 km de la machine **LHC**

soit :

- un **secteur complet (7-8)**
- une **insertion (LHCb)**

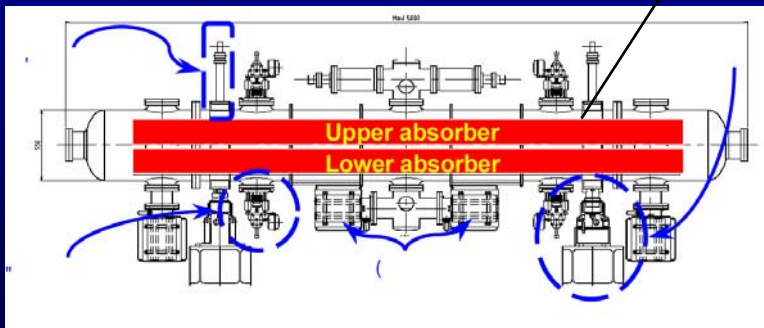
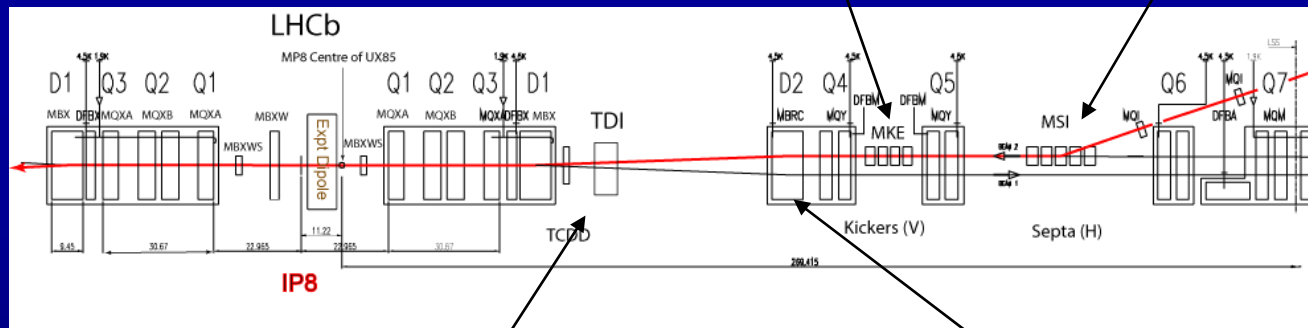
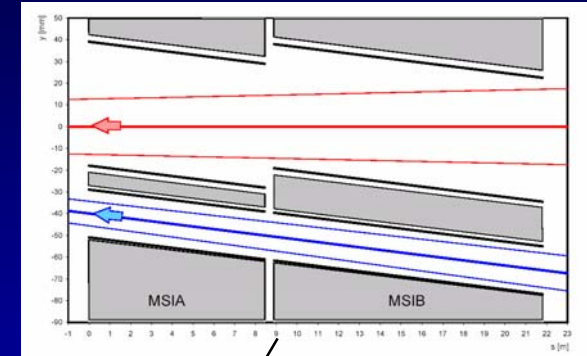
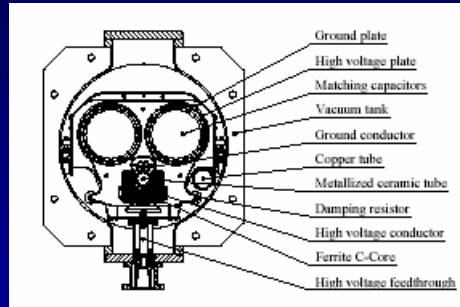
Sont nécessaires :

- le **SPS**
- le **tunnel TI8**

Key Elements

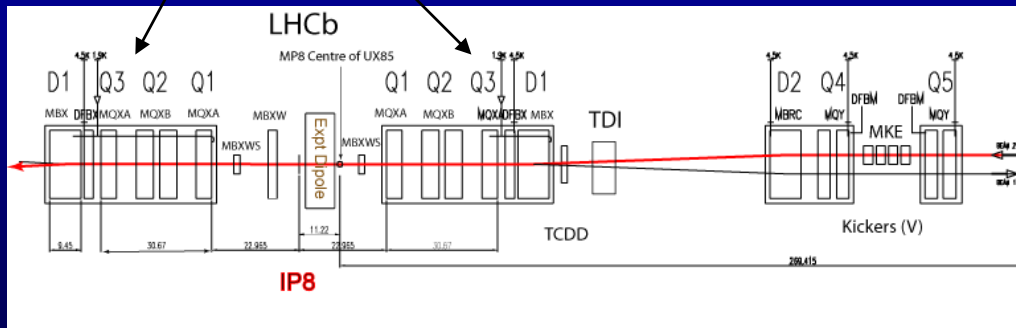
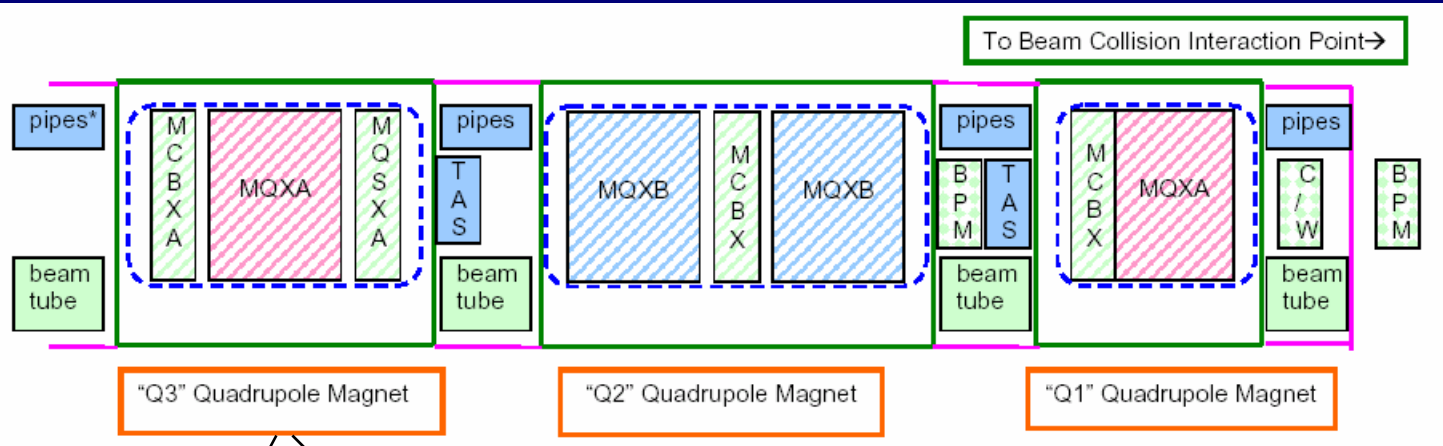
Autour du Point 8

- Last part of TI8
- Septa
- Kickers
- Injection Dump (TDI)
- Collimator (TCDD)
- D2 D1 magnets

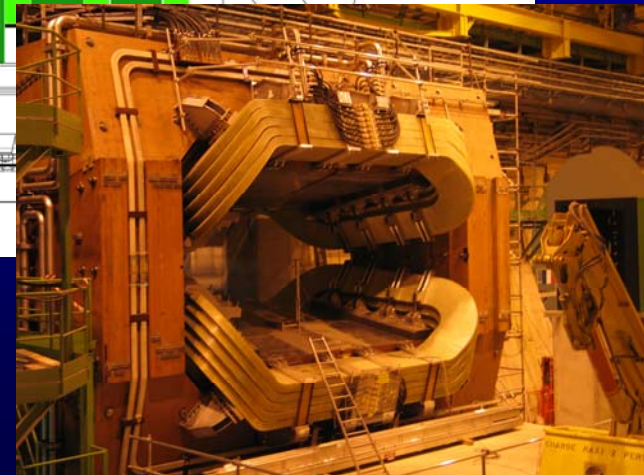
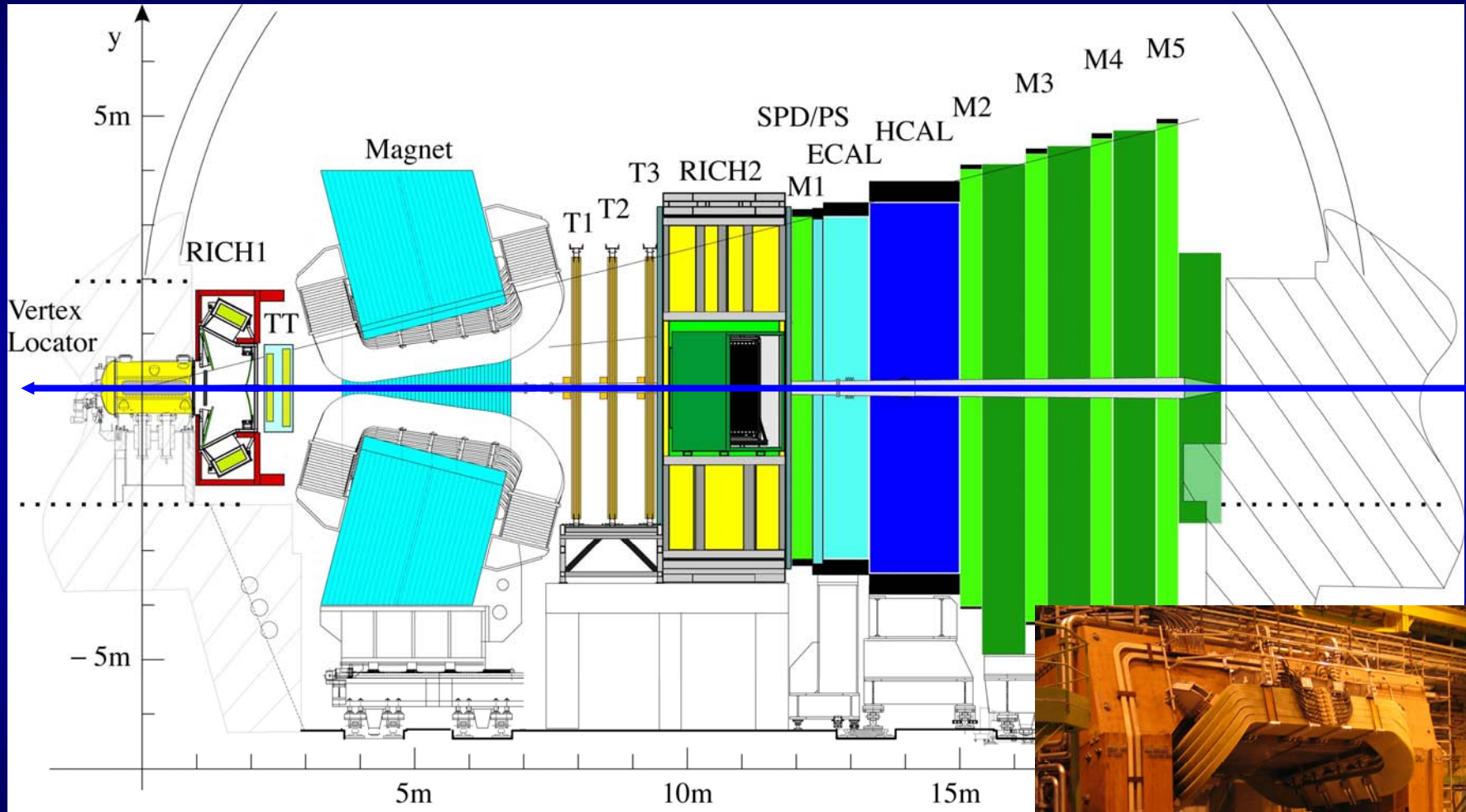


Key elements

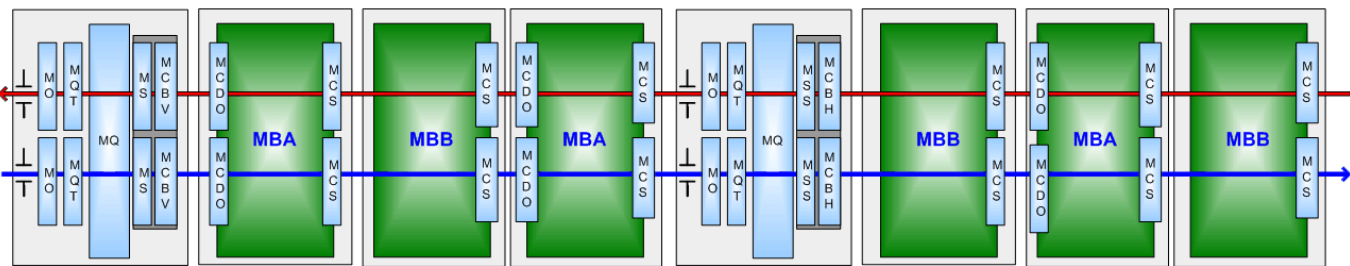
Inner triplet left and right of IP8:



Key elements - LHCb



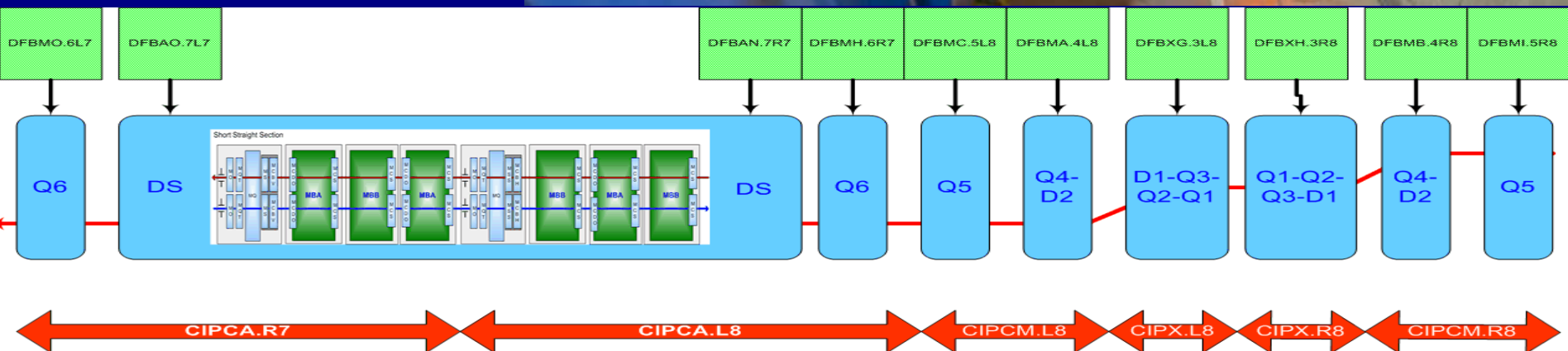
Short Straight Section



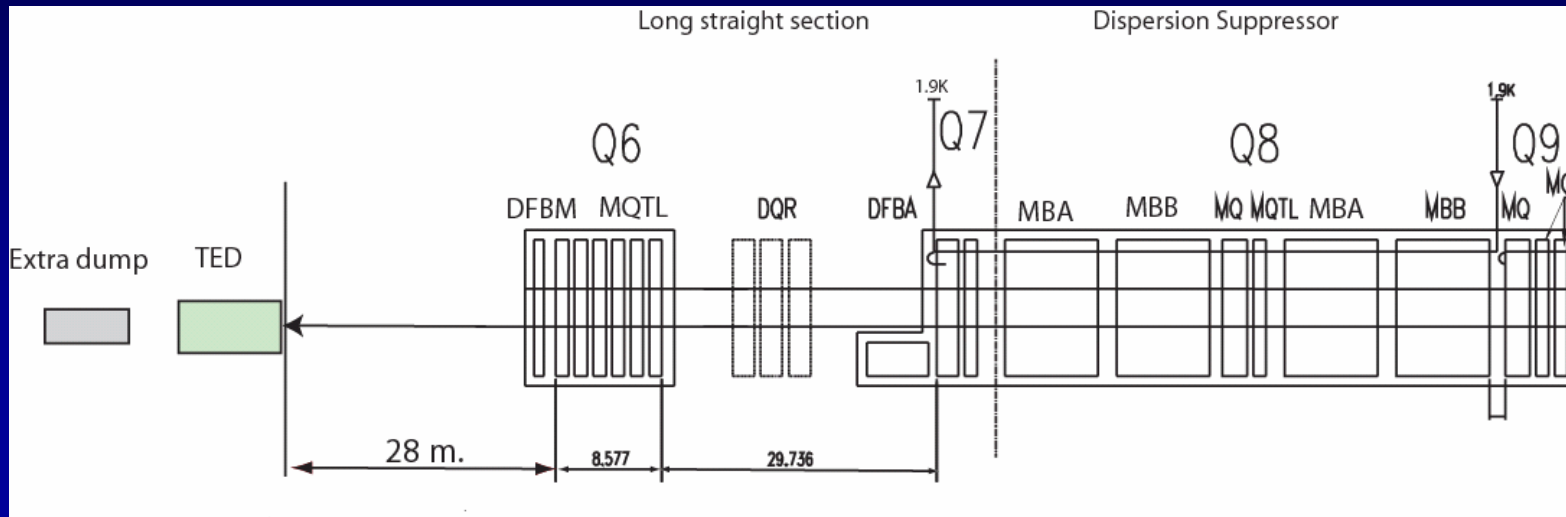
X 23

KEY ELEMENTS

ARC 7-8



Description des installations – IR7



300 m avant le Point 7

- **Additional, temporary vacuum pipe**
- **Dump (TED) installed**
- **Extra shielding behind dump**
- **Radiation monitors**
- **Additional beam instrumentation:**
 - **Fast BCT, Screen**

Motivations

- **S'assurer que tout fonctionne, que l'ensemble des constituants s'intègrent de manière satisfaisante.**
- **Un faisceau est le meilleur outil disponible (et le seul totalement fiable) pour mesurer les performances d'un accélérateur.**
- **A ce jour, plus de dix ans après le lancement du projet, aucun aimant n'a été traversé par un faisceau de particules !**

Motivations (suite)

- **S'assurer que l'ouverture (chambre dans laquelle circulent les faisceaux) est libre de toute obstruction, et a les bonnes dimensions.**
- **Analyser, au moyen de faisceaux, les champs magnétiques des divers aimants qui se trouvent sur leurs trajectoires.**
- **S'assurer de la bonne intégration et d'un bon fonctionnement des systèmes distribués (contrôle, correction, protection, câblage...)**

Motivations (suite)

- **Voir ce qui n'ai pas optimal, apporter des mesures correctives aux équipements des sept autres secteurs qui seront en cours d'installation.**
- **Fournir un jalon significatif et marquant sur un échéancier de projet s'étalant sur plus d'une décennie.**

Test outline

Test	Priority	Duration [hours]	Intensity	Number of shots	Integrated Intensity	Comments
End TI8, Injection Steering, commission screens, IBMS, timing	1	24	5.00E+09	500	2.50E+12	TDI in, protecting LHCb
Trajectory acquisition commissioning, trajectory correction, threading, check energy matching	1	24	5.00E+09	500	2.50E+12	To beam dump
Linear Optics from kick/trajectory, coupling, BPM polarity checks, corrector polarity checks	1	12	1.00E+10	400	4.00E+12	
Commission & calibrate BLM system	1	24	5.00E+09	500	2.50E+12	First to TDI
Aperture limits, acceptance	1	24	5.00E+09	1000	5.00E+12	Pi bumps, BLMS, BCT
Momentum aperture	1	6	5.00E+09	100	5.00E+11	Move energy of SPS beam
IR bumps, aperture, separation, crossing angle bumps [LHCb?]	2	6	5.00E+09	100	5.00E+11	Careful in LHCb
Commission normal cycle - recheck dispersion, optics, aperture	2	24	5.00E+09	300	1.50E+12	Cycle & wait
Energy offset versus time on FB	2	12	5.00E+09	100	5.00E+11	Cycle & repeat
Effects of magnetic cycle, variations during decay, reproducibility	2	24	5.00E+09	300	1.50E+12	10 cycles
Field errors	2	6	3.00E+10	100	3.00E+12	Collect data, off-line analysis
Multi-bunch injection - determination of quench level	2	12	2.00E+11	10	2.00E+12	10 quenches (maximum - start with pilot and work slowly up...)
Injection protection studies - TDI/TCLI/TCDI	2	12	5.00E+09	200	1.00E+12	
TOTAL		210		4110	2.70E+13	
DAYS		8.8				

Essais envisage

- **Assume 50% operational efficiency**
 - Given the challenge – this is optimistic
 - Plan for 7 days beam time
 - If things go well – end test early
- **4000 shots from the SPS - maximum**
- **Mostly pilots – expected integrated intensity into sector:**
 - **3×10^{13} protons at 450 GeV**

Test d'injection du secteur 7-8

Caractéristiques des faisceaux

- **Utilisation du faisceau pilote LHC pour l'essentiel des tests d'injection:**
intensité comprise entre 5 et 10×10^9
 - légèrement supérieure à la sensibilité des moyens de diagnostics,
 - inférieure au seuil de transition résistive si la perte se diffuse sur plus de 5m,
 - deux ordres de grandeur inférieure au seuil d'endommagement des aimants.
 - Clear aim to minimise losses and use beam sparingly when we know where it's going.
- **Only when LHC is prepared to take it – Safe Beam Flag**
- **Specific controls in place**
 - Beam from SPS on explicit request
- **Intensité totale $\approx 3 \times 10^{13}$**

Test d'injection du secteur 7-8

Modes d'exploitation

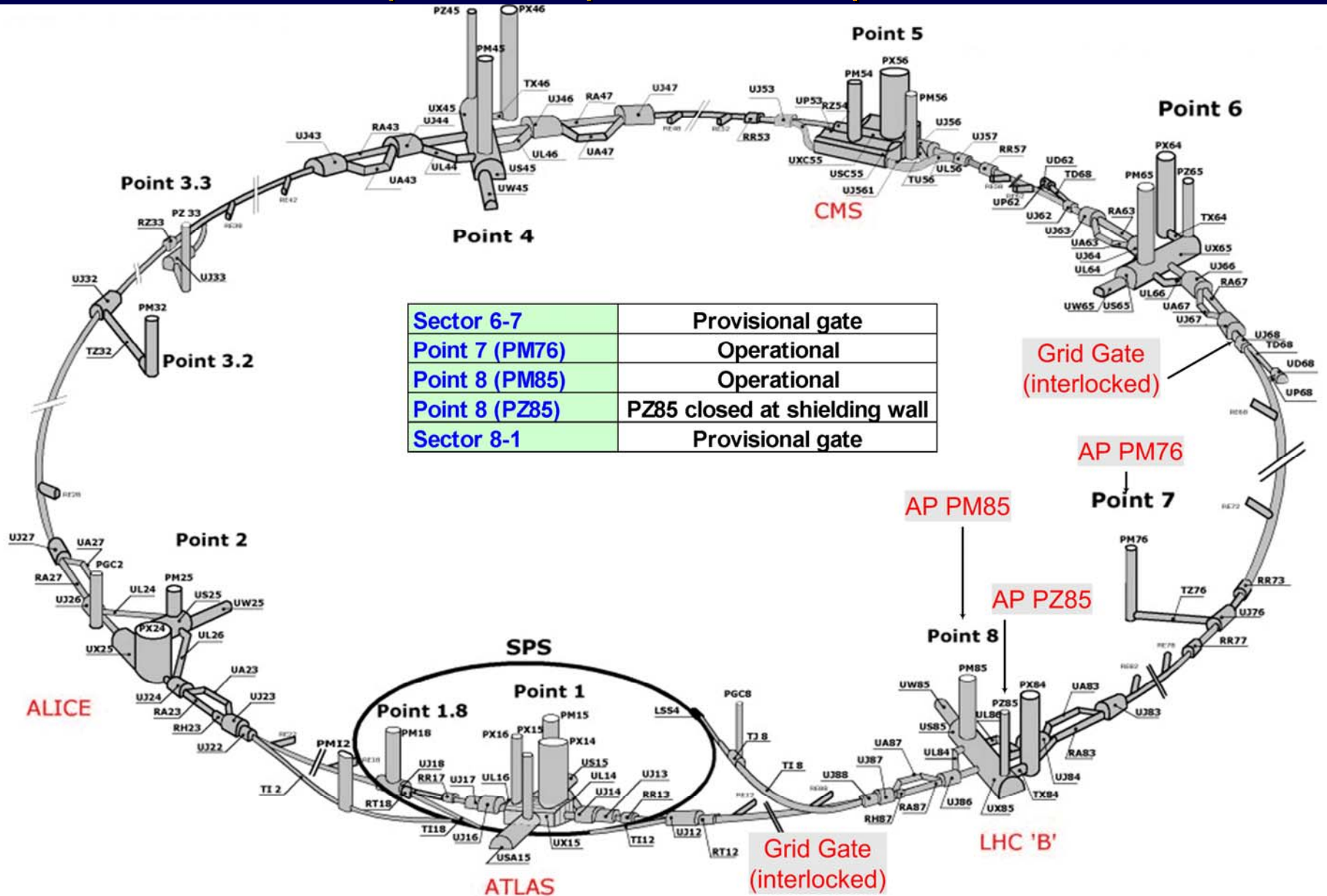
Sur la période concernée par le test,
on distingue 4 (???) modes d'exploitation :

- **Mode test sans faisceau**
(accès contrôlé aux ouvrages souterrains)
- **Mode test avec faisceaux**
(accès interdit, inter-verrouillage activé)
- **Mode arrêt technique bref**
(accès contrôlé, consignation physique des portillons d'accès).

Dispositions particulières | Accès

- **Need to provide access control:**
 - Surface of point 7
 - Surface point 8 (machine and experiment)
- **Need to prevent access to tunnel**
 - Sector 6-7
 - Sector 8-1
- **In place**
 - Nominal LHC access system point 7 and point 8
 - Temporary installation of interlocked gates in sector 6-7 and sector 8-1
 - These at nominal positions

Dispositions particulières | Accès



Dispositions particulières | Accès

- The LHC access console will be available in the CCC
 - MMI for access mode change
- The standard LHC access points will be interlocked against intrusion
- The SPS extraction inhibit from the LHC access system will be the final configuration
- The temporary gates will be interlocked and connected back to the access system:
- Interventions will be via the nominal LHC access system

Major milestone for LHC access system

Risques | Dispositions générales

- Les risques encourus sont les mêmes que ceux s'appliquant à l'accélérateur LHC (cf. le *Rapport provisoire de sûreté*).
- À l'exception du système de sûreté des accès qui pour ce test d'injection ne sera pas le système définitif ????, tous les autres systèmes de protection en place (anoxie, détection incendie, alarmes...) seront les systèmes définitifs.
- Fire detection in place and operational
- ODH in place and operational
- BIW (sirens) – check status
- **NB. All system needed for Hardware Commissioning**
 - In addition no-one in tunnel during test

Dispositions particulières | RP

- We expect to put a maximum of 3×10^{13} protons into the LHC
- Most of this must go onto the dump
 - If we have an irresolvable aperture problems the test will not go ahead
- The test takes place with the same dump and same shielding as used in the Tl8 test
 - Sector test is over a longer period [two weeks vis a vis 2 days]
 - Results directly comparable

Dispositions particulières | RP

- ~ 4000 shots giving a totally intensity of 3×10^{13} protons
- Scaling the simulations performed by RP group based on a total of 1.3×10^{15} protons in 24 hours. Expect typical dose rates if the above total of 3×10^{13} were delivered in 1 day and after 1 day cooling:
- **Dump (TED)**
 - Along side dump:
 - **Predicted:** 40 microSv after one day cooling
 - **Measured:** 20 uSv/h in 10 cm distance after two days of cooling, [see TI 8 tests]
 - Downstream face of TED
 - **Predicted:** 500 micro Sv
 - **Measured:** 50 – 100 uSv/h in 10 cm distance after two days of cooling [see TI 8 tests]

These figures would be lowered even further by the extended cooling period

Retour d'expérience tests Tl8

- Two 2 day periods October/November 2004
- First test:
 - 5×10^{13} protons
- Second test:
 - 6.5×10^{13} protons
- On to a dump identical to that to be used in the LHC injection test

Retour d'expérience tests Tl8

Retour d'expérience Radioprotection :

- Le groupe SC-RP a fait un radiation survey after the tests and enregistré des doses compatible with the estimations de doses.

Retour d'expérience tests Tl8

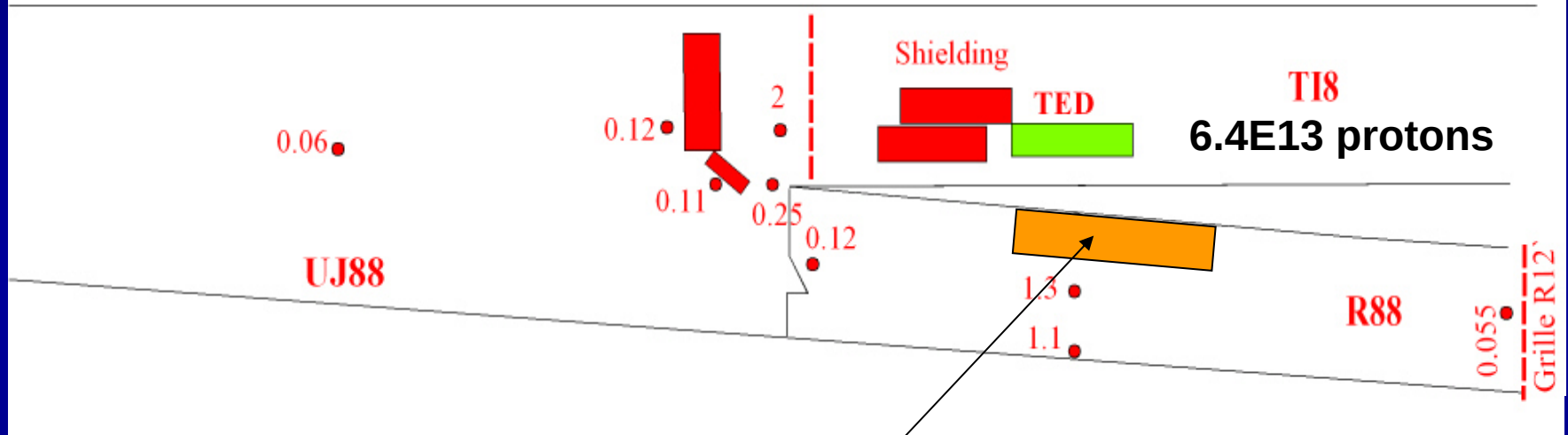
Retour d'expérience Radioprotection :

- Le groupe SC-RP a effectué des mesures d'activation of all material including the concrete
- Les conclusions montrent que la vitesse de désactivation est suffisamment rapide pour que cette question ne soit pas une source de préoccupation majeure. **Short lived isotopes had been produced – no reasons for concern.**

Retour d'expérience: TI8 tests in 2004

CONTROLE RADIOLOGIQUE TI8 LE 08.11.04 - 8H30

Débits de dose en $\mu\text{Sv/h}$ mesurés au Scinto (NaI)



Temporary shielding during 2nd test → zone remained supervised area ($< 2.5 \mu\text{Sv/h}$, workers not to be classified as radiation workers), was removed about 2 days later.

TI8 survey: Radiation survey showed that there were no strong losses along TI8 (most elements far below $1 \mu\text{Sv/h}$, hottest element (except TED): $7 \mu\text{Sv/h}$)

TED: 10 – 50 $\mu\text{Sv/h}$ in 10 cm distance

Dispositions particulières | RP

- **Estimations de doses → TED :**
Il s'agit de l'élément qui sera le plus activé.
- **Concrete around dump area will have some short lived activation. (Na^{24} - $\frac{1}{2}$ life 15.6 hours)**
- **The dump will be removed after an appropriate cooling time**
 - **After one week's cooling less than 200 microSv total dose for crew of 5 people**
- **Protections supplémentaires → point 7 : BLINDAGES as for TI8**

Dispositions particulières | RP

- **Estimations de doses → arc (entre Q7 et Q7) :**
 - Dans l'hypothèse d'une perte uniforme le long du cryostat continue, la dose résultante serait négligeable.
 - Dans l'hypothèse d'une perte répétée concentrée sur un seul cryoaimant, la dose résultante serait comprise entre 4 et 10 $\mu\text{Sv/h}$.

Dispositions particulières | RP

- **Estimations de doses → point 8 :**
- **The injection region will receive a maximum of:**
 - **5×10^{12} protons at the start of commissioning**
- **The area is declared a Simple Controlled Zone after the test**
- **LHCb**
 - **Expect to be able steer cleanly through LHCb (large aperture) and will ensure minimal losses there.**

Dispositions particulières | RP

- **Surveillance → pendant les tests :**
- **Radiation monitoring**
 - RAMSES has the injection test as milestone
 - Ventilation & water
 - Access gates
- **Beam Loss Monitors**
 - Sensitive to losses at 1% level with pilot bunch intensity
- **Beam Intensities**
 - Beam extracted, injected and to dump to be logged
- **RPG survey after the event and perhaps during the test to ensure that activation remains low.**
 - Careful survey afterwards planned after the test of the beam lines, near the injection dump and dump itself.

Dispositions particulières | RP

- **Classification des zones → après les tests :**
 - après l'achèvement de la campagne de tests d'injection, le groupe SC-RP effectuera une campagne de mesures radiologiques.
 - Si la radioactivité rémanente est $< 2,5 \mu\text{Sv/h}$, la zone sera qualifiée de **zone surveillée** ;
Si la radioactivité rémanente est $> 2,5 \mu\text{Sv/h}$, la zone sera qualifiée de **zone contrôlée** ;
Le port d'un dosimètre sera obligatoire.
 - L'essentiel du secteur 7-8 devrait redevenir une zone surveillée.
 - Workers entering the controlled areas are classified and trained according the radiological hazards

Interlocks

- **Intensity interlocks in SPS to avoid extraction of too much intensity. Already tested.**
- **Beam Loss Monitors connected to LHC Beam Interlock System**
- **Radiation monitors at access gates**
- **Any equipment faults will disable extraction from the SPS**
- **Personnel protection via access system**

Injection test: conclusions

- 2 weeks low intensity beam, November 2006
- There should be only a low level of activation. Careful limits on intensity plus interlocks.
- Full access restrictions during test plus interlocked radiation monitoring.
- After the test: full survey and then assume restrictions appropriate to Simple Controlled Area where required.