
Chaînes d'inter verrouillage et EIS pour le LHC et le SPS

Ghislain Roy

Visite IRSN – 1er decembre 2006

Chaînes d'inter verrouillage

Verrouillage mutuel de deux ensembles d'équipements

- ❑ **Équipements d'accès (EIS-a)** qui peuvent indiquer la présence potentielle d'une personne a l'intérieur du périmètre surveillé: sas d'accès personnel ou matériel, points d'accès, portes blindées, murs mobiles, crinolines, portes de secteur ou find de zone, « search », résultante des clés de sûreté...
- ❑ **Équipements de l'accélérateur qui contrôlent les dangers radiologiques dus au faisceau (EIS-f) ou bien les dangers, radiologiques ou électriques, dus à d'autres équipements (EIS-m)**



Chaînes d'inter verrouillage

- Chaque chaîne contient soit des EIS-f soit des EIS-m (mais pas les deux).
- Chaque chaîne faisceau contient au moins trois EIS-f utilisant au moins deux technologies différentes.
- Chaque EIS-f d'une chaîne peut remplir la fonction de la chaîne indépendamment des autres EIS-f de la chaîne.
- Une chaîne est en position sûre (OFF) quand tous les EIS-f ou EIS-m sont en position sûre pour l'accès du personnel et verrouillés dans cette position.

Chaînes d'inter verrouillage faisceaux

Tout accès dans le LHC (planifié ou intrusion) nécessite :

1. Les faisceaux sont extraits vers les « dumps »

- Action de l'opérateur via le système de contrôle.
- Lien câblé direct et redondant entre le LASS et le système de dump (LBDS).
- Lien câblé entre le LASS et le « Beam Interlock Controller » relayé vers le LBDS.

2. Les faisceaux ne peuvent plus circuler

- Une chaîne d'inter verrouillage : **Chaîne 1 du LHC**

3. Les faisceaux ne peuvent plus être injectés

- Deux chaînes d'inter verrouillage : **Chaînes 2 et 8 du LHC**

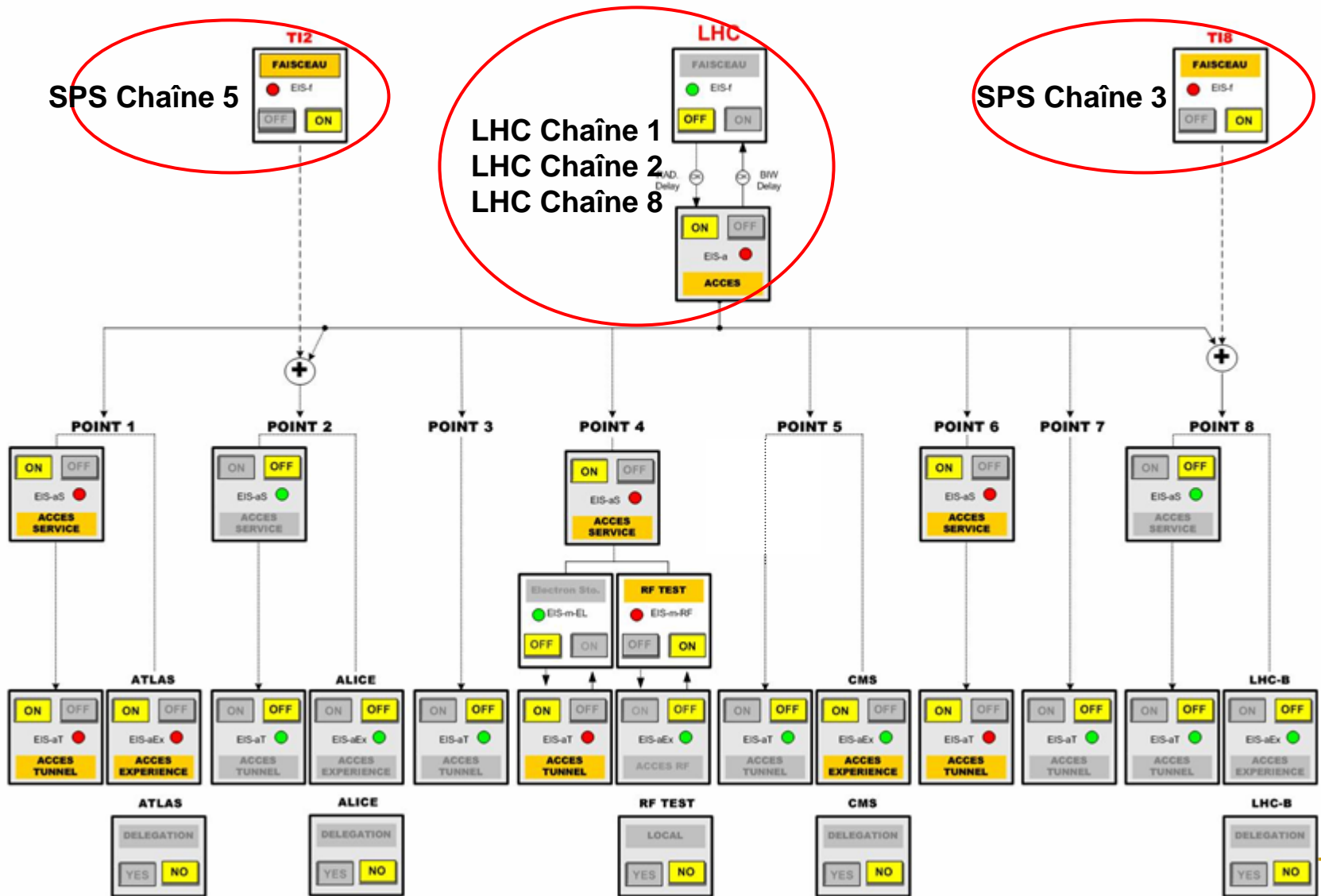
Chaînes d'inter verrouillage faisceaux

	Chaînes	Description	Destination du faisceau
LHC	Chaîne 1 Faisceaux circulants	Empêche la circulation des faisceaux dans le LHC	Extraits vers les dumps
	Chaîne 2 Faisceau injecté Point 2	Empêche l'injection d'un faisceau dans le LHC au Point 2	TED en bas de TI2
	Chaîne 8 Faisceau injecté Point 8	Empêche l'injection d'un faisceau dans le LHC au Point 8	TED en bas de TI8
SPS	Chaîne 3 Transfert TI8	Empêche le transport d'un faisceau le long de TI8	TBSE en haut de TI8
	Chaîne 5 Transfert TI2	Empêche le transport d'un faisceau le long de TI2	TED en haut de TI2

Conditions d'accès au LHC

EIS	Chaînes de sûreté	Zones Accessibles					
		Points 1, 3, 5, 6, 7 y.c. ATLAS et CMS	Point 2 y.c. ALICE	Point 8 y.c. LHCb	Point 4 Zones Service	Point 4 UX46 (zone RF)	Point 4 UJ43 (arc 3-4) UJ47 (arc 4-5)
D3/D4 LR3	LHC Chaîne 1 Faisceaux circulants	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
D3/D4 LR7							
Bloc de Sûreté d'Accès							
TED 29132	LHC Chaîne 2 Faisceau injecte Point 2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIBH 29314							
MSIB / MSIA 29529							
TED 87765	LHC Chaîne 8 Faisceau injecte Point 8	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIAH 87833							
MSIB / MSIA 88134							
TED 6103	SPS Chaîne 5		OFF				
MBB 20150							
MBIAV 20637							
TBSE 80243	SPS Chaîne 3			OFF			
MBI 81607							
MBIAV 81107							
RF	LHC Chaîne 4					OFF	
Stoppeurs d'électrons	LHC Chaîne 5						OFF

Console de Sûreté d'Accès



LHC Chaîne 1 :

Empêche la circulation des faisceaux dans le LHC

1. Dipôles de séparation D3/D4 au Point 3
2. Dipôles de séparation D3/D4 au Point 7
3. Blocs de Sûreté d'Accès

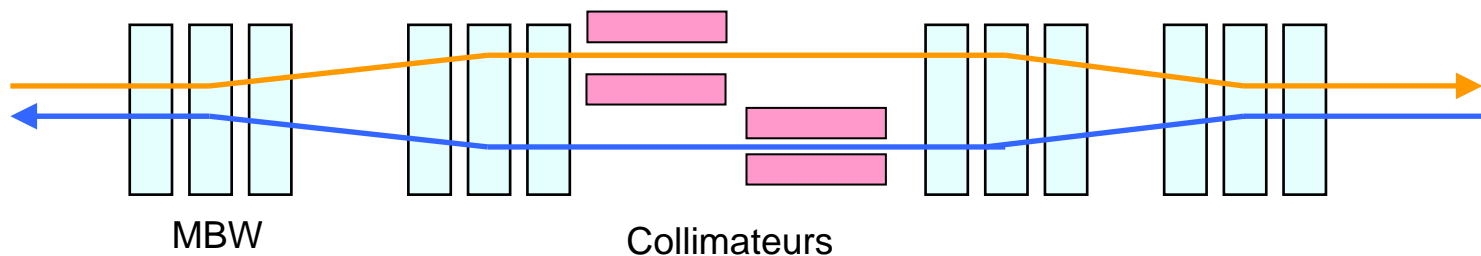
LHC Chaîne 1

1. Dipôles de séparation D3/D4 au Point 3

- 12 aimants MBW :
séparation entre faisceaux portée localement de 194 à 224 mm.
- Convertisseur de puissance unique (RD34.LR3)
alimenté par une seule cellule 18 kV dédiée (EMD304/3E)
- **Point d'interlock sur la cellule 18 kV**

Règles générales :

- on coupe la puissance sur le convertisseur mais on conserve la partie contrôle active
- on place le point d'interlock le plus en amont possible



LHC Chaîne 1

2. Dipôles de séparation D3/D4 au Point 7

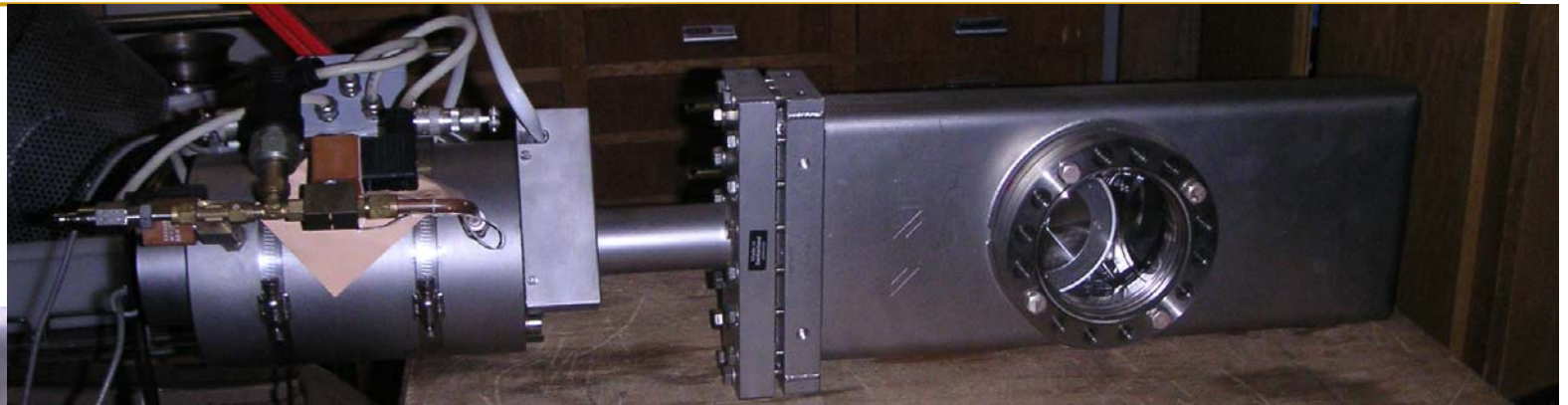
- 8 aimants MBW :
séparation entre faisceaux portée localement de 194 à 224 mm.
- Convertisseur de puissance unique (RD34.LR7)
alimenté par une seule cellule 18 kV dédiée (EMD304/7E)
- **Point d'interlock sur la cellule 18 kV**



LHC Chaîne 1

3. Bloc de Sûreté d'Accès

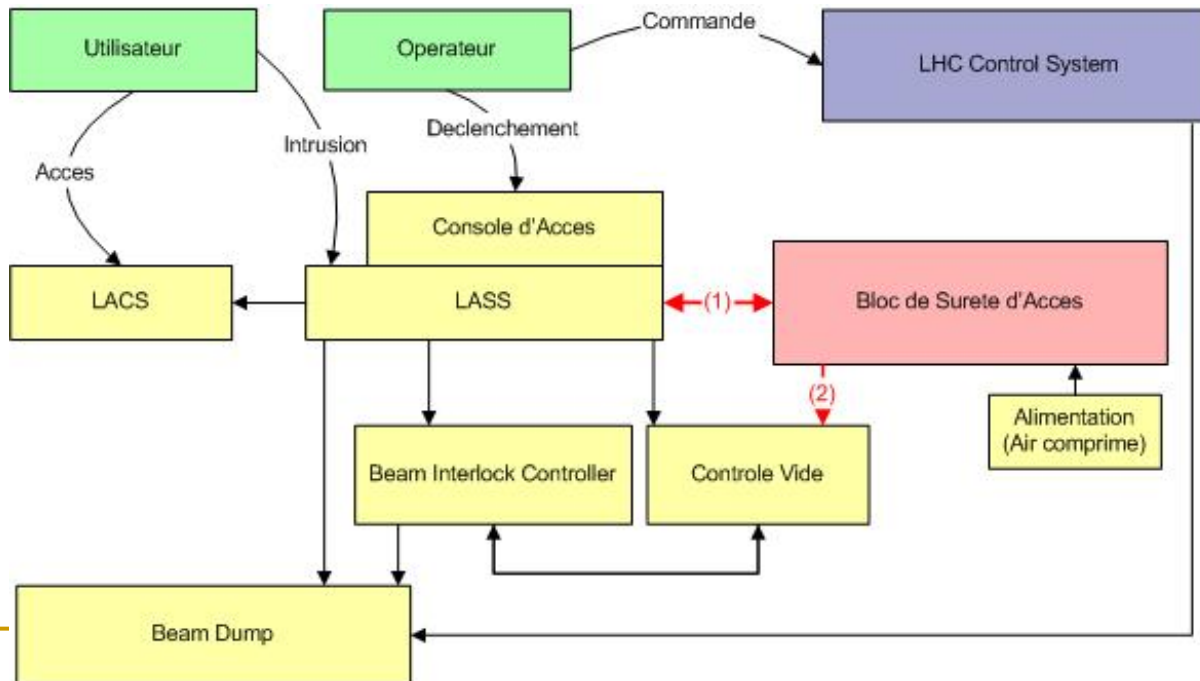
- ❑ Vanne à vide type LEP récupérée et modifiée
- ❑ Pas de mécanisme d'étanchéité (fiabilité)
- ❑ Disque fin : 10 mm acier Inox + 13 mm cuivre (à optimiser)
- ❑ Compacte : 75 mm entre brides
- ❑ Alimenté par air comprimé avec réservoir dédié et déclenchement en fermeture en cas de perte de pression
- ❑ Commande par signal maintenu et fermeture en cas de perte de signal.
- ❑ Construction et maintenance interne par AT/VAC.
- ❑ Fermeture / ouverture en quelques secondes.
- ❑ Un bloc par faisceau circulant
- ❑ **Équipement dédié avec unique fonction de sûreté.**



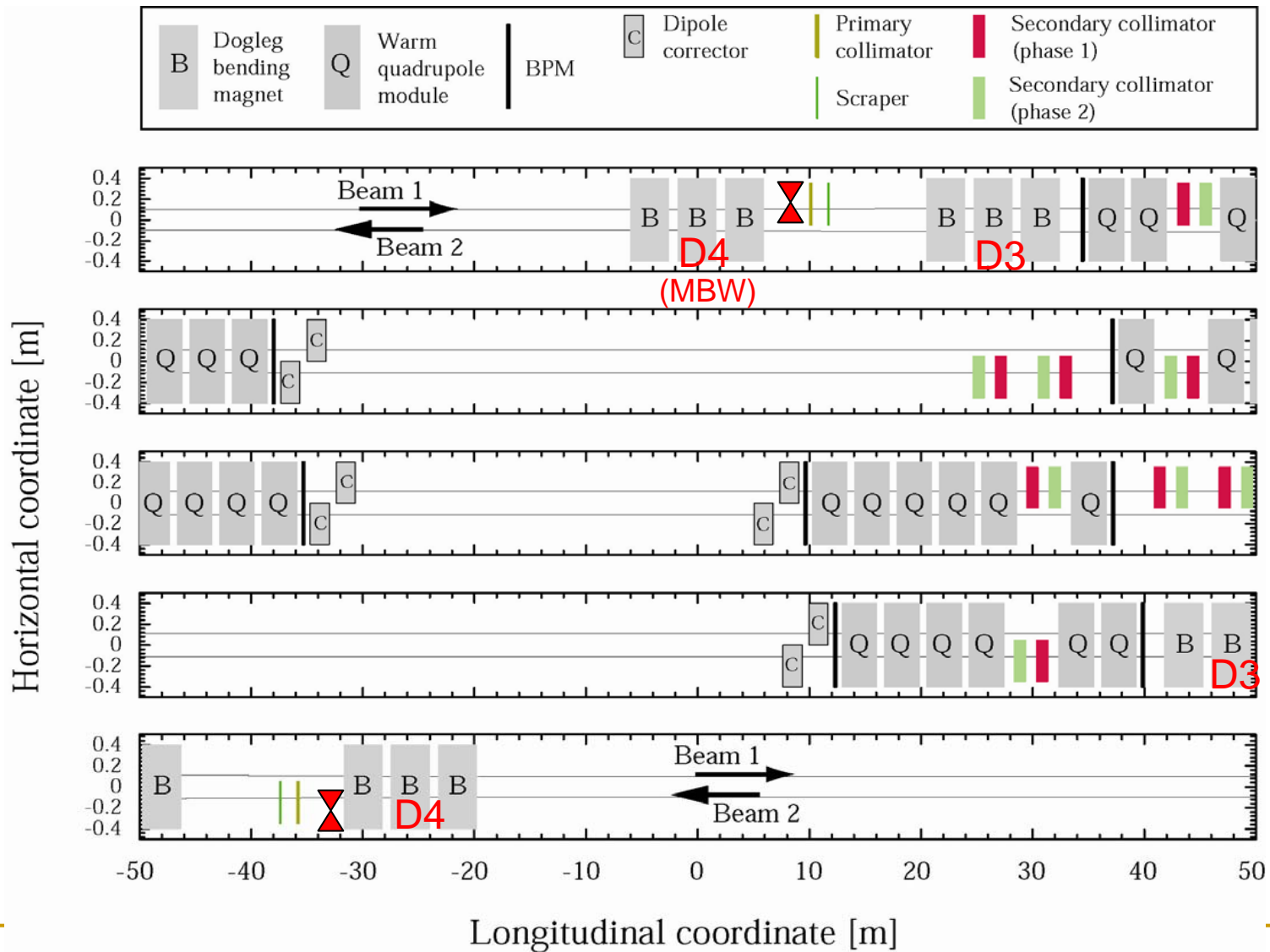
Bloc de Sûreté d'Accès

Contrôle exclusif par le LASS

- ❑ Bloc entre sur envoi du veto LASS (signal à zéro) et sort sur retrait du veto LASS (signal positif)
- ❑ Pas de contrôle préalable du BIC, contrairement aux autres vannes
- ❑ Déclenchement du Beam Dump si le bloc quitte la position “hors”
- ❑ Signal d'état lu aussi par AT/VAC : “chaîne des vannes” (LTC request)



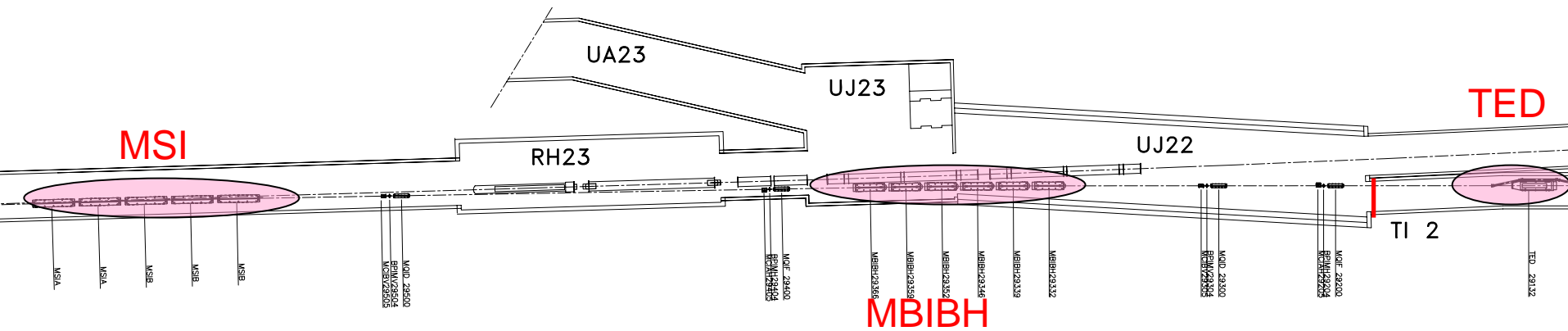
IR3 layout and location of Access Safety Blocks



LHC Chaîne 2 :

Empêche l'injection d'un faisceau dans le LHC au Point 2

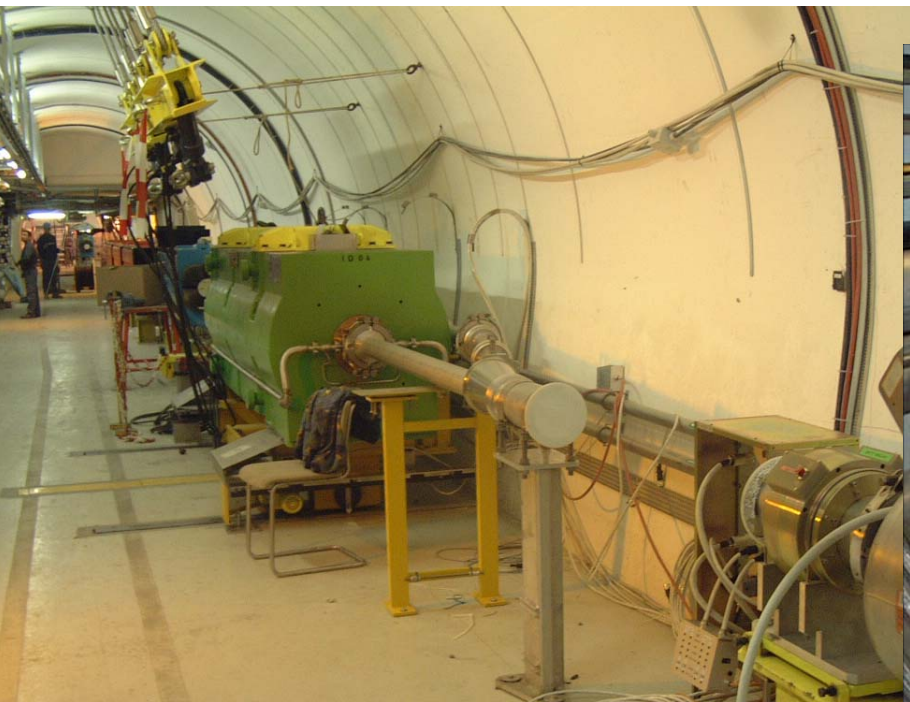
1. Bloc d'absorption mobile en bas de ligne de transfert (TED)
2. Chaîne de dipôles horizontaux (MBIBH)
3. Chaîne des aimants Lambertson d'injection (MSI)



LHC Chaîne 2

1. Bloc d'absorption mobile

- TED 29132 en bas de TI2 du coté TI2
- Interface et utilisation maîtrisées sur le SPS



LHC Chaîne 2

2. Chaîne de dipôles horizontaux

- 6 dipôles horizontaux MBIBH dans UJ22/UJ23
- Convertisseur de puissance unique (MBIBH 2931M) alimenté par réseau 400 V
- **Point d'interlock sur le convertisseur de puissance**

3. Chaîne des aimants Lambertson d'injection

- 5 aimants septa Lambertson types MSIB et MSIA
- Convertisseur de puissance unique (MSIB 2952M) alimenté par réseau 400 V
- **Point d'interlock sur le convertisseur de puissance**



LHC Chaîne 8 :

Empêche l'injection d'un faisceau dans le LHC au Point 8

1. Bloc d'absorption mobile en bas de ligne de transfert

- ❑ TED 87765 en bas de TI8 du côté TI8
- ❑ Interface en cours de spécification

2. Chaîne de dipôles horizontaux

- ❑ 7 dipôles horizontaux MBIAH dans UJ88
- ❑ Convertisseur de puissance unique (MBIAH 8783M) alimenté par une seule cellule 18 kV dédiée (EMD605/8E)
- ❑ **Point d'interlock sur la cellule 18 kV**

3. Chaîne des aimants Lambertson d'injection

- ❑ 5 aimants septa Lambertson types MSIB et MSIA
- ❑ Convertisseur de puissance unique (MSIB 8813M) alimenté par réseau 400 V
- ❑ **Point d'interlock sur le convertisseur de puissance**

TI2 / TI8

- Les chaînes d'inter verrouillage des lignes de transfert font partie du système d'accès du SPS.
- Accès dans TI2 ou TI8 géré depuis la console d'accès du SPS.
- Frontière entre SPS et LHC pour l'accès définie au milieu des lignes de transfert.

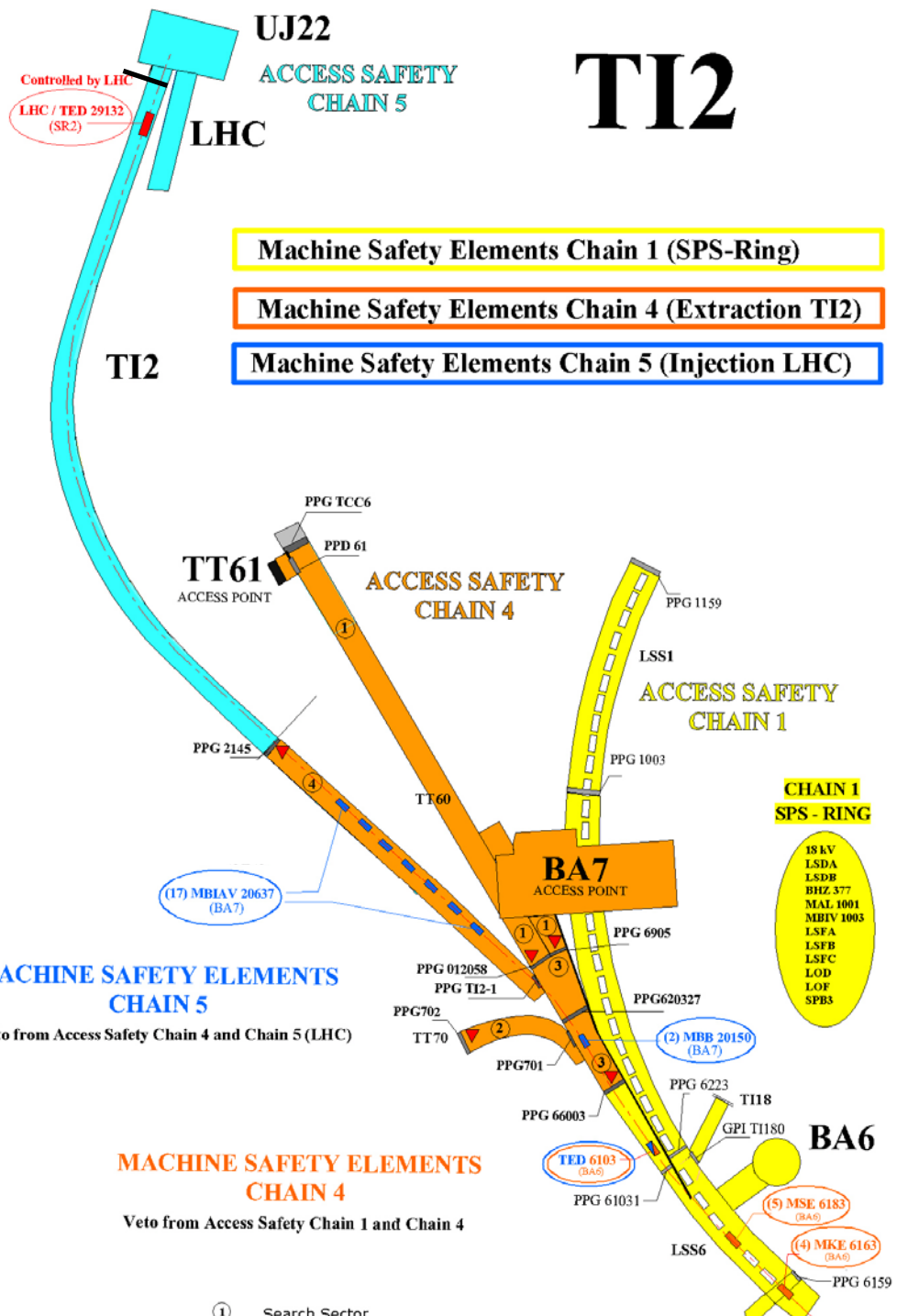
- TI2 : ligne de transfert simple en dépit d'une topologie complexe (héritage du LEP et de la zone expérimentale Ouest du SPS)
- TI8 : partage de l'extraction, certaines zones d'accès et un convertisseur de puissance avec le CNGS.
- TI8 et CNGS doivent pouvoir fonctionner de façon concurrente

- Deux types d'EIS-f :
 - Blocs mobiles : TED, TBSE
 - Convertisseurs de puissance des éléments essentiels : dipôles, septa, kickers

EXTRACTION SPS (LSS6) ET TI2

EIS	Chaînes de sûreté	Zones Accessibles			
		Depuis la PPG 66003 vers LSS6	TI2, TCC6, TT70, TT60 via Point 2, TT61 or BA7, jusqu'à PPG 66003	LHC Point 2	Tous Points LHC sauf Point 2
MULTIPLES	SPS Chaîne 1 Faisceau circulant	OFF			
MKE 6163	SPS Chaîne 4 Extraction TI2	OFF	OFF		
MSE 6183					
TED 6103					
TED 6103	SPS Chaîne 5 Transfert TI2	OFF	OFF	OFF	
MBB 20150					
MBIAV 20637					
TED 29132	LHC Chaîne 2 Injection Point 2	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIBH 29314					
MSIB / MSIA 29529					

TI2



EXTRACTION SPS (LSS4), TI8 et CNGS

EIS	Chaînes de sûreté	Access Zones						
		TT40 via ECX4 ou via PPG 4004	TT41/TJ8/TI8 via TAG42-1 jusqu'à PPG 4004	TI8 via UJ88 et PPG 8270 jusqu'à PPG 4004	TI8, TE80 TZ80, TZ81, TZ82 via UJ88 jusqu'à PPG 8270	CNGS via TSG41, TCC4 jusqu'à PPG 4124	LHC Point 8	Tous Points LHC sauf Point 8
multiple	SPS Chaîne 1 Faisceau circulant	OFF						
MKE 41631	SPS Chaîne 2 Extraction TT40	OFF	OFF	OFF		OFF		
MSE 41837								
MBHC 400107								
TED 400354								
TBSE 80243	SPS Chaîne 3 Transfert TI8	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF (MBI grounded or PC off)	
MBI 81607*								
MBIAV 81107								
TED 87765	LHC Chaîne 8 Injection Point 8	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIAH 87833								
MSIB / MSIA 88134								
MBSG 410010	SPS Chaîne 6 CNGS	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF (MBG grounded or PC off)		
TBSE 410113								
MBG 410147*								

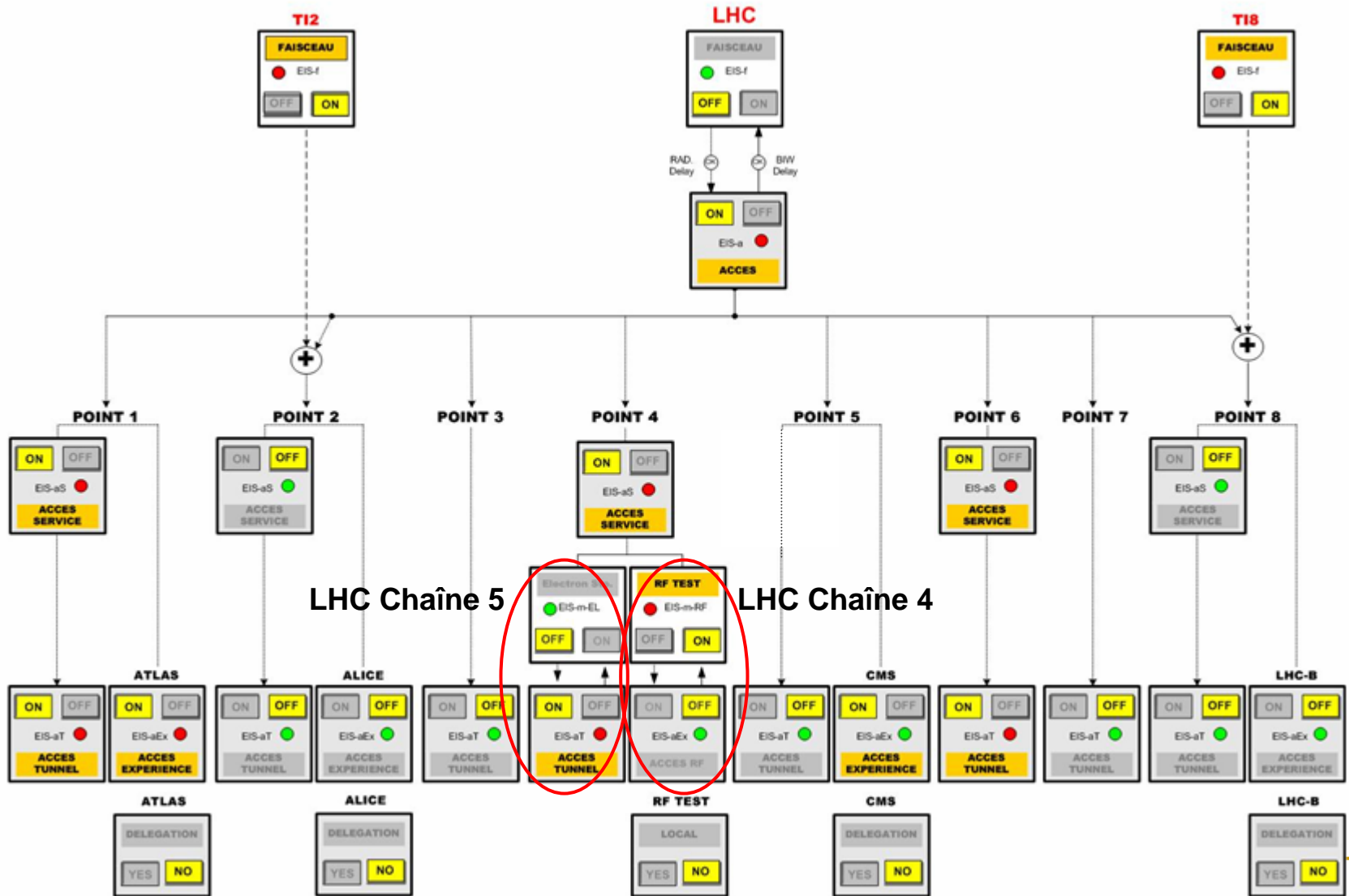
Chaînes d'inter verrouillage « machine »

	Chaînes	Description
LHC	Chaîne 4 RF	Empêche la production de rayonnement (X) par les cavités dans la zone RF
	Chaîne 5 Emission de champ	Empêche la propagation des électrons d'émission de champ dans les zones adjacentes à la zone RF

Conditions d'accès au LHC

EIS	Chaînes de sûreté	Zones Accessibles					
		Points 1, 3, 5, 6, 7 y.c. ATLAS et CMS	Point 2 y.c. ALICE	Point 8 y.c. LHCb	Point 4 Zones Service	Point 4 UX46 (zone RF)	Point 4 UJ43 (arc 3-4) UJ47 (arc 4-5)
D3/D4 LR3	LHC Chaîne 1 Faisceaux circulants	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
D3/D4 LR7							
Bloc de Sûreté d'Accès							
TED 29132	LHC Chaîne 2 Faisceau injecte Point 2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIBH 29314							
MSIB / MSIA 29529							
TED 87765	LHC Chaîne 8 Faisceau injecte Point 8	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
MBIAH 87833							
MSIB / MSIA 88134							
TED 6103	SPS Chaîne 5		OFF				
MBB 20150							
MBIAV 20637							
TBSE 80243	SPS Chaîne 3			OFF			
MBI 81607							
MBIAV 81107							
RF	LHC Chaîne 4					OFF	
Stoppeurs d'électrons	LHC Chaîne 5						OFF

Console de Sûreté d'Accès



LHC Chaîne 4 :

Empêche la production de rayonnement par les cavités RF

1. Système de contrôle bas-niveau des cavités RF

- ❑ Commande de la circulation de la puissance RF dans les cavités et la chaîne de puissance amont.

2. Alimentation des klystrons

- ❑ disjoncteurs principaux (MCB) des quatre convertisseurs de puissance des klystrons.
- ❑ **Point d'interlock sur les MCB**

3. Distribution électrique

- ❑ cellules 18 kV alimentant les convertisseurs de puissance des klystrons
- ❑ **Point d'interlock sur les cellules 18 kV**

LHC Chaîne 5 :

Empêche la propagation des électrons d'émission de champ dans les zones adjacentes à la zone RF

1. Stoppeurs d'électrons

- ❑ Design identique à celui du Bloc de Sûreté d'Accès
- ❑ Energie maximum des électrons accélérés : 32 MeV.
- ❑ Electrons perdus dans la chambre à vide génèrent des rayons X.
- ❑ Utilisé en conjonction avec blindage pour les secondaires.



Conclusions

Chaînes d'inter verrouillage du LHC

- Machine **Faisceau** **Chaîne 1** : empêche les faisceaux de circuler deux chaînes d'aimants et un bloc mobile
- Chaîne 2** : empêche l'injection du faisceau au Point 2 un bloc mobile et deux chaînes d'aimants
- Chaîne 8** : idem pour Point 8
- Chaîne 4** : empêche les cavités RF de fonctionner contrôle RF et deux points dans la chaîne d'alimentation électrique
- Chaîne 5** : empêche la propagation des électrons de la RF quatre blocs absorbeurs d'électrons et blindage

Connexion avec les chaînes SPS

- Faisceau** **Chaîne 5** : empêche le transport du faisceau dans TI2 Un bloc mobile et deux chaînes d'aimants
- Chaîne 3** : idem pour TI8



Chaînes d'inter verrouillage

- Les chaînes du SPS peuvent contenir des EIS-f et des EIS-m en même temps.
- Un EIS-f peut aussi servir d'EIS-m (risque électrique)
- Les chaînes du SPS seront remaniées pour se conformer aux principes adoptés pour le LHC, au plus tard lorsque le système d'accès type LHC sera déployé au SPS.

- Une chaîne est en position sûre (OFF) quand tous les EIS-f ou EIS-m sont en position sûre pour l'accès du personnel et verrouillés dans cette position.

Situation/ Module No	MIS CHAIN MIS Element	CHAIN 1 SPS RING	CHAIN 2 EXT. TT40	CHAIN 3 INJ. T18 LHC	CHAIN 4 EXT. T12	CHAIN 5 INJ. T12 LHC	CHAIN 6 INJ. CNGS	CHAIN 9 EXT. NORTH	CHAIN 10 TCC2
BA1/1	BHZ 377	F							
BA1/5	MAL 1001	F							
BA1/6	MBIV 1003	F							
BA2/1	MSE 2183							F	
BA2/2	TED 2103							F	F
BA2/3	TBSE 2106							F	F
BA2/4	MBE 2103/Total							F	F
BA2/5	MBE 2103/Partial							F	
BA3/1	18KV MCB	F							
BA3/2	LSDA	M							
BA3/3	LSDB	M							
BA3/4	LSFA	M							
BA3/5	LSFB	M							
BA3/6	LSFC	M							
BA3/7	LOD	M							
BA3/8	SPB3-N04	M							
BA3/9	LOF	M							
ECX4/1	TED 400354		F						
ECX4/2	MKE 41631		F						
ECX4/3	MSE 41837		F						
ECX4/4	MBHC 400107		F						
ECX4/5	TBSE 80243			F					
ECX4/6	MBIAV 81107			F					
ECX4/7	MBG (CNGS)						F		
ECX4/8	MBSG 410010						F		
ECX4/9	TBSE 410113						F		
ECX4/10	MBI (LHC)			F					
ECX4/11	REFLECTOR						M		
ECX4/12	HORN						M		
ECX4/13	Vacuum Shutter						M		
BA6/1	MSE 6183				F				
BA6/2	TED 6103				F	F			
BA6/3	MKE 6163				F				
BA7/1	MBB 20150					F			
BA7/2	MBIAV 20637					F			
	CHAINE	1	2	3	4	5	6	9	10

SPS Chaîne 1 :

Empêche injection et circulation du faisceau dans le SPS

EIS-faisceau

- BHZ 377
- MAL 1001
- MBIV 1003
- 18KV MCB

aimant - MCB

aimants - MCB

aimants - MCB

18KV - cellule

EIS-machine

- LSDA, LSDB
- LSFA, LSFB, LSFC
- LOD, LOF
- SPB3-N04

aimants - MCB

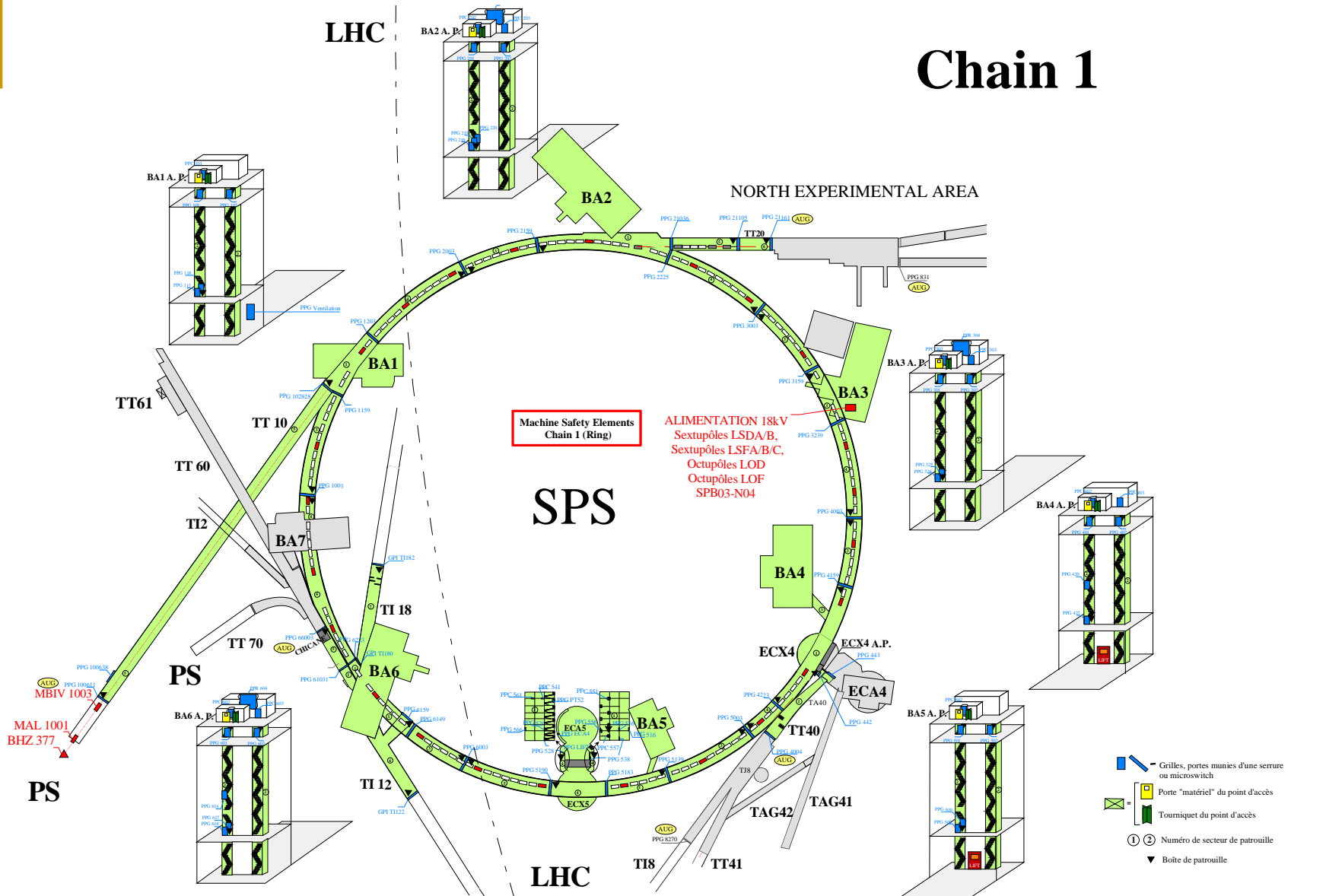
aimants - MCB

aimants - MCB

spare

LHC

Chain 1



- Grilles, portes munies d'une serrure ou microswitch
- Porte "matériel" du point d'accès
- Tourniquet du point d'accès
- ① ② Numéro de secteur de patrouille
- ▼ Boîte de patrouille

SPS Safety Chain_2006 / Juin 2006 / M/G

SPS Chaîne 2 :

Empêche l'extraction du faisceau en LSS4 au delà du TED

EIS-faisceau

- **MKE 41631** aimants pulsés rapides
- **MSE 41837** aimants – MCB
- **MBHC 400107** aimants - MCB
- **TED 400354** bloc d'arrêt de faisceau

SPS Chaîne 3 :

Empêche le transfert du faisceau dans TI8

EIS-faisceau

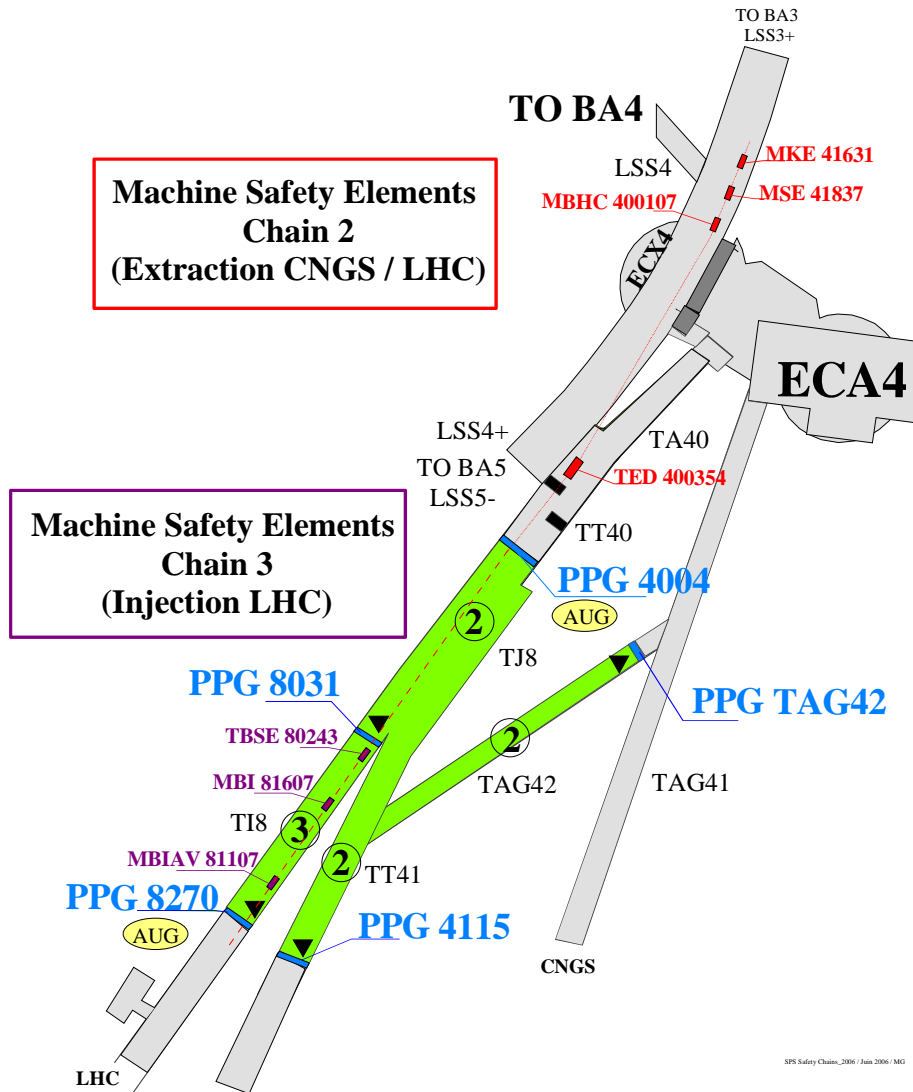
- **TBSE 80243**
- **MBIAV 81107**
- **MBI (LHC)**

arrêt de faisceau de sécurité

aimants – MCB

aimants – convertisseur partagé

Chain 2 and 3



SPS Chaîne 6 :

Empêche le transfert du faisceau dans TT41 vers CNGS

EIS-faisceau

- **MBSG 410010**
- **TBSE 410113**
- **MBG (CNGS)**

aimants – MCB

arrêt de faisceau de sécurité

aimants – convertisseur partagé

EIS-machine

- **Réflecteur**
- **Corne**
- **Obturateur**

danger électrique

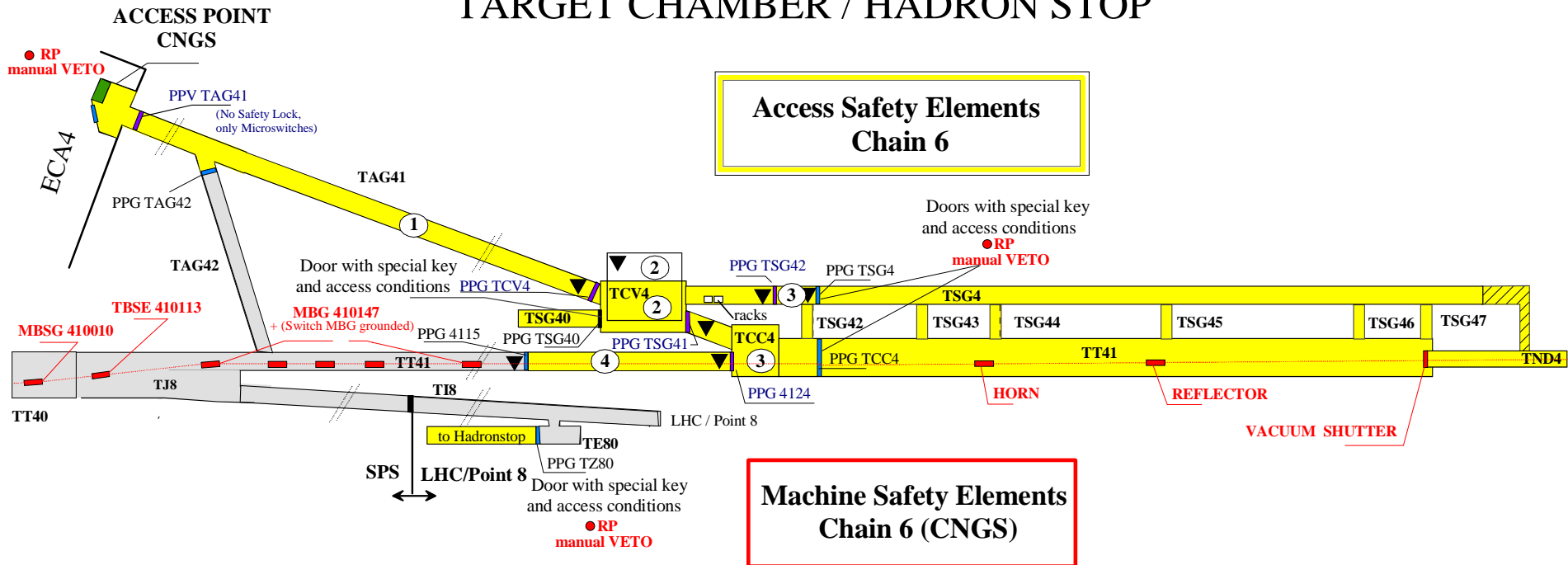
danger électrique

danger mécanique
(onde de choc)

Chain 6

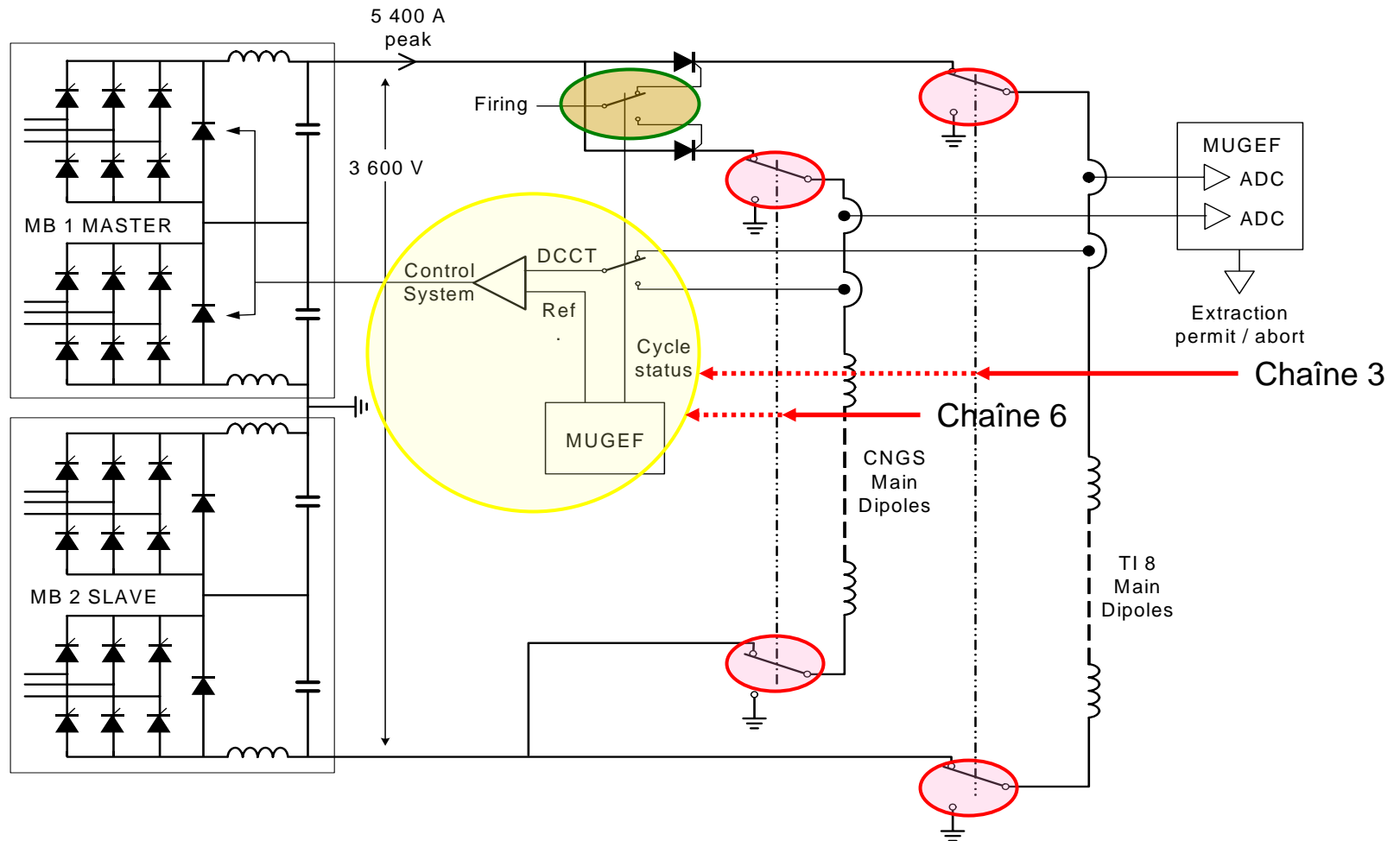
CNGS

TARGET CHAMBER / HADRON STOP



- Fire/Ventilation/Access Door with special Safety Lock
- Access Door with Safety Lock

MBI / MBG inter verrouillage



Surveillé par SPS ACS

Point d'interlock

SPS Chaîne 4 :

Empêche l'extraction du faisceau en LSS6 au delà du TED

EIS-faisceau

- **MKE 6163**
- **MSE 6183**
- **TED 6103**

aimants pulsés rapides

aimants – MCB

bloc d'arrêt de faisceau

SPS Chaîne 5 :

Empêche le transfert du faisceau dans TI2

EIS-faisceau

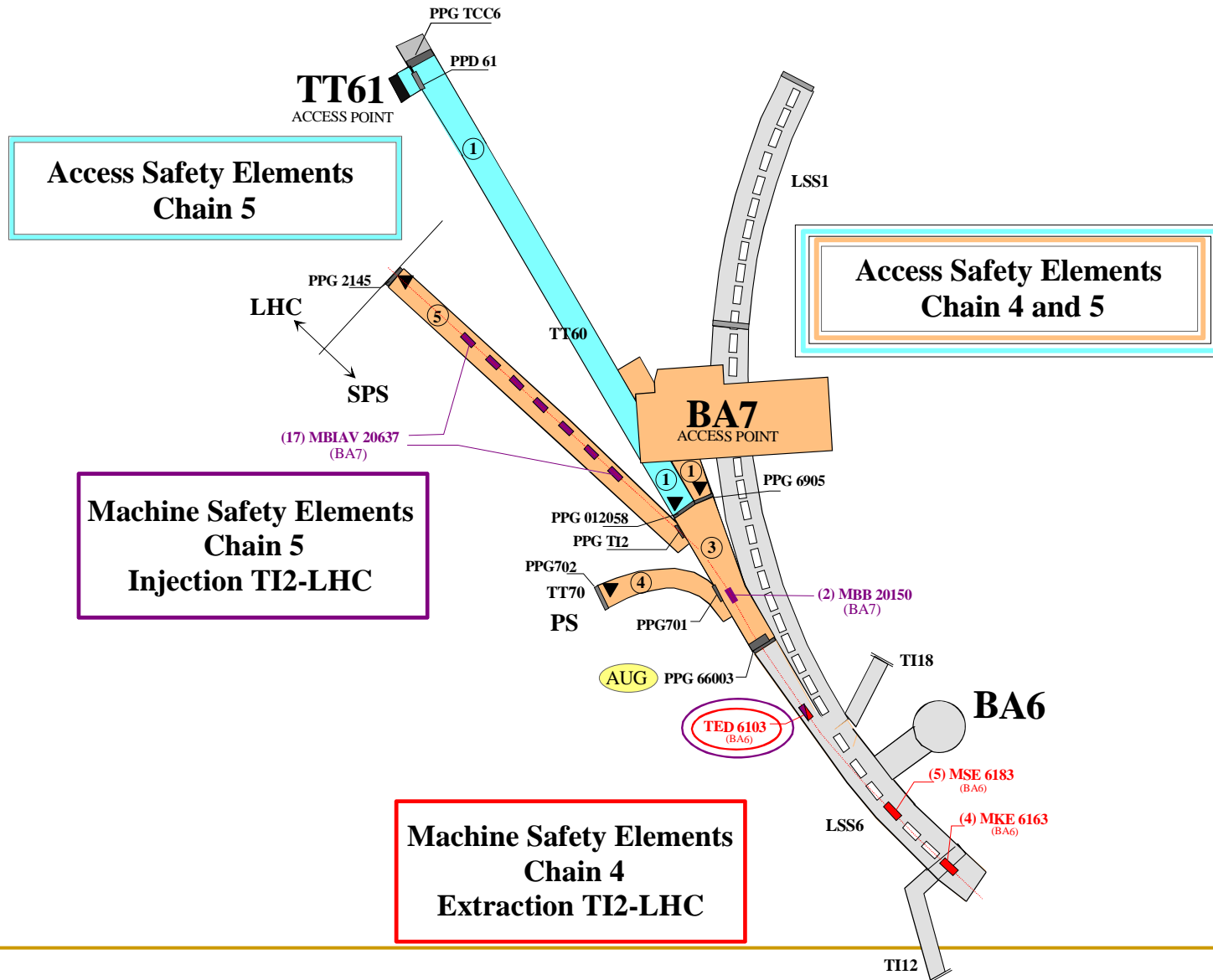
- **TED 6103**
- **MBB 20150**
- **MBIAV 20637**

arrêt de faisceau

aimants – MCB

aimants – MCB

Chain 4 and 5



SPS Chaîne 10 :

Empêche le transfert du faisceau dans TT20 vers TCC2

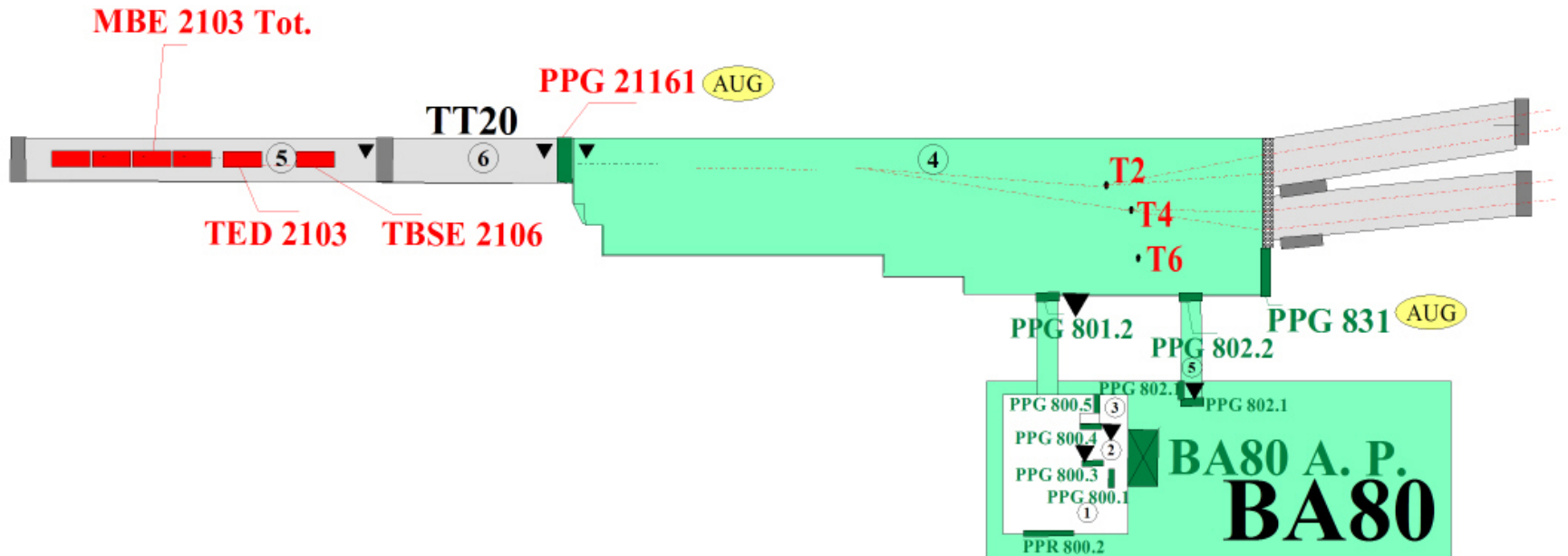
EIS-faisceau

- **TED 2103**
- **TBSE 2106**
- **MBE 2103 Total**

bloc d'arrêt de faisceau
bloc d'arrêt de sécurité
aimants après TED

Chain 10

(Access BA80)



SPS Safety Chain_2006 / Juin 2006 / 340

SPS Chaîne 9 :

Empêche l'extraction du faisceau en LSS2 au delà du TBSE

EIS-faisceau

- **MSE 2183**
- **TED 2103**
- **TBSE 2106**
- **MBE 2103 total**
- **MBE 2103 partiel**

aimants pulsés rapides

aimants – MCB

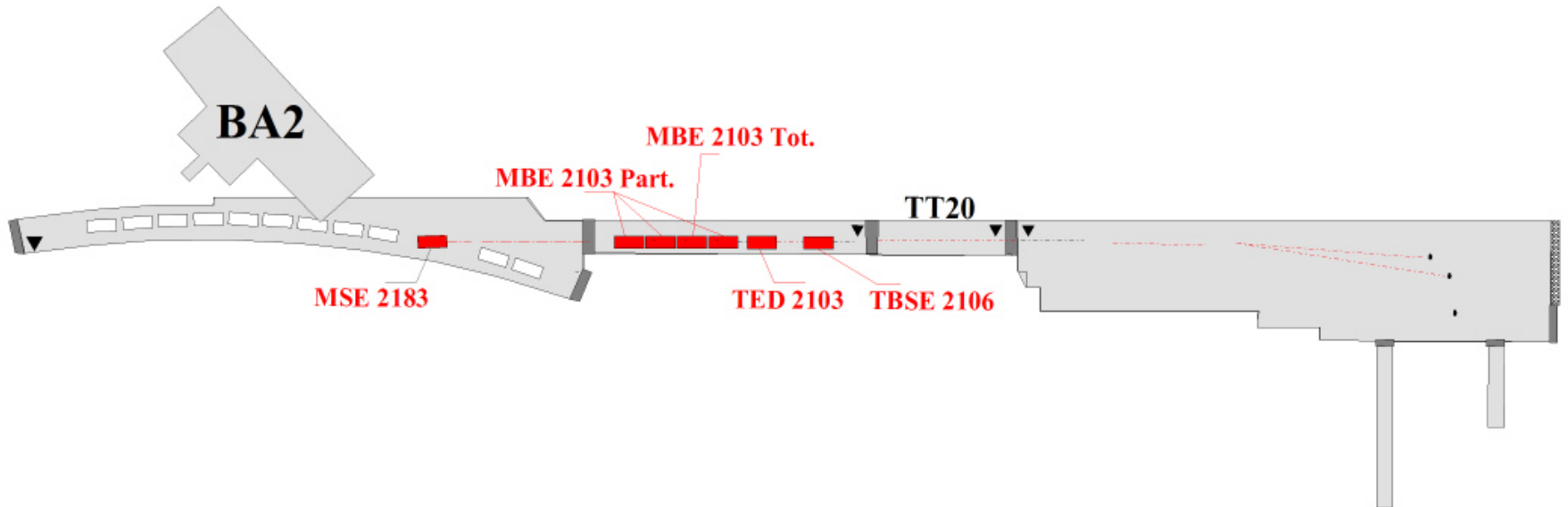
bloc d'arrêt de faisceau

aimants après le TED

...et avant le TED

Chain 9

(EIS - North Extraction)



SPS Safety Chains_2006 / Juin 2006 / 503

Situation/ Module No	MIS CHAIN MIS Element	CHAIN 1 SPS RING	CHAIN 2 EXT. TT40	CHAIN 3 INJ. T18 LHC	CHAIN 4 EXT. T12	CHAIN 5 INJ. T12 LHC	CHAIN 6 INJ. CNGS	CHAIN 9 EXT. NORTH	CHAIN 10 TCC2
BA1/1	BHZ 377	F							
BA1/5	MAL 1001	F							
BA1/6	MBIV 1003	F							
BA2/1	MSE 2183							F	
BA2/2	TED 2103							F	F
BA2/3	TBSE 2106							F	F
BA2/4	MBE 2103/Total							F	F
BA2/5	MBE 2103/Partial							F	
BA3/1	18KV MCB	F							
BA3/2	LSDA	M							
BA3/3	LSDB	M							
BA3/4	LSFA	M							
BA3/5	LSFB	M							
BA3/6	LSFC	M							
BA3/7	LOD	M							
BA3/8	SPB3-N04	M							
BA3/9	LOF	M							
ECX4/1	TED 400354		F						
ECX4/2	MKE 41631		F						
ECX4/3	MSE 41837		F						
ECX4/4	MBHC 400107		F						
ECX4/5	TBSE 80243			F					
ECX4/6	MBIAV 81107			F					
ECX4/7	MBG (CNGS)						F		
ECX4/8	MBSG 410010						F		
ECX4/9	TBSE 410113						F		
ECX4/10	MBI (LHC)			F					
ECX4/11	REFLECTOR						M		
ECX4/12	HORN						M		
ECX4/13	Vacuum Shutter						M		
BA6/1	MSE 6183				F				
BA6/2	TED 6103				F	F			
BA6/3	MKE 6163				F				
BA7/1	MBB 20150					F			
BA7/2	MBIAV 20637					F			
	CHAINE	1	2	3	4	5	6	9	10