

L'ESRF:

Principe

Description

Fonctionnement au jour le jour

Upgrade aujourd'hui et demain

PLAN DE L'EXPOSÉ

Partie 1: L'ESRF

- INTRODUCTION
- Une BRÈVE histoire des accélérateurs jusqu'à l'ESRF
- LES SOURCES DE LUMIÈRE
- LES ACCÉLÉRATEURS DE L'ESRF



Partie 2: L'ESRF EN FONCTIONNEMENT

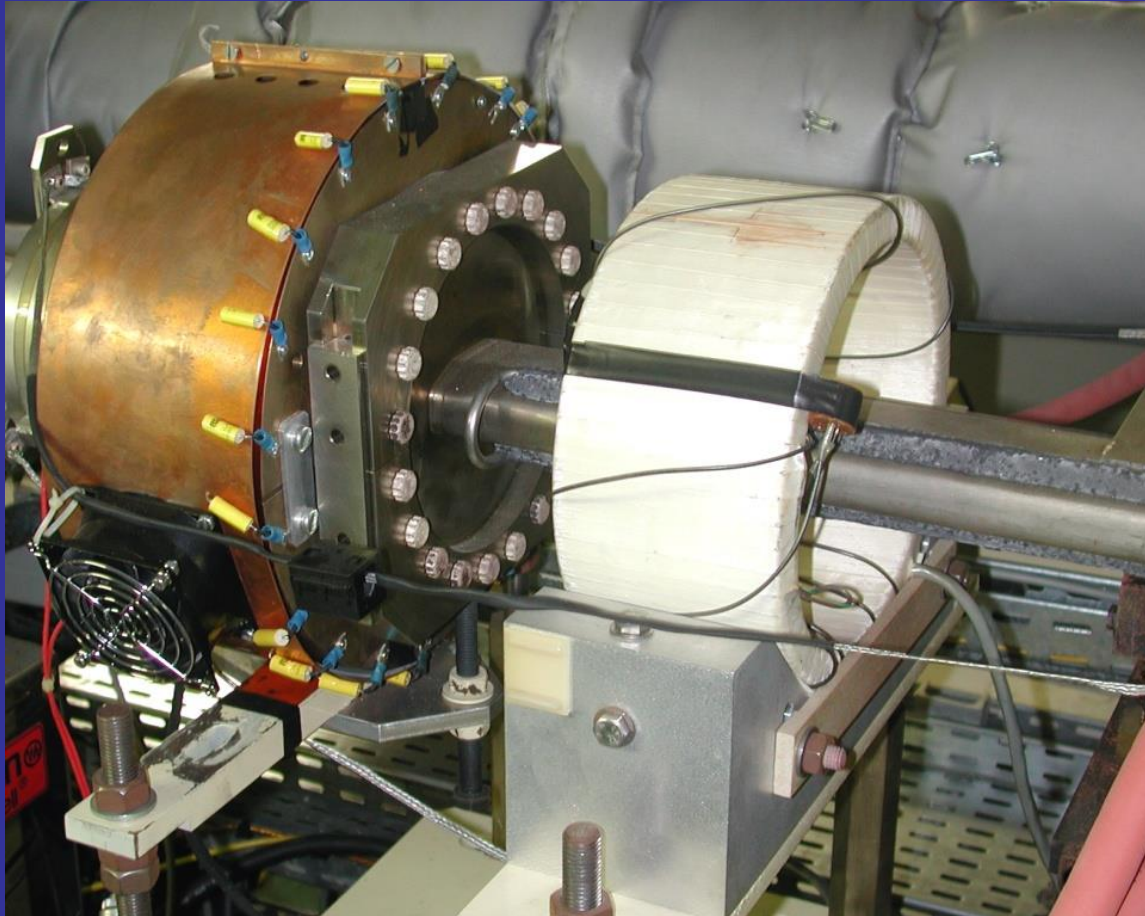
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

Partie 3: L'ESRF AUJOURD'HUI et DEMAIN

- COMMENT OBTENIR UNE PETITE EMITTANCE
- UPGRADE DE L'ESRF
- STATUS ET PLANNING

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: le transformateur de courant



Rôle: mesurer l'intensité du faisceau

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

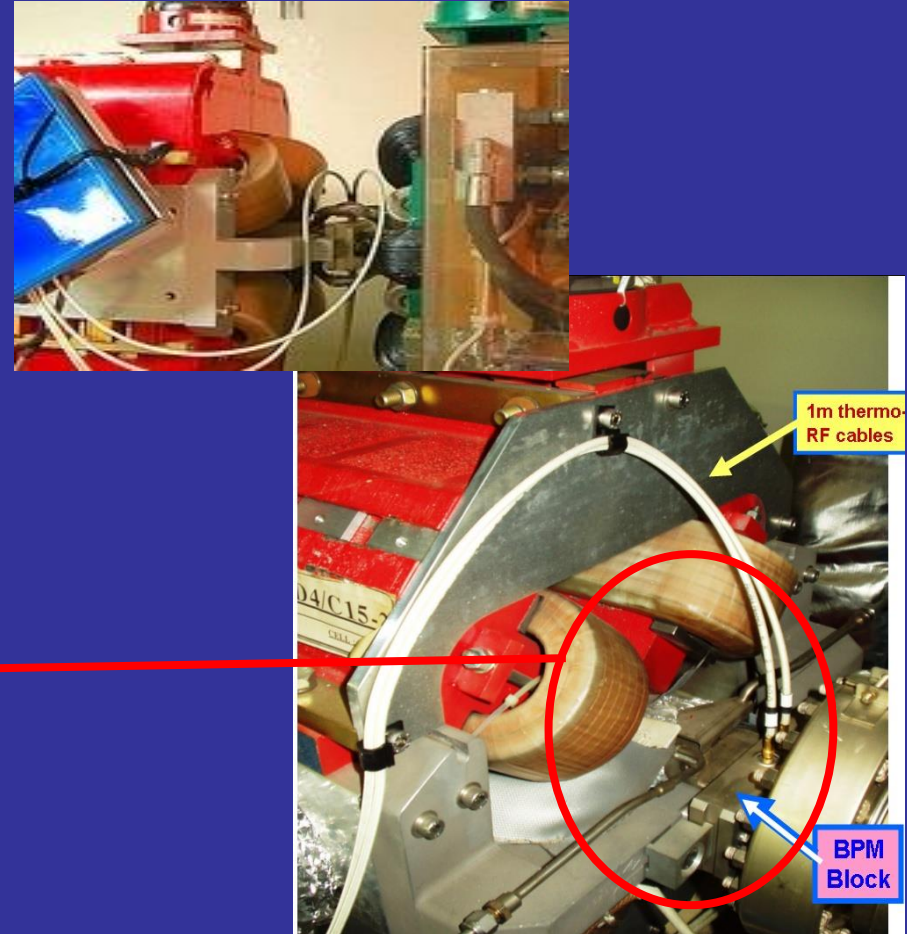
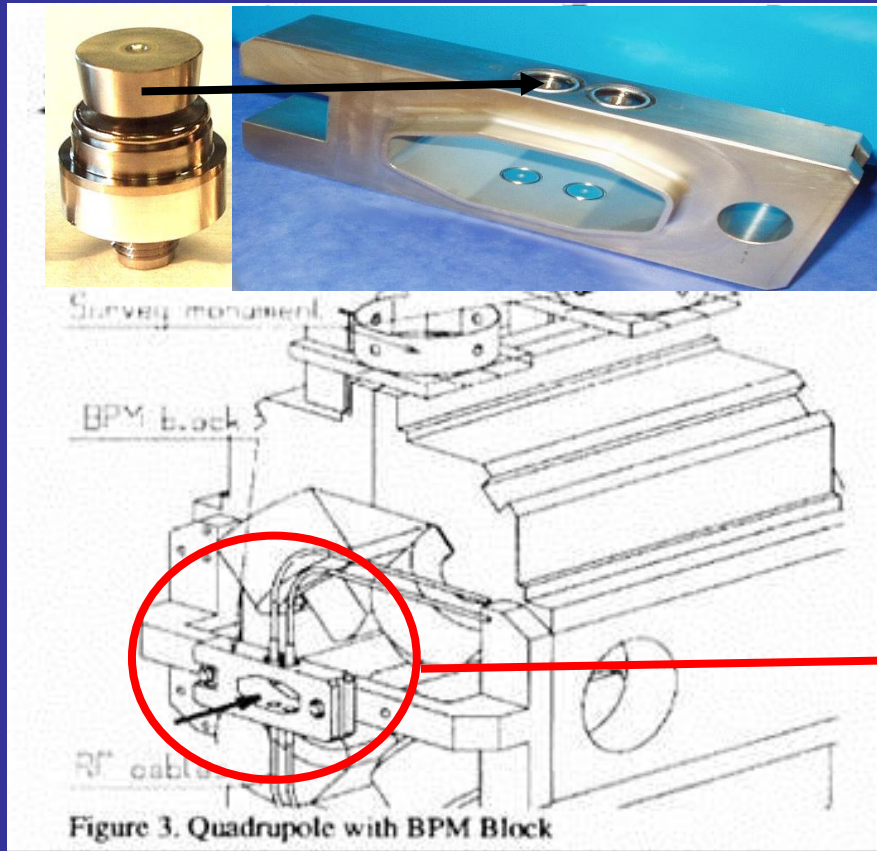
L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: le transformateur de courant

2 grandes familles:

- les PCT (pour « Parametric Current Transformers »):
 - Conçus pour lire un courant jusque 300 mA avec une résolution de 2 μ A. Ils mesurent l'intensité TOTALE du faisceau circulant (temps d'intégration = 1 seconde).
- les FCT (pour « Fast Current Transformers ») :
 - Conçus pour mesurer l'intensité d'UN SEUL paquet d'électrons (ou plusieurs paquets si ceux-ci sont suffisamment rapprochés pour être contenu dans une fenêtre de quelques nanosecondes).

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: Les BPMs



Rôle: mesurer les positions centre de masse du faisceau d'électron dans les plans horizontal et vertical

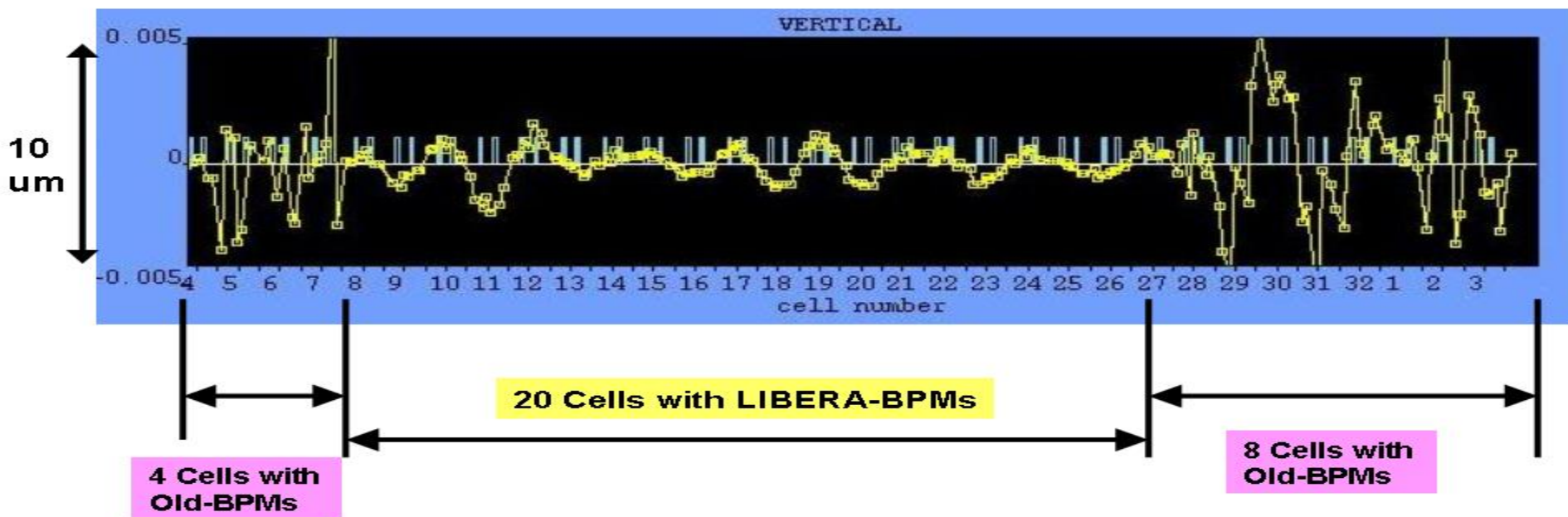
4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: Les BPMs

224 BPMs, c-à-d, en moyenne un tous les 4 mètres.

Le principe: traitement des faibles signaux RF sur les 224 stations BPMs par des systèmes « Libera-Brillance »

La mesure: traite les 4 signaux RF en parallèle et de ce fait, permet de suivre le faisceau dès son entrée dans l'anneau de stockage.



4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

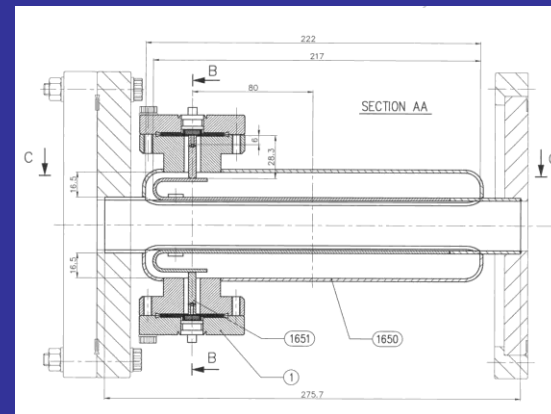
L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: le tune monitor

Rôle: mesurer les les fréquences d'oscillations bétatroniques verticales et horizontales (les « tunes ») du faisceau circulant.

Le principe:

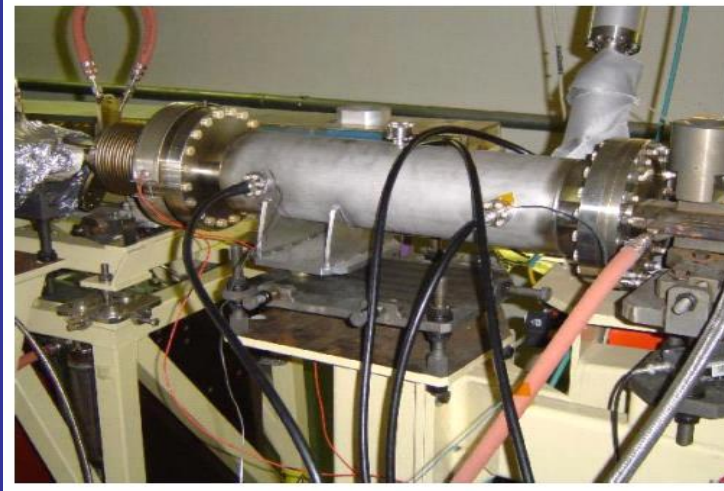
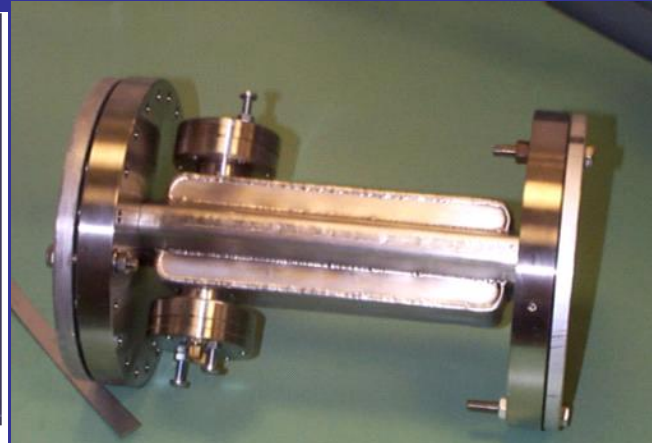
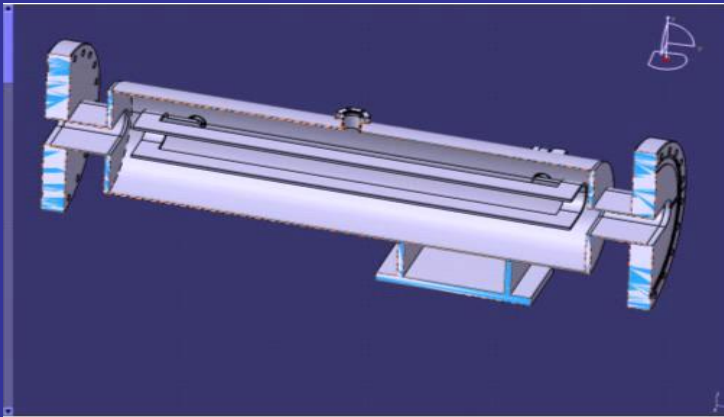
- Un excitateur excite le faisceau sur une bande de fréquence.
- Un pick-up récupère le signal qui sera traité par un analyseur de spectre.

En pratique, tant l'excitation que le pick-up sont faits par 1 seule ligne à ruban (stripline) ou 2 lignes séparées, dans ce dernier cas, 1 ligne excite le faisceau tandis que l'autre capte le signal.

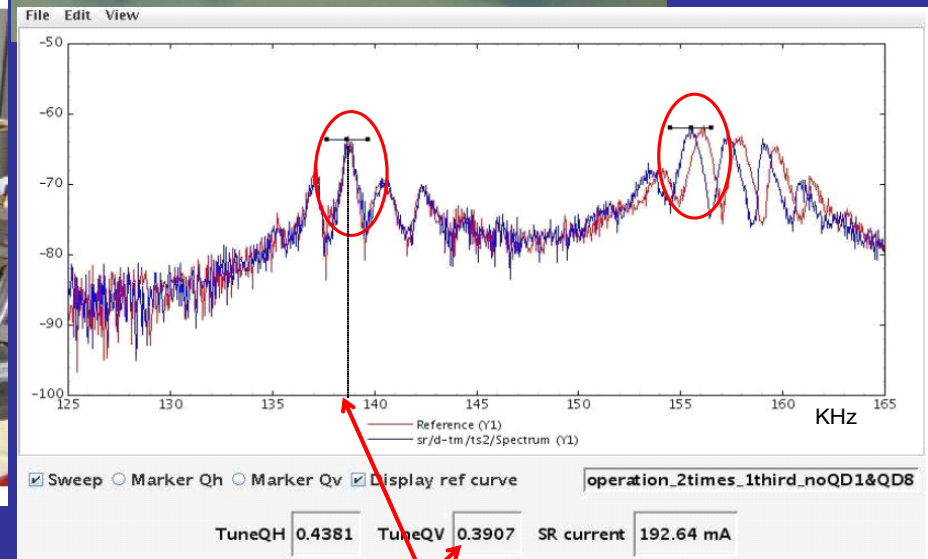


4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: le tune monitor



Cette stripline sert à la fois d'excitateur et de pick-up



Nombre d'onde vertical

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: la pinhole caméra

Rôle: permet de visualiser le profil transverse du faisceau d'électrons dans un aimant de déviation et d'en calculer son emittance

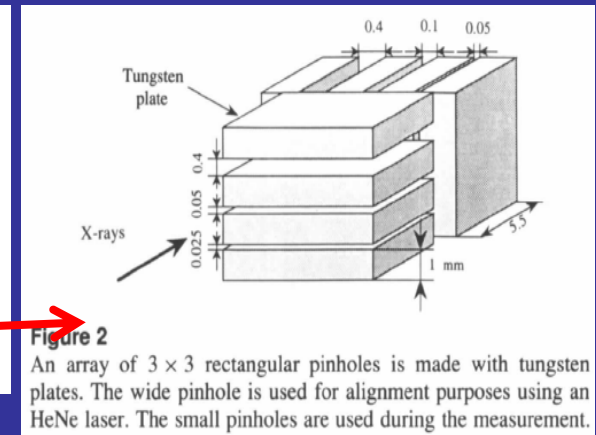
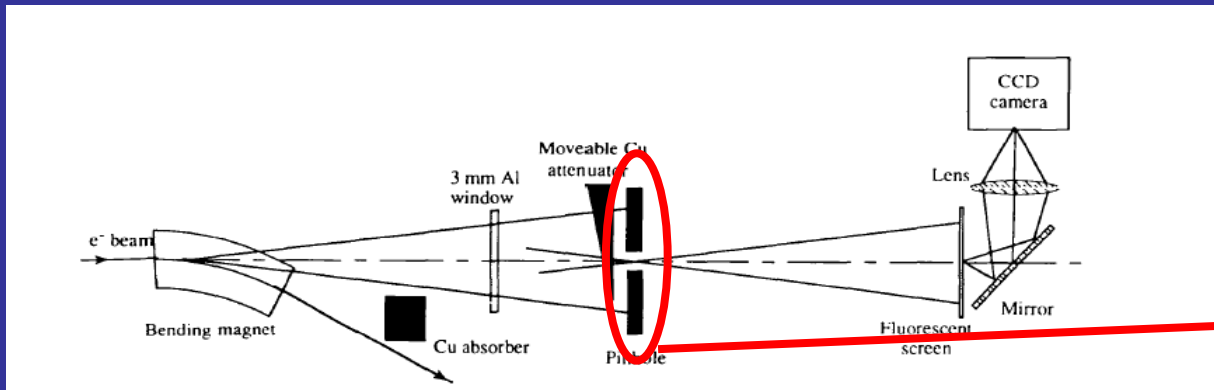


Figure 2

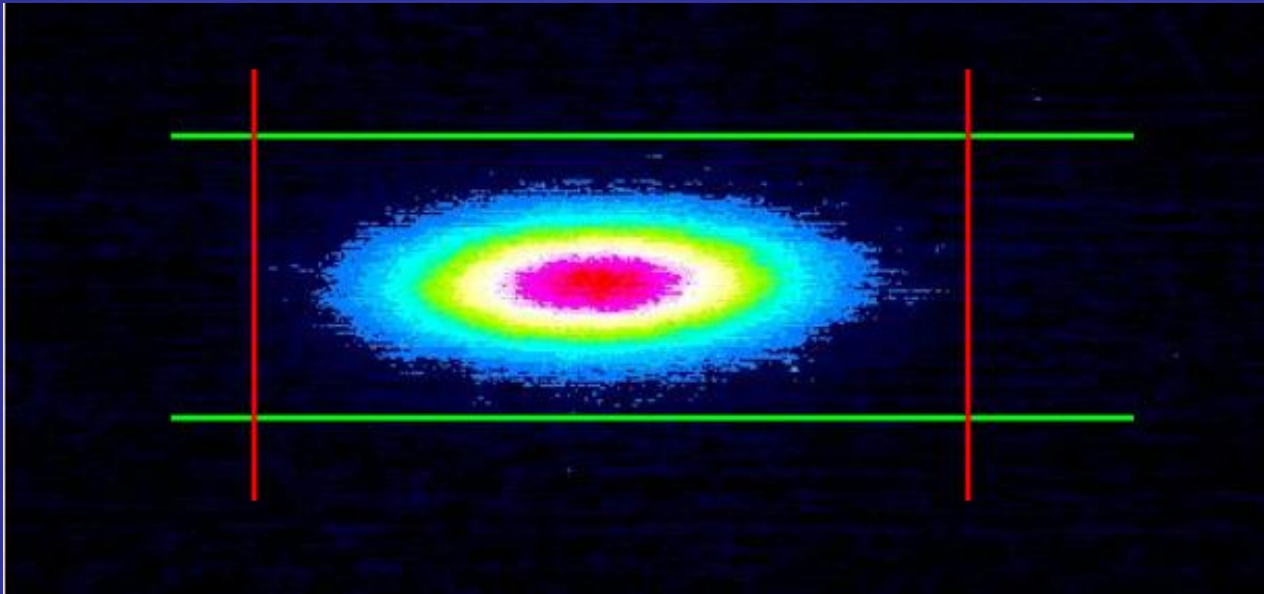
An array of 3 × 3 rectangular pinholes is made with tungsten plates. The wide pinhole is used for alignment purposes using an HeNe laser. The small pinholes are used during the measurement.

Principe:

- Une fenêtre aluminium sépare le haut vide de l'anneau de stockage du dispositif 'pinhole camera', qui lui, se trouve dans l'air.
- Un assemblage 'pinhole' se trouve à 4 mètres du point source et est constitué de barrettes de tungstène séparées par des cales d'épaisseur précises (de l'ordre de 25 et 100 μm), le tout monté sur une table motorisée avec possibilité de translation en X et Z ainsi qu'une rotation autour de X et Z.
- Une caméra CCD située à 16 mètres du point source recueille une image via un écran fluorescent.

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: la pinhole caméra



Cette image qui subit peu d'aberration est aussi une aide pour:

- stabilité de la position (problème d'oscillation avec un steerer ?)
- instabilités verticales / horizontales (manque de chromaticité)
- présences de modes d'ordres supérieurs dans les cavités RF

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: les détecteurs de perte

Les détecteurs de radiation « Unidos »:

chambres à ionisation localisées dans des coffrets blindés de 10 mm de plomb et placées à même le sol du côté extérieur de l'accélérateur, au début de chaque dipôle. Le détecteur est un gaz sous pression et ionisé par le passage de particules à hautes énergies (électrons / photons).



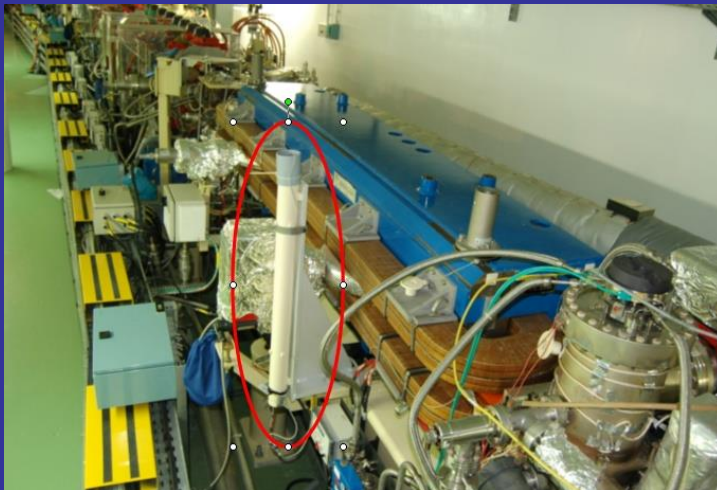
But du blindage: d'éliminer la composante 'rayonnement synchrotron'. Le gaz ionisé va créer un courant de fuite entre 2 plaques à haute tension. L'avantage de ces détecteurs est leur grande linéarité (pas d'effet d'avalanche). Par contre, il faudra détecter des courants de l'ordre du ... femtoA, processus coûteux et lent !

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: les détecteurs de perte

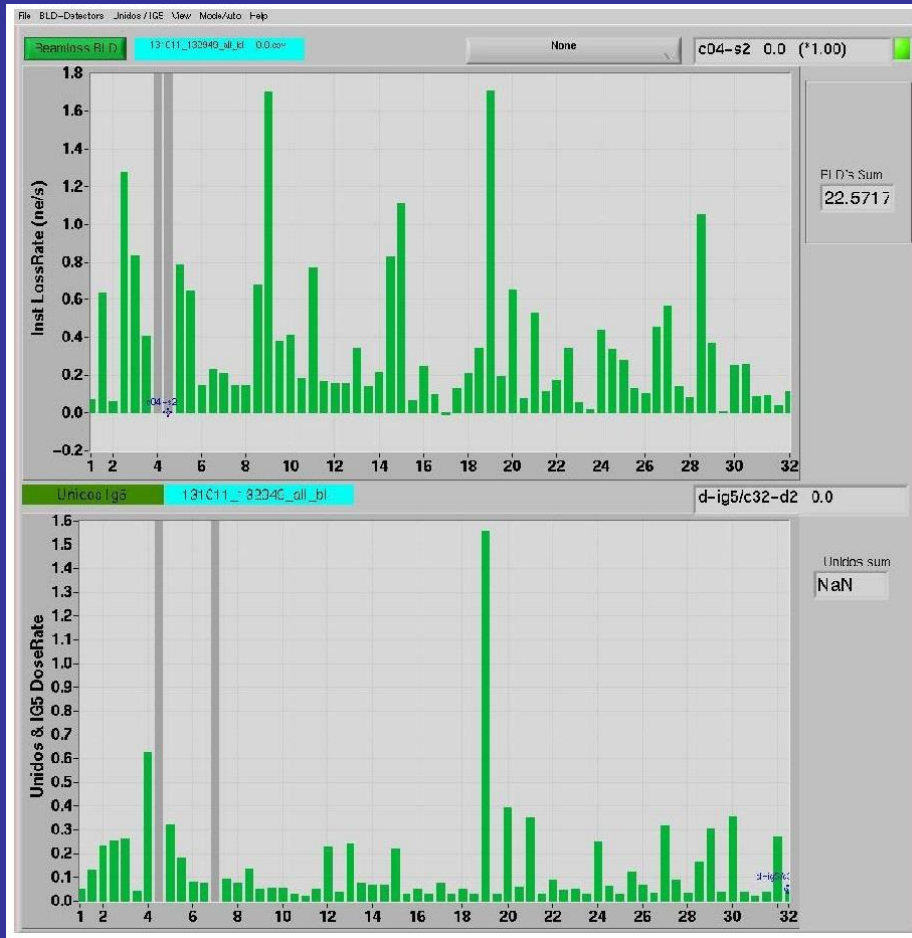
Les 'slow beam loss detectors

- Protégés par 1 cm de plomb afin d'éliminer la composante 'rayonnement synchrotron'.
- Situés sur le coté intérieur de l'accélérateur à hauteur de l'axe faisceau et au bout de chaque dipole.
- Constitués d'un cylindre de polymère photoémisif (25 mm de diamètre / 600 mm de long). La lumière émise est recueillie par un photomultiplicateur.
- Utiles pour localiser les pertes résultant d'un effet de 'ravage' (scraping) du faisceau sur les chambres à vides et/ou dues à un vide localement médiocre.



4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le diagnostic faisceau: les détecteurs de perte



Les diagnostics de perte sont des outils importants pour:

- Le réglage de la machine
- La détection des désalignements
- La détection précoce des fuites

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le système de vide

Objectif: contrôler et maintenir le vide dans l'anneau de stockage à un niveau aussi bas que possible:

10^{-10} mbar sans faisceau (pression statique)

10^{-9} mbar avec faisceau (pression dynamique)



4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

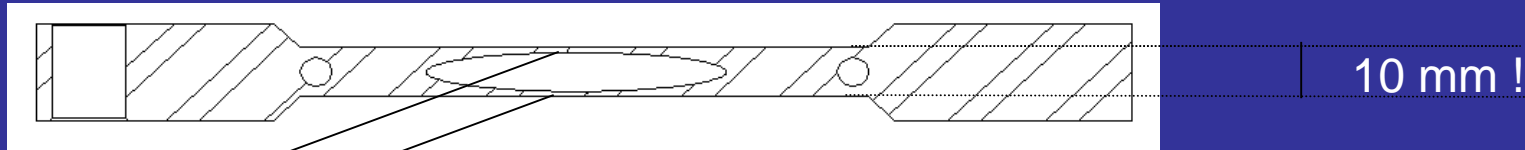
L'anneau de stockage: Le système de vide

- Ce niveau de vide est assuré par les pompes ioniques
- Le contrôle de la pression est assuré par des jauges de type Penning.
- L'anneau de stockage est divisé en 32 zones de vide, chacune pouvant être isolée par des vannes contrôlables à distance.
- Grâce à des thermocouples, la température est contrôlée en des centaines de points sensibles (soufflets, crotch absorbers, etc).

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'anneau de stockage: Le système de vide

Longueur = 5 mètres et 6 mètres



8 mm !

- Aluminium extrudé
- L'intérieur de ces chambres est couvert d'une fine couche de NEG (Non Evaporable Getter) constitué d'un alliage de Titane, Zirconium, Vanadium. La particularité de cet alliage est de piéger chimiquement certaines molécules (surtout le CO et CO₂) et en simplifiant, on peut donc dire que ces matériaux se comportent comme une pompe à vide.

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'Opération des accélérateurs au jour le jour consiste à contrôler, et faire fonctionner ces 3 accélérateurs selon des contraintes imposées pour remplir les objectifs de l'ESRF.

4. LES ACCELERATEURS DE L'ESRF

L'information en salle de contrôle

Monitoring courant,
emittances, durée de vie

Monitoring des
pertes

Profil transverse

Synoptique principal

Filling pattern



- Pilotage et contrôle des sous équipements des accélérateurs
- Réinjections
- Contrôles des paramètres faisceau
- Analyses de pannes ou des fautes

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

- INTRODUCTION
- Une TRÈS BRÈVE histoire des accélérateurs jusqu'à l'ESRF
- L'ESRF AUJOURD'HUI
- LES ACCÉLÉRATEURS DE L'ESRF
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE
- CONCLUSIONS et REMERCIEMENTS

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Objectif du chapitre

OBJECTIF:

Démontrer que l'opération au « QUOTIDIEN » commence par une approche globale de plus long terme.

Ces tâches de fond contribueront à satisfaire la contrainte N°1 demandée par les utilisateurs:

LES ACCELERATEURS DOIVENT ETRE FIABLES !

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

L'information en salle de contrôle

Mon Dec 05 00:30:2
Exit

SR Current (pct-id10)

187.31 mA

Lifetime Display Libera lifetime

51h 16mn

Filling mode

7/8 multibunch

ID				Bendings			
1	2	3		1	2		
	6		8	5			8
9	10	11	12				
13	14	15	16		14		16
17	18	19	20				20
21	22	23	24			23	
	26	27	28	25	26		28
29	30	31	32	29	30		32

LINAC

SY-INJ

SY-SEXT

SY-DIAG

PSS-LINAC

SY-INTLK

SYCO-PS

TL2-PS

INJ-VAC

SY-RF

SY-VAC

TL1-PS

SY-PS

SY-EXT

USM

Refill in 07:29:35

SR-INJ

SR-ACORR

SR-BPM

SCRAPER

FEEDB

INJ-PERM

SR-ORBIT

SR-DIAG

PSS-BEAM

PSS-INJ

SR-PS

SR-VAC

PSS-VAC

ALUCOOL

RF-TRA

RF-CAV

SR-INTLK

IDCORR

SR-TH

Current

SB (ict-id15) 3.05 mA

Lifetime

13h 09mn

Horizontal

Tunes 0.4370

Orbit (rms) 79. um

Orbit (peak) 299. um

Emittance ID25 4.17 nm

Energy Spread 9.78e-04

Average pressure 5.2e-10 mbar

HQPS Output power 5847 kW

Site power 8395 kW

Vertical

Tunes 0.3873

Orbit (rms) 91. um

Orbit (peak) 408. um

Emittance IAX 4.1 pm

ALGE

HVAC

EL-THD

FLUIDS

BEAML

W-LEAK

CS_HVAC

INFRA

HQPS

VOICE

HDB

VME

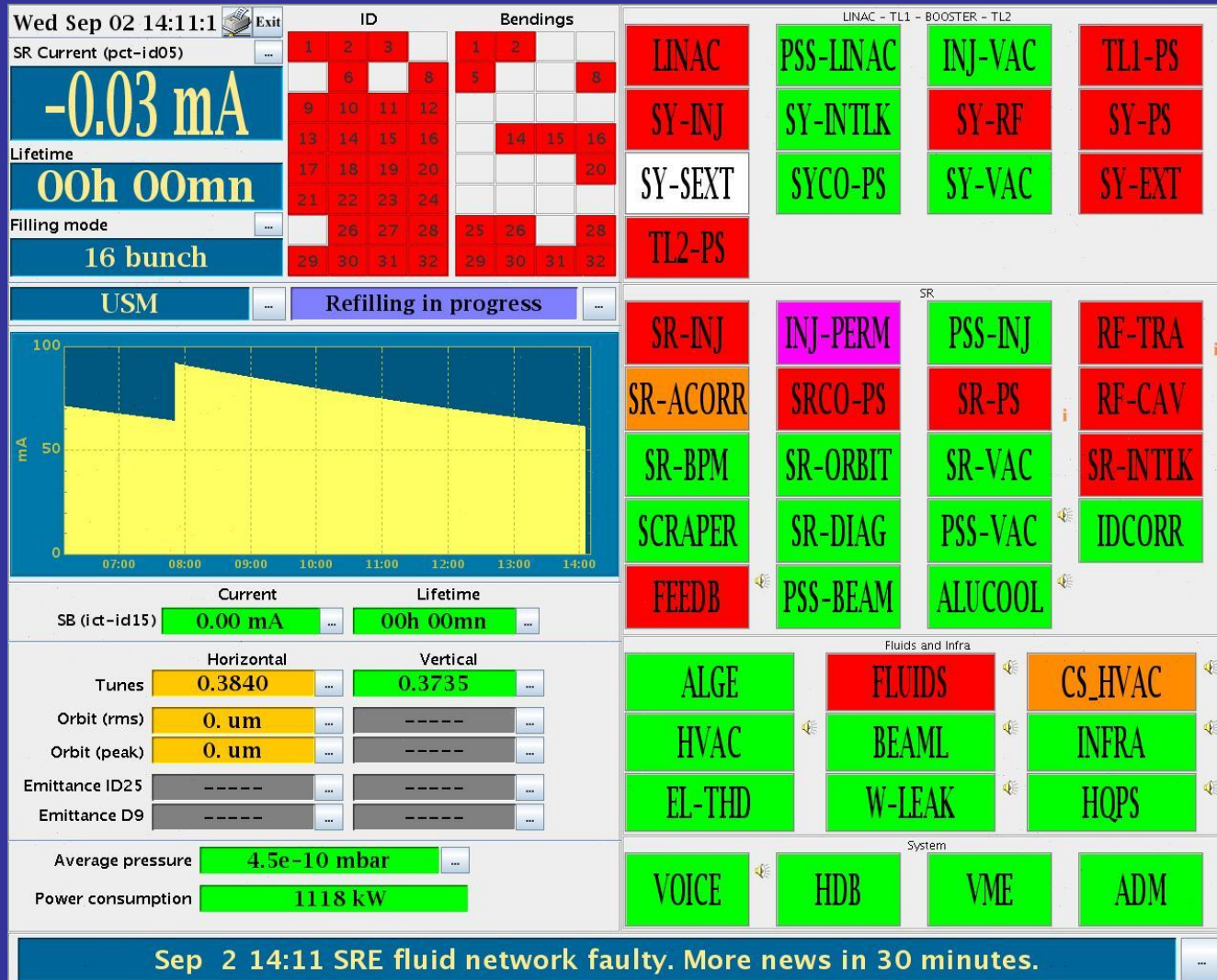
ADM

Dec 4 21:04 Reminder shutdown starts at 08:00...No refill scheduled.

Quand tout va bien!!

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

L'information en salle de contrôle



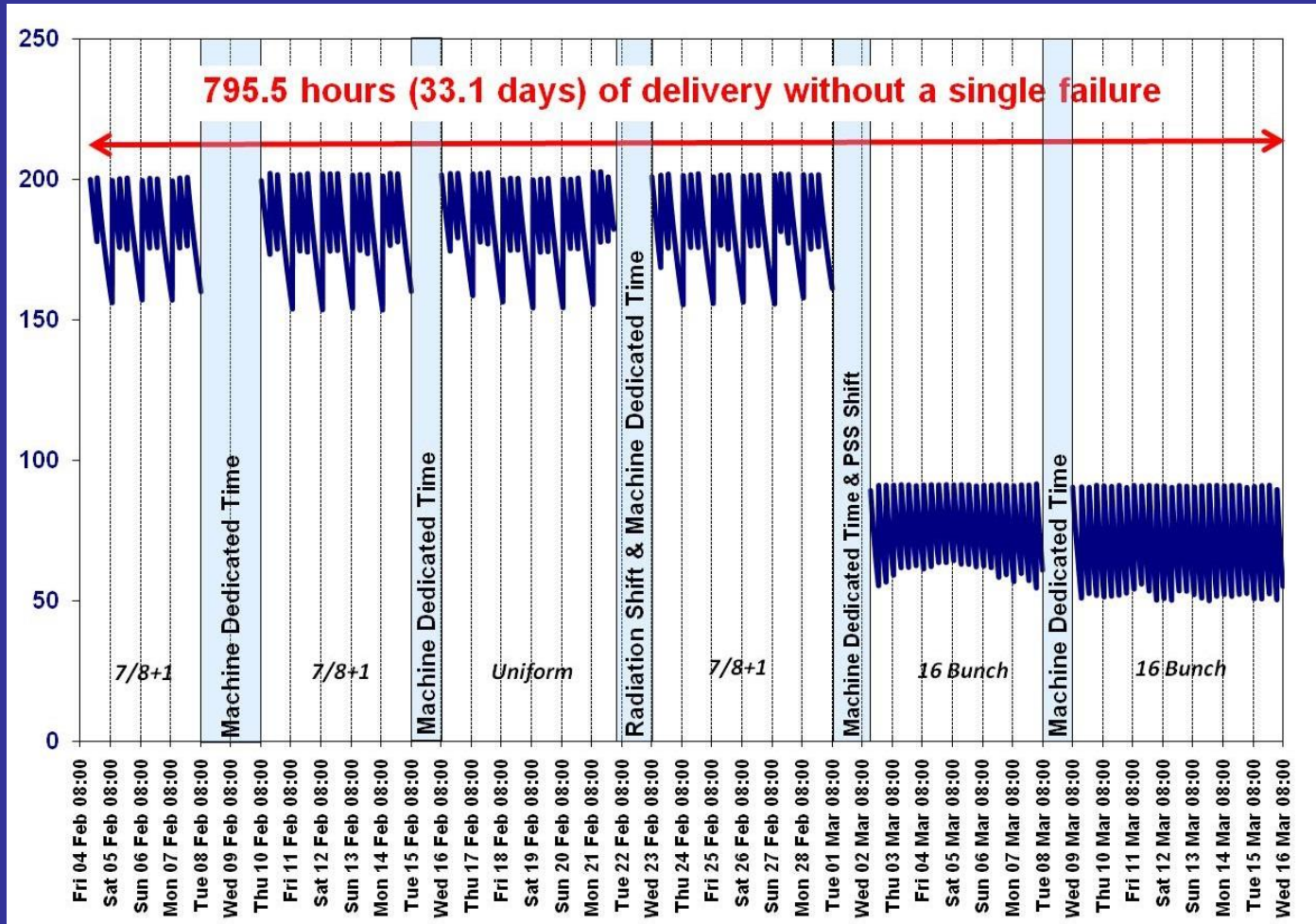
En cas de
faute !!

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

Six semaines de rêve en 2011

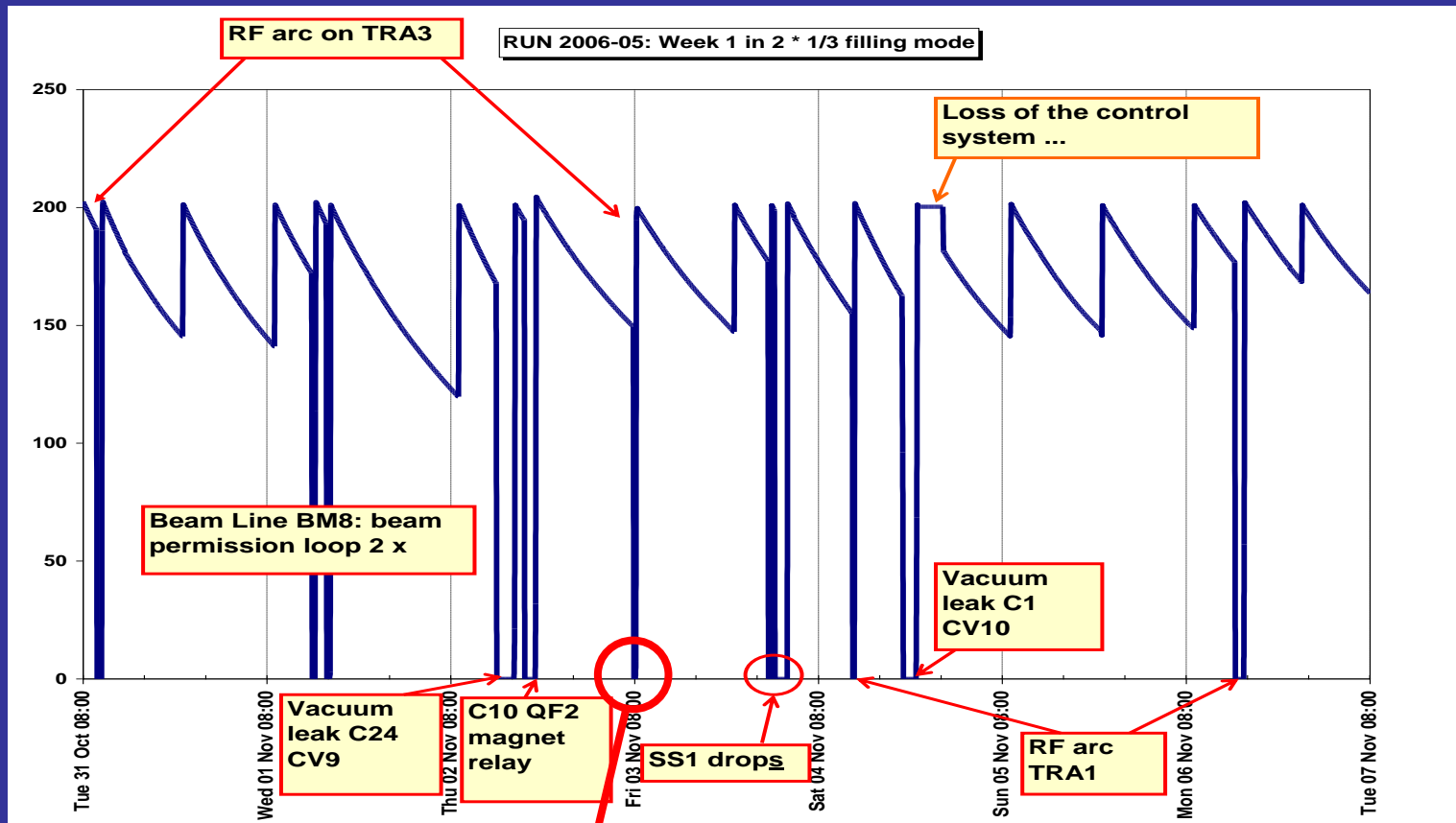
Et un Record de disponibilité sans panne



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

La semaine d'horreur: 11 pannes en 7 jours. Temps moyen d'une panne: 60 minutes

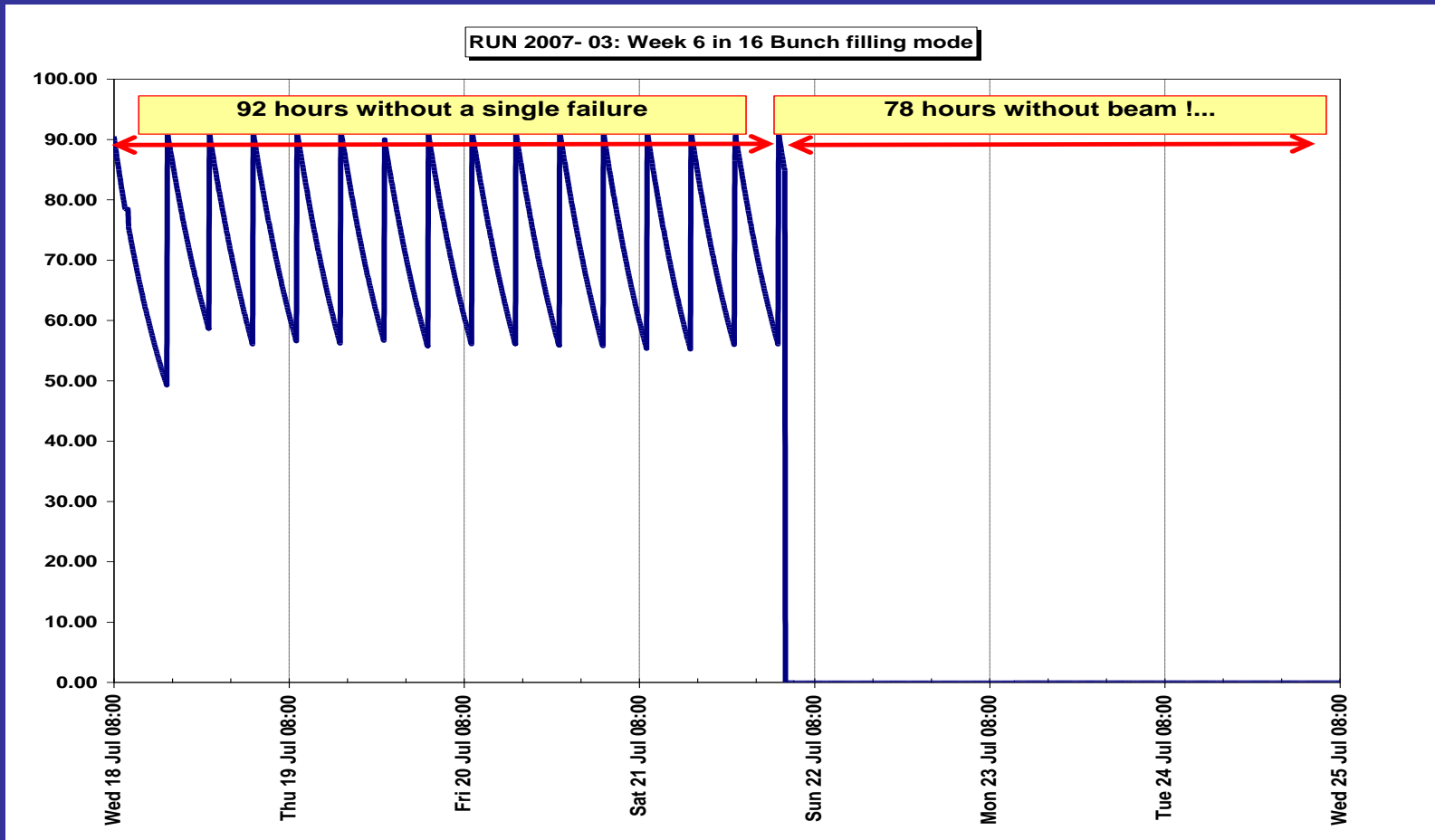


Pour beaucoup d'utilisateurs: 15 minutes perdue sur l'accélérateur = 1 heure perdue sur la ligne de lumière (instabilité monochromateur suite à choc thermique)

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

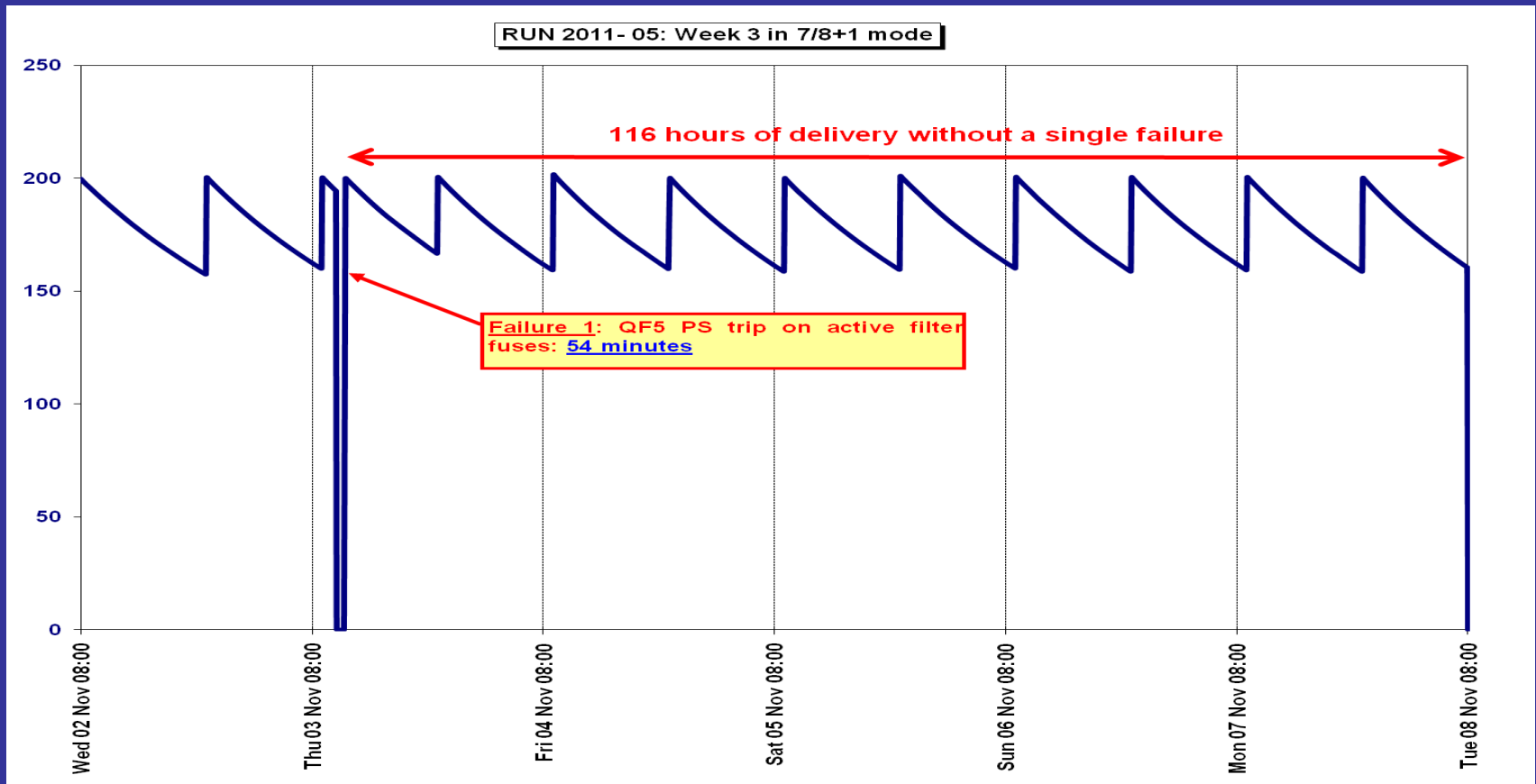
Autres temps difficiles: 1 seule panne en 7 jours ... mais d'une durée de 78 heures !...



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

Et enfin, une semaine « typique » représentative de la fiabilité de l'ESRF aujourd'hui :
1 pannes sur 144 heures. Durée moyenne d'une panne = 1 heure



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

	2012	2013	2014	2015
Availability (%)	98.58	98.93	99.11	98.53
Mean Time Between Failures (hrs)	60.00	79.70	105.5	93.6
Mean duration of a failure (hrs)	0.85	0.85	0.94	1.37

Distribution des pannes en 2014

En 2014:
5488 heures effectives de livraison de faisceau incluant 40 heures pour 561 refills

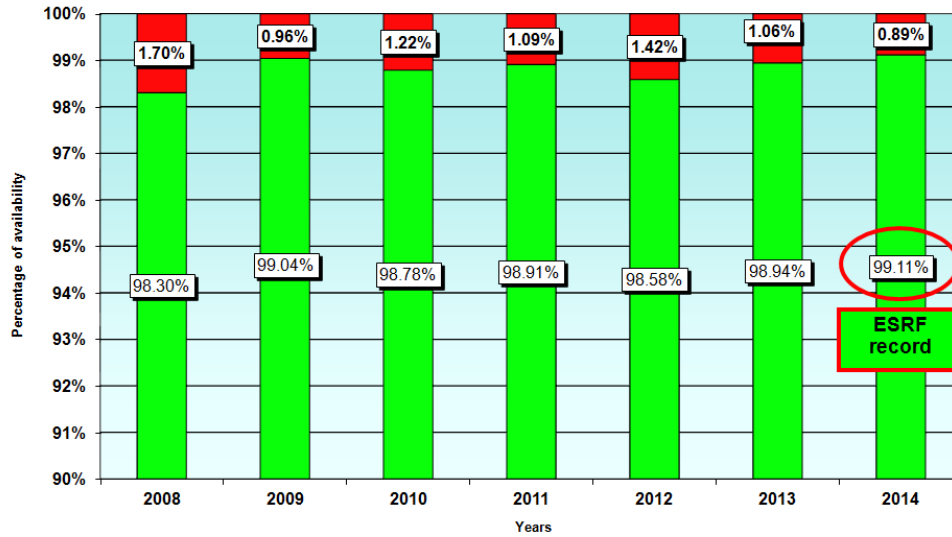
49 heures perdues pour 52 pannes

Equipments	total number of trips	total duration (hours)
RF	28	30
Human Mistake	8	4
Power Supplies	4	4
Safety / BL	5	3
DIAG	3	2
FE	1	2
CONTROL	1	0.3
unexplained	2	3
TOTAL	52	49

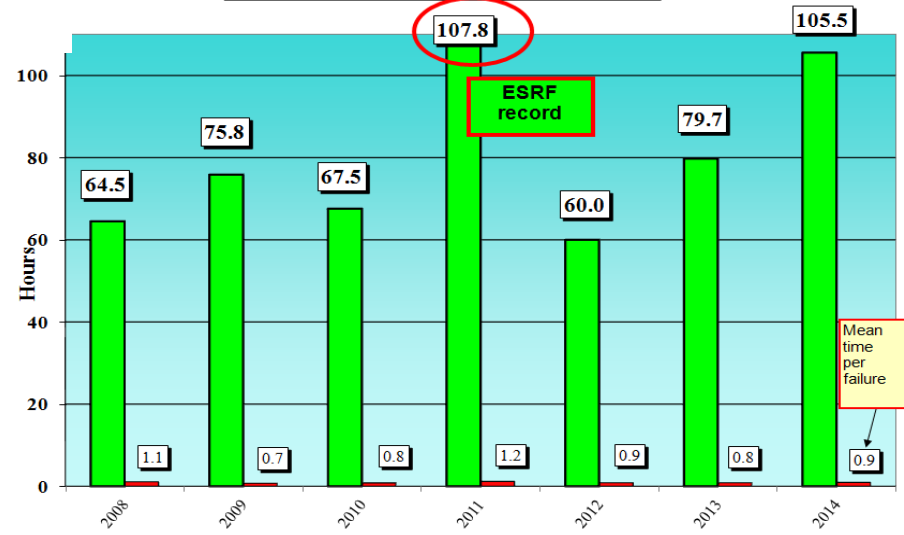
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Différentes configuration de pannes

ACCELERATOR'S AVAILABILITY FROM 2008 TO 2013



Mean Time Between Failures over the years



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Définitions et introduction

Il faut donc tout mettre en œuvre pour:

1. **Eviter la panne !**
2. **Diminuer le temps moyen d'une panne** lorsque celle-ci survient.

Quoi de plus frustrant pour un chercheur qui a réservé son expérience plus de 6 mois à l'avance, qui vient de voyager 24 heures, d'arriver au Laboratoire et de constater que le faisceau est indisponible pour plusieurs heures, voire plusieurs jours et enfin d'apprendre que son expérience est annulée ?...

3. **Avoir une durée moyenne maximale entre 2 pannes .**

*Ces pannes perturberont l'ensemble des expériences. Le temps moyen entre 2 pannes est appelé **MTBF** – **Mean Time Between Failures**.*

Une perte de faisceau, c'est aussi la perte de charge thermique sur les optiques des stations expérimentales, qui nécessite de 1 à 2 heures pour se stabiliser. Il est préférable d'avoir une panne plus longue et de corriger le problème plutôt que des pannes répétitives.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Définitions et introduction

La réalisation de ces 3 objectifs n'est pas aussi utopique qu'il n'y paraît.

Les méthodes seront différentes selon l'objectif à réaliser !

QUIZZ ...

Combien coûte 1 heure de faisceau (et donc une heure de panne) à l'ESRF ?...

14 000 euros / heure de faisceau
/ heure de panne

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne

Eviter une panne =

- Une bonne conception
- Une bonne réalisation
- L'ANTICIPER pendant le fonctionnement
 - = METTRE en œuvre des méthodes non destructives de diagnostic
- PLANIFIER Remplacement / Réparation

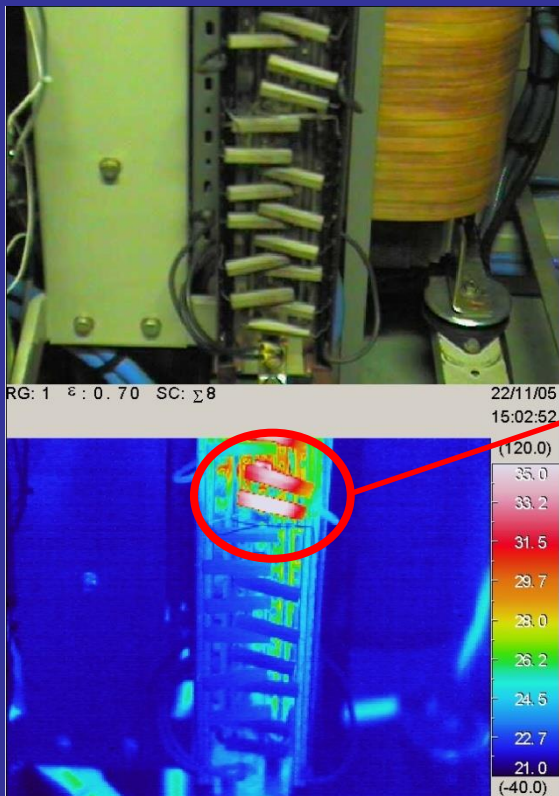
Dans cette partie, on donnera des exemples de techniques utilisées à l'ESRF

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: thermographie infra-rouge

Exemple 1: La thermographie infra-rouge

Objectif: Photographier un équipement en fonctionnement à l'aide d'une caméra infra-rouge (même à travers une paroi). On peut détecter un échauffement anormal d'une pièce avant sa panne définitive.



2 résistances aux contacts douteux parmi un banc de résistances similaires.

Exemple type d'une panne potentielle, repérée à temps.

Elle fera l'objet d'une réparation dès que les accélérateurs seront arrêtés pour une maintenance planifiée.

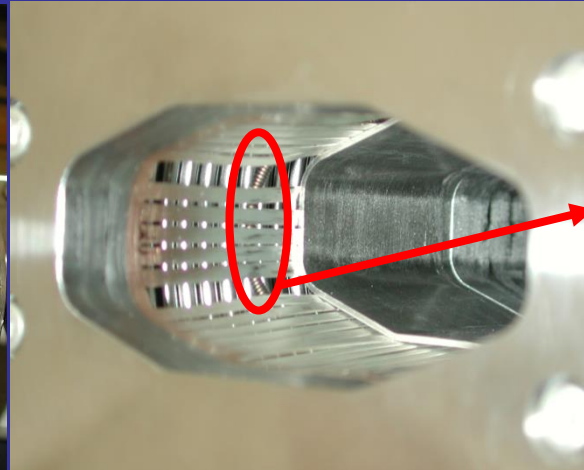
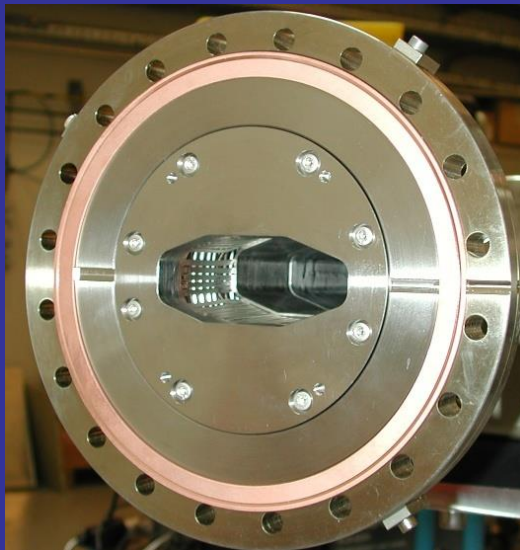
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: les radio gammagraphies

Exemple 2: Les radios gammagraphies

300 soufflets assurent une transition flexible d'une chambre à vide vers la suivante.
Soufflet = mini-cavité résonnante perturbant le faisceau

→ nécessité de placer des transitions appelées « RF liner » pour assurer une continuité de la circulation du courant image du faisceau chargé.



Un ressort maintient les doigts comprimés sur la surface de transition: c'est ESSENTIEL !

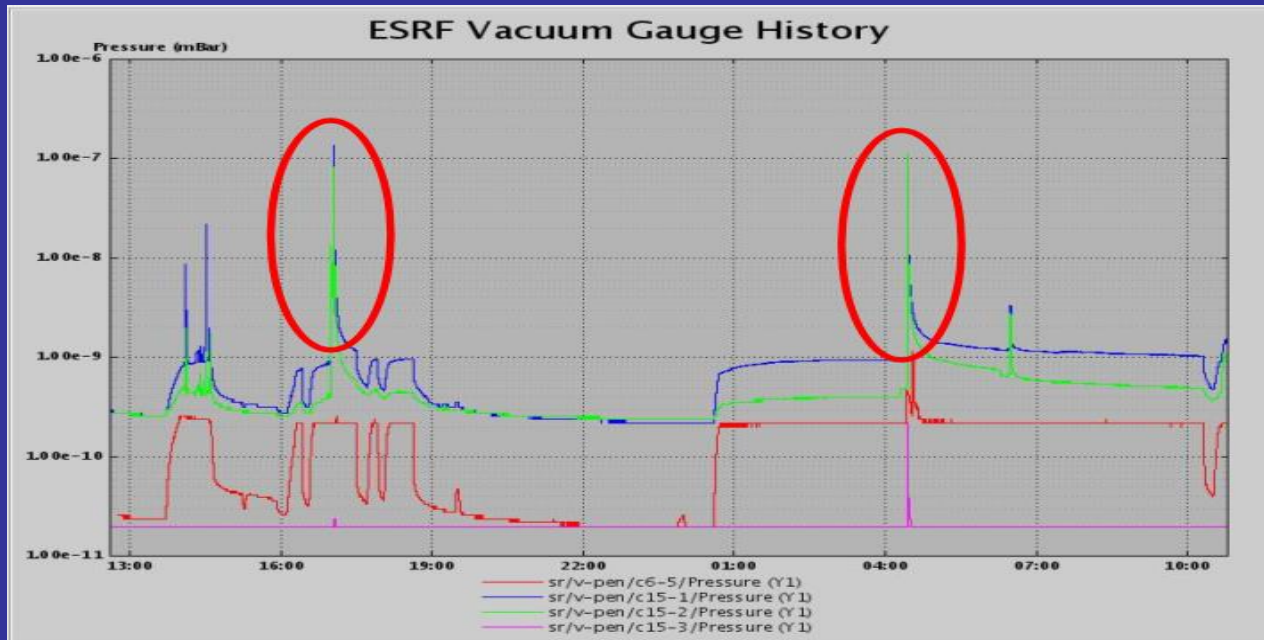
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: les radio gammagraphies

Dans certains modes (structurés en temps – dépendant du courant par bunch et du nombre de bunch), ces RF liners se fragilisent suite à des échauffements →

Le ressort peut se détendre, des doigts peuvent plier.

Cela se traduit par des remontées de pression

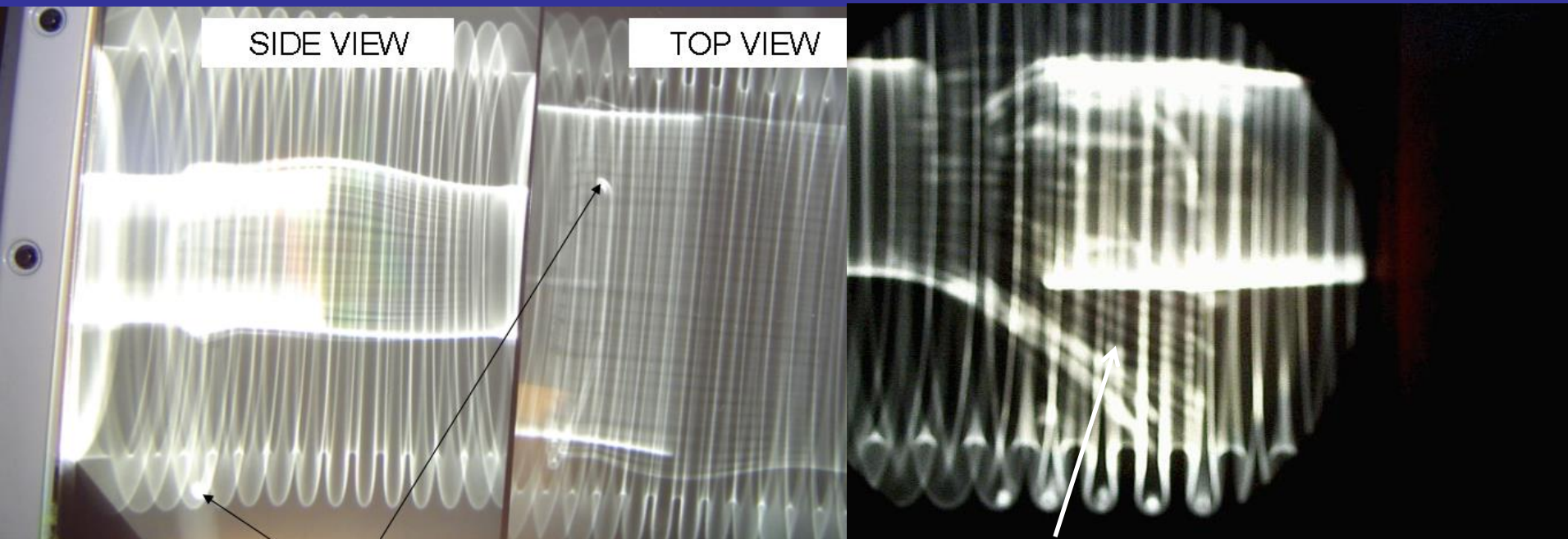


Une gammagraphie est **NECESSAIRE** avant la « casse » totale !

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: les radio gammagraphies

Gammagraphie = source d'iridium + film photo. Quelques minutes de tir. Après 2 heures, on obtient une photo de L'INTERIEUR de la chambre à vide / du soufflet.



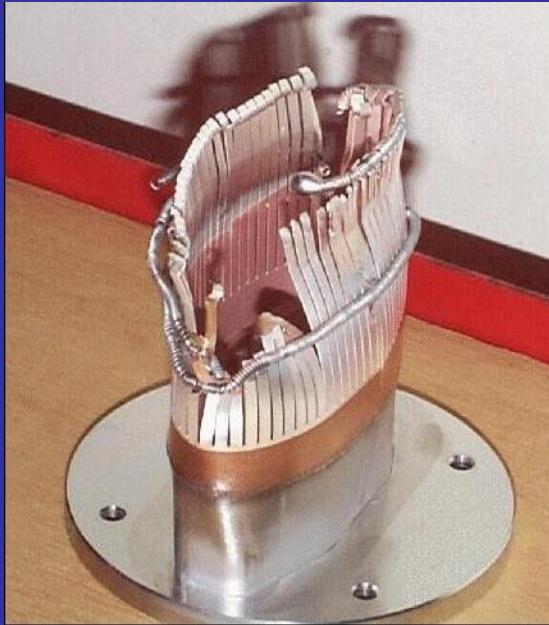
Ressort détendu, voire cassé

Doigts pliés suite à échauffement après cassure d'un ressort ...

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: les radio gammagraphies

Avant l'usage des gammagraphies à l'ESRF, un problème nous était indiqué lorsqu'il était ... trop tard (faisceau bloqué, remontées de pression ..)



Ces pannes sont aujourd'hui évitées par:

- alarmes instantanées dès qu'une remontée de pression (même minime) apparaît à un endroit de l'anneau de stockage
- décision d'un expert vidiste d'effectuer une gammagraphie pour (in)valider la remontée de pression

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3: Effectuer des études post-accidents

Un « nouveau » type d'accident arrive...

→ Analyser l'origine

→ Evaluer la probabilité que ce soit un cas isolé ou le début d'une longue série !...

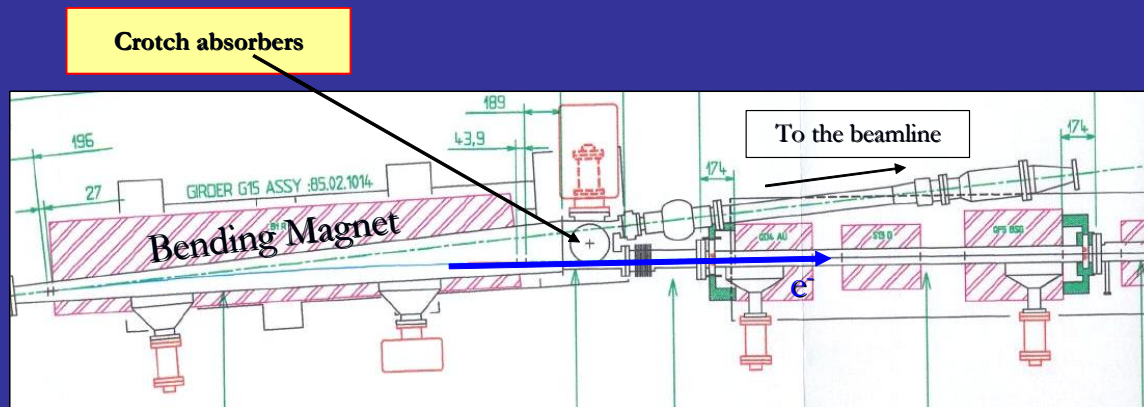
Deux exemples notoires à l'ESRF:

- les crotch absorbers
- la corrosion dans les chambres à vide

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.1: Effectuer des études post-accidents: Les crotch absorbers



Rôle: capter les rayons X émis par un aimant de déviation mais qui ne seront pas pris vers le départ de ligne.

Incident: Mars 2005, une fuite d'eau se déclenche dans l'un d'entre eux.

→ mise à l'air sur plus de 50 mètres et ... de l'eau dans une chambre à vide.

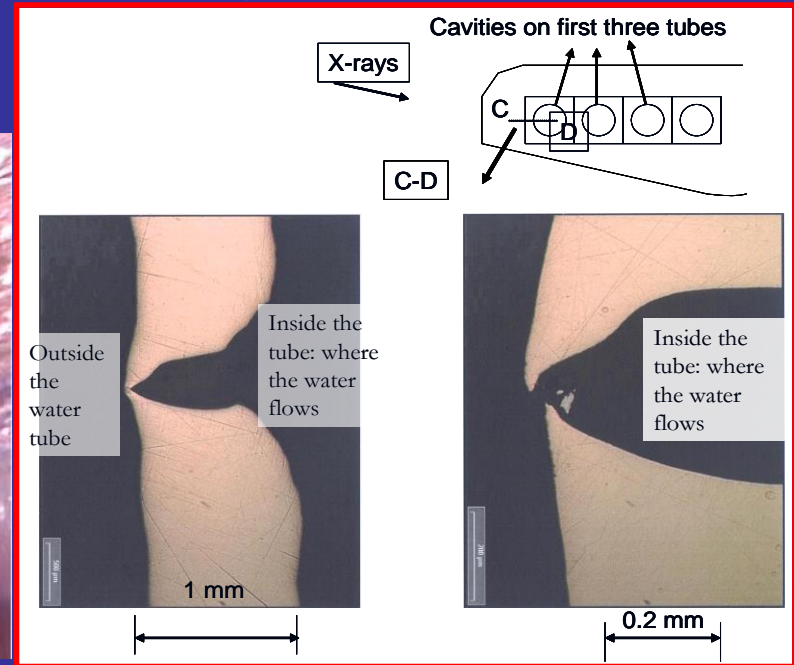
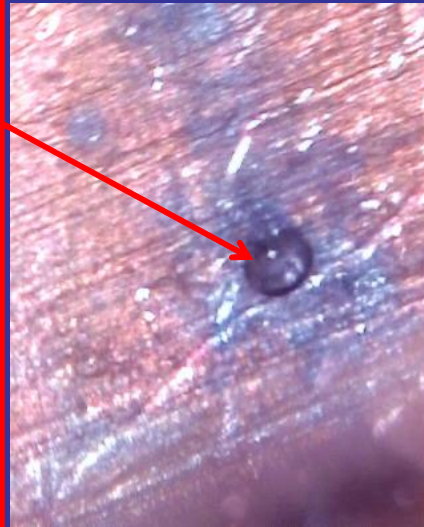
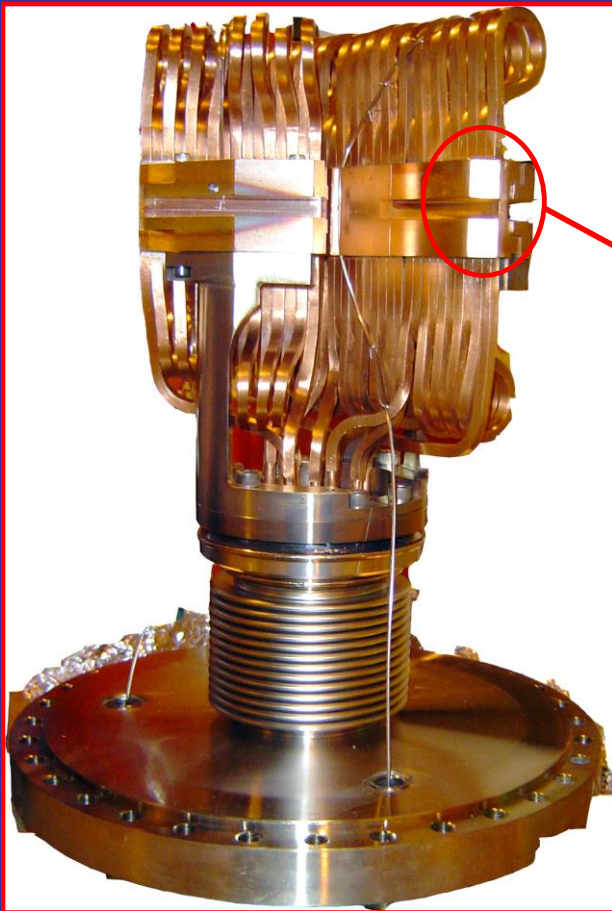
→ Cinq jours seront perdus.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.1: Effectuer des études post-accidents: Les crotch absorbers

La partie incriminée fut découpée finement afin de mieux analyser la fuite



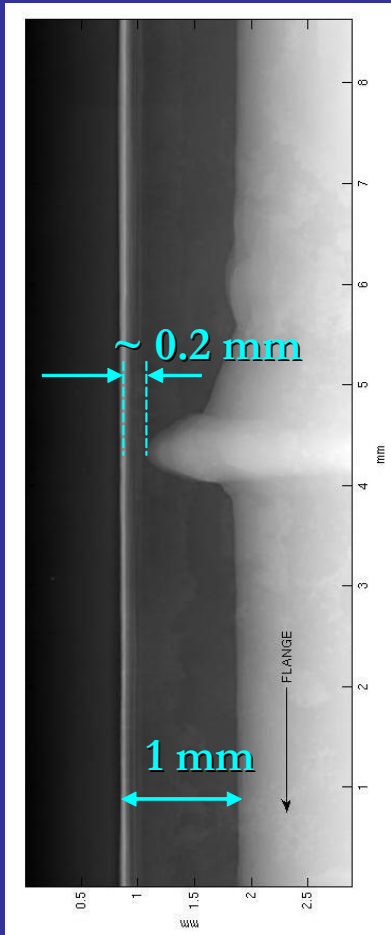
Défaut de construction (= accident isolé) OU
Début d'une longue série ??

Une autre crotch est démonté et gammagraphié

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.1: Effectuer des études post-accidents: Les crotch absorbers



1ère conclusion: tous les crotch présentent le même risque: un crotch pris au hasard ne présente plus qu'une épaisseur de 200 microns avec la fuite ! → le risque est SYSTEMATIQUE !

La cause: un cocktail détonant:

eau désionisée + cuivre + radiations

Action court terme: désaligner volontairement tous les crotches de 2 mm dans le plan vertical afin que les rayons X heurtent une zone encore épaisse de 1 mm n'ayant jamais vu de faisceau.

Action long terme: redessiner les crotches et tous les remplacer !!

Cette action a duré 1 an ½.

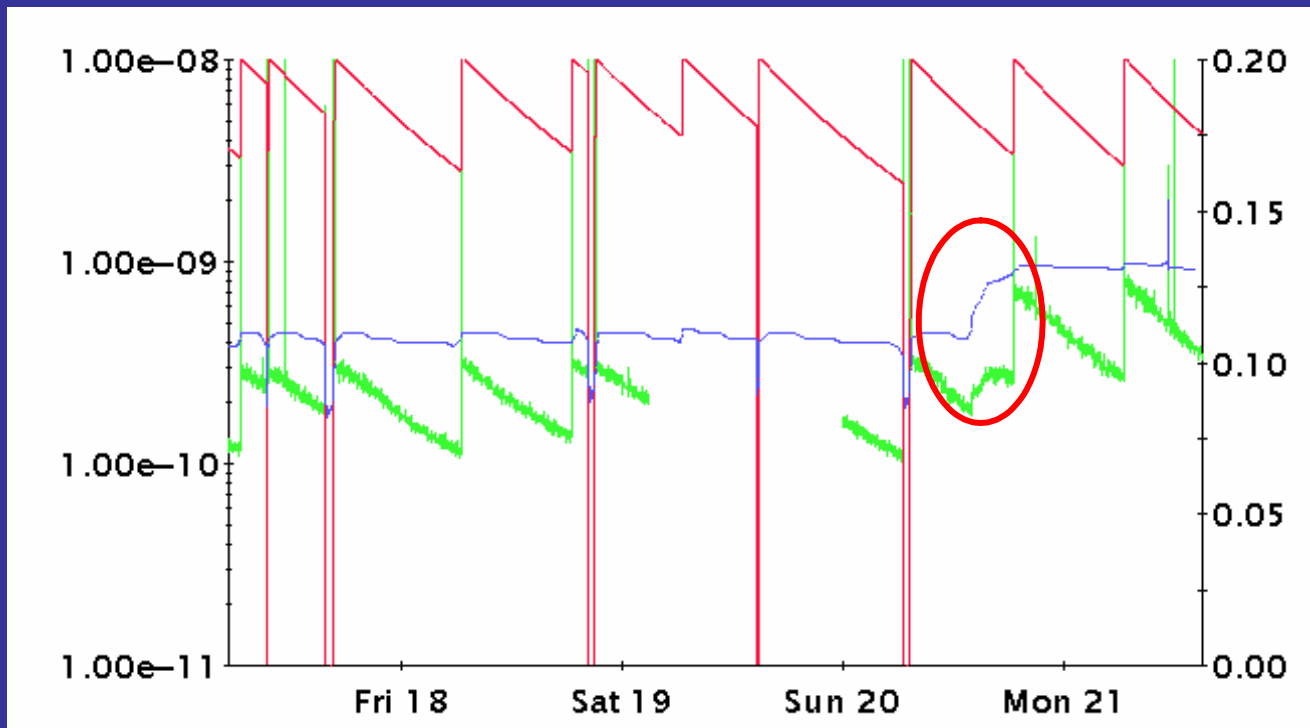
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide

Différence avec l'exemple précédent: problème connu, identifié, mais on ne peut pas envisager le remplacement systématique ...

Les premiers signes: des remontées de pression



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

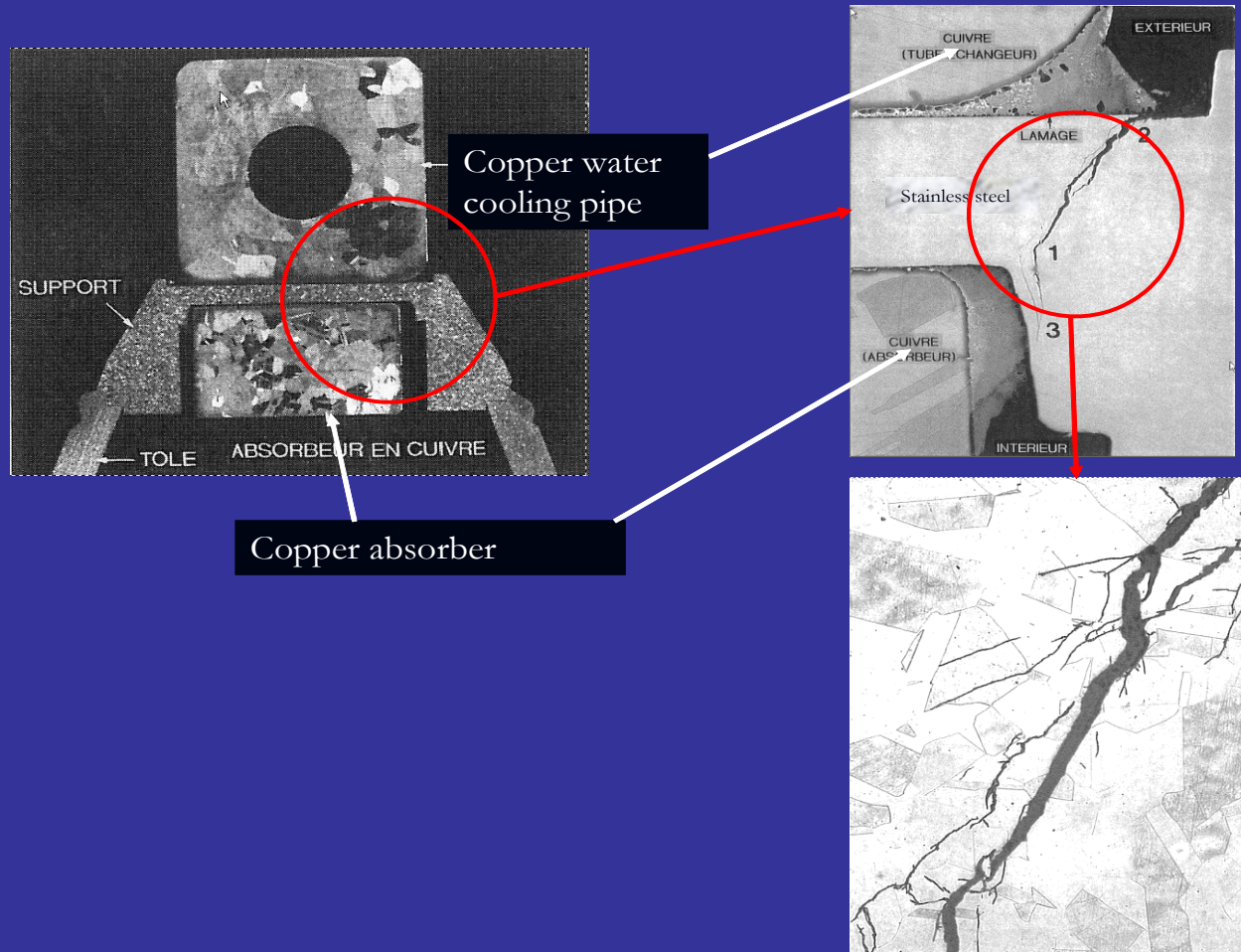
Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide

Rapport d'expertise : *«la fuite résulte d'un mécanisme de corrosion sous contrainte, imputable à la présence de chlore. Cette contamination provient de l'utilisation, lors de l'opération de brasage des tubes en acier inoxydables sur la chambre, d'un flux décapant contenant du chlore, flux qui se sera infiltré au fond du lamage, lieu de confinement et qui n'aura pu être éliminé, malgré les opérations de nettoyage de la pièce*

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide

Action QUOTIDIENNE: surveiller toute remontée de pression anormale, même insignifiante

Action très court terme: boucher la fuite à l'aide d'un spray

Action moyen terme: remplacer la chambre à vide

Cette suite d'actions a porté ses fruits en 2005:

6 fuites ont été détectées précocement. Toutes ont fait l'objet d'une réparation transparente pour les utilisateurs car effectuées lors des interventions hebdomadaires planifiées

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

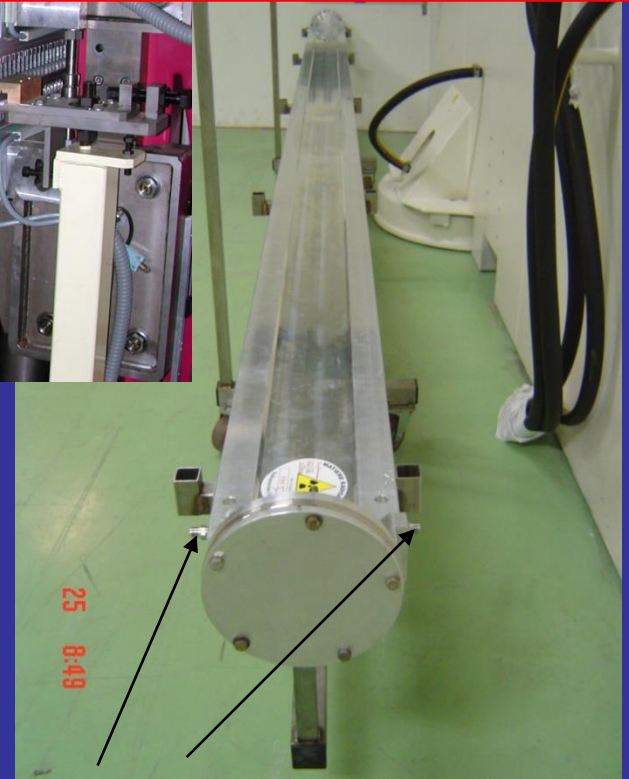
Eviter la panne: Faire des études post-accidents

Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide

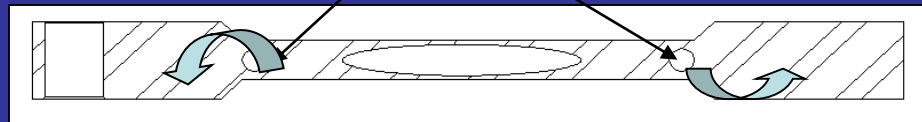
Chambre à vide de 5 mètres pour éléments d'insertion.



Problèmes de corrosion du circuit de refroidissement présentant des risques de bouchage et de fuites.



SRA cooling channels: 6 mm diameter



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire des études post-accidents

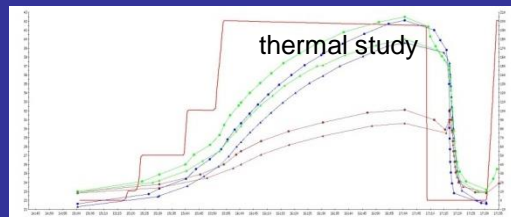
Exemple 3.2: études post-accidents: La corrosion dans les chambres à vide

Problèmes observés:

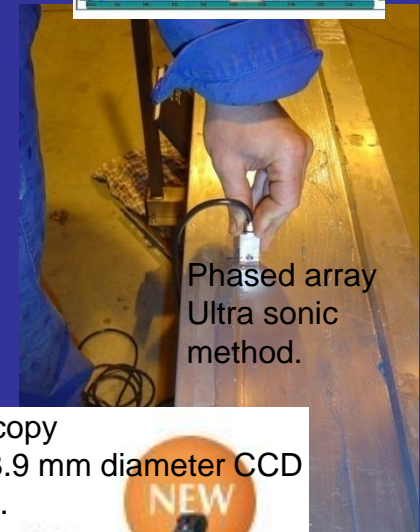
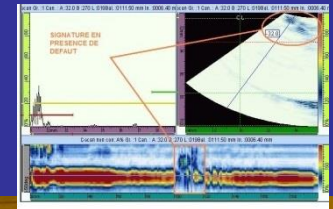
- Diminution du débit d'eau (de 200l/h à 100 l/h) dans la plupart des ecellules.
- Corrosion observée sur plusieurs chambres (Aluminum oxide après analyse)
- Des interlocks de protection machine si le débit est inférieur à 80l/h
- Problème le plus dramatique une fuite d'eau dans le tunnel.

Action entreprise pour résoudre le problème:

- Flushing des chambres
- Diminution du seuil d' interlock
- Caractérisation de la corrosion en utilisant une méthode non destructive
- Réduction ou arrêt du refroidissement des chambres défectueuses
- Etude et production d'un nouveau profil
- Modification des caractéristiques chimique du circuit de refroidissement



Non destructive method of investigation:



Videoscopy with a 3.9 mm diameter CCD camera.



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Analyse mécanique en ligne

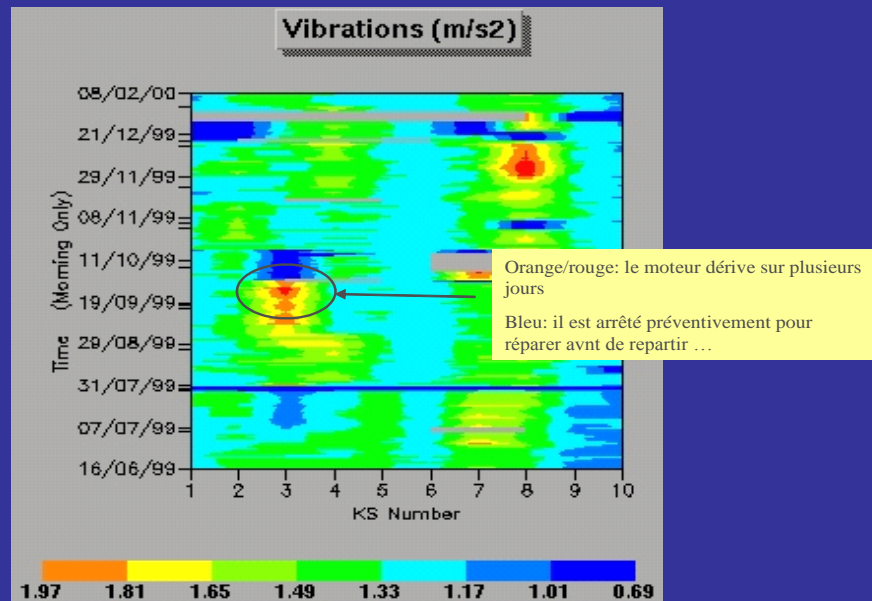
Exemple 4: Analyse mécanique en ligne

Jusqu'à septembre 2007, l'ESRF était doté de 10 moteurs Diesel de 1 MW chacun.

Rôle: pallier les coupures d'électricité dues à des défauts sur le réseau du fournisseur d'électricité.

En cas d'arrêt brutal de 1 ou plusieurs de ces moteurs: danger pour l'équipement qu'ils protègent ! Ils passeraient de « pleine puissance » à « arrêté » instantanément.

→ Des capteurs de vibrations ont été installés pour détecter précocement toute anomalie liée à un / plusieurs composants du moteur



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Eviter les fausses pannes

Exemple 5: Eviter les fausses pannes

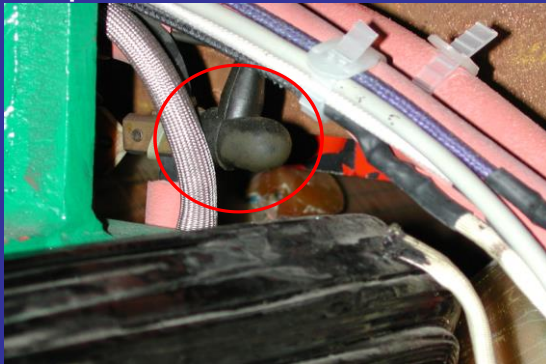
Fausse panne = panne induite par le capteur / interlock et pas par l'équipement surveillé.

Conséquence = la même que pour une vraie panne: tout s'arrete !!

Un exemple typique à l'ESRF: les capteurs de température des sextupoles.

Phénomène:

Les aimants sextupolaires s'arrêtent suite à un déclenchement de l'interlock de température de la bobine. Or la bobine ne semble pas chaude ...



Diagnostic: Le caoutchouc protecteur du capteur se liquéfie sous les radiations.

→ Sa structure moléculaire passe d'isolant à conducteur !

→ Un courant de fuite s'installe faisant croire à un déclenchement du capteur !

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Eviter les fausses pannes

La bonne question !: Ces interlocks sont-ils VRAIMENT utiles ?

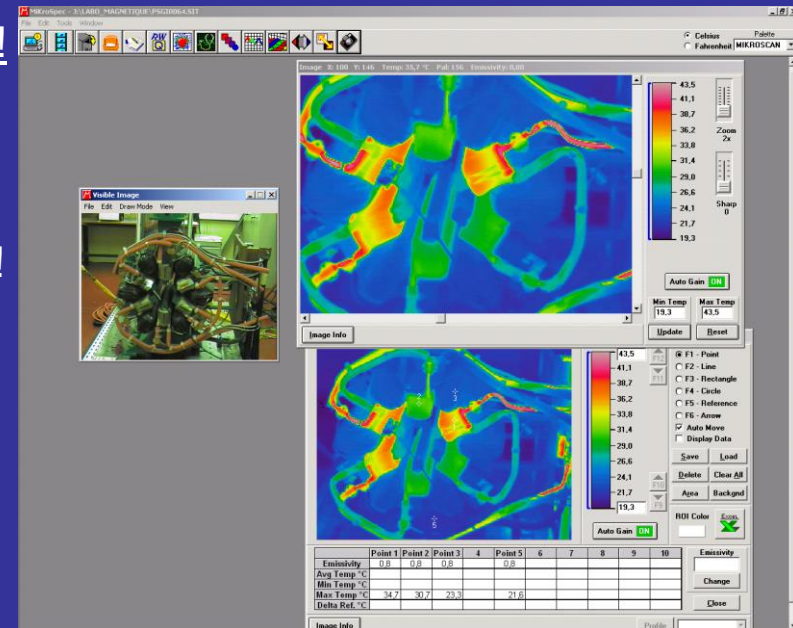
Tests: Un sextupole est placé sur un bac de mesure pour y subir une série de tests.

Ils est alimenté mais ses bobines, non refroidies à l'eau!

Résultat: Même non refroidie, une bobine ne présente pas d'élévation de température inquiétante !

Un capteur passif de lecture suffit, l'interlock est inutile !

Action: déconnexion de 1344 de ces interlocks – autant de causes de pannes en moins !



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Se servir de ses yeux !...

Exemple 6: Se servir de ses yeux

1 exemple ...

Hiver 2001 – 2002: démarrage des accélérateurs sans problèmes. Tout tourne bien pendant 3 jours.

Jour 4: on simule un 'delivery' aux utilisateurs et on ferme les machoires des éléments d'insertion au minimum.

Le faisceau ne passe plus. Des pertes élevées sont indiquées par les détecteurs en cellule 15.

Une inspection visuelle a lieu dans cette zone ...

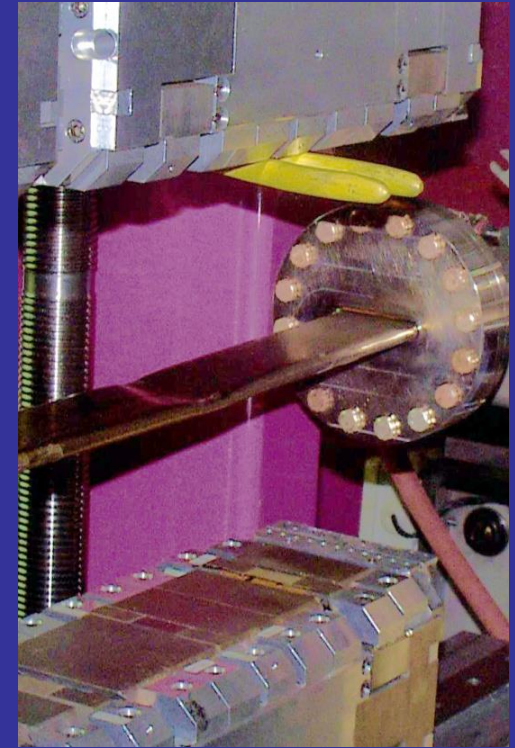
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Se servir de ses yeux !...



Une personne avait oublié une pince dans cette zone. Attirée par le champ magnétique, la pince s'est collée à une mâchoire, écrasant la chambre à vide lors de la fermeture de l'élément d'insertion ...

24 heures de perdues « grâce » au fait que la chambre alu s'est pliée sans créer de fuite de vide. Une chambre inox aurait éclaté provoquant une remise à l'air très brutale sur plusieurs dizaines de mètres !...



Depuis lors, une inspection visuelle (3 personnes) approfondie a lieu en fin de période de maintenance.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Planifier des périodes d'arrêt – réparer / maintenir

Toutes les méthodes décrites ci-dessus permettent de détecter une panne de manière précoce afin d'anticiper sa réparation.

Encore faut-il avoir prévu ... des créneaux d'intervention planifié hors des périodes de service aux utilisateurs !

Basé sur l'expérience, nous planifions:

- 1-2 heures d'intervention tous les 15 jours pendant la journée réservée aux études accélérateurs. En cas de nécessité, cette fréquence peut être ramenée à 1-2 heures tous les 7 jours (actuellement, 1 journée par semaine est dédiée aux études sur les accélérateurs).
- 5 périodes plus longues sur l'année pour effectuer des interventions plus conséquentes (changements de chambre à vide, remplacement d'un élément d'insertion, etc.) : 1 mois en hiver, 1 mois en été et 3 * 10 jours répartis sur le reste de l'année.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Planifier des périodes d'arrêt – réparer / maintenir

Jan 2016	Feb 2016	Mar 2016	Apr 2016	May 2016	Jun 2016	Jul 2016	Aug 2016	Sep 2016	Oct 2016	Nov 2016	Dec 2016	Jan					
Fri 01	s s s	Mon 01	Tue 01	m m m	Fri 01	Sun 01	Wed 01	m m m	Fri 01	Mon 01	s s s	Thu 01	Sat 01	Tue 01	m m m	Thu 01	Sun 01
Sat 02	s s s	Tue 02	m m m	Wed 02	Sat 02	Mon 02	Thu 02	m m m	Sat 02	Tue 02	s s s	Fri 02	Sun 02	Wed 02	Fri 02	Mon 02	Mon 02
Sun 03	s s s	Wed 03	Thu 03	Sun 03	Tue 03	m m m	Fri 03	Sun 03	Wed 03	s s s	Sat 03	Mon 03	Thu 03	Thu 03	Sat 03	Tue 03	Tue 03
Mon 04	s s s	Thu 04	Fri 04	Mon 04	Wed 04	Sat 04	Mon 04	Thu 04	Thu 04	s s s	Sun 04	Tue 04	Fri 04	Fri 04	Sun 04	Wed 04	Wed 04
Tue 05	s s s	Fri 05	Sat 05	Tue 05	m m m	Thu 05	Sun 05	Tue 05	m m m	Fri 05	s s s	Mon 05	Wed 05	Sat 05	Mon 05	Thu 05	Thu 05
Wed 06	s s s	Sat 06	Sun 06	Wed 06	Fri 06	Mon 06	Wed 06	Sat 06	Tue 06	m m m	Thu 06	Sun 06	Sun 06	Sun 06	Tue 06	m m m	Fri 06
Thu 07	s s s	Sun 07	Mon 07	Thu 07	Sat 07	Tue 07	m m m	Thu 07	Sun 07	s s s	Wed 07	Fri 07	Sun 07	Mon 07	Wed 07	m m m	Sat 07
Fri 08	s s s	Mon 08	Tue 08	Fri 08	Sun 08	Wed 08	Fri 08	Mon 08	Tue 08	Sun 08	Thu 08	Sat 08	Sun 08	Tue 08	m m m	Thu 08	Sun 08
Sat 09	s s s	Tue 09	m m m	Wed 09	Sat 09	Mon 09	Thu 09	Sat 09	Tue 09	s s s	Fri 09	Sun 09	Sun 09	Wed 09	Fri 09	Mon 09	Mon 09
Sun 10	s s s	Wed 10	m m m	Thu 10	Sun 10	Tue 10	m m m	Fri 10	Sun 10	Wed 10	s s s	Sat 10	Mon 10	Sun 10	Thu 10	Fri 10	Tue 10
Mon 11	s s s	Thu 11	Fri 11	Sat 11	Mon 11	Wed 11	Sat 11	Mon 11	Thu 11	s s s	Sun 11	Tue 11	Sun 11	Fri 11	Sun 11	Wed 11	Wed 11
Tue 12	s s s	Fri 12	Sat 12	Sun 12	Tue 12	Thu 12	Sun 12	Tue 12	m m m	Fri 12	s s s	Mon 12	Wed 12	Sun 12	Sat 12	Mon 12	Thu 12
Wed 13	s s s	Sat 13	Sun 13	Mon 13	Wed 13	Fri 13	Mon 13	Wed 13	Sat 13	s s s	Tue 13	m m m	Thu 13	Sun 13	Sun 13	Tue 13	Fri 13
Thu 14	s s s	Sun 14	Mon 14	Tue 14	Sat 14	Tue 14	m m m	Thu 14	Sun 14	s s s	Wed 14	Fri 14	Mon 14	Mon 14	Wed 14	Sat 14	Sat 14
Fri 15	s s s	Mon 15	Tue 15	Sat 15	Sun 15	Wed 15	Fri 15	Mon 15	Tue 15	s s s	Thu 15	Sat 15	m m m	Tue 15	m m m	Thu 15	Sun 15
Sat 16	s s s	Tue 16	m m m	Wed 16	Sat 16	Mon 16	Thu 16	Sat 16	Tue 16	s s s	Fri 16	Sun 16	m m m	Wed 16	Fri 16	s s s	Mon 16
Sun 17	s s s	Wed 17	Thu 17	Sun 17	Tue 17	m m m	Fri 17	Sun 17	Wed 17	s s s	Sat 17	Mon 17	m m m	Thu 17	Sat 17	s s s	Tue 17
Mon 18	s s s	Thu 18	Fri 18	Mon 18	Wed 18	Sat 18	Mon 18	Sun 18	Thu 18	s s s	Sun 18	Tue 18	Mon 18	Thu 18	Sun 18	s s s	Wed 18
Tue 19	s s s	Fri 19	Sat 19	m m m	Tue 19	m m m	Thu 19	Sun 19	Tue 19	m m m	Mon 19	Wed 19	Sat 19	Mon 19	Sat 19	s s s	Thu 19
Wed 20	s s s	Sat 20	Sun 20	Mon 20	Wed 20	Fri 20	Mon 20	Wed 20	Sat 20	m m m	Tue 20	m m m	Thu 20	Sun 20	Tue 20	s s s	Fri 20
Thu 21	s s s	Sun 21	Mon 21	Thu 21	Sat 21	Tue 21	m m m	Thu 21	m m m	Sun 21	m m m	Wed 21	Fri 21	Mon 21	Wed 21	s s s	Sat 21
Fri 22	m m m	Mon 22	Tue 22	Fri 22	Sun 22	Wed 22	Mon 22	Thu 22	Mon 22	m m m	Thu 22	Sat 22	Tue 22	Tue 22	m m m	Thu 22	Sun 22
Sat 23	m m m	Tue 23	m m m	Wed 23	Sat 23	Mon 23	s s s	Thu 23	Sat 23	Tue 23	m m m	Fri 23	Sun 23	Wed 23	Fri 23	s s s	Mon 23
Sun 24	m m m	Wed 24	Thu 24	Sun 24	Tue 24	Sat 24	Sun 24	Wed 24	Sat 24	Mon 24	Thu 24	Mon 24	Thu 24	Thu 24	Sat 24	s s s	Tue 24
Mon 25	m m m	Thu 25	Fri 25	Mon 25	Wed 25	Sat 25	Mon 25	Thu 25	Tue 25	Sun 25	Tue 25	m m m	Fri 25	Sun 25	Sun 25	s s s	Wed 25
Tue 26	m m m	Fri 26	Sat 26	Tue 26	m m m	Thu 26	Sat 26	Mon 26	Tue 26	m m m	Wed 26	Mon 26	Sat 26	Mon 26	Sun 26	s s s	Tue 26
Wed 27	Sat 27	Sun 27	Wed 27	Thu 27	Fri 27	Sat 27	Mon 27	Wed 27	Sat 27	Tue 27	m m m	Thu 27	Sun 27	Tue 27	Sat 27	s s s	Fri 27
Thu 28	Sun 28	Mon 28	Thu 28	Sat 28	Sat 28	Tue 28	m m m	Thu 28	Sun 28	Wed 28	Mon 28	Fri 28	Mon 28	Wed 28	Sat 28	s s s	Sat 28
Fri 29	Mon 29	Tue 29	m m m	Fri 29	Sun 29	Sat 29	Wed 29	Fri 29	Mon 29	Thu 29	Sat 29	Tue 29	m m m	Thu 29	Sun 29	s s s	Sun 29
Sat 30	Wed 30	Thu 30	Sat 30	Mon 30	Sat 30	Sat 30	Thu 30	Sat 30	Tue 30	m m m	Fri 30	Sun 30	Wed 30	Thu 30	Fri 30	s s s	Mon 30
Sun 31	Thu 31	Fri 31	Sat 31	Sun 31	Sun 31	Sun 31	Sun 31	Wed 31	Thu 31	Mon 31	Sat 31	Sat 31	Sat 31	Sat 31	Sat 31	s s s	Tue 31

S = maintenance

Certains accélérateurs pratiquent une stratégie « run until it blows »: aucun shutdown n'est planifié, aucun créneau de réparation n'est planifié. Cela ne peut PAS convenir à une source de rayons X avec des dizaines d'expériences en parallèle.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: et ... échanger avec les autres instituts

Objectifs:

Echanger les expériences avec les autres instituts, sur le matériel déjà utilisé ailleurs.

Comment ?

- Conférences / workshop: notamment les « Accelerator Reliability Workshop »
 - 2002: Grenoble
 - 2009: Vancouver – Canada
 - 2011: Cape Town – Afrique du Sud
 - 2013: Melbourne – Australie
 - 2015: Oak-Ridge – USA

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes

Les pannes fréquentes vont perturber tous les types d'utilisateurs.

Ce type de pannes se distingue de la catégorie précédente en ceci qu'il faut en avoir eu plusieurs avant de se rendre compte que l'on est en face d'un problème récurrent et non isolé...

Quelques exemples concrets utilisés à l'ESRF pour augmenter le MTBF (Mean Time Between Failures) sont décrits.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.1 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: **Redondance active**

Un exemple de redondance active : HQPS – High Quality Power Supply

Le problème de départ:

Grenoble = région montagneuse – orageuse. Un orage peut générer une chute de tension sur le réseau 225 – 400 KV, accompagné d'une variation de fréquence autour du 50 Hz nominal

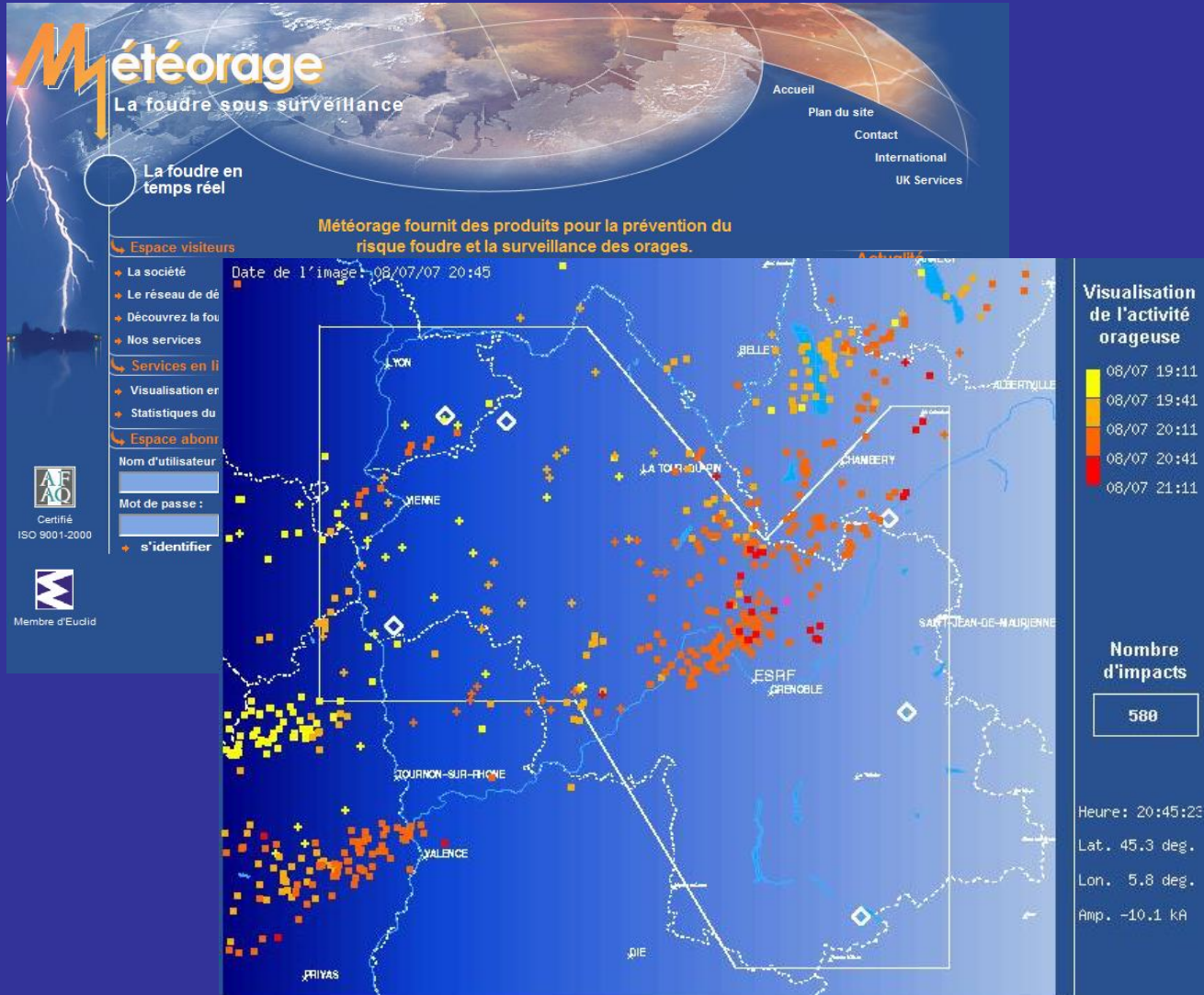
Quelques chiffres:

- Une chute de tension MOYENNE dure 200 msec avec $\Delta U/U = - 20 \%$
- Suite à une erreur de manipulation de EDF, il est déjà arrivé de rester plusieurs minutes sans électricité (travaux de nouveau Tram, etc ...)
- Entre 08/1992 et 07/1993, il y a eu 279 (!) perturbations de réseau. Toutes comprises entre 0.1 et 2 secondes et 6 d'entres-elles avec $\Delta U/U = - 80 \%$.

TOUTES les perturbations (parmi les 279) qui ont eu lieu pendant la période de livraison utilisateur ont arrêté les accélérateurs (parfois plusieurs par jour) !

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

L'information en salle de contrôle



Surveillance de l'activité orageuse



Dimanche
08/07/2007
500 impacts
en 2 heures

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.1 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: **Redondance active**

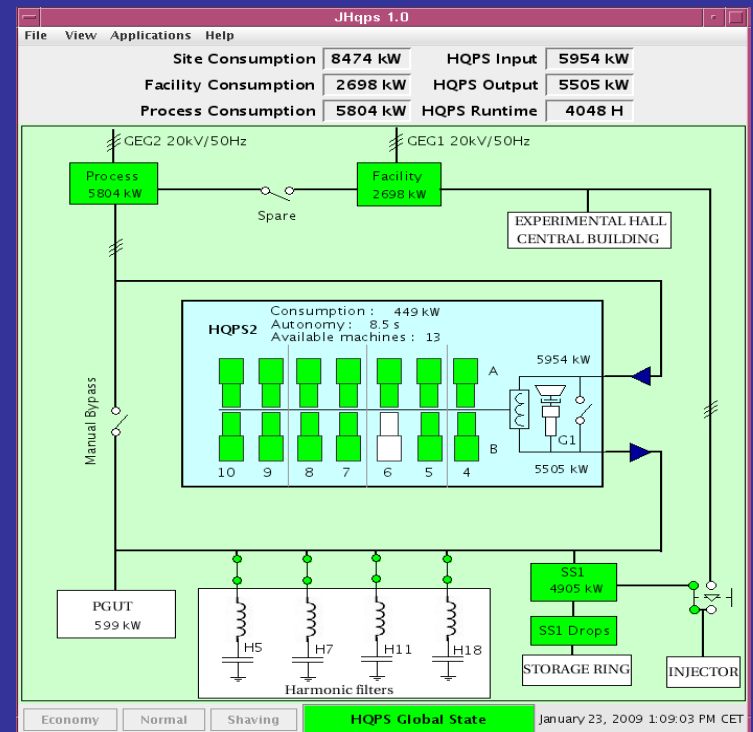
Une solution:

Installer un système dit « High Quality Power Supply » - HQPS, afin de pallier ces chutes de tension.

- Le système: 14 accumulateurs / générateurs placés en parallèle sur le réseau principal.
- 9.3 MW disponible

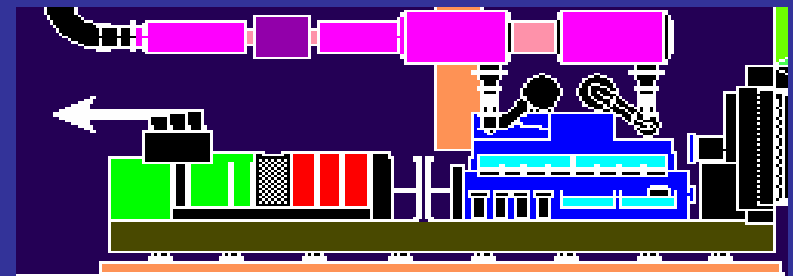
En cas de détection de chute de tension, un disjoncteur en entrée s'ouvre et les accumulateurs délivrent leur énergie aux alternateurs jusqu'au moment où le réseau principal est redevenu correct, ce qui fermera le disjoncteur pour revenir dans des conditions de travail normales.

Ce système compense 80 chutes de tension / an et évite autant de coupure de faisceau !...



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.1 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: **Redondance active**



Conclusion:

- Autant de pannes répétitives évitées
- Un MTBF considérablement augmenté grâce à ce système
- Diminution du stress des équipements du au variation du reseau
- Un moteur diesel de 1MW est démarré en cas de coupures longues (> 3 sec) pour maintenir le système de vide et le système de contrôle

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.2 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la conception*

Exemple 1: les détecteurs d'arc radio-fréquence dans les cavités

Des détecteurs d'arc protègent les guides d'onde RF. Quand un arc est détecté, la source de puissance (klystron) est arrêté.

1999: **50 arrêts** suite ... à une fausse détection

→ l'interlock EST utile ... mais pas optimisé !

2000: amélioration des détecteurs (bruit électronique mieux filtré, bascule flip-flop supprimée, niveau de détection remonté, etc)

Depuis 2000: en moyenne 10 détections d'arc par an, généralement VRAIES.

Soit, en moyenne, 40 arrêts évités chaque années ...

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.2 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: **la conception**

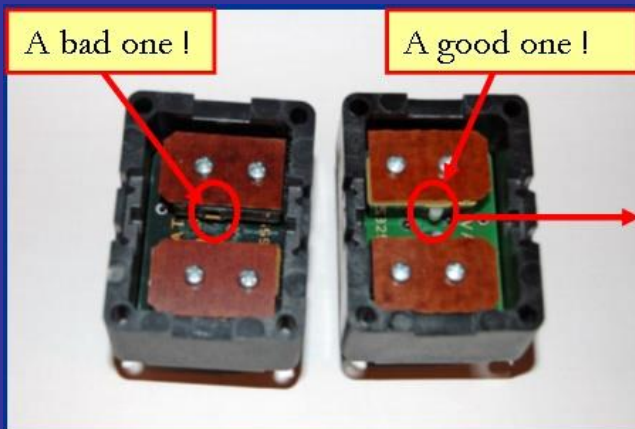
Exemple 2: les capteurs « fin de course »

2005: plusieurs arrêts faisceau.

Déclenchement d'un capteur 'fin de course' de vannes de vide manuelles... signifiant la « fermeture » de celles-ci. Ce fait est évidemment impossible: personne ne se trouve dans les accélérateurs pendant le fonctionnement !

Cet interlock est cependant utile pendant les périodes de maintenance ...

Constat: le contact déclencheur était complètement détruit sous l'effet des radiations



Solution: des capots de plomb recouvrent maintenant ces capteurs et de plus, ils ont été remplacés par des contact en céramique (moins sensibles aux radiations)

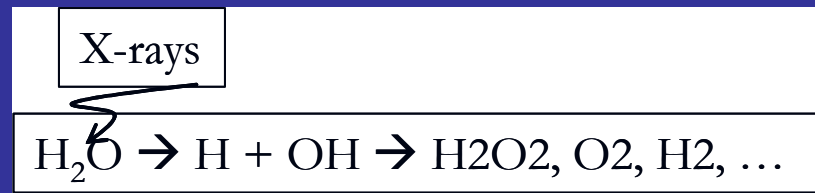
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: la maintenance préventive

Exemple 1: la présence d'oxyde de cuivre dans les circuits d'eau

Le phénomène:

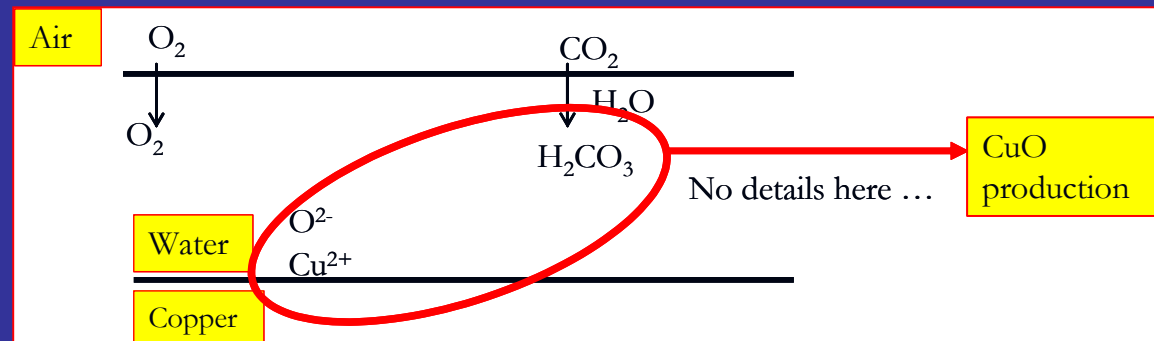
1. La radiolyse



H₂O₂, O₂ et H₂ sont des contributeurs importants à la production d'oxyde de cuivre

2. La formation d'oxyde de cuivre

Lors d'une intervention sur les circuits d'eau, du CO₂ est inévitablement introduit dans le circuit d'eau



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Les phénomènes qui auront de l'importance sur le TAUX de production sont :

facteur 1.6 : les radiations
facteur 3 : la température de l'eau
facteur 15 : la vitesse de l'eau
facteur 200 (!) : le taux de concentration de CO₂ dans l'eau et la quantité d'oxygène dissous dans l'eau.

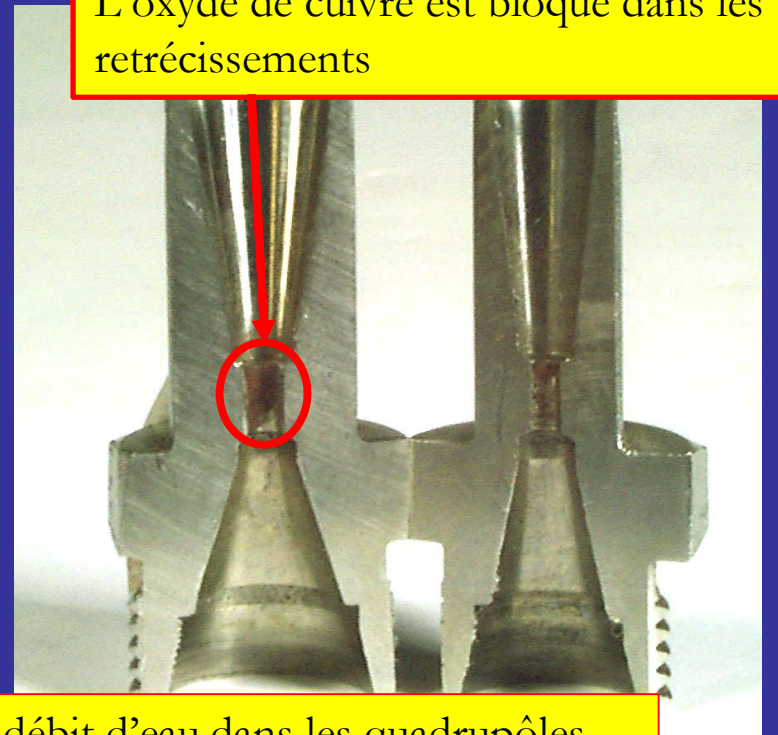
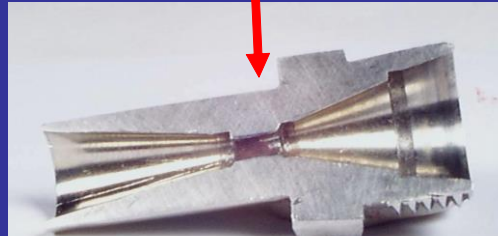
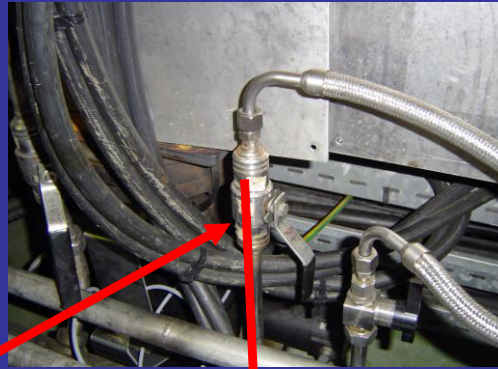
Les conséquences:

Des dépôts d'oxyde de cuivre se forment dans tous les rétrécissements du circuit, là précisément où la vitesse de l'eau est élevée et où un effet de cavitation est souvent présent.

L'oxyde de cuivre va continuer à se déposer jusqu'au moment où l'eau ne parvient quasiment plus à passer, déclenchant alors l'interlock du débitmètre de l'équipement correspondant.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: la maintenance préventive



L'oxyde de cuivre est bloqué dans les retrécissements

Les raccords calibrés sont utilisés pour limiter le débit d'eau dans les quadropôles

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Comment minimiser cet effet ?

- Placer des résines spéciales dans le circuit d'eau pour piéger l'oxyde de cuivre.
- Mesurer en continu le taux d'oxygène dissous dans l'eau (de l'ordre de 50 ppb) afin d'anticiper tout problème.
- Prendre régulièrement des échantillons d'eau pour mesurer la quantité d'oxyde de cuivre (également pour anticiper toute anomalie)
- Maintenir le réservoir d'eau sous pression avec de l'azote et non pas de l'air.
- Maintenir le pH aux environs de 5.5
- Les débitmètres sont tous systématiquement vérifiés lors des périodes de maintenance. Dès que l'un d'entre eux mesure un débit légèrement inférieur au débit nominal, les raccords sont vérifiés et nettoyés.
- Des tests systématiques de baisse de pression d'eau ont lieu afin de noter quels débitmètres déclenchent en premier lieu. Ceux-là sont aussi vérifiés en priorité.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Résultats:

Ces pannes autrefois très fréquentes sont aujourd'hui marginales.

De plus, on retire aujourd'hui 20 mgr de cuivre / m² / jour contre ... 600 avant que ces mesures ne soit prises.

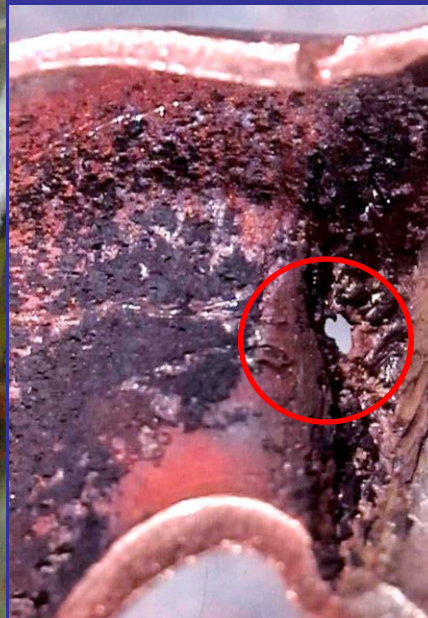
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Exemple 2: les phénomènes de corrosion eau-cuivre

Il arrive assez fréquemment que des fuites d'eau se déclenchent à des endroits où ont lieu le phénomène de cavitation (coudes, rétrécissements).

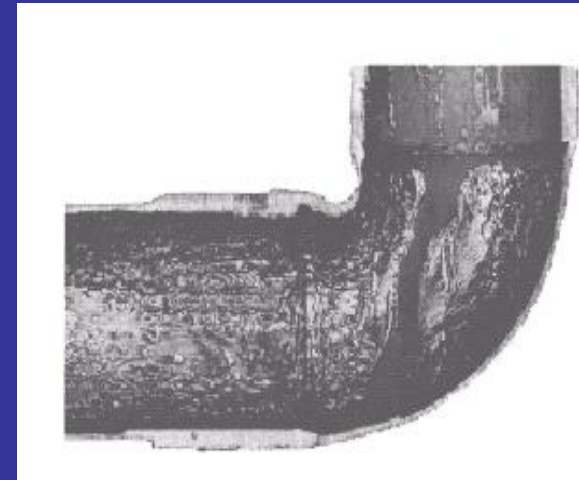
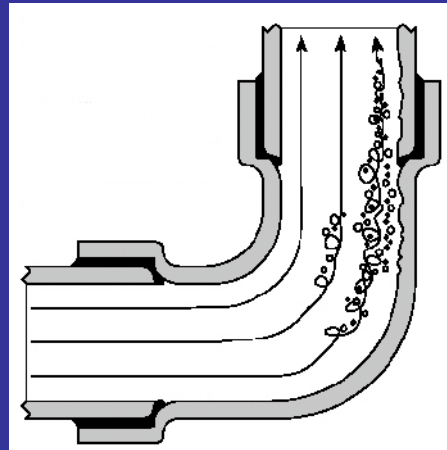
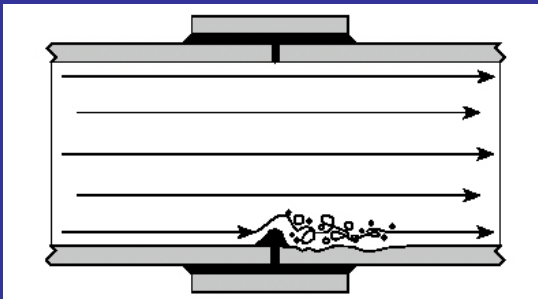
En 2005, il y a eu 13 arrêts et 17 heures de perdues à cause de ce type de panne.



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Dans ces endroits: la vitesse de l'eau est élevée ou bien change de direction. Des bulles vont se créer et percuter avec suffisamment de force les parois de cuivre qu'au fil des années, un trou va se créer: 'pitting effect'.

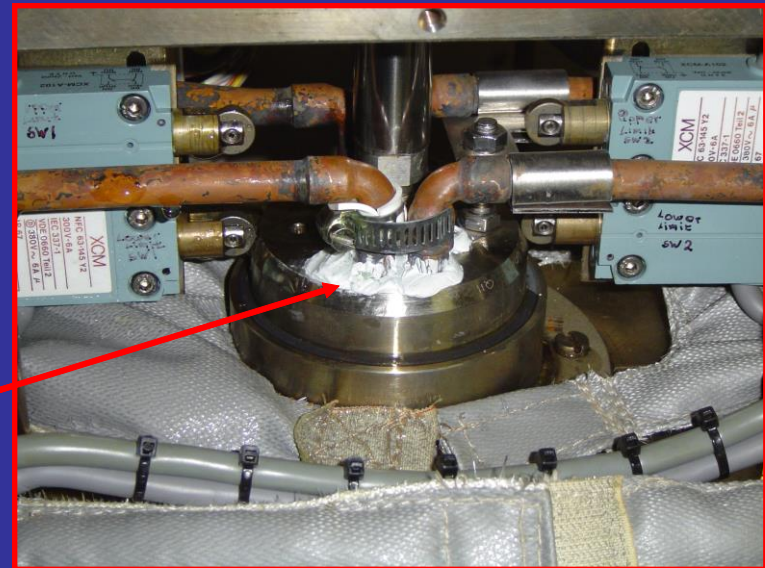
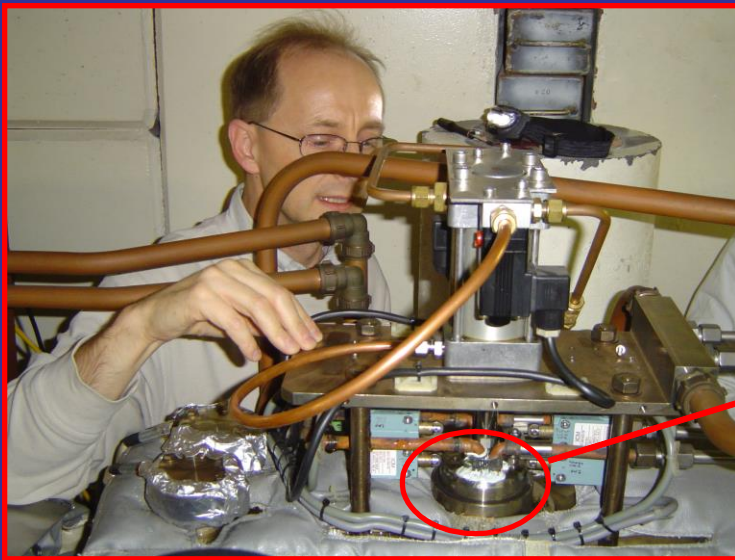


5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: la maintenance préventive

Solution court terme:

réparer vite, du mieux qu'on peut en fonction de l'importance du trou



Solution long terme:

Remplacement systématique des modules.

Programme long et coûteux actuellement en cours

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: la maintenance préventive

Exemple 3: Anticiper le vieillissement

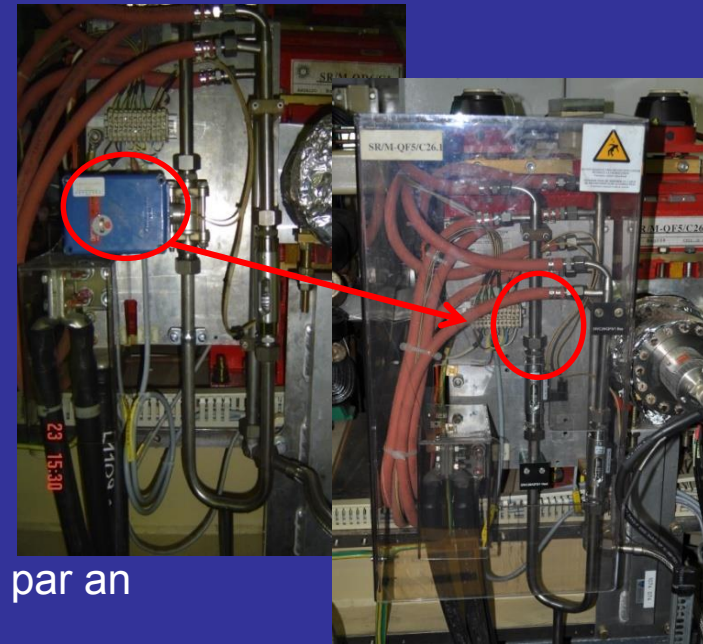
Problème : - 1200 « ELETTA » débitmètres en opération
- maintenance importante due au vieillissement
- pas de lecture du débit

Risque: - arrêt de la machine

Action: - étude de marché de nouveaux débitmètres
- test in situ (radiation, EMC, accuracy,...)
- En 2012: toutes les cellules sont modifiées

Gain : - Pas de maintenance : 50 Keuros d'économies par an
- Suivi de l'évolution du débit
- anticipation des blocages
- débitmètres trois fois moins chers

Objectifs: Meilleur suivi du refroidissement des composants de la machine
Amélioration de la fiabilité



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: *la maintenance préventive*

Exemple 3: Mais ne pas créer d'autres problèmes !!

Problème : - Les débitmètres sont très sensibles
à la pollution du réseau

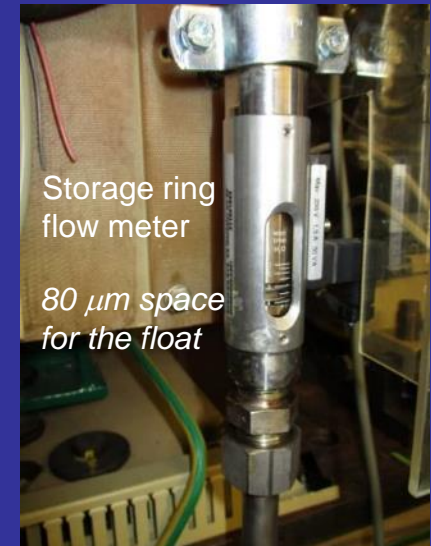
Risque: - blocage des flotteurs et
non détection des défauts de débit

Action court terme:

- nettoyage du réseau
- installation de filtres secteurs de $1\mu\text{m}$ au lieu de $50\mu\text{m}$

Action long terme:

- Utilisation pour la nouvelle machine de débitmètres « Eletta » adaptés

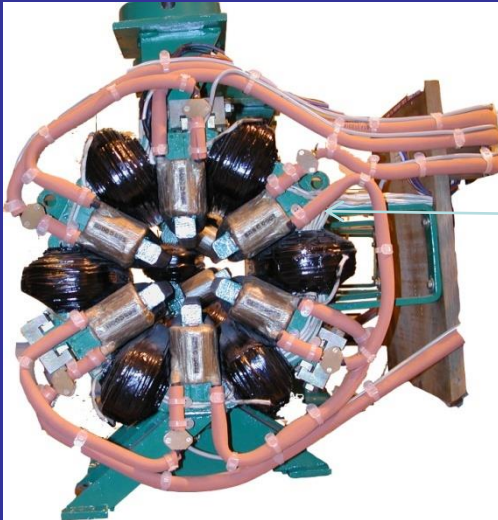


5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Eviter la panne: Faire de la maintenance preventive

Exemple 4: Suivre l'évolution des sources de problèmes

Corrosion et abrasion des circuits de refroidissement des bobines des sextupoles

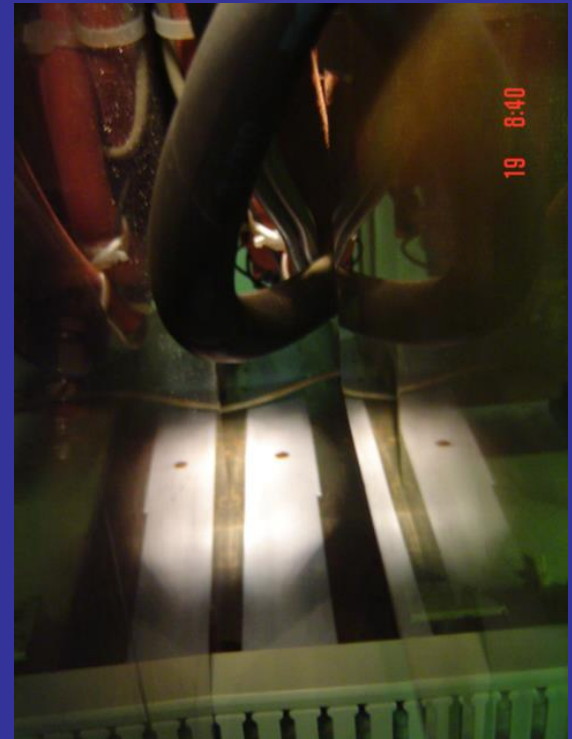


224 sextupôles!

Risques:
micro fuites

Action: Mise en place d'une
feuille de papier buvard au
droit des interconnexions

Lors de chaque arrêt technique:
Observation de l'évolution des taches et
Intervention en cas de signe de fuite



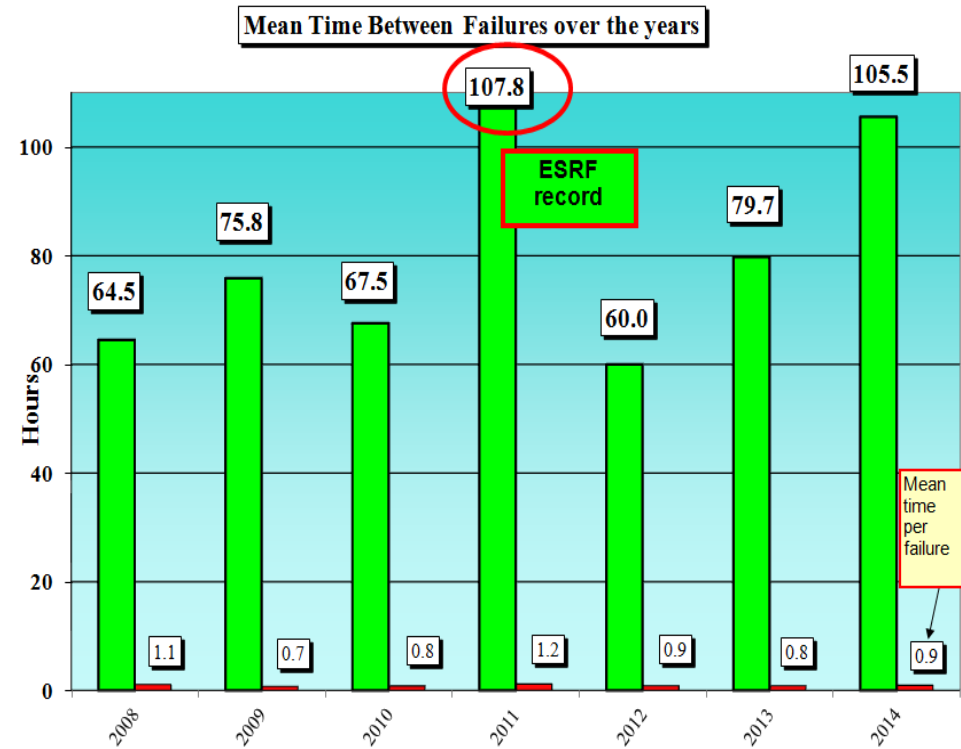
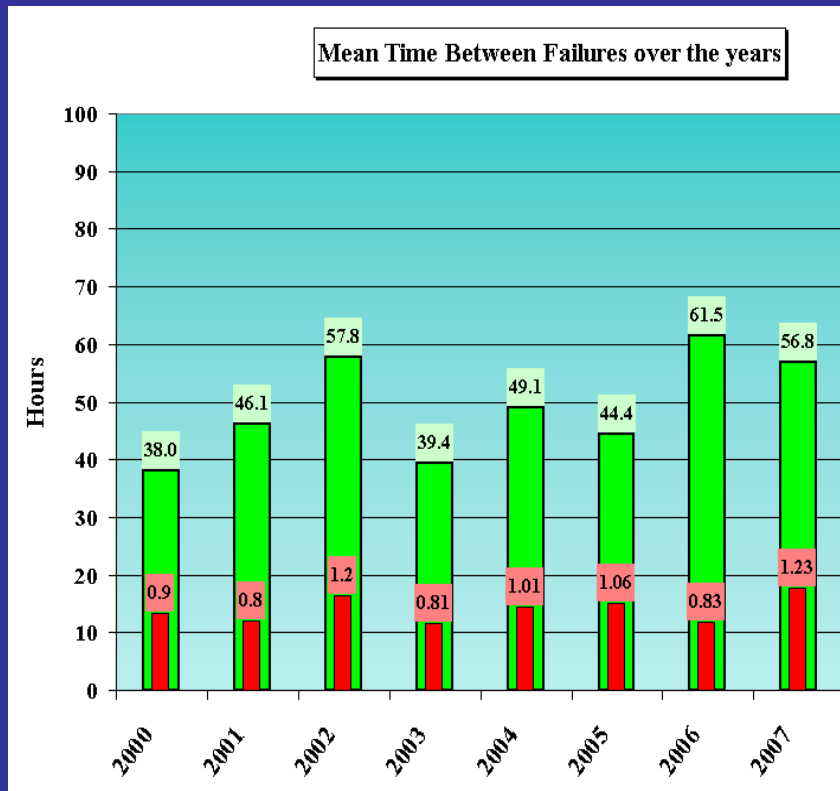
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.3.3 Avoir une durée moyenne maximale entre deux pannes: résultats

Les résultats sont sans ambiguïté:

1994: 1 panne de 72 minutes toutes les 13 heures

2014: 1 panne de 50 minutes toutes les 105 heures !



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4 Diminuer le temps moyen d'une panne: introduction

La panne est là !

Il faut minimiser le temps de la panne !

2 types de méthodes:

- technique

- redondance passive: un équipement est prêt à prendre la relève

- organisationnelle

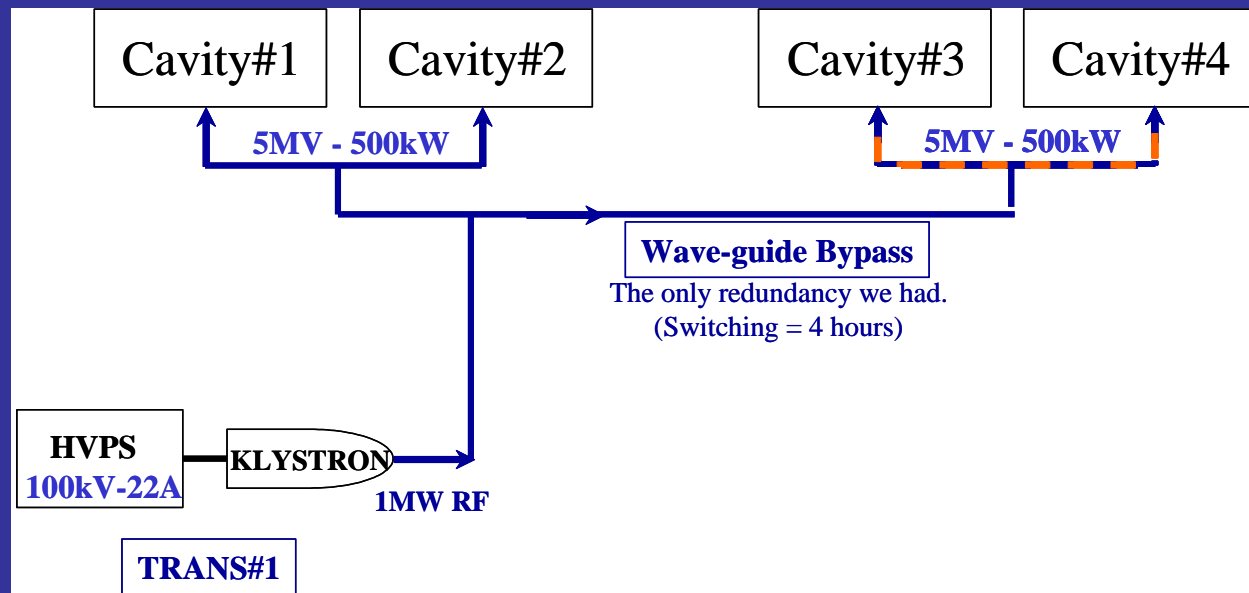
- procédures, pièces de réserve, formation, etc

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive

Exemple 1: Redondance de klystrons radio-fréquence

- Avant 1995: 1 seul klystron – pleine puissance- alimente 4 cavités



Si panne klystron: 6 heures de remplacement en supposant que 2 – 3 personnes compétentes ont pu se déplacer (nuit, WE , ...)

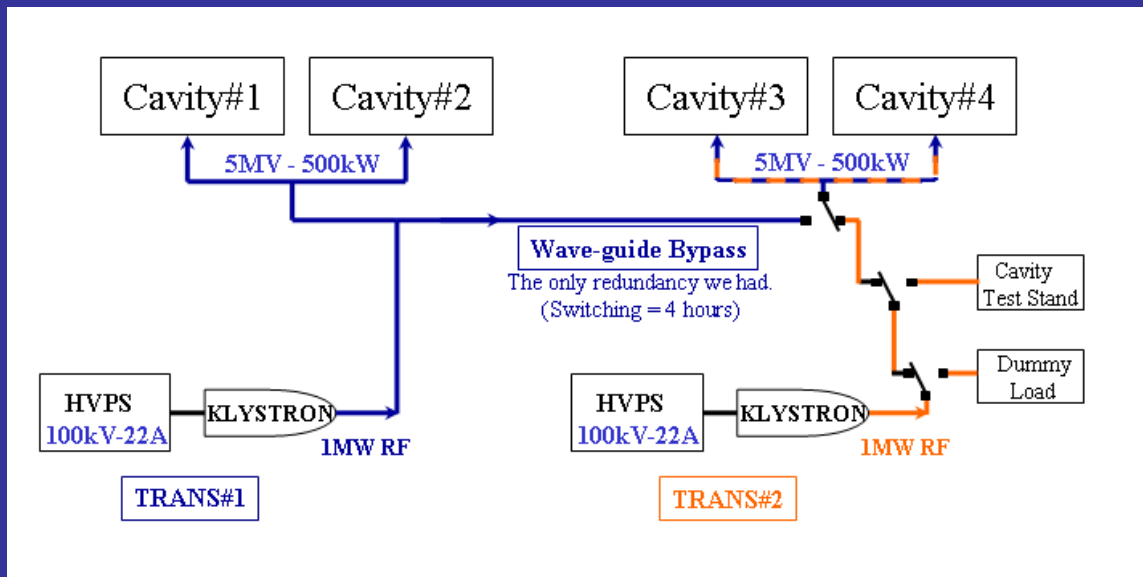
5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive

- 1995: 2 klystrons alimentent les 4 cavités (1 klystron = 2 cavités)

Avantage: Chaque klystron travaille à mi-puissance

Grand succès car le nombre de pannes chute drastiquement après cette amélioration

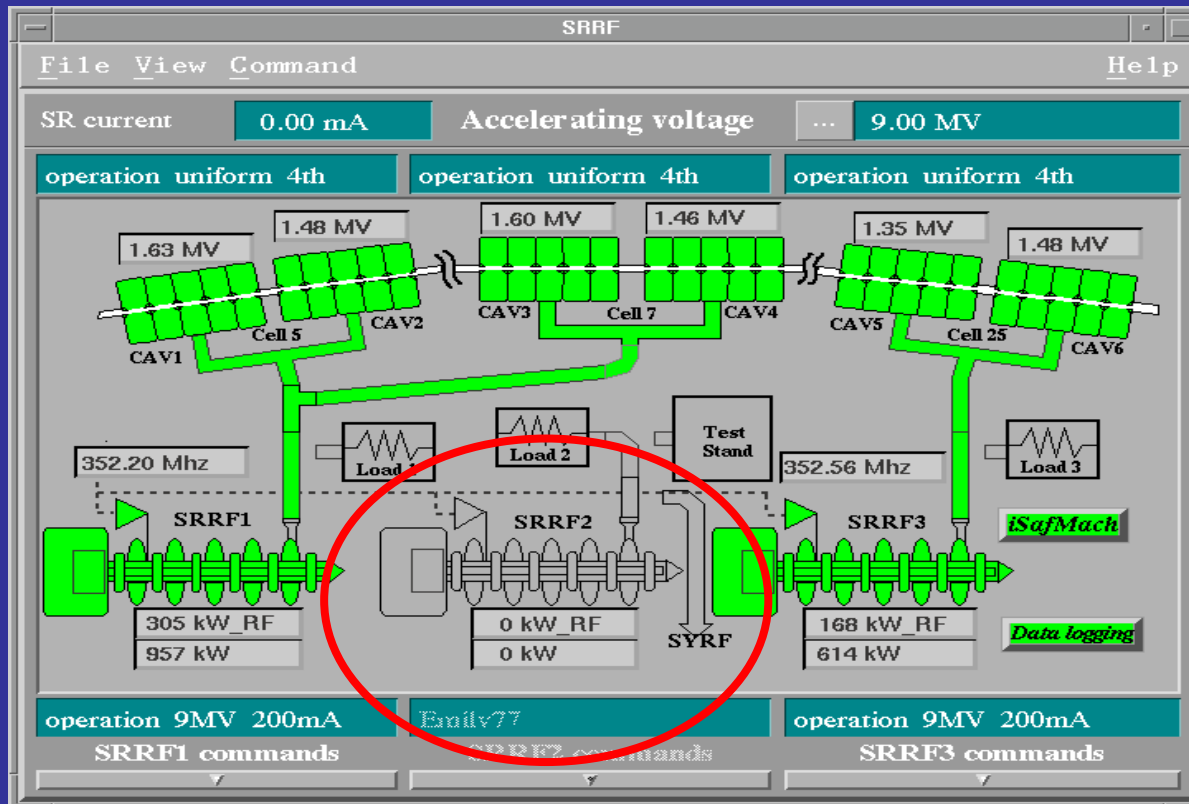


MAIS ... si panne klystron: il faut toujours 6 heures de remplacement en supposant que 2 – 3 personnes compétentes ont pu se déplacer (nuit, WE , ...) !!

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive

- 1997: 1 klystron alimente 4 cavités
- + 1 nouveau klystron qui alimente 2 nouvelles cavités (6 cavités au total)



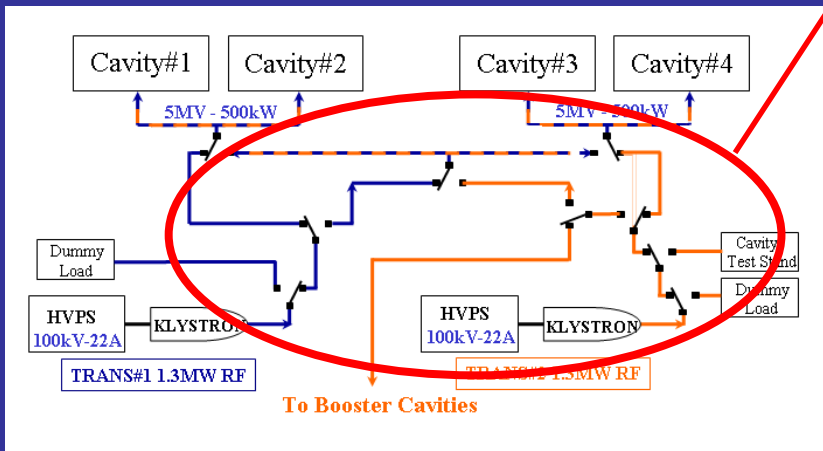
Un klystron est maintenant redondant !

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive

Avantages:

- Chaque klystron travaille à mi-puissance comme avant
- La puissance passe par 6 fenêtres de cavités plutôt que 4: risque de claquage de fenêtre devenu négligeable.
- En cas de panne sur le klystron 1, des switchs sur le circuit de guide d'onde permettent de connecter en quelques minutes le klystron 2 sur 4 cavités.



Résultat: Une panne de 6 heures avant 1997 ne dure plus que 15 - 30 minutes actuellement.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive

Exemple 2: Redondance d'alimentation de haute puissance

Dipôles:	1 alimentation	Il n'est pas concevable d'avoir 1 alimentation de réserve pour chaque famille !
Quadrupôles:	6 alimentations	
Sextupôles:	6 alimentations	

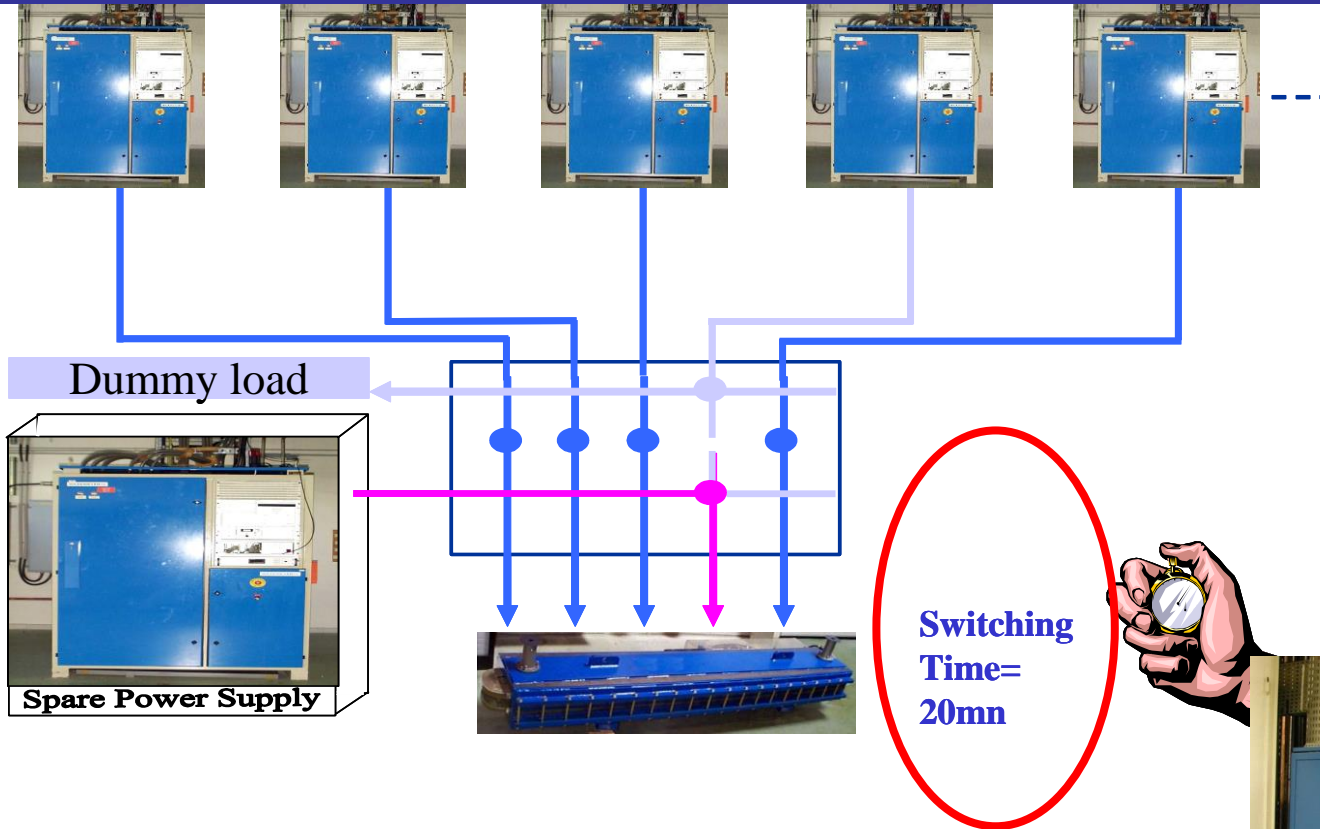
Idée 1: Avoir 1 'super-alimentation' capable de remplacer n'importe laquelle des alimentations ci-dessus !...

Mais ... il faut tout de même quelques heures pour décabler l'alimentation défaillante et recabler la famille d'aimants à la « super-alimentation ».

Idée 2: Avoir une armoire géante de type matricielle, où passent tous les câbles de puissance de toutes les alimentations ainsi que les câbles de la 'super alimentation'

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: redondance passive



Courtesy of JM KOCH

Coût: 360 000 euros, mais Beaucoup d'heures de faisceau gagnées grâce à ce dispositif



5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: de l'organisation !

La panne étant présente et une redondance passive étant supposée assurée, encore faut-il une organisation derrière tout cela ...

Les moyens mis en œuvre par l'opération à l'ESRF sont:

- 11 groupes d'experts joignables 24h/24h. Ils doivent être en mesure d'être présent sur site moins d'une heure après l'appel.
- Quelques procédures. Actuellement, une trentaine pour aider l'opérateur à mieux diagnostiquer et aider l'expert à distance
- Du matériel 'prêt à l'emploi' pour des réparations prévisibles. Plusieurs boîtes à outils préremplies du matériel adéquat pour une intervention sur un matériel donné
- Formation de terrain par les opérateurs. 20 % du temps de travail est effectué en horaire normal: formations / visites de terrain / discussion avec experts / travail dans d'autres groupes/ etc

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

5.4.1 Diminuer le temps moyen d'une panne: de l'organisation !

- RETROUVER facilement l'information concernant une panne qui a déjà eu lieu.
 - Facile grâce à l'aide d'un logbook électronique avec un filtre perfectionné et très flexible.

Event	Accelerator	Equipment	Sub-Equipment	Message
Information	SR	SRRF	TRA2	P. Jodar : D.Boilot starts Tra2 at low power for Cavity conditioning till 12:00...
Information	SR	SRRF	TRA2	Jorn Jacob writes: We have successfully started the RF system in the 300 mA configuration (without beam). The FOC2 Voltage of TRA2 was out of range and therefore INTERLOCKED for about 25 minutes. Then, it was sufficiently warm to be inside the interlock window. For the RF experts: after some hours heating, one should probably re-adjust the Voltage Interlock level on the power supply. For the operation group: If you have to switch to TRA2, then give about half an hour of warm up before FOC2 can be reset.
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas : D.boilot informs CTRM he stopps his test on SRRF2
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas : we ask D.Boilot to stop the TRA2 tests : total power consumed too high
Information	SR	SRRF	TRA2	Stephane writes: D. Boilot switched TRA2 on T-Stand
Information	SR	SRRF	TRA2	Stephane writes: D. Boilot switch SRRF2 on Test stand until tomorrow
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas D.Boilot informs CTRM : TRA2 started for tests now and hopefully until to morrow morning....it needs about 800kW
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas : TRA2 running for tests now and hopefully during all the next night in case of trip, do not try to restart it ! in case of power limitation, please stop it (low heating)
Information	SR	SRRF	TRA2	Pierre Jodar writes: Call from D.Boilot, he restarts TRA2 for cavity conditioning...
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas SRRF : D.Boilot informs CTRM ---> TRA2 will be kept running for tests until to morrow morning (HQPS in by pass) if any problem occurs let it as it is
Information	SR	SRRF	TRA2	C.Niclas

Ce filtre permet, par exemple, de retrouver TOUTES les informations enregistrées concernant le klystron N° 2 du système RF de l'anneau de stockage.

De même, toutes les procédures sont archivées dans une base de donnée et peuvent être retrouvées grâce à un filtre très performant.

5. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

En conclusion de l'approche globale ...

Au quotidien, l'opérateur reste le premier maillon de la chaîne. Il est le premier face à l'événement, le constate, le décrit, l'archive et transmet à l'expert de l'équipement.

L'expert analyse s'il s'agit d'un cas probablement isolé ou non

Le cas échéant, l'expert a pour mission de mettre en œuvre des outils pour éviter la panne, diminuer sa fréquence, mettre en œuvre des outils, des procédures pour diminuer le temps de panne si elle survient encore.

Lorsqu'on veut un accélérateur fiable, on doit avoir une politique globale de fiabilité, de maintenance préventive, etc ... qui, en effet, peut se révéler couteuse.

Mais rappelons qu'une heure de perdue coute 14 000 euros !...

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

- INTRODUCTION
- Une TRÈS BRÈVE histoire des accélérateurs jusqu'à l'ESRF
- L'ESRF AUJOURD'HUI
- LES ACCÉLÉRATEURS DE L'ESRF
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE
- FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE
- CONCLUSIONS et REMERCIEMENTS

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

Objectif

Le chapitre précédent indiquait des exemples de tâches de fond (long – moyen terme) qui ont une influence sur l'opération des accélérateurs au quotidien, notamment en termes de fiabilité.



Cette partie se concentrera plus sur les outils de contrôle de la qualité du faisceau gérée au quotidien par la salle de contrôle.

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

Les différents modes de faisceau

Différents types d'utilisateurs → compromis quant au mode délivré

Les différents possibilités de structure de faisceau sont décidées tous les 6 mois.

Certaines expériences demandent:

- un mode intense et uniforme
- un mode intense avec un trou dans la structure (gap)
- un mode intense et structuré en temps
- un mode peu intense (pour avoir un bunch court) avec structure en temps.

Au quotidien, un des rôles de l'opérateur est de remplir les accélérateurs 2 à 6 fois par jour dans un mode défini. L'opérateur doit également établir la procédure de remplissage, la tester et la rendre compréhensible pour ses collègues. Certains modes sont assez complexes.

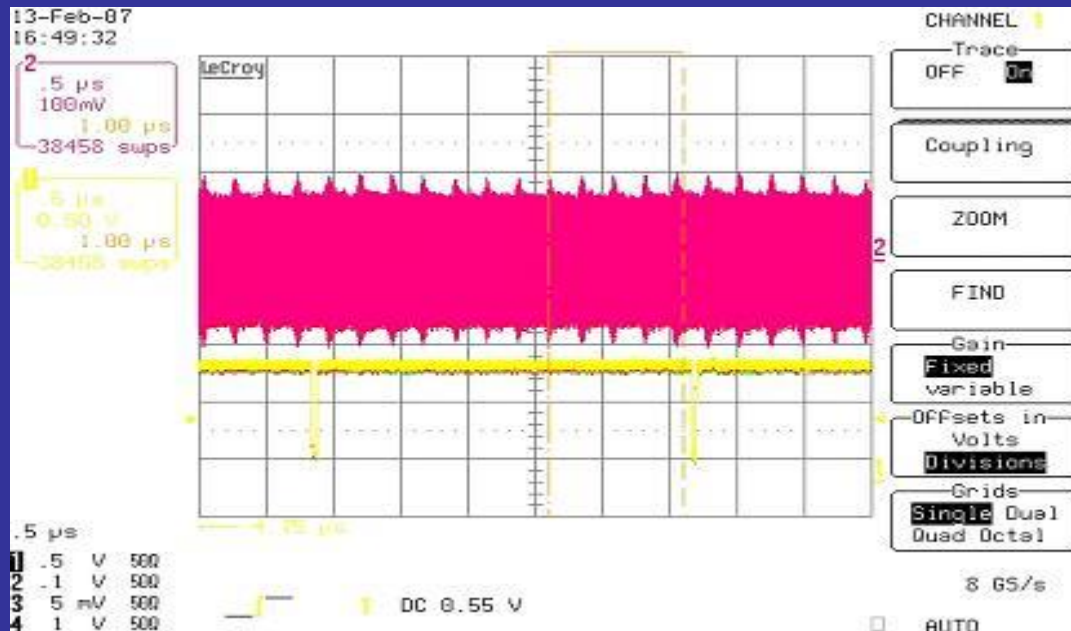
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.1: Les différents modes de faisceau: le mode uniforme

Rappelons qu'il y a 992 espaces disponibles dans l'anneau de stockage et qu'un système de timing performant permet d'y placer « l'intensité qu'on veut à l'endroit que l'on veut », ce qui offre une infinité de possibilités.

- **Le mode uniforme**

Il est le plus simple à décrire puisque dans ce cas, la totalité des buckets disponibles est occupée, soit 992 bunches. Il est délivré à 200 mA

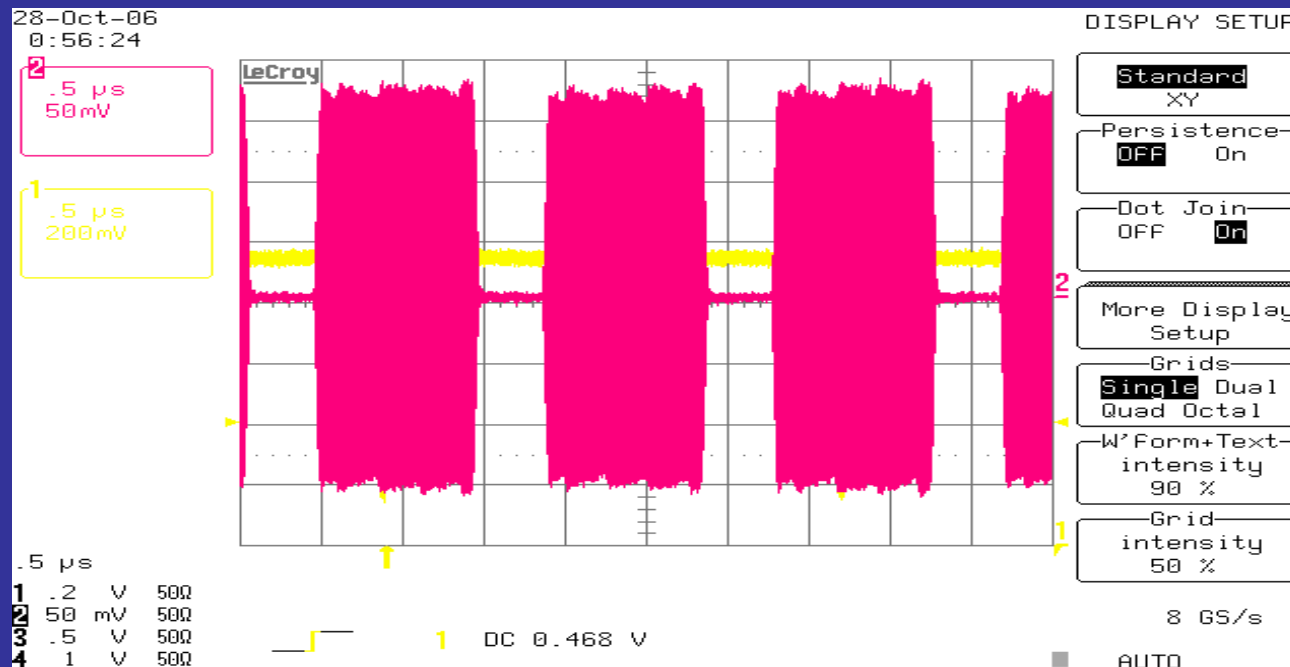


6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.2 Les différents modes de faisceau: le mode 2 * 1/3

- **Le mode 2 * 1/3**

2 * 1/3 de la circonférence sont remplis. Ils sont séparés par 2 gaps vides (1/6 de la circonférence). La présence de ces gaps élimine les ions piégés par le faisceau lorsque les conditions de vide ne sont pas parfaites (ce qui n'est pas le cas du mode uniforme).



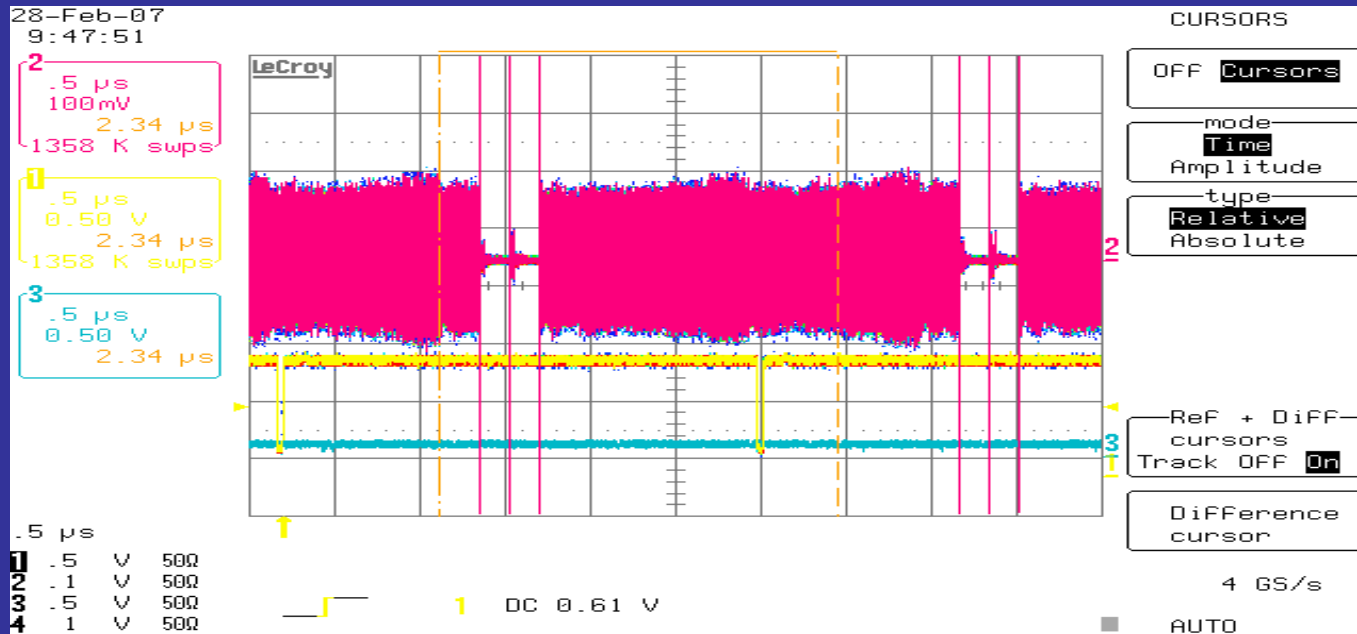
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.3 Les différents modes de faisceau: le mode 7/8 + 1

- Le mode 7/8 + 1

Structuré en temps et de haute intensité.

7/8 de la circonférence est remplie d'électrons (c'est-à-dire 868 bunches – donc 0.23 mA / bunch). Le gap de 1/8 est rempli avec un bunch de 2 mA. L'objectif est de satisfaire tant les utilisateurs ayant besoin d'une grande intensité que ceux ayant seulement besoin d'un single bunch.

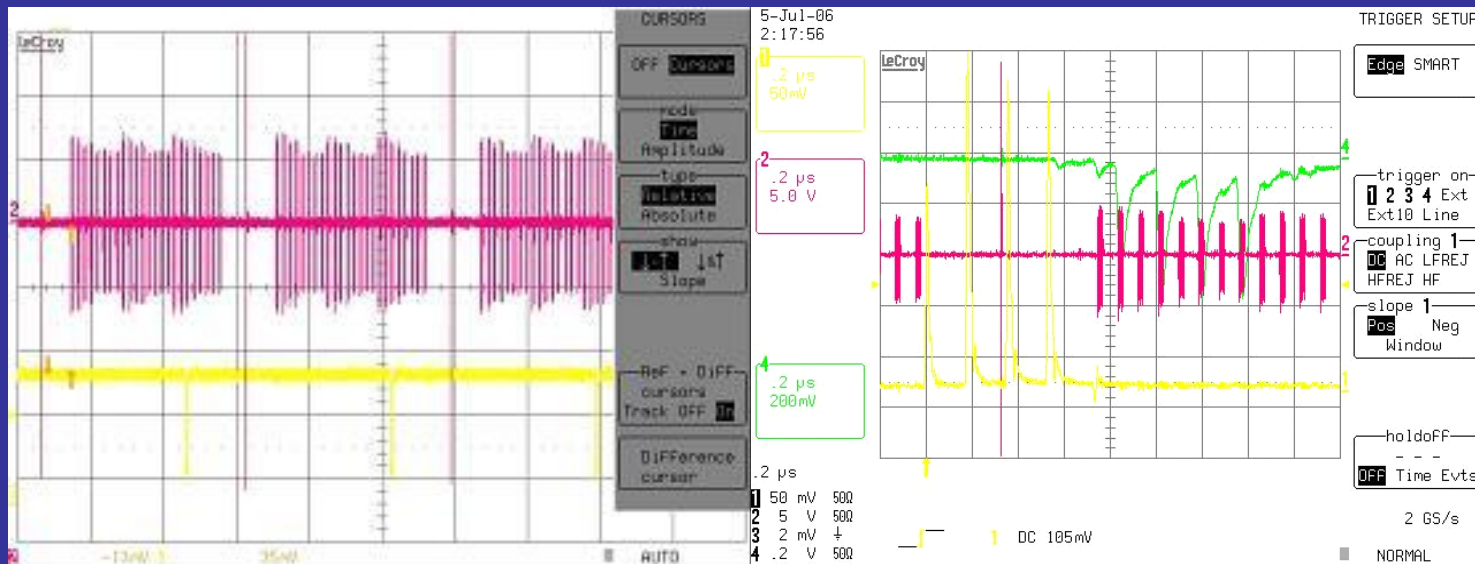


6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.4 Les différents modes de faisceau: le $24 * 8 + 1$

- Le mode $24 * 8 + 1$

Satisfait les utilisateurs ayant besoin d'intensité, ceux ayant besoin de structure en temps (24 paquets de 8 bunches) et ceux ayant seulement besoin d'un seul bunch. 24 paquets de 8 bunches sont répartis sur $\frac{3}{4}$ de la circonférence. Le quart restant est vide à l'exception d'un single bunch de 4 mA en son centre. L'intensité totale: 200 mA.

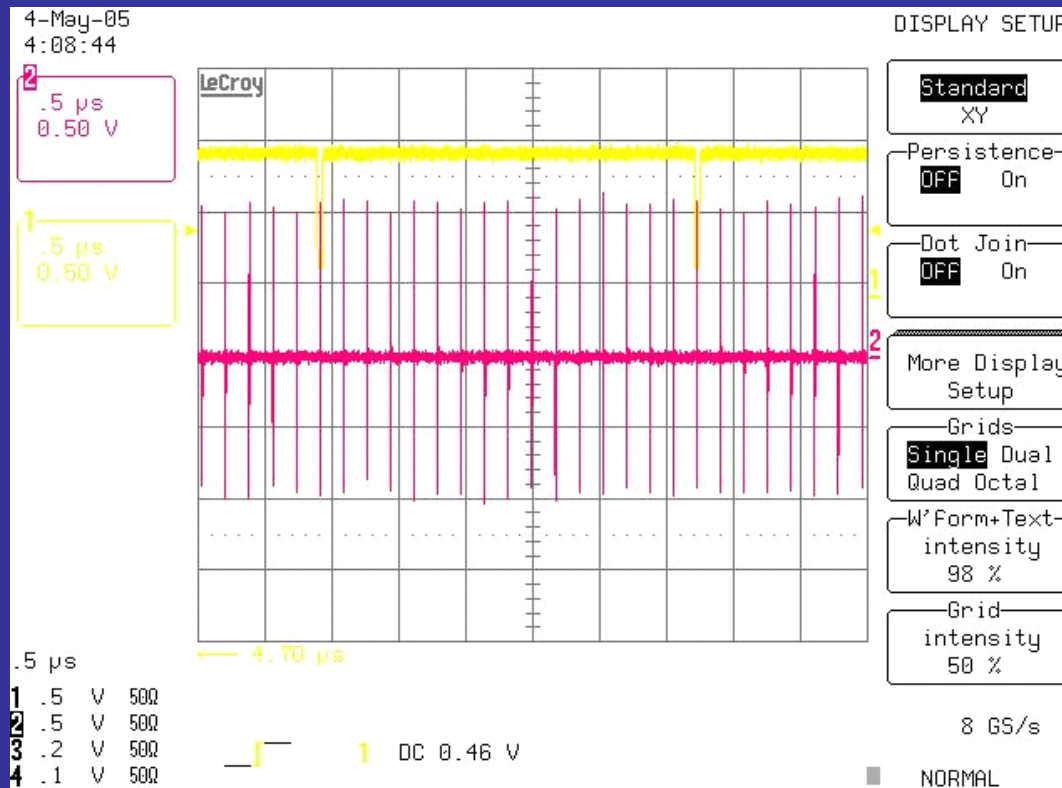


6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.5 Les différents modes de faisceau: le 16 bunch

- **Le mode 16 bunch**

16 bunches sont répartis de manière équidistante sur les 844 mètres avec une intensité de 5.6 mA / bunch, soit un courant total de 90 mA.

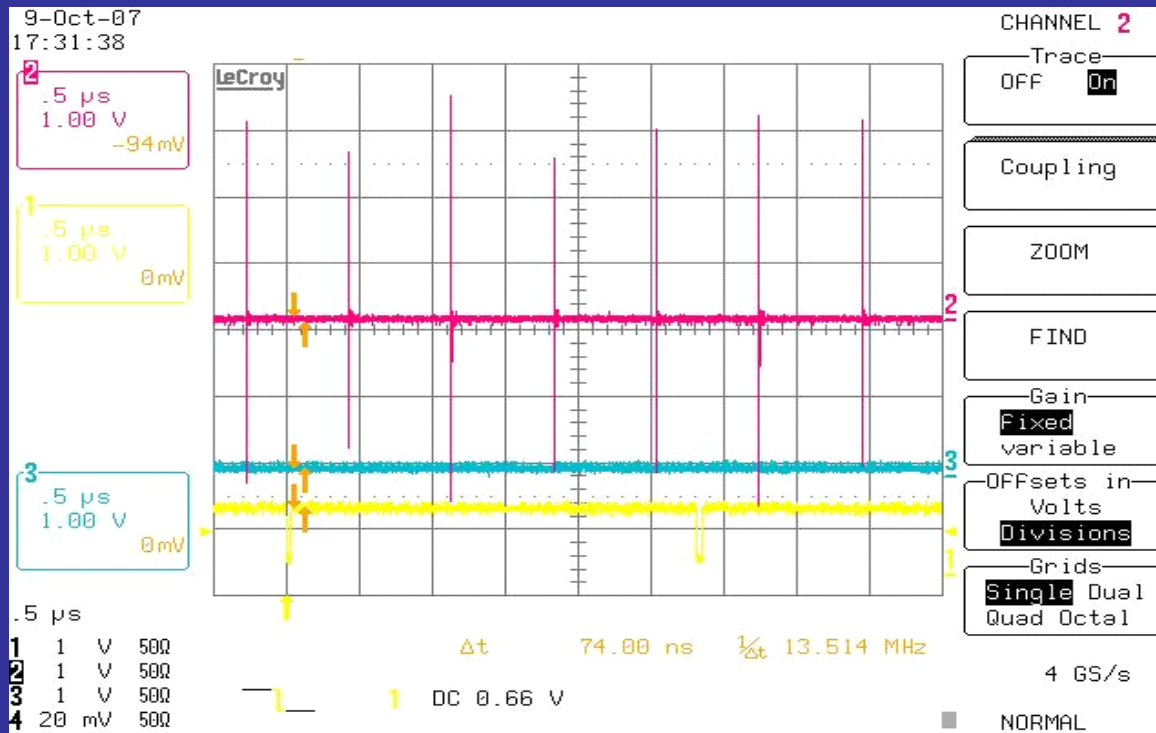


6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.6 Les différents modes de faisceau: le $4 * 10$ mA

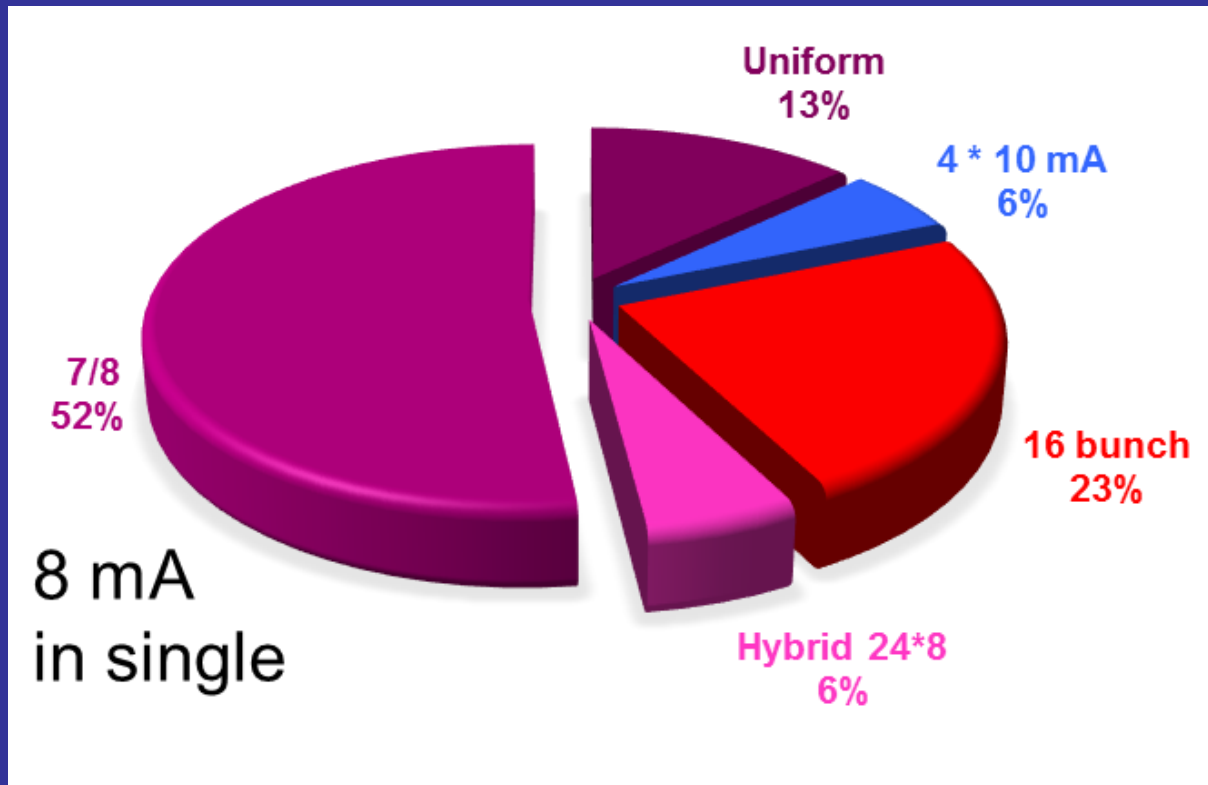
- Le mode $4 * 10$ mA

4 bunches de 10 mA sont réparties uniformément sur la circonférence avec une intensité de 10 mA / bunch soit une intensité totale de 40 mA



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1.7 Les différents modes de faisceau: répartition annuelle



87 % du temps de faisceau en mode structure temporelle

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.1 Les critères de qualité du faisceau: la pureté

Contôle de la pureté

Les modes structurés en temps nécessitent tous une étape supplémentaire: le 'cleaning'.

Pourquoi: certaines expériences nécessitent l'observation d'une 'décroissance' suite à l'excitation par un paquet principal. Des paquets parasites peuvent réexciter l'échantillon pendant la décroissance qu'on souhaite la moins perturbée possible.

L'objectif est de supprimer tous les électrons 'parasites' se trouvant dans les paquets adjacents au paquet principal

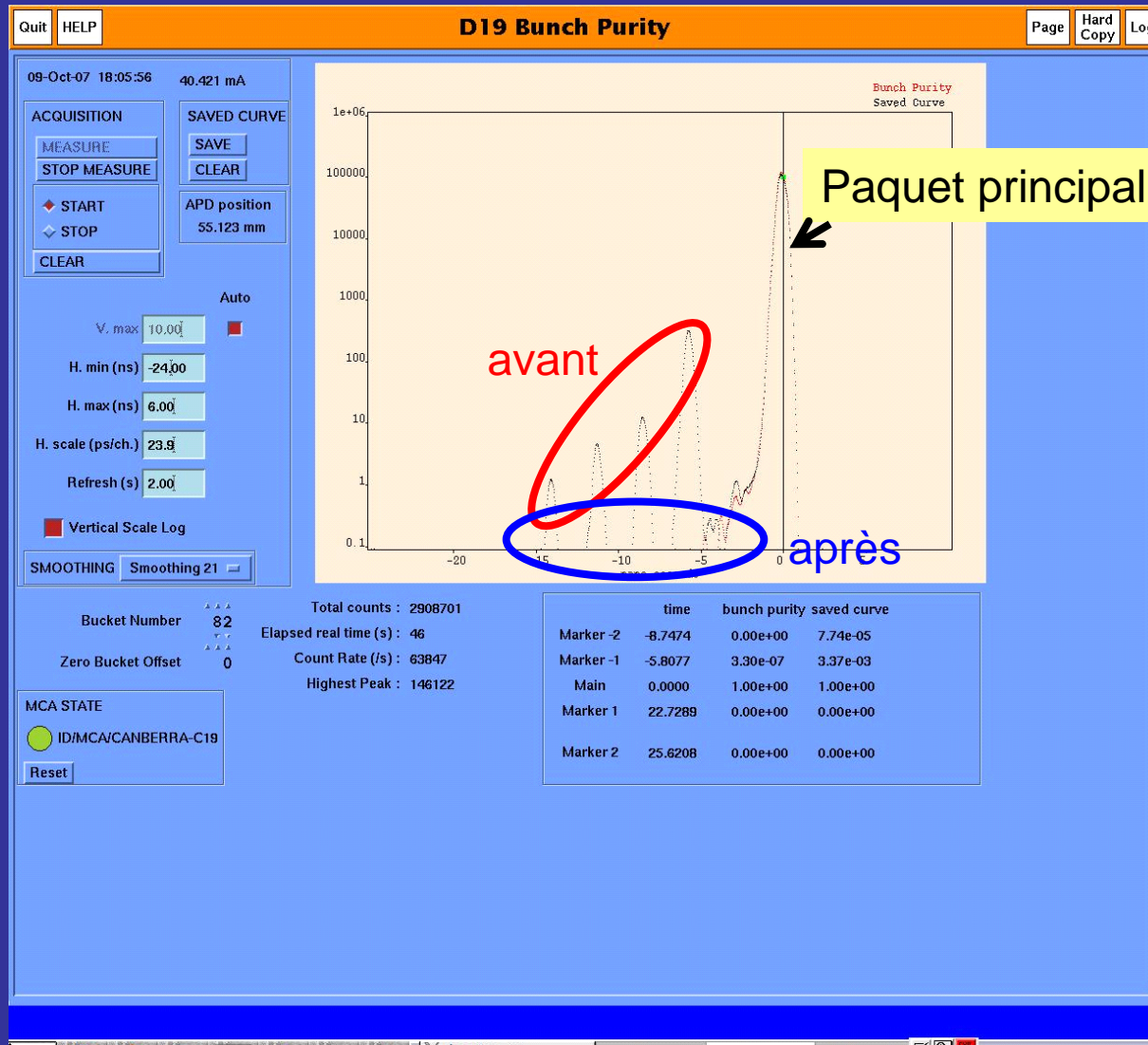
Méthode: le point de fonctionnement dépend de l'intensité.

Donc, un paquet 'parasite' peu intense, n'a pas le même point de fonctionnement que le paquet principal très intense.

On va donc exciter les paquets parasites a LEUR fréquences de résonance, faire grossir ces paquets et les raboter à l'aide de scrapers ! Le paquet principal ne ressentant pas cette fréquence de résonance puisqu'il n'a pas le même point de fonctionnement, va rester intact !

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.1 Les critères de qualité du faisceau: la pureté



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

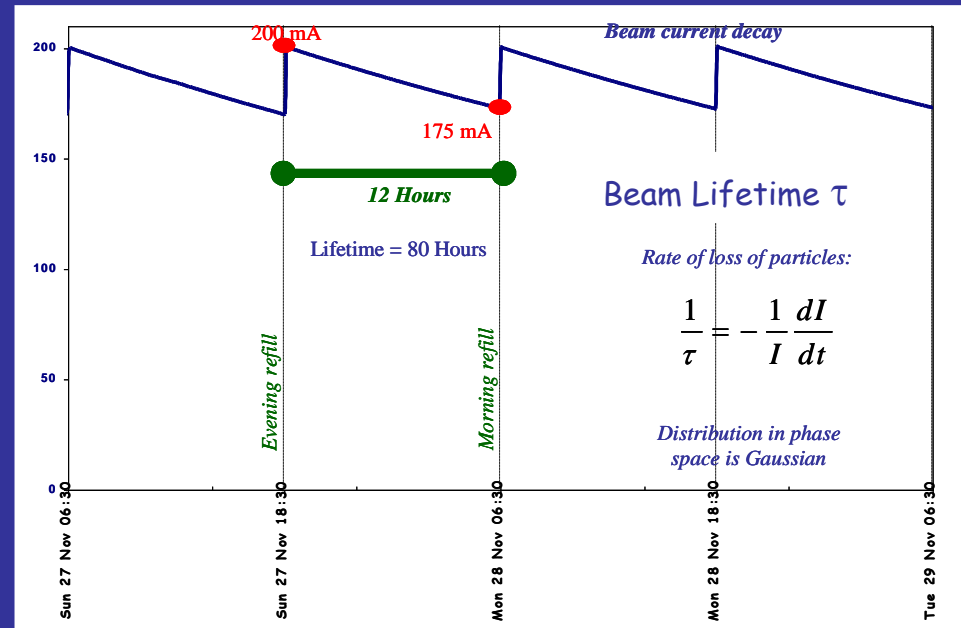
La décroissance en courant dépend de:

- La qualité du vide
 - ➔ Probabilité de collision avec le gaz résiduel
- Nombre d'électrons par paquet donc du courant total
 - ➔ Probabilité de collision à l'intérieur du paquet d'électrons
- Optique de la machine
 - ➔ Acceptance dynamique transverse et longitudinal
- Dimensionnement de la chambre à vide
 - ➔ Acceptance transverse

$$\frac{1}{\tau} = -\frac{1}{I} \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{1}{\tau} = \sum_i \frac{1}{\tau_i}$$

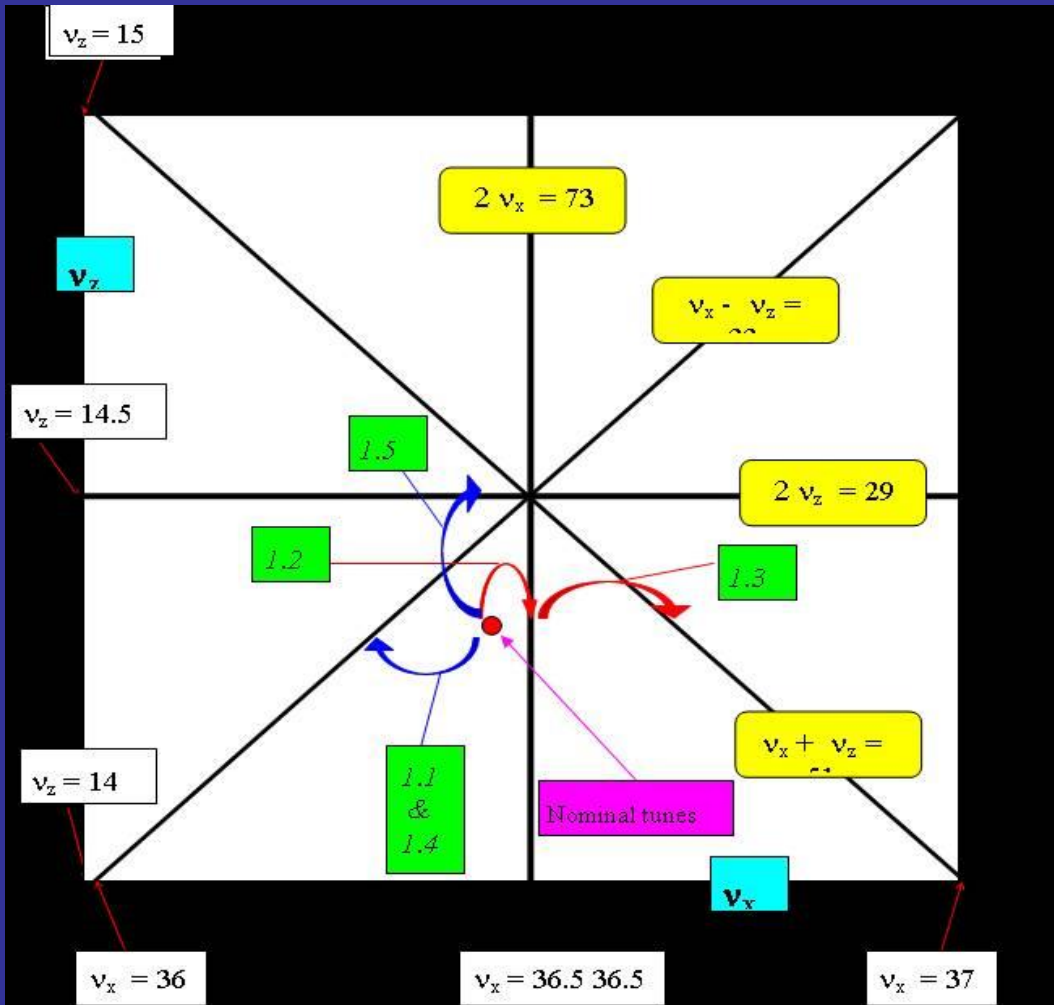
Les paramètres qui vont déterminer le temps de vie du faisceau feraient l'objet d'un cours de dynamique de faisceau, hors du cadre de ce cours. Nous ne citerons ici que les paramètres sur lesquels les opérateurs peuvent agir au quotidien.



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

- Les corrections de résonance:



- Chaque semaine, lorsqu'un mode est testé avant d'être livré la semaine suivante aux utilisateurs, une correction de résonance est effectuée.

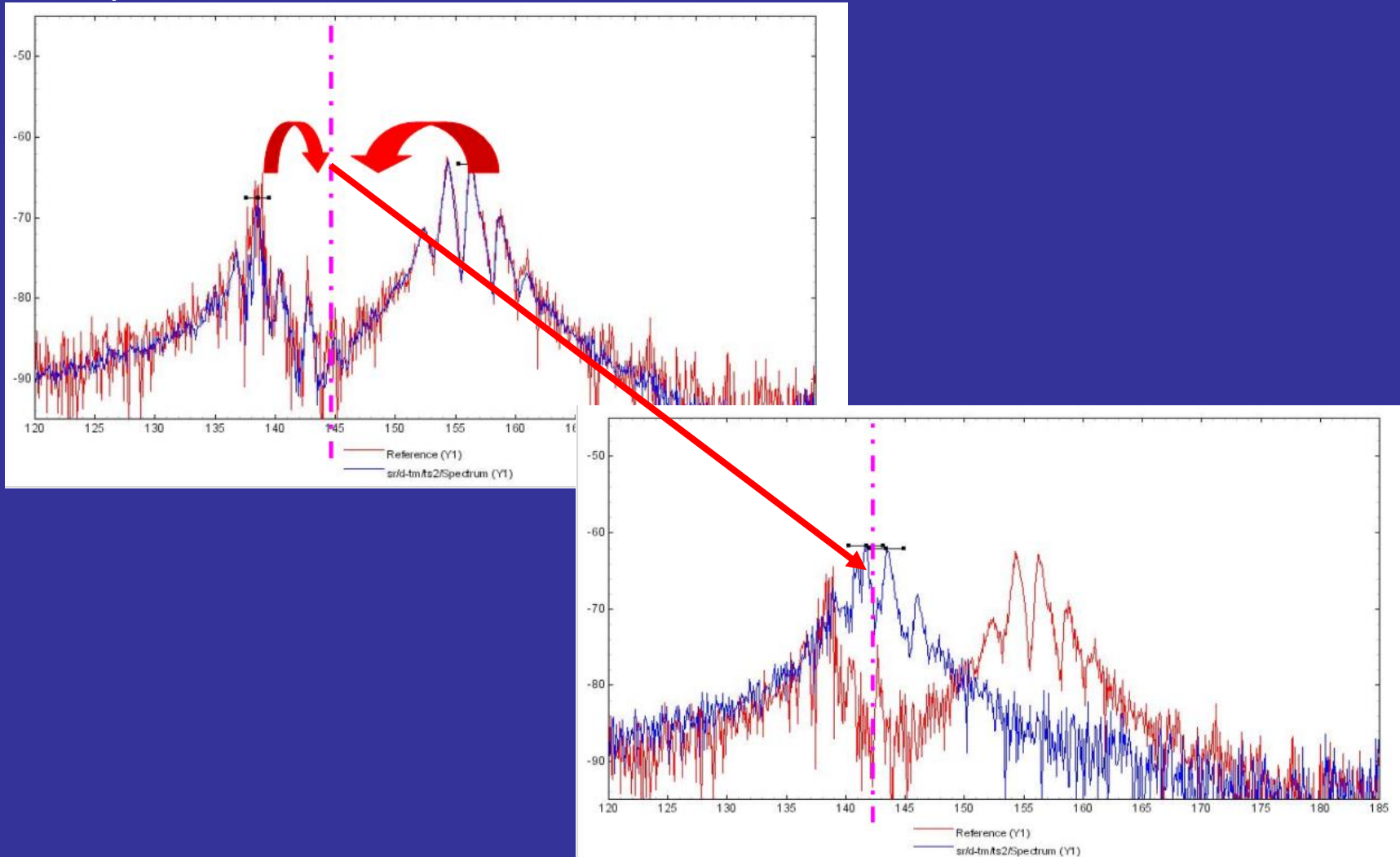
- La correction consiste à approcher volontairement les tunes du faisceau près de ces lignes de résonance et même, sur les résonances afin de trouver le réglage des correcteurs qui vont permettre au faisceau de survivre près de ces lignes.

- **La qualité de cette correction influencera le temps de vie, la vitesse d'injection, la saturation de l'injection du faisceau à des intensités élevées et les tailles de faisceau (les émittances).**

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

Exemple de correction de résonance



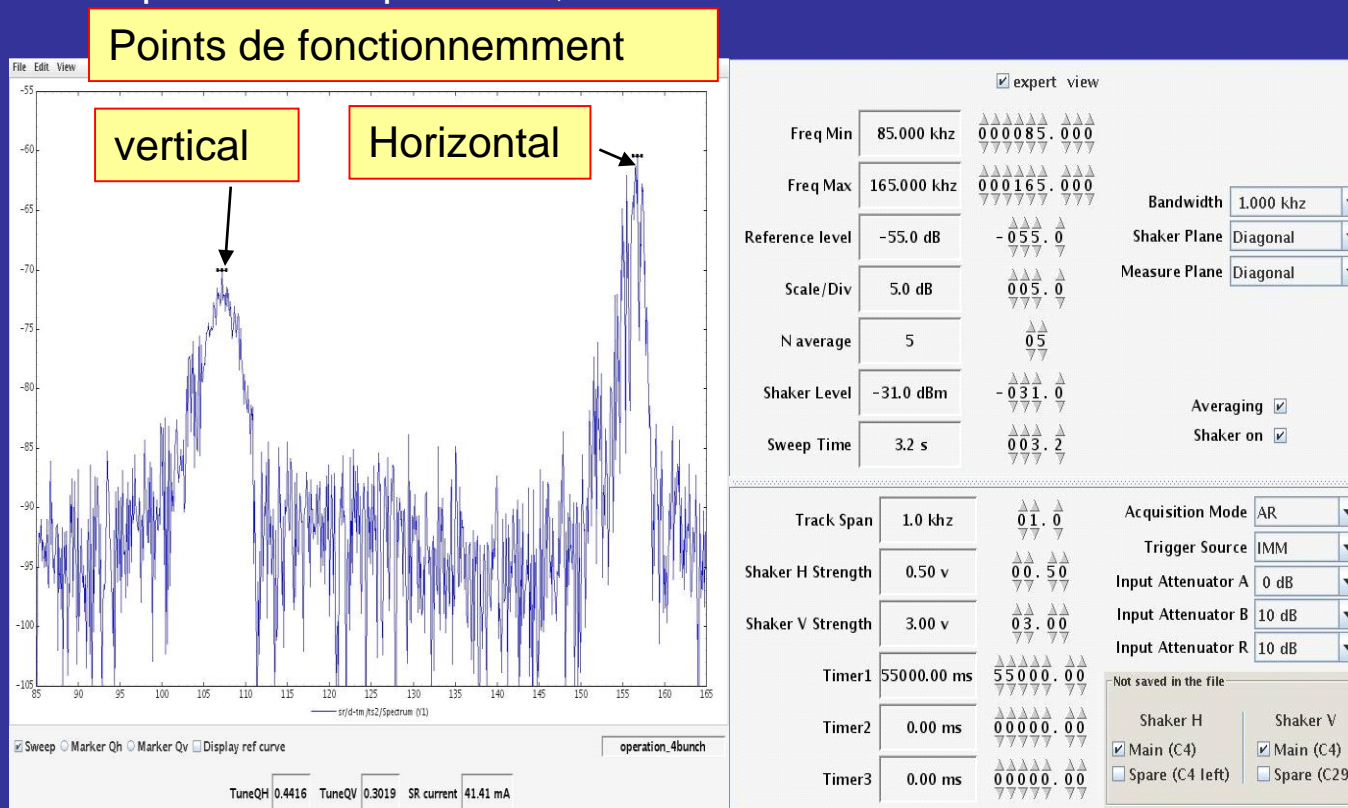
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

- Le point de fonctionnement:

L'opérateur doit vérifier qu'il n'y pas de dérive anormale du point de fonctionnement.

Conséquences: temps de vie, taille faisceau.



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

- Le vide dans l'anneau de stockage:

L'opérateur est rapidement alerté de la moindre anomalie du niveau de vide à n'importe lequel des 224 endroits où se trouve une jauge.

Le niveau de vide dans l'anneau de stockage a une incidence directe sur le temps de vie du faisceau.

Dans des conditions nominales, un accident de temps de vie ou une dégradation lente pourraient indiquer les prémices d'une fuite de vide.

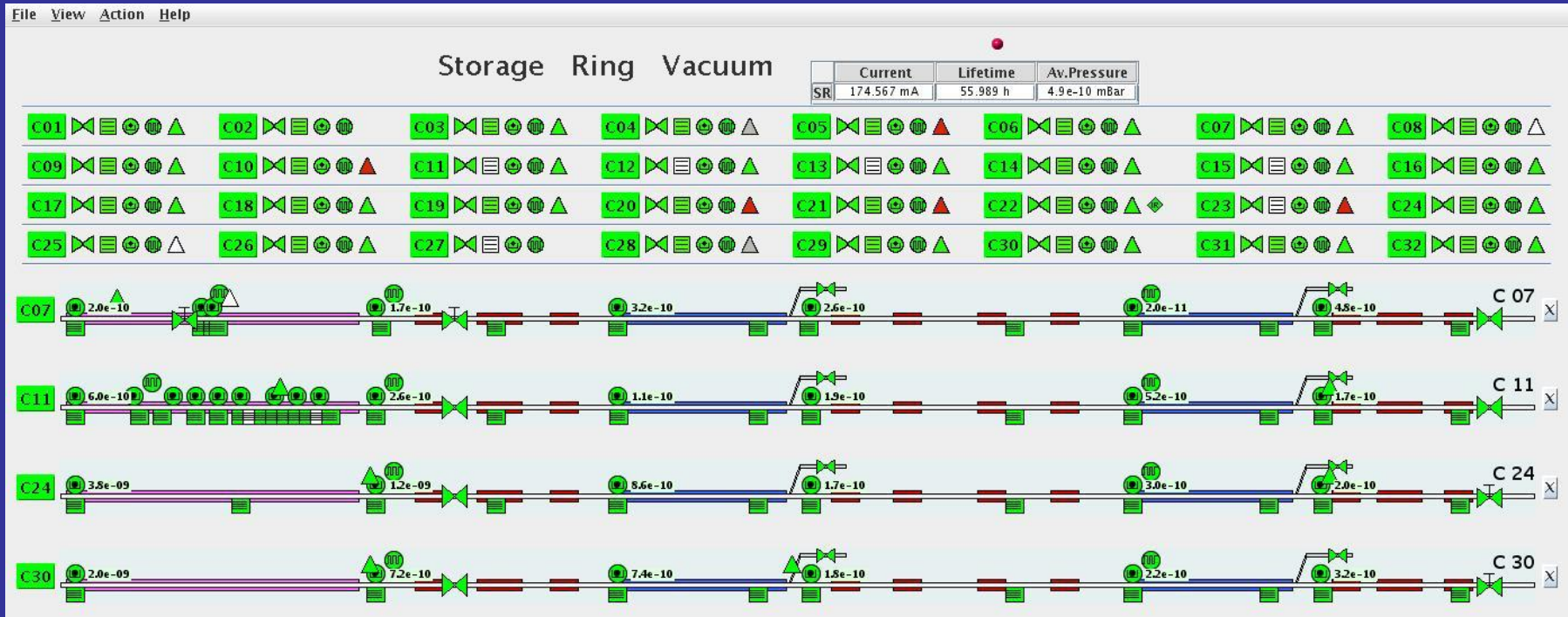
Plusieurs outils existent pour détecter un endroit éventuel où le vide pourrait se détériorer.

Une lecture directe des jauges de vide avec une mémorisation des points les plus hauts depuis X minutes dans un but de comparaison.

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

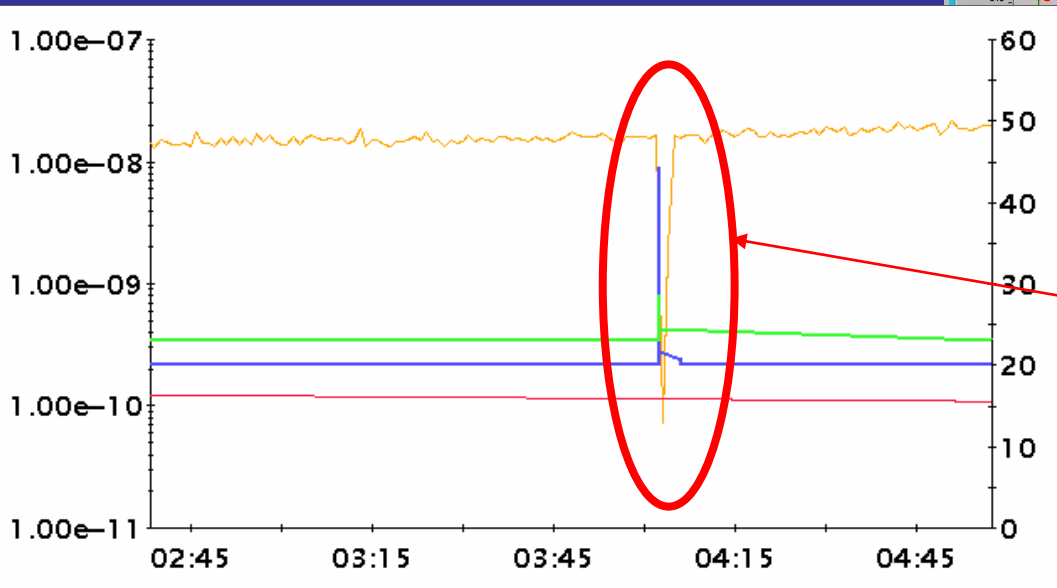
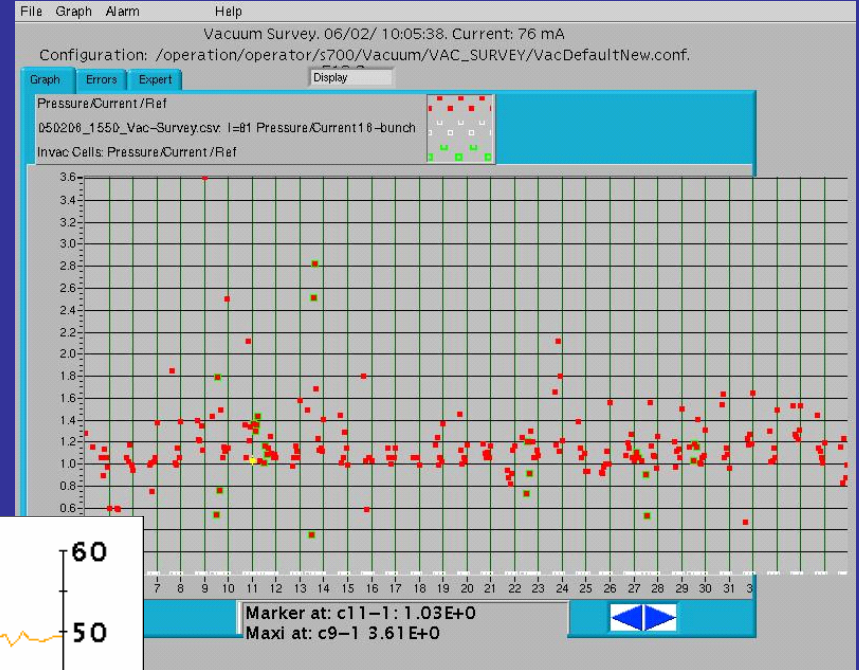
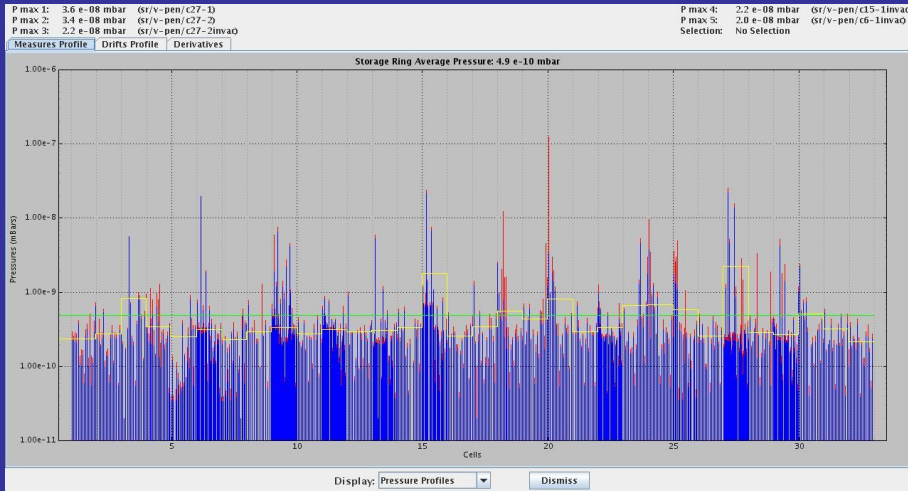
6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

- Le vide dans l'anneau de stockage:



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

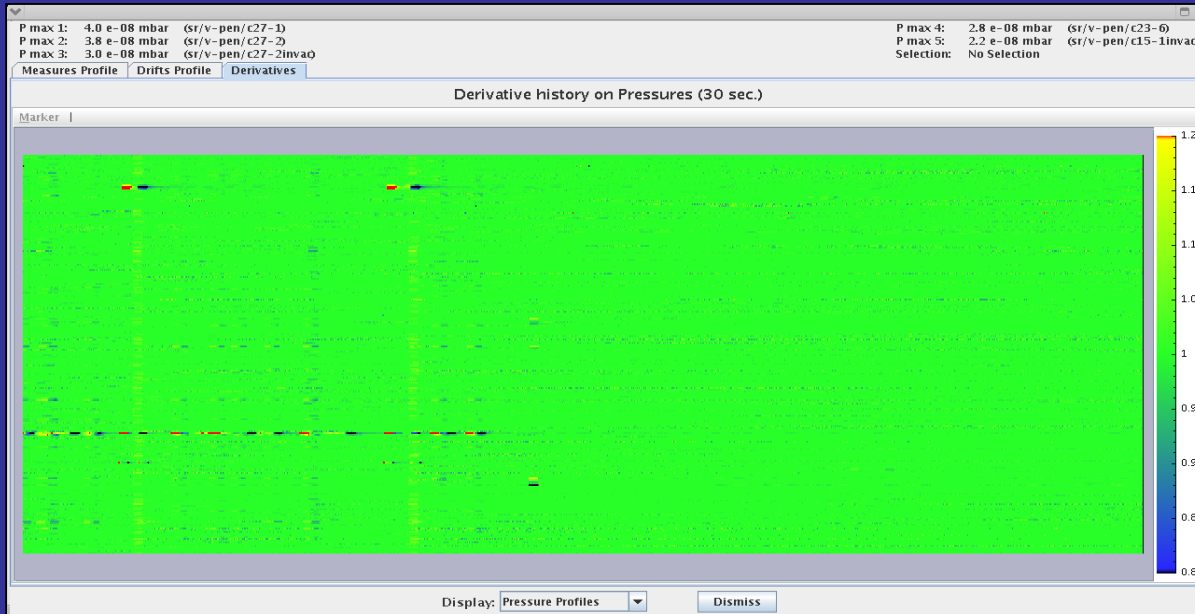


Accident de durée de vie corrélée à une remontée de pression.

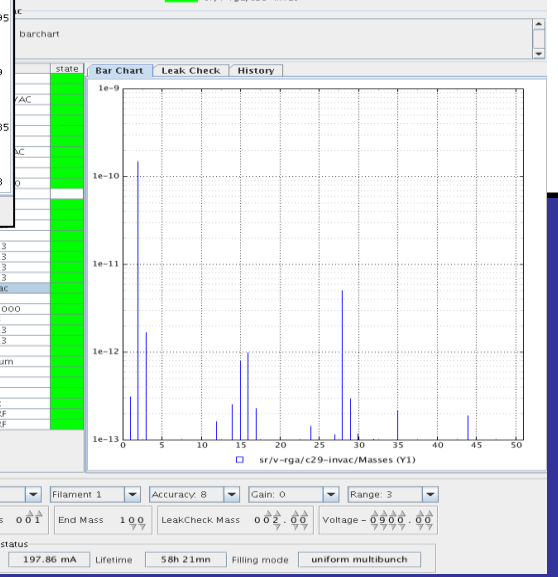
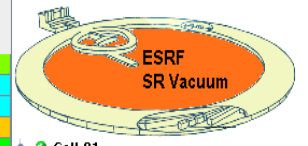
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

On line et archivage des pressions, températures, et analyses de gaz résiduels pour l'ensemble de la machine (SR,B,Linac, FrontEnd)



	Av. Pressure	
S.Ring	8.8e-10 mBar	
Cell 01	3.e-10 mBar	● Cell 01
Cell 02	4.e-10 mBar	● Cell 02
Cell 03	1.e-09 mBar	● Cell 03
Cell 04	6.e-10 mBar	● Cell 04
Cell 05	6.e-10 mBar	● Cell 05
Cell 06	5.e-10 mBar	● Cell 06
Cell 07	4.e-10 mBar	● Cell 07
Cell 08	4.e-10 mBar	● Cell 08
Cell 09	5.e-10 mBar	● Cell 09
Cell 10	4.e-10 mBar	● Cell 10
Cell 11	5.e-10 mBar	● Cell 11
Cell 12	3.e-10 mBar	● Cell 12
Cell 13	5.e-10 mBar	● Cell 13
Cell 14	4.e-10 mBar	● Cell 14
Cell 15	2.e-09 mBar	● Cell 15
Cell 16	4.e-10 mBar	● Cell 16
Cell 17	9.e-10 mBar	● Cell 17
Cell 18	9.e-10 mBar	● Cell 18
Cell 19	1.e-09 mBar	● Cell 19
Cell 20	3.e-09 mBar	● Cell 20
Cell 21	5.e-10 mBar	● Cell 21
Cell 22	6.e-10 mBar	● Cell 22
Cell 23	3.e-09 mBar	● Cell 23
Cell 24	2.e-09 mBar	● Cell 24



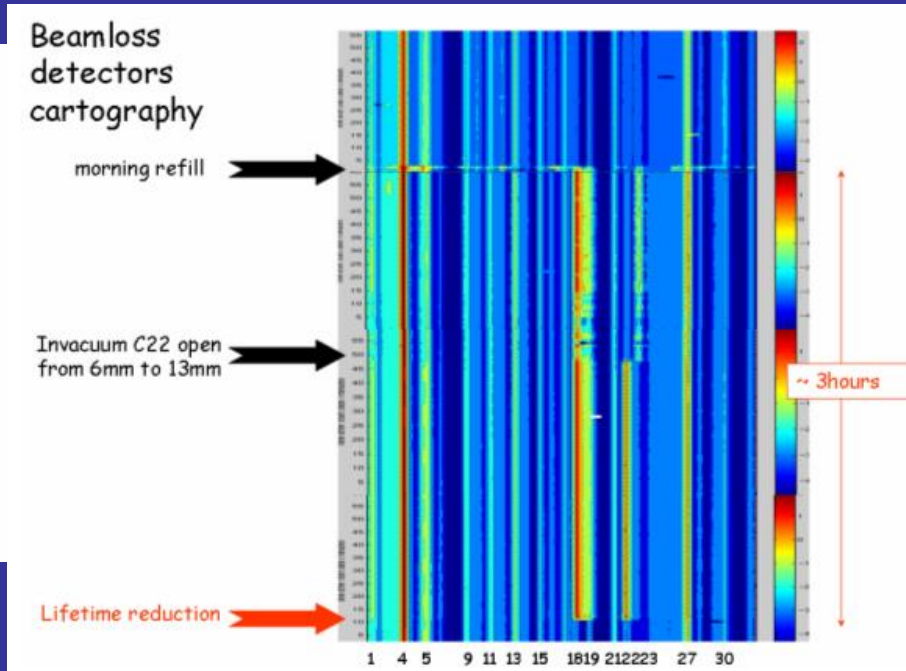
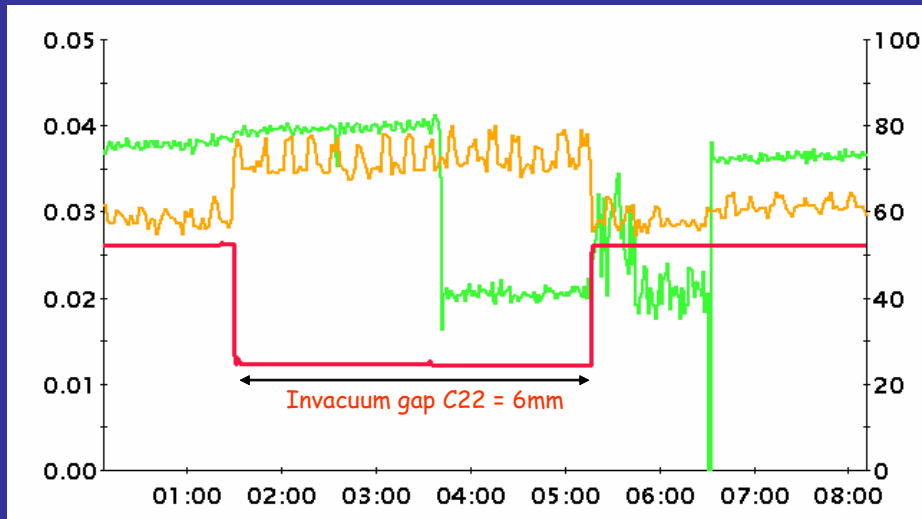
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

- Les mouvements de gap des éléments d'insertion:

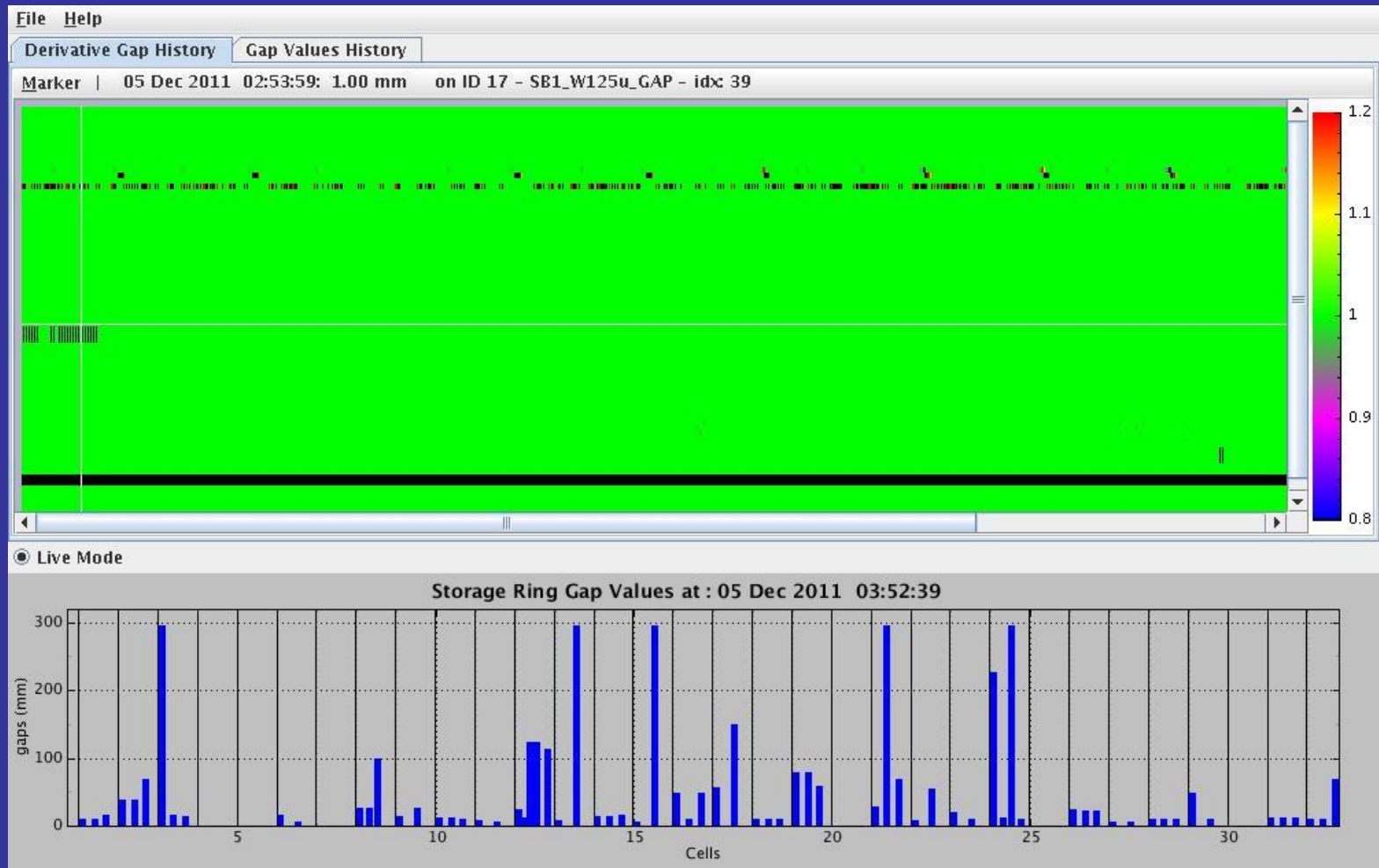
Entres autres causes possibles, une chute de durée de vie peut être liée à un changement de champ magnétique d'une mâchoire d'un des 70 éléments d'insertion installés ou de la réduction de l'ouverture physique par fermeture d'un onduleur sous vide.

L'opérateur devra essayer de corrélérer un accident de temps de vie à un mouvement de gap afin de signaler aux experts une dégradation possible de l'élément d'insertion.



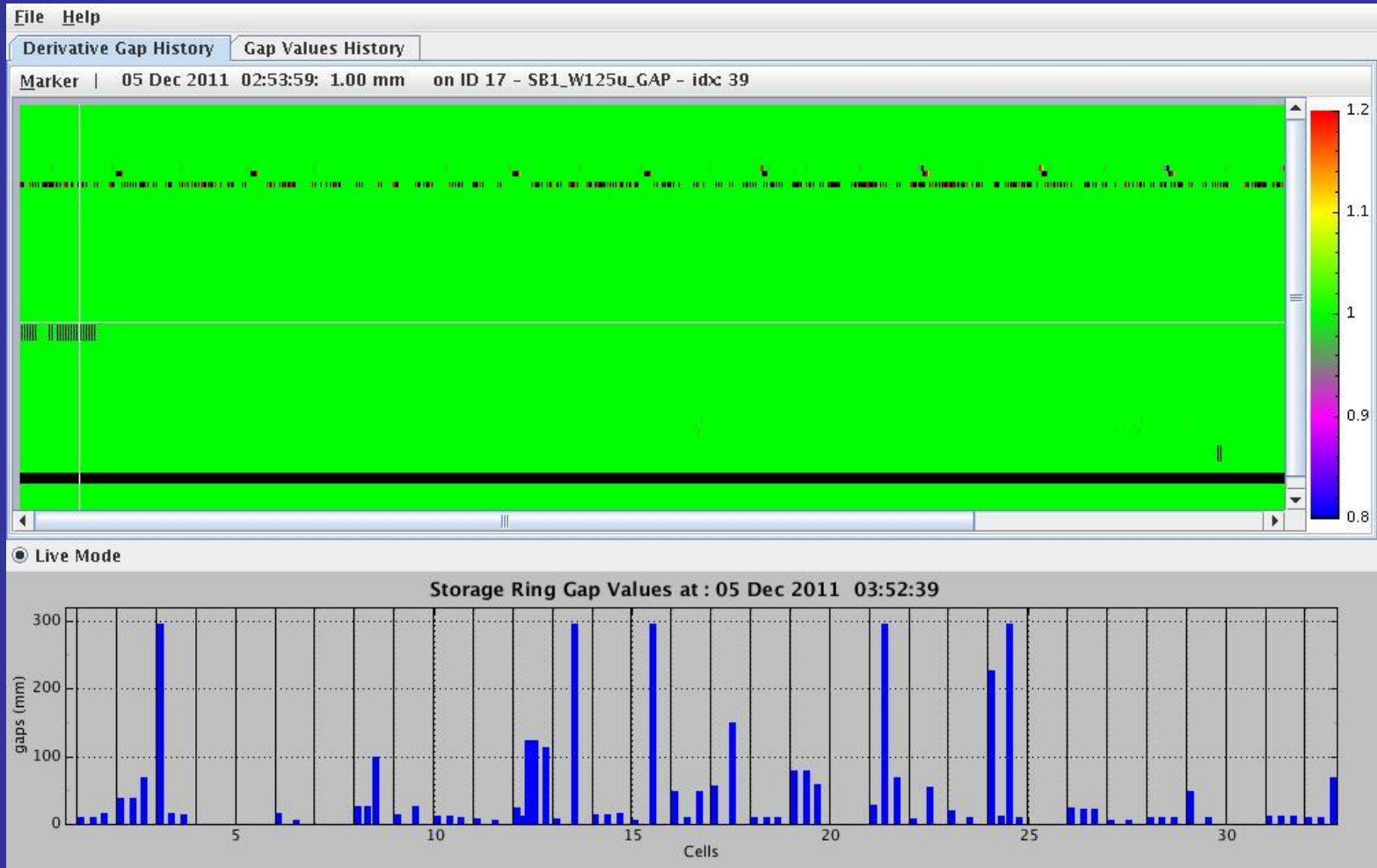
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: le temps de vie

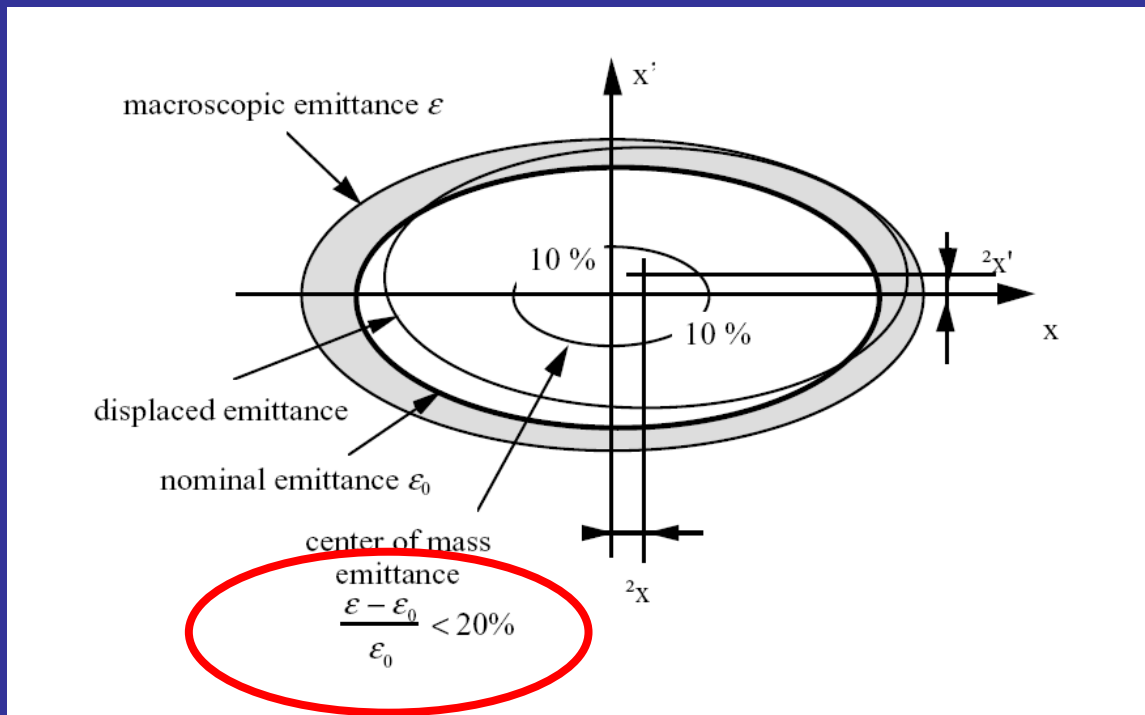


6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

Aussi critique que la fiabilité du faisceau est la **stabilité du faisceau**

L'opérateur dispose d'outils pour monitorer ce paramètre à tout endroit de l'anneau



Il est convenu que le grossissement en émittance ne devait pas dépasser 20 %: on tolère 10 % de variation par rapport à la position du faisceau et 10 % par rapport à sa divergence.

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

Connaissant les fonctions β aux différents points sources de l'anneau de stockage et l'émittance mesurée, on en déduit les tailles de faisceau à ces endroits et donc, la tolérance acceptée.

Le tableau suivant résume les tolérances pour les sections high β , low β horizontales et pour le plan vertical:

	<i>Horizontal</i>		<i>Vertical</i>
Emittances	4 nm		30 pm
β function	2.5	35	2.5
Beam size	45 μm	380 μm	9 μm
Required stability	4.5 μm	38 μm	0.9 μm

Ces critères sont-ils respectés ?

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

La stabilité en position doit s'étudier sur:

➤ Court terme

- Réduction des perturbations!
- Feedback rapide

➤ Moyen terme

- Correction de l'orbite fermée

➤ Long terme

- Réalignement des aimants

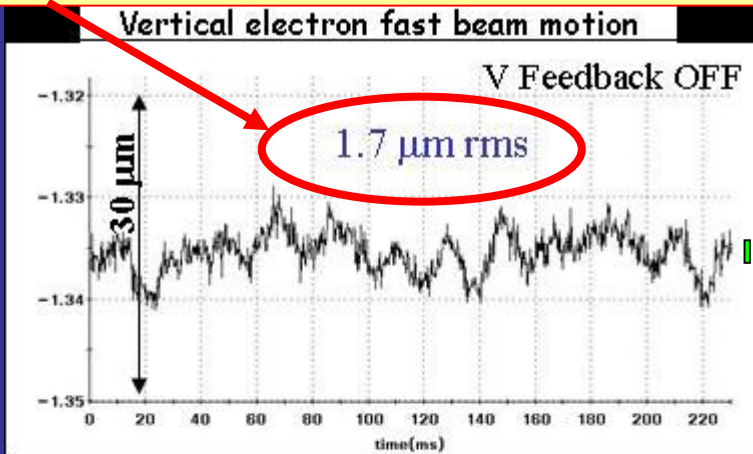
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

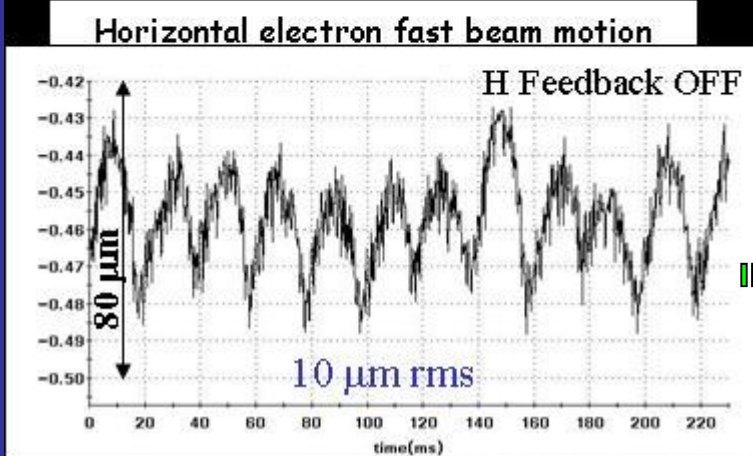
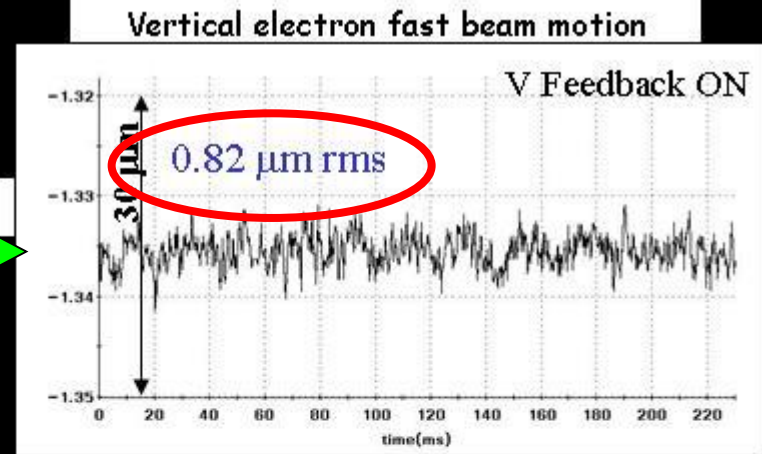
- Stabilité court terme (inférieure à la seconde)

SANS feedback, le critère n'est pas respecté en Vertical!

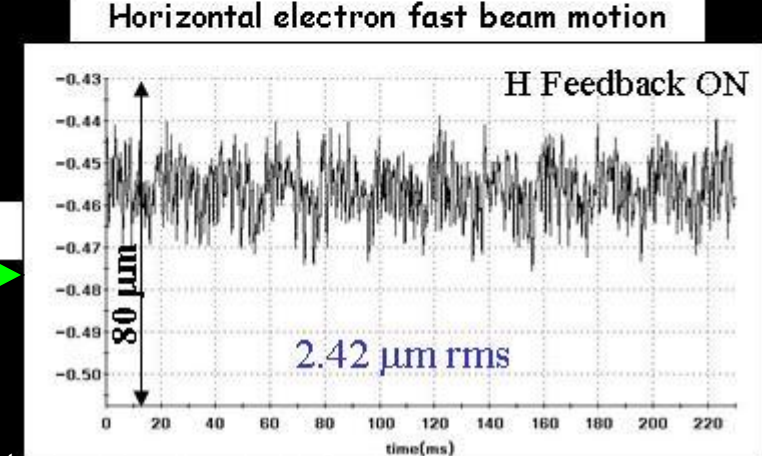
AVEC feedback, le critère est respecté de justesse ($< 0.9 \mu\text{m rms}$)



Gain 2



Gain 4



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

Le feedback agit dans chaque plan:
le critère de stabilité est très largement respecté dans le plan horizontal et à la limite dans le plan vertical...

Ce feedback est constitué de 32 BPMs, 24 correcteurs corrigeant la position à une fréquence de 4.4 kHz ! Ce, sur une bande en fréquence allant de 0.1 à 150 Hz.

Dans le plan vertical, le feedback permet de gagner un facteur 2.
Dans le plan horizontal, le feedback permet de gagner un facteur 4.

Au quotidien, l'opérateur vérifie ces critères et, en cas de non-respect des critères, a les moyens de détecter si la cause provient d'un capteur fautif ou d'un correcteur fautif.

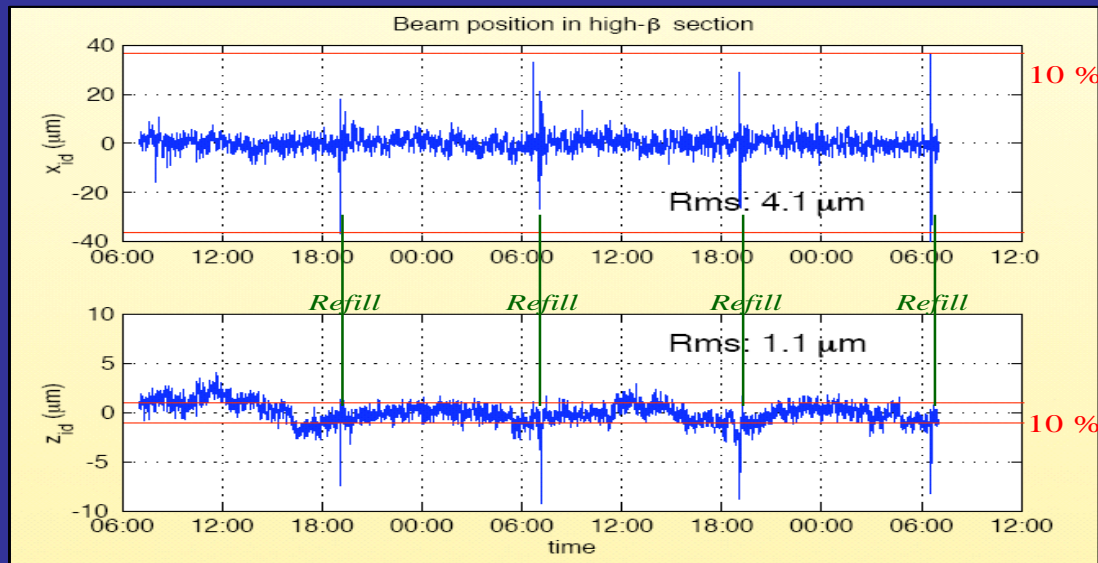
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

- Stabilité moyen terme (l'heure)

Stabilité du faisceau: essentiellement affectée par la variation de charge thermique due au changement d'intensité du faisceau pendant sa décroissance.

Les chambres à vide subissent des contraintes thermiques et déplacent d'autant les quadrupôles.



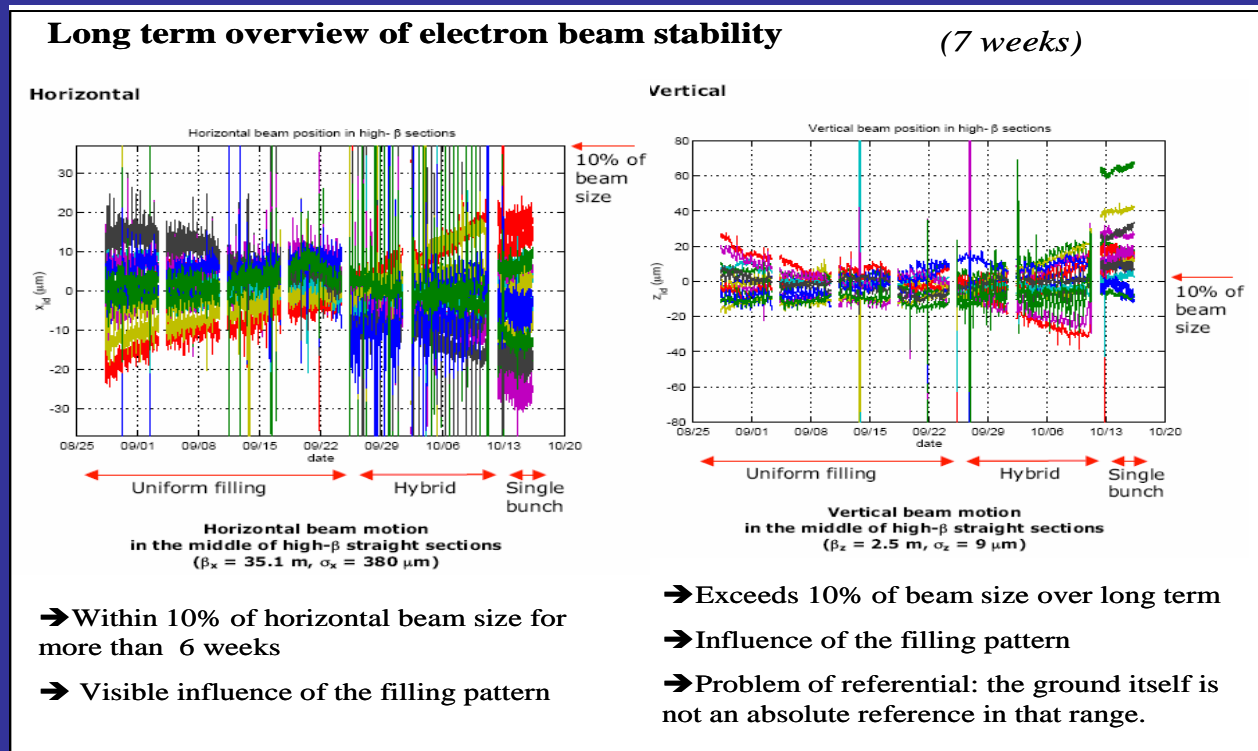
Sur une durée de 2 jours, le critère est à nouveau largement respecté dans le plan horizontal et limite dans le plan vertical.

Pour corriger ces dérives, une correction automatique est appliquée toutes les 30 secondes (méthode SVD).

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

- Stabilité long terme (jours - semaines)

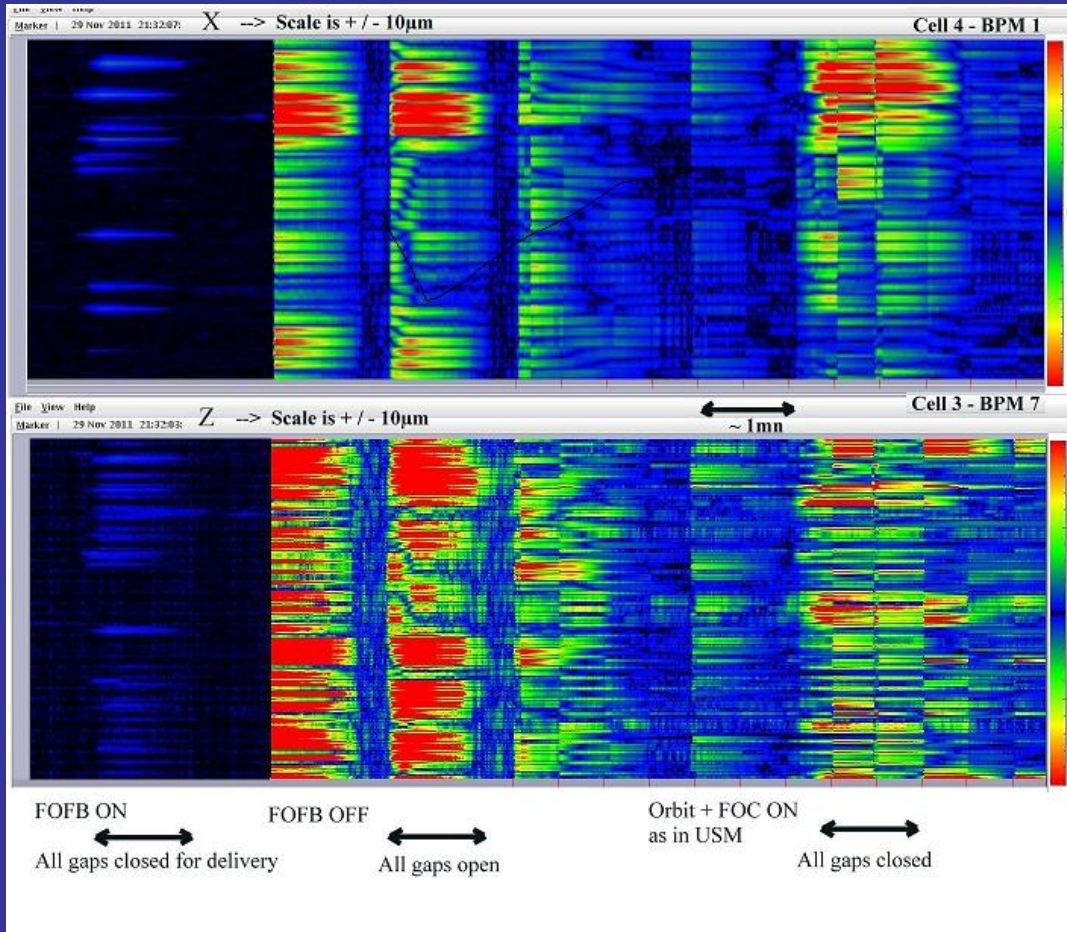


Critère respecté dans le plan horizontal mais plus dans le plan vertical.
De plus, cela dépend essentiellement du mode de remplissage

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

Un nouveau feedback corrigeant du DC a 200 Hz



Amélioration de de la zone autour de 0.1 Hz correspondant aux mouvements des mécaniques des onduleurs.

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.1 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité du faisceau

Tableau résumé:

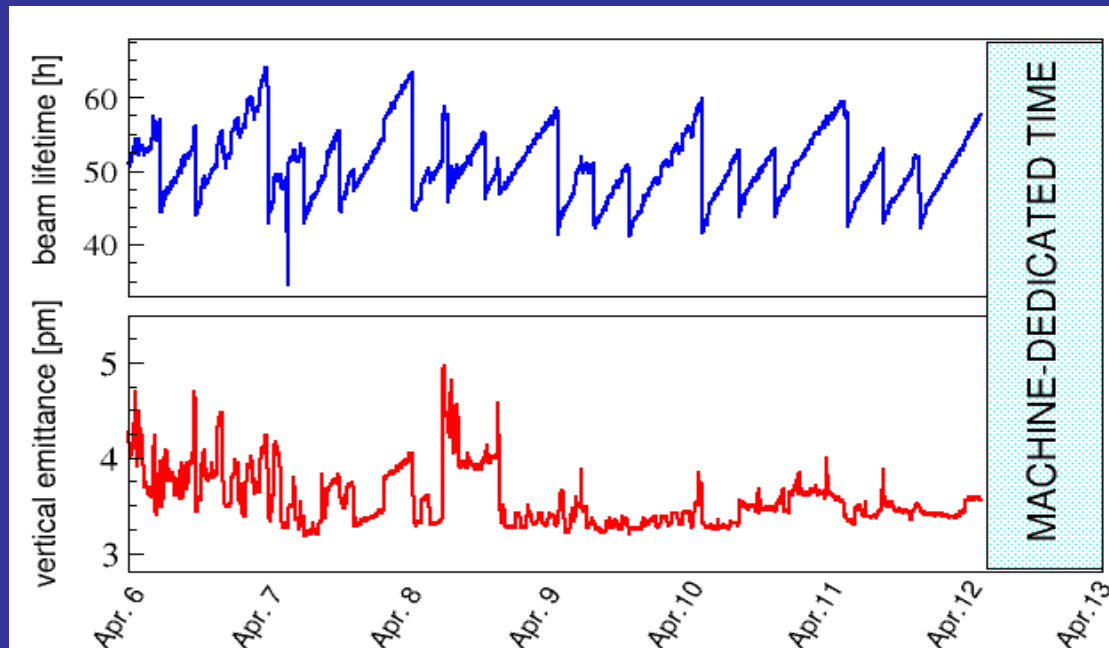
	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
10% Beam size	38 μm	0.9 μm
<i>One week</i>	11 μm	8 μm
<i>One day</i>	5 μm	2 μm
<i>One hour</i>	5 μm	2 μm
<i>One minute</i>	5 μm	2 μm
<i>One second</i>	2 μm	1 μm

Les dérives en position sont dominées par des mouvements très lents.

La stabilité à court terme est la plus importante car les expériences sont généralement de courtes durées.

6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2.2 Les critères de qualité du faisceau: la stabilité de l'emittance

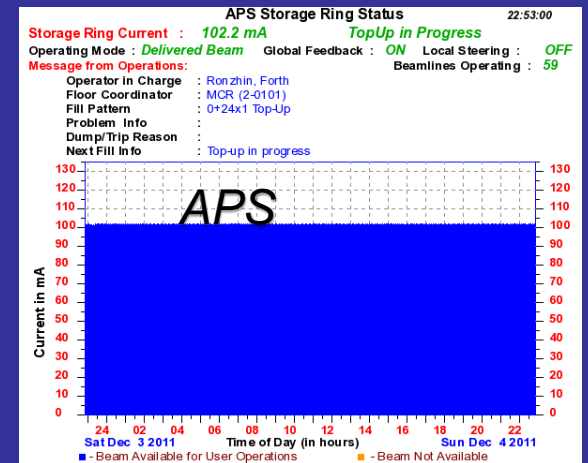
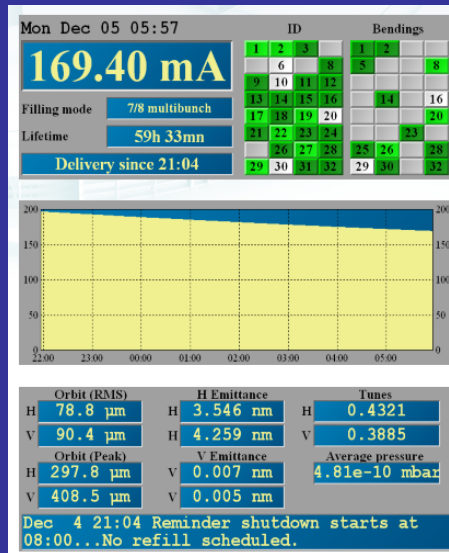
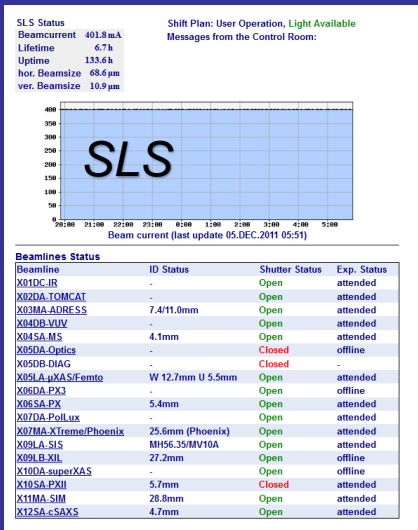
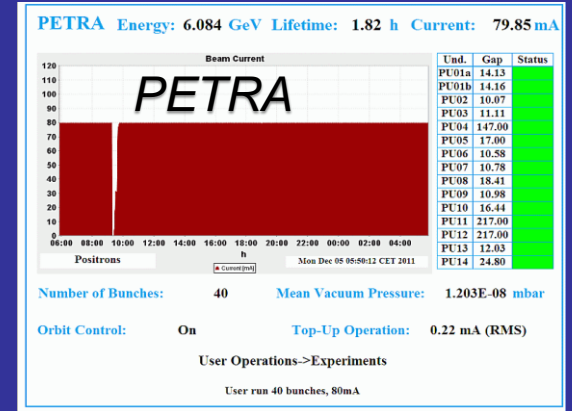
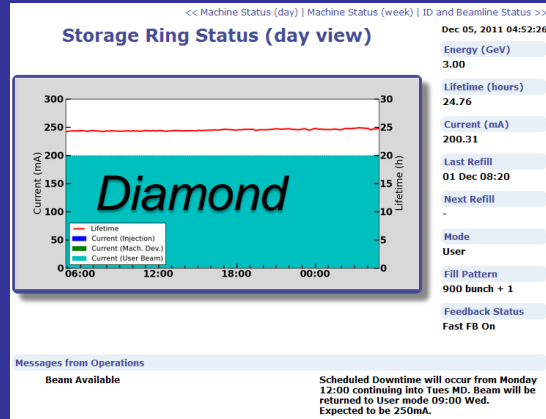
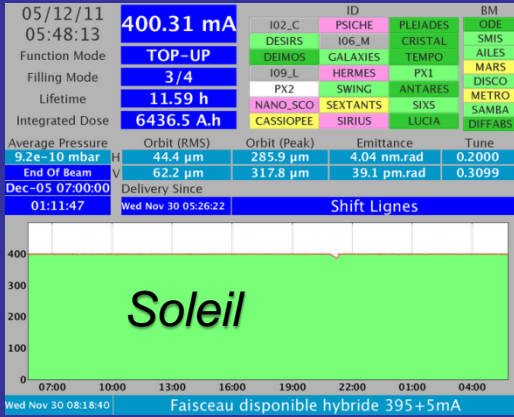


Les corrections de couplage peuvent évoluer dans le temps. L'ESRF a fait un effort particulier pour réduire et maintenir l'emittance verticale:

- Méthode globale de correction
- Skew quadrupole pour corriger certains effets d'onduleurs
- Correction automatique en cas de dérive

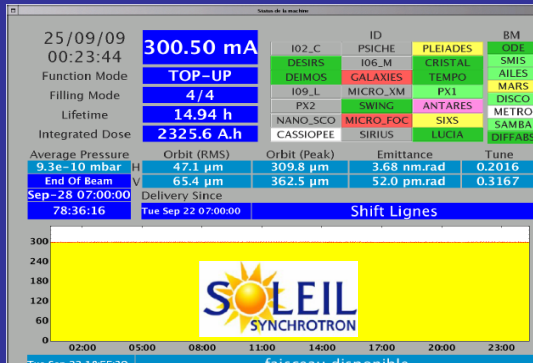
6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2 Le Top-up



6. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE QUOTIDIENNE

6.2 Le Top-up (ou injection fréquente)



Maintien du courant ($\Delta i/i < 1\%$) par une injection régulière
→ 1 seul injection toutes les 5 à 8 mn
(2mA/injection sur 1/4 de machine)

Avantages:

Courant constant = charge thermique constante sur les optiques
→ stabilité du faisceau en position et en intensité sur l'échantillon

Inconvénient:

Stabilité légèrement dégradée durant l'injection

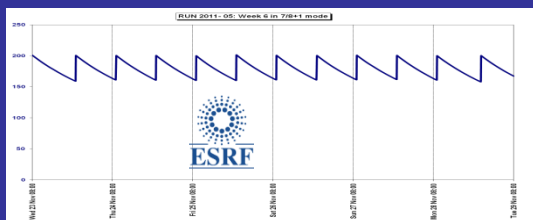
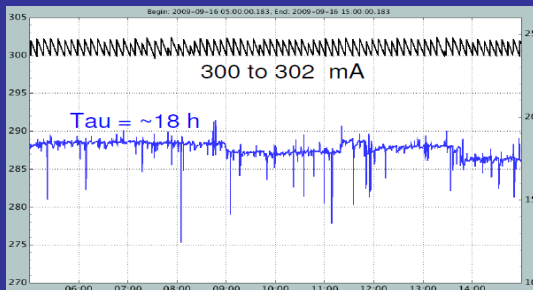
→ durée de quelques millisecondes (injection+damping time)

→ due aux aimants d'injection (kickers et septums)

→ grossissement de la source en taille 20% en Hor. et 200% en Vert

Mise à disposition d'un signal de synchro

→ suppression des données durant l'injection (peu utilisé)



Nécessaire en cas de faible durée de vie (SOLEIL = 18h),

Faible énergie des électrons et/ou très petite emittances

Non nécessaire pour l'ESRF (mais en cours d'implémentation):

Durée de vie supérieure à 45 h → Top-up toutes les 12 heures → $\Delta i = 20\%$

7. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Planifier le fonctionnement, la maintenance et le développement

Jan 2010	Feb 2010	Mar 2010	Apr 2010	May 2010	Jun 2010	Jul 2010	Aug 2010	Sep 2010	Oct 2010	Nov 2010	Dec 2010	Jan 2011
Fri 01	Mon 01	Mon 01	Thu 01	Sat 01	Tue 01	Thu 01	Sun 01	Wed 01	Fri 01	Mon 01	Wed 01	Sat 01
Sat 02	Tue 02	Tue 02	Fri 02	Sun 02	Wed 02	Fri 02	Mon 02	Thu 02	Sat 02	Tue 02	Thu 02	Sun 02
Sun 03	Wed 03	Wed 03	Sat 03	Mon 03	Thu 03	Sat 03	Tue 03	Fri 03	Sun 03	Wed 03	Fri 03	Mon 03
Mon 04	Thu 04	Thu 04	Sun 04	Tue 04	Fri 04	Sun 04	Wed 04	Sat 04	Mon 04	Thu 04	Sat 04	Tue 04
Tue 05	Fri 05	Fri 05	Mon 05	Wed 05	Sat 05	Mon 05	Thu 05	Sun 05	Tue 05	Fri 05	Sun 05	Wed 05
Wed 06	Sat 06	Sat 06	Tue 06	Thu 06	Sun 06	Tue 06	Mon 06	Wed 06	Sat 06	Mon 06	Thu 06	Fri 06
Thu 07	Sun 07	Sun 07	Wed 07	Fri 07	Mon 07	Wed 07	Thu 07	Tue 07	Mon 07	Tue 07	Fri 07	Mon 07
Fri 08	Mon 08	Mon 08	Thu 08	Sat 08	Tue 08	Thu 08	Sun 08	Wed 08	Fri 08	Mon 08	Wed 08	Sat 08
Sat 09	Tue 09	Tue 09	Fri 09	Sun 09	Wed 09	Mon 09	Thu 09	Sat 09	Thu 09	Tue 09	Thu 09	Sun 09
Sun 10	Wed 10	Wed 10	Sat 10	Mon 10	Thu 10	Sat 10	Tue 10	Fri 10	Sun 10	Wed 10	Mon 10	Mon 10
Mon 11	Thu 11	Thu 11	Sun 11	Tue 11	Fri 11	Sun 11	Wed 11	Sat 11	Mon 11	Sat 11	Fri 11	Tue 11
Tue 12	Fri 12	Fri 12	Mon 12	Wed 12	Mon 12	Mon 12	Thu 12	Tue 12	Tue 12	Fri 12	Sun 12	Wed 12
Wed 13	Sat 13	Sat 13	Tue 13	Thu 13	Sun 13	Wed 13	Fri 13	Mon 13	Wed 13	Sat 13	Mon 13	Thu 13
Thu 14	Sun 14	Sun 14	Wed 14	Fri 14	Mon 14	Wed 14	Thu 14	Tue 14	Thu 14	Sat 14	Tue 14	Fri 14
Sat 15	start	Mon 15	Mon 15	Thu 15	Sat 15	Tue 15	Mon 15	Wed 15	Fri 15	start	Mon 15	Sat 15
Sat 16	MMM	Tue 16	Thu 16	Fri 16	Sun 16	Wed 16	Mon 16	Tue 16	Sat 16	MMM	Thu 16	Sun 16
Sun 17	MMM	Wed 17	Sat 17	Mon 17	Thu 17	Sat 17	Tue 17	Fri 17	Sun 17	MMM	Wed 17	Fri 17
Mon 18	MMM	Thu 18	Sun 18	Tue 18	Fri 18	Sun 18	Wed 18	Sat 18	Mon 18	MMM	Thu 18	Sat 18
Tue 19	Fri 19	Fri 19	Mon 19	Wed 19	Sat 19	Mon 19	Thu 19	Tue 19	Thu 19	Fri 19	Sat 19	Wed 19
Wed 20	Sat 20	Sat 20	Tue 20	Thu 20	Sun 20	Tue 20	Fri 20	Mon 20	Sat 20	Sun 20	Mon 20	Thu 20
Thu 21	Sun 21	Sun 21	Wed 21	Fri 21	Mon 21	Wed 21	Sat 21	Tue 21	Sun 21	Mon 21	Tue 21	Fri 21
Fri 22	Mon 22	Mon 22	Thu 22	Sat 22	Tue 22	Thu 22	Sun 22	Wed 22	Fri 22	Mon 22	Wed 22	Sat 22
Sat 23	Tue 23	Tue 23	Fri 23	Sun 23	Wed 23	Fri 23	Mon 23	Thu 23	Sat 23	Tue 23	Sun 23	Mon 23
Sun 24	Wed 24	Wed 24	Sat 24	Mon 24	Thu 24	Sat 24	Tue 24	Fri 24	Sun 24	Wed 24	Fri 24	Mon 24
Mon 25	Thu 25	Thu 25	Sun 25	Tue 25	Fri 25	Sun 25	Wed 25	Sat 25	Mon 25	Thu 25	Sat 25	Tue 25
Tue 26	MMM	Fri 26	start	Mon 26	Wed 26	Sat 26	Mon 26	Tue 26	Sun 26	MMM	Fri 26	Wed 26
Wed 27	Sat 27	Sat 27	Tue 27	Thu 27	Sun 27	Tue 27	Fri 27	Mon 27	Wed 27	Sat 27	Mon 27	Thu 27
Thu 28	Sun 28	Sun 28	Wed 28	Fri 28	Mon 28	Wed 28	Sat 28	Tue 28	Sun 28	Mon 28	Tue 28	Fri 28
Fri 29	Mon 29	Mon 29	Thu 29	Sat 29	Tue 29	Thu 29	Sun 29	Wed 29	Fri 29	Mon 29	Wed 29	Sat 29
Sat 30	Tue 30	Tue 30	Fri 30	Sun 30	Wed 30	Fri 30	Mon 30	Thu 30	Sat 30	Tue 30	Thu 30	Sun 30
Sun 31	Wed 31	Wed 31	Sat 31	Mon 31	Thu 31	Sat 31	Tue 31	Mon 31	Sat 31	Mon 31	Fri 31	Mon 31

➤ Service aux utilisateurs:

5640 heures

5 runs par an

Des modes d'opération définis 1 an à l'avance

➤ Développement machine: 1296 heures

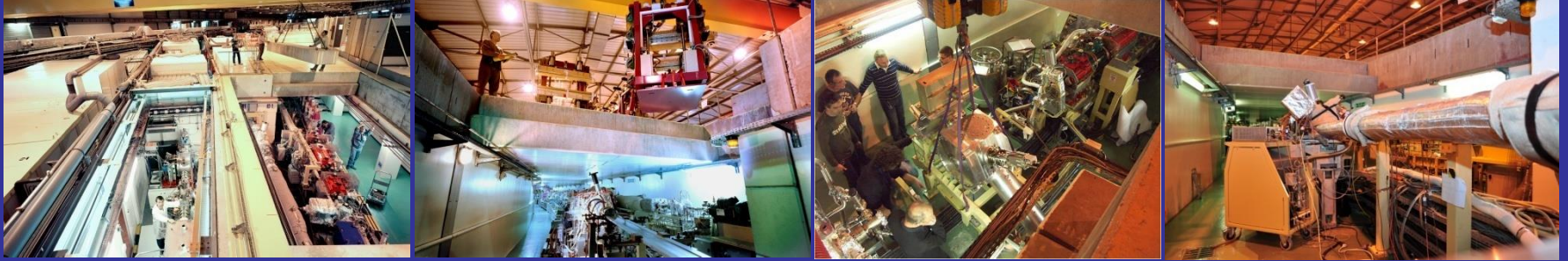
4 jours en début de run et 1 journée par semaine en cours de run

➤ Arrêt: 1824 heures

2 arrêts longs en hiver et en été et 3 arrêt court

7. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Période d'arrêt



Les arrêts sont nécessaires pour:

- Les travaux de maintenance
- La mise à jour des équipements
- Les nouvelles installations

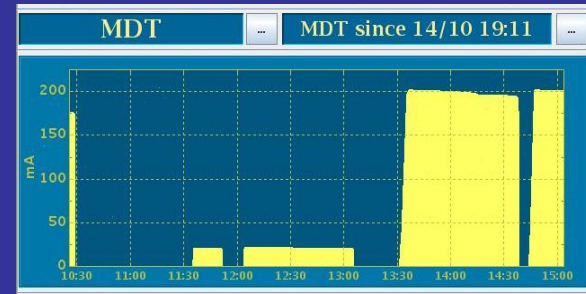
Une période de redémarrage de 4 jours est prévue pour:

- La remise en service des équipements
- Le test des nouveaux équipements
- Le reconditionnement vide

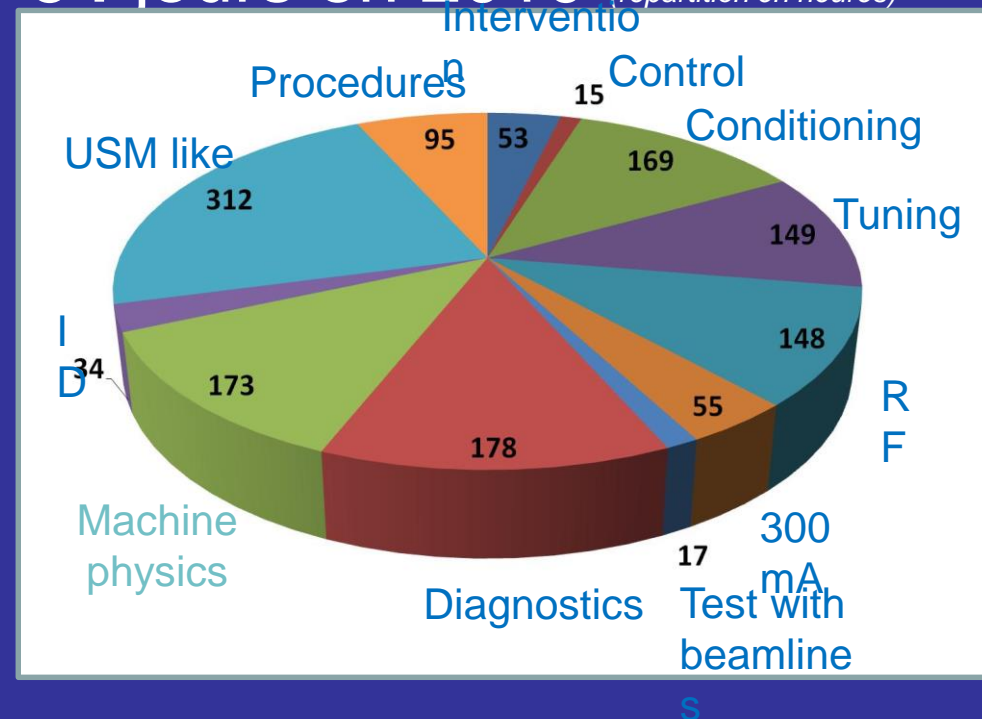
7. FONCTIONNEMENT AU JOUR LE JOUR: APPROCHE GLOBALE

Période développent machine

- Intervention pour réparation ou maintenance
- Préparation du mode utilisateur
- Etude de physique machine
- Test de nouveaux équipements
- Test de nouveau mode d'opération



54 jours en 2010 *(repartition en heures)*



- L'opération des accélérateurs au quotidien est la conséquence de contraintes imposées par l'excellence de la recherche effectuée sur les accélérateurs.

- De ces contraintes, découleront un cadre de travail pour l'opération au quotidien

- L'objectif a également été de montrer que l'opération au quotidien n'est viable que si des tâches de fond – long terme – sont entreprises sans cesse pour améliorer la fiabilité des accélérateurs et les outils de diagnostic qui permettront d'anticiper les pannes au plus tôt.