

Those who cannot  
remember the past  
are condemned to  
repeat it.

George Santayana

## 1998-2003 - retour d'expérience sur 5 ans d'irradiations de composants électroniques au CPO

Samuel Meyroneinc – 18 Juillet 2013

C. Nauraye- L. De Marzi –R. Ferrand – S. Delacroix

E. Brune, C. Gauthier, A. Leroy, ...

F. Martin, JD Bocquet-E. Brot, H. Dupuis ,JC Boucault-V. Delivet-J. Gosnet.

E. Hierso. S. Thépault

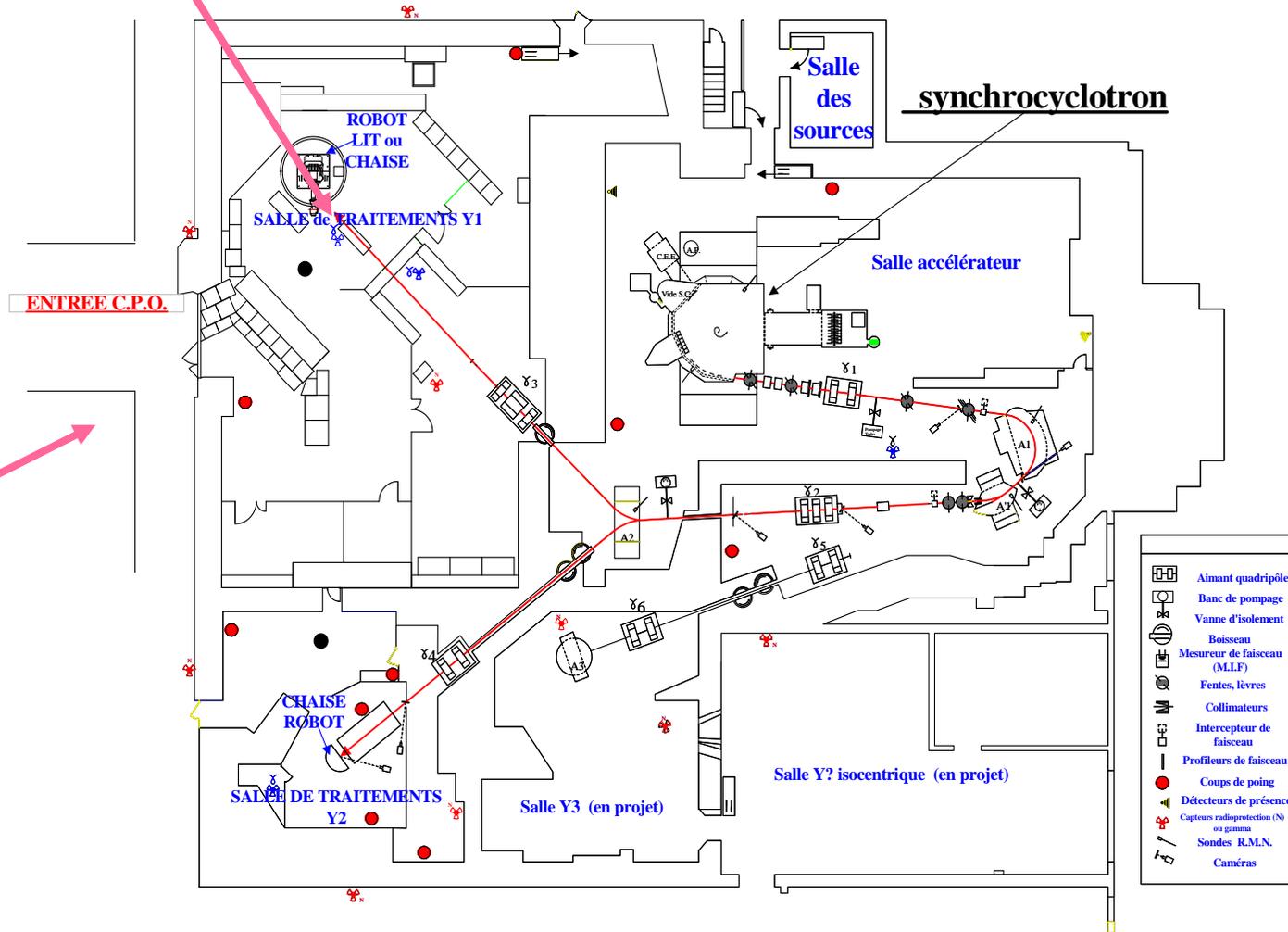
## « MAD » (Mise à Disposition de l'installation)

- Du 28 janvier 1998 au 17 décembre 2004
- Environ 50 séances d'irradiations de composants d'électroniques
- Les « clients »: CNES-ONERA, ASTRIUM, IAS, TRAD, LAL(LHC), HIREX, IROCH, ...
- Généralement le vendredi soir ( durée: entre 4h et 12h)
- Énergies: (10-40): 50-100-150-200 MeV
- Fluence: de  $1 \cdot 10^7$  à  $5 \cdot 10^8$  p/cm<sup>2</sup>/sec
- inhomogénéité < 8 %

# Plan du CPO (1998 !)

Point d'irradiation

Salle de contrôle



# Pourquoi tester les électroniques sous radiations ?

Applications spatiales (90%) ou de recherche (10%)

Années 1980: beaucoup de satellites perdus » car électroniques usées ou défaillantes (gros enjeux financiers ...)

2 approches:     - électroniques « durcies » (design optimisés pour tenir +)  
                      - test de composant « off the shelf »

1. effets de dose (quasi-irréversibles)

(ex: les RAMS, les optocoupleurs)

- faire des paliers de dose puis vérifier les performances

2. Effets « perturbants » temporairement

SEU (Single Event Upset)

- à caractériser selon le niveau de fluence et les particules

- solutions pour contrecarrer: redondance (ex: 2 PC en //)

## **Les « clients » - Le « marché »**

**Services des institutions « académiques » chargée de qualifier les composants**

**- IAS, CNES-ONERA, CEA-LETI, LAL (pour LHC)**

**Industriels directement constructeurs ou intégrateurs (satellites)**

**- ASTRIUM, MATRA, ...**

**Sociétés de prestations spécialisées**

**TRAD, HIREX, HIROCH, ...**

**- Approche multi-particules, aide à représenter radiations de type spatial**

**- Marché de la « connaissance » sur la tenue des composants**

**gros projets de « constellation » pour GPS européen**

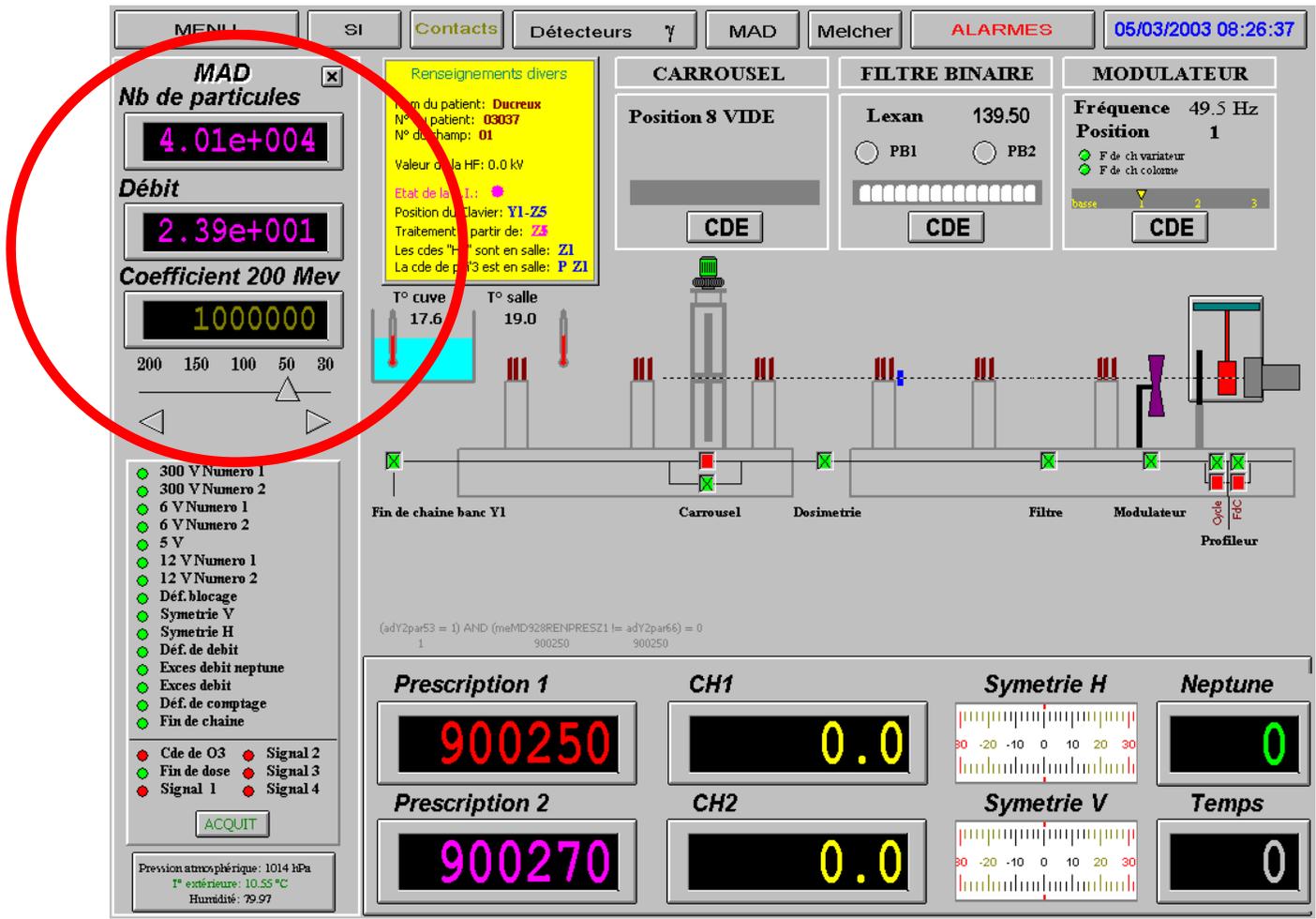
# L'apprentissage: physique et technologique

## Mesure d'Energie par pic de Bragg (ajustements, valeurs standard)

### Convertir dose en fluence

- tableau Excel (CN) à partir de la formule de Beth-Bloch et S/Ro
  - vérification par chambre de faraday (+/-10%) surtout au début
  - interface spéciale de supervision (fluence incluse)
- Mettre des dispositifs avec éventuelle lecture proche ou à distance
- table + support mécanique
  - Carroussel 4 énergies (plus haute fluence)
  - câbles de 30 m + nombreux dispositifs autour de l'isocentre, parfois blindage
  - Électronique/ informatique min ou MAX en salle de contrôle
- Mettre des dispositifs « en face » du faisceau
- - lasers
  - - films de vérification

# La supervision, adaptée



# L'apprentissage organisationnel

- **Vis-à-vis des « utilisateurs-clients »**
  - Voir les gens avant (pour spécifications besoins, pour connaître ce qu'il y a « autour »)
  - Préparer la manip avant (ex: arrivée 13h pour manip à 18h)
  - pas de « physique » spécifique
  - Si pannes « heures dues »
- **En interne**
  - Trouver un mode d'organisation de rémunération de récupération
  - Formation, compagnonage
- **Anticipation des équipes – 1 mois avant**
- **rangement de salle les lundi matins**

## des « rencontres » intéressantes

- information sur la sensibilités des électroniques
- Contact avec la COGEMA qui avait conçu un codeur « durci »
- Essai pour modulateur et synchronisation faisceau (échec car pluse synchro-cyclotron trop court)

## Les principes (stabilisés) vers la fin

- 1 formulaire, 4 énergies
- 2 personnes (1 manip + 1 technicien machine)
- Règles de radioprotection (dosimètres, niveau d'activation, ...)
- 640€/heure (inclus 1 heure de calibration) setup de 6h ou 12h
- 1 compte-rendu

## Pour quoi la « fin des MAD »

- **Évaluation des effets de dose pour les sessions à forte intensité**
- - impact sur dispositifs
  - - activation générale de la salle
  
- **2004-2005: projet alternance rapide**
- - ressources prises
  - - prévision augmentation de l'activité clinique

Et début d'une grande aventure ...

## 2004: année « kick-off »

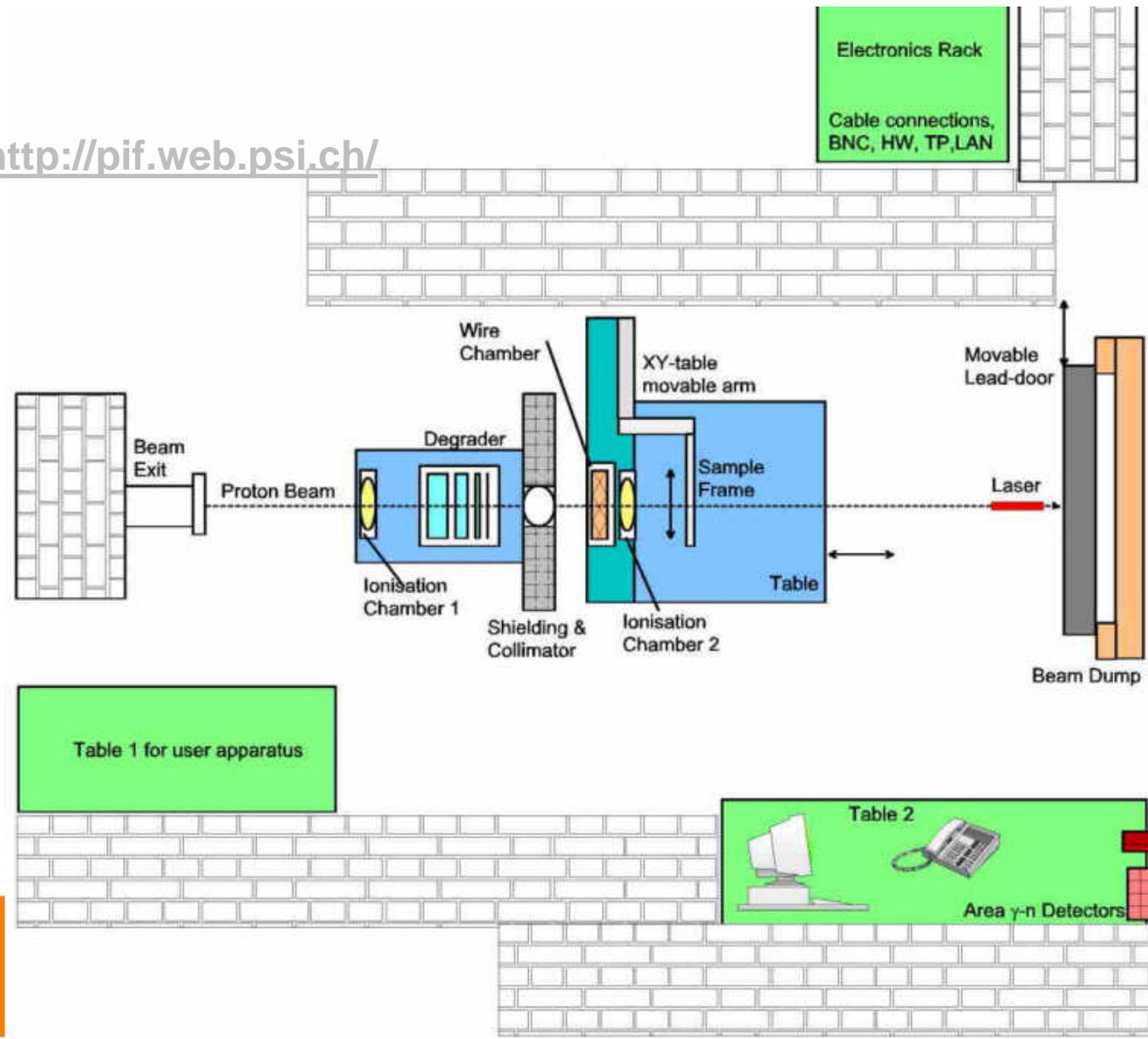


## « leçons » retenues

- Comprendre le process, les enjeux, les niveaux de précision (ex: précision énergie), les environnements (pour aller vers le « happy user »)
- Info physique: structure du faisceau (SC) n'a pas d'impact
- Aller vers des standards de setup et d'organisation (toujours des négociations pour des adaptations)
- !!! Pas de sur-activation (radiative) d'une salle de traitement !!!
- SAS: sécurité, anticipation, sérénité (aléas, nuit, nourriture, logistique)

# Proton Irradiations Facilities à PSI (CH)

PIF à PSI <http://pif.web.psi.ch/>



# Autres plateformes

European Space Agency Technology Centre [ESA-ESTEC](#)

[ESA Radiation Effects and Component Analysis Techniques Section](#)

[The European Space Components Information Exchange System](#)

Heavy Ion Facility [HIF](#) at the Université Catholique de Louvain Belgium (ECIF member)

Radiation Effects Facility [RADEF](#) at the University of Jyväskylä Finland (ECIF member)

ESTEC Co-60 Facility [ECF](#) (ECIF member)

ESTEC Californium-252 Assessment of Single-event Effects [CASE](#) (ECIF member)

Irradiation facility at CERN - Switzerland ([STC](#), [IRRAD1](#) - very high energy p, n)

Indiana University Cyclotron Facility ([RERP](#) - proton)

Brookhaven National Laboratory SEUTF ([BNL](#) - heavy ion)

Lawrence Berkeley Labs 88" Cyclotron ([LBL](#) - heavy ion)

Texas A & M University Cyclotron ([TAMU](#) - heavy ion)

Michigan State University Cyclotron Laboratory (MSU - heavy ion and proton)

University of California at Davis Crocker Nuclear Lab ([UCD](#) - proton)

Proton Irradiation Facility - Canada ([TRIUMF](#) - proton)

[NASA/GSFC Radiation Effects & Analysis](#)

+ RADECS

**MERCI !**