

# Les activités coupleurs de puissance HF au LAL

Hassen JENHANI

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, Bât 200 Centre Scientifique  
d'Orsay, B.P. 34, 91898 Orsay Cedex

# Coupleurs pour cavités supraconductrices



Cavité supraconductrice à neuf cellules (niobium)

**Facteur de qualité  $Q_0$  très élevé**  $Q_0 = \frac{\omega_0 U}{P_c}$

$U$  est l'énergie stockée par la cavité

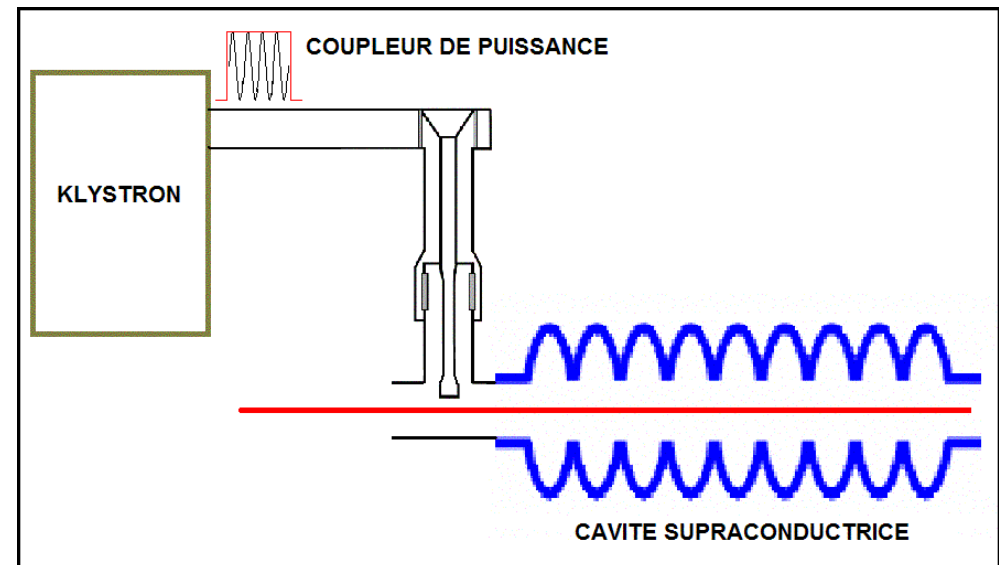
$P_c$  est la puissance dissipée dans la cavité

$$P_c = \frac{1}{2} R_s \int_s |\vec{H}|^2 ds$$

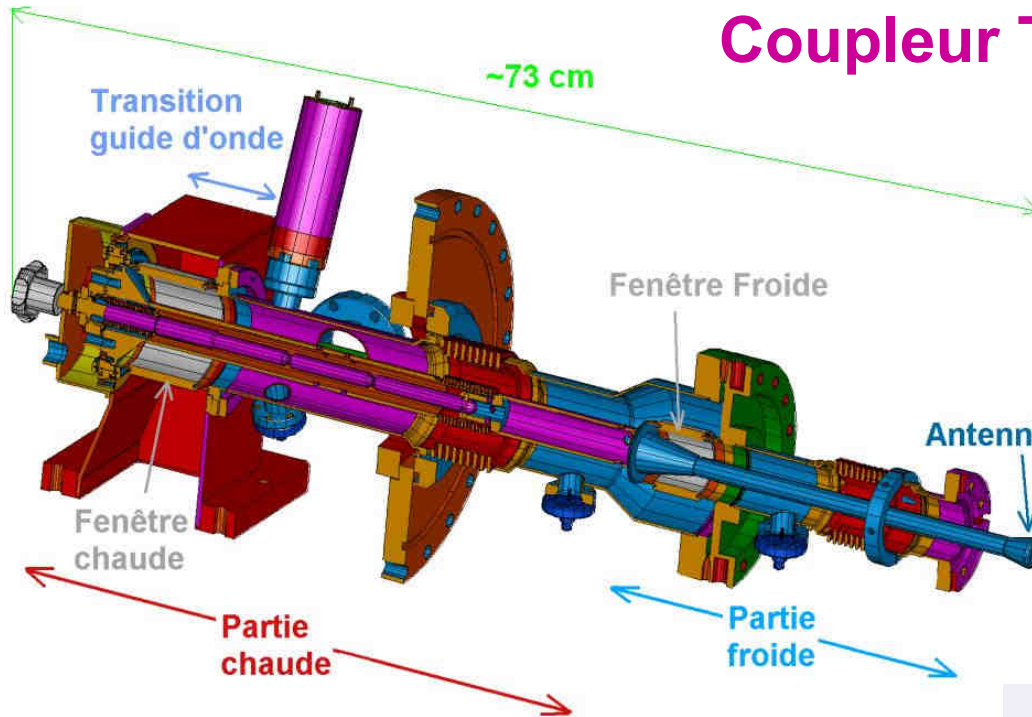
$R_s$  : la résistance de surface (de quelques n $\Omega$  uniquement pour les cavités supraconductrices)

## Fonctions du coupleur :

- Bonne transmission de la puissance HF vers le faisceau avec un minimum de réflexion.
- Barrière entre pression atmosphérique et vide poussé des cavités.
- Interface entre température ambiante et environnement cryogénique.
- Garantir le maintien des conditions de propreté poussée dans la cavité.



# Coupleur TTF-III

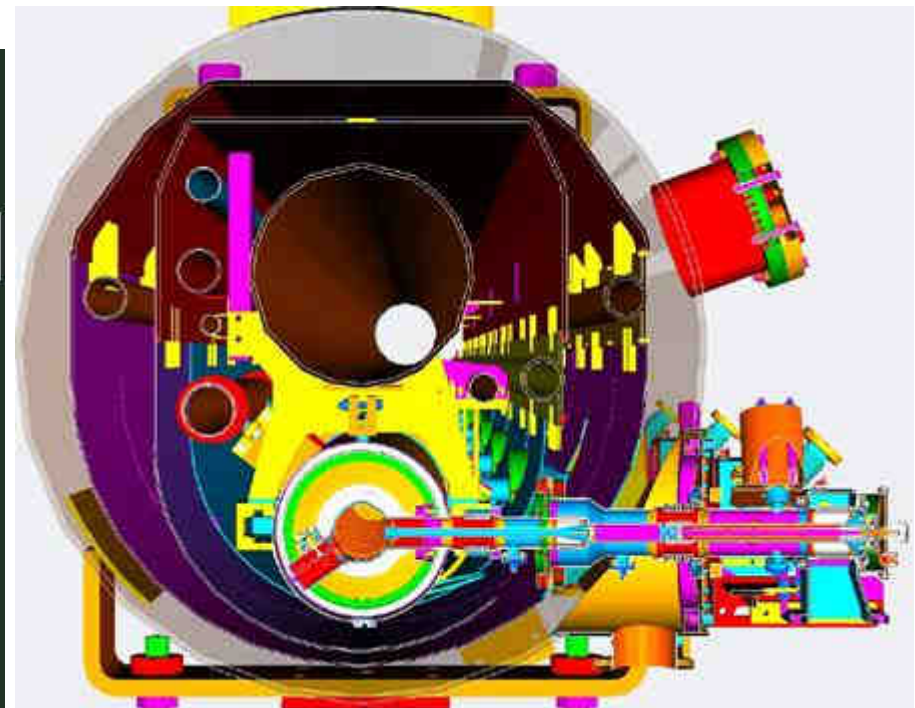
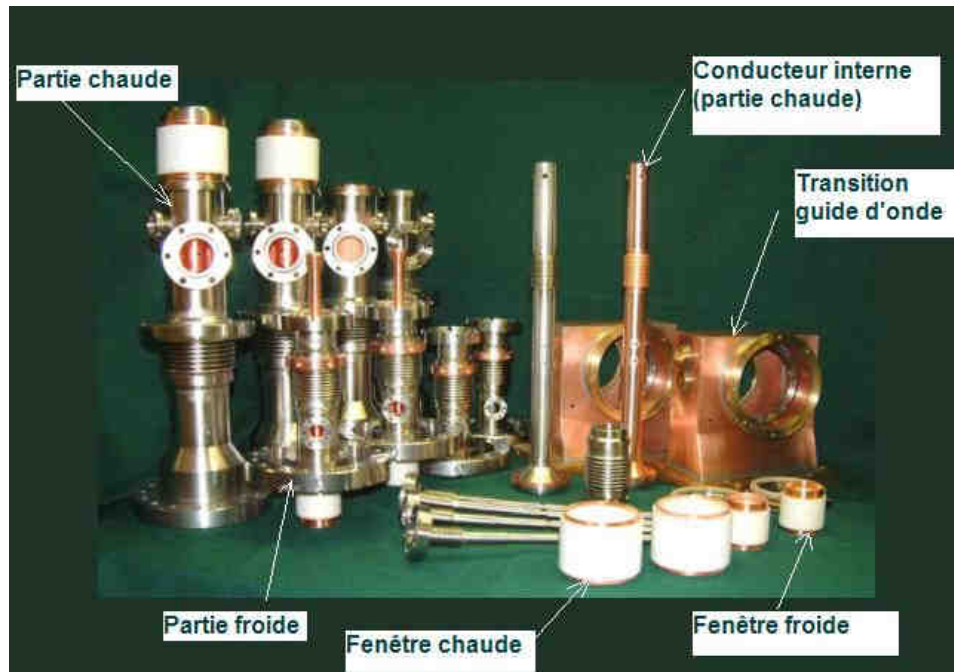


✓ Fréquence: **1,3 GHz**

✓ Impulsions: **1,38 ms** (780  $\mu$ s de temps de montée et 600  $\mu$ s d'impulsion plate); **10 Hz**

✓ Puissance crête de fonctionnement: **120 kW**

✓ Couplage:  $Q_{\text{ext}} = 4,6 \cdot 10^6$  (gamme de réglage  $10^6$  à  $10^7$ )



# Les enjeux

Le besoin en champs accélérateurs de plus en plus croissant

XFEL: 23,6 MV/m  
et  $Q_0 > 10^{10}$   
ILC: 31,5 MV/m et  
 $Q_0 > 10^{10}$

→ Accentuation des contraintes

**Le coupleur ne doit pas limiter les performances des cavités: conditionnement performant**

Le besoin de structures accélératrices très étendues

XFEL: 800 cavités  
ILC: 17 000 cavités

→ Enjeu économique important

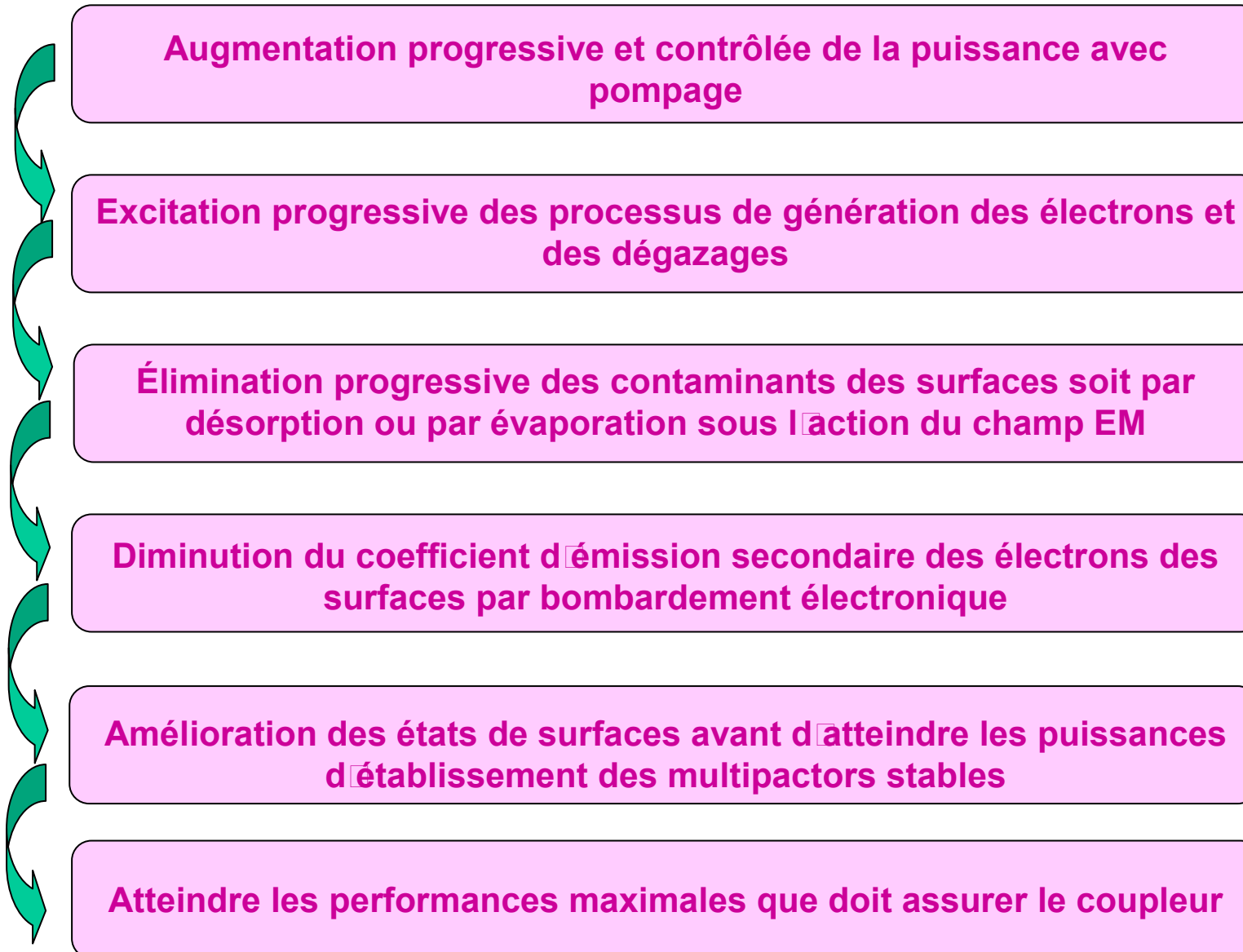
Grande contrainte de temps

## Les activités coupleurs au LAL:

- Étude du comportement du coupleur: réduction du temps de conditionnement
- Industrialisation et réduction de coût (S. Prat)
- R&D design de coupleurs (P. Lepercq)
- R&D surfaces : dépôt TiN (W. Kaabi)

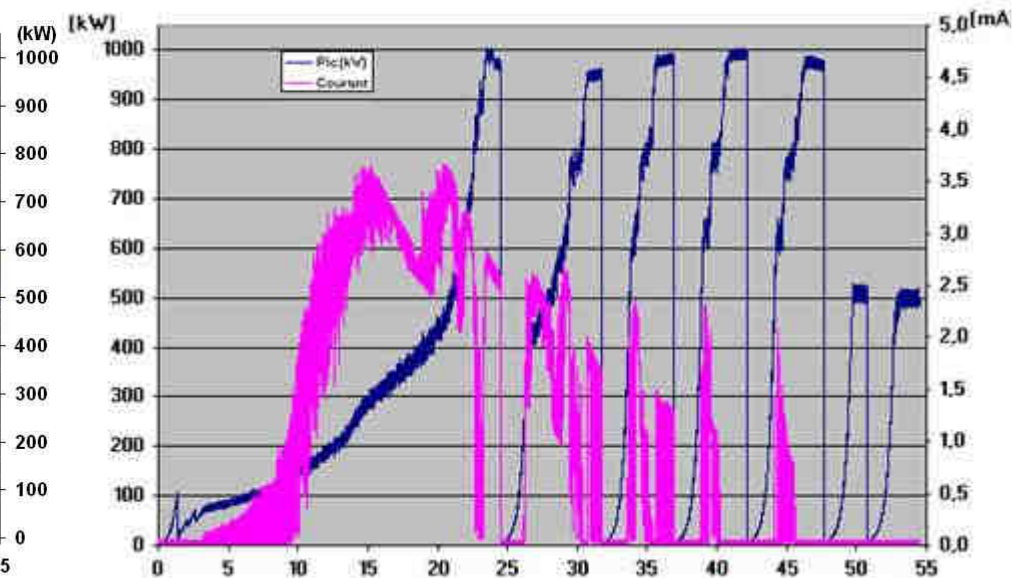
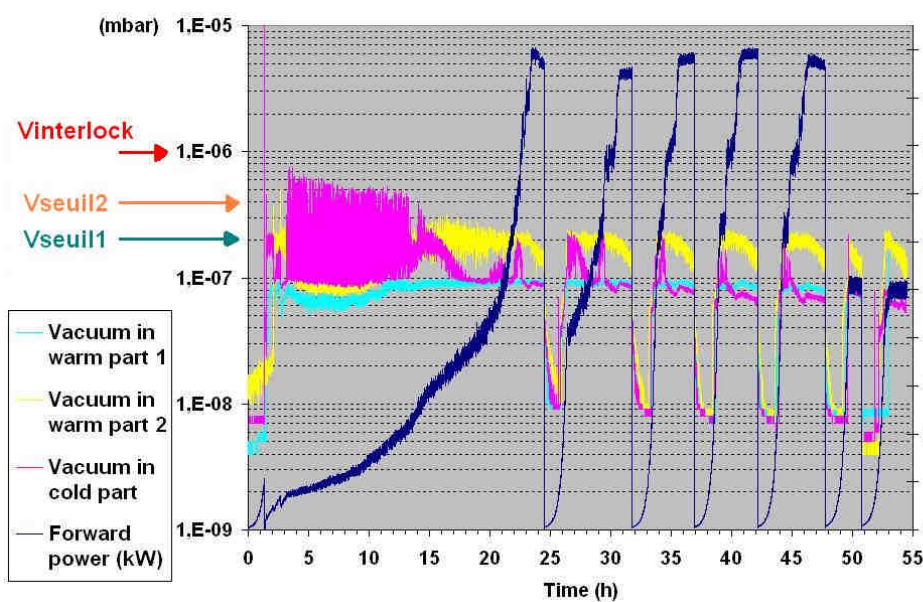
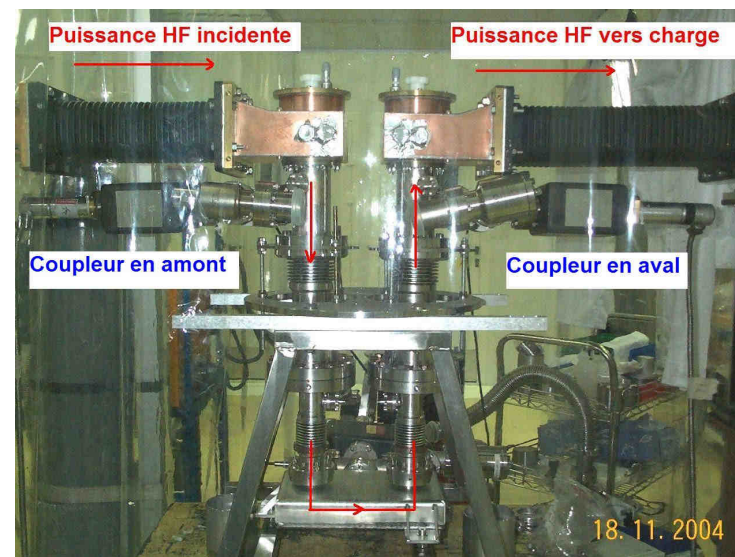
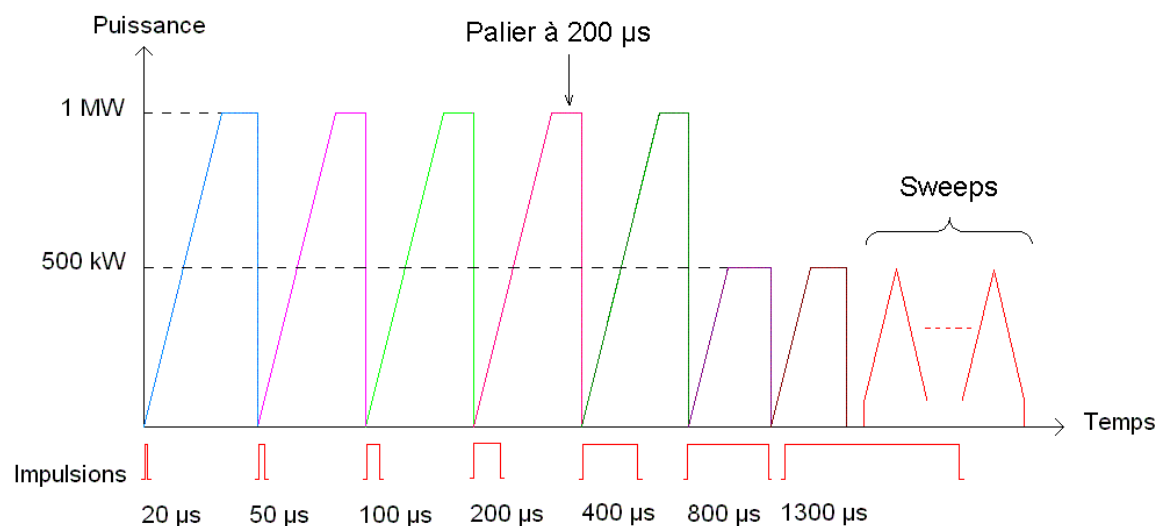
# En quoi consiste un conditionnement HF?

C'est une adaptation progressive du coupleur au passage de la puissance HF :



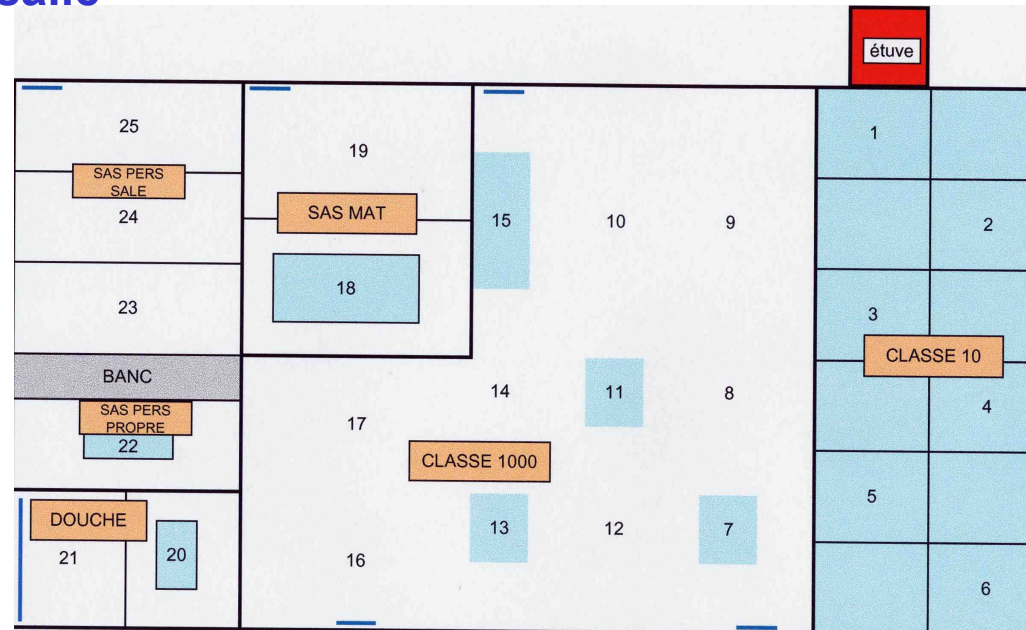


# Conditionnement des coupleurs TTF-III



# Nettoyage et assemblage des coupleurs

Nettoyage des coupleurs dans une salle blanche:



Station de production de l'eau ultra pure



Four à étuvage sous vide



Dispositif pour les tests de fuites



Four pour étuvage in situ



# Chaîne de puissance



Contrôle/ commande



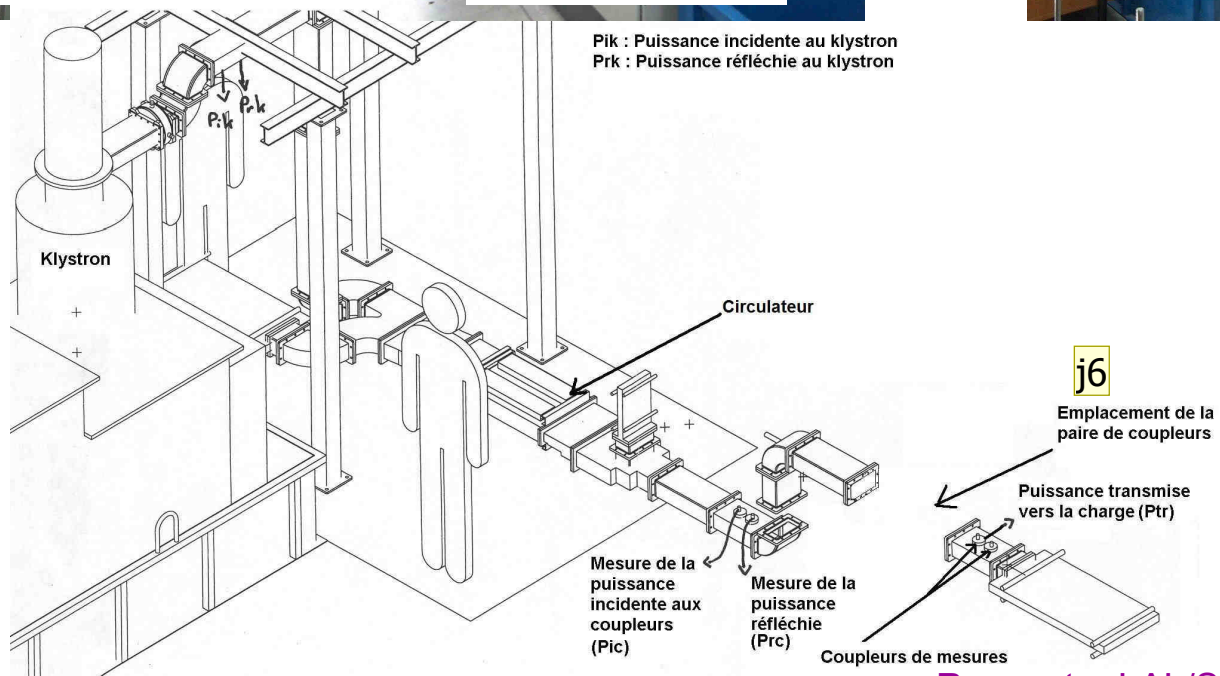
7.4.2003

Modulateur



KLYSTRON

TRANSFORMATEUR





## Diapositive 8

---

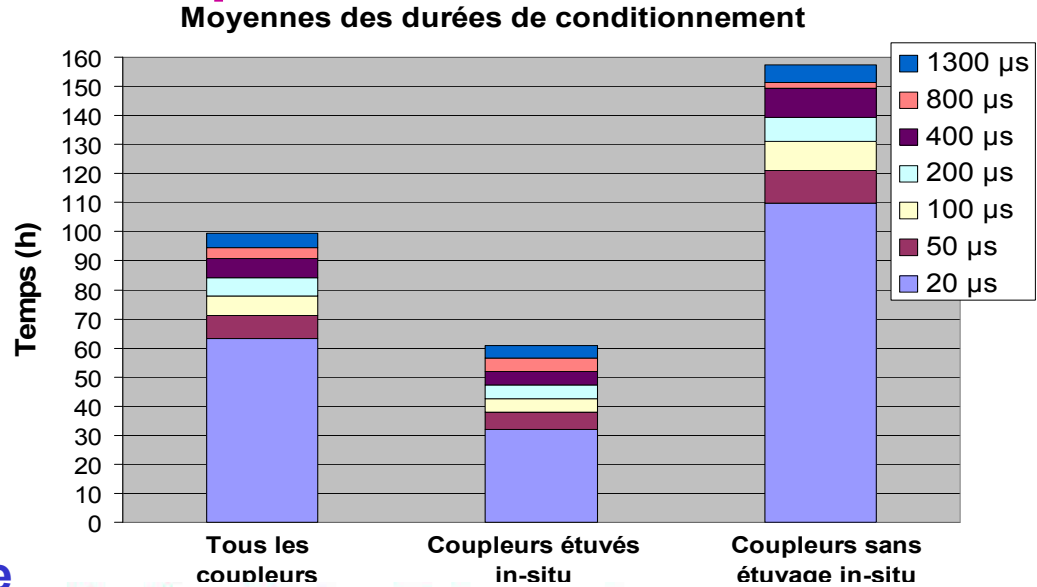
**j6**

Evoquer par la meme occasion de reglage des antenne et le pompage.

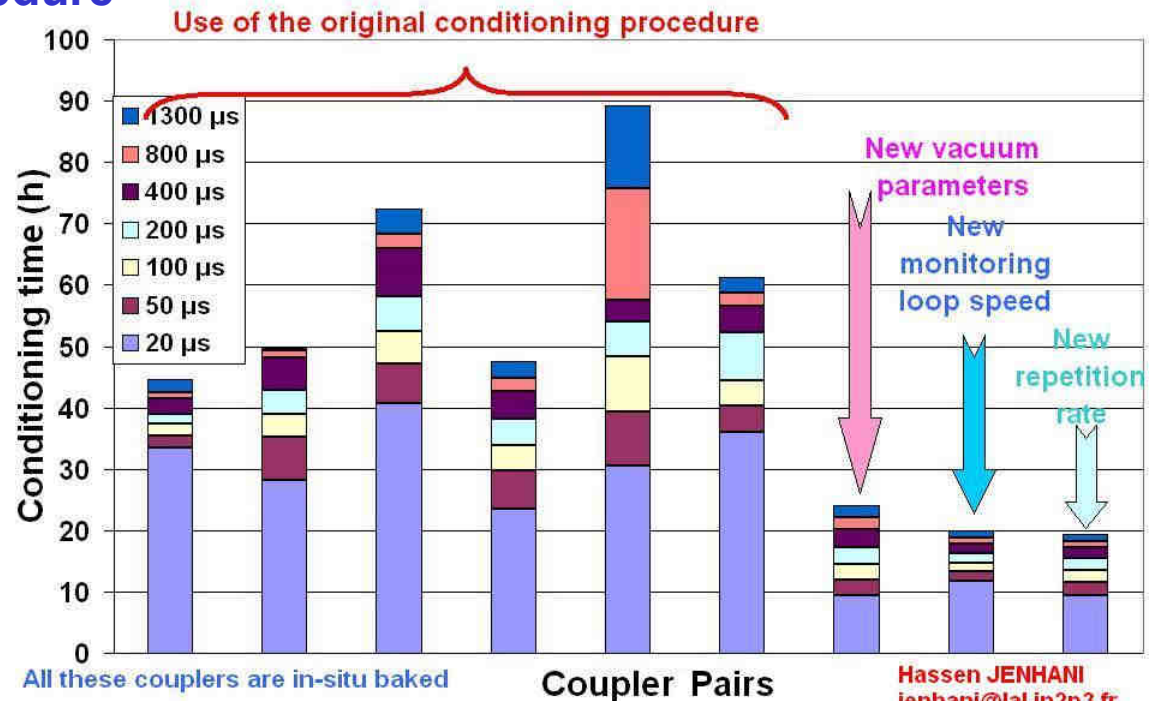
jenhani; 11/10/2006

# Réduction du temps de conditionnement

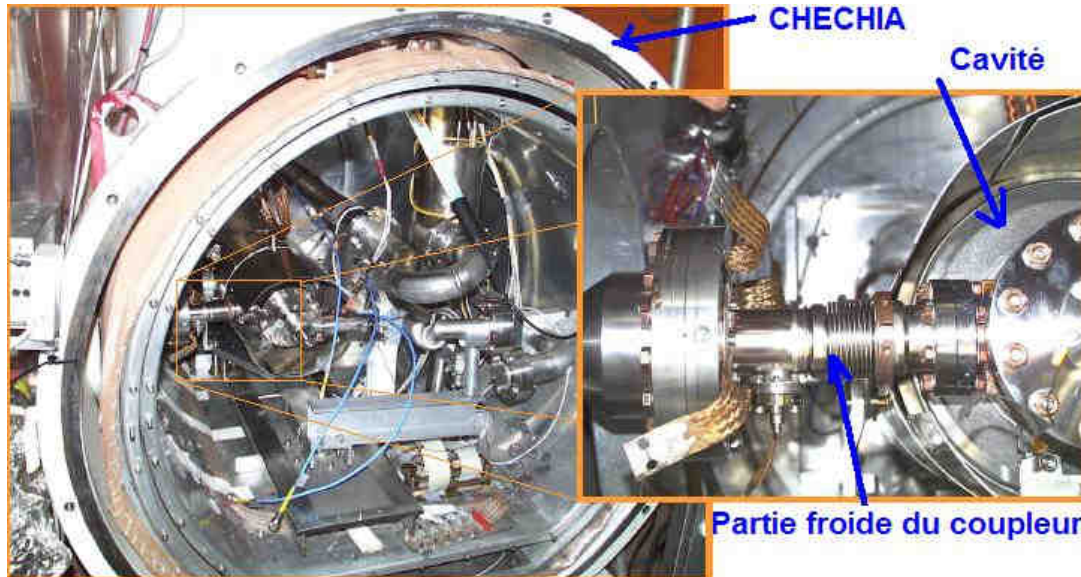
Effet de l'étuvage in-situ:



Optimisation de la procédure de conditionnement:



# Validation par DESY des conditionnements HF à température ambiante réalisés au LAL

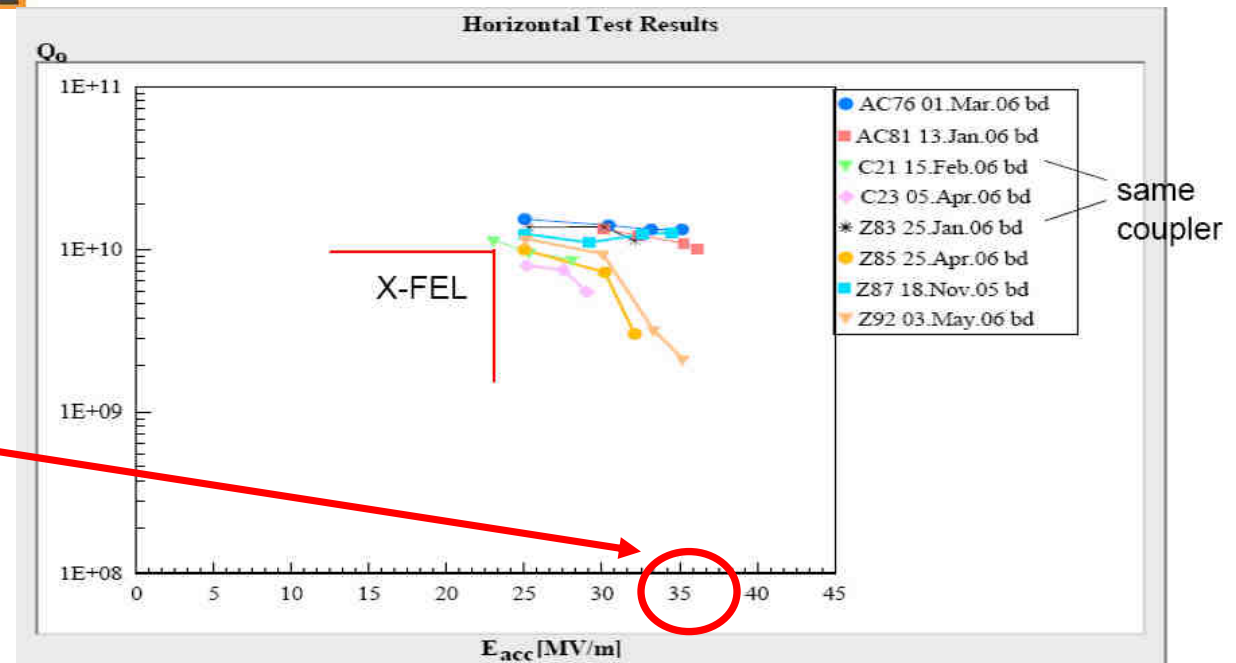


Tests effectués à DESY

En aucun cas le fonctionnement des cavités n'a été limité par les coupleurs conditionnés au LAL.

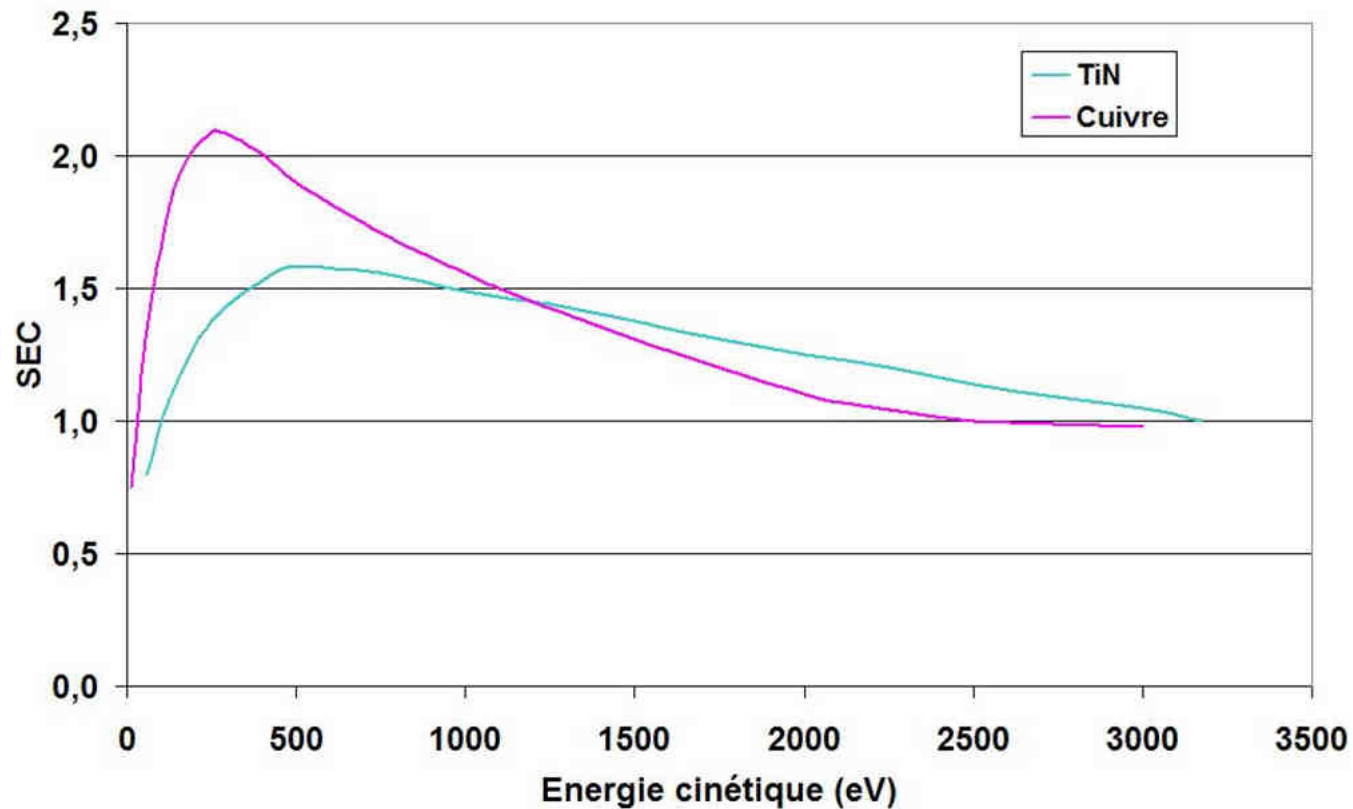
**Nouveau record de champ accélérateur pour les cavités TESLA**

**$E_{acc} > 35$  MV/m**



# Dépôt TiN

- Fenêtres des coupleurs en céramique  $\text{Al}_2\text{O}_3$  → Coefficient d'émission secondaire (SEC) très élevé ( $>7$ ) → Multipactor
- Le dépôt de TiN réduit considérablement le coefficient d'émission secondaire
- DESY effectue des dépôts de TiN par évaporation
- Le LAL a choisi d'étudier les dépôts de TiN par sputtering

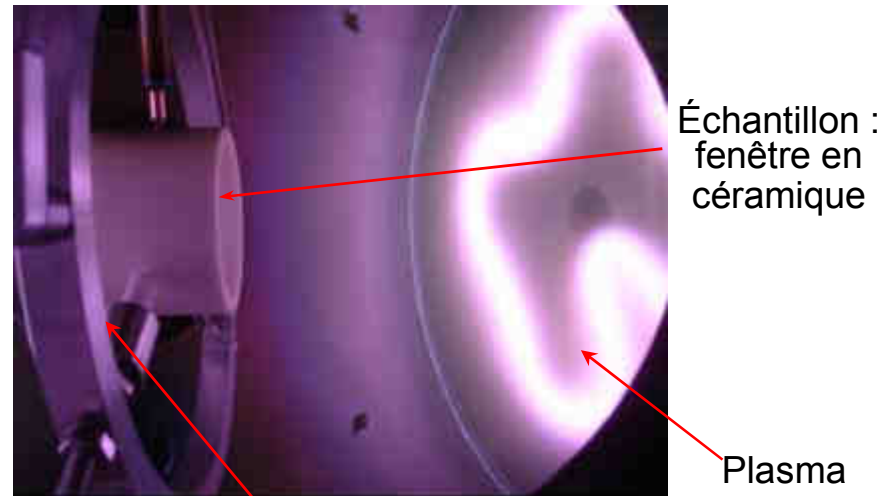
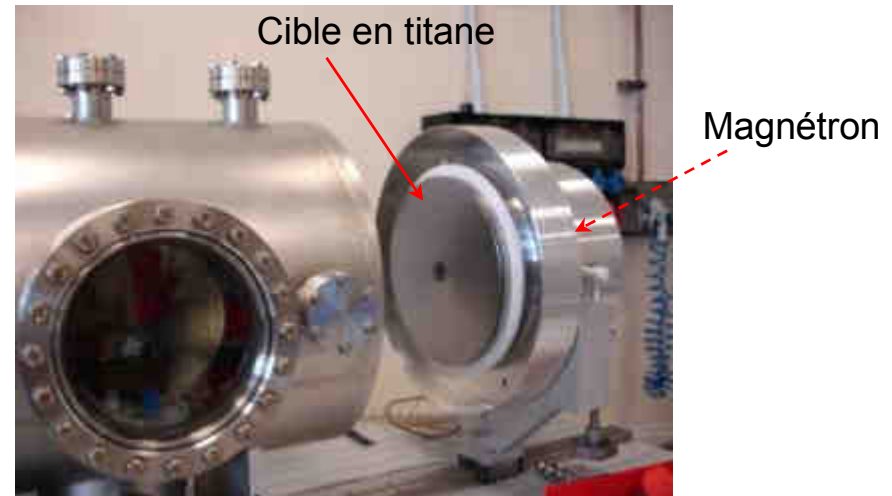




# Machine pour le dépôt TiN sur les fenêtres en céramique



Vu générale de la machine de dépôt de TiN



Porte échantillon

# Moyens de diagnostique

- ✓ Profilomètre : mesure de la rugosité du substrat et du dépôt.
- ✓ Microscope Électronique à balayage + Microsonde X dispersive en énergie (MEB-EDX) : morphologie, estimation de l'épaisseur, cartographie et composition chimique de l'échantillon.
- ✓ Mesure de la  $\tan \delta$ .
- ✓ Résonateur pour la mesure du multipactor (en cours).
- ✓ Diffractomètre (commande en cours): estimation de l'épaisseur du dépôt et détermination de sa stoechiométrie.
- ✓ RBS et SIMS (à l'extérieur) : analyse élémentaire du dépôt en profondeur.

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé à ces travaux: S. Cavalier, T. Chabaud, F. Cordillot, T. Garvey, L. Grandsire, M. Lacroix, W. Kaabi, P. Lepercq, B. Mercier, M. Omeich, S. Prat, C. Prevost, A. Thiebault et A. Variola ainsi que nos collègues de DESY.