

Les cavités supraconductives (en niobium) sont utilisées sur les accélérateurs pour donner de l'énergie aux particules. Cette énergie est communiquée aux particules en alimentant la cavité avec une source RF qui produit un champ RF stationnaire (de l'ordre de 20 à 40 MV/m) au sein de la cavité. Le champ électromagnétique qui règne dans la cavité est à l'origine d'une pression qui s'exerce sur les parois. La force associée est dénommée force de Lorentz, elle est proportionnelle au carré du champ accélérateur dans la cavité. Un fonctionnement en RF pulsé provoque des vibrations mécaniques et des déformations de la cavité dues à cette force, se traduisant par un désaccord de la cavité en fonction du temps. La cavité utilisée pour nos essais est de type elliptique à 9 cellules (cavité TTF).

Depuis plusieurs années l'IRFU développe des Systèmes d'Accord à Froid (SAF), dont la fonction principale est d'accorder la cavité pour compenser les effets de dilatation différentielle pendant les descentes en froid.

La dernière génération de SAF (Saclay IV, voir Figure 1), développée entre 2005 et fin 2007 intègre deux actionneurs piézo-électriques à la température de la cavité, pour compenser la force de Lorentz en fonctionnement RF pulsé. L'originalité de ce système réside dans l'implantation d'un actionneur piezo dans chacun des deux pieds du SAF. Cette architecture offre un très bon découplage des actionneurs et apporte de la redondance au système.

Dans l'optique d'une application sur le projet d'accélérateur XFEL, une étude a été réalisée en intégrant les contraintes pour une production en moyenne série (500 à 1000 pièces). Des consultations auprès d'industriels ont permis de vérifier que le coût de cette solution (mécanique, moteur+réducteur, actionneurs piezo), plus élevé que celui de la solution « Saclay I modifiée », reste compatible avec les objectifs du projet. Ces travaux n'étaient pas suffisamment aboutis pour que cette solution soit retenue par le projet XFEL, néanmoins les essais de qualification ont été menés à leurs termes sur une cavité supra installée à DESY (Figure 1).

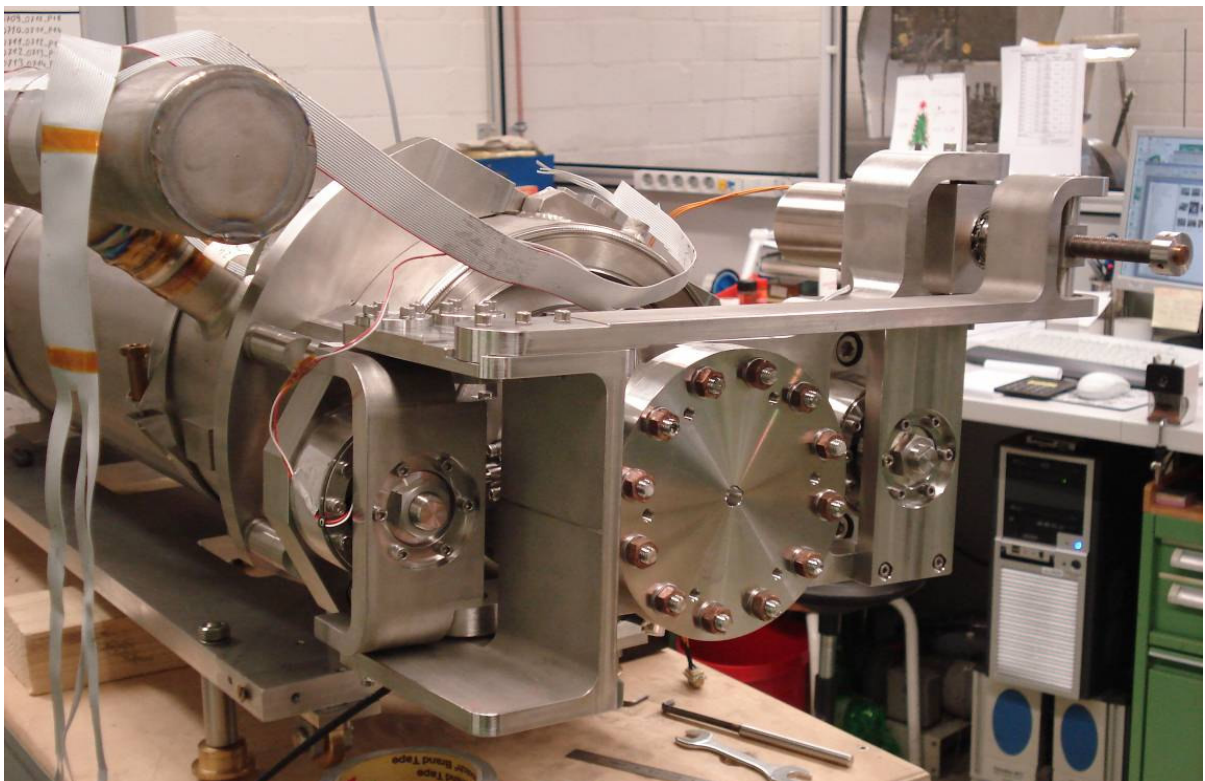


Figure 1: photo du SAF "Saclay IV", monté sur la cavité avant les essais à DESY

Pour ces essais, les pulses RF étaient réglés avec une durée de 1,3 ms et une fréquence de répétition égale à 10 Hz. La partie « plate » de l'impulsion, utile pour l'accélération du faisceau, a une durée de 800 μ s. Le désaccord de Lorentz vaut entre -200 et -500 Hz pour un champ accélérateur de 25 MV/m. Durant nos essais, il était égal à -300Hz lorsque les actionneurs piezos n'étaient pas actifs (figure 2). En les mettant en service, la compensation de cette dérive rapide en fréquence a été réalisée. Les signaux de commande sont déclenchés avant chaque impulsion RF. Ils sont réglés pour minimiser le désaccord.

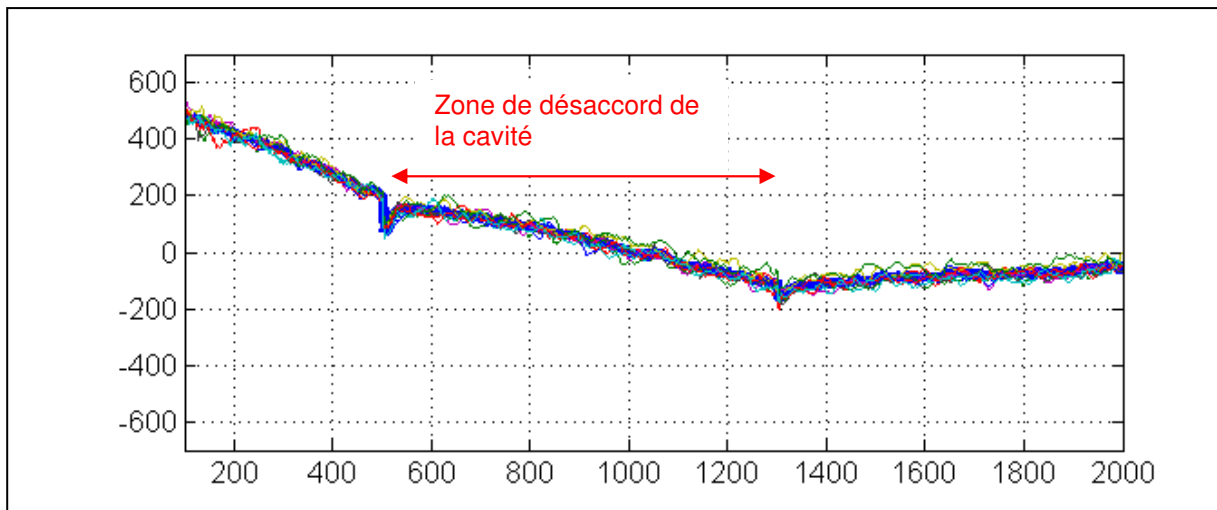


Figure 2: désaccord de Lorentz (en Hz) en fonction du temps (en μs) sans compensation

Si des compensations indépendantes sont exercées avec chacun des piezos P1 et P2, le résidu de désaccord est de l'ordre de -75Hz (Figure 3).

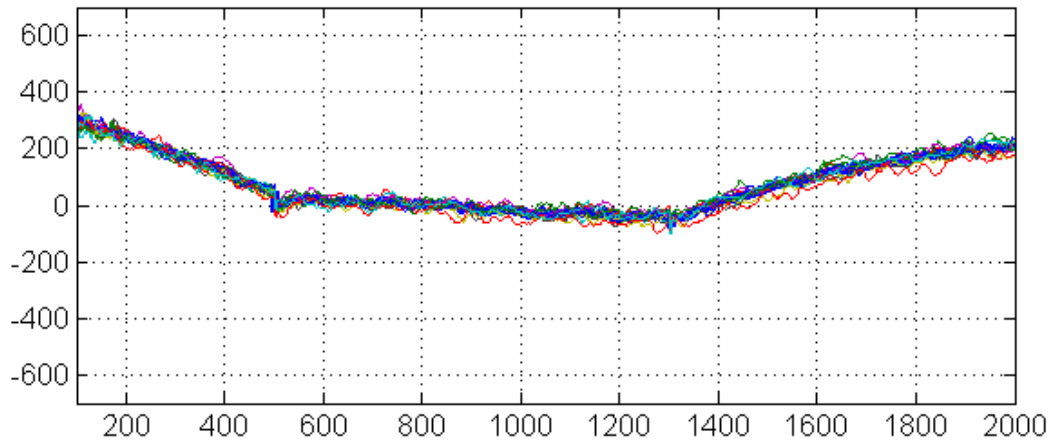


Figure 3: désaccord de la cavité compensé avec le piezo 1 ou 2 (en Hz) en fonction du temps (en μs)

En actionnant simultanément les deux piezos avec un même signal de compensation, le désaccord est ramené à quelques dizaines de Hz. Dans ce cas, le SAF allonge la cavité de manière symétrique en excitant moins de modes transverses, l'efficacité est accrue. Le désaccord obtenu Figure 4 est inférieur à -50Hz.

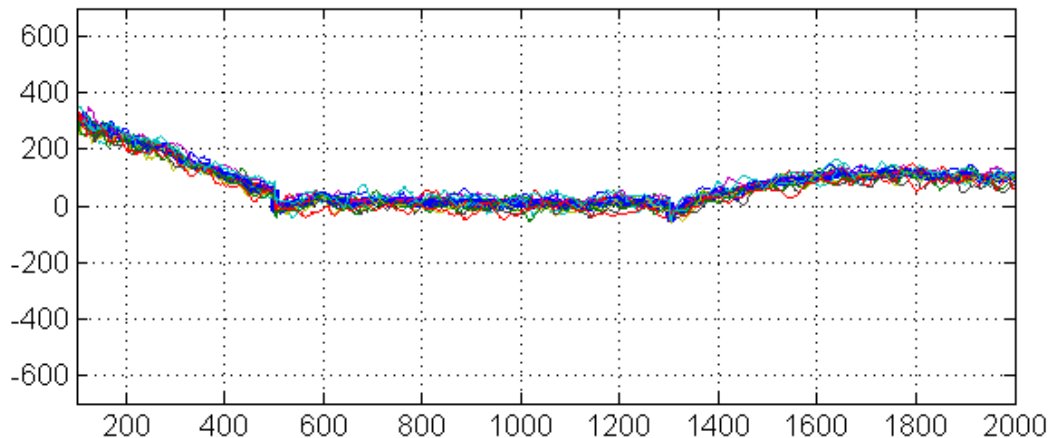


Figure 4: désaccord de la cavité compensé avec les 2 piezos en parallèle (en Hz) en fonction du temps (en μs)

Malgré une raideur inférieure à celle des systèmes concurrents, les essais cryogéniques menés à DESY en janvier 2008 montrent tout l'intérêt du dispositif SAF « Saclay IV ». Le seul réel défaut observé est la mauvaise tolérance à une inversion du sens des forces sur les piezos durant le passage (300K, P_{atm}) à (2K, $P=30\text{mbar}$). La présence d'un actionneur piezo dans chaque pied du SAF autorise différents modes de compensation de la force de Lorentz avec une certaine marge et/ou des possibilités de redondance.