



COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**DSM - DAPNIA**

DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DEPARTEMENT D'ASTROPHYSIQUE, DE PHYSIQUE DES PARTICULES,  
DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET DE L'INSTRUMENTATION ASSOCIÉE  
SERVICE D'ÉTUDE DES ACCÉLÉRATEURS

DATE : 11 mai 2001

N° RÉF. : DAPNIA/SEA/PHI/2001/30

François SIMOENS, [fsim oens@ cea .fr](mailto:fsim oens@ cea .fr)

Jacques GAFFIER, [jgaffier@ cea .fr](mailto:jgaffier@ cea .fr)

## Effet d'une translation du guidage de l'objet perturbateur à travers le RFQ

### *Résumé*

Les distributions de champ magnétique ont été mesurées dans un tronçon de maquette de RFQ en modifiant les trajectoires de l'objet perturbateur par rapport à un chemin de référence.

Ces essais ont permis de mettre en évidence la sensibilité des mesures à un mauvais positionnement des fils. Cette sensibilité est du même ordre de grandeur pour un champ magnétique mesuré sur la bissectrice ou en fond de quadrant.

Cette étude explique l'écart entre les composantes dipolaires mesurées par perturbation du champ magnétique sur la bissectrice et en fond de quadrant alors que la configuration mécanique était inchangée.



**TABLE DES MATIERES**

<b>1. Mesures</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Configuration mécanique du tronçon de RFQ</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Système mécanique de guidage du fil</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Déplacements testés</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Effet des pinceaux sur les translations des fils</b>	<b>6</b>
<b>2. Analyse des mesures</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Test de la translation de tous les fils de 1 mm vers l'axe de la cavité (H fond)</b>	<b>7</b>
2.1.1. Effets attendus	7
2.1.2. Effets mesurés	8
<b>2.2. Test de la translation d'un plateau "micro-contrôle" de +2 mm vers l'axe de la cavité, côté moteur (H fond)</b>	<b>10</b>
2.2.1. Effets attendus	10
2.2.2. Effets mesurés	11
<b>2.3. Test de la translation d'une poulie de 2 mm vers l'axe de la cavité (H bissectrice)</b>	<b>12</b>
<b>3. Comparaison des sensibilités des composantes à une même translation selon 2 positions transverses</b>	<b>14</b>
<b>4. Mesures dans les conditions de l'année 2001</b>	<b>16</b>
<b>5. Conclusion</b>	<b>17</b>

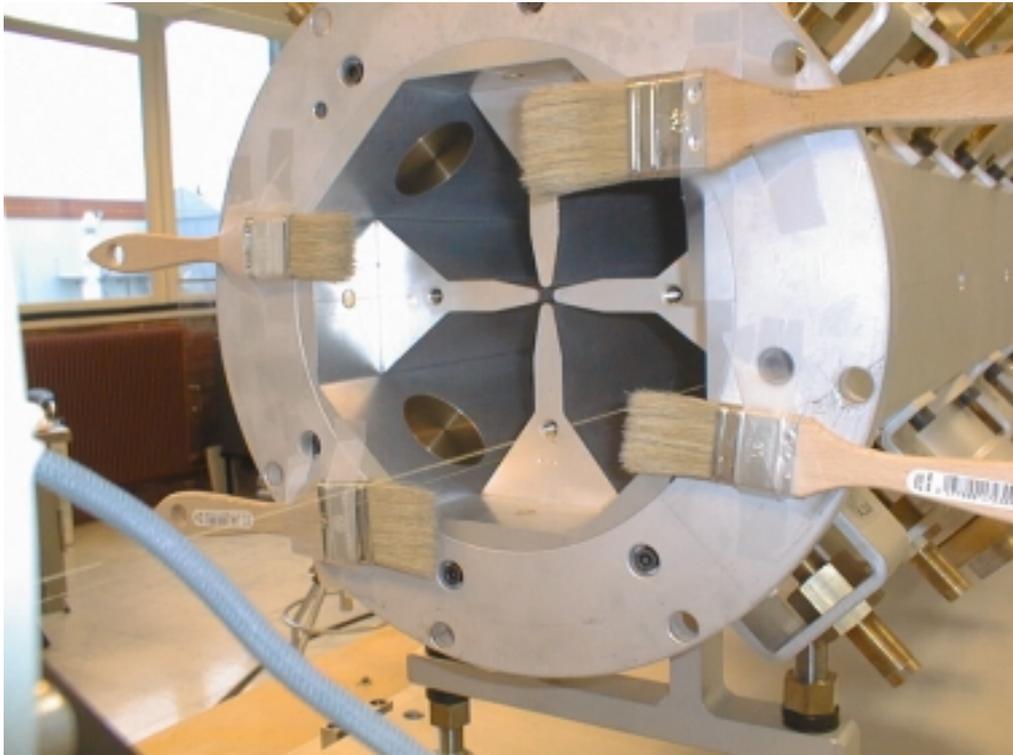
## **1. Mesures**

### **1.1. Configuration mécanique du tronçon de RFQ**

Les mesures de cette étude ont toutes été effectuées dans le tronçon de maquette de RFQ doté de 8 pistons par quadrant, baptisé "A",

- présentant les pistons à fleur de surface intérieure
- équipé des becs avec encoche
- fermé aux 2 extrémités par des plaques.

L'objet perturbateur est une ogive en titane guidée par un fil de Kevlar de 0,22 mm de diamètre, faiblement chargé. Le tronçon "A" et un deuxième "B" sont placés entre les étriers de support des poulies, et sont tous les deux traversés par le fil. Comme illustré par la figure 1, des pinceaux avaient été fixés à l'extrémité du tronçon B et en contact avec le fil jouant le rôle d'amortisseur de vibration.



**figure 1: pinceaux placés en contact avec le fil**

### **1.2. Système mécanique de guidage du fil**

Les mesures ont consisté à perturber le champ magnétique en deux positions transverses:

1. près de la base des pistons d'accord en fond de quadrant (H fond de la figure 2)
2. sur la bissectrice (H bissec de la figure 2)

Le système de guidage est composé d'un support d'entrée et de sortie sur lesquels sont fixés le moteur, l'encodeur et les poulies de renvoi et de guidage du fil. Les poulies de guidage sont fixées sur des platines de translation avec butée micrométrique "Micro-Contrôle" (figure 3).

La mesure sur la bissectrice nécessite un système de poulies supplémentaire rapporté sur une bride (figure 4).

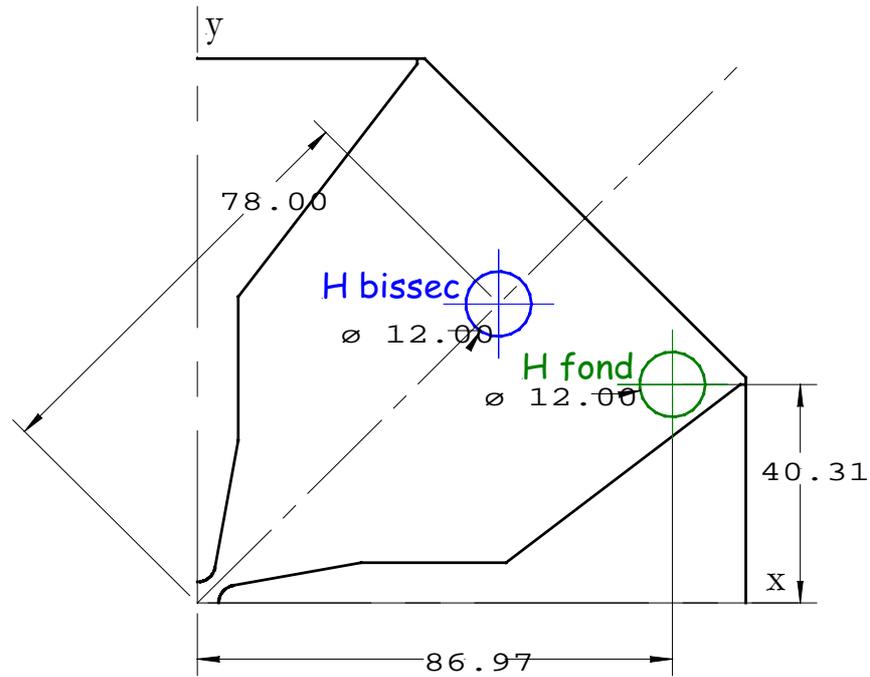


figure 2: positions "H bissec" et "H fond" testées dans la section transverse

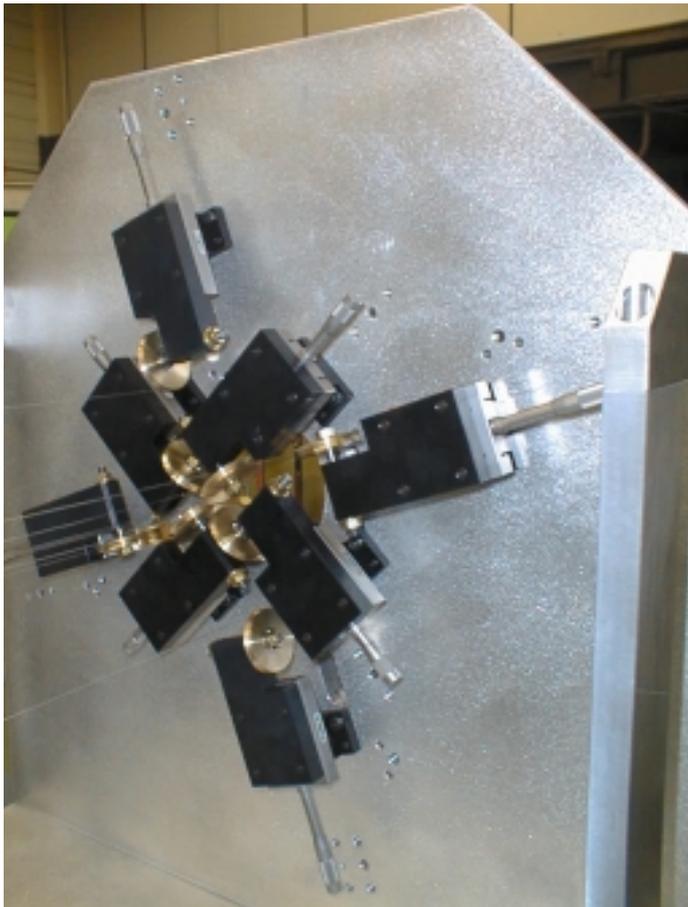


figure 3 : platines « "Micro-Contrôle" » assurant le réglage de la position du fil en fond de quadrant et sur l'extrémité des électrodes

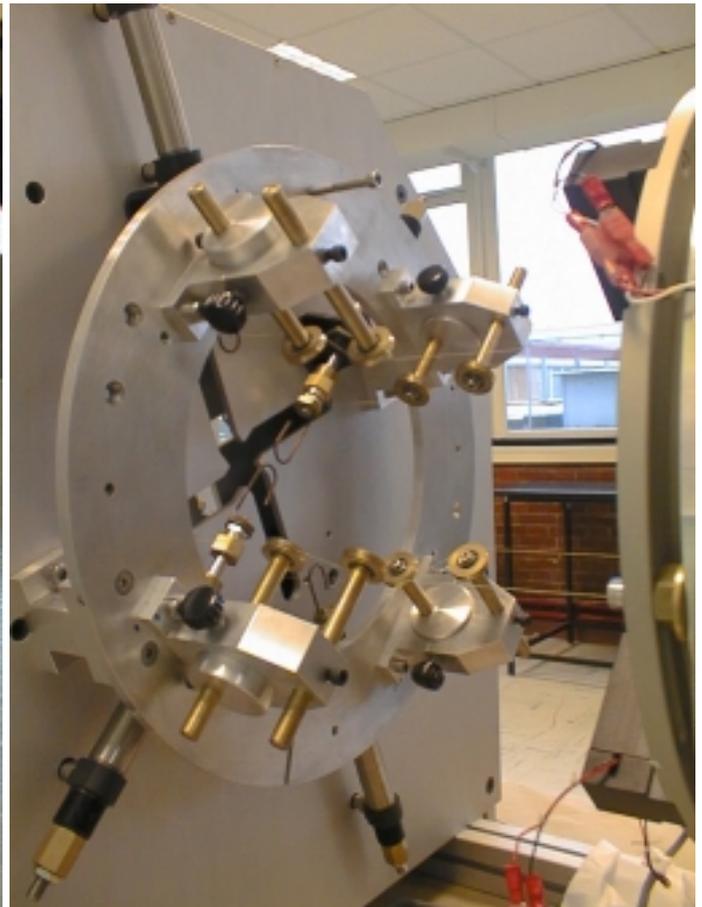


figure 4: système de poulies guidant le fil sur la bissectrice de chaque quadrant

### 1.3. Déplacements testés

Le tableau ci-dessous présente les tests effectués:

fichier	$f_0$	Lieu de passage	Position des poulies aux extrémités
Bead00_07_18_16_55	350,127550 MHz	Fond	Position nominale
Bead00_07_18_19_28	350,125050 MHz	Fond	Position nominale
Bead00_07_19_09_15	350,127700 MHz	Fond	Position nominale
Bead00_07_19_09_24	350,127800 MHz	Fond	Tous les platines ont été translatés de 1 mm vers l'intérieur
Bead00_07_19_10_50	350,127000 MHz	Fond	En ayant translaté de 2 mm le plateau quiguide le fil dans le quadrant 4 côté moteur
Bead00_07_19_11_37	350,127650 MHz	Fond	En ayant translaté de 2 mm le plateau quiguide le fil dans le quadrant 1 côté moteur
Bead00_07_19_18_17	350,117350 MHz	Bissectrice	Position nominale
Bead00_07_19_18_48	350,116700 MHz	Bissectrice	En ayant translaté de 2 mm la poulie quiguide le fil dans le quadrant 1 côté moteur

- $f_0$  est la fréquence de résonance du mode quadripolaire.
- Les 6 premières mesures ont été réalisées en guidant l'ogive métallique près de la base des pistons en fond de quadrant. Les 2 dernières correspondent à une perturbation du champ sur la bissectrice.
- La position des fils a été modifiée en translatant soit les platines « "Micro-Contrôle" » soit la poulie de renvoi sur la bissectrice.

### 1.4. Effet des pinces sur les translations des fils

Les pinces étaient placés horizontalement sur une face d'entrée du tronçon B: ils devaient donc:

- ne pas gêner une translation radiale des fils passant dans les quadrants inférieurs 3 et 4;
- limiter le déplacement dans le quadrant 1;
- très vite constituer un point fixe de contact pour le fil guidé à travers le quadrant 2.

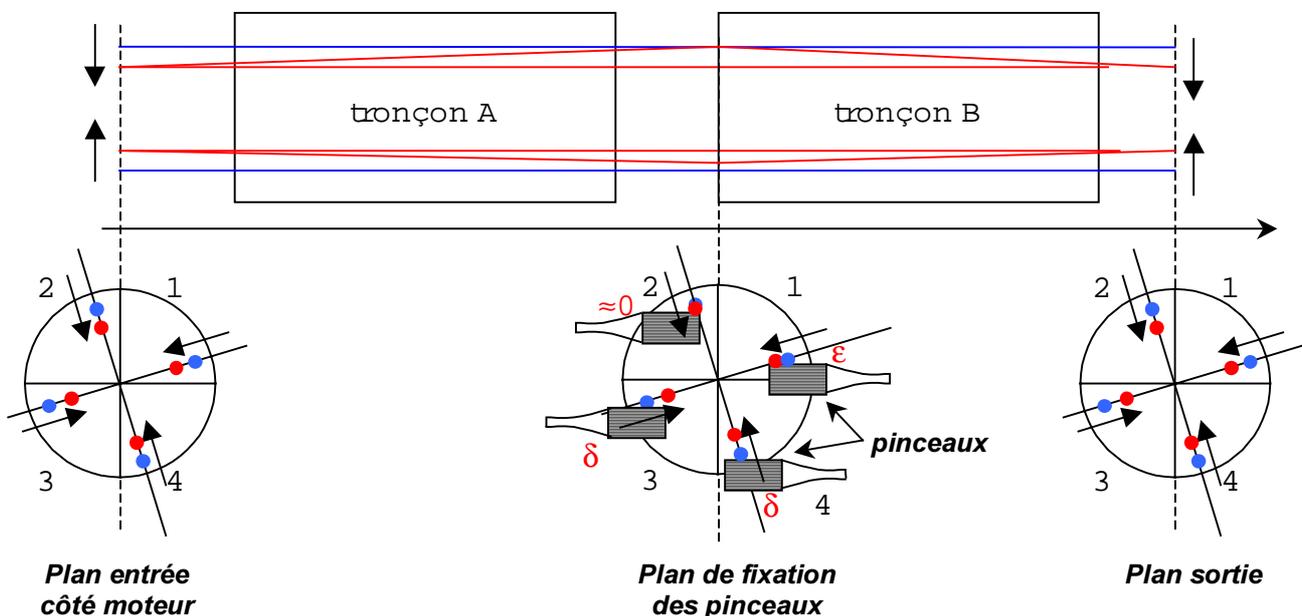


figure 5: schéma illustrant les effets limitatifs des déplacements des fils dus aux pinces

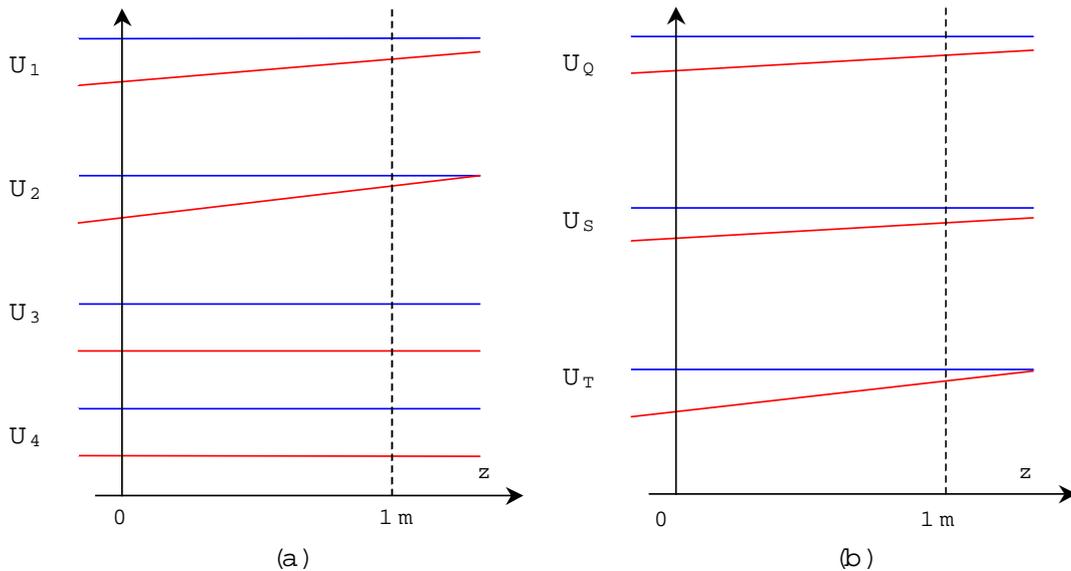
## 2. Analyse des mesures

### 2.1. Test de la translation de tous les fils de 1 mm vers l'axe de la cavité (H fond)

#### 2.1.1. Effets attendus

Pour ce test, on compare des mesures par perturbation du champ magnétique en fond de quadrant. Comme tous les fils ont été simultanément déplacés radialement de 1 mm vers l'axe de la cavité:

- $U_1$  doit plus augmenter en relatif du côté moteur qu'à l'autre extrémité;
- $U_2$  doit subir la même variation avec encore plus d'ampleur;
- $U_3$  et  $U_4$  doivent diminuer avec la même amplitude sur toute la longueur du tronçon.



**figure 6: schéma illustrant l'évolution des composantes de tensions mesurées (a) et projetées sur la base {Q, S, T, O} (b) après translation de tous les fils de 1 mm vers l'axe**

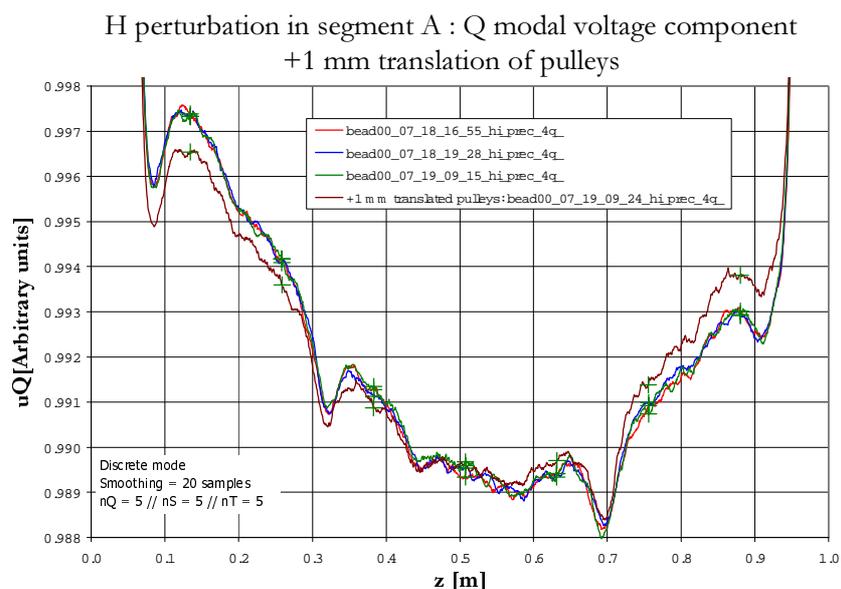
Les courbes référencées (a) de la figure 6 illustrent comment les tensions mesurées dans chaque quadrant  $\{U_1, U_2, U_3, U_4\}$  doivent évoluer après le déplacement des fils. Les traits bleus représentent une situation idéale où le champ serait constant dans chaque quadrant. En rouge sont tracées les composantes modifiées par le déplacement des fils.

Les composantes projetées sur la base canonique  $\{\vec{Q}, \vec{S}, \vec{T}\}$  sont données par:

$$U_Q = \frac{1}{2}(-U_1 + U_2 - U_3 + U_4) \quad U_S = \frac{1}{\sqrt{2}}(-U_1 + U_3) \quad U_T = \frac{1}{\sqrt{2}}(-U_2 + U_4)$$

Comme illustré par le (b) de la figure 6, la composante quadripolaire doit plus diminuer côté moteur qu'à l'autre extrémité. Des pentes positives en fonction de z doivent également être introduites sur les composantes dipolaires; elle doit être plus prononcée pour  $U_T$

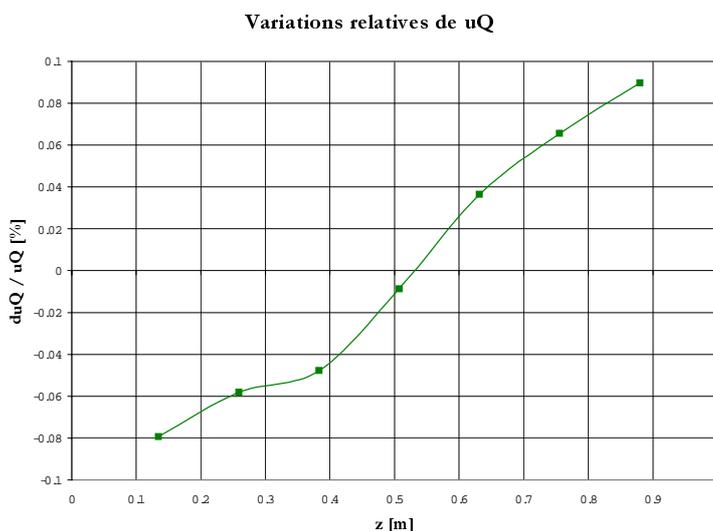
**2.1.2. Effets mesurés**



**figure 7: 3 composantes quadripolaires comparées à celle mesurée après translation des platines de +1 mm**

Ainsi que le montre la figure 7, les courbes de la composante quadripolaire des 3 premières mesures sans translation des fils se superposent parfaitement. On repère autour de 0,3 m et 0,7 m les perturbations locales du champ dues aux 2 boucles de mesures.

La translation simultanée des 8 platines micro-contrôle de 1 mm vers l'intérieur a légèrement modifié  $U_Q$  : cela montre que certains pinceaux ont en effet constitué des points fixes de contact sur le fil et ont empêché un déplacement parallèle de tous les fils.



**figure 8: variations relatives de uQ (09\_15 / 09\_24) aux points discrets**

Comme prévu, la translation a introduit une pente positive sur la distribution longitudinale (figure 8). La variation a été plus importante côté moteur (z petits) qu'à l'opposé

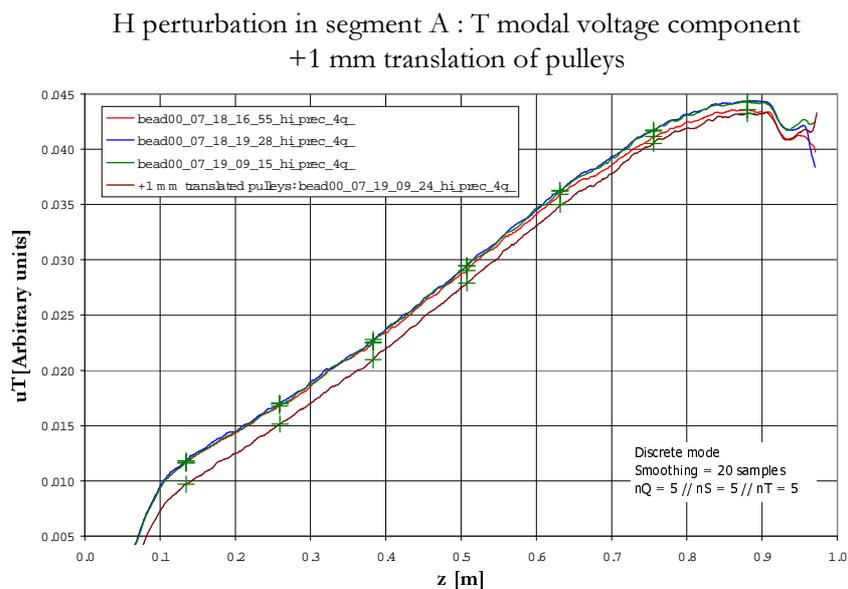


figure 9: 3 composantes dipolaires T comparées à celle mesurée après la translation des platines de +1 mm

Les 3 composantes dipolaires T mesurées sans translation se superposent également parfaitement (figure 9). Après la translation simultanée des platines, cette composante a varié: comme prévu, la translation des différents fils s'est accompagnée d'un déséquilibre variant longitudinalement entre les quadrants 2 et 4.

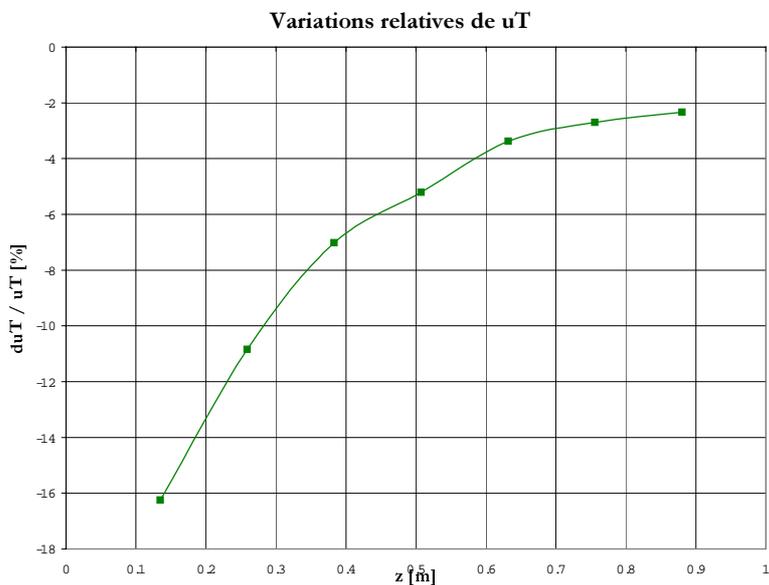


figure 10: variations relatives de uT (09\_15 / 09\_24) aux points discrets

Comme le courbe des écarts relatifs avant et après déplacement l'illustre (figure 10), la variation a été nettement plus importante côté moteur ( $z$  petits) qu'à l'opposé

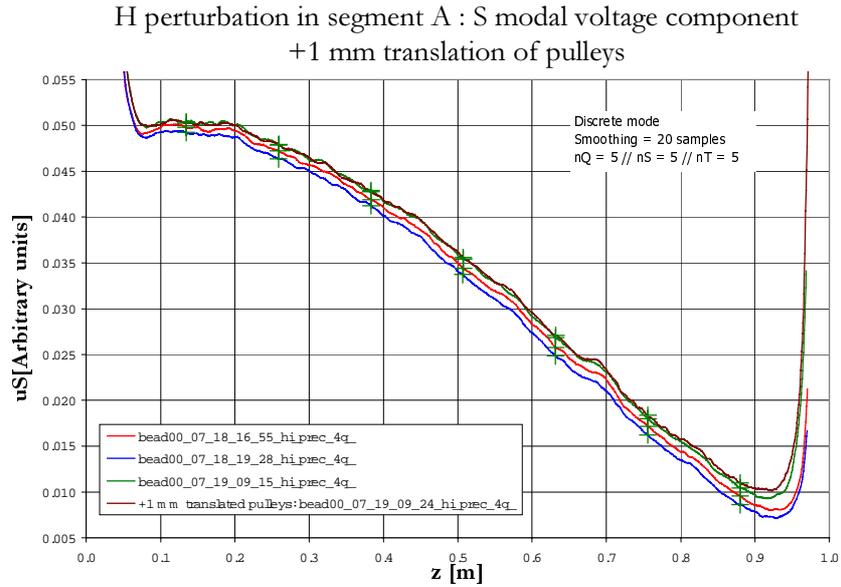


figure 11: 3 composantes dipolaires S comparées à celle mesurée après translation des platines de +1 mm

Les 3 courbes  $U_S$  mesurées sans translation se superposent moins bien que les autres composantes (figure 11). Ces essais se sont déroulés dans le contexte des premiers tests de l'effet "amortisseur" des pinces; la position de ceux correspondant aux quadrants 1 et 3 a sans doute été légèrement rectifiée d'une mesure à l'autre.

Après la translation simultanée des 8 platines, aucune pente n'a été introduite sur cette composante: sa courbe mesurée (en marron) est superposée à celle précédant le déplacement (en vert). On peut donc en déduire que le pinceau en appui sur le fil traversant le quadrant 1 n'a pas limité la translation de 1 mm aux extrémités correspondantes.

2.2. Test de la translation d'un plateau "micro-contrôle" de +2 mm vers l'axe de la cavité, côté moteur (H fond)

2.2.1. Effets attendus

Ce test consiste également à comparer des mesures par perturbation du champ magnétique en fond de quadrant. Le plateau "micro-contrôle" situé du côté du moteur a été translaté de +2 mm vers l'axe de la cavité. Il guidait le fil en fond du quadrant:

- 4 (bead00\_07\_19\_10\_50)

Dans ce quadrant, le fil n'est pas limité par les pinces .  $U_Q$  et  $U_T$  doivent avoir subi un léger redressement de la pente.

$U_S$  n'a pas du bouger (voir le (b) de la figure 12).

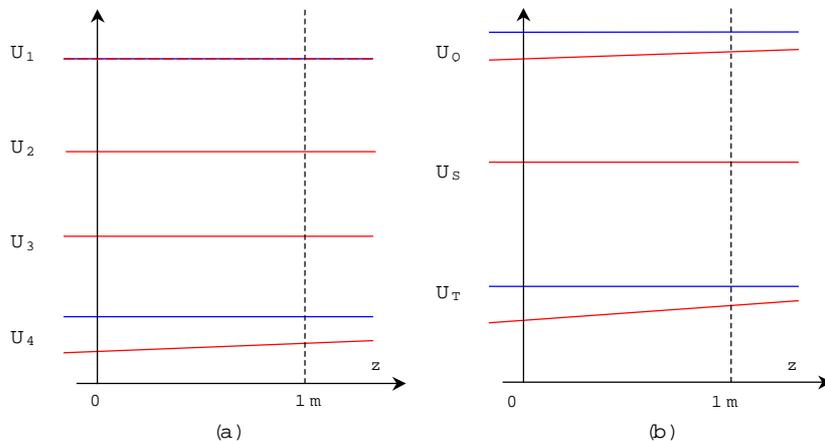


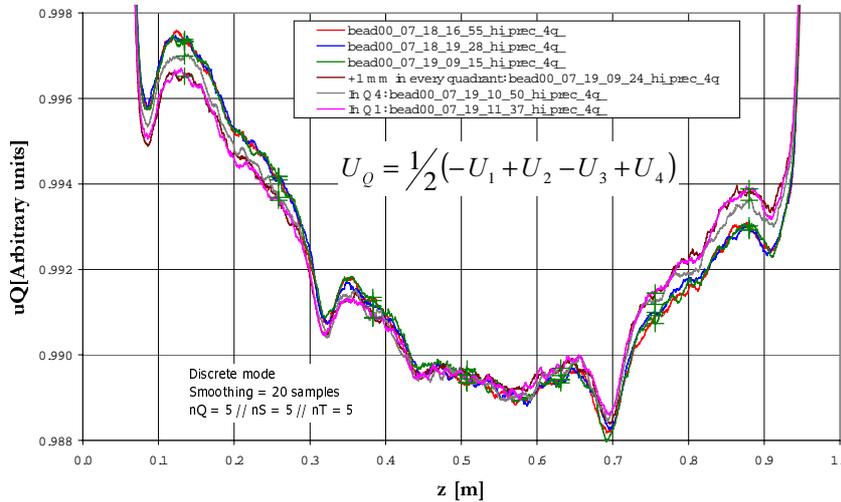
figure 12: schéma illustrant l'évolution des composantes de tensions mesurées (a) et projetées sur la base {Q, S, T, O} (b) après translation du fil traversant le quadrant 4, de 2 mm vers l'axe, côté moteur

- 1 (bead00\_07\_19\_11\_37).

Le fil déplacé est en contact avec le pinceau.  $U_Q$  et  $U_S$  doivent avoir subi un plus fort redressement de la pente.  $U_T$  n'a pas dû varier.

**2.2.2. Effets mesurés**

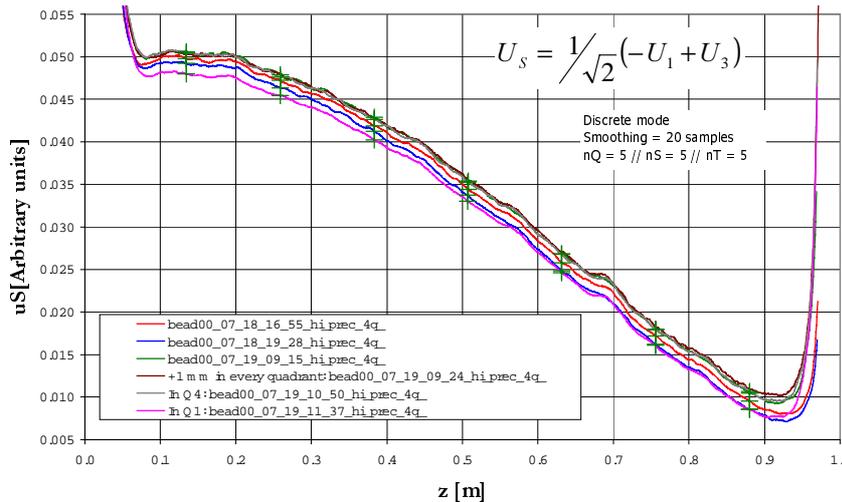
H perturbation in segment A : Q modal voltage component  
+2 mm translations on the motor side: 1/ in Q4 2/ in Q1



**figure 13: composante quadripolaire modifiée par les différents déplacements de fil testés**

La translation dans le quadrant 4 (courbe grise de la figure 13) a introduit une légère pente. Le déplacement du fil traversant le quadrant 1 (courbe violette) a abouti à la même variation que celle observée lors de la translation de tous les platines (courbe marron).

H perturbation in segment A : S modal voltage component  
+2 mm translations on the motor side: 1/ in Q4 2/ in Q1



**figure 14: composante dipolaire S modifiée par les différents déplacements de fil testés**

$U_S$  n'a en effet varié que dans le cas de la translation du fil du quadrant 1 (courbe violette de la figure 14).

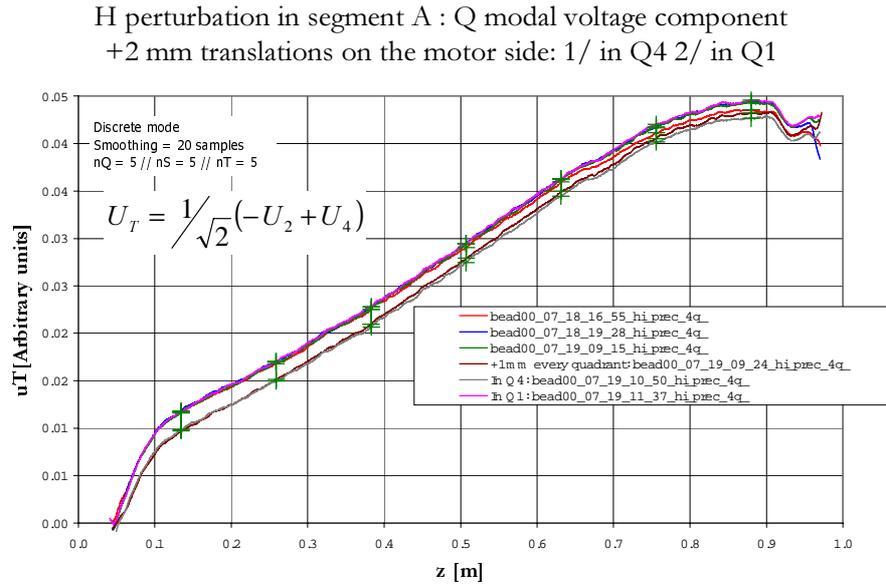


figure 15: composante dipolaire T modifiée par les différents déplacements de fil testés

$U_T$  n'a en effet varié que dans le cas de la translation du fil du quadrant 4 (courbe grise de la figure 15) pour retrouver la courbe mesurée après translation simultanée de tous les platines (courbe marron).

### 2.3. Test de la translation d'une poulie de 2 mm vers l'axe de la cavité (H bissectrice)

Ce test a été réalisé en perturbant le champ magnétique sur la bissectrice. Les effets attendus sont les mêmes que ceux qu'on peut attendre d'une mesure par perturbation en fond de quadrant.

La translation dans le quadrant 1 (courbe verte de la figure 16) a introduit une légère pente positive.

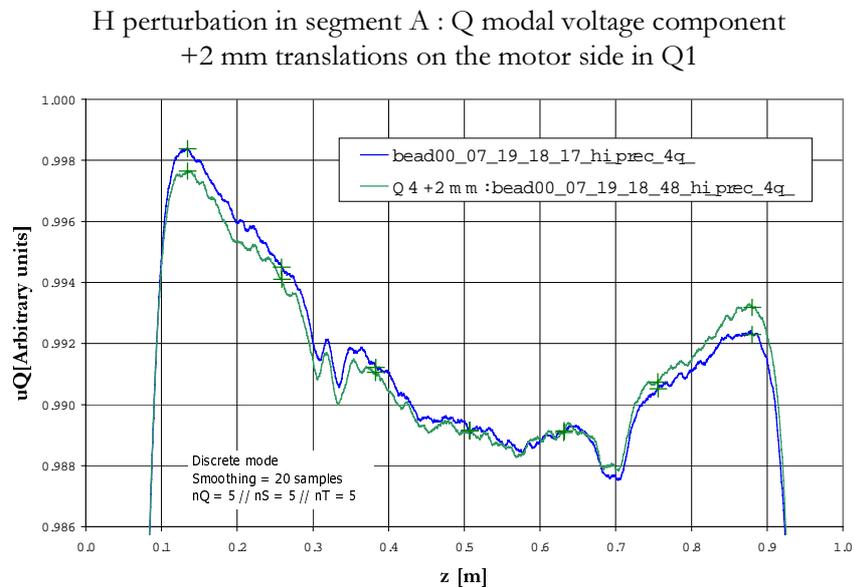


figure 16: composante quadripolaire modifiée par le déplacement de +2mm quadrant 1

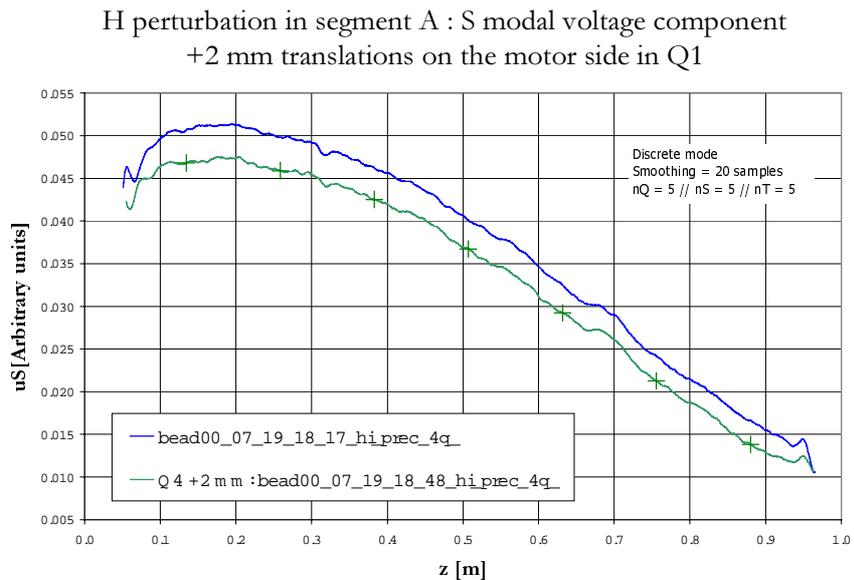


figure 17: composante dipolaire S modifiée par le déplacement de +2mm (quadrant 1)

$U_S$  a en effet varié (figure 17) et  $U_T$  n'a pas été modifiée (figure 18).

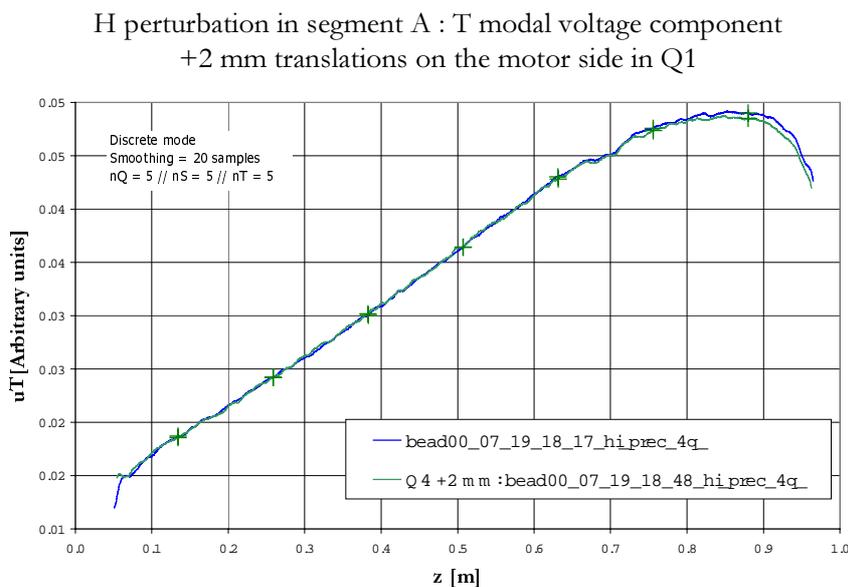


figure 18: composante dipolaire T modifiée par le déplacement de +2mm (quadrant 1)

### 3. Comparaison des sensibilités des composantes à une même translation selon 2 positions transverses

Les courbes suivantes représentent les variations entre les composantes mesurées avant et après translation de la poulie guidant le fil dans le quadrant 1, côté moteur:

1. mesurées par perturbation du champ en fond de quadrant près de la base des pistons (bead00\_07\_19\_09\_15 / bead00\_07\_19\_11\_37)
2. mesurées par perturbation du champ sur la bissectrice (bead00\_07\_19\_18\_17 / bead00\_07\_19\_18\_48)

Les pinceaux ont été déplacés entre les 2 positions transverses de perturbation du champ magnétique testées. Aucun soin n'a été pris pour que la translation du fil traversant le quadrant 1 soit mécaniquement limitée par le pinceau d'une manière identique. Malgré cela, les courbes des figures suivantes montrent que les variations relatives des composantes quadripolaires et dipolaires S sont du même ordre de grandeur que les mesures aient été faites en fond de quadrant ou sur la bissectrice.

Variations relatives de  $u_Q$  dues à une translation radiale de +2 mm de la poulie guidant le fil dans le quadrant 1

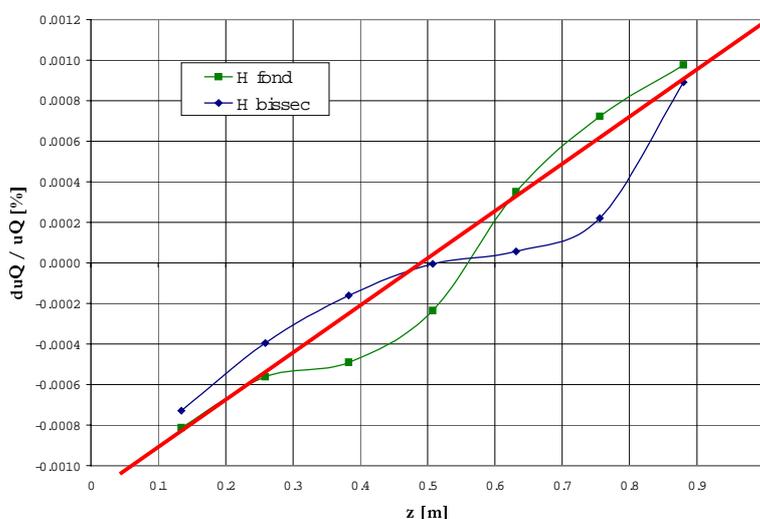


figure 19: variations relatives de la composante quadripolaire mesurées en fond de quadrant ou sur la bissectrice

Variations relatives de  $u_S$  dues à une translation radiale de +2 mm de la poulie guidant le fil dans le quadrant 1

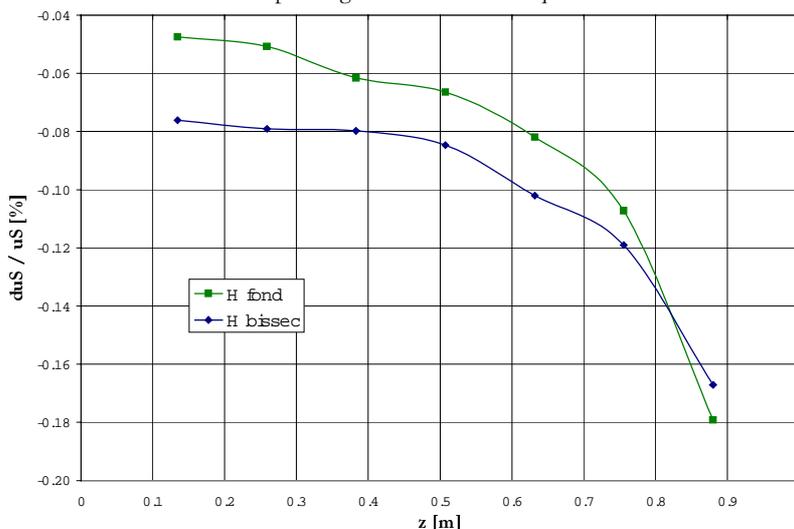
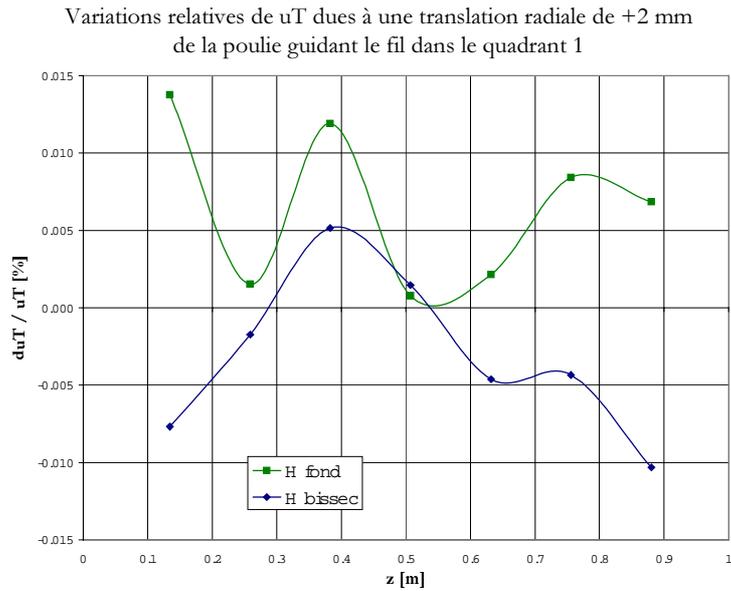


figure 20: variations relatives de la composante dipolaire S mesurée en fond de quadrant ou sur la bissectrice



**figure 21: variations relatives de la composante dipolaire T mesurée en fond de quadrant ou sur la bissectrice**

La composante T a été peu modifiée après le déplacement du fil traversant le quadrant 1: les faibles variations résiduelles dues au bruit de mesure sont du même ordre de grandeur qu'on ait perturbé le champ sur la bissectrice (courbe bleue de la figure 21) ou en fond de quadrant (courbe verte).

## 4. Mesures dans les conditions de l'année 2001

Depuis le début de l'année 2001, les conditions des mesures par perturbation ont changé:

- Le fil de Kevlar est de diamètre 0,66 mm.
- La tension du fil, assurée par un vérin pneumatique, a largement augmenté.
- Un unique jeu de plaques de fermeture permet de perturber le champ magnétique sur la bissectrice et en fond de quadrant.

L'optimisation des 2 premiers paramètres vise à diminuer la flèche du fil; les dernières mesures ont déterminé une flèche maximale de 1 mm au milieu du fil tendu sur 7,335 m. Le troisième changement assure des conditions mécaniques identiques pour les 2 positions du champ magnétique testées.

En dépit des modifications, on observe sur les courbes mesurées un écart entre les composantes dipolaires S (figure 22) et T (figure 9) selon qu'elles ont été mesurées sur la bissectrice ou en fond de quadrant.

Les résultats de cette étude expliquent cette différence par un parallélisme imparfait des fils entre eux. Leur centrage est réalisé visuellement au niveau des trous de passage à travers les plaques de fermeture; cette méthode n'est pas assez rigoureuse par rapport au niveau de précision atteint par le dispositif de mesure.

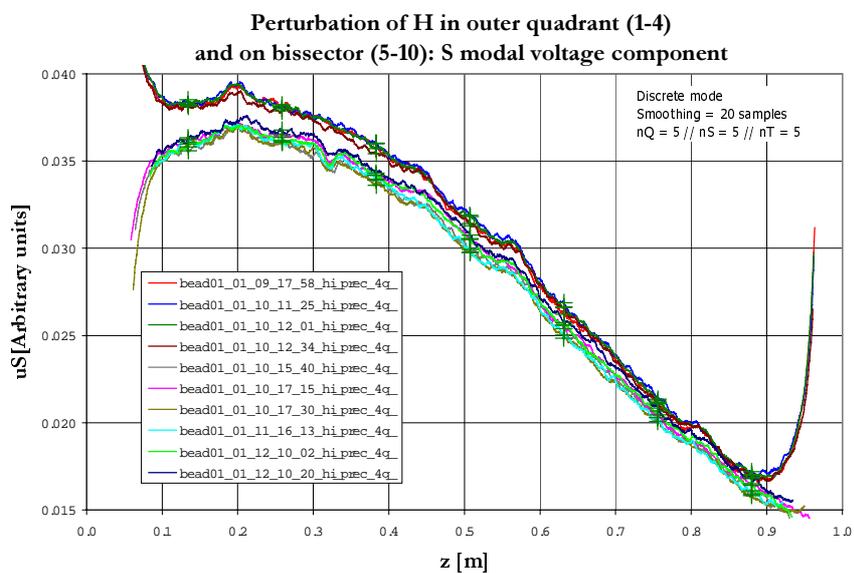


figure 22: composante dipolaire S mesurée par perturbation de H en fond de quadrant et sur la bissectrice

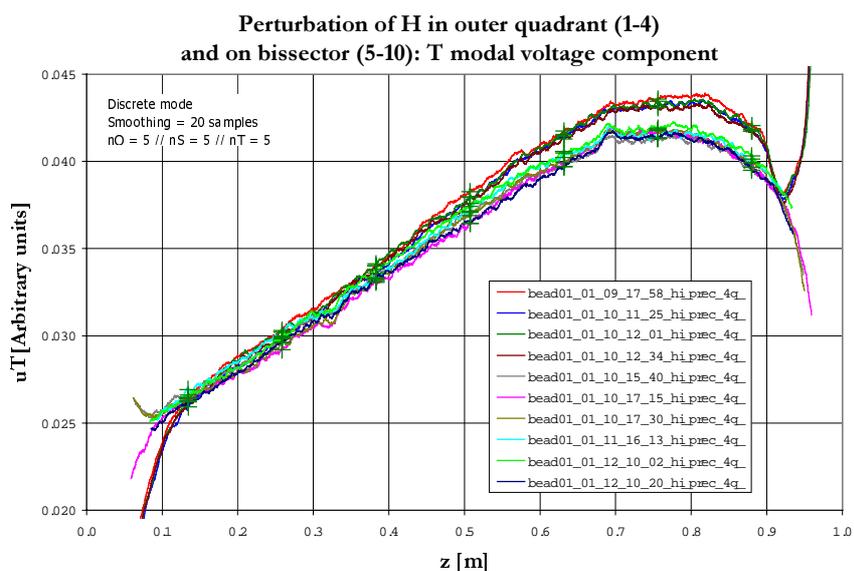


figure 23: composante dipolaire T mesurée par perturbation de H en fond de quadrant et sur la bissectrice

## **5. Conclusion**

Ces essais ont permis de mettre en évidence la sensibilité des mesures à la trajectoire de l'objet perturbateur à travers la cavité RFQ. Cette sensibilité est du même ordre de grandeur qu'on ait perturbé le champ magnétique sur la bissectrice ou en fond de quadrant.

Le parallélisme imparfait des fils entre eux explique la différence entre les mesures réalisées depuis le début de l'année 2001 effectuées soit sur la bissectrice soit en fond de quadrant. La méthode de centrage du fil n'est pas assez rigoureuse par rapport au niveau de précision atteint par le dispositif de mesure.

Des nouveaux essais de déplacements calibrés seront à réaliser pour quantifier avec précision la sensibilité à la flèche du fil après calibrage et alignement de l'ensemble du banc de mesure et des tronçons.