

# Dimensionnement de filtres passe bas VHF/UHF pour fortes puissances en éléments tubulaires

par Dominique - F1FRV

Ces filtres sont très utiles, voire indispensables, pour placer derrière un amplificateur de forte puissance. Pour un filtre VHF dimensionné avec un rapport d'impédance des lignes LC de 14, les pertes d'insertion sont inférieures à 0.05 dB et le TOS inférieur à -35 dB (1.036/1) dans la bande.

L'atténuation de l'harmonique 3 est d'environ 58 dB pour 7 pôles, d'environ 80 dB pour 9 pôles, et , pour un 13 pôles l'atténuation de l'harmonique 2 est d'environ 100 dB.

Au vu des dimensions physiques des composants, ces filtres peuvent accepter des puissances de quelques kW sans peine. Choisir des connecteurs adaptés à la puissance. Les prises N acceptent 2 kW à 144 MHz sans trop chauffer, mais c'est la limite... Au delà des prises HN, DIN 7x16 ou EIA 7/8 sont préférables.

Cette conception est adaptable en 7 pôles de la bande 2n à la bande 70 cm, en 9 pôles de la bande 2 m à la bande 2 cm, en 13 pôles de la bande 70 cm à la bande 13 cm. Au delà les dimensions sont soit trop grandes, soit trop petites. Un filtre 7 éléments 145 MHz en tube cuivre de diamètre 26x28 mm avec l'âme en tige filetée de 2.5 mm et les capas en tube cuivre de 22 mm mesure environ 830

mm de longueur.

La base de dimensionnement des filtres est :

Passe bas, Tchebychev, nombre de pôles : 7 ou 9, selfs en entrée, ondulation 0.01 dB, et pour filtres à 13 pôles:

Passe bas, impédance variable à 6 cellules (13 pôles), selfs en entrée.

Les valeurs des selfs et capas pour les filtres Tchebychev ont été calculées avec RFSIM99, un « freeware » disponible sur le NET.

Les calcul tiennent compte des discontinuités d'impédance causées par les variations de diamètre des lignes, qui ont pour effet de modifier la valeur des éléments, en ajoutant une capacité parasite à la masse lors de la transition de diamètres. Il tiennent également compte de la modification d'impédance et de longueur des lignes d'entrée et de sortie lors du raccordement sur les connecteurs d'extrémité.

Les feuilles de calcul EXCEL pour les filtres à 7, 9 et 13 pôles permettent de dimensionner les filtres avec les éléments dont vous disposez, ou que vous pouvez approvisionner au magasin de bricolage ou de modelisme voisin.

Un rapport entre les impédances des capas et des selfs supérieur à 13.5 est souhaitable. En dessous de 12 cela ne fonctionne plus correctement...

Pour information, pour un filtre 7 pôles : avec un rapport de 11.2, l'harmonique 3 est à -51 dB, et le TOS pas très bon...

Avec un rapport de 14.0, l'harmonique 3 est à -58 dB,

avec un rapport de 15.3, l'harmonique 3 est à -60 dB, avec un rapport de 17.2, l'harmonique 3 est à -61 dB, avec un rapport de 22.4, l'harmonique 3 est à -63 dB.

Vous pouvez, avant réalisation, simuler les filtres conçus à l'aide des feuilles EXCEL, en entrant les valeurs des lignes calculées (sans corrections) dans un logiciel de simulation comme RFSIM99 (le plus convivial), ou QUCS. Ce sont tous des « freewares » permettant ce genre de simulations. Les liens pour téléchargement sont dans la page "LINKS"... Si vous disposez de logiciels professionnels permettant ce genre de calculs, comparez, et faites moi passer les résultats obtenus, cela me permettra peut être d'affiner ma technique.

Avant de vous lancer dans la réalisation, assurez vous que vous pourrez faire usiner les pièces avec un tour, car une précision de l'ordre de 1 à 2/10<sup>ème</sup> de mm en UHF et SH est nécessaire pour garantir le résultat.

L'idéal, pour les meilleures performances, est d'avoir le conducteur central en tige fileté de 2 mm laiton, utilisé entre autres, en modelisme.

Suite à ces simulations, des filtres ont été réalisés : un filtre 7 pôles (0.0001 dB) pour la bande 144-146 MHz, un filtre 9 pôles pour la bande 430-440 MHz (0.01dB), et un filtre 13 pôles pour 1255 MHz. Ils ont été construits et mesurés à l'analyseur de réseau (Roulette Placard 8753D) par l'ami Franck F1CXX. Les mesures confirment les calculs, les simulations, et le choix final des paramètres des filtres qui apportent le plus de réjection de

l'harmonique 2 ou 3, avec un TOS acceptable.

## Feuille de calcul EXCEL LP7\_145\_26222.5.XLS

FILTRE PASSE BAS, 7 POLES, TCHEBYCHEFF, SELFS EN ENTREE, ONDULATION: 0.01 dB

<b>Meilleur TOS recherché à</b>	<b>145.000 MHz</b>	<b>Er2 pour Capas: 1.0048153</b>	<b>Er1 pour selfs (air) 1.00059</b>
Frequence de calcul	153.000 MHz	Lr onde dans Er2	1958.850 mm
Longueur d'onde dans Er1 (air)	1958.850 mm	88.441 mm	Sans correction
Selfs entree/sortie (L1)	41.45085 nH	86.631 mm	Sans correction
Capas entree/sortie (C1)	28.96882 pF	193.997 mm	Sans correction
Selfs centrales (L2)	90.92353 nH	101.607 mm	Sans correction
Capa centrale (C2)	33.97660 pF		
Rapport des impédances Z1/Z2 :	14.05	(Doit être le plus élevé possible pour réjection maximale)	

12/10/03

Page 1/2

Valeurs sans corrections, dans l'air (Er1)

16.25374 degrés	88.441 mm
15.92117 degrés	86.997 mm
35.65301 degrés	193.997 mm
18.67343 degrés	102.036 mm

Ohms 140.46692

Ohms 10.02029

v dans l'air 299 704 058

Pour logiciel de simulation

Pour synthèse d'un autre filtre, ne modifier que les cellules en caractères rouges

Tube Extérieur: diamètre intérieur	26.00 mm (D3)	Diamètres intérieurs usuels tube cuivre: 52,(51),40,(39),33,30,26,20,16			
Élément axial ( selfs) diamètre extérieur	2.50 mm (D1)	Diamètres usuels tiges filetées: 2, 2.5, 3, ou tubes laiton ép 0.5 mm: de 2 à 10, par 1 mm			
Éléments Intérieurs (capas) diamètre extérieur	22.00 mm (D2)	Diamètres extérieurs usuels tube cuivre: 54,42,35,32,28,22,18			
Selfs entree/sortie avec corr. pour prises E/S	87.95 mm	L1	Z1	140.46692 ohms	16.16306 degrés
Capas extrémités avec corr. de discontinuité	82.46 mm	C1	Z2	9.99920 ohms	15.15419 degrés
Selfs centrales	194.00 mm	L2	Z1	140.46692 ohms	35.65301 degrés
Capa centrale avec corr. de discontinuité	97.43 mm	C2	Z2	9.99920 ohms	17.90645 degrés

Calcul de la correction de longueur pour L1, due aux connecteurs d'entrée/sortie soudés en bout.

Facteur de correction: 1.005728

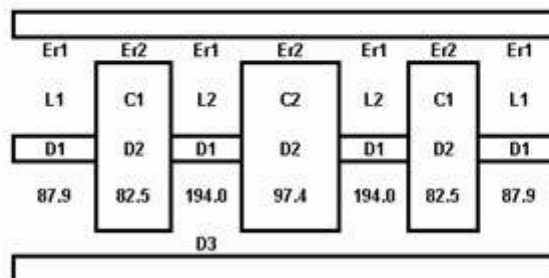
Diamètre extérieur de la pinoche de la prise	3.00 mm	>> impédance	129.53 Ohms
Longueur de la pinoche	6.00 mm	Cette longueur est ce qui dépasse de la face intérieure de l'isolant de la prise	
Emboîtement de L1 dans la pinoche	5.00 mm	Si diamètre pinoche = diam L1, réduire diam L1 pour emboîtement.	
Plots PTFE avec épaulement, épaisseur	1.95 mm	à placer sur chaque capa pour assurer le centrage de l'ensemble.	

Vous pouvez remplacer les plots sur les capas par une bague tubulaire de même épaisseur. Mettre dans ce cas 10000 comme nb de plots

Calcul de Er2 pour plots de centrage des capas

Nb de plots ronds par capa	6
Diamètre des plots (mm)	6
Er des plots	2.1

DIMENSIONS DU FILTRE mm	
DIAMETRE SELF	D1 2.5
DIAMETRE CAPA	D2 22.0
DIAMETRE INTERIEUR TUBE	D3 26.0
DIAMETRE EXTERIEUR TUBE	D4 28.0



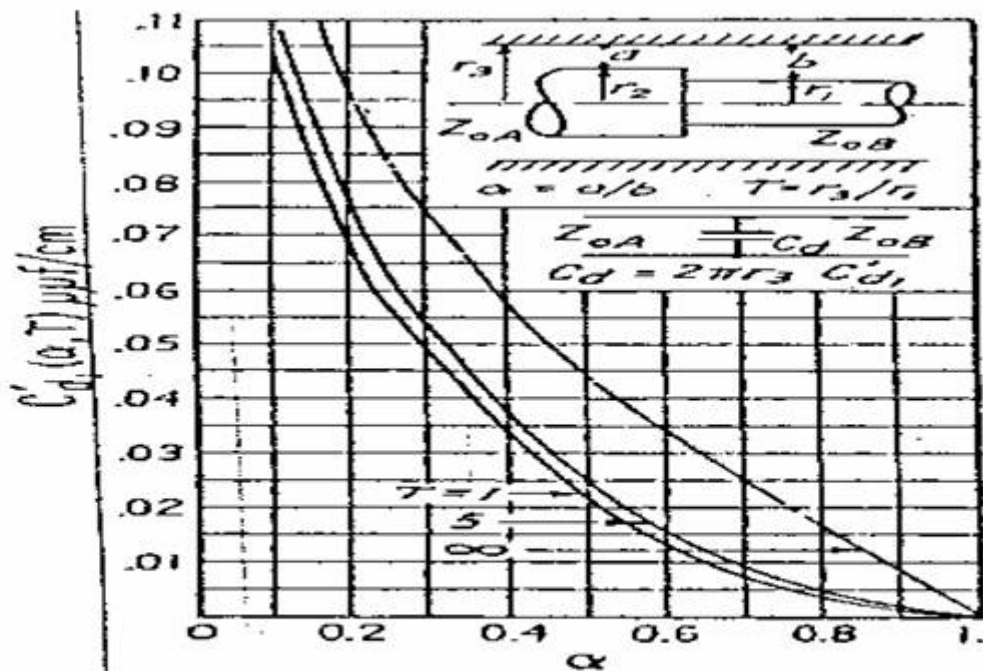
Tube extérieur	D3xD4	Longueur	826.2 mm
Élément central	D1	Longueur	826.2 mm

Matériau	Er
Air	1.00059
PTFE	2.1
Nylon	3.2
Delrin	3.7
PCB G44	4.8
PVC	3.18
Polyprop.	2.2
Polyeth HD	2.3
Plexiglass	3.4

## Calcul de la discontinuité pour les capas

De 0.05 à 0.2  
C'd= 0.0854  
de 0.2 à 0.3  
C'd= 0.0810  
de 0.3 à 0.4  
C'd= 0.0777  
de 0.4 à 0.5  
C'd= 0.0827  
de 0.5 à 0.6  
C'd= 0.0580  
de 0.6 à 0.7  
C'd= 0.0407872  
de 0.7 à 0.8  
C'd= 0.0301915  
de 0.8 à 0.9  
C'd= 0.0238936  
de 0.9 à 1  
C'd= 0.0165957  
Pour 1 bout de C  
C'd= 0.0854

$\alpha = 0.1702128$   
 $\tau = 10.40$



Pour valeurs de "Têta" entre 5 et 20, utiliser la courbe 5

Réduction de C pour discontinuité: 1.39554 pF pour les 2 bouts de la capa

Coeff pour L0 2.001384571188911

Speed of light in space  $c = m/s$  299 792 458

Coeff pour C0 0.55594015866358

Calculs d'après Very High Frequency Techniques, Chapters 26 & 27 by S.B. Cohn (Sixties..)

Courbe d'après J.R. Whinery, H.W. Jamieson and T.E. Robbins, proc. IRE, 32, 695 (1944)

Nomenclature LP7\_145\_26222.5.XLS

**FILTRE PASSE BAS, 7 POLES, TCHEBYCHEFF, SELFS EN ENTREE, ONDULATION: 0.01 dB****145.000 MH:****19/01/04****REV 2 / JANV 2004****Nomenclature du matériel à approvisionner (Standards plomberie et modélisme)**

1	Tube cuivre diamètre	26 mm intérieur	28 mm extérieur	Longueur	870 mm
1	Tube cuivre (à couper en 3) diamètre	20 mm intérieur	22 mm extérieur	Longueur	290 mm
2	Bouchons femelle cuivre diamètre	28 mm intérieur	30 mm extérieur		
6	Bouchons femelle cuivre diamètre	18 mm intérieur	20 mm extérieur		
1	Tige filetée ou tube laiton diamètre	3.0 mm extérieur	à couper en 4	Longueur	650 mm
2	Embases N femelle à platine	UG 58 AU Si possible avec fixation de la broche centrale par circlips (RADIAL)			
18	Plots isolants épaisseur	1.95 mm			

**Nota**

En UHF et SHF, les tubes cuivre et bouchons des capas sont remplacés par du rond de laiton plein.

La tige centrale est de préférence filetée, et les embouts femelle des capas taraudés pour faciliter le montage et le réglage.

En VHF, les bouchons femelle peuvent être remplacés par des rondelles laiton de même diamètre épaisseur 2 ou 3 mm.

En VHF 6 plots de centrage par capa au lieu de 3 sont nécessaires pour éviter la flexion des selfs.

Il est nécessaire de rendre démontables les broches centrales des raccords entrée/sortie.

Celles ci doivent pouvoir être mises en place par l'intérieur lors de l'assemblage du filtre.

Couper ou tourner les angles des embases femelles (diamètre inférieur à D3) pour montage dans les bouchons d'extrémités.

Pour prises N, le perçage est 16. Pinoche équivalente: diam 3, Lr 6, emboitement 5

Pour prises HN, le perçage est 19. Pinoche équivalente: diam 5, Lr 16, emboitement 5, et ajouter 2x 6 mm au tube extérieur

Des vis en PTFE ou Nylon longueur 6 mm à tête cylindrique fendue, peuvent remplacer les plots isolants. Voir table ci-après

Diamètre vis (mm)	2	2.5	3	3.5	4	5	6
Diamètre tête (mm)	3.8	4.5	5.5	6	7	8.5	10
Hauteur tête (mm)	1.3	1.6	2	2.4	2.6	3.3	3.9

**L'usinage des pièces nécessite l'utilisation d'un tour, pour garantir la concentricité de l'ensemble**

- 1 Aléser à diamètre 16 mm +/- 0.1mm (cote pour embases N), les 2 bouchons femelle d'extrémité du tube extérieur.
- 2 Souder les embases femelles dans les bouchons d'extrémité du tube extérieur
- 3 Couper à longueur les capas C1 et C2 (tolérance +/- 0.1mm)
- 4 Percer AVANT SOUDAGE les 3 ou 6 trous répartis à 120° dans chaque capa pour les plots ou vis de centrage
- 5 Souder ou braser aux extrémités des capas VHF les bouchons femelle
- 6 Tarauder ou percer un trou de diamètre D1 à chaque extrémité des capas (sur toute la longueur en UHF et SHF)
- 7 Couper à longueur le tube extérieur diamètre D3xD4 (tolérance +/- 1 mm)
- 8 Couper à longueurs L1 et L2 +10 mm les tiges des selfs diamètre D1 (tolérance +/- 2 mm)

**L'assemblage des pièces nécessite l'utilisation d'une cornière, pour garantir l'alignement de l'ensemble**

- 1 Visser ou enfiler les éléments C1 et C2 sur les tiges centrales
- 2 Placer l'ensemble dans la cornière perforée qui sert de "V" de centrage (par exemple 30 x 30 mm)
- 3 Ajuster avec précision (+/- 0.1mm) les positions relatives des éléments
- 4 Après vérification, souder avec un gros fer (200 w), ou braser les éléments, sauf les selfs L1 et L3
- 5 Souder les pinoches des embases N aux extrémités des selfs L1

**Montage de l'ensemble**

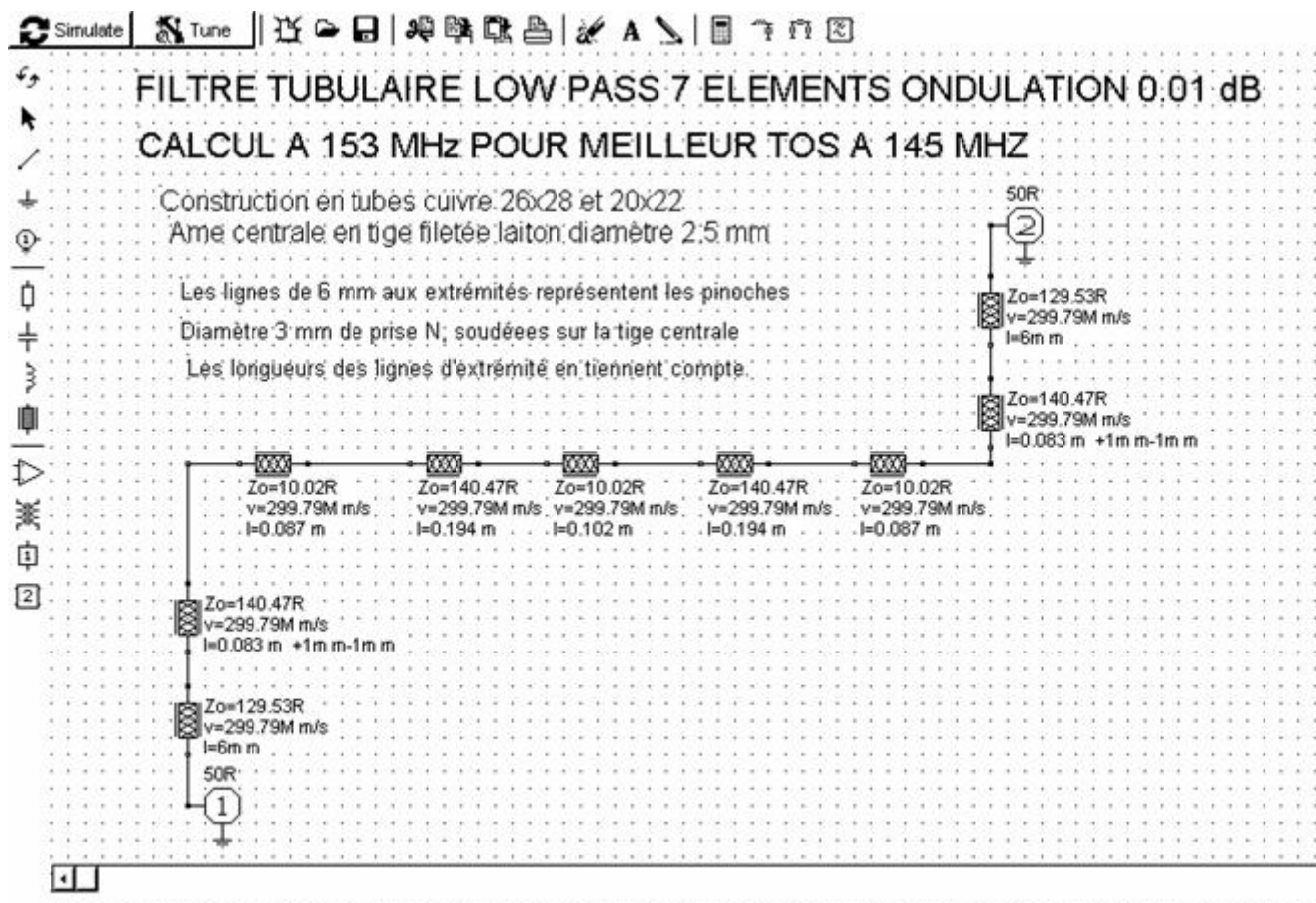
- 1 Placer les plots ou vis de centrage dans leurs trous
- 2 Glisser et centrer la ligne assemblée dans le tube extérieur. Réduire éventuellement la hauteur des têtes des vis
- 3 Emboîter les capots équipés des embases N, jusqu'à venir en butée sur les pinoches N

**Vérification et réglages**

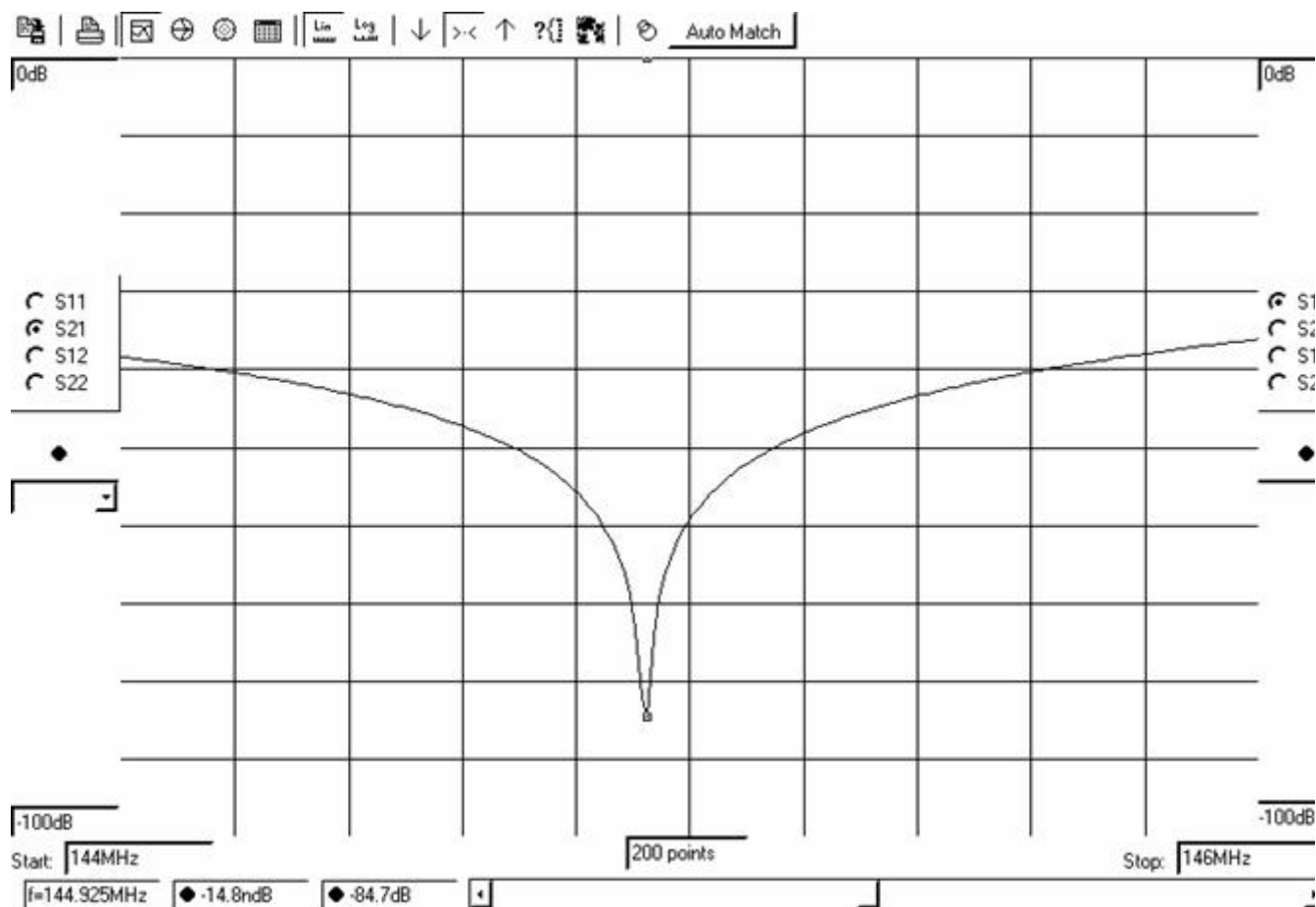
- 1 Effectuer les mesures à l'analyseur de réseau. **Si tout est bon, bravo !!!!!**  
Si vous pensez devoir améliorer le TOS, l'accord s'effectue en vissant ou dévissant les lignes L1 dans les capas C1, et L3 dans les capas C2, **en maintenant la même longueur totale**. Par exemple, pour augmenter la fréquence d'accord, retirer 5 mm à la ligne centrale L3, et ajouter 2.5 mm à chaque ligne d'extrémité L1  
Après accord, souder les lignes L1 et L3 sur les capas
- 2 Après vérification souder les bouchons d'extrémité en place, ou les fixer avec des vis autotaraudeuses ou rivets "POP".  
Si vous soudez les 2 extrémités, ne pas oublier de faire un trou d'évent, à reboucher quand tout est froid.

**P.S.** Le fichier source LP07\_XLT est un fichier "modèle" afin d'éviter qu'il ne soit modifié par erreur. Il génère des fichiers XLS

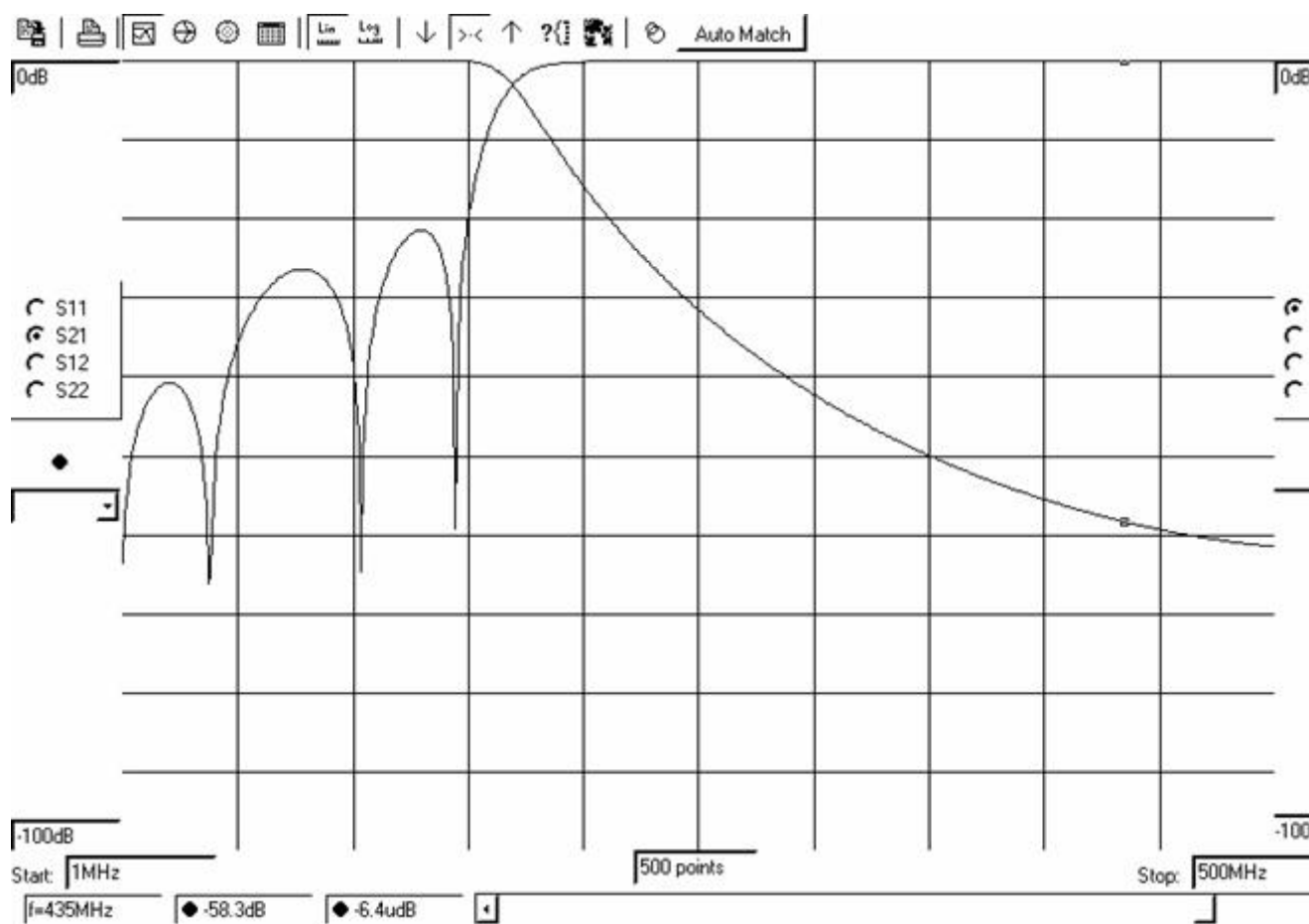
**Simulation avec RFSIM99**



Résultats de simulation du filtre 7 éléments 145 MHz,  
 ondulation 0.01 dB. Courbe de TOS



## Résultats de simulation du filtre 7 éléments 145 MHz, ondulation 0.01 dB



Pour comparaison , résultats de simulation du filtre 7  
éléments 145 MHz, ondulation 0.0001 dB

Résultat à l'harmonique 3 : -48db seulement au lieu de -58.3  
pour le filtre avec ondulation 0.01 dB





Feuille de calcul EXCEL      LP9\_435\_26222.5.XLS

**FILTRE PASSE BAS, 9 POLES, TCHEBYCHEFF, SELFS EN ENTREE, ONDULATION: 0.01 dB****Meilleur TOS recherché à****435.000 MHz****12/10/03**

Frequence de calcul **451.713 MHz** Er2 pour Capas **1.0061625** Er1 pour selfs (air) **1.00059**  
 Longueur d'onde dans Er1 (air) **663.483 mm** Lr onde dans Er2 **663.483 mm**  
 Selfs entree/sortie (L1) **14.34841 nH** **30.614 mm** Sans correction  
 Capas entree/sortie (C1) **10.05611 pF** **30.851 mm** Sans correction  
 Selfs medianes (L2) **31.78719 nH** **67.822 mm**  
 Capas centrales (C2) **12.06781 pF** **37.023 mm** Sans correction  
 Self centrale (L3) **33.57416 nH** **71.635 mm**  
 Rapport des impédances Z1/Z2 : **13.68** (Doit être le plus élevé possible pour réjection maximale)

Page 1/2

**Valeurs sans corrections, dans l'air (Er1)**

16.61098 degrés	30.614 mm
16.73975 degrés	31.023 mm
36.79964 degrés	67.822 mm
20.08849 degrés	37.229 mm
38.86840 degrés	71.635 mm
	Ohms 140.46692
	Ohms 10.29356
	v dans l'air 299.704 058

**Pour logiciel de simulation****Pour synthèse d'un autre filtre, ne modifier que les cellules en caractères rouges**

Tube Extérieur: diamètre intérieur	<b>26.00 mm (D3)</b>	Diamètres intérieurs usuels tube cuivre: 52,(51),40,(39),33,30,26,20,16
Elément axial ( selfs) diamètre extérieur	<b>2.50 mm (D1)</b>	Diamètres usuels tiges filetées: 2, 2.5, 3, ou tubes laiton ép 0.5 mm: de 2 à 10, par 1 mm
Eléments Intérieurs (capas) diamètre extérieur	<b>21.90 mm (D2)</b>	Diamètres extérieurs usuels tube cuivre: 54,42,35,32,28,22,18
Selfs entree/sortie avec corr. pour prises E/S	<b>30.12 mm</b>	<b>L1 Z1 140.46692 ohms</b> 16.34325 degrés
Capas extrémités avec corr. de discontinuité	<b>26.64 mm</b>	<b>C1 Z2 10.26501 ohms</b> 14.45720 degrés
Selfs medianes	<b>67.82 mm</b>	<b>L2 Z1 140.46692 ohms</b> 36.79964 degrés
Capas centrales avec corr. de discontinuité	<b>32.82 mm</b>	<b>C2 Z2 10.26501 ohms</b> 17.80594 degrés
Self centrale	<b>71.63 mm</b>	<b>L3 Z1 140.46692 ohms</b> 38.86840 degrés

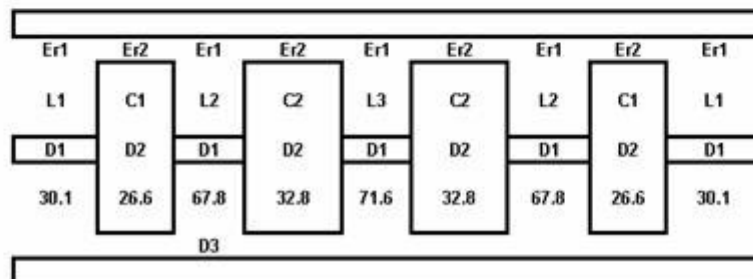
**Calcul de la correction de longueur pour L1, due aux connecteurs d'entrée/sortie soudés en bout.****Facteur de correction: 1.016547**

Diamètre extérieur de la pinoche de la prise **3.00 mm** >> impédance **129.53 Ohms**  
 Longueur de la pinoche **6.00 mm** Cette longueur est ce qui dépasse de la face intérieure de l'isolant de la prise  
 Emboîtement de L1 dans la pinoche **5.00 mm** Si diamètre pinoche = diam L1, réduire diam L1 pour emboîtement.  
 Plots PTFE avec épaulement, épaisseur **2.00 mm**, à placer sur chaque capa pour assurer le centrage de l'ensemble.

**Vous pouvez remplacer les plots sur les capas par une bague tubulaire de même épaisseur. Mettre dans ce cas 10000 comme nb de plots****Calcul de Er2 pour plots de centrage des capas**

Nb de plots ronds par capa **3**  
 Diamètre des plots (mm) **6**  
 Er des plots **2.1**

**DIMENSIONS DU FILTRE mm**  
**DIAMETRE SELF D1 2.5**  
**DIAMETRE CAPA D2 21.9**  
**DIAMETRE INTERIEUR TUBE D3 26.0**  
**DIAMETRE EXTERIEUR TUBE D4 28.0**



Tube extérieur D3xD4 Longueur **306.4 mm**  
 Elément central D1 Longueur **306.4 mm**

Simulate | Tune | [Icons]

**FILTRE TUBULAIRE LOW PASS 9 ELEMENTS ONDULATION 0.01 dB****CALCUL A 451.713 MHz POUR MEILLEUR TOS à 435**

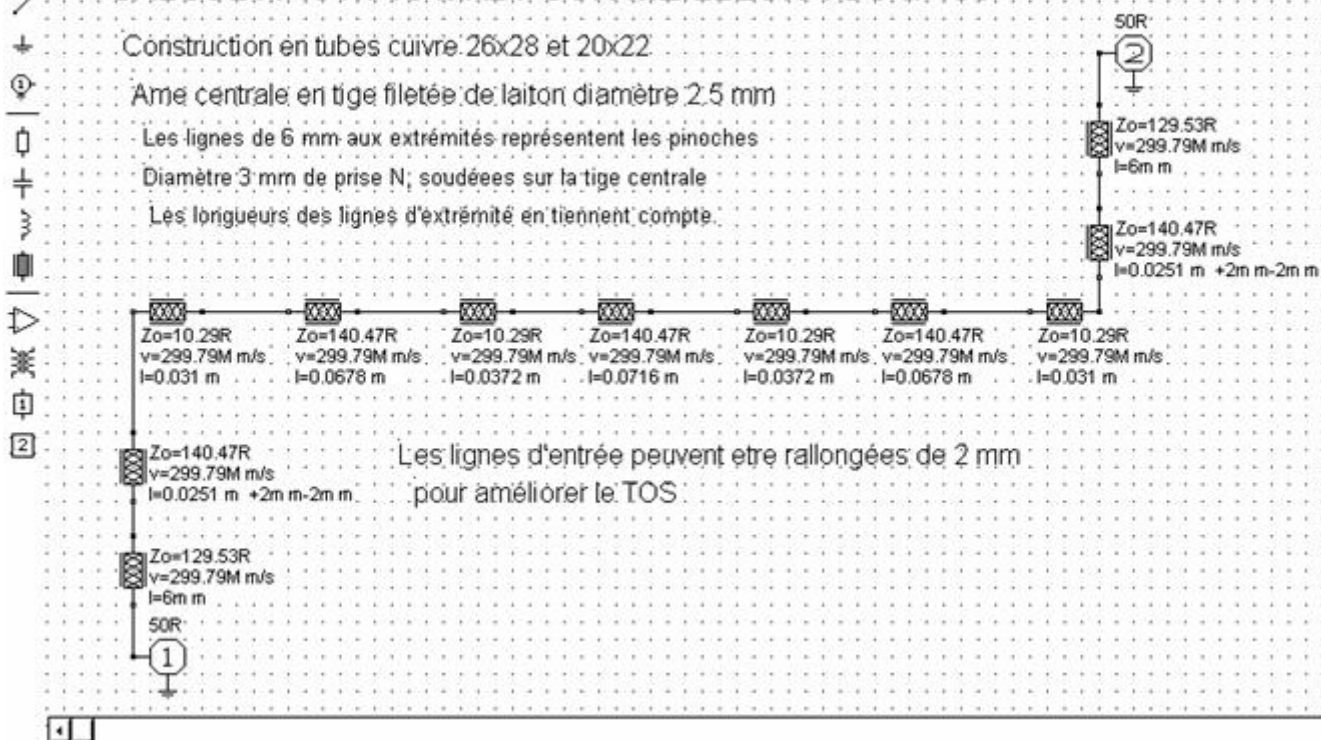
Construction en tubes cuivre 26x28 et 20x22

Ame centrale en tige filetée de laiton diamètre 2.5 mm

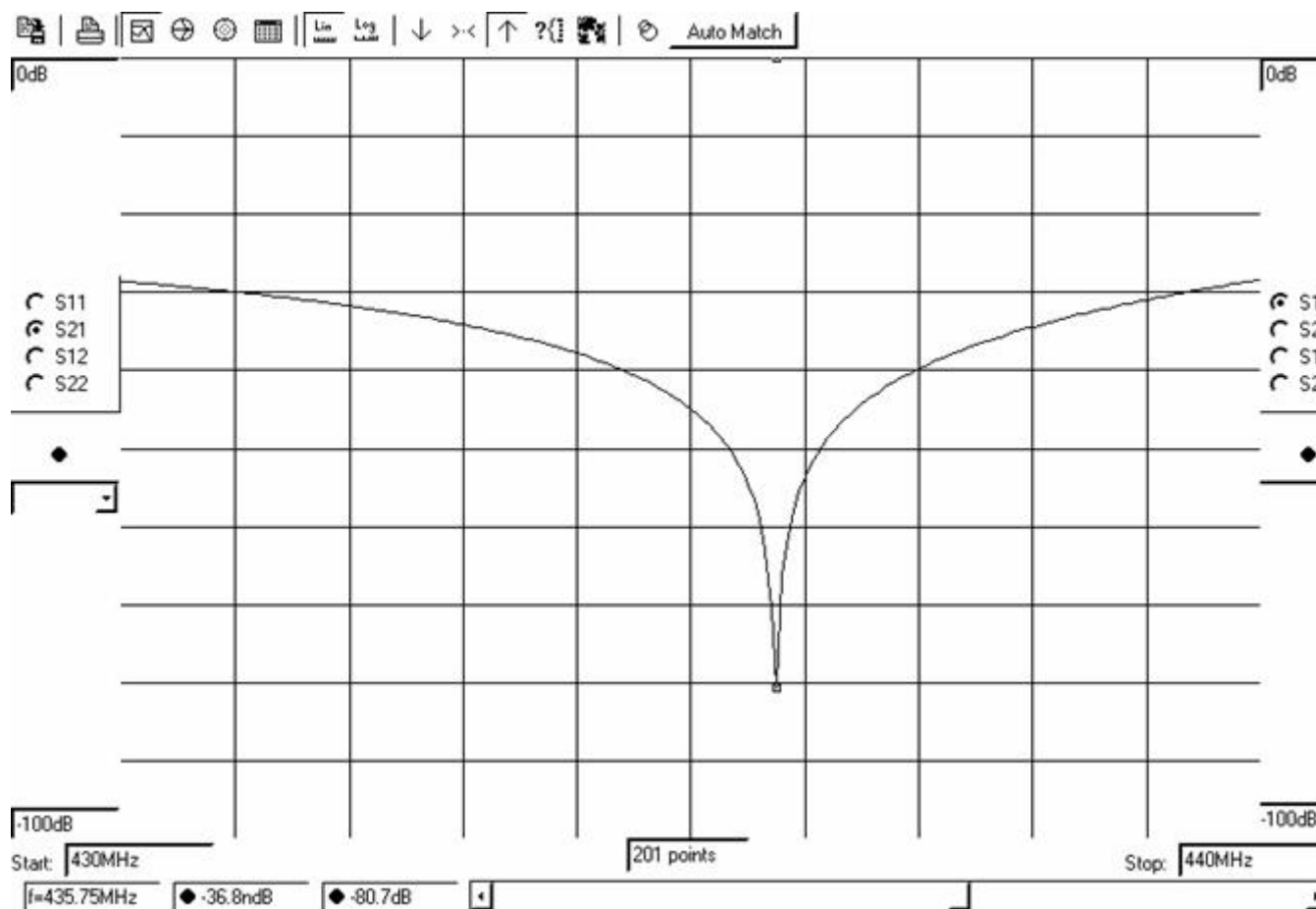
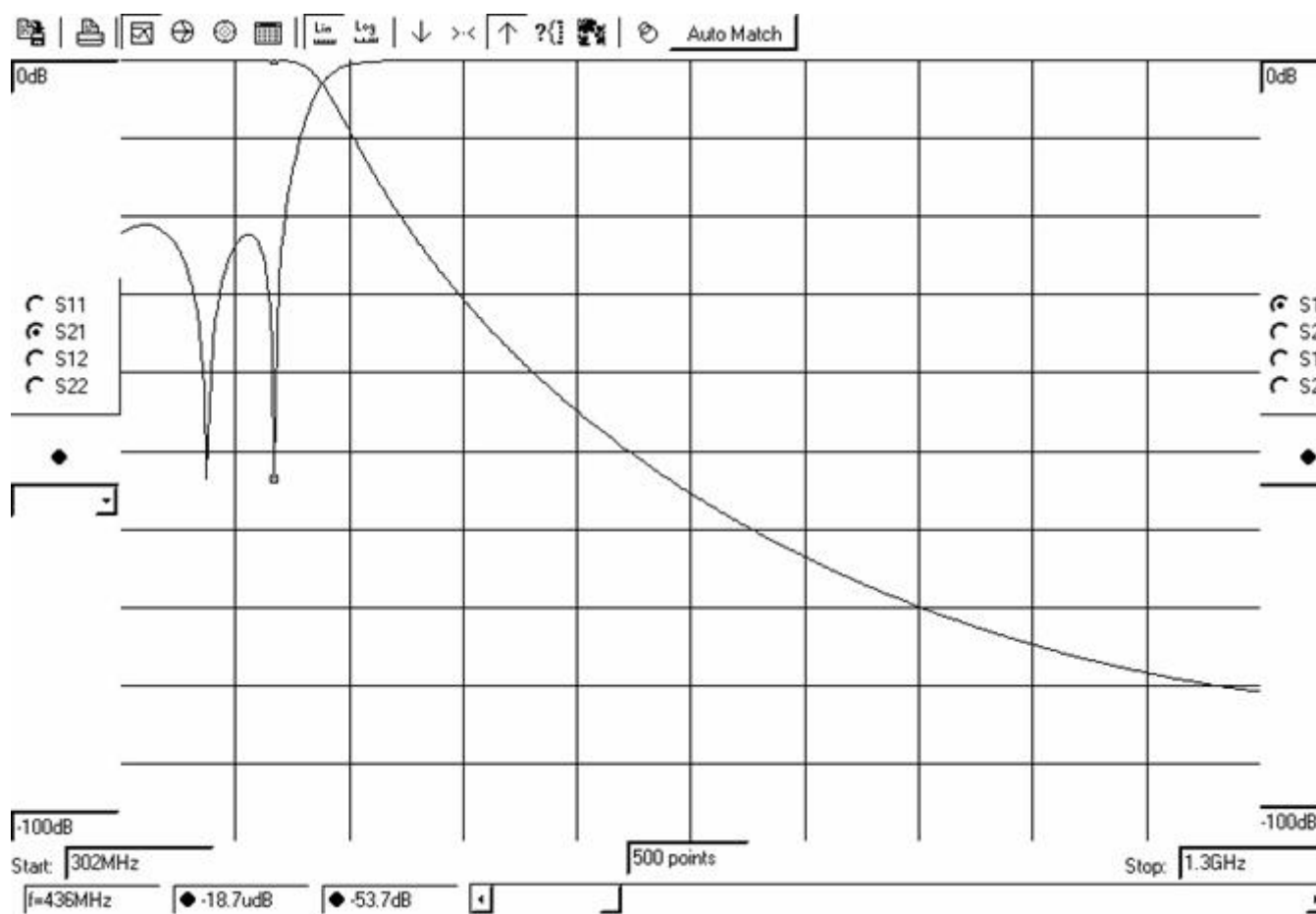
Les lignes de 6 mm aux extrémités représentent les pinoches

Diamètre 3 mm de prise N; soudées sur la tige centrale

Les longueurs des lignes d'extrémité en tiennent compte.



## Résultats de simulation du filtre 9 éléments 435 MHz, ondulation 0.01 dB



# Feuille de calcul EXCEL LP13\_1255\_26222.5.XLS

## FILTRE PASSE BAS A IMPEDANCE VARIABLE Mc GRAW HILL VHF TECHNIQUES CHAPITRE 27

Meilleur TOS à	1255.000 MHz	F min @ TOS 1.1	1228.0	F max @ TOS 1.1	1277.0	15/10/03
Frequence de calcul	1452.118 MHz	Er2 pour Capas:	1.0052196	Er1 pour selfs (air)	1.00059	
Longueur d'onde dans l'air	206.39 mm	Lr d'onde dans Er2	205.92 mm	Rapport Téta1/Téta2=	1.6	Sans correctio
Selfs entree/sortie (L2 / 2 x 1.25)>>> L1	25.00000 degres	14.333 mm	Sans corr. pour connecteurs	Rho=	12.39	Sans correctio
Capas entree/sortie (C2 x 2/3) >>> C1	16.66667 degres	9.53311 mm	Sans corr. de discontinuité	Z01/Z0=	2.23	Sans correctio
Selfs centrales (L2) >>> Téta 1	40.00000 degres	22.932 mm		spurious at:	6535	MHz
Capas centrales (C2) >>> Téta 2	25.00000 degres	14.300 mm	Sans corr. de discontinuité	spurious at:	10421	MHz
Nombre de sections du filtre	6			spurious at:	14590	MHz
Nombre de cellules capacitives	6					
Rapport des impédances Z1/Z2 =	13.68					

Valeurs pour logiciel de simulation

Pour synthèse d'un autre filtre, ne modifier que les cellules en caractères rouges

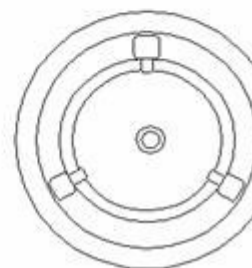
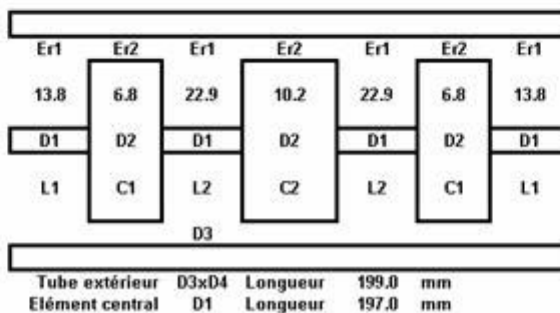
Tube Extérieur: diamètre intérieur	26.0000	mm (D3)	Diamètres intérieurs usuels tube cuivre: 52,(51),40,(39),33,26,20,16					
Elément axial ( selfs) diamètre extérieur	2.5000	mm (D1)	Diamètres usuels tiges filetées: 2, 2.5, 3, ou tubes laiton ép 0.5 mm: de 2 à 10, par 1 mm					
Eléments Intérieurs (capas) diamètre extérieur	21.9000	mm (D2)	Diamètres extérieurs usuels tube cuivre: 54,42,35,28,22,18					
Selfs entrée/sortie	13.839	mm	L1	Z1	140.46692 ohms	Rapport Téta1/Téta2=	2.23	Avec correctio
Capas entrée/sortie avec corr. de discontinuité	6.830	mm	C1	Z2	10.26983 ohms	Rho=	17.43	Avec correctio
Selfs centrales	22.932	mm	L2	Z1	140.46692 ohms	Z01/Z0=	2.93	Avec correctio
Capas centrales avec corr. de discontinuité	10.244	mm	C2	Z2	10.26983 ohms			
Plots PTFE avec épaulement, épaisseur	2.00	mm						

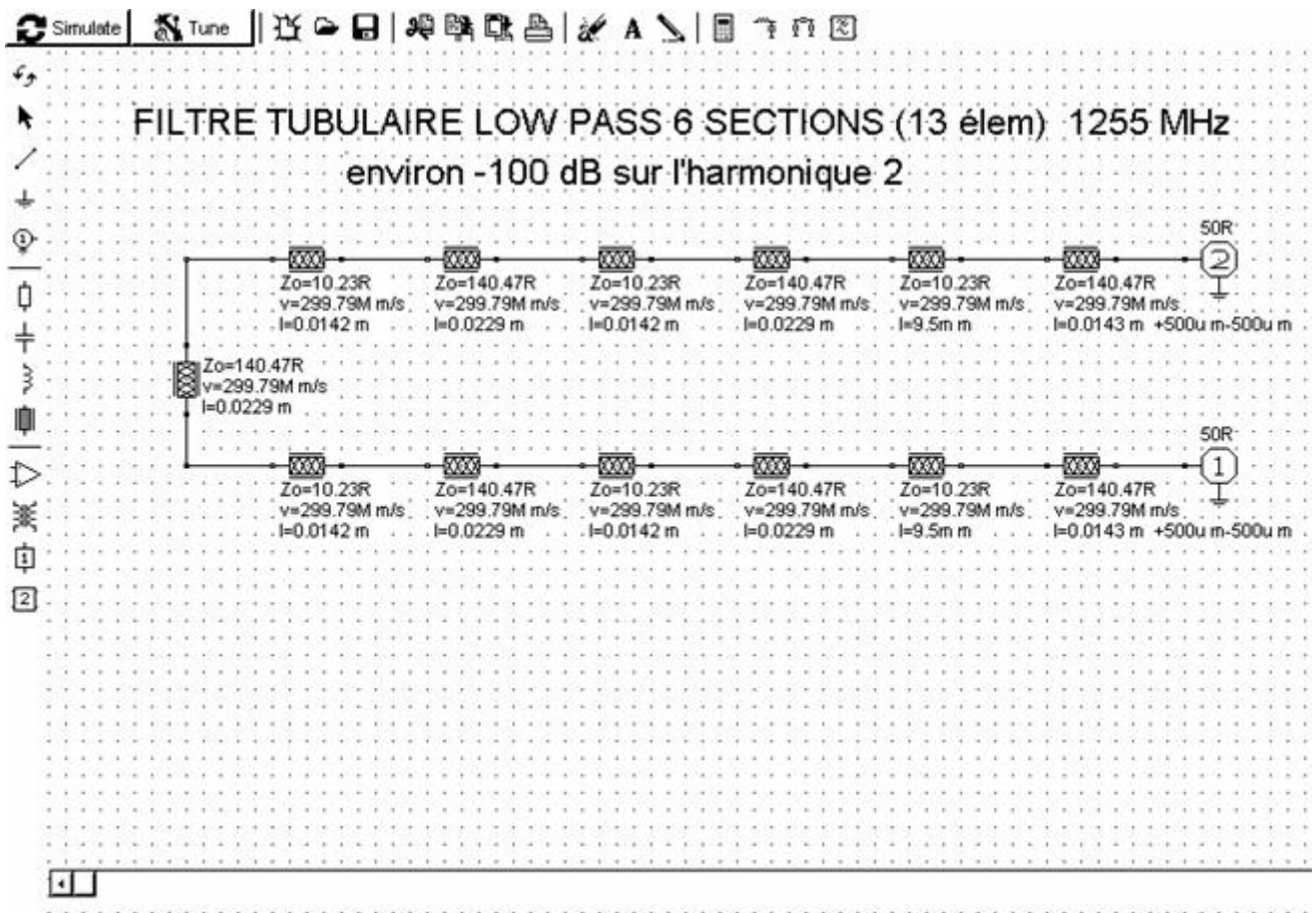
Calcul de Er2 pour plots de centrage des capas

Plots à placer au milieu de chaque capa pour assurer le centrage de l'ensemble. Voir dessin

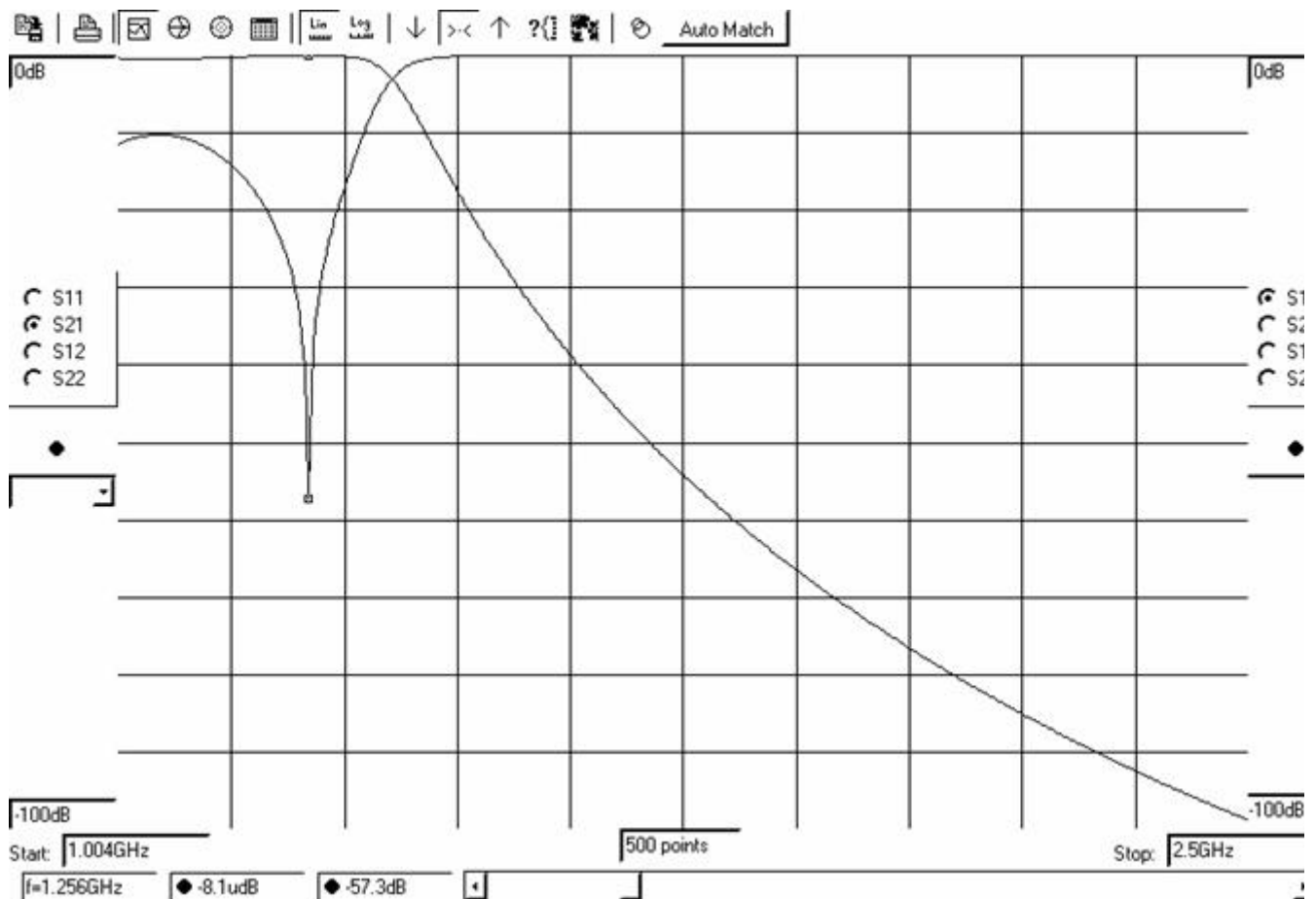
Nb de plots ronds par capa	3		
Diamètre des plots	6	mm	
Er des plots	2.1	(PTFE=2.1)	
Entrer la valeur Er2 effectif	1.013888936	dans la cellule F3 pour Er2 eff avec des plots de centrage des capas	
Si les plots sur les capas sont remplacés par une bague tubulaire de même épaisseur, mettre valeur de Er2 dans la cellule F3			
Calcul de la correction de longueur pour L1, due aux connecteurs d'entrée/sortie soudés en bout.			Facteur de correction: 1.035343623
Diamètre extérieur de la pinoche de la prise	3.00	mm >> impédance 129.5308 Ohms	
Longueur de la pinoche	6.00	mm Cette longueur est ce qui dépasse de la face intérieure de l'isolant de la prise	
Emboitement de L1 dans la pinoche	5.00	mm Si diamètre pinoche = diam L1, réduire diam L1 pour emboitement.	

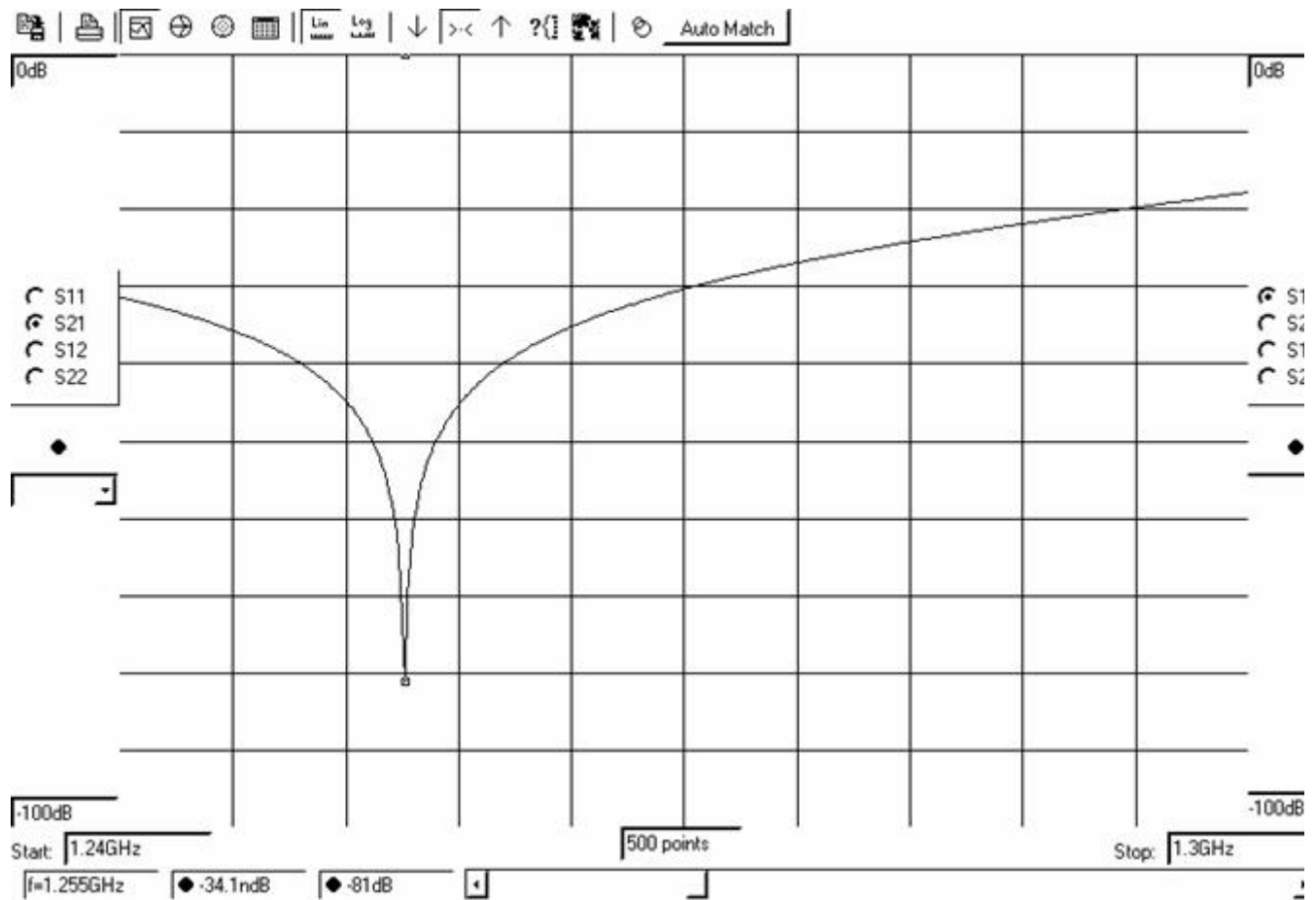
DIMENSIONS DU FILTRE mm  
 DIAMETRE SELF D1 2.50  
 DIAMETRE CAPA D2 21.90  
 DIAMETRE INTERIEUR TUBE D3 26.00  
 DIAMETRE EXTERIEUR TUBE D4 28.00





Résultats de simulation du filtre 13 éléments 1255 MHz,  
 impédance variable

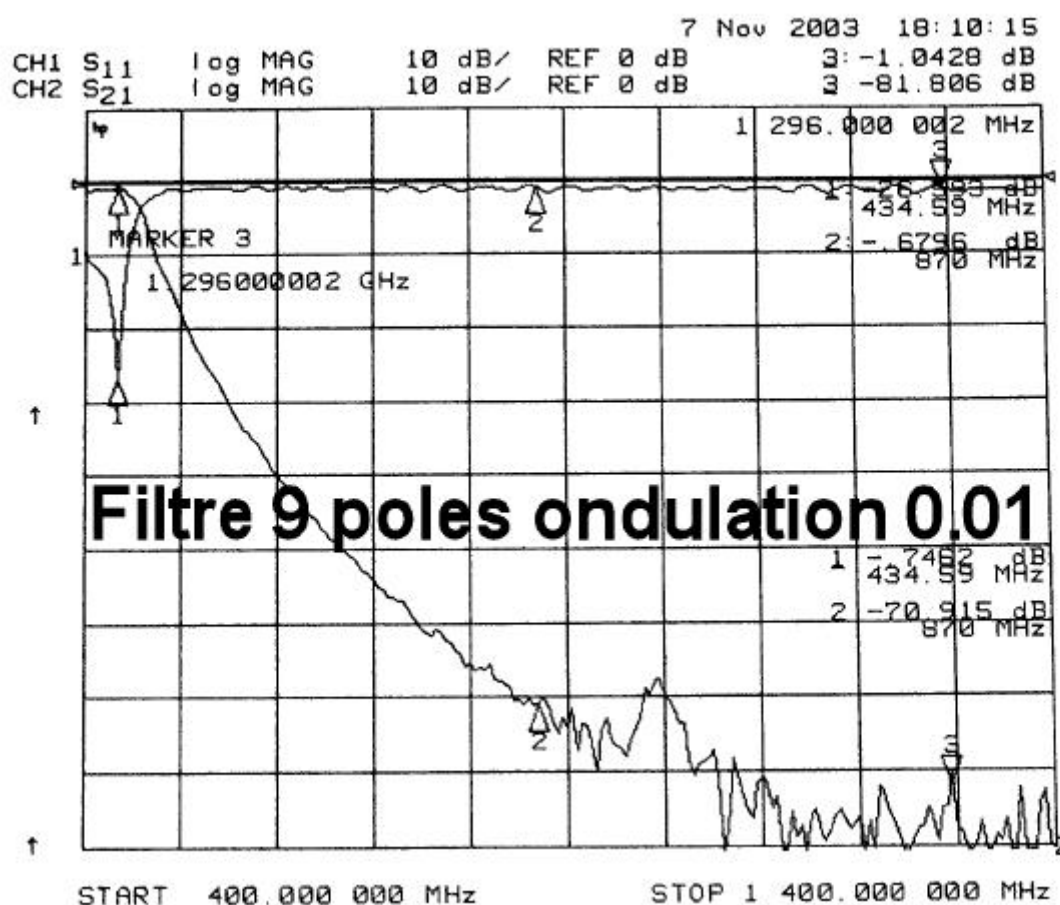
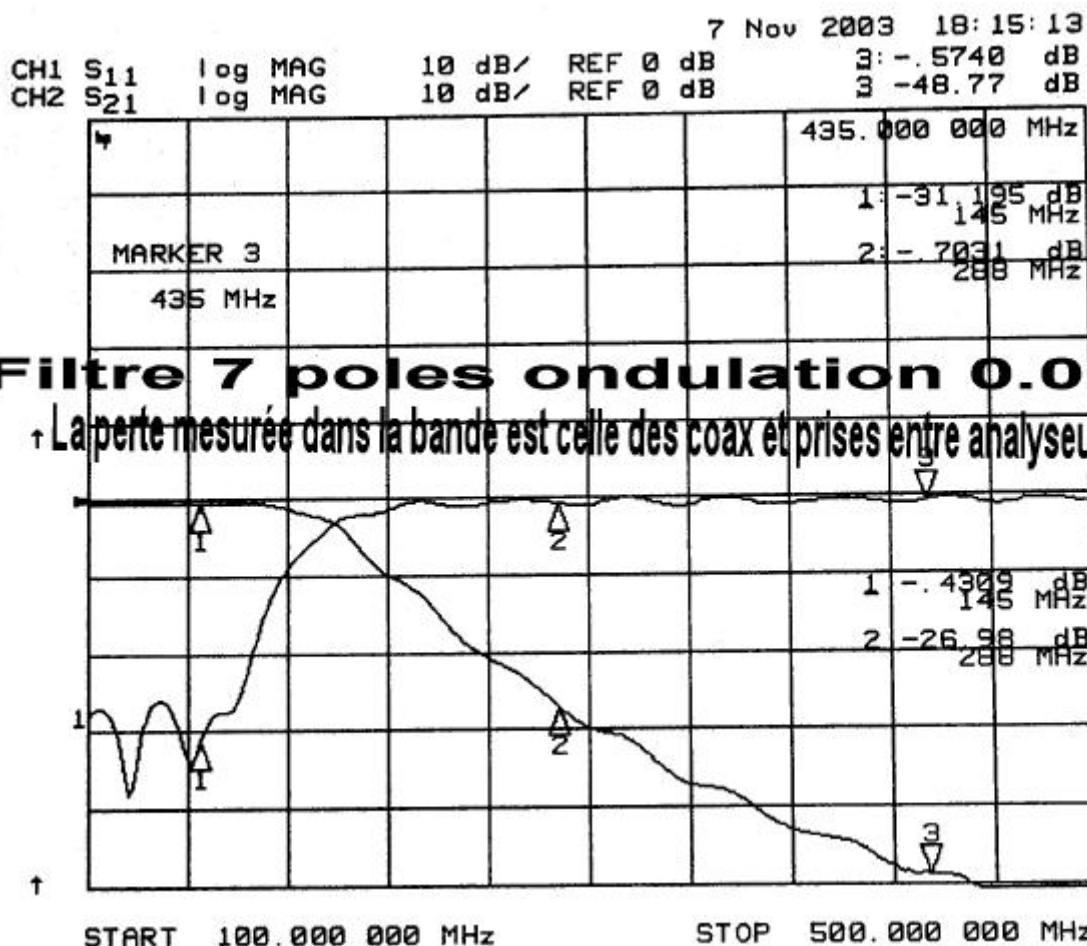


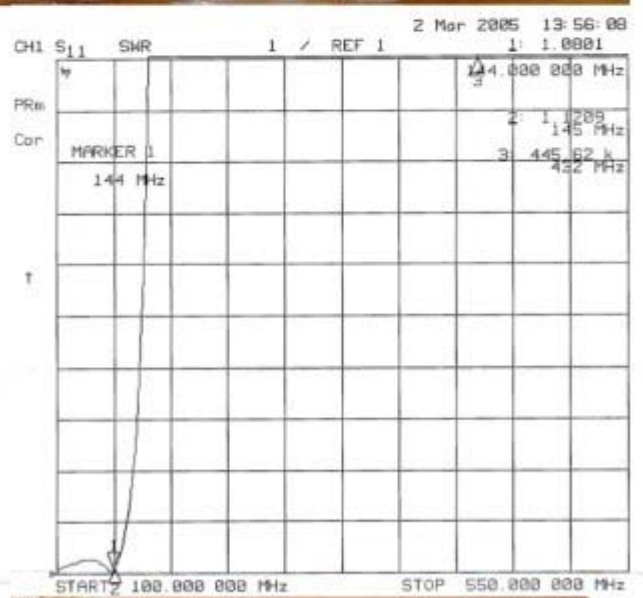
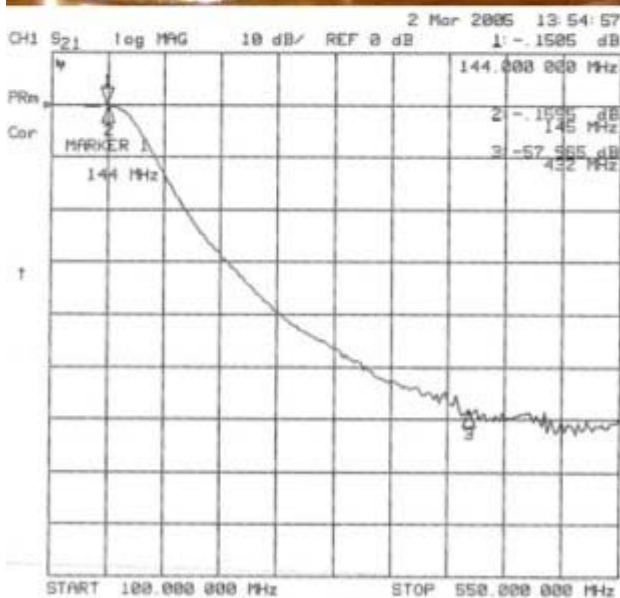


[Quelque photos de filtres réalisés. Envoyez moi les vôtres...](#)



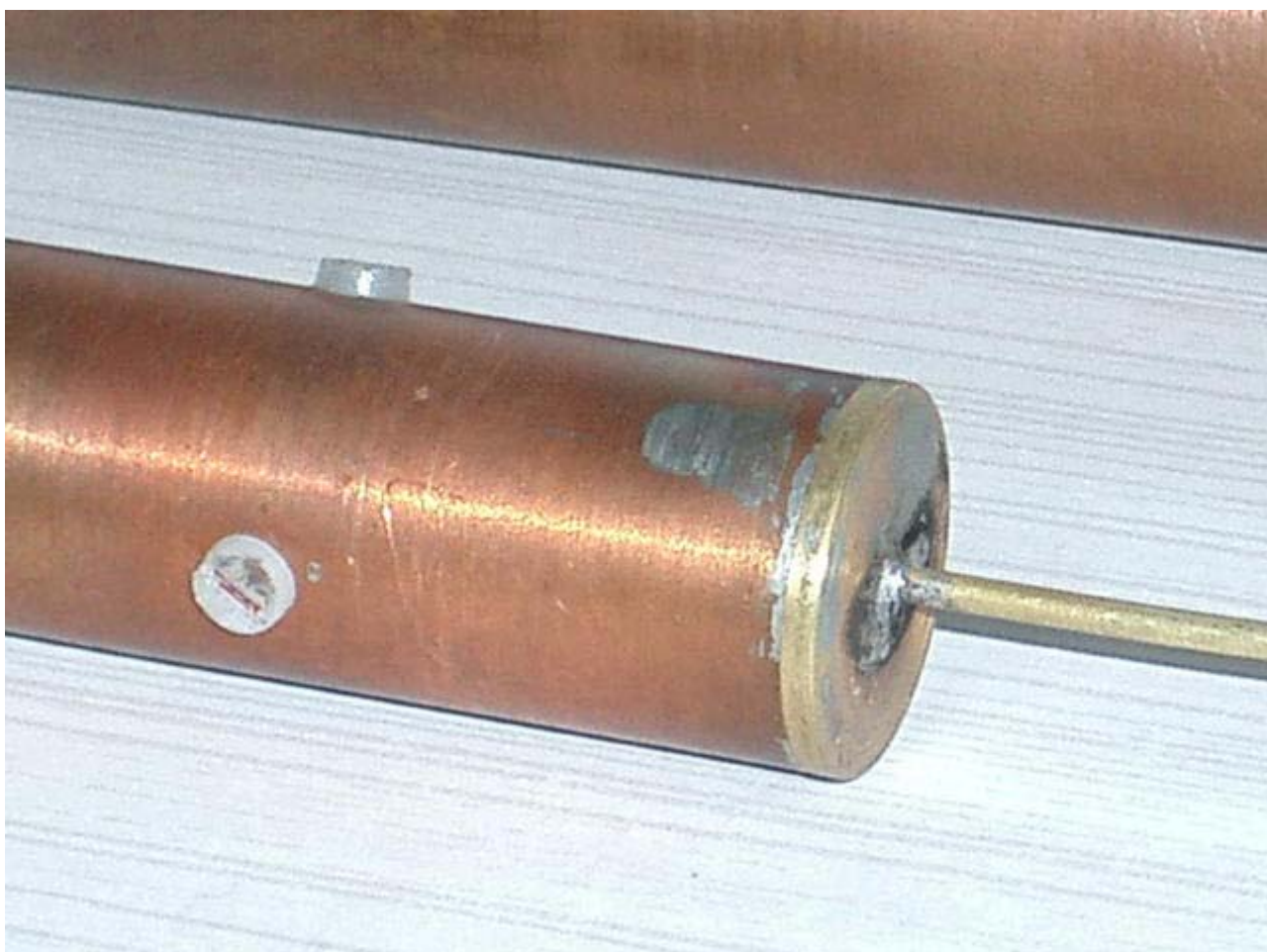
















[Les feuilles de calcul EXCEL pour 7, 9 et 13 pôles, plus  
utilitaire de calcul sont disponibles ici au téléchargement  
\(600 ko\)](#)



Bon trafic à tous, sans brouillage des voisins, grâce à un bon filtre....



Dominique - [f1frv@free.fr](mailto:f1frv@free.fr)

[Retour au menu](#)