

CONCEPTION DE FILTRES A FONCTION DE TRANSFERT ORIGINALE: FILTRES A DOUBLE BANDES PASSANTES

Philippe Lenoir, IRCOM, Limoges
Damien Pacaud, Alcatel Space, Toulouse
Fabien Seyfert, INRIA, Sophia-Antipolis

22 mars 2005

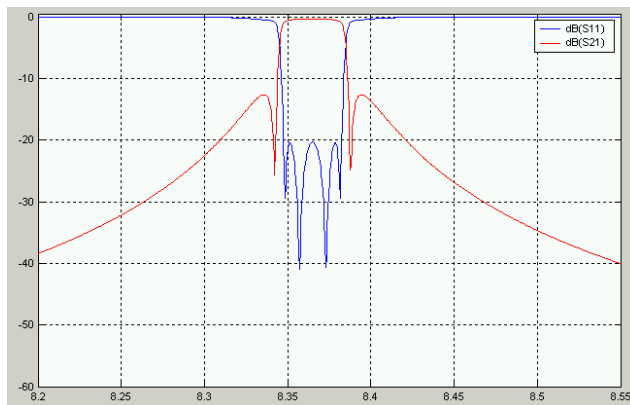
Introduction

- Que signifie filtre à double bande passante?
- Pourquoi développer les filtres bibandes?
- Méthodologie de calcul de la matrice de couplage
- Optimisation électromagnétique par identification
- Solutions multiples et synthèse approchée

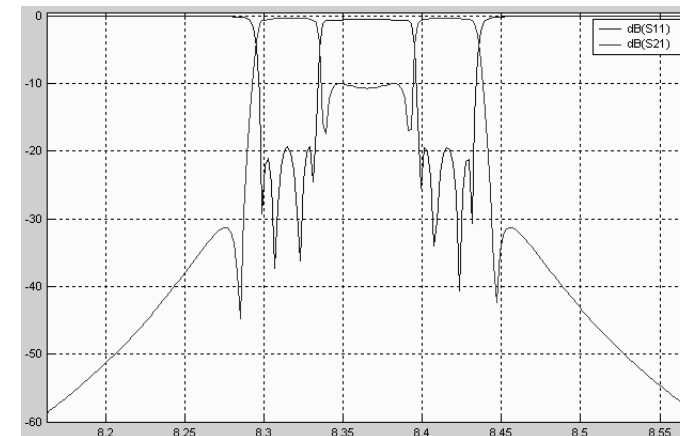
Applications: filtre à double bande passante à réponse symétrique en bande X
Filtre à double bande passante à réponse dissymétrique en bande Ka

Que signifie filtre à double bande passante?

- Filtre traditionnel de type pseudo elliptique (1 bande passante, 2 bandes stoppées)



- Filtre à double bande passante (2 bandes passantes, 3 bandes stoppées)



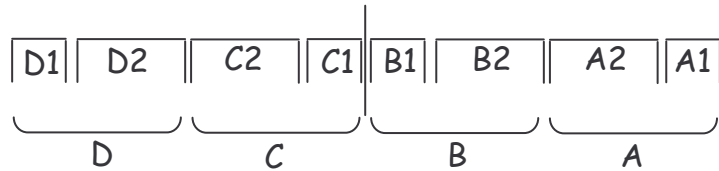
- Fonction discriminante D associée à une fonction de transfert

$$D = \epsilon \frac{R}{P} \quad R \text{ polynômes des pôles, } P \text{ polynômes des zéros de la fonction de transfert}$$

- Fonction discriminante connue dans le cadre des filtres à fonction de transfert traditionnelle (Butterworth, Chebychev, pseudo elliptique)

Pourquoi développer les filtres à double bande passante (1)?

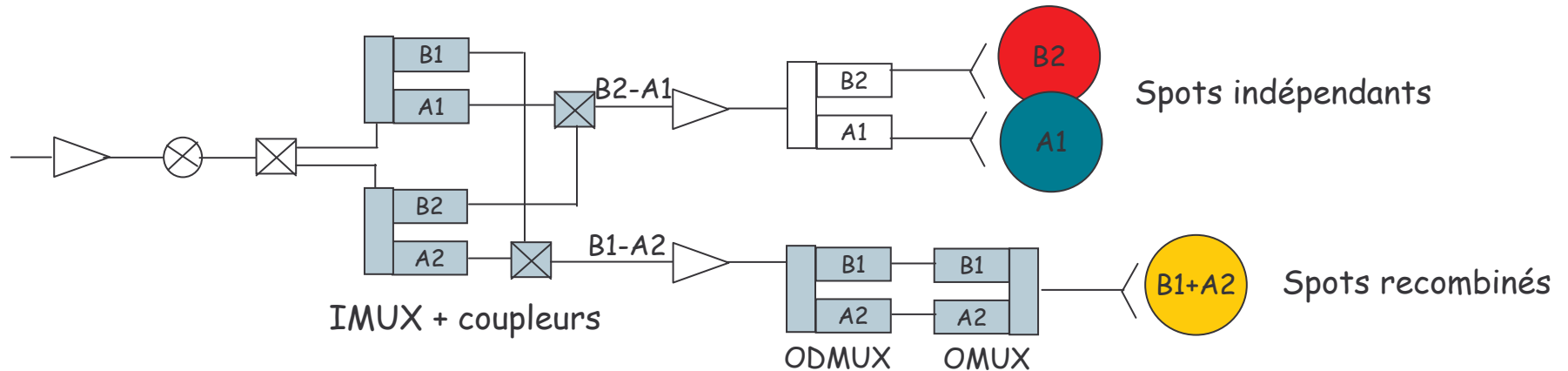
➤ Plan de fréquence



➤ Spots à canaux recombinaés: Couverture géographique

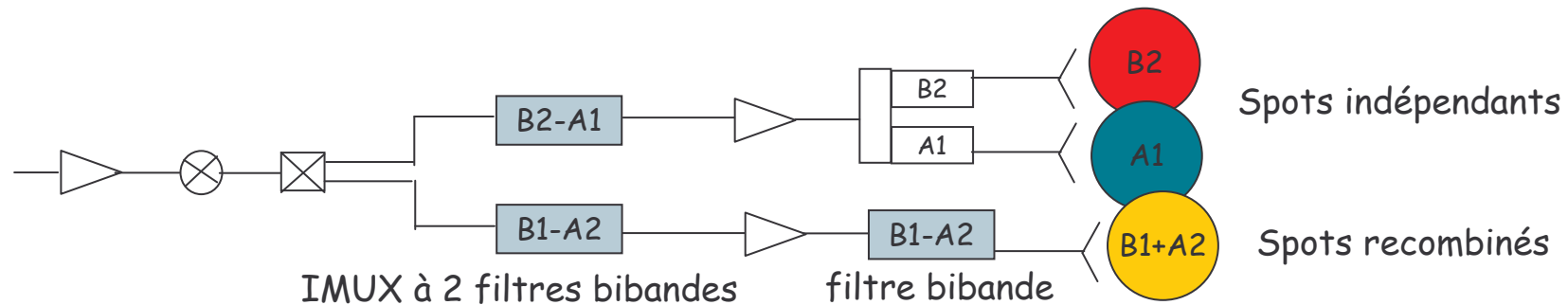


➤ Exemple d'architecture classique



Pourquoi développer les filtres à double bande passante (1)?

- Architecture équivalente à filtres bibande



- IMUX 4 canaux + 2 coupleurs 3dB \Rightarrow remplacé par un IMUX à 2 filtres bibandes
- Association ODMUX-OMUX (4 filtres + guides d'onde) \Rightarrow remplacé par un filtre bibande
- Autres applications dans le cadre des spots recombines
- Intérêts: utilisation d'amplificateur de puissance offrant un meilleur rendement, amélioration des performances systèmes, réduction poids, encombrement...

Méthodologie de calcul de la matrice de couplage d'un filtre à double bande passante

- Pas d'écriture mathématique de la fonction de transfert
- Mise en place d'une méthode de calcul approchée pour déterminer la matrice de couplage

Fonction de transfert à double bande passante

Matrice de couplage sous une forme en flèche

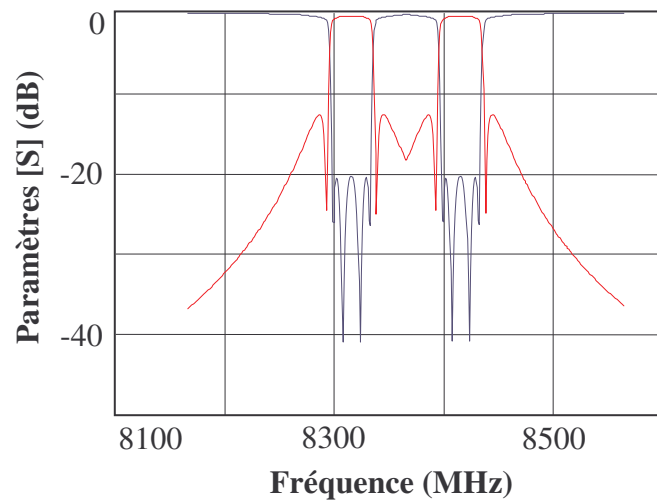
Matrice réalisable en cavité bimode (forme en ligne)

Optimisation finale de la matrice avec un logiciel circuit

- Application à la conception d'un filtre 8 pôles à réponse symétrique

Fonction de transfert à double bande passante (1)

- But: définir une fonction de transfert bibande à partir des polynômes P et R
- Définir la réponse idéal: association de filtres monobandes



Cahier des charges:

$F1=8315\text{MHz}$, $bw1=35\text{MHz}$, $TOS=-20\text{dB}$

$F2=8415\text{MHz}$, $bw2=35\text{MHz}$, $TOS=-20\text{dB}$

(Réjection interbande#-10dB)



Paramètres équivalents du filtre bibande:

$F0=8415\text{MHz}$, $bw0=135\text{MHz}$

- Calcul des polynômes $P_{1,2}$ et $R_{1,2}$ des filtres monobandes

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = \pm 1.3 \\ R_1 = \pm 0.9510, \pm 0.4537 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = \pm 1.3 \\ R_2 = \pm 0.9510, \pm 0.4537 \end{array} \right.$$

Fonction de transfert à double bande passante (2)

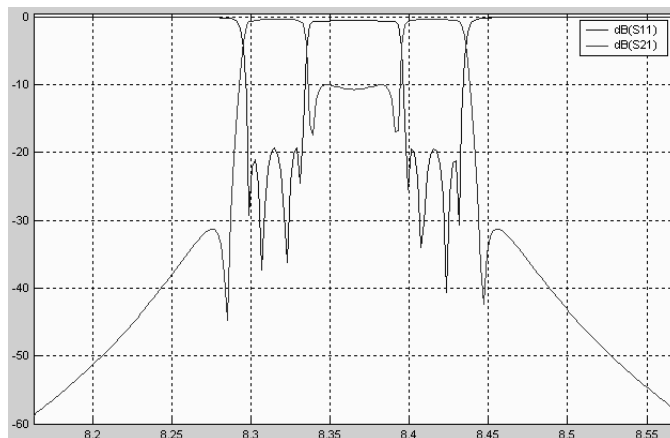
- Initialisation des polynômes P_0 et R_0 du filtre bibande

$$\begin{cases} P_0 = \pm 1.0778, \pm 0.4037 \\ R_0 = \pm 0.9873, \pm 0.8584, \pm 0.6231, \pm 0.4942 \end{cases}$$

- Optimisation des polynômes P_0 et R_0 (*bande équiondulation, TOS, réjection*)

$$\begin{cases} P_0 = \pm 1.2, \pm 0.4037 \\ R_0 = \pm 0.9800, \pm 0.8584, \pm 0.6331, \pm 0.4942 \\ \epsilon = 11 \end{cases}$$

- Fonction de transfert du filtre bibande



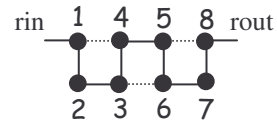
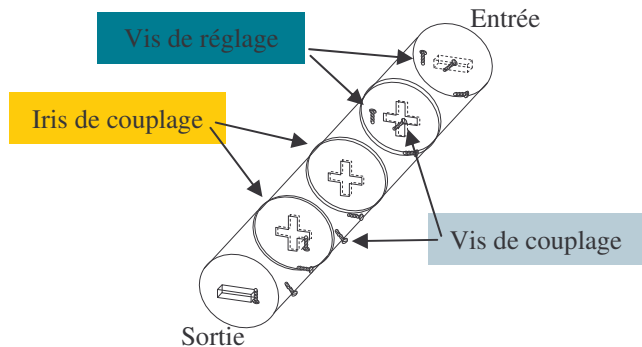
Précision de quelques MHz pour définir la fonction de transfert suffisante

Calcul de la matrice de couplage (1)

➤ Calcul de la matrice de couplage sous une forme en flèche

0.519								
0.519								
-0.000	-0.815	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	
-0.815	-0.000	0.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.000	0.415	-0.000	0.663	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.259
0.000	0.000	0.663	0.000	-0.515	-0.000	-0.000	0.000	
0.000	0.000	-0.000	-0.515	-0.000	0.524	-0.000	-0.706	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.524	0.000	0.361	-0.000	
-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.361	-0.000	0.314	
-0.000	0.000	-0.259	0.000	-0.706	-0.000	0.314	0.000	

➤ Application de séquences de rotation pour obtenir une forme réalisable en cavités bimodes ⇒ topologie en ligne



- résonateurs
- couplages principaux
- couplages secondaires

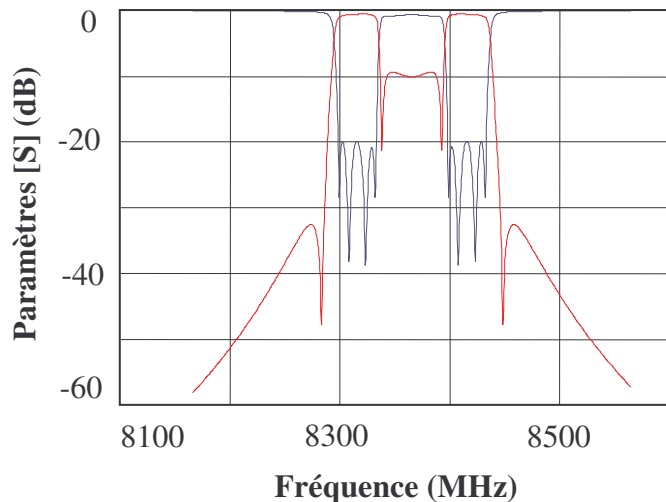
0.519								
0.519								
0.00000	0.29670	0.00000	0.75907	0.00000	0.00259	0.00000	0.00000	
0.29670	0.00000	0.72627	0.00000	0.00230	0.00000	0.00093	0.00000	
0.00000	0.72627	0.00000	0.13763	0.00000	-0.40913	0.00000	0.00294	
0.75907	0.00000	0.13763	0.00000	0.14700	0.00000	0.00242	0.00000	
0.00000	0.00230	0.00000	0.14700	0.00000	0.13721	0.00000	0.75893	
0.00259	0.00000	-0.40913	0.00000	0.13721	0.00000	0.72641	0.00000	
0.00000	0.00093	0.00000	0.00242	0.00000	0.72641	0.00000	0.29687	
0.00000	0.00000	0.00294	0.00000	0.75893	0.00000	0.29687	0.00000	

 Termes parasites résiduels à éliminer

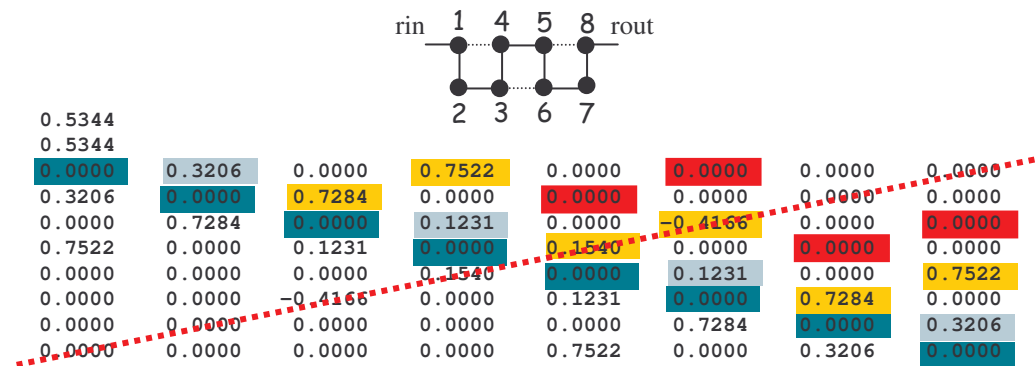
Calcul de la matrice de couplage (2)

- Suppression des termes parasites ■
- Optimisation de la matrice de couplage avec un logiciel circuit pour compenser les termes parasites (Précis pour respecter le cahier des charges)
Définition d'une fonction d'erreur pour la sélectivité ⇒ permet de respecter la réjection, pas de contraintes sur la position des zéros
TOS < -20dB ⇒ pas de contraintes sur la position de pôles

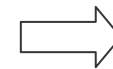
➤ Réponse finale



➤ Matrice de couplage après optimisation



$m_{ii}=0$ (synchrones)
Matrice symétrique

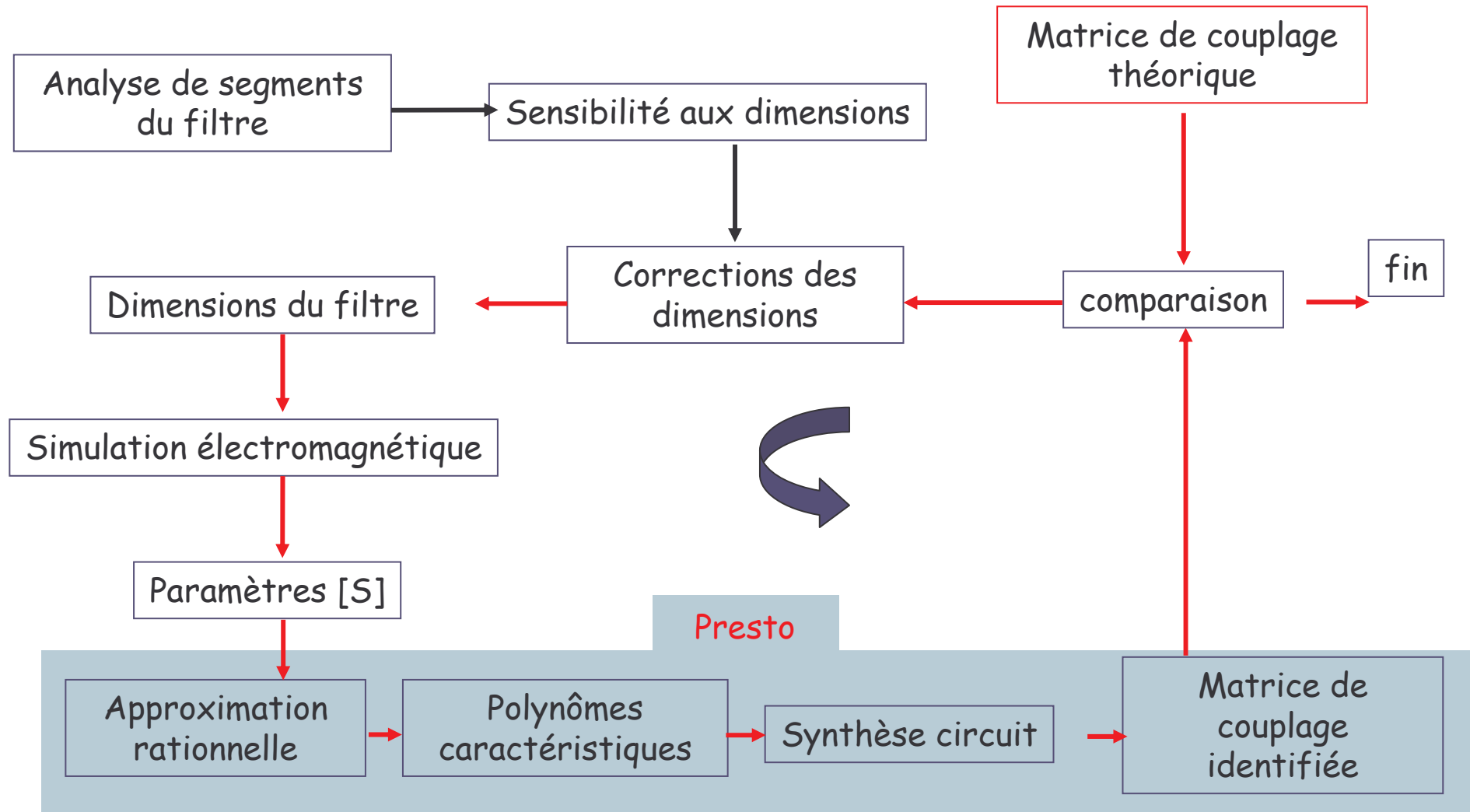


Comportement similaire aux
filtres classiques

Conception électromagnétique du filtre

- But: déterminer les dimensions du filtre
- Utilisation d'une boucle d'optimisation (logiciel électromagnétique + PRESTO)

Boucle d'optimisation électromagnétique



Conception électromagnétique du filtre

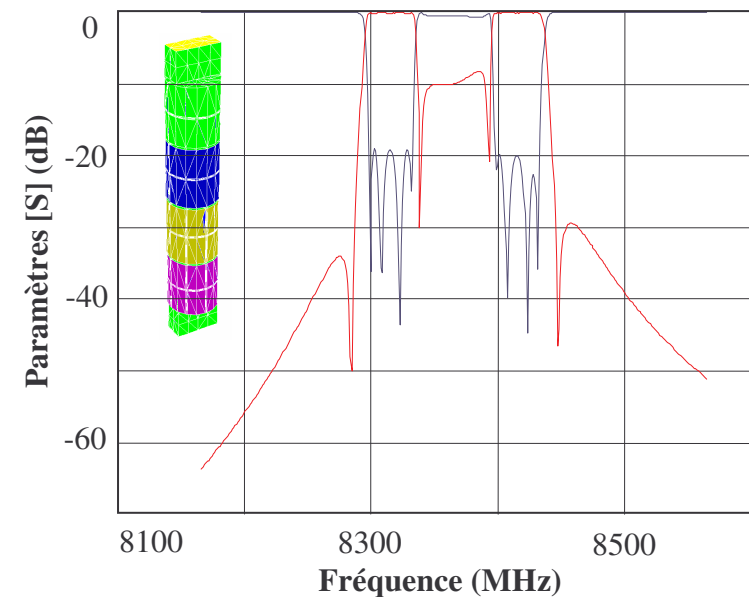
- Optimisation: environ 10 itérations
- Analyse EM: Méthodes des éléments finis (IRCOM)
- Matrice de couplage théorique

0.5344							
0.5344							
0.0000	0.3206	0.0000	0.7522	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3206	0.0000	0.7284	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.7284	0.0000	0.1231	0.0000	-0.4166	0.0000	0.0000
0.7522	0.0000	0.1231	0.0000	0.1540	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.1540	0.0000	0.1231	0.0000	0.7522
0.0000	0.0000	-0.4166	0.0000	0.1231	0.0000	0.7284	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7284	0.0000	0.3206
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7522	0.0000	0.3206	0.0000

- Matrice de couplage identifiée après optimisation

0.5372							
0.5365							
0.0186	0.3224	0.0100	0.7527	0.0168	-0.0005	-0.0070	0.0030
0.3224	-0.0738	0.7268	-0.0023	0.0010	-0.0084	-0.0002	-0.0064
0.0100	0.7268	0.0517	0.1176	-0.0163	-0.4152	-0.0078	-0.0014
0.7527	-0.0023	0.1176	0.0034	0.1509	-0.0162	-0.0018	0.0173
0.0168	0.0010	-0.0163	0.1509	-0.0609	0.1465	-0.0027	0.7575
0.0005	-0.0084	-0.4152	-0.0162	0.1465	-0.0551	0.7176	0.0096
0.0070	-0.0002	-0.0078	-0.0018	-0.0027	0.7176	0.0429	0.2962
0.0030	-0.0064	-0.0014	0.0173	0.7575	0.0096	0.2962	0.0588

- Réponse électromagnétique du filtre

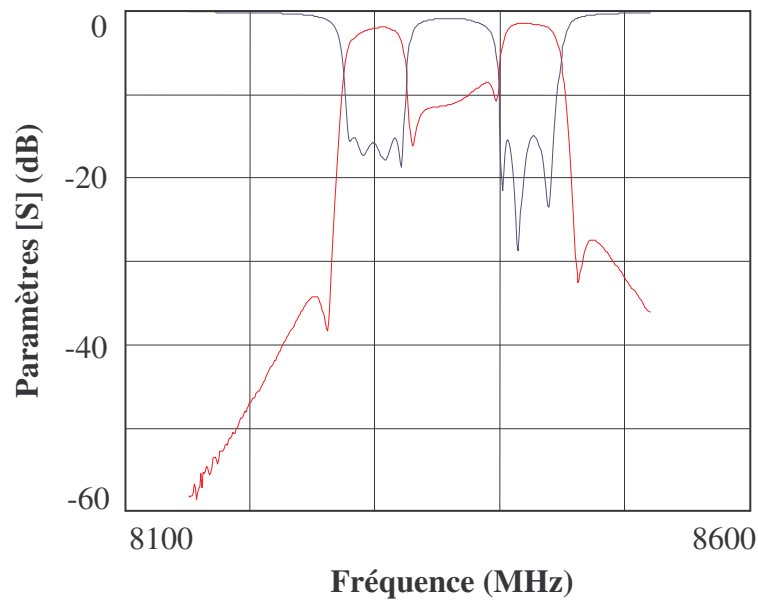


✓ Conception électromagnétique validée

Mesures du 8poles

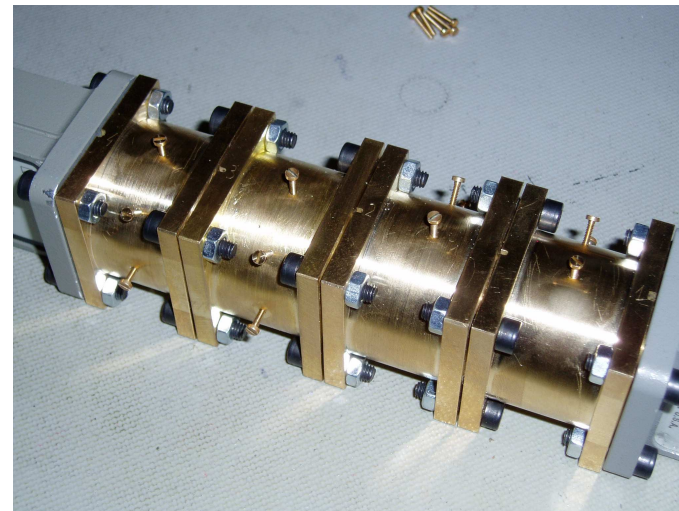
➤ Réalisation du filtre 8pôles 4zéros à l' IRCOM

➤ Mesures



Réponse accord avec théorie

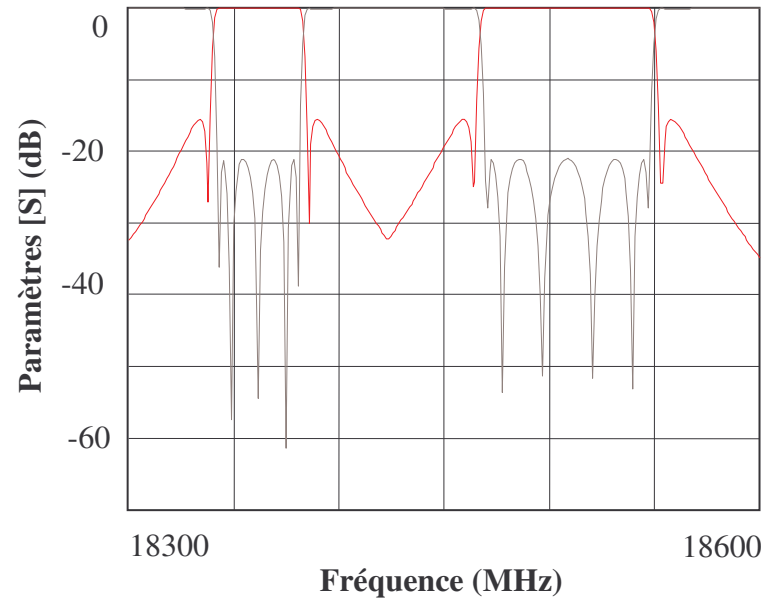
➤ Photo du filtre 8poles



✓ Méthodologie de calcul de la matrice de couplage validée

Conception d'un filtre bande dissymétrique

- Conception de filtres bandes dissymétriques
11 pôles 4 zéros
11 pôles 5 zéros
- Réponse idéale par combinaison des filtres monobandes

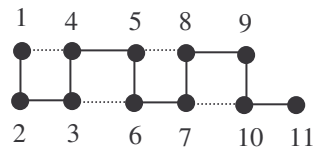


- Utilisation des solutions multiples et de la synthèse approchée

Filtre 11 pôles 4zéros

Matrice de couplage

➤ Topologie initiale

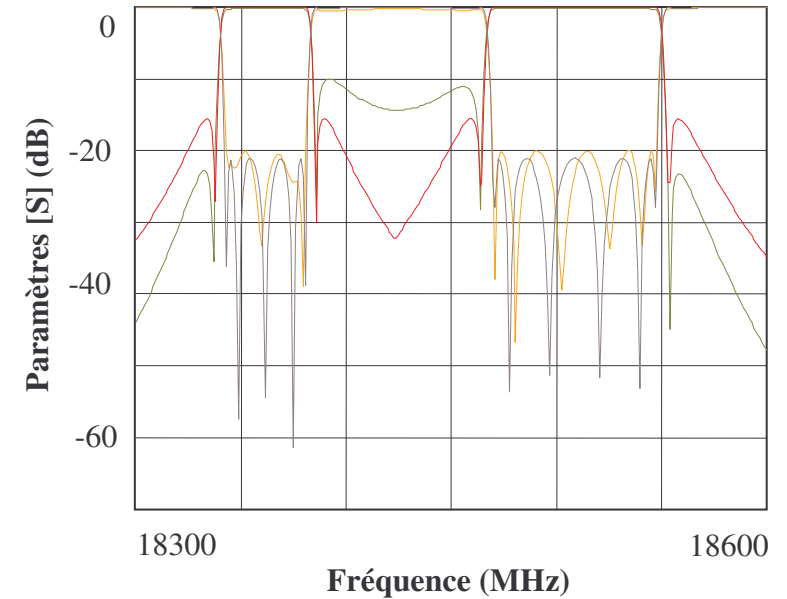


Ordre réduit:384

➤ Matrice de couplages

0.5640											
0.6065											
-0.1078	0.7850	0.0000	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.7850	0.1469	0.4710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.4710	-0.2698	0.4120	0.0000	-0.3340	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0130	0.0000	0.4120	0.2981	0.8000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.8000	-0.3138	0.3680	0.0000	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.3340	0.0000	0.3680	-0.3169	0.5580	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5580	-0.2956	0.1550	0.0000	0.3970	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.1550	0.4837	0.3010	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3010	-0.0999	0.2641	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3970	0.0000	0.2641	-0.1146	0.7890	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7890	-0.1035	0.0000	0.0000

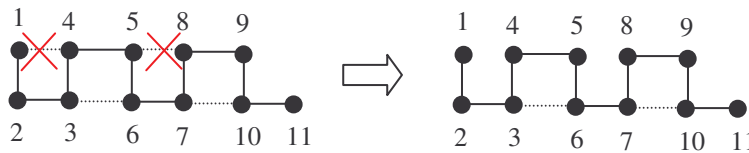
➤ Réponse circuit optimisée du filtre



➤ Problèmes dus à l'ordre réduit du filtre, qu'est ce que Presto va identifier?

Filtre 11 pôles 4 zéros Synthèse approchée

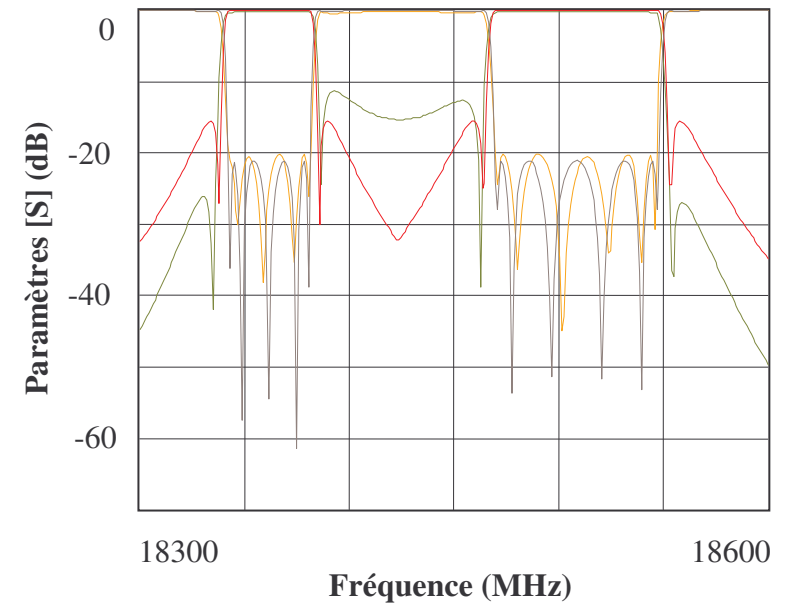
- But: amener l'ordre réduit du filtre à 1 \Rightarrow plus de problèmes d'identification par PRESTO
- Synthèse approchée: suppression des couplages m_{14} et m_{58} (très faibles dans la matrice initiale)



Topologie sans m_{14} , m_{58} : ordre réduit 1

- Matrice réoptimisée après suppression des termes m_{14} et m_{58}

0.5750											
0.5810											
-0.1174	0.7840	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.7840	0.1495	0.4740	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.4740	-0.2576	0.4517	0.0000	-0.2980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.4517	0.3063	0.7629	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.7629	0.3043	0.4010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.2980	0.0000	0.4010	0.3330	0.5545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5545	0.2961	0.1690	0.0000	0.3960	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1690	0.5085	0.2649	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2649	0.1219	0.2792	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3960	0.0000	0.2792	0.1447
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7794	0.7794
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7794	0.1074



Filtre 11 pôles 4zéros

Optimisation électromagnétique

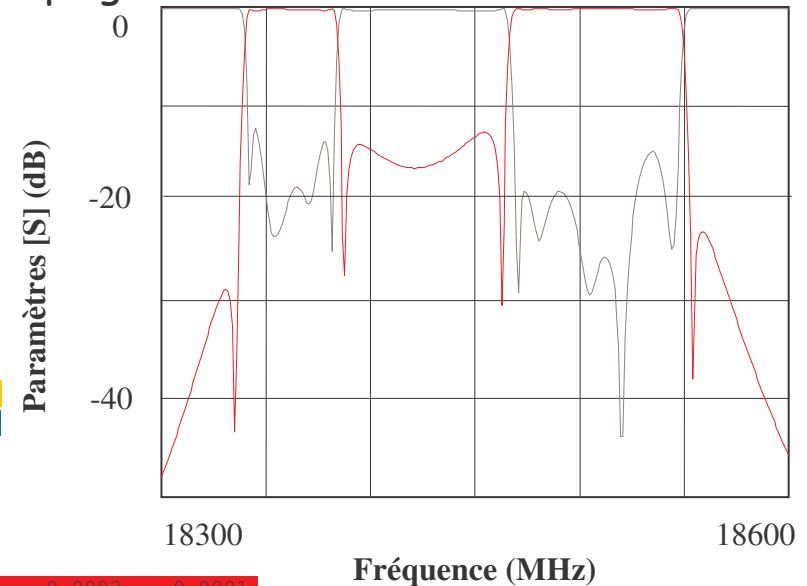
➤ Réponse électromagnétique après convergence des couplages

Matrice théorique

0.5750											
0.5810											
-0.1174	0.7840	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.7840	0.1495	0.4740	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.4740	-0.2576	0.4517	0.0000	-0.2980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.4517	0.3063	0.7629	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.7629	-0.3043	0.4010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.2980	0.0000	0.4010	0.3330	0.5545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5545	-0.2967	0.1690	0.0000	0.3960	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1690	0.5085	0.2649	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2649	-0.1219	0.2792	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3960	0.0000	0.2792	0.1447	0.7794	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2792	0.1447	0.7794	0.1074

Matrice identifiée

0.5724											
0.5824											
14.307	0.7820	-0.0081	-0.0012	-0.0017	0.0007	0.0036	0.0025	0.0001	-0.0002	0.0001	0.0000
*****	16.676	0.4723	-0.0082	0.0002	0.0088	-0.0017	0.0064	-0.0005	-0.0019	-0.0000	0.0000
*****	*****	28.051	0.4487	-0.0035	-0.3002	0.0067	-0.0003	0.0026	-0.0013	0.0003	0.0000
*****	*****	*****	30.946	0.7672	0.0040	0.0001	-0.0032	-0.0002	0.0004	-0.0000	0.0000
*****	*****	*****	*****	31.400	0.3946	-0.0074	-0.0008	-0.0024	0.0007	-0.0018	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	33.201	0.5545	-0.0001	-0.0008	-0.0126	-0.0019	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	*****	30.673	0.1695	-0.0026	0.3937	-0.0084	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	52.549	0.2648	-0.0016	-0.0008	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	12.577	0.2785	0.0008	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	13.917	0.7777	0.0000
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	11.085	0.0000

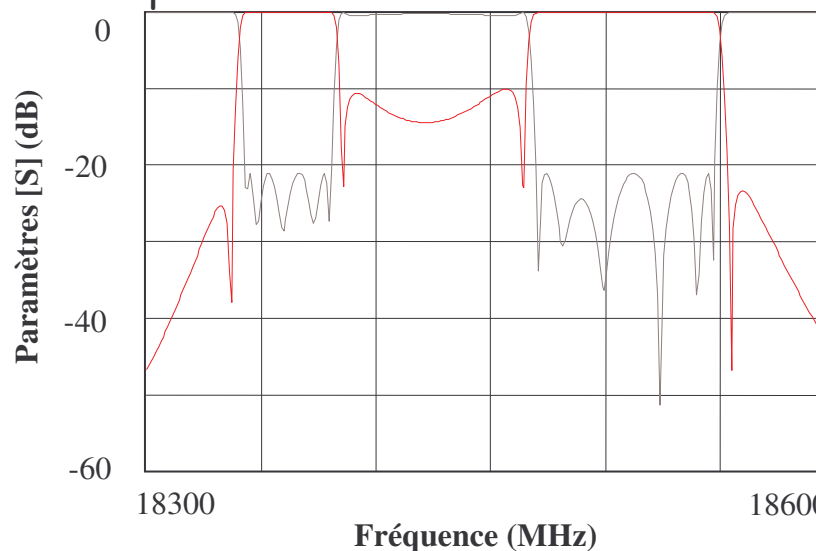


La réponse ne converge pas vers l'objectif ⇒ Présence de couplages parasites à compenser
Ces couplages étaient supposés nuls lors de la synthèse

Filtre 11 pôles 4zéros

Compensation des couplages parasites

- But: définir une nouvelle matrice de couplage
- Prise en compte des couplages parasites dans la matrice théorique
- Optimisation des couplages pour obtenir une réponse en accord avec le cahier des charges



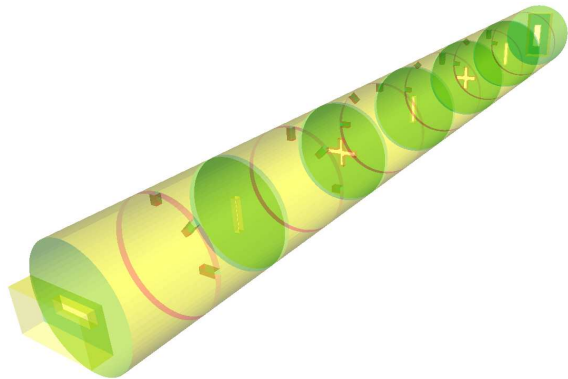
➤ Nouvelle matrice théorique

0.5750																				
0.5811																				
10.175	0.7932																			
*****	-15.303	0.4930																		
*****	*****	21.040	0.4527																	
*****	*****	*****	-29.307	0.7760	-0.3205															
*****	*****	*****	*****	29.513	0.4048															
*****	*****	*****	*****	*****	34.814	0.5266														
*****	*****	*****	*****	*****	*****	30.185	0.1648													
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	-57.754	0.2102												
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	15.523	0.2613											
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	18.768										
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.7606									
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	17.996									

Filtre 11 pôles 4zéros

Réponse électromagnétique après compensation des couplages parasites

➤ Structure du filtre 11 pôles



➤ Réponse EM optimisée



➤ Matrice identifiée

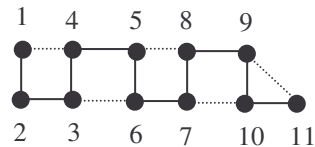
0.6478											
0.5553											
10.030	0.7980	-0.0085	-0.0009	-0.0015	0.0006	0.0034	0.0030	-0.0008	-0.0007	0.0000	
*****	13.838	0.4932	-0.0083	0.0006	0.0093	-0.0030	0.0062	-0.0007	-0.0014	0.0006	
*****	*****	20.717	0.4540	-0.0036	-0.3208	0.0079	-0.0008	0.0036	-0.0010	0.0003	
*****	*****	*****	-28.581	0.7765	-0.0041	0.0004	-0.0034	-0.0002	0.0004	0.0001	
*****	*****	*****	*****	29.490	0.4056	-0.0082	-0.0007	-0.0029	0.0008	-0.0023	
*****	*****	*****	*****	*****	-34.331	0.5276	0.0002	-0.0005	-0.0142	-0.0018	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	30.594	0.1634	-0.0020	0.4159	-0.0095	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	-57.541	0.2113	-0.0013	-0.0006	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	15.417	0.2589	0.0007	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	-18.761	0.7581	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	17.784	

- Compensation des couplages parasites OK
- Filtre en cours de réalisation par Alcatel

Filtre 11 pôles 5 zéros

Matrice de couplage

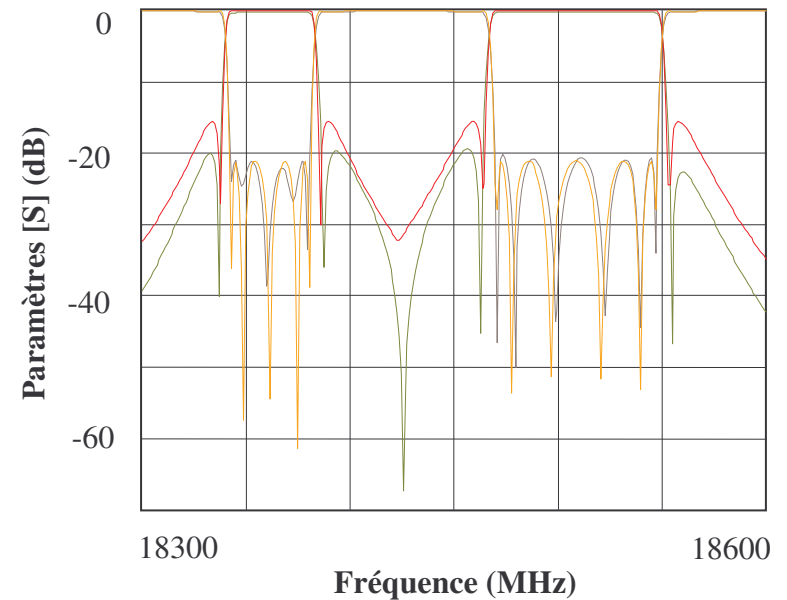
- But: chercher à obtenir une meilleure réjection interbande
- Ajout d'un zéro de transmission dans la bande stoppée intermédiaire
- Topologie initiale (1 couplage croisé m911)



79 solutions réalisables

➤ Matrice de couplages

0.5700											
0.5970											
-0.1623	-0.5680	0.0000	-0.5220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.5680	0.1081	0.8626	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.8626	-0.1321	-0.3900	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.5220	0.0000	-0.3900	0.2106	0.4630	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.4630	-0.3106	0.3590	0.0000	0.3180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.3590	-0.4713	-0.2710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2710	-0.1758	-0.1530	0.0000	0.0540	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3180	0.0000	-0.1530	0.1275	-0.7340	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.7340	-0.0643	-0.0250	0.4780	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0540	0.0000	-0.0250	-0.2723	0.6380	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4780	0.6380	-0.0851	0.0000

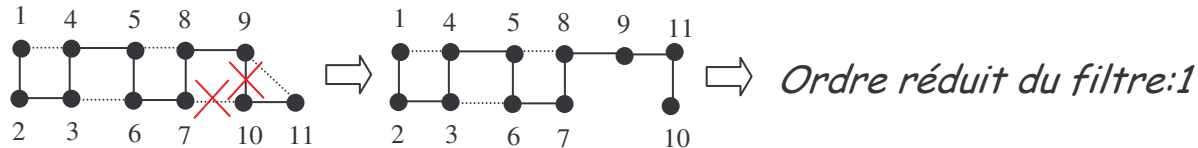


- 79 solutions réelles, que va identifier PRESTO?
- Difficulté pratique à réaliser un couplage croisé
- But: Réaliser une synthèse approchée permettant de se ramener à l'ordre réduit à 1
Supprimer le couplage croisé

Filtre 11 pôles 5 zéros

Suppression du couplage croisé

- Utilisation des solutions multiples
- Trouver une matrice où les m_{710} et m_{1011} peuvent être supprimés

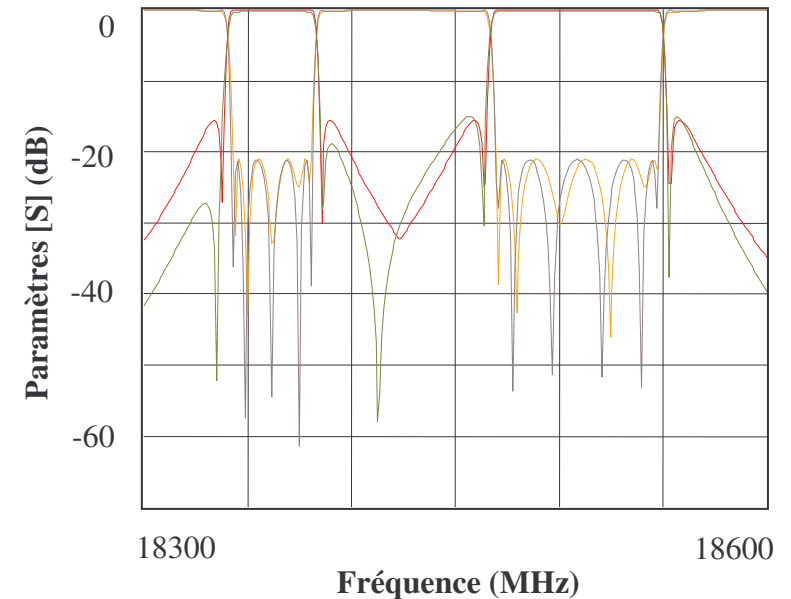


Matrice de départ (obtenue par le calcul des solutions multiples)

0.5700											
0.5970											
-0.1622	-0.2390	0.0000	0.7339	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.2390	0.3797	0.3031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.3031	0.0832	0.4539	0.0000	-0.2084	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.7339	0.0000	0.4539	0.1311	-0.3634	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.3634	0.4587	0.1867	0.0000	-0.3008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.2084	0.0000	0.1867	0.1774	0.8708	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8708	0.2404	0.2463	0.0000	0.0847	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.3008	0.0000	0.2463	0.3009	-0.6991	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.6991	0.1422	0.0039	-0.4837	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0847	0.0000	0.0038	0.2776	-0.6347	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.4837	-0.6347	-0.0851	0.0000

Matrice optimisée (après annulation des m_{710} et m_{1011})

0.5870											
0.5930											
-0.1695	0.2530	0.0000	-0.7290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2530	0.3857	0.2880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.2880	0.0794	0.4660	0.0000	0.2069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.7290	0.0000	0.4660	0.1336	0.3710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.3710	0.4524	0.1800	0.0000	0.3154	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.2069	0.0000	0.1800	0.1701	-0.8810	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.8810	0.2388	0.2464	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3154	0.0000	0.2464	0.2287	0.6943	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6943	-0.1700	0.0000	0.4868	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3045	0.6200	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4868	0.6200	-0.1385	0.0000

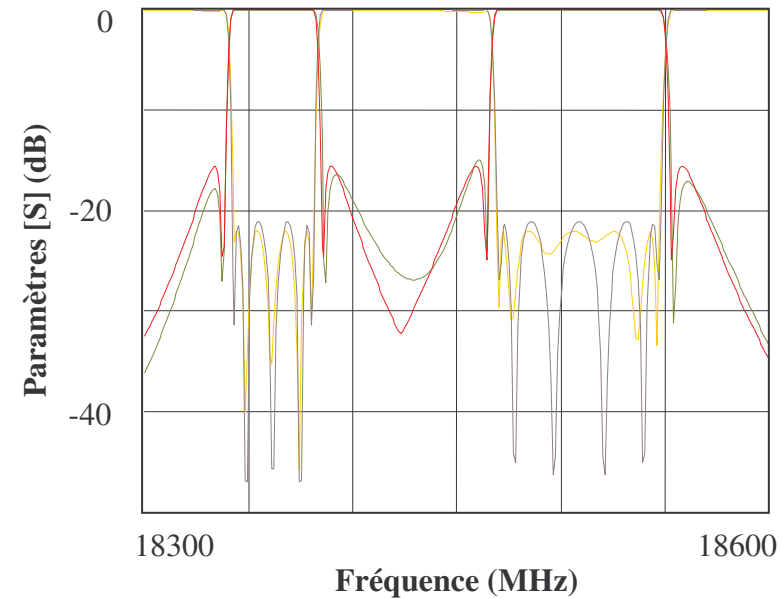
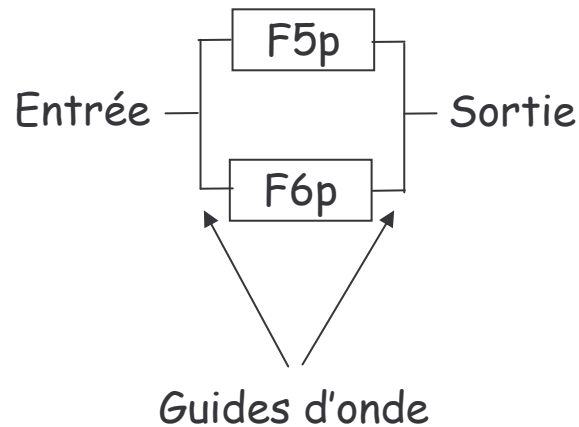


Conclusion et perspectives

- Méthodologie de conception de filtres à double bande passante mise en place
 - Validée avec la réalisation d'un filtre 8 pôles
 - Principe des solutions multiples et de la synthèse approchée validée sur 2 cas tests
 - Permet de diminuer l'ordre réduit du filtre \Rightarrow utilisation de PRESTO toujours efficace
 - Permet de supprimer des couplages croisés
 - Respect des spécifications
-
- Applicable plus généralement à l'ensemble des filtres d'ordre élevé
 - Approche mathématique du problème

Autre topologie de filtres bibande

➤ Association parallèle de filtres



➤ Avantages par rapport à la topologie en ligne

Synthèse des filtres 5 et 6 pôles moins délicate

Réjection interbande

Pertes moins importantes (à vérifier)

➤ Inconvénients

Contraintes mécaniques \Rightarrow conditions sur la longueur des filtres et des cales

Encombrements, poids