

2017

Radio Club de l'Avesnois F6KTN

Composants radios électriques passifs particuliers

Introduction	3
Circulateurs et isolateurs	4
Splitteur (diviseur de Wilkinson, répartiteur, diviseur de puissance)	8
Coupleurs hybrides	10
Coupleurs hybride 90° à -3dB (type 1, à quadrature)	10
Coupleurs hybrides 180° à -3 dB (type 2 – T magique – Rat race)	14
Exemples d'utilisation en couplage	17
Pont à ROS	20
Coupleurs directifs à 3 ou 4 ports	22
Paramètres du coupleur	25
Exemples de compositions	26
Quelques formules utiles	30
conversion des dBm en watts (sur 50 Ω):	30
Conversion des watts en dBm (sur 50 Ω):	30

Introduction

Cette présentation fournit une liste non exhaustive de composants radioélectriques passifs particuliers que l'on est amené à rencontrer dans le monde de la radioélectricité haute fréquence. Ce n'est donc pas une présentation complète des produits disponibles sur le marché dans ce domaine. On peut aussi parcourir internet à la recherche de composants exotiques et en découvrir toute une foultitude. Certains de ces composants se nomment différemment selon les fabricants et les pays. Vous trouverez donc ici une brève collection de composants les plus courants. J'ai volontairement omis de présenter les duplexeurs et les filtres à cavité qui nécessitent une présentation à part.

Frédéric F1IWQ

Circulateurs et isolateurs



circulateurs simple étage



circulateur double étage

Un circulateur est un appareil qui véhicule l'énergie HF d'un port vers un autre et toujours dans le même sens. Un circulateur comporte au minimum 3 ports (circulateur simple) ou 4 ports (circulateur double). L'énergie HF est transmise du port 1 au port 2, du port 2 au port 3, du port 3 au port 1. L'isolation entre les ports en sens inverse d'un circulateur est d'environ 20 à 30 dB.

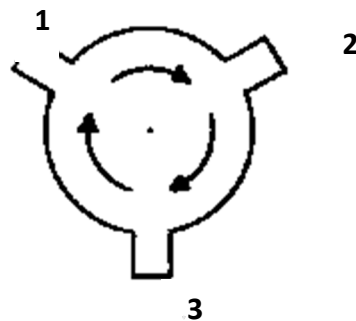
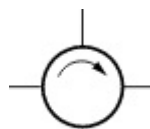


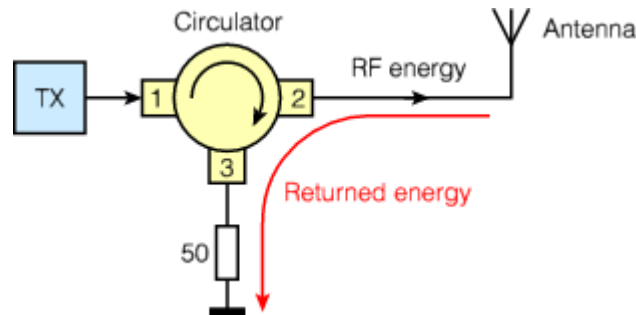
schéma montrant la circulation de l'énergie HF sur chacun des ports du circulateur.



symbole du circulateur à 3 ports

Utilisation : un circulateur est généralement utilisé pour la protection des émetteurs contre le ROS ou privilégier un sens de circulation de l'énergie HF, il est aussi utilisé pour coupler des récepteurs et/ou des émetteurs ; il sert aussi à séparer les émetteurs des récepteurs.

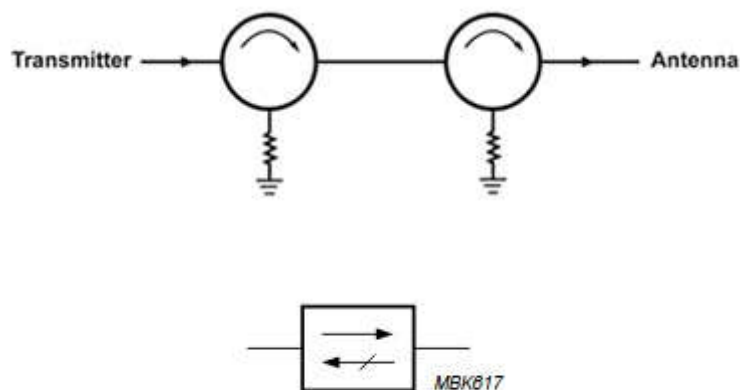
Application : branchons un émetteur sur le port 1, une antenne sur le port 2 ; sur le port 3 on branche une charge 50 ohms :



L'énergie HF de l'émetteur entre par le port 1 du circulateur, ressort par le port 2, et se trouve ainsi transmise à l'antenne. Si l'antenne n'est pas accordée sur la fréquence d'émission de l'émetteur, un retour d'onde est généré dans l'antenne qui revient vers le port 2 du circulateur. Cette énergie de retour sera dirigée vers le port 3 du circulateur et sera dissipée dans la charge de 50 ohms. Aucune énergie ne sera donc retransmise en retour vers le port 1, et donc l'émetteur ne verra aucune énergie réfléchi. Il est donc protégé du ROS important. La charge 50 ohms doit donc être de puissance au moins égale à la puissance de l'émetteur. L'isolation de l'antenne vers l'émetteur est de 20 à 30 dB.

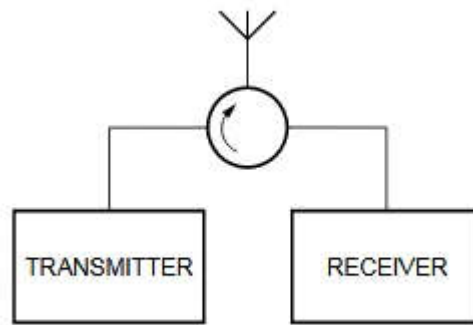
Un circulateur avec une charge de 50 ohms branché sur son port 3 s'appelle alors un isolateur. Il fonctionne comme une diode HF de puissance.

Pour augmenter l'efficacité de l'isolation entre le retour et le réfléchi, il suffit de mettre un circulateur double :

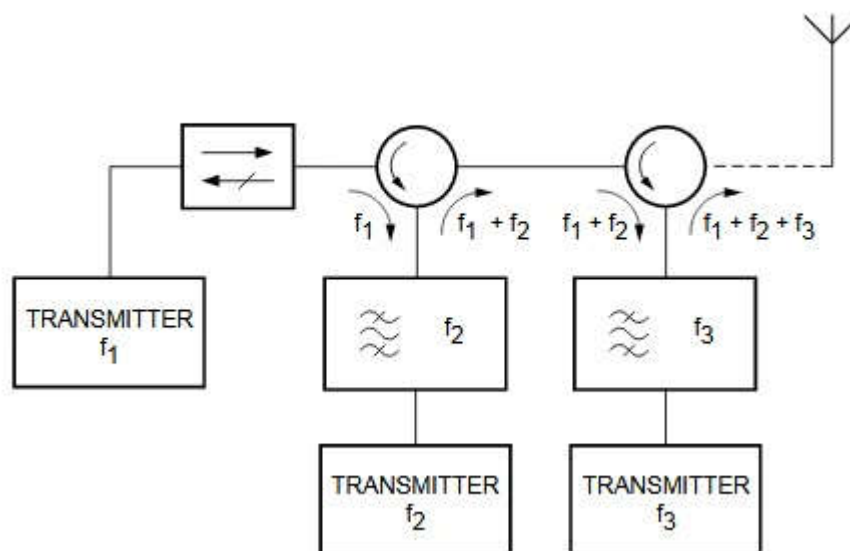


symbole d'un isolateur à 3 ports

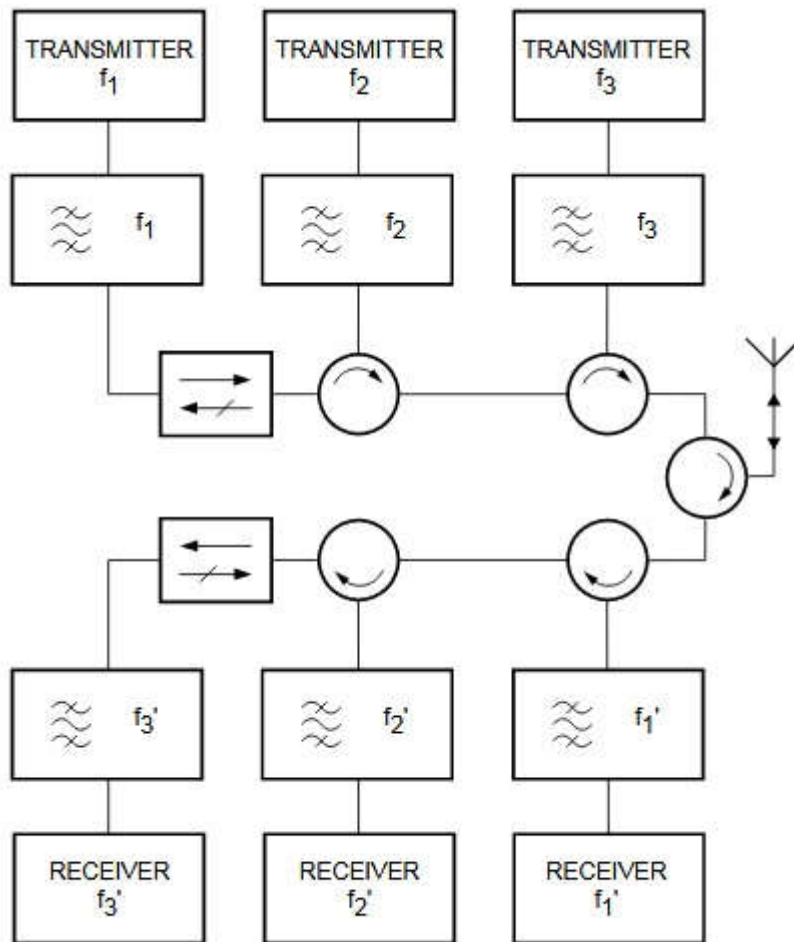
L'isolation est le rapport, en dB, du port opposé à celui considéré, dans le sens inverse de circulation.



Utilisation d'un isolateur pour séparer un émetteur et un récepteur (sur 2 fréquences différentes)



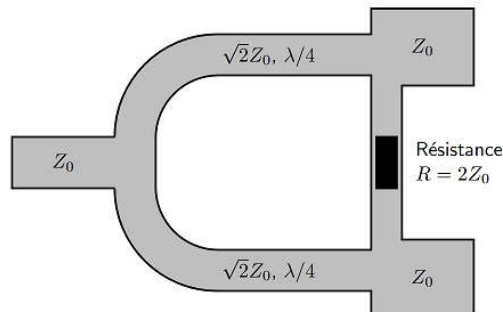
Utilisation d'isolateurs et de circulateurs pour coupler 3 émetteurs sur une antenne
les émetteurs 2 et 3 sont branchés à des filtres passe bande, par exemple des cavités.



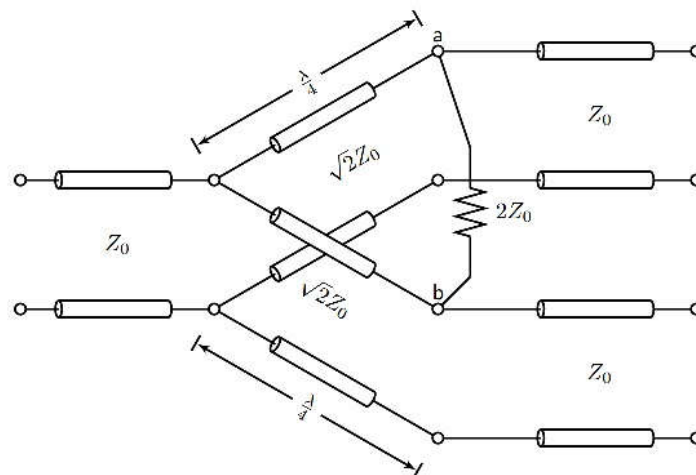
Utilisation d'isolateurs et de circulateurs pour coupler des émetteurs et des récepteurs sur une seule antenne

Splitteur (diviseur de Wilkinson, répartiteur, diviseur de puissance)

Un diviseur permet de répartir un signal HF vers plusieurs ports. Chaque répartition sur 2 ports divise la puissance par 2 (perte de 3dB) (*)



diviseur en technologie stripligne



diviseur en technologie ligne de transmission TEM.
L'impédance $2Z_0$ est une impédance d'équilibrage.

Ce circuit doit diviser la puissance d'entrée par deux et la répartir sur les deux ports de sorties. On connecte une résistance entre les ports 2 et 3 pour isoler l'un de l'autre. La résistance ne dissipera pas de puissance si les ports 2 et 3 ont la même charge en sortie. On peut réaliser des répartitions de puissance comprises entre 3 et 10 dB.

(*) une division de puissance par 2 (en watts) correspond en décibels à :

$$R = 10 \times \log\left(\frac{1}{2}\right) = 10 \times (-0,3) = -3 \text{ dB}$$

exemple : Diviseur 4 voies UHF 400 MHz PCOU709001



Spécifications :

Bande de fréquence : 380 - 470 MHz

Transmission < 6.5 dB

perte d'insertion : 0,34 dB

Isolation entre sorties < 20 dB

Puissance max en diviseur 60 W

le port d'entrée est réparti sur les 4 ports de sortie -6,5 dB

La division du signal est réalisée par une division par 2 (-3dB) , puis 2 divisions par 2 (-3dB) vers les 4 ports de sortie, soit -6dB pour chaque port, sur lesquels il faut ajouter les pertes, soit 6,5 dB environ ce qui est cohérent dans la spécification donnée ci dessus.

Exemple : on entre 10W (40 dBm) sur le port d'entrée, on aura $40 - 6,5 = 33,5$ dBm soit 2,2 W sur chacun des 4 ports de sortie.

Cet appareil permet de raccorder un émetteur ou un récepteur sur 4 antennes afin de bénéficier du gain de toutes les antennes. Il ne permet pas de raccorder 4 émetteurs vers une antenne. Pour cela, on utilise un coupleur hybride ou un réseau de circulateurs/isolateurs vus précédemment.

Coupleurs hybrides

Les coupleurs hybrides sont des appareils permettant d'interconnecter d'autres appareils HF y compris les émetteurs avec leurs 4 ports après un déphasage de 0° , 90° ou 180° . Il existe plusieurs technologies de coupleurs : coupleur de longue (lignes microstip imbriquées), coupleur à branches (technologie TEM)...

Les paramètres caractérisant les coupleurs hybrides sont :

Perte d'insertion : différence de puissance entre le signal d'entrée et de sortie au delà du couplage théorique de 3dB.

Balance d'amplitude : différence maximale de puissance entre les signaux de sortie.

Balance de phase : différence maximale de phase entre les signaux de sortie.

Isolation : isolation d'un port de sortie avec le port d'entrée homologue

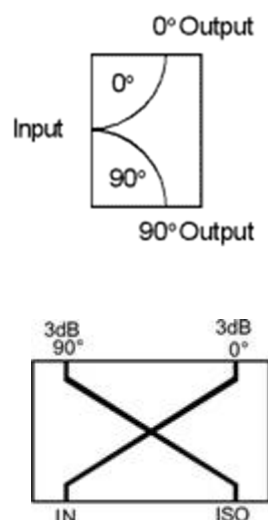
ROS sur les ports d'entrée.

Coupleurs hybride 90° à -3dB (type 1, à quadrature)

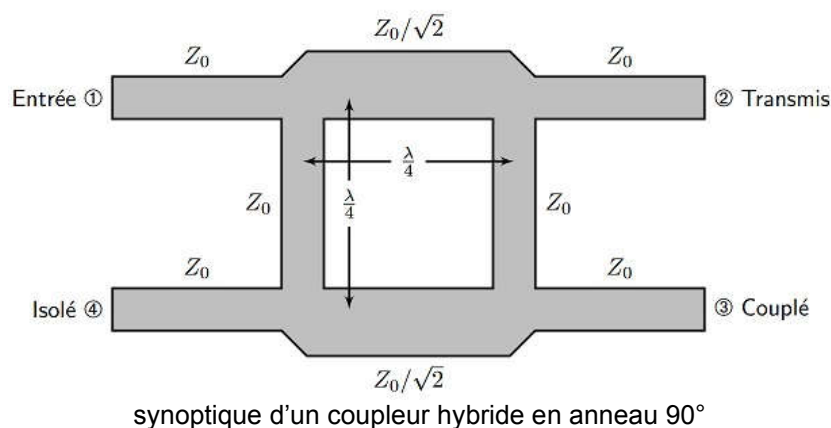
Les coupleurs hybrides 90° (appelés aussi coupleurs hybride en quadrature) sont des équipements passifs qui peuvent être utilisés dans différents modes suivant la façon dont on les connecte (splitter, combineur, injecteur). C'est un coupleur à 4 ports utilisé soit pour déphaser un signal de 90° sur l'un de ses ports de sorties, soit pour combiner deux signaux tout en conservant une isolation élevée entre les ports.

Applications :

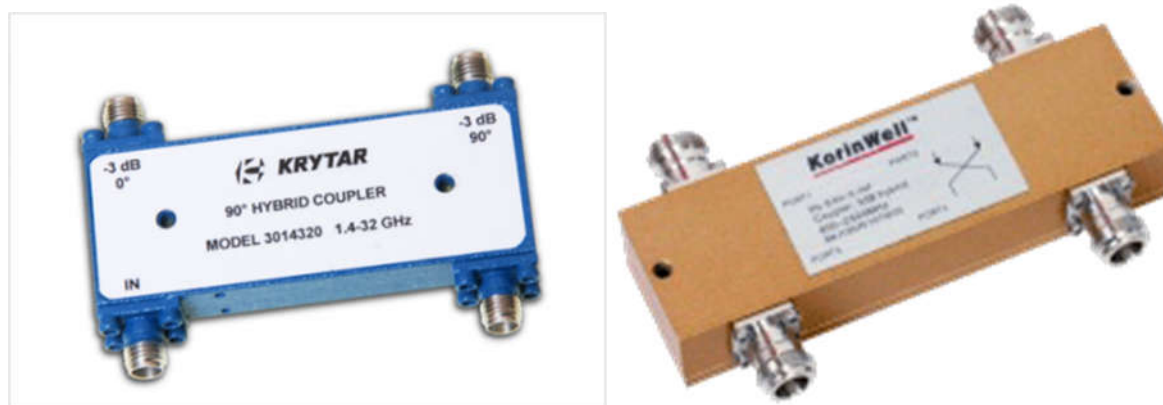
- connecter deux émetteurs proches en fréquence vers la même antenne,
- connecter deux émetteurs vers deux antennes avec les mêmes signaux,
- connecter une antenne vers plusieurs récepteurs



synoptique d'un coupleur hybride 90° à lignes croisées - ISO=charge $50\ \Omega$



Remarquez que les impédances des lignes horizontales sont de $Z_0/\sqrt{2}$ soit, pour $Z_0=50\Omega$, **35Ω**. Les lignes constituant l'anneau du coupleur font toutes $\lambda/4$.

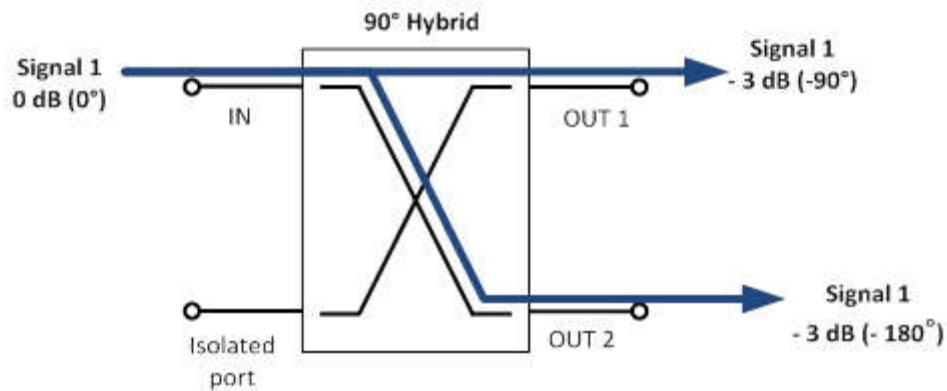


coupleurs hybrides 90°

Certains coupleurs hybrides ont une charge 50Ω intégrée sur leur port ISO, et ne présentent donc pas de fiche sur ce port ; ils présentent ainsi 3 ports.

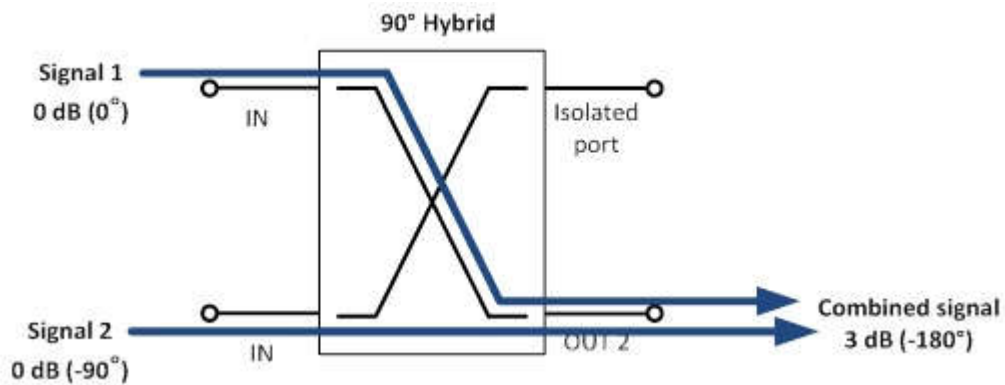
La configuration de base d'un coupleur hybride 90° est représentée ci dessus. Ce coupleur hybride comporte 2 lignes de transmission croisées sur une longueur d'un quart de longueur d'onde, correspondant à la fréquence centrale de fonctionnement et au déphasage de 90°. Lorsque la puissance est introduite sur le port IN, la moitié de la puissance (donc 3dB) s'écoule vers le port 0° et l'autre moitié est couplée (dans la direction opposée) au port 90°. Les réflexions provenant des désalignements renvoyés aux ports de sortie vont directement au port ISO ou s'annuleront à l'entrée. C'est pourquoi les coupleurs hybrides sont si largement utilisés pour diviser les signaux de forte puissance dans des applications où des réflexions indésirables pourraient facilement endommager les émetteurs.

Les hybrides à 90° sont également connus sous le nom d'hybrides en quadrature parce qu'un signal appliqué sur n'importe quelle entrée produira deux signaux d'amplitude égale qui sont déphasés à 90° sur les ports de sortie. Il n'y a pas non plus de différence sur le port d'entrée utilisé, car la relation aux sorties reste la même car ces dispositifs sont électriquement et mécaniquement symétriques. Cette configuration assure un niveau élevé d'isolation entre les deux ports d'entrée et de sortie sans interaction indésirable entre eux.



coupleur en mode diviseur (splitter)

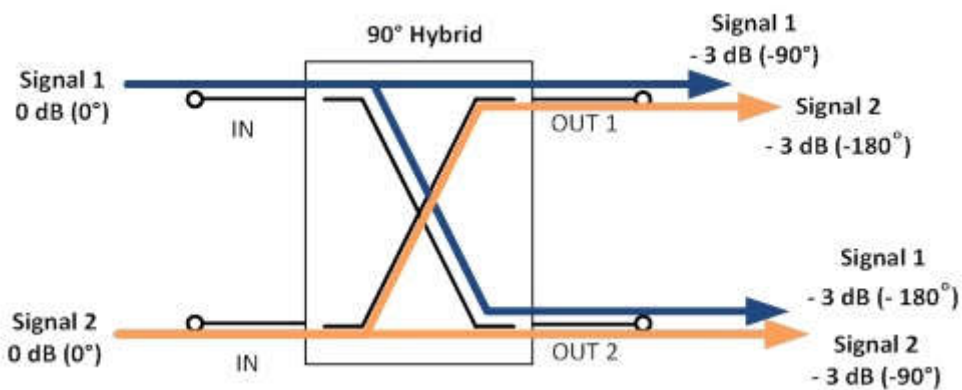
Quand un coupleur hybride 90° est utilisé en diviseur, il divise le signal en deux composantes de même amplitude entre eux, mais déphasés de 90° entre eux.



Coupleur en mode combineur

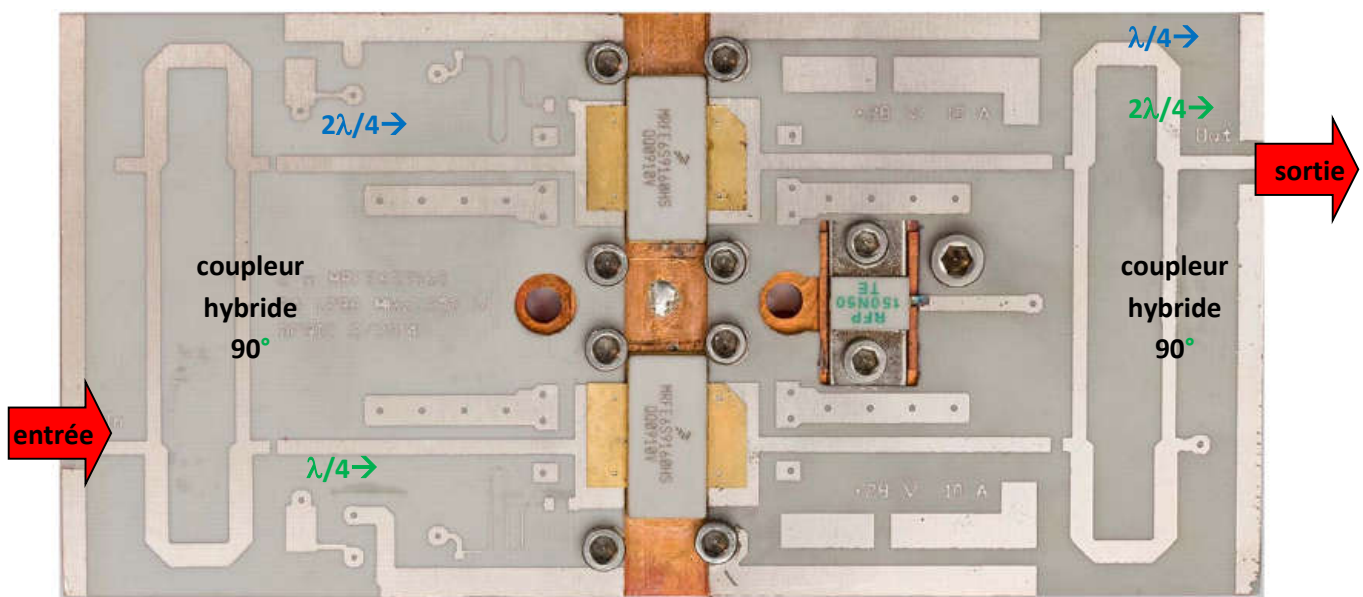
si deux signaux identiques (même fréquence) et déphasés de 90° sont appliqués en entrée, ils sont additionnés sur le port de sortie

Ce montage permet de coupler deux amplis et d'additionner leur puissance.



si deux signaux quelconques sont appliqués sur les entrées, ils sont répartis sur les deux sorties.

Autre exemple d'utilisation de coupleurs hybrides imprimés dans un amplificateur de puissance. Il s'agit de coupler 2 transistors pour additionner la puissance fournie:



Explications :

Les deux coupleurs hybrides d'entrée et de sortie sont en technologie strip-line (ligne imprimée).

Le **premier coupleur** est monté en diviseur et il sert à amener le signal réparti vers les deux transistors et à les déphaser de $\lambda/4$.

Le **deuxième coupleur** est monté en combineur et il remet en phase les deux signaux qui s'additionnent.

Bilan des déphasages :

Ligne supérieure :

Le signal entre sur le port d'entrée et se dirige vers la partie supérieure, il est divisé en $\lambda/4$ dans la branche verticale, puis à nouveau en $\lambda/4$ dans la branche horizontale du coupleur, soit $2\lambda/4$ soit $\lambda/2$.

Le signal amplifié par le transistor est alors déphasé de $\lambda/4$ dans la partie supérieure du coupleur de sortie.

Il est donc décalé en totalité de $3\lambda/4$ par rapport à l'entrée

Ligne inférieure :

le signal entre sur le port d'entrée et se dirige vers la partie inférieure, il est divisé en $\lambda/4$ dans la branche horizontale basse du coupleur.

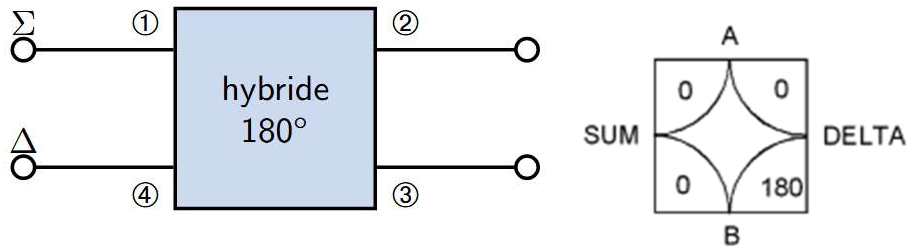
Le signal amplifié par le transistor est alors déphasé de $\lambda/4$ dans la partie verticale du coupleur de sortie, puis à nouveau en $\lambda/4$ soit $2\lambda/4$ dans la branche horizontale supérieure. Il est donc décalé en totalité de $3\lambda/4$ par rapport à l'entrée

Les deux signaux issus des transistors sont donc en phase l'un par rapport à l'autre.

Coupleurs hybrides 180° à -3 dB (type 2 – T magique – Rat race)

Les coupleurs hybrides en anneau à 180° (également appelés coupleurs "rat race", T-magique ou anneau hybride) sont des dispositifs à quatre ports utilisés soit pour diviser de manière égale un signal d'entrée, soit pour additionner deux signaux combinés. L'avantage de l'anneau hybride est de fournir alternativement des signaux de sortie déphasés à 180 degrés également divisés.

Dans un coupleur hybride déphaseur de 180°, La longueur d'onde totale de l'anneau est toujours de $1,5\lambda$ (plus précisément $6 \times \frac{1}{4}\lambda$ longueurs d'onde) et chaque port est déphasé de 90°. Cette configuration crée un dispositif sans perte avec un faible ROS, un excellent équilibre pour la phase et l'amplitude, une isolation de sortie élevée et des impédances de sortie identiques.

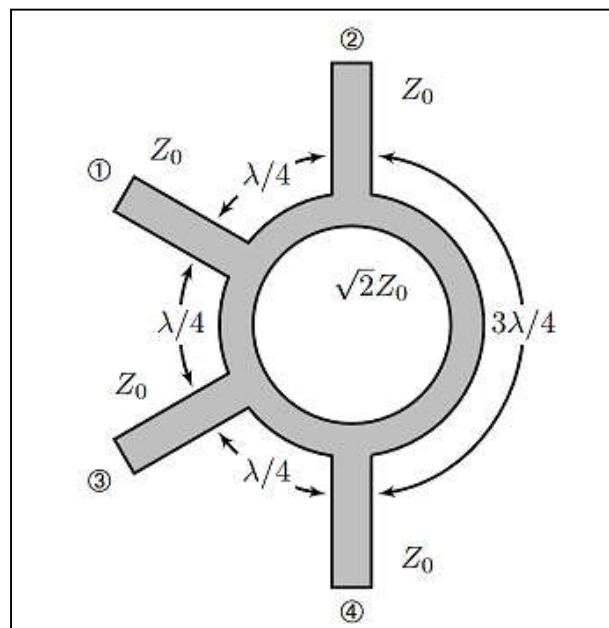


Fonctionnement

Entrée sur le port 1 ; Port 4 est isolé
Sorties = ports 2 et 3 sans déphasage

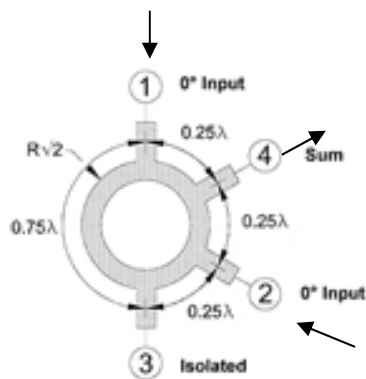
Entrée le port 4 ; Port 1 isolé
Sorties : ports 2 et 3 avec déphasage de 180

Entrées sur port 2 et port 3 :
Port 1 = somme des deux signaux
Port 4 = différence des deux signaux



coupleur hybride 180°

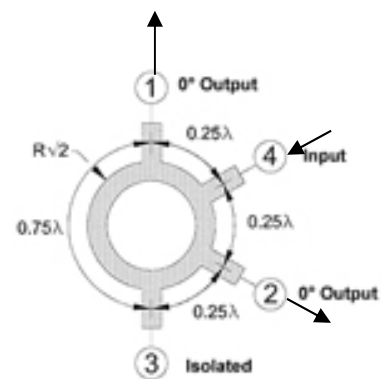
Les figures ci-dessous montrent les quatre configurations d'accès possibles et les relations de phase résultantes aux sorties du dispositif en fonction de l'entrée ou des entrées utilisées.



additionneur de puissance 0° (en phase)

les signaux incidents sont injectés en 1 et 2 et ressortent additionnés en amplitude sur le port 4.

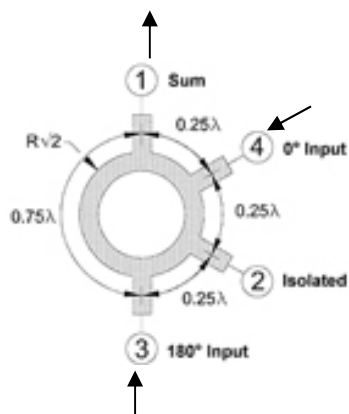
Les deux signaux additionnés en 4 sont en phase, mais déphasés de 90° ($\lambda/4$) par rapport aux signaux d'entrée.



diviseur de puissance 0° (en phase)

le signal est injecté en 4 et ressort en 1 et 2 avec la moitié de la puissance sur chacun des ports de sortie

Les deux signaux sortants sont en phase, mais déphasés de 90° ($\lambda/4$) par rapport au signal d'entrée.

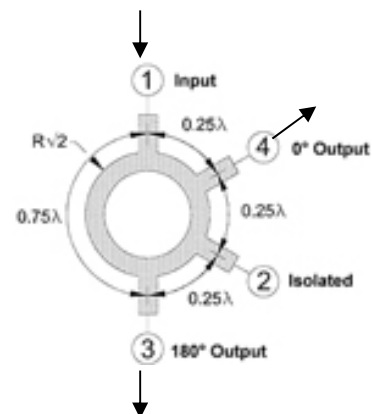


signal injecté en 4 : déphasé de $\lambda/4$ vers 1
signal injecté en 3 : déphasé de $3\lambda/4$ vers 1
 $3\lambda/4 - \lambda/4 = 2\lambda/4 = \lambda/2$ soit 180°

additionneur de puissance déphaseur de 180°

les signaux incidents sont injectés en 3 et 4 et ressortent additionnés en amplitude sur le port 1.

Les deux signaux additionnés en 1 sont déphasés de 180° entre eux.

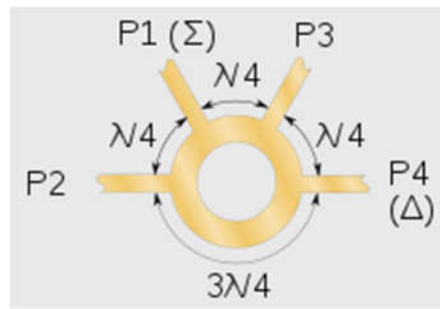


signal injecté en 1 : déphasé de $\lambda/4$ vers 4
signal injecté en 1 : déphasé de $3\lambda/4$ vers 3
 $3\lambda/4 - \lambda/4 = 2\lambda/4 = \lambda/2$ soit 180°

diviseur de puissance déphaseur de 180°

le signal est injecté en 1 et ressort en 3 et 4 avec la moitié de la puissance sur chacun des ports de sortie.

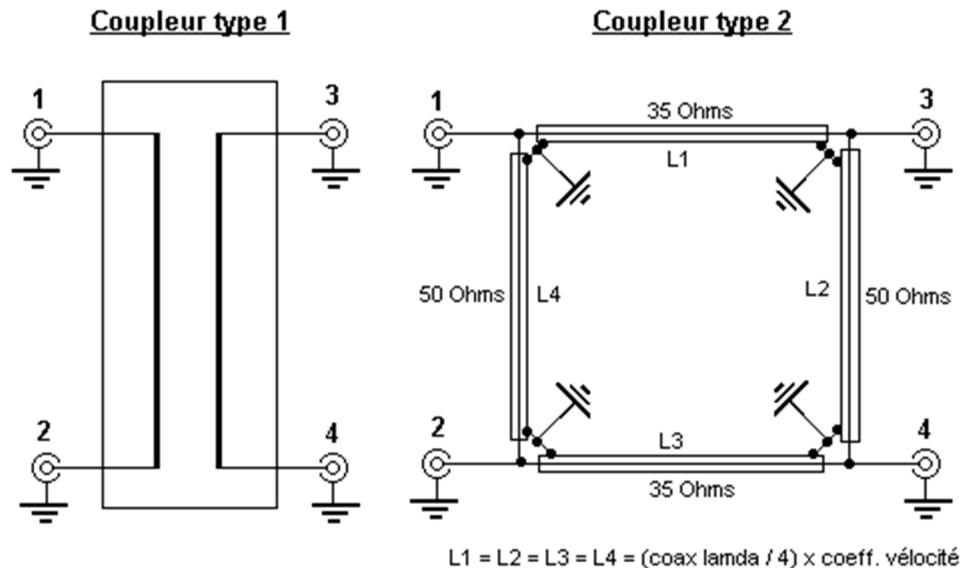
Les deux signaux sortants sont déphasés de 180° entre eux.



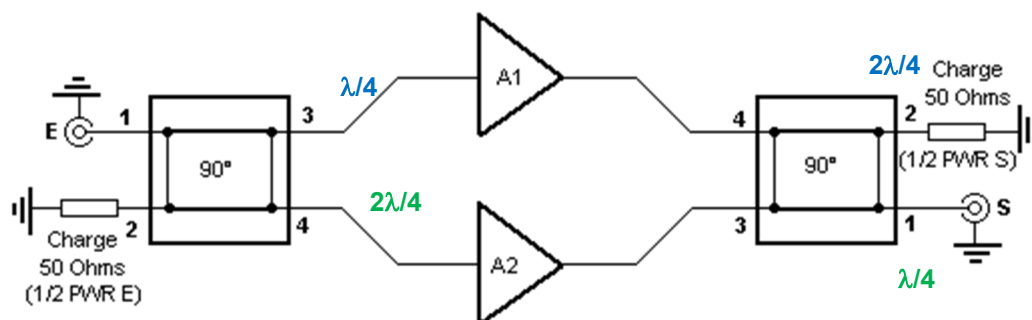
constitution de l'anneau réparti en $6 \times \lambda/4$ longueurs d'onde

Exemples d'utilisation en couplage

Pour coupler deux émetteurs sur une même antenne, on utilise pas de splitter, car l'énergie de chaque émetteur irait directement dans l'autre (à moins d'y mettre des filtres) mais des coupleurs hybrides à -3 dB:



Le type 2 est surtout utilisé pour coupler deux amplis (ou préamplis) par deux :



bilan des déphasages :

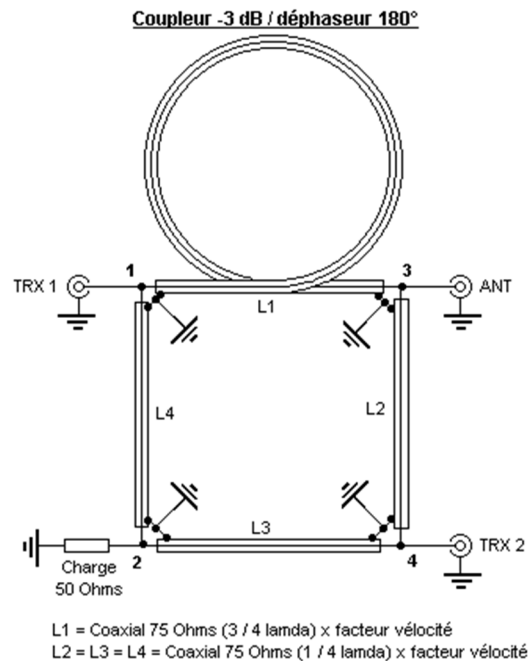
ligne supérieure : $\lambda/4 + 2\lambda/4 = 3\lambda/4$

ligne inférieure : $2\lambda/4 + \lambda/4 = 3\lambda/4$

Les deux signaux résultants sont en phase, et déphasés de 270° par rapport au signal s'entrée E.

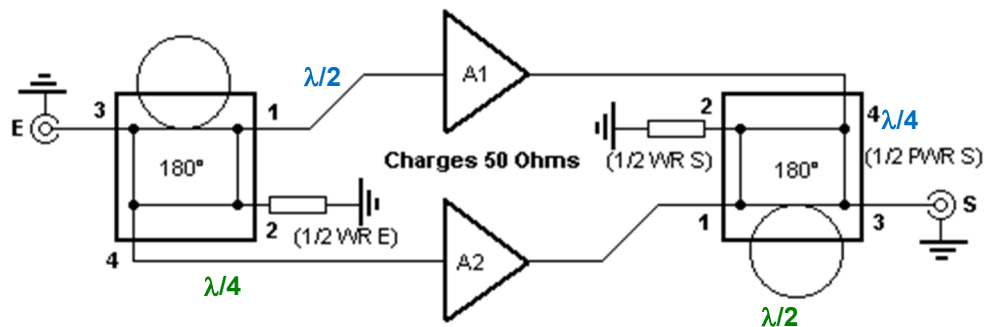
Le gain général est la somme des deux gains des amplis,
Si un des amplis est en panne, le gain est égal à celui de l'autre ampli.
Autres avantages : Ondulation réduite, meilleure adaptation (ROS).

Exemple d'un coupleur non standardisé fait maison (la somme des phases de l'anneau fait $5 \times \lambda/4$)



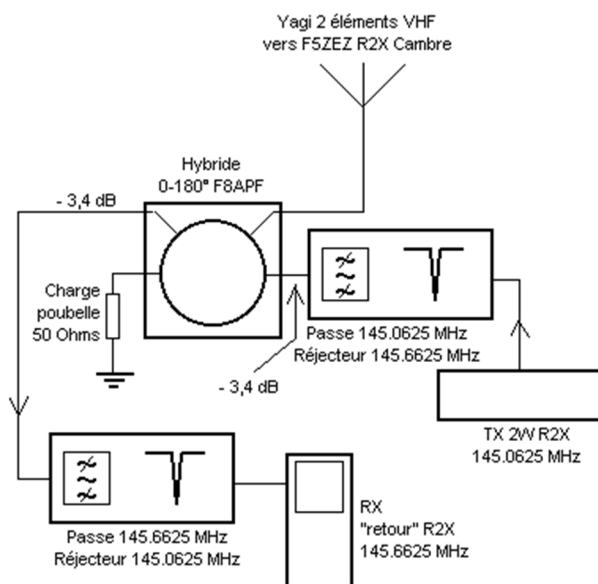
Les ports 1 et 3 se nomment "Delta" et les deux autres "Epsilon".

On peut aussi l'utiliser pour coupler des amplis, mais il faut les "inverser" l'un par rapport à l'autre, car on a 90° d'un côté et 270° de l'autre, soit une différence de 180° :

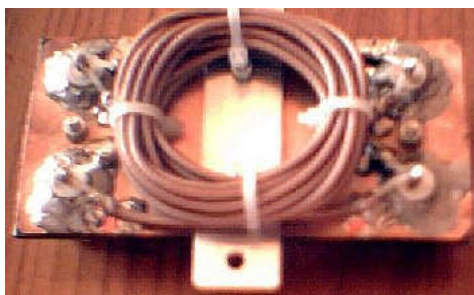


Les deux signaux résultants sont en phase, et déphasés de 270° par rapport au signal s'entrée E.

On peut coupler un émetteur sur une fréquence et un récepteur sur une autre fréquence proche (relais) sur la même antenne, des filtres associés au coupleur hybride constituent un excellent duplexeur. En effet, le coupleur provoque une perte de 3 dB (3,4 exactement) sur chaque appareil, mais AUGMENTE L'ISOLATION de 35 dB.



Réalisation :



3 lignes 75 Ohms quart-d'onde x facteur de vitesse (câble isolation téflon 0,69 ou polyéthylène 0,66). Utilisation des morceaux téflon de 35,7 cm de long.

1 ligne 75 Ohms trois quart-d'onde x FV. Utilisation un morceau téflon de 107 cm de long.

4 connecteurs N ou BNC, TNC...

Mesures :

ROS < 1,1 de 140 à 150 MHz

Isolation entre les ports face à face 35 dB.

Perte entre ports adjacents 3,4 dB.

IMPORTANT : Fonctionne aussi sur troisième harmonique : 420 à 450 MHz On peut coupler VHF et UHF

Pour info, sur des fréquences plus hautes, on utilise des anneaux en circuit imprimé (strip line) :



Pont à ROS



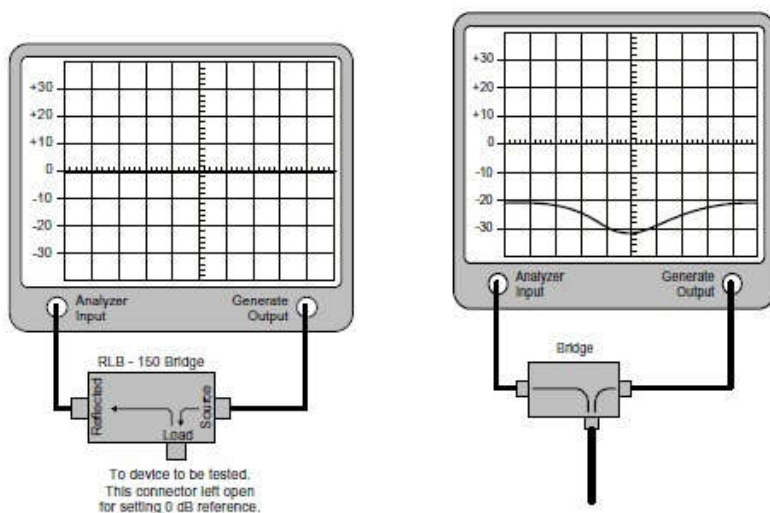
Appelé SWR Bridge dans la littérature anglaise, il s'agit un appareil qui permet de mesurer le ROS d'un équipement (ex antenne) avec un analyseur de spectre et un générateur à balayage.

On branche un générateur sur l'entrée RF input, une antenne sur DUT (device under test) et un analyseur sur SWR output.

Au point d'accord, l'énergie HF du générateur est complètement absorbée par l'antenne, et aucune énergie réfléchi ne ressort vers la sortie.

Sur une fréquence différente de la fréquence d'accord de l'antenne, du ROS est généré, et l'énergie réfléchi par l'antenne ne se dirige pas vers le générateur, mais vers la sortie.

Certains ponts ont 4 ports ; sur ce 4ème port en général marqué « ref » on branche une charge de 50 ohms.



à gauche : test du pont : comme aucune antenne n'est connectée sur load (DUT), 100% du signal du générateur se retrouve réfléchi vers l'entrée de l'analyseur.

à droite : avec une antenne, l'énergie incidente du générateur est absorbée et rayonnée par l'antenne, ce qui ne génère pas de réfléchi à la fréquence d'accord de l'antenne.

Le retour est égal à la différence en dB entre les valeurs avec le port ouvert et avec le dispositif connecté

La mesure du ROS est en dB , ci dessous un tableau de conversion du taux de retour en dB par rapport au ROS :

Retour en dB (R_ℓ)	ROS
30	1.06
25	1.11
20	1.20
19	1.25
17	1.33
16	1.37
15	1.43
14	1.50
13	1.57
12	1.67
11	1.78
10	1.92
9	2.10
7	2,6
6	3
3,5	5

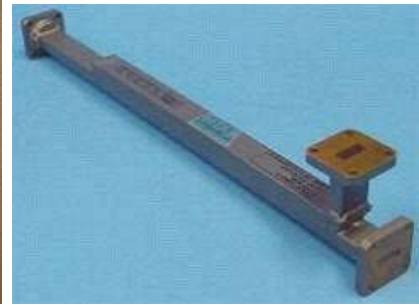
formule de conversion entre le retour en dB et le ROS:

$$R_\ell = 20 \log \frac{ROS-1}{ROS+1}$$

Coupleurs directifs à 3 ou 4 ports

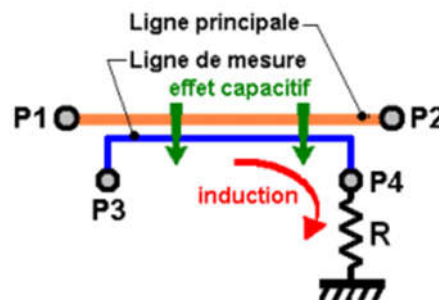


coupleurs directifs à connectique N



coupleur directif en guide d'onde pour les hyperfréquences (ex WR90 pour le 10 GHz) ; les fiches sont remplacées par des brides normalisées

Un coupleur directif sert à mesurer la puissance dans une ligne par prélèvement, par exemple entre un émetteur (P1) et une antenne (P2).



principe d'un coupleur directif

En mesurant la puissance sur P4, on mesure la puissance directe. En mesurant la puissance sur P3, on mesure la puissance réfléchiée. On peut ainsi calculer le ROS sur un coupleur directif à 4 ports. On l'utilise lorsqu'on souhaite avoir la mesure de la puissance et du ROS en permanence sur un émetteur.

P_e = puissance de la ligne principale entre P1 et P2

P_{mes} : puissance prélevée pour la mesure

F_c = facteur de couplage

$$F_c = 10 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{P_e}{P_{mes}} \right)$$

P_e et P_{mes} sont exprimées avec la même unité (watt, par ex.)

Exemple :

- Un coupleur 10 dB prélève 10% de la puissance véhiculée sur la ligne. Si celle-ci est de 100 W (50 dBm), la puissance disponible sur le port de mesure sera de 10 watts (40dBm), c'est à dire à un niveau de
-10dB par rapport au niveau sur le port P1 à l'entrée de la ligne principale.

Plus le facteur de couplage est faible, plus grande sera la puissance disponible pour la mesure. Pour des mesures en QRP on peut descendre à 10 dB car l'amplitude du signal doit nettement dépasser seuil de la diode de redressement.

Le facteur de couplage est généralement de 20 ou 30dB. La puissance prélevée pour la mesure fait partie des pertes d'insertion du coupleur.

Directivité d'un coupleur

La directivité d'un coupleur est liée à l'isolement entre les ports P3 et P4. Lors de la mesure dans le sens direct, une petite partie du signal de mesure de l'onde réfléchie est présente sur le port de mesure de l'onde directe. Ce signal va s'ajouter ou se retrancher (selon sa phase) au signal de mesure de l'onde directe. Cette perturbation est d'autant plus importante que la directivité est faible et l'amplitude de l'onde réfléchie est grande, dans le cas d'un ROS important.

Exemple :

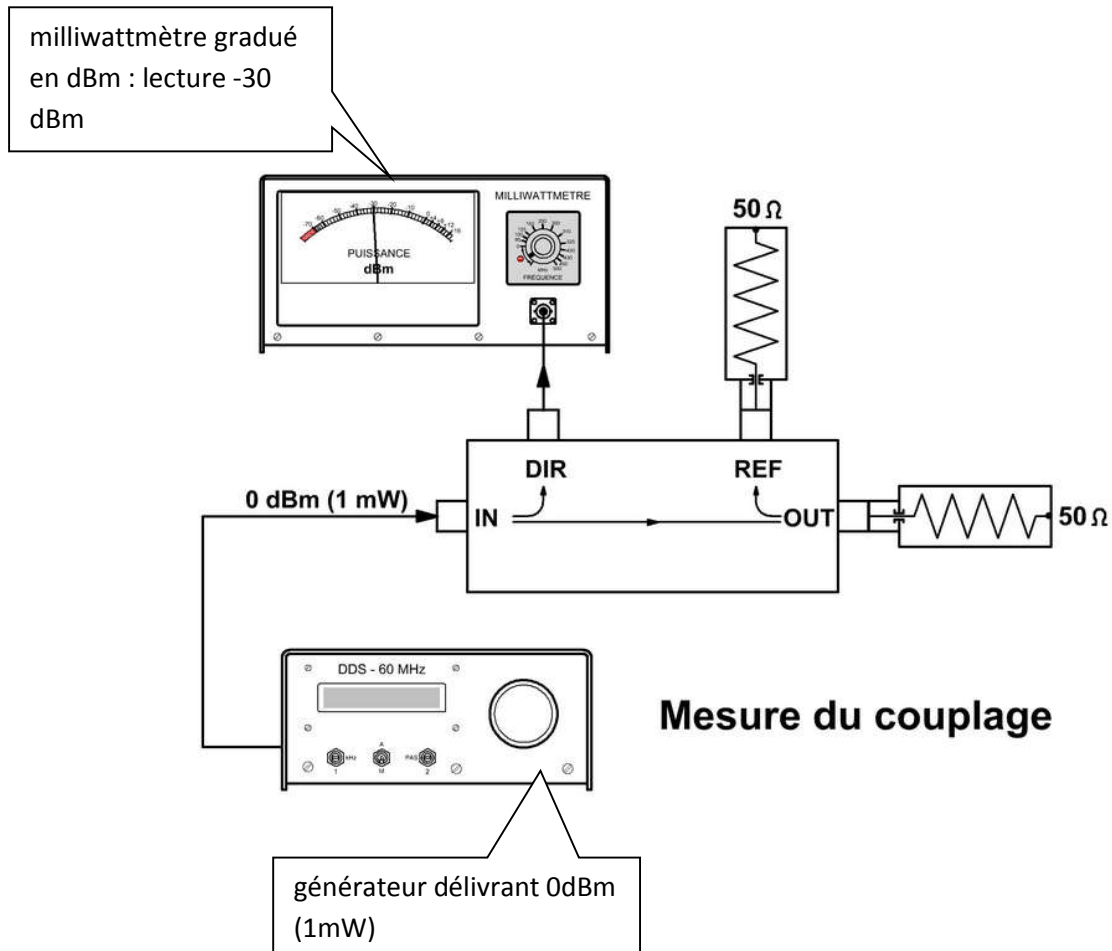
Soit un coupleur directionnel dont le facteur de couplage est 20 dB et la directivité 30dB. Si la "puissance" de l'onde directe est 100 W (50 dBm) et la "puissance" de l'onde réfléchie est 4 W (36 dBm) (pour un ROS de 1,5), la puissance disponible pour la mesure de l'onde directe sera de 1 W (30 dBm soit 20dB de moins que le signal direct) et celle du signal de l'onde réfléchie de 0,04 W (16 dBm). Comme la directivité est de 30 dB, la fraction du signal de l'onde réfléchie perturbant la mesure de l'onde directe sera de 0,00004 W soit -14 dBm soit -30dB de moins, quantité négligeable par rapport au 1 W du signal de mesure.

Par contre, dans la mesure de la "puissance" réfléchie (0,04 W) la fraction du signal de mesure de la puissance directe (1W) qui perturbera la mesure de l'onde réfléchie sera de 0,001 W ce qui représente déjà plus de 2% d'erreur. C'est pour la mesure des faibles valeurs de l'onde réfléchie que l'erreur relative est la plus grande.

Caractéristiques d'un coupleur directionnel

Le choix d'un coupleur directionnel dépend de :

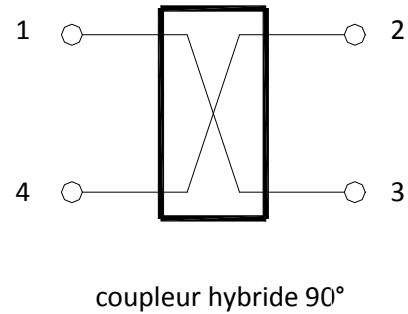
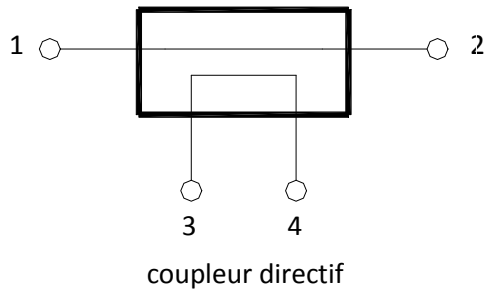
- la puissance maximum à transmettre, elle dépend de la qualité de la réalisation et des dimensions du coupleur.
- la bande de fréquence d'utilisation, déterminée par le type et la technologie utilisée
- la précision de la mesure, d'autant meilleure que la directivité du coupleur sera grande.
- la puissance minimum nécessaire pour la mesure, liée à la puissance dans la ligne principale et au facteur de couplage



mesure du couplage en sens direct d'un coupleur directif 4 voies : -30 dB

Paramètres du coupleur

De façon plus générale, un coupleur directif est un quadripôle réciproque $S_{ij} = S_{ji}$, adapté $S_{ii}=0$ et idéalement sans pertes.



Couplage:

$$C(dB) = 10 \cdot \log \left[\frac{P_3}{P_1} \right]$$

Isolation:

$$I(dB) = 10 \cdot \log \left[\frac{P_4}{P_1} \right]$$

Directivité:

$$D(dB) = 10 \cdot \log \left[\frac{P_4}{P_3} \right] = 10 \cdot \log \left[\frac{P_4}{P_1} \cdot \frac{P_1}{P_3} \right] = I(dB) - C(dB)$$

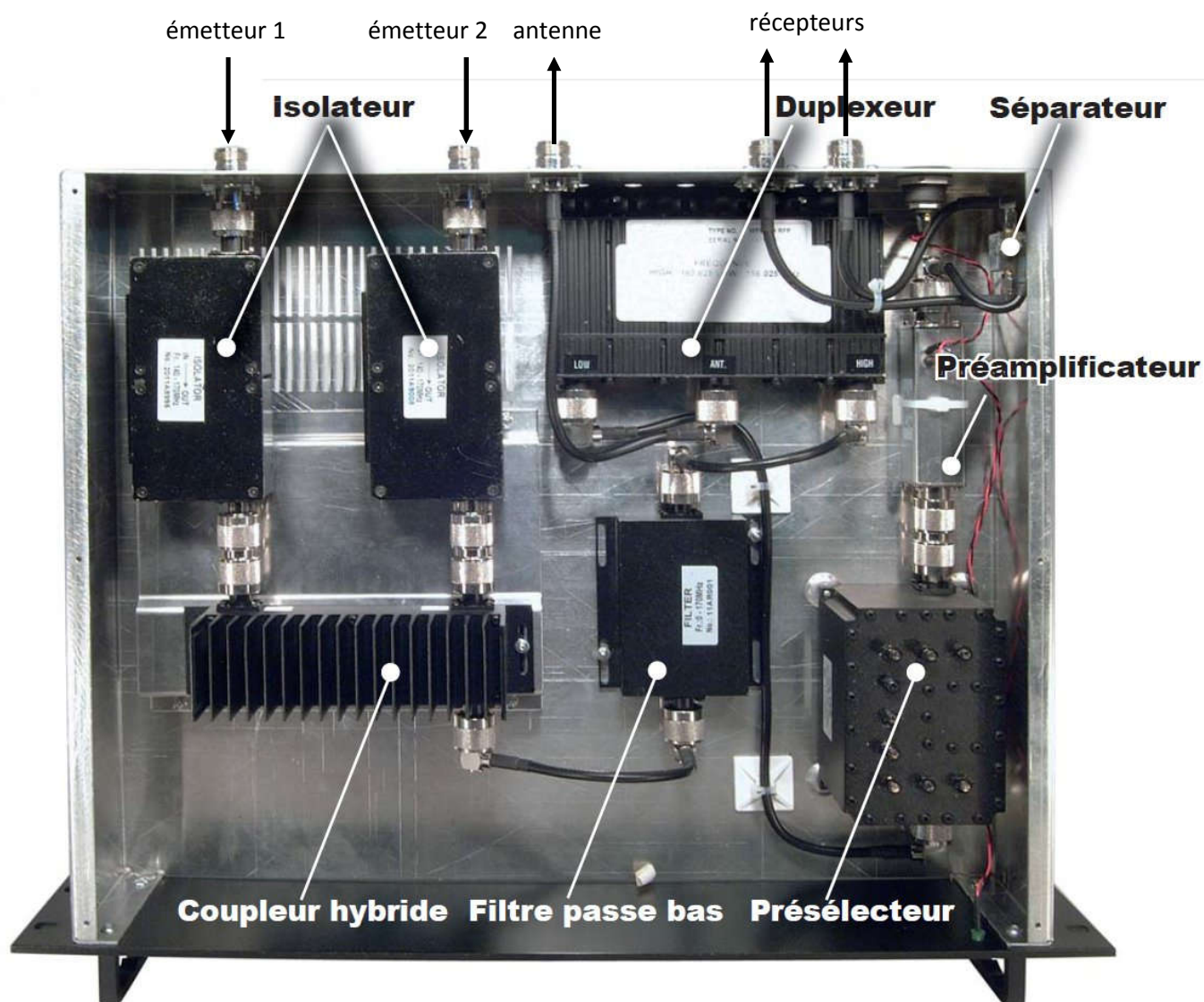
La directivité mesure la qualité du coupleur et joue un rôle très important dans la précision des mesures par réflectométrie.

Exemples de compositions

Voici deux exemples de compositions de divers composants installé dans un rack 19'' comprenant des isolateurs, un coupleur hybride, des filtres, un duplexeur.

Exemple de composition 1

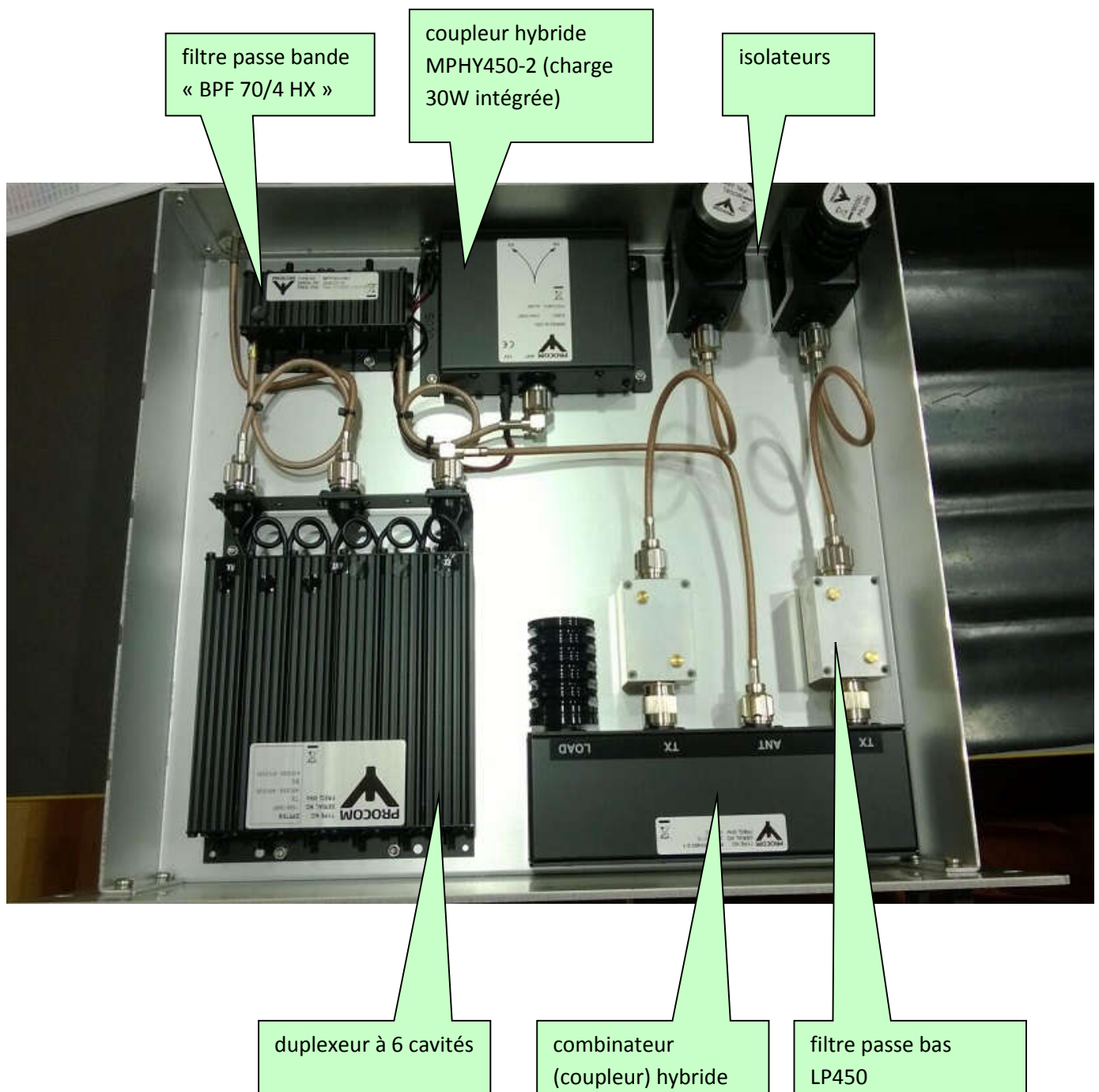
La technique de couplage hybride s'accompagne d'une perte de puissance relative. La moitié de la puissance (pour une version deux voies) est dissipée dans le coupleur. Cette perte théorique s'accompagne de celle des différents éléments constituant le dispositif. Par exemple, avec deux émetteurs de 25 W, on obtient une puissance de 7 W par canal.



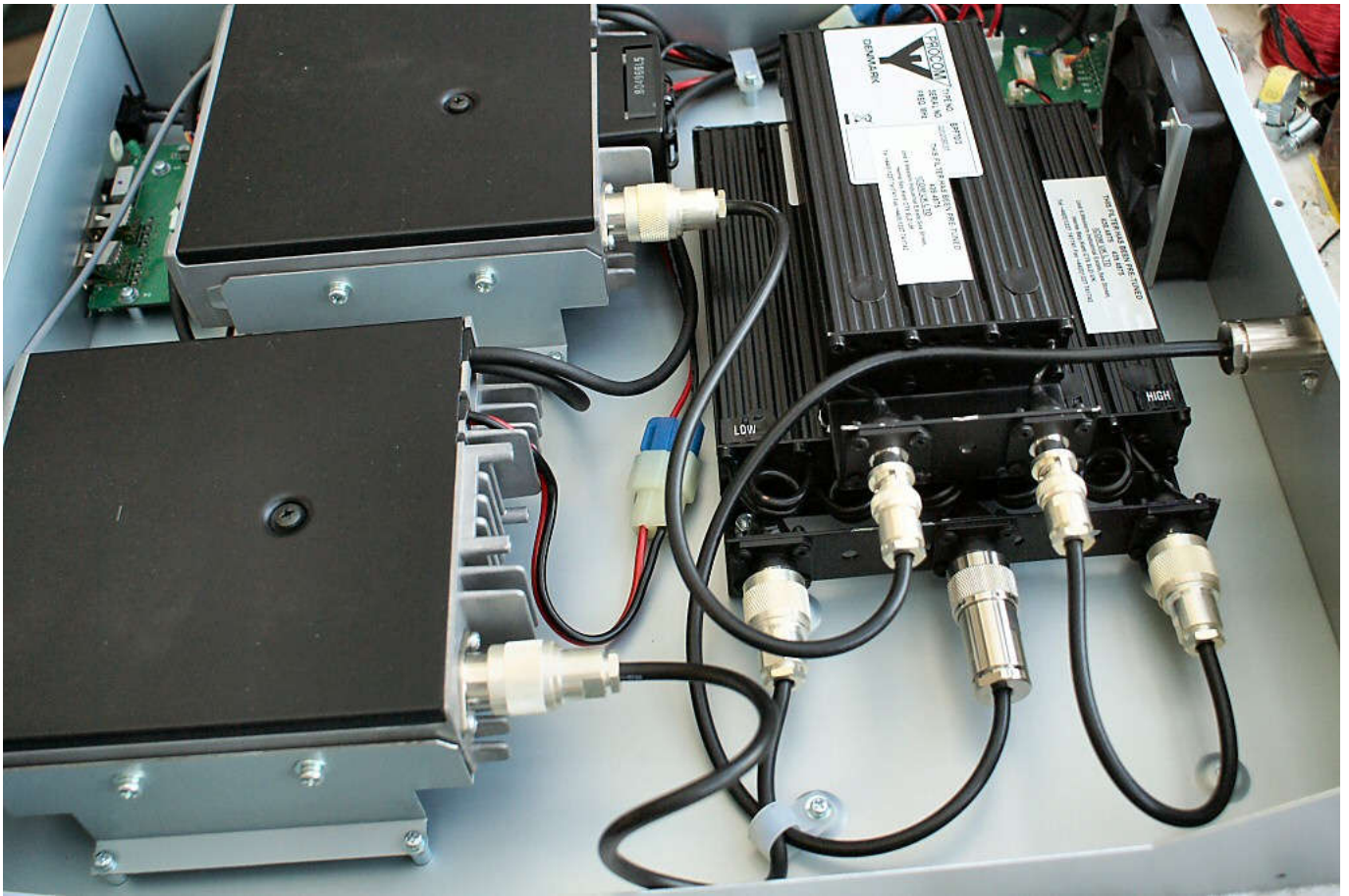
Les fréquences des deux émetteurs doivent être au maximum espacées de 1,5 MHz. Il faut régler le duplexeur sur la fréquence médiane des deux émetteurs. Afin d'éliminer l'harmonique 2 inévitablement produite par les isolateurs à ferrite, un filtre passe bas est placé en sortie du coupleur hybride.

Au niveau de la réception et afin de compenser les pertes dues au partage du signal vers plusieurs récepteurs, un préamplificateur a été mis en place. Afin de ne pas surcharger inutilement les étages d'entrée des récepteurs, son gain est volontairement faible (13 dB maximum). Le présélecteur est un filtre passe bande de 7 MHz pour la réception.

Exemple de composition 2



Exemple de composition 3



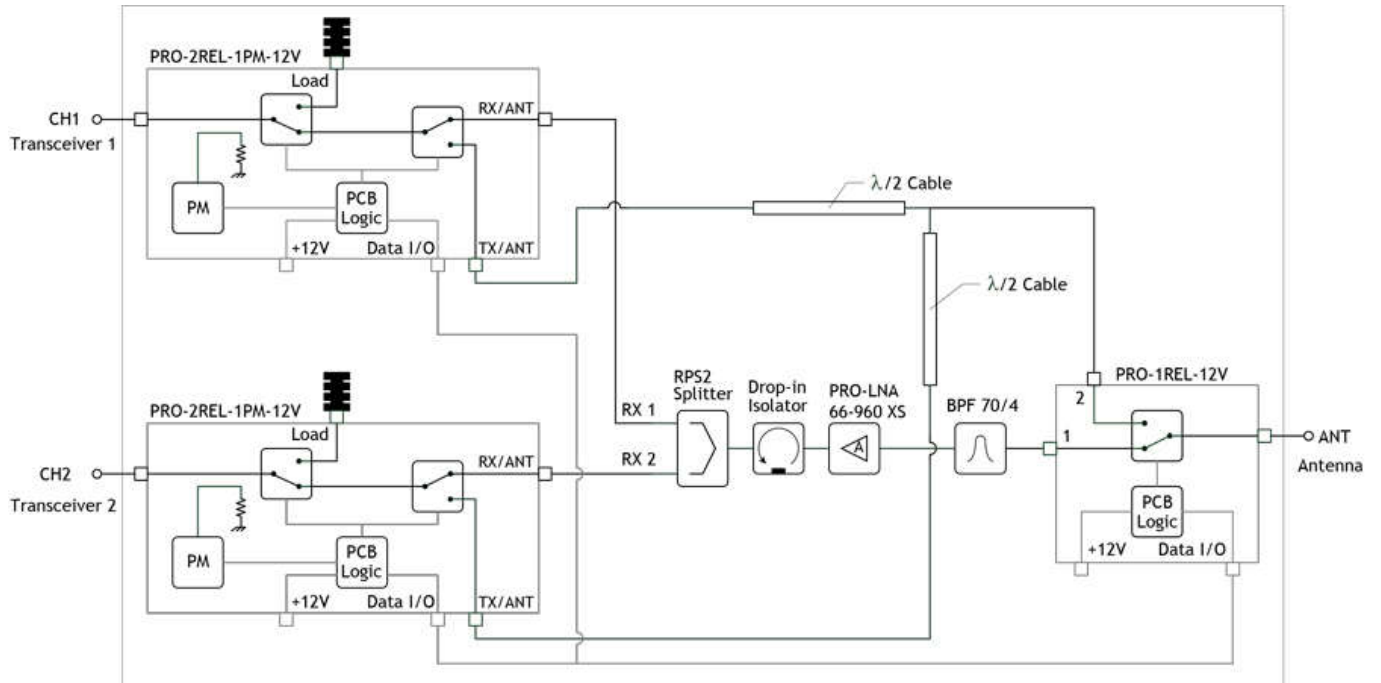
L'émetteur est suivi d'un filtre passe bande à 3 cavités BPF70/3 avant d'entrer dans le duplexeur à cavités qui relie le récepteur.

Diagramme d'un combineur procomm PRO-COM450-SRC-2

(2 canaux)

Bande passante entre les deux canaux : 4 MHz.

Puissance mini 3W, maxi 50W.



Quelques formules utiles

conversion des dBm en watts (sur 50 Ω):

Formule

$$P \text{ (watt)} = \frac{10^{\frac{P(\text{dBm})}{10}}}{1000} \text{ watt}$$

Exemple: 25 dBm en watts

$$P \text{ (watt)} = \frac{10^{\frac{25}{10}}}{1000} = 0.3162 \text{ watt}$$

Conversion des watts en dBm (sur 50 Ω):

$$P(\text{watts}) = 10 \times \log_{10} (P(\text{dBm})) + 30$$

Exemple : **300 mW** en dBm

$$P(\text{watts}) = 10 \times \log_{10}(0,3) + 30$$

$$P(\text{watts}) = \mathbf{24,7 \text{ dBm}}$$

Liste des plaquettes :

1. Introduction au DMR et au TETRA
2. Composants radio-électriques passifs particuliers
3. Mesures complexes en hautes fréquences
4. Adaptations d'impédances
5. Réseaux Ethernet et connectivités
6. Complément sur les adaptations d'impédances
7. Lignes de transmissions
8. Foudres, surtensions et protections
9. Cavités duplexeurs et montages à cavités