

MESURE DE LA PUISSANCE DIRECTE, RÉFLÉCHIE ET R.O.S. AU MOYEN DE COUPLEURS DIRECTIFS POUR RADIOCOMMUNICATIONS MOBILES.

Reinhardt Weber DC5ZM & AI6PK
Traduction : Jacques Assael F5YW

En raison de modifications techniques de la part des fournisseurs de produits pour radiocommunications mobiles, des commerçants chinois proposent des coupleurs directionnels sur eBay à des prix très bas [1].



Fig. 1 : Coupleurs directifs chinois

Caractéristiques mentionnées :

$f = 800 \text{ MHz}$ à $2,5 \text{ GHz}$, couplage 5 à 40 dB , $P_{\text{max}} = 200 \text{ W}$, affaiblissement d'insertion $< 0,05 \text{ dB}$, isolement $\geq 20 \text{ dB}$.

Ces caractéristiques sont suffisantes pour les applications radioamateur. Pour mesurer la puissance, calculer l'affaiblissement de réflexion et le R.O.S. et afficher les résultats, un dispositif électronique supplémentaire est nécessaire. Un tel dispositif est présenté ci-dessous. Il devrait vous aider à optimiser votre liaison montante vers Oscar 100 sur $2,4 \text{ GHz}$.

Cet outil repose sur un Arduino Uno avec clavier-afficheur incorporé à DEL 1602. Pour mesurer la puissance des ondes incidente et réfléchie, on utilise deux modules chinois AD8318. Ces modules contiennent une puce d'amplificateur logarithmique AD8318 fabriquée par Analog Devices. La plage de fréquences est comprise entre 1 MHz et 8 GHz pour des systèmes sur 50 ohms . L'erreur de mesure jusqu'à 6 GHz est de $\pm 1 \text{ dB}$ sur une plage dynamique de 55 dBm . Le module utilise un régulateur 5 V embarqué ; V_{cc} doit donc être relié à la broche V_{in} de l'Arduino (7 V à 9 V).

Les modules dépourvus de régulateur de tension doivent être reliés à la broche $+5 \text{ V}$ de l'Arduino. Connectez la broche OUT du module 1 à la broche analogique A1 de l'Arduino, la broche OUT du module 2 à A2, et n'oubliez pas de relier GND à GND.

Aucun circuit imprimé n'est nécessaire pour réaliser ce dispositif. La figure 2 représente tous les composants montés sur une petite plaque en acrylique utilisant des boulons d'entretoise pour montage « piggy-back ».



Fig. 2 : Arduino Uno connecté à deux modules AD8318

Les paramètres des coupleurs directifs dépendent de la fréquence. Malheureusement, aucune courbe d'étalonnage n'est fournie par le constructeur.

C'est la raison pour laquelle il vous faudra utiliser deux éléments identiques pour la mesure.

Pour calculer l'affaiblissement de réflexion et le R.O.S., seule la relation entre les puissances incidente et réfléchie est importante.

Les valeurs absolues ne sont nécessaires que pour déterminer les puissances. Le mode opératoire sera expliqué ultérieurement.

La valeur du niveau d'entrée maximum du module AD8318 est de 12 dBm . Si l'on utilise des coupleurs 20 dB , le niveau d'entrée le plus élevé est de 100 mW , 1 W avec des coupleurs 30 dB . Pour des niveaux de puissance supérieurs, on utilise des atténuateurs supplémentaires sur les connecteurs d'entrée SMA des modules.

Des niveaux d'entrée d'environ -30 dBm (au centre des courbes de fréquence, voir la figure 4) fournissent les erreurs de mesure les plus faibles. La figure 3 représente un montage type d'essai d'antenne.

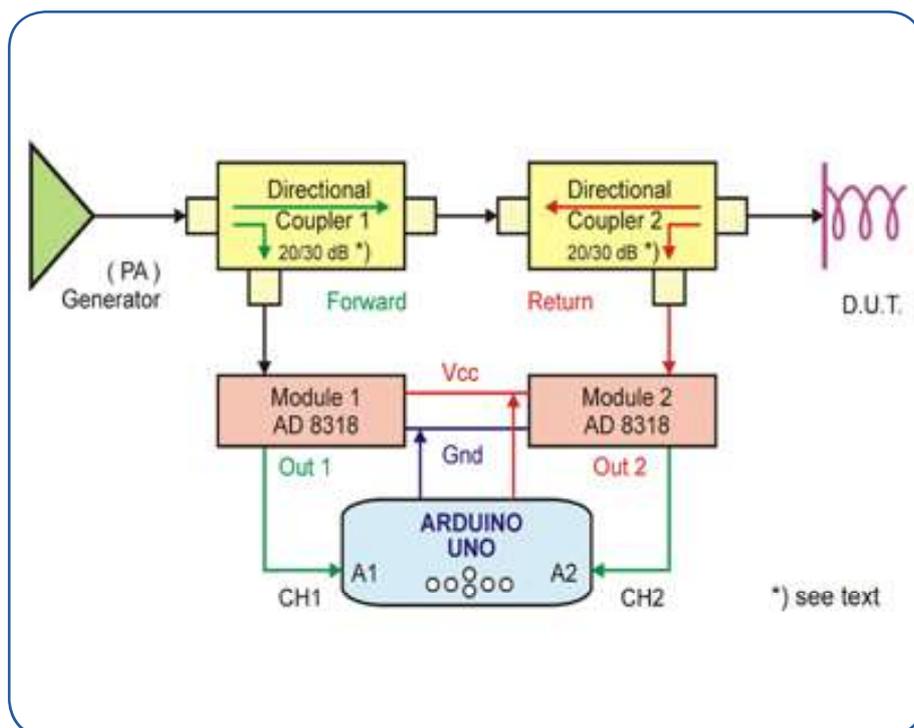


Fig. 3 : Montage pour mesure d'antenne

Après mise sous tension du dispositif, le Menu 1 s'affiche.
 Les touches « LEFT/RIGHT » (Gauche/Droite) permettent de choisir l'une des 6 courbes d'étalonnage en fréquence, conformément à la fiche de caractéristiques de l'AD8318 (Figure 4). L'étalonnage en fréquence est toujours valable pour les deux voies.

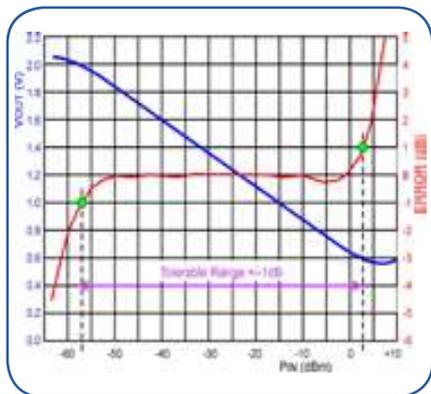


Fig. 4 : Courbe d'étalonnage type pour AD8318

Plage tolérable ±1 dB.

ERREUR (dB)

Régler la somme de la valeur de couplage et des atténuateurs au moyen des touches « UP/DOWN » (Haut/Bas). Enfoncez la touche en la maintenant pour augmenter ou diminuer les valeurs par pas de 1 dB. 1L indique le niveau de CH 1 en dBm, 1P la puissance en unités linéaires (Figure 5).



Fig. 5 : Menu 1

En appuyant pendant une seconde sur la touche « SELECT » (Sélection) on passe au Menu 2 permettant de régler la voie 2.

L'opération est équivalente à celle de la voie 1.

En appuyant à nouveau pendant une seconde sur la touche « SELECT », on affiche le Menu 3. (Figure 6).

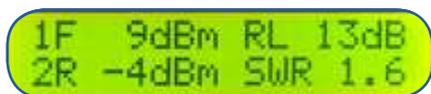


Fig. 6 : Menu 3

Du côté gauche sont affichés les niveaux de la voie 1F (Forward (Direct)) et de la voie 2R (Reflected (Réfléchi)). À partir de ces valeurs, le programme du contrôleur calcule l'affaiblissement de réflexion (RL) et le rapport d'ondes stationnaires (SWR (ROS)). La dynamique de l'AD8318 est comprise entre -55 dBm et 0 dBm. Si l'erreur de niveau de 1 MHz jusqu'à 5,8 GHz dépasse ± 1 dBm, le numéro de la voie correspondante commence à clignoter. À 8 GHz, on accepte une tolérance de ± 2 dBm.

On ne doit pas dépasser une puissance d'entrée de 12 dBm. Si la puissance de l'onde réfléchie (2R) est supérieure à celle de l'onde incidente (1F), un message d'erreur s'affiche (Figure 7).



Fig. 7 : Message d'erreur

En appuyant à nouveau pendant une seconde sur la touche « SELECT », on revient au Menu 1.

Le logiciel contrôleur pour l'Arduino (dBm-Meter-AD8318_dual_V1.ino) peut être téléchargé sur le serveur du REF par le lien suivant : <http://urls.r-e-f.org/ij691wo>

Si vous utilisez des coupleurs avec des données inconnues ou des coupleurs différents pour les ondes incidente et réfléchie, il faut en déterminer les caractéristiques. La figure 8 représente le montage de mesure.

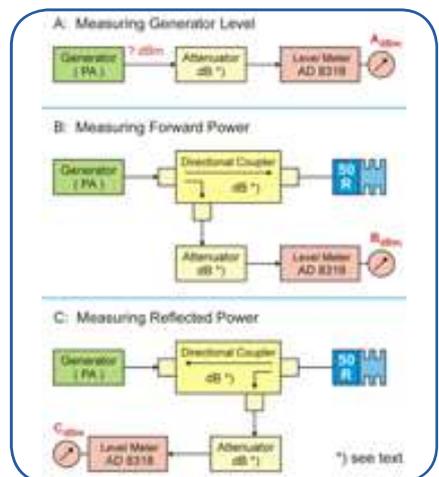
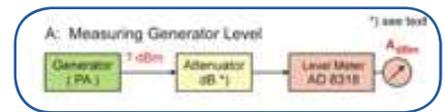
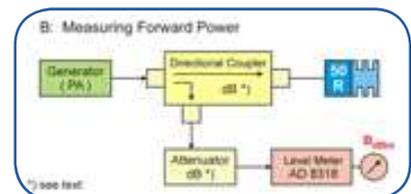


Fig. 8 : Détermination des caractéristiques essentielles des coupleurs directs

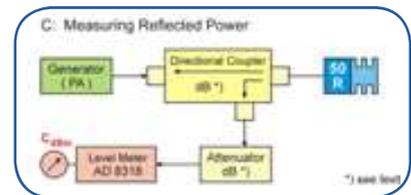
A : Mesure du niveau du générateur Générateur (PA) Atténuateur dB *) Mesureur de niveau AD 8318



B : Mesure de la puissance incidente Générateur (PA) Coupleur directif dB *) Atténuateur dB *) Mesureur de niveau AD 8318



C : Mesure de la puissance réfléchie Générateur (PA) Coupleur directif dB *) Atténuateur dB *) Mesureur de niveau AD 8318 *) voir texte



MESURE A :

Sélectionnez la courbe de fréquence appropriée. Choisissez un affaiblissement total pour un niveau d'entrée d'environ - 30 dBm de l'appareil de mesure et réglez ATT à cette valeur (CH 1).

1L et 1P indiquent la puissance du générateur (PA), AdBm.

MESURE B :

Choisissez le réglage comme indiqué en A. La valeur de puissance affichée s'applique à l'onde incidente BdBm.

La qualité de la résistance de charge de 50 ohms est essentielle pour une mesure précise.

Certains types de connecteurs SMA ou BNC spécifiés jusqu'à 6 GHz sans mention du ROS sont inutilisables. Le modèle économique 50R/5W avec R.O.S. = 1,2 est conseillé [2].

MESURE C :

Le montage est le même qu'en A. La valeur de puissance affichée s'applique à l'onde réfléchie CdBm.

ÉVALUATION DE LA MESURE :

Le rapport entre la puissance du générateur et l'onde incidente est appelé facteur de couplage. Puisque toutes les valeurs sont données en unités logarithmiques, la détermination du rapport en dB correspond à la soustraction arithmétique de deux valeurs.

Facteur de couplage = AdBm - BdBm.

En soustrayant la puissance réfléchie de la puissance incidente, on obtient l'affaiblissement de réflexion du coupleur.

Affaiblissement de réflexion = BdBm - CdBm.

Cette valeur indique la qualité avec laquelle le coupleur distingue les puissances des ondes incidente et réfléchie.

Connaissant l'affaiblissement de réflexion (RL), le calcul du R.O.S. est une simple opération arithmétique. RL doit être aussi grand que possible car il détermine le R.O.S. le plus faible mesurable. La figure 9 représente la corrélation entre RL et SWR (R.O.S.). Une valeur de RL de 20 dB est bonne, et elle est suffisante pour le radioamateur.

Affaiblissement de réflexion dB R.O.S.

Affaiblissement de réflexion dB R.O.S.

Return Loss dB	SWR	Return Loss dB	SWR
1	17.4	11	1.79
2	8.72	12	1.67
3	5.85	13	1.58
4	4.42	14	1.50
5	3.57	15	1.43
6	3.00	16	1.38
7	2.62	17	1.33
8	2.32	18	1.29
9	2.10	19	1.25
10	1.92	20	1.22

Fig. 9 : Corrélation entre RL et le R.O.S

Si vous souhaitez vous informer en détail sur la construction, le fonctionnement et la signification des valeurs caractéristiques des coupleurs directifs, effectuez une simple recherche sur Google [6].

La carte chinoise « ADF4351 Eval Board » est un générateur de test bon marché couvrant la plage de fréquence allant de 35 MHz à 4,4 GHz. On peut choisir parmi quatre niveaux de sortie : - 4 dBm, - 1 dBm, + 2 dBm et + 5 dBm. Ce module peut être commandé par un Arduino Uno par l'intermédiaire d'un bus SPI (Figure 10).

La puce ADF4351 d'Analog Devices fonctionne avec une alimentation de 3,0 V à 3,6 V. Le module est synchronisé par un oscillateur à quartz embarqué à 10 MHz. Ce module comporte un connecteur SMA destiné à recevoir des signaux d'horloges externes, par exemple des oscillateurs pilotés par GPS.



Fig. 10 : Générateur d'essai, module ADF4351 commandé par un Arduino Uno

Alain Fort F1CJN a publié sur Internet un article intéressant contenant toutes les informations pour la construction et le câblage, y compris le programme du contrôleur Arduino [7].

RÉSUMÉ :

On peut utiliser des coupleurs directifs pour radiocommunications mobiles économiques pour effectuer des mesures à 2,4 GHz. Lorsque vous évaluez les performances d'un tel dispositif, n'oubliez pas que le prix des coupleurs de précision fabriqués par des constructeurs renommés dépasse souvent les 500 €.

Amusez-vous bien avec vos réalisations.

73 de Reinhard DC5ZM
(weber.r1@t-online.de)

ANNEXES :

[1] à [6] : Copiez et collez simplement le texte dans la boîte de recherche eBay.

[1] Mobiltelefon RF Koaxial Richtkoppler 800 - 2500 MHz 200 W 5/10/20/30/ 40 DB 50 Ohms.

[2] 5 Watt Dummy Load 50 Ohm N Typ männlichen 800-3000 MHz.

[3] Dämpfungsglieder 20 dB.

[4] Adapter-N-Stecker-Stecker-Auf-Sma-Buchse-Hf-Stecker-Gerade.

[5] 20 CM Length SMA Male to SMA Male Connector Pigtail Cable Wire.

[6] Richtkoppler für Leistungs- und SWR-Messungen DL6GL.

Kenngößen und Auswahl eines Richtkopplers.

[7] Google : Arduino ADF4351 RF Generator by Alain Fort F1CJN.