

## ➤ Trois sondes pour des mesures (presque) sans perturbation des circuits HF

F9HX, André JAMET

### Introduction

Les mesures sur des circuits à haute fréquence en fonctionnement sont souvent erronées car le raccordement de l'appareil de mesure perturbe ces circuits. Il est courant d'utiliser des sondes prévues pour être raccordées à l'entrée d'un oscilloscope.

Malheureusement, même si leur fréquence d'utilisation va jusqu'à 100 et même 400 MHz, leur impédance d'entrée, due principalement à la capacité qu'elles imposent au circuit mesuré, est insuffisante pour être considérée comme négligeable [1].

Voici par exemple les caractéristiques de sondes passives de marques réputées [2]:

Sch	: 1/10	10 MΩ	12,5 pF	200 MHz
1/100	9,1 MΩ	4 pF	400 MHz	
Tek	: 1/10	10 MΩ	12,5 pF	100 MHz

Des sondes dites actives comprenant un préamplificateur FET ou similaire incorporé permettent d'obtenir des performances supérieures pour un coût évidemment plus élevé :

Ag	: 1 MΩ	0,7 pF	500 MHz
Rh	: 9 MΩ	3 pF	3 GHz
Tek	: 1 MΩ	1 pF	1,5 GHz
	100 kΩ	0,4 pF	4 GHz

Pour une utilisation correcte d'une sonde, il faut respecter la valeur de la résistance d'entrée de l'appareil de mesure auquel elle doit être raccordée. Celles destinées à un oscilloscope sont prévues pour une charge de 1 mégohm ; leur raccordement à un analyseur de spectre ou à tout autre appareil de mesure faisant 50 ohms conduirait à des erreurs grossières. Au contraire, celles prévues pour 50 ohms ne doivent pas être utilisées directement avec un oscilloscope classique.

Si les sondes professionnelles ont pour but de mesurer qualitativement (la forme d'onde) et quantitativement (l'amplitude) d'un signal, il est possible de réaliser soi-même des sondes ayant moins d'ambition mais répondant à nos besoins. Par exemple, pour un multiplicateur de fréquence à plusieurs étages, il est seulement nécessaire de régler les étages successifs pour le maximum de l'harmonique désiré, étage par étage, sans pour autant connaître les niveaux réels des signaux. Par contre, le moyen utilisé ne doit pas trop perturber le fonctionnement des étages durant le réglage des polarisations et l'accord des circuits oscillants.

de petit diamètre RG 174 U avec une fiche BNC à une extrémité et une spire fermée à l'autre. Cette boucle d'environ un centimètre est réalisée en ôtant la tresse sur trois centimètres et en la court-circuitant avec l'extrémité de l'âme, préalablement dégagée de son isolant sur quelques millimètres. Pour éviter des courts-circuits lors de l'utilisation, cette boucle et la soudure avec la tresse sont enrobées avec de la colle à deux composants. La photographie montre la réalisation qui est des plus simples. On peut aussi réaliser la sonde avec du coaxial semi-rigide et une mini-boucle pour atteindre les fréquences les plus élevées.

raccordement sera direct ; dans le cas d'une entrée à haute impédance, une charge de 50 ohms sera intercalée sous la forme d'une charge de passage ou d'un ensemble T plus chargé (à voir sur la photographie). La charge de la sonde réduit le risque de captation de signaux par un coaxial non adapté et faisant « antenne ».

Voici un exemple d'observations faites sur un montage utilisant un pilote à quartz sur 106,5 MHz suivi de multiplicateurs pour délivrer du 10 224 MHz. Avec un oscilloscope 100 MHz, on peut aisément voir la sinusoïde produite par l'oscillateur. Avec un oscilloscope à échantillonnage montant à 1 GHz, le 1278 MHz est visible ainsi que les ondes chargées d'harmoniques des étages précédents.

Pour aller plus loin, il est aisé, avec un analyseur montant à 18 GHz, de visualiser le 5 112 et le 10 224 MHz avec la sonde décrite plus haut.

technique



Sonde inductive

Les trois sondes présentées ici répondent à ce besoin.

### Sonde inductive

Ce type de sonde, dite de Moebius, est utilisé couramment pour les mesures en compatibilité électromagnétique [3]. Il s'agit d'une simple boucle permettant de capter un champ magnétique. Il n'y a qu'un pas pour l'utiliser dans nos montages et mettre en évidence les endroits où se promène de la HF, en connaissant la fréquence et régler des éléments ajustables (circuits accordés par des noyaux et/ou des condensateurs ajustables). Il n'est pas question ici de mesurer le niveau mais de visualiser ses variations.

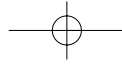
La version présentée ici est très simple : une longueur de 50 cm à un mètre de câble coaxial

Quelle facilité pour « renifler » le champ sous le boîtier d'un filtre Neosid et pouvoir régler chacun des noyaux pour un maximum de sortie ou la bande passante requise sans crainte de perturber le filtre !

La sonde peut être reliée à un analyseur de spectre ou à un oscilloscope, éventuellement en parallèle avec un fréquence-mètre. Si l'impédance d'entrée de l'appareil est de 50 ohms, le

### Sonde capacitive

Avec une sonde inductive, il est quelquefois difficile de bien localiser l'endroit où l'on veut agir ; le champ est diffus et l'on n'est pas certain de visualiser le bon signal. Alors, une sonde capacitive raccordée au point exact est la solution. Comme les sondes classiques ne conviennent pas, il faut en réaliser une présentant une très faible capacité : figure 1.



# technique

figure 1

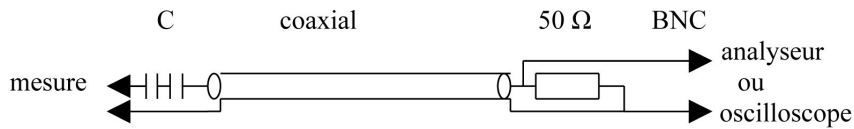


Figure 1. Schéma de la sonde capacitive

figure 2

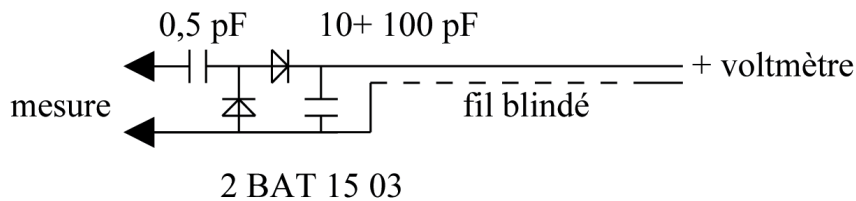
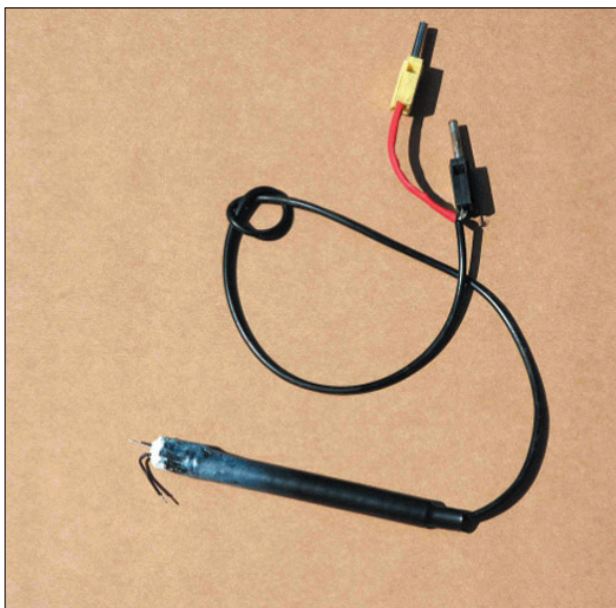


Figure 2. Sonde à diodes



Sonde capacitive

Prenons un coaxial identique à celui utilisé précédemment et comportant aussi une fiche BNC à une extrémité. A l'autre extrémité on dénude la tresse pour dégager l'âme sur quelques millimètres. Un condensateur CMS de 0,5 pF (ou deux de 1 pF en série) est soudé à l'âme du coaxial. L'autre extrémité du condensateur est soudée à une épingle dont la longueur a été réduite à 8 mm.

Un fil est soudé à la tresse pour réaliser la connexion de masse. Cet ensemble est introduit dans le corps en plastique d'un crayon à bille de sorte que seule l'extrémité de l'épingle dépasse. De la colle à deux composants est coulée dans le corps pour immobiliser les éléments de la sonde.

On dispose ainsi d'une sorte de pointe de touche qui peut être appliquée à tout endroit d'un circuit pour mesurer le signal s'y trouvant. Le fil de masse est relié au plus court à la masse du montage en essai, par soudure ou par une pince. Le câble coaxial doit être chargé par 50 ohms comme pour la sonde inductive.

Le comportement en fréquence d'une telle sonde, comme pour la précédente, est difficilement calculable car la réalisation joue beaucoup sur les paramètres influents. On ne peut prétendre faire des mesures précises de tension; on peut cependant étalonner la sonde à l'aide d'un générateur.

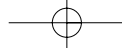
De toute façon, le but principal recherché est atteint puisque le circuit mesuré n'est perturbé que par 0,5 pF en série avec 50 ohms, ce qui est négligeable dans la plupart des cas, au moins jusqu'en VHF.

Au-delà, la perturbation est possible selon l'impédance du circuit où l'on effectue la mesure. Les mêmes essais que ceux effectués avec la sonde inductive l'ont été avec succès jusqu'à 10 GHz.

Il est à remarquer que si l'on ne cherche qu'une indication de niveau et non sa mesure, il n'est pas nécessaire de connecter le fil de masse de la sonde. Cela facilite beaucoup la manipulation pour régler un circuit au maximum de sortie.

## Sonde à diodes

Il est possible de réaliser une sonde comportant deux diodes comme déjà abondamment décrit. Le schéma est donné par la figure 2. Les diodes utilisées déterminent la fréquence limite d'emploi de la sonde. Les condensateurs sont du type CMS. Ces éléments sont montés « en l'air » ou sur un petit circuit imprimé et sont logés dans une enveloppe métallique. Elle peut être réalisée avec du clinquant de cuivre 0,2 mm aisément mis en forme. Un



## brèves BXC

isolant recouvre cette enveloppe et la prolonge pour faciliter la prise en main.

La sonde peut être utilisée sans fil de masse, la capacité apportée par la main qui tient la sonde suffit pour assurer la mise à la masse en HF. Un simple voltmètre pour tensions continues est utilisé comme indicateur. Un appareil analogique à aiguille permet de trouver une valeur maximale plus aisément qu'un appareil numérique à moins qu'il ne soit muni d'un bargraphe.

Ce type de sonde, comme les précédentes, est quasi aperiodique.

Avec celle-ci, il existe un risque de lire une tension continue qui n'est pas l'image de la fréquence que l'on veut visualiser car la lecture est fonction de l'amplitude de toutes les raies du spectre de fréquence.

Si l'onde mesurée est très chargée en harmoniques, on peut ainsi trouver un maximum d'amplitude qui ne coïncide pas avec celui du fondamental

### Conclusion

Ces sondes sont très faciles à réaliser ; elles doivent faire partie des outils à disposition de l'amateur qui réalise ses montages et/ou modifie et dépanne du matériel professionnel.

### Références

[1] The Effect of Probe Input Capacitance On Measurement Accuracy,

[http://www.tek.com/Measurement/app\\_Notes/technical\\_Briefs/ProbeInput/eng/60W\\_8910\\_1.pdf](http://www.tek.com/Measurement/app_Notes/technical_Briefs/ProbeInput/eng/60W_8910_1.pdf)

[2] Documentations fabricants

[3] Sniffer probe locates sources of EMI, Bruce Carsten, EDN June 4, 1998

[4] Les sondes : techniques, mesures, applications, J.C. Baud, Electronique Applications, N°4

Pour tout renseignement complémentaire : F9HX nomenclature et [agit@wanadoo.fr](mailto:agit@wanadoo.fr)

### ■ histoire de l'électronique

L'Electronique a 100 ans. Elle est née en 1904, avec l'apparition de la 1<sup>ère</sup> lampe diode. Henri Lilien vient de publier "Une brève histoire de l'Electronique".

En 640 pages, il nous fait découvrir ce siècle de développement technologique à travers le portrait d'inventeurs et la description de leurs inventions. C'est impressionnant tout ce qu'on peut faire avec des électrons.

Aucune connaissance préalable n'est nécessaire pour lire ces pages.

Editions Vuibert.

### ■ GMAC

*GMAC : Milliard d'instructions de multiplications avec accumulation par seconde. Un GMAC est en fait égal à 1000 MMAC ou millions d'instructions de multiplications-accumulation par seconde.*

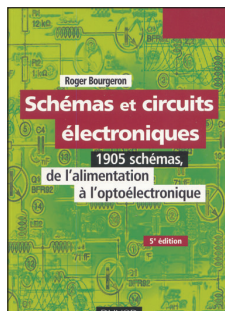
*Cette entité, qui représente le nombre de multiplications avec accumulation qui peuvent être lancées par seconde, est utilisée pour caractériser la puissance de calcul des processeurs numériques.*

### ■ communications sans fil

*Grâce à la technologie sans contact, NFC, une affiche publicitaire pourra envoyer des données à un téléphone mobile, par exemple l'adresse Web de la page de téléchargement d'un film ou d'un album musical.*

*Les premières expérimentations commerciales auront lieu dans très peu de temps.*

## NOUVELLE ÉDITION 1905 schémas et circuits électroniques

42€<sup>75</sup>

1905 schémas, de l'alimentation à l'optoélectronique. Régulièrement enrichis et mis à jour, les Schémas et circuits électroniques de Roger Bourgeron regroupent les principaux circuits électroniques de base. Judicieusement associés, ils permettent de concevoir de nombreux systèmes électroniques, destinés à de multiples usages (mesure, audio-vidéo, détection...).

### Pour commander:

REF-FOURNITURES-BP77429  
37074 TOURS CEDEX2

Tél: 02 47 41 88 73 - email : [fournitures@ref-union.org](mailto:fournitures@ref-union.org)

## UNARAF

L'Union Nationale des Aveugles Radioamateurs de France a tenu sa 40<sup>ème</sup> assemblée générale statutaire ordinaire le 5 novembre 2005 dans les locaux de l'association Valentin Haüy à Paris.

Après un rappel rapide des débuts de l'UNARAF et de l'évolution de notre association, les documents réglementaires ont été adoptés.

Le bureau sortant a été reconduit :

- président : Richard JANUS (F6BYU),
- vice-présidents : Raoul JEAN (F5TAQ),  
Guy COUTEAU (F6HAF), Daniel RODIEN (F6CVD),
- trésorier : Stéphane PACAUD (F5TKJ),
- trésorière adjointe : Nicole COUTEAU (SWL),
- secrétaire : Bernard RAFFIN (F8DSF),
- secrétaire adjoint : Jean-Michel ALBERT (SWL).

Un rappel a été fait sur l'indicatif spécial TM4ORA, activé à l'occasion du quarantenaire de l'UNARAF.

La modernisation de l'association se poursuit :

- Les revues et livres sonores seront désormais fournis sur CD-ROM ;
- L'UNARAF remercie le REF-Union et se félicite de la collaboration entre les deux associations grâce à laquelle il a été possible de mettre au point la diffusion de Radio-REF sur support informatique à l'usage des déficients visuels équipés d'internet.

**Le président : Richard JANUS F6BYU**

## ÉCOUTEZ LE BULLETIN F8REF

La station officielle F8REF diffuse depuis le siège de Tours ses bulletins d'informations en décimétriques.

Samedi :	09h00 loc.	3590 kHz RTTY (Baudot+ASCII)
	09h30 loc.	3675 kHz BLU
	10h00 loc.	7036 kHz RTTY (Baudot+ASCII)
	10h30 loc.	7075 kHz BLU
	11h00 loc.	7020 kHz CW automatique

(vitesse 700 mots/heure semaines impaires - 900 mots/heure semaines paires)