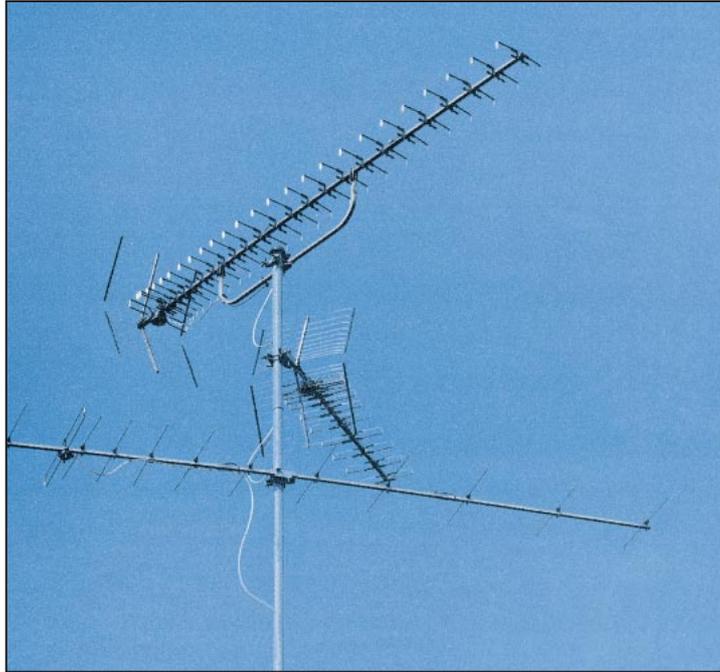


# Impédancemètre d'antenne



**Pour connaître l'impédance d'une antenne il faut utiliser des appareils spécifiques qui ne font pas partie des équipements traditionnels du passionné.**

**Dans cet article, nous vous proposons un pont résistif qui, non seulement, vous permettra de mesurer l'impédance (en ohms) d'une antenne mais vous permettra également de connaître le rapport de transformation d'un balun ou d'établir la longueur exacte d'un câble coaxial de 1/4 d'onde utilisé comme transformateur d'impédance.**

**P**our mesurer l'impédance d'une antenne, il est souvent proposé l'utilisation d'un pont résistif construit suivant le schéma de la figure 3. Ce type de montage présente pourtant de nombreux inconvénients.

En effet, la résistance  $R_3$ , reliée en série entre l'entrée et la sortie du pont, doit forcément être de type non inductive et pouvoir dissiper une puissance supérieure à celle débitée par l'émetteur.

Aujourd'hui, l'approvisionnement de résistances non inductives de 52 à 72  $\Omega$  et d'une puissance comprise entre 50 et 100 W, se révèle très difficile. En outre, ces composants

présentent un autre inconvénient. Travaillant à des puissances très élevées, ils chauffent et leur valeur ohmique baisse avec l'augmentation de la température.

Dans certains ponts, cette résistance est remplacée par un potentiomètre qui, par contre, ne peut supporter des puissances très importantes et n'acceptera sur son entrée que des signaux de 0,5 W maximum. Par ailleurs, le graphite du potentiomètre étant de forme circulaire, il se comporte comme une spire et génère une inductance en série avec le câble coaxial. Ce phénomène fausse les mesures d'impédance effectuées sur les antennes.

Alors, la solution ? Notre impédancemètre d'antenne !

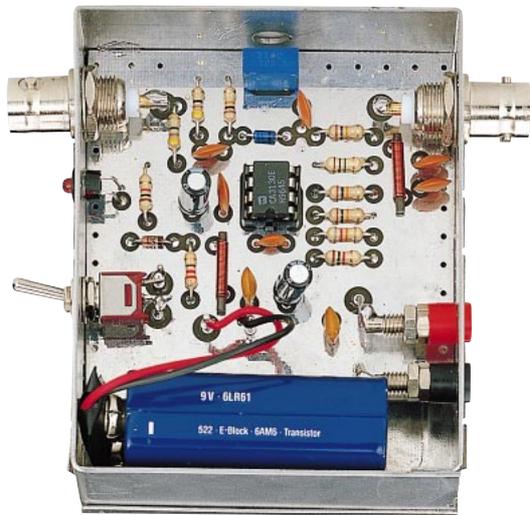


Figure 1 : Vue du pont, côté composants. La pile doit être insérée dans l'emplacement prévu en bas du boîtier.

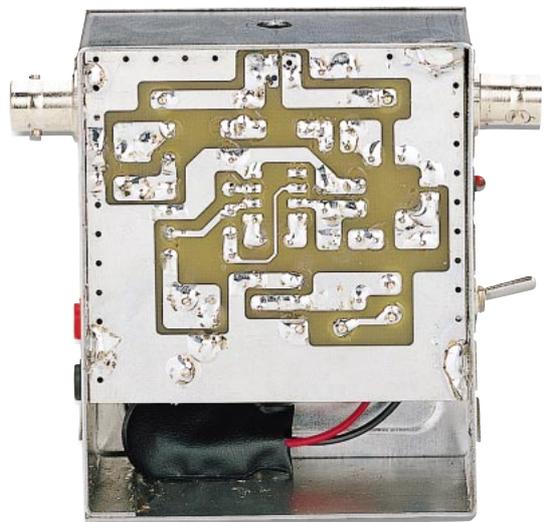


Figure 2 : Vue du pont du côté des pistes imprimées.

### Etude du schéma

Le pont de la figure 4 est capable de mesurer avec précision une valeur d'impédance quelconque.

Dans ce circuit, la résistance R3 est un trimmer de 500 Ω qui, ayant une très faible induction, permet d'effectuer des mesures précises, même sur les fréquences VHF.

Mais, comme nous venons de l'expliquer précédemment, sur ce type de circuit nous ne pouvons appliquer un signal d'une puissance supérieure à 0,5 W. Il n'est donc pas question de raccorder à ce pont des signaux HF provenant d'un émetteur mais exclusive-

ment des signaux provenant d'un générateur HF. En effet, ce dernier fournit des puissances qui sont généralement comprises entre 10 et 20 milliwatts.

Comme vous pouvez l'imaginer, la tension de sortie de notre pont ne sera que de quelques millivolts. Même un multimètre réglé sur sa plus petite échelle ne pourrait pas lire des valeurs de tension si faibles. Pour résoudre ce problème, il faut amplifier la tension, redressée par la diode DS1, et c'est le rôle de l'amplificateur opérationnel IC1 (voir figure 4).

Avec les valeurs données aux résistances R11 et R10, IC1 amplifie environ 9 fois la tension appliquée sur son

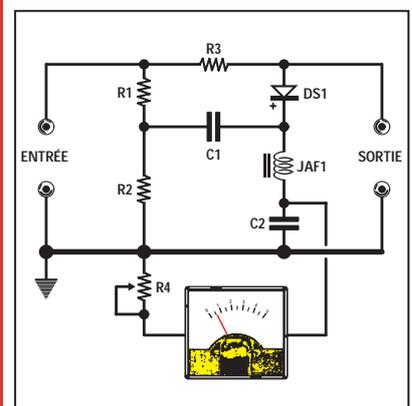


Figure 3 : Schéma électrique d'un pont classique dont nous déconseillons l'utilisation car il présente de nombreux inconvénients (lire le texte).

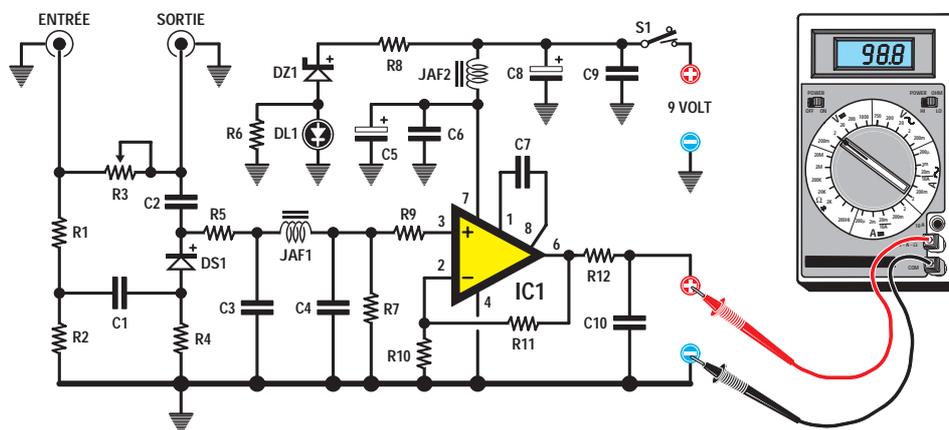


Figure 4 : Comme vous pouvez le comprendre à partir de ce schéma électrique, un pont capable de mesurer l'impédance d'une antenne est légèrement plus complexe que le pont dont le schéma est donné en figure 3. Le signal HF est redressé par la diode DS1 puis amplifié par le circuit intégré IC1. Sur l'entrée de ce pont, il n'est pas question d'injecter le signal, trop puissant, d'un émetteur mais le signal provenant d'un générateur HF.

entrée non inverseuse. Donc, il fournit, en sortie, une tension d'environ 3 volts.

Cette valeur de tension peut être facilement lue par n'importe quel multimètre.

La diode LED DL1, reliée en série avec la diode zener DZ1, s'allume lorsque le circuit est mis sous tension ou lorsque la pile d'alimentation de 9 V est presque complètement déchargée.

## Réalisation pratique du pont

Tous les composants indiqués sur le plan d'implantation de la figure 5b, doivent être montés sur le circuit imprimé LX.1393 dont le dessin est donné en figure 5a.

Nous vous conseillons de souder d'abord le support pour le circuit intégré IC1 et, ensuite, toutes les résistances.

Poursuivez le montage en soudant le trimmer R3, la diode DS1, en dirigeant sa bague noire vers le condensateur céramique C2 et la diode zener DZ1, en dirigeant sa bague noire vers la résistance R8 (voir figure 5b).

La diode schottky peut être remplacée exclusivement par ses équivalents BAR10 ou HP8052.

Soudez maintenant tous les condensateurs céramiques et les deux électrolytiques C5 et C8, en faisant attention à leurs polarités respectives.

Après avoir soudé les selfs JAF1 et JAF2, insérez le circuit intégré IC1 dans son support, en dirigeant son encoche-détrompeur vers le condensateur céramique C7.

Une fois le montage de la carte terminé, fixez les deux connecteurs BNC dans les deux trous latéraux du boîtier métallique.

Montez ensuite, les deux douilles banane de châssis pour la sortie vers le multimètre (voir figure 7).

Enfin, montez l'interrupteur S1 et insérez le circuit à l'intérieur du boîtier, en faisant coïncider le trou présent sur la face supérieure et le curseur du trimmer R3.

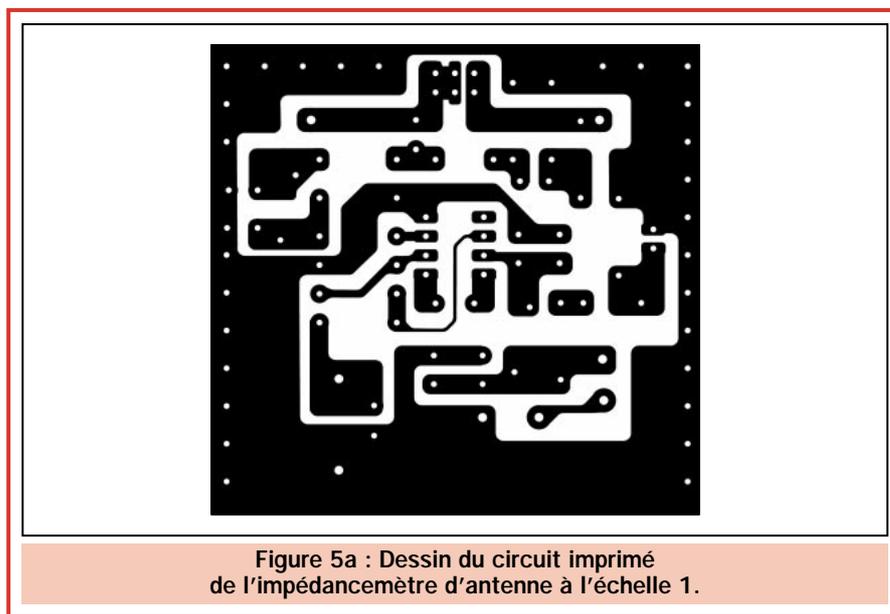


Figure 5a : Dessin du circuit imprimé de l'impédancemètre d'antenne à l'échelle 1.

### Liste des composants du LX.1393

R1 :	47 Ω
R2 :	47 Ω
R3 :	500 Ω trimmer
R4 :	10 kΩ
R5 :	10 kΩ
R6 :	1 kΩ
R7 :	1 MΩ
R8 :	220 Ω
R9 :	10 kΩ
R10 :	10 kΩ
R11 :	82 kΩ
R12 :	1 kΩ
C1 :	10 nF céramique
C2 :	10 nF céramique
C3 :	10 nF céramique
C4 :	10 nF céramique
C5 :	10 μF élect.
C6 :	10 nF céramique
C7 :	100 pF céramique
C8 :	47 μF élect.
C9 :	100 nF céramique
C10 :	100 nF céramique
JAF1 :	self 10 μH
JAF2 :	self 10 μH
DS1 :	diode schottky 1N5711
DZ1 :	diode zener 5,1 V 1/2 watt
DL1 :	diode LED rouge
IC1 :	circuit intégré CA3130
S1 :	interrupteur

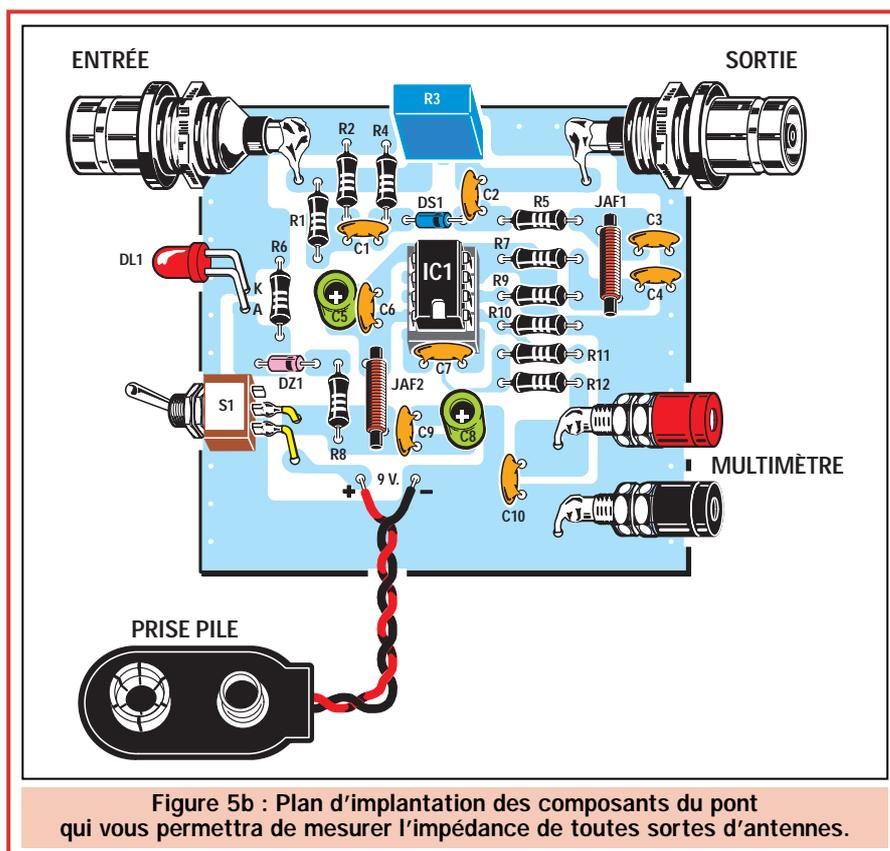


Figure 5b : Plan d'implantation des composants du pont qui vous permettra de mesurer l'impédance de toutes sortes d'antennes.

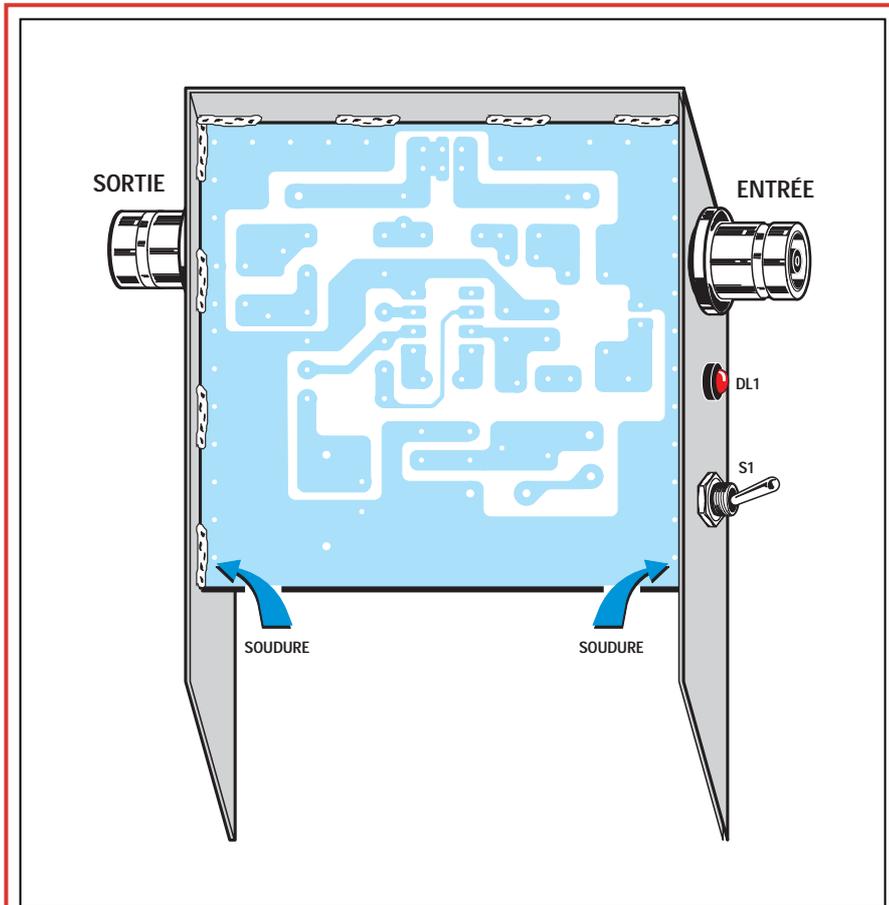


Figure 6 : Comme vous pouvez le voir sur ce dessin, la masse du circuit imprimé doit être soudée en plusieurs points au boîtier métallique.

Maintenant, soudez les points de masse du circuit imprimé aux côtés du boîtier (voir figure 6).

Reliez, à l'aide de queues de résistances ou de petits bouts de fil de cuivre étamé, les deux connecteurs BNC, les deux douilles banane et l'interrupteur S1 aux emplacements prévus sur le circuit imprimé.

Terminez le montage en soudant les deux fils de la prise de pile et la diode LED, en la pliant en L et en la disposant comme indiqué sur la figure 5b.

Quand la pile de 9 V est installée, pour faire fonctionner le pont, il suffit de basculer l'inverseur S1 de façon à ce que la LED s'allume.

Avant utilisation, le boîtier doit être fermé par ses deux couvercles.

### Sur le banc d'essai

Pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil, appliquez sur son entrée un signal provenant d'un générateur HF et connectez un multimètre, réglé sur l'échelle 3 volts, aux douilles banane de sortie (voir figure 9).

Ensuite, réglez l'amplitude du signal en sortie du générateur HF jusqu'à ce que le multimètre indique une tension d'environ 2 à 3 volts.

*Note : une tension de 1,5 volt est déjà suffisante.*

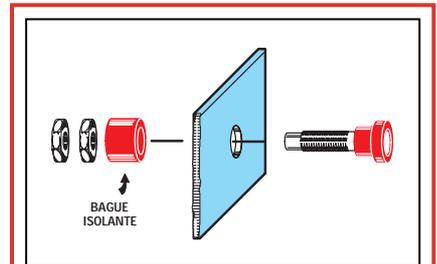


Figure 7 : Les bagues isolantes des douilles bananes pour la sortie multimètre doivent être placées du côté intérieur du boîtier.

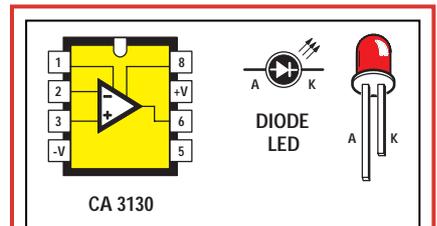


Figure 8 : Brochage de l'amplificateur opérationnel IC1, CA3130 et dessin de la diode LED. Comme vous pouvez le voir sur la figure 5b, la broche plus longue de la diode, indiquée avec la lettre A, doit être dirigée vers l'interrupteur S1.

Maintenant, connectez une résistance de 47 à 56  $\Omega$  sur la sortie BNC (voir figure 10) puis tournez le curseur du trimmer R3 jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre bascule rapidement vers 0 volt.

Ensuite, débranchez le générateur HF et la résistance, commutez le multimètre sur l'échelle « ohm » et, en

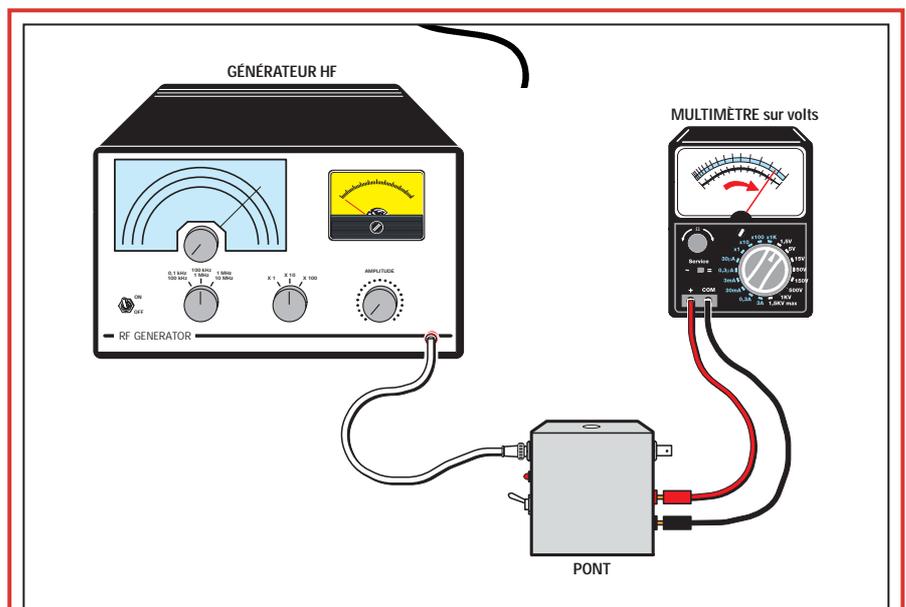


Figure 9 : Pour calibrer le pont, connectez un générateur HF sur son entrée et réglez l'amplitude du signal en sortie jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre se positionne à fond d'échelle de 1 ou 1,5 V.

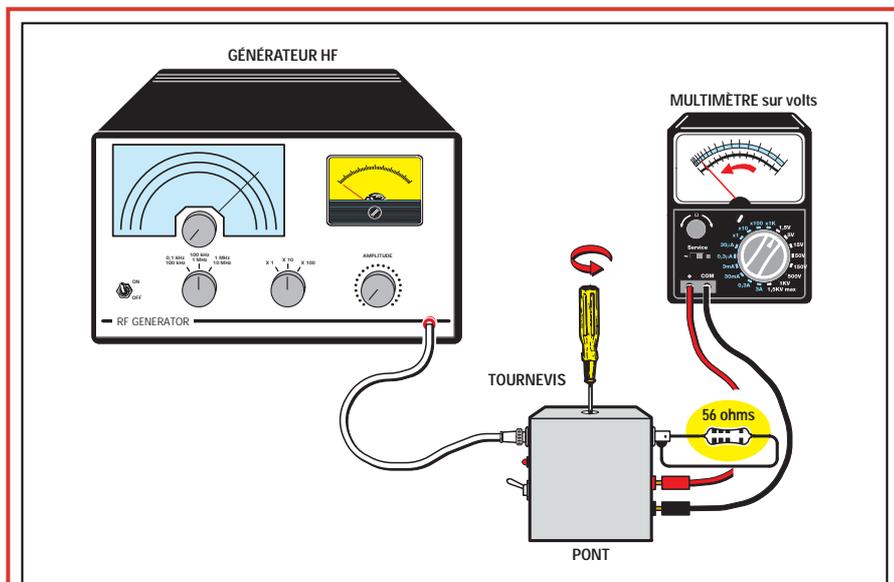


Figure 10 : Une fois cette opération effectuée, connectez une résistance entre 47 et 56  $\Omega$  sur la sortie du pont et tournez le curseur du trimmer R3 jusqu'à faire basculer l'aiguille du multimètre sur la position 0 V.

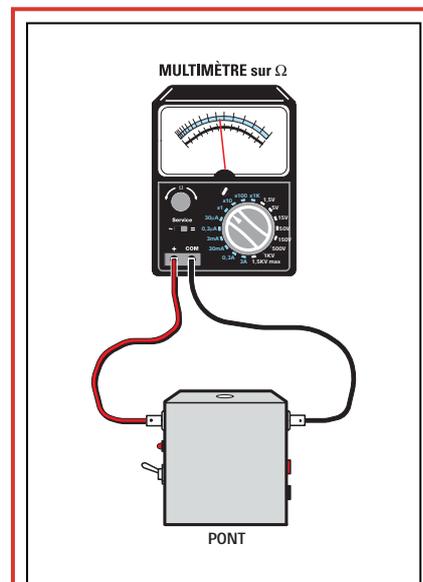


Figure 11 : Déconnectez le générateur HF et la résistance reliée à la sortie du pont. Après avoir commuté le multimètre sur ohm, connectez ses pointes de touche sur l'âme des BNC d'entrée et de sortie pour lire la valeur du trimmer R3. Cette valeur correspond à la valeur de la résistance précédemment utilisée. En utilisant le même principe, vous pouvez facilement mesurer la valeur d'impédance d'une antenne sur sa fréquence de travail.

connectant ses pointes de touche sur l'âme des prises BNC d'entrée et sortie du pont (voir figure 11), mesurez la valeur ohmique du trimmer R3.

Si cette procédure a été correctement suivie, la valeur du trimmer doit correspondre exactement à la valeur de la résistance utilisée pour le calibrage (entre 47 et 56  $\Omega$ ).

Notre instrument est prêt à mesurer l'impédance de toutes sortes d'antennes !

### Comment modifier l'impédance d'une antenne

Tous les passionnés du domaine des radiocommunications savent qu'en modifiant la longueur physique d'une antenne, on modifie également son impédance. Dans le cas d'une antenne directive, composée de plusieurs éléments parasites, on peut éloigner ou rapprocher l'élément réflecteur ou le premier directeur de son dipôle.

Lorsque vous installez une antenne dont l'impédance caractéristique est donnée pour 52  $\Omega$ , même si c'est une antenne commerciale et même si vous l'avez payé fort cher, elle présentera toujours un certain taux d'ondes stationnaires. En effet, elle a été calculée pour des conditions idéales, jamais atteintes dans la réalité d'une installation sur un toit de maison.

Le même phénomène reste valable pour les antennes destinées à être

montées sur les véhicules. C'est pour cette raison que ces aériens disposent toujours d'une possibilité de réglage de longueur. Certains modèles d'antennes verticales pour véhicule ont une longueur fixe mais sont équipés d'un petit disque métallique pouvant coulisser sur toute la hauteur du brin en se comportant comme un condensateur (voir figure 14).

### Comment mesurer l'impédance d'une antenne

Avant toute chose, commencez par connecter l'antenne en examen sur la sortie du pont (voir figure 12), puis choisissez une fréquence sur le générateur HF et réglez le trimmer R3 jusqu'à ce que le multimètre mesure une tension de 0 V.

Ensuite, débranchez le générateur et l'antenne du pont, puis mesurez la valeur ohmique du trimmer R3 en plaçant les pointes de touche sur l'âme des prises entrée et sortie (voir figure 11). Le résultat de cette lecture correspondra à la valeur de l'impédance de l'antenne. Pour obtenir des valeurs différentes, il suffit de faire varier la longueur du dipôle.

Donnons maintenant un exemple concret de mesure d'impédance sur une antenne 144-146 MHz.

Réglez le générateur HF sur 145 MHz (centre de la bande), puis tournez le curseur du trimmer R3 jusqu'à ce que

l'aiguille du multimètre se positionne sur 0 V. Une fois l'antenne et le générateur déconnectés, le multimètre (commuté sur ohm) indiquera une valeur ohmique de 53  $\Omega$ . Cela veut dire que la valeur de l'impédance de l'antenne est aussi égale à 53  $\Omega$ .

Lors de l'utilisation de ce pont, vous remarquerez que lorsque la fréquence émise par le générateur HF augmente, l'aiguille du multimètre n'atteint plus le 0 V mais se stabilise à une tension d'environ 0,5 ou 0,6 V. Mais, même dans ce cas, vous pourrez toujours voir nettement à quel moment l'aiguille du multimètre retombe vers le minimum.

### Comment contrôler les antennes dipôle multibande

Un certain nombre de dipôles multibande commerciaux sont disponibles sur le marché. Il est également possible de les construire soi-même.

La réalisation de tels dipôles dépasse le cadre de notre article mais sachez que des « trappes » sont judicieusement placées sur chacun des brins constituant l'antenne. Leur nombre varie en

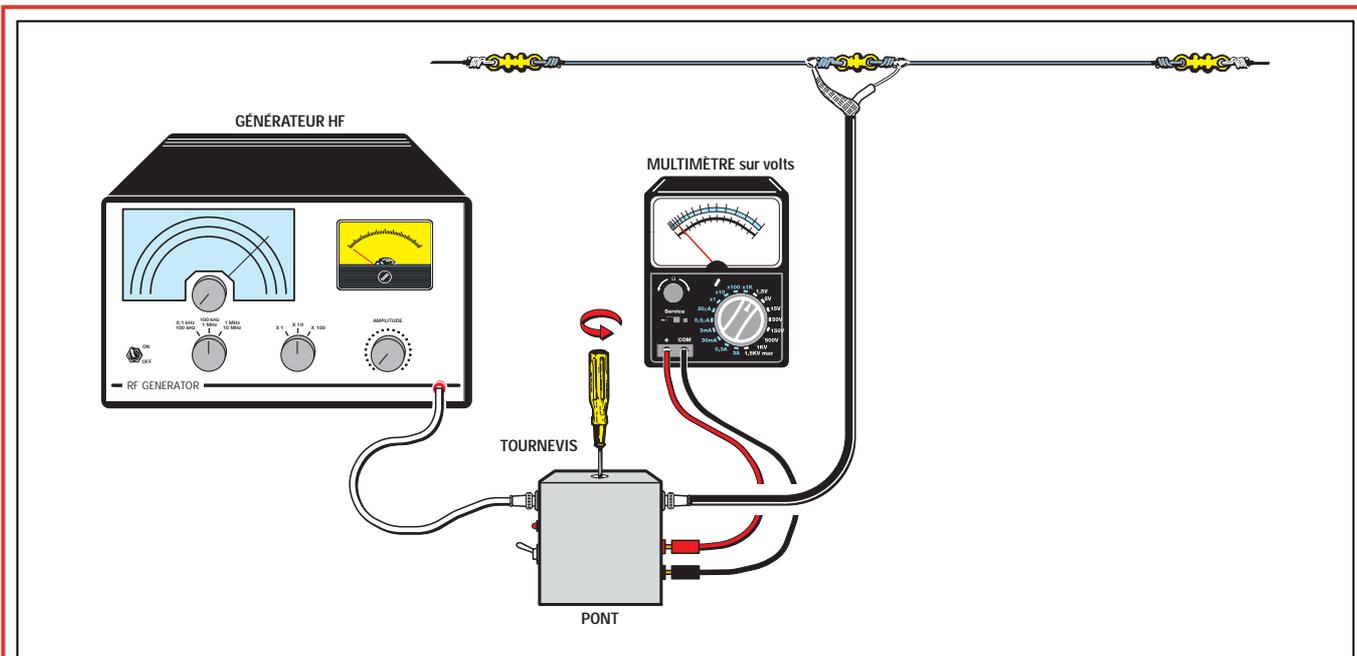


Figure 12 : Pour mesurer l'impédance d'une antenne dipôle, réglez le générateur sur la fréquence centrale de l'antenne et tournez le curseur du trimmer R3 jusqu'à ce que l'aiguille descende à 0 V. Ensuite, mesurez la valeur du trimmer R3 (voir figure 11) qui correspondra exactement à l'impédance de l'antenne dipôle.

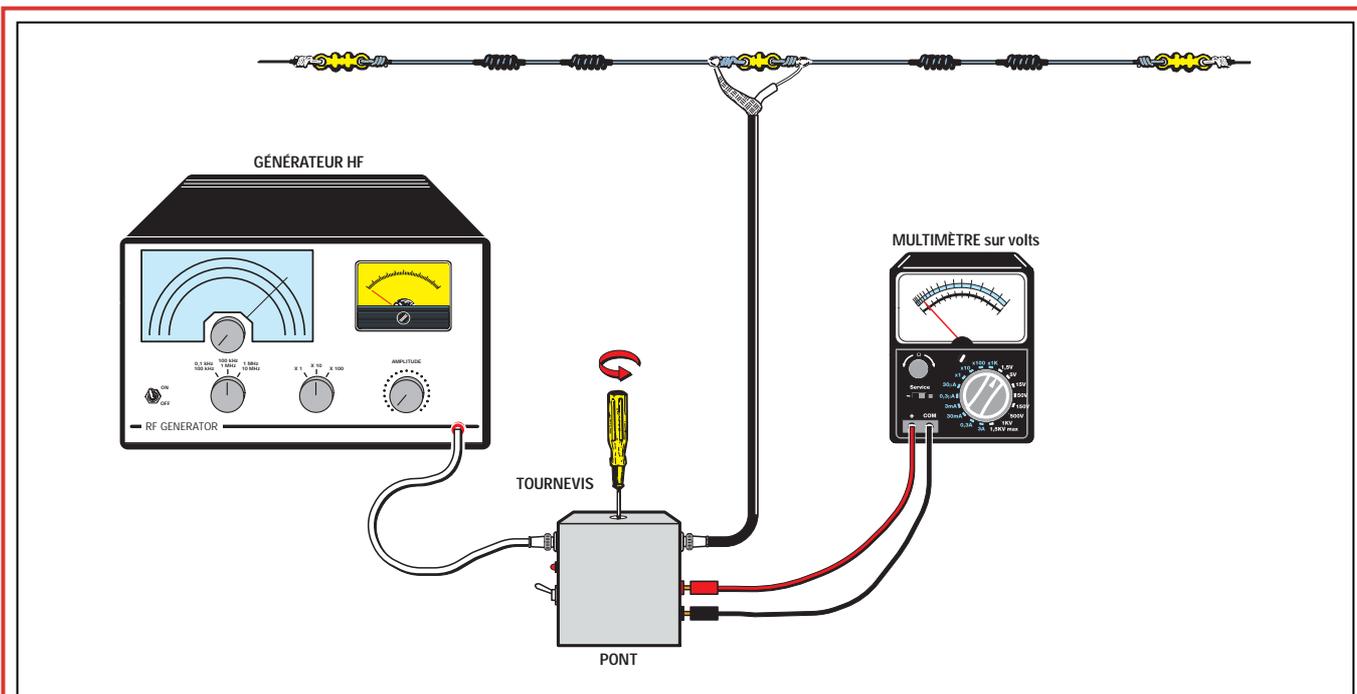


Figure 13 : Pour vérifier si les trappes d'un dipôle multibande ont été bien calculées, tournez le curseur du trimmer R3 jusqu'à obtenir une valeur de 52  $\Omega$ . Ensuite, balayez la bande avec le générateur HF, en partant de la fréquence minimale pour aller à la fréquence maximale. Vous remarquerez que chaque fois que le générateur passera sur une fréquence d'accord, l'aiguille du multimètre basculera rapidement vers 0 V.

fonction du nombre de bandes à couvrir.

*Note : Les trappes sont des circuits LC (self-condensateur) ou équivalent LC et sont destinées à « découper » électriquement une antenne sur différentes fréquences. Bien entendu, la valeur des trappes et leur emplacement sur l'antenne sont calculés en fonction des fréquences de travail à obtenir.*

Pour vérifier que les caractéristiques de ces trappes aient été bien calculées, réglez le trimmer R3 jusqu'à l'obtention d'une valeur ohmique située entre 50 et 52  $\Omega$ . Ensuite, connectez un câble coaxial venant de l'antenne sur la sortie du pont et le générateur HF sur son entrée (voir figure 13).

Supposons que nous voulions vérifier l'accord d'un dipôle multibande sur les

fréquences 14, 30 et 50 MHz. Pour ce faire, placez le générateur HF sur l'échelle 10 à 60 MHz et tournez lentement le bouton de réglage de la fréquence.

Si les trappes ont été bien calculées, l'aiguille du multimètre atteindra la valeur de 0 V lorsque vous passerez sur 14, 30 et 50 MHz. Remarquez que si l'aiguille se déplace vers 0 V à des

fréquences différentes de celles normalement prévues, il est nécessaire de modifier le nombre de spires des trappes jusqu'à obtenir un parfait synchronisme.

*Remarque : Sur les dipôles multibande, on peut constater un phénomène très intéressant : l'aiguille du multimètre bascule sur 0 V à chaque fréquence égale à 3 fois celle d'accord. Dans notre cas, on aura un déplacement de l'aiguille sur  $14 \times 3 = 42$  MHz, un autre sur  $30 \times 3 = 90$  MHz et le dernier sur  $50 \times 3 = 150$  MHz.*

## Comment accorder une antenne mobile

Pour connaître la fréquence à laquelle une antenne mobile présente une impédance de  $52 \Omega$ , vous devez d'abord la mettre en place à l'endroit prévu.

Ensuite, vous devez connecter le générateur HF sur l'entrée du pont et le câble coaxial venant de l'antenne sur sa sortie.

Après avoir réglé le trimmer R3 sur une valeur ohmique de  $52 \Omega$ , tournez le bouton du générateur HF jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre, lui aussi relié au pont, bascule sur 0 V.

Si l'antenne a été fabriquée pour fonctionner sur les fréquences situées entre 144 et 146 MHz et que l'aiguille tombe à 0 V lorsque le générateur passe sur

140 MHz, cela signifie que le brin doit être légèrement raccourci.

A l'inverse, si l'aiguille du multimètre indique 0 V lorsque le générateur passe sur 150 MHz, cela veut dire qu'il faut rallonger le brin de l'antenne.

Comme nous l'avons dit plus haut, certaines antennes ont un brin de longueur fixe mais qui disposent d'un petit disque métallique coulissant pouvant être déplacé sur toute la hauteur. C'est en déplaçant ce disque que vous recherchez l'impédance de  $52 \Omega$  (voir figure 14).

## Contrôle d'un balun

Le pont que vous avez réalisé, vous donne aussi la possibilité de contrôler le rapport de transformation d'un balun et d'évaluer sa largeur de bande.

*Note : BALUN est la contraction des mots anglais **BAL**anced-**UN**balanced, ce qui signifie symétrique-asymétrique. Pour simplifier : un balun est destiné à réaliser une adaptation entre un dipôle symétrique par construction et le câble coaxial qui, lui, est asymétrique. Il peut également être utilisé comme transformateur d'impédance.*

Avant d'effectuer cette mesure, tournez le curseur du trimmer R3 afin d'obtenir une valeur ohmique située entre 50 et  $52 \Omega$ . Sur l'entrée du pont, raccordez un générateur HF tandis que

sur sa sortie, vous connecterez le primaire du balun. Sur le secondaire, reliez un petit trimmer de  $500 \Omega$  (voir figure 15).

Après avoir choisi la fréquence de travail du générateur, tournez doucement le curseur du trimmer  $500 \Omega$  du balun jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre bascule sur 0 V. Mesurez alors la valeur ohmique aux bornes du trimmer du balun.

Si le multimètre indique, par exemple  $200 \Omega$ , le rapport de transformation du balun sera :

$$200 : 52 = 3,8$$

Pour obtenir un rapport différent et pouvoir ainsi adapter le  $52 \Omega$  du câble coaxial aux valeurs d'impédance de 250 ou  $300 \Omega$ , il faut ajouter des spires au secondaire du balun.

Après avoir trouvé la valeur ohmique du trimmer aux bornes du balun produisant une tension de 0 V en sortie du pont, modifiez la fréquence du générateur HF.

Si vous avez utilisé un tore en ferrite ayant une perméabilité moyenne, vous remarquerez que l'aiguille du multimètre reste immobile entre les fréquences allant de 7 à 100 MHz.

Si vous rencontrez le besoin d'un balun pouvant fonctionner au-dessous de 7 MHz ou au-dessus de 100 MHz,

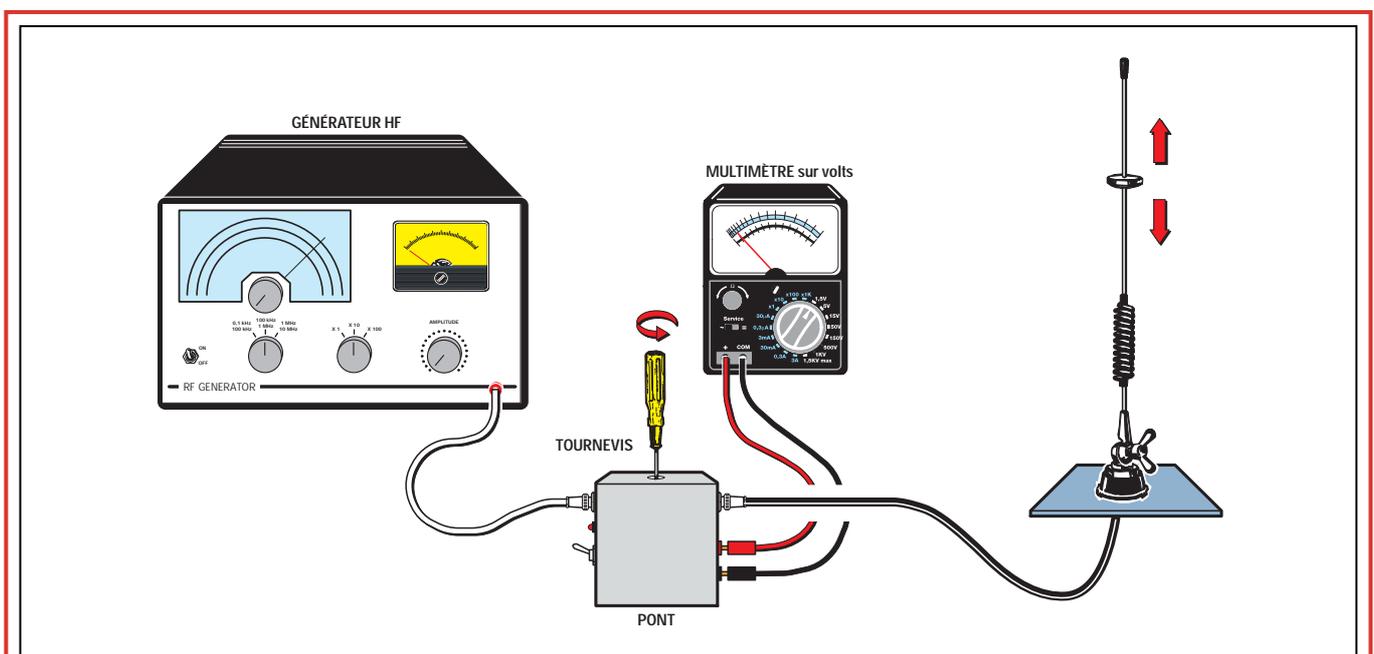


Figure 14 : Pour connaître la fréquence d'accord d'une antenne verticale mobile, il faut d'abord qu'elle soit mise en place. Connectez ensuite à l'impédancemètre, le générateur HF et le câble coaxial de l'antenne. Réglez le trimmer R3 sur  $52 \Omega$  et recherchez, sur le générateur HF, la fréquence d'accord qui fera dévier l'aiguille du multimètre sur la position 0 V.

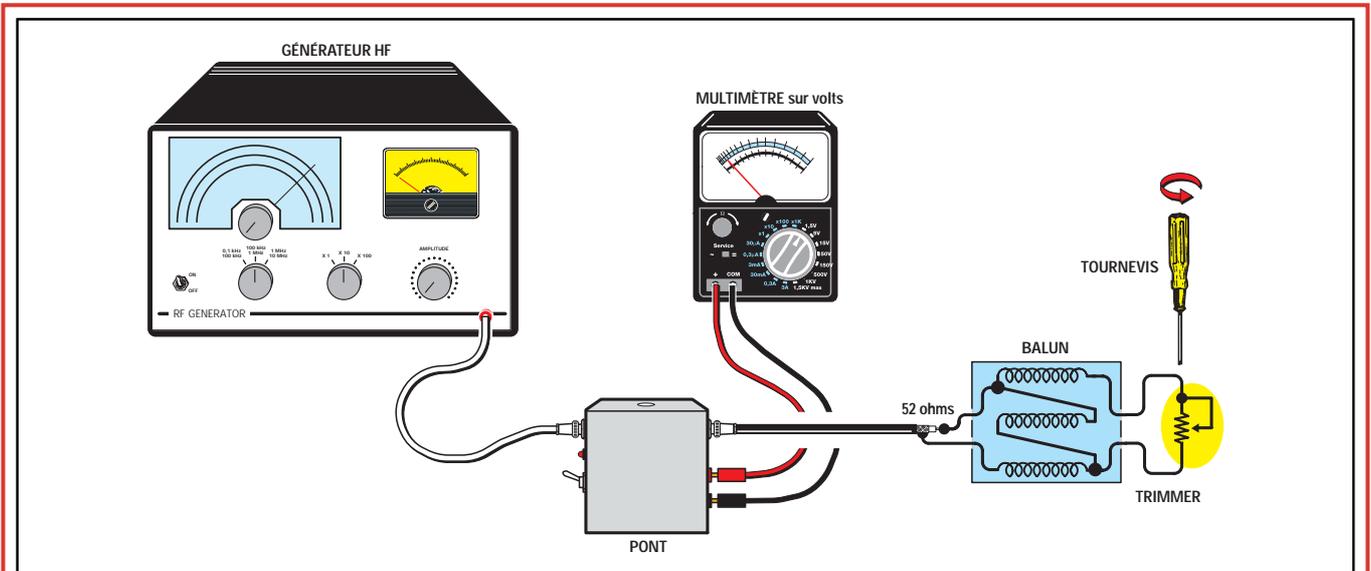


Figure 15 : Pour contrôler le rapport de transformation d'un balun, vous devez d'abord régler le trimmer R3 sur 52 Ω. Ensuite, connectez le primaire du balun sur la sortie du pont. Puis, envoyez un signal HF ayant la même fréquence que celle de la fréquence de travail de l'antenne. Tournez alors le curseur du trimmer 500 Ω relié au secondaire du balun, jusqu'à ce que l'aiguille bascule vers 0 V. La valeur du trimmer 500 Ω permet de connaître le rapport de transformation du balun.

il vous faudra choisir des tores ayant une perméabilité différente et vérifier la gamme de fréquence de fonctionnement de votre balun.

### Transformateur câble coaxial 1/4 d'onde

Pour adapter deux valeurs différentes d'impédance, on utilise un morceau de câble coaxial de longueur égale à un 1/4 d'onde. Pour savoir quelle doit être

la valeur de l'impédance de ce câble, on utilise la formule suivante :

$$Z \ 1/4 \lambda = v \ (Z \ \text{antenne} \times Z \ \text{câble de descente})$$

La longueur du morceau de câble coaxial de 1/4 l doit être ensuite être multipliée par son coefficient de vélocité, qui est égal à 0,66 pour les câbles de 52 Ω et à 0,80 pour ceux de 75 Ω.

En raison des tolérances des coefficients de vélocité, il arrive fréquemment

que le câble coaxial soit coupé plus long ou plus court que sa taille idéale.

Nous pouvons vous rassurer en affirmant que les longueurs des câbles, obtenues à l'aide des formules théoriques, sont toujours légèrement supérieures à celles définitives. De cette façon, vous aurez la possibilité de les modifier et d'atteindre les valeurs exactes.

Le pont en notre possession, nous permet aussi de vérifier que le câble

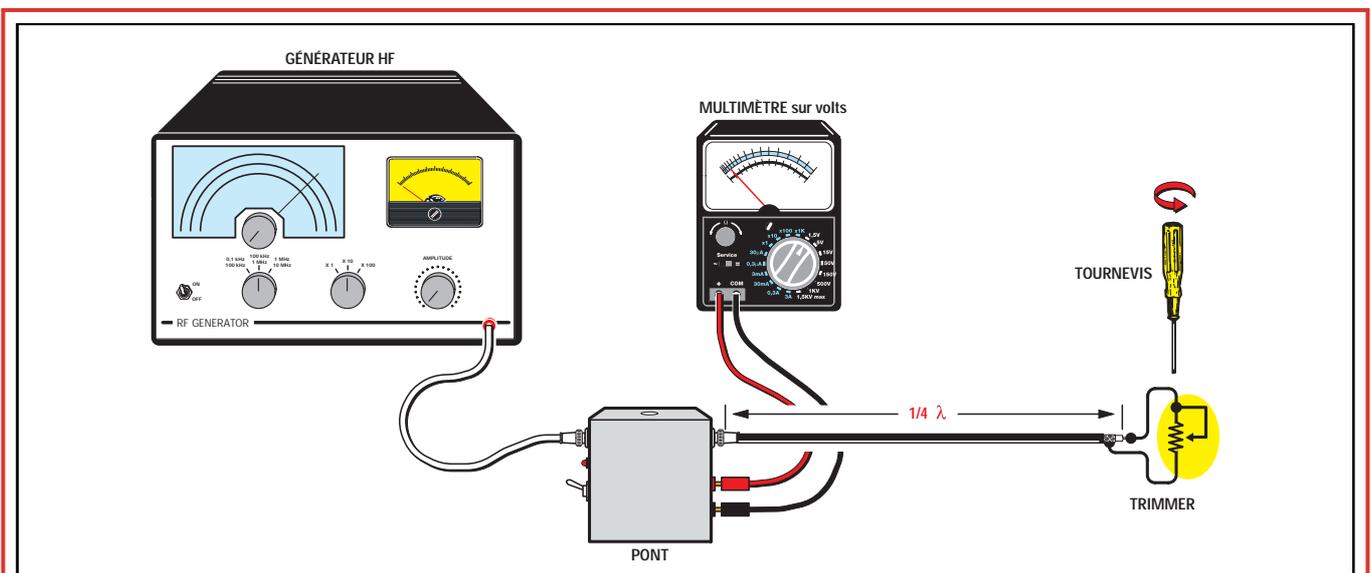
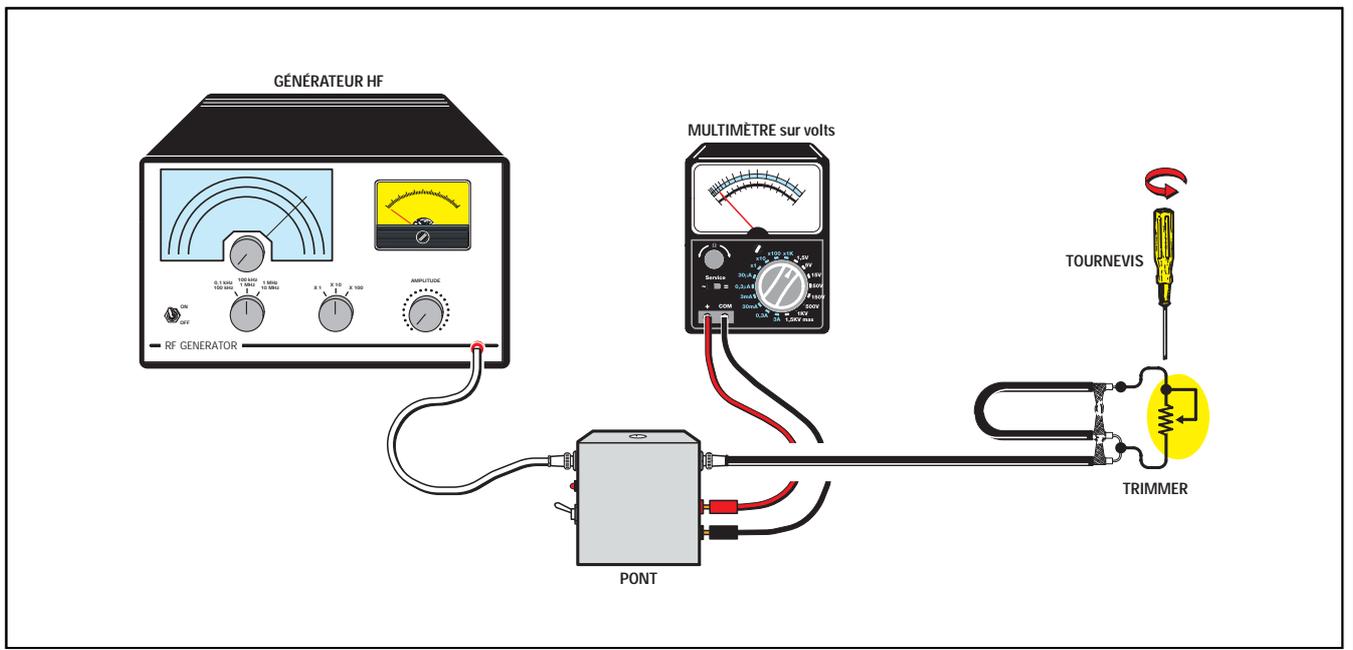


Figure 16 : Pour connaître l'impédance à la sortie d'un morceau de câble coaxial de 1/4 d'onde, il faut d'abord régler le trimmer R3 jusqu'à ce que le multimètre indique 52 Ω. Ensuite, réglez le générateur HF sur la fréquence de travail de l'antenne. Tournez alors le curseur du trimmer 500 Ω connecté sur la sortie du câble, jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre se positionne sur 0 V. La valeur qui sera mesurée sur le trimmer 500 Ω vous permettra de calculer l'impédance en sortie du câble coaxial.

Note : la valeur de l'impédance du câble coaxial de 1/4 d'onde se calcule avec la formule donnée dans le texte.



**Figure 17 :** Notre impédancemètre vous permettra de vérifier qu'un morceau de câble coaxial taillé sur 1/4 d'onde et replié en U formera un transformateur d'impédance 52 Ω à environ 200 Ω. Réglez d'abord le trimmer R3 sur 52 Ω. Connectez alors, sur l'entrée du pont, le générateur HF calé sur la fréquence de travail de l'antenne. Sur la sortie, raccordez votre transformateur d'impédance en coaxial. Tournez le curseur du trimmer 500 Ω jusqu'à ce que l'aiguille du multimètre bascule vers 0 V. La valeur lue aux bornes du trimmer de 500 Ω correspondra à l'impédance de sortie du balun coaxial.

utilisé ait la bonne longueur. Pour effectuer ce contrôle, tournez le curseur de R3 jusqu'à obtenir une valeur ohmique équivalente à celle du câble de descente d'antenne, c'est-à-dire entre 50 et 52 Ω. Connectez le générateur HF et le câble coaxial 1/4 d'onde sur l'extrémité duquel vous devez souder un trimmer de 500 Ω (voir figure 16).

Après avoir réglé le générateur HF sur la fréquence centrale de l'antenne, réglez le trimmer 500 Ω jusqu'à obtenir une tension 0 V lue sur le multimètre.

Maintenant, déconnectez le câble coaxial et mesurez la valeur ohmique du trimmer. Si cette dernière est supérieure ou inférieure à l'impédance de l'antenne, vous devez respectivement rallonger ou raccourcir la longueur du câble coaxial.

Comme vous l'avez sûrement remarqué, la bande passante de ce morceau de câble est très faible. Cela veut dire que sur une antenne ayant son centre de bande à 30 MHz, ce câble adaptateur ne fonctionnera convenablement que sur les fréquences situées entre 28 et 32 MHz.

Si on essaie de sortir de cette gamme, il résultera une augmentation importante du taux d'ondes stationnaires.

En modifiant la fréquence du générateur HF, vous pouvez connaître la valeur de la fréquence maximale et minimale de résonance de l'antenne car, en cas de dépassement de ces valeurs, l'aiguille du multimètre montera rapidement à fond d'échelle.

Quand vous maîtriserez bien le pont, vous vous rendrez compte de la facilité avec laquelle on peut effectuer la mesure d'impédance d'une antenne, connaître sa fréquence centrale de travail et modifier le rapport de transformation d'un balun quelconque pour pouvoir l'adapter à la valeur de l'antenne.

## Où trouver les composants

Le dessin du circuit imprimé ainsi que la liste des composants étant fournis, vous pouvez vous approvisionner auprès des annonceurs de la revue ou de votre fournisseur habituel. Pour ceux qui préfèrent le « tout prêt » un kit (LX.1393) est disponible auprès de la société Comelec.

NUOVA ELETTRONICA ♦

## Bibliographie

- Les Antennes Théorie et Pratique - André DUCROS  
Éd. SRC
- Les Antennes Bandes Basses - Pierre VILLEMAGNE  
Éd. SRC
- Les Antennes - BRAULT et PIAT - Éd. ETSF

Vous trouverez un grand nombre d'autres ouvrages sur les antennes dans le catalogue librairie de la revue.

## HOT LINE TECHNIQUE

Vous rencontrez un problème lors d'une réalisation ?  
Vous ne trouvez pas un composant pour un des montages décrits dans la revue ?

**UN TECHNICIEN  
EST À VOTRE ÉCOUTE**

le matin de 9 heures à 12 heures  
les lundi, mercredi et vendredi  
sur la HOT LINE TECHNIQUE  
d'ELECTRONIQUE magazine au

**04 42 82 30 30**