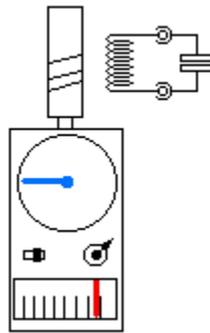


Le Grid-Dip ou Dipmètre ou GDO (Grid Dip Oscillator)

Article de F5DNR



Sommaire

- [Un Grid-Dip aujourd'hui ?](#)
- [Un Grid-Dip simple](#)
- [Une version plus élaborée](#)
- [Construction](#)
- [Etalonnage](#)
- [Mesure d'inductance et de capacité](#)
- [La mesure de résonance](#)
- [Encore plus de précision](#)

Un Grid-Dip aujourd'hui ?

Qu'en est-il de cet instrument mythique, considéré par le passé, comme le couteau suisse du radioamateur.

A l'heure des analyseurs d'antennes, d'inductancemètre, de capacimètre, d'impédancemètre à microcontrôleurs et affichage LCD le Grid-dip semble être dépassé. Mais si vous voulez mesurer la fréquence de résonance d'une antenne, la valeur d'une inductance, et disposer d'un petit générateur HF sans grever votre budget et tout en approfondissant vos connaissances, le retour sur investissement des quelques euros et du temps consacré à la construction et l'utilisation de cet instrument vous sont garantis.

Dans la littérature radioamateur le Grid-dip a un destin bizarre. Toujours évoqué, rarement décrit, comme si on pouvait encore en parler, mais pas le montrer. Démodé. Il est vrai que son usage purement analogique nécessite quelques manipulations pour en tirer des résultats corrects.

De même qu'un couteau suisse ne remplace pas une perceuse, une scie sauteuse et un tournevis électrique, le dipmètre ne rivalise pas en confort d'utilisation avec un impédancemètre ou un inductancemètre récent, mais consultez un catalogue spécialisé, faites le total de la commande et comparez le au prix d'un récepteur honorable. Et pour travailler le balsa et se faire la main le couteau suisse est bien suffisant.

Combiné avec le récepteur, une calculatrice ou un tableur et quelques petits montages additionnels le Grid-dip permet de :

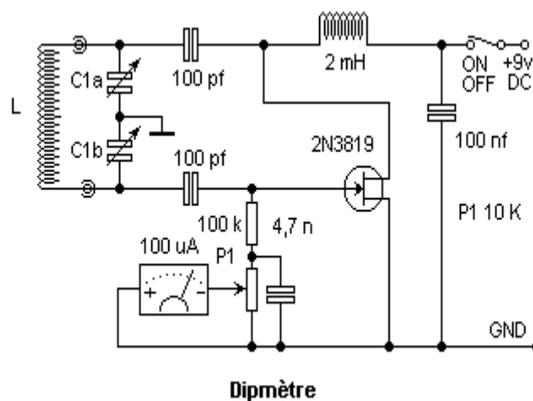
- Mesurer les inductances (et les capacités)

Un instrument pour mesurer, apprendre et comprendre. Son aspect didactique, lui, n'a pas de prix.

Un Grid-Dip simple

Premier schéma : version classique.

Il se compose d'un oscillateur formé par L et le CV et d'un détecteur de niveau pris dans la gate du transistor FET. Pour couvrir la gamme HF il faut compter 3 bobines interchangeables. Le CV est un double cage, un modèle prélevé sur un vieux poste à transistor n'est pas le premier choix, mais peut convenir. Le potentiomètre P1 sert à régler le niveau prélevé sur le circuit en amenant l'aiguille du galvanomètre à environ deux tiers de l'échelle.



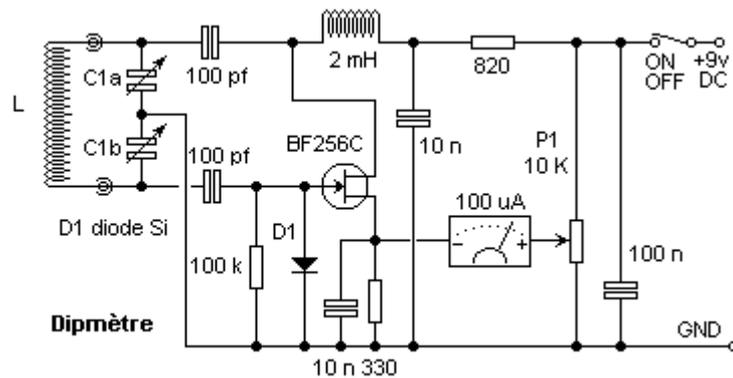
Le niveau d'un tel oscillateur n'étant pas réglé, la position de l'aiguille peut fortement varier avec la fréquence et nécessite des reprises de réglage en cours d'utilisation.

Mais en présence d'un circuit résonnant, une brutale déviation vers la gauche, le dip, indique un transfert d'énergie entre l'oscillateur du dipmètre et le circuit résonnant, révélant ainsi la fréquence de résonance du circuit sous test. C'est ce dip qu'il faudra guetter en faisant varier lentement la fréquence à l'aide du CV.

Une version plus élaborée

Plus sensible, un signal avec moins de distorsion lui permet d'être utilisé comme un petit générateur HF.

La présence de la diode entre gate et masse, ainsi que la résistance en parallèle avec le condensateur entre source et masse, diminue légèrement le niveau, mais améliore considérablement la pureté spectrale de signal émis par l'oscillateur. Cette modification n'apporte rien dans l'utilisation classique du dipmètre, mais elle permet de s'en servir comme générateur de signal, certes faible, mais convenable.



La détection de niveau se fait sur la source et le galvanomètre est pris en pont entre la source et le potentiomètre P1. Cette configuration améliore la sensibilité de l'ensemble. Le dip devient décelable à une plus grande distance du circuit mesuré.

Construction

La construction présente 3 difficultés. Trouver le CV, confectionner les bobines et leur connexion, faire un montage à jonctions courtes.

Si possible, utiliser un CV double cage à air. A défaut, un petit CV prélevé sur un vieux récepteur peut faire l'affaire, mais l'oscillateur aura du mal à passer les 100 Mhz. Pour une utilisation en HF, cela peut convenir. Dotez-le d'un large bouton et d'un généreux support de graduation. On doit pouvoir y marquer autant d'échelles qu'il y a de bobines.

En général, le rapport mini/maxi des capacités que délivre le CV est environ de 1/10. L'excursion de fréquence est donc de 3,3/1 pour une bobine donnée. La capacité du CV à prendre en compte pour évaluer la valeur des inductances à construire est C1a en série avec C1b. Autrement dit, CV est à mesurer aux points de connexion des bobines.

Pour avoir un recouvrement satisfaisant de fréquences les bobines sont construites dans un rapport 1 à 8.

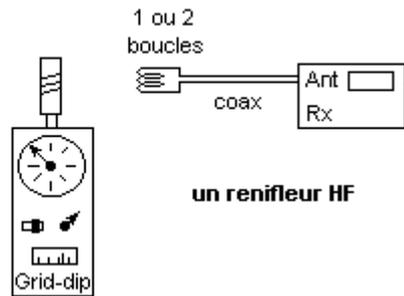
Utilisez du fil émaillé d'1 mm et bobinez sur un support isolant. Pour la connectique, faites en fonction de vos fonds de tiroirs.

Pour optimiser le fonctionnement HF et obtenir un montage à jonctions courtes la séparation en îlots de la face cuivrée d'un CI est une bonne méthode et peut éventuellement éviter le perçage. Un support à bande cuivrée est plus facile mais n'est pas l'idéal pour la VHF. Après montage il sera avantageux de couper les longueurs de bandes inutiles. L'usage d'un boîtier métallique est souvent préconisé.

Etalonnage

L'instrument doit être étalonné et nécessite autant d'échelles que de bobines. Pour confectionner les graduations de chaque échelle, il faut disposer d'un fréquencemètre sensible et précis. Un récepteur HF doté d'un renifleur rempli parfaitement ce rôle. Une ou deux boucles de fil de un à deux centimètres de diamètre, connectées à un morceau de câble relié

au récepteur forment une très mauvaise antenne. Elle atténue fortement les signaux extérieurs et privilégie la réception du signal issue du GDO.



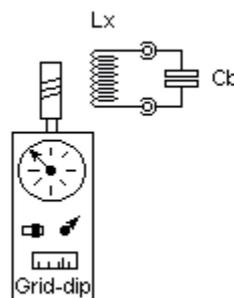
On peut ainsi graduer les différentes échelles de Mhz en Mhz ou par pas de 500 kHz suivant la gamme à étalonner.

Attention toutefois aux harmoniques. La fréquence lue sur le récepteur doit être compatible avec la valeur du CV et de la bobine. La valeur de CV est la combinaison série des deux cages C1a et C1b.

Lors des mesures, on se servira de ces graduations comme repères de fréquences et on utilisera le récepteur et son renifleur pour déterminer la fréquence exacte d'oscillation.

Mesure d'inductance et de capacité

On a vu que le Grid-dip peut être considéré comme un révélateur de fréquence de résonance.



Pour effectuer la mesure d'une inductance LX, on procède de la façon suivante.

[Feuilles de calculs sous Excel](#) *Omctrlw.xls Onglet Mesures réf. gdl*

On peut mesurer une capacité inconnue CX à l'aide d'une inductance connue LB, en procédant de la même manière.

La formule devient alors:

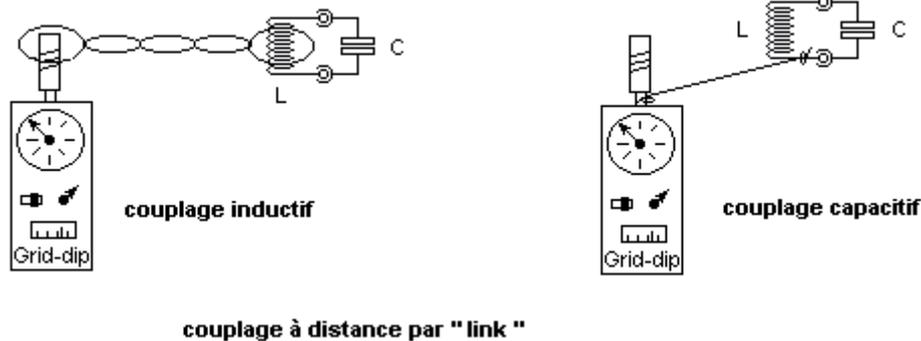
$$CX = 25330/(F^2LB) \text{ avec CX en pF, F en Mhz, LB en } \mu\text{H.}$$

Le paragraphe ci-dessous « Encore plus de précision » traite des précautions et d'une manipulation pour améliorer les performances de la mesure des inductances. Rappelons que l'inductance est le composant le plus facile à fabriquer, quelques tours de fils sur un support isolant, mais le plus difficile à mesurer, surtout les faibles valeurs rencontrées en HF.

La mesure de résonance

De tout : d'une échelle, d'un sommier, et même d'une antenne

Quand le circuit à mesurer est difficilement accessible on utilise d'autres modes de couplage.



Un circuit résonnant soudé sur un montage tout fait n'est pas toujours accessible au dipmètre. On confectionne alors une liaison souple couplée à l'instrument et au circuit pour effectuer la mesure. Si la bobine du circuit peut être approchée, on utilise un couplage inductif, si seul un fil du circuit LC est disponible, on utilise un couplage capacitif.

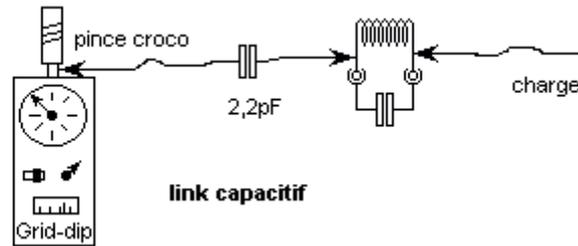
Cette liaison, ou "link" comprend :

- Une boucle côté Grid-dip pour le couplage à la bobine de l'instrument.
- Une boucle côté circuit à mesurer pour le couplage de la bobine du circuit sous test.
- Deux fils torsadés pour relier les deux boucles de couplage.

Ou

- Un simple morceau de fil isolé enroulé sur une connexion du dipmètre et sur une liaison du circuit LC.
- Les boucles forment un couplage inductif (par inductance), le fil enroulé forme un couplage capacitif, (par condensateur).
- Le couplage inductif est aussi utilisé pour mesurer la résonance LC d'une inductance torique.

Si, comme moi, vous avez des difficultés à obtenir un dip avec le couplage capacitif décrit, utilisez le montage suivant.



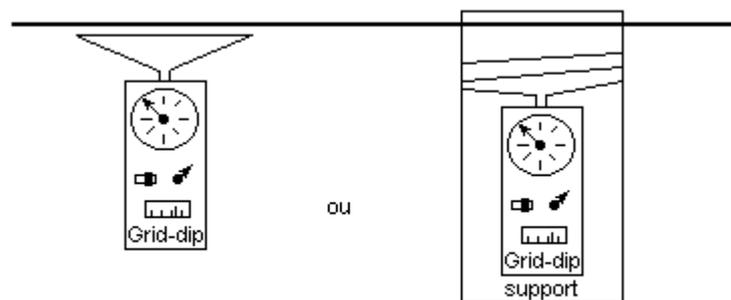
Le signal est prélevé sur le dipmètre par une pince croco sur contact direct sur un connecteur et envoyé, via un condensateur de faible valeur directement sur le circuit LC. Pour rendre le dip plus net, il peut être nécessaire de charger le circuit par un bout de fil connecté symétriquement à l'arrivée du signal.

Ce montage est particulièrement utile pour mesurer des inductances sous capot métallique qui empêche le couplage inductif.

Mesure de la fréquence de résonance d'un élément rayonnant.

Toute pièce métallique est susceptible de rayonner des ondes radio ou servir de collecteur d'ondes. Ainsi, une échelle, un sommier, un morceau de fil électrique peuvent être connectés au récepteur directement, ou mieux, via un coupleur. Mais même sans dispositif d'adaptation, n'importe quel élément métallique possède des caractéristiques radios particulières. Une de ces caractéristiques est la fréquence de résonance qui varie avec la configuration géométrique, telle que la longueur, l'épaisseur, la forme, etc...

Une bobine de forme allongée améliore le transfert du signal du Grid-dip vers l'antenne à mesurer et facilite la lecture du dip. Un porte-manteau métallique ou un fil enroulé sur un large support augmente le couplage inductif le long de l'antenne et rend l'instrument plus sensible. Le support de la deuxième solution sert aussi à fixer le dipmètre et ménager les connecteurs en supportant le poids de la bobine.



Bobine en porte manteau ou enroulée sur un support

Cette expérience vaut la peine d'être réalisée avec une échelle métallique ou sur un fil tendu entre deux isolateurs. Un fil d'une dizaine de mètres provoque un dip aux environs de 14,5 Mhz, 22 Mhz, 28 Mhz...

Soit à des fréquences qui correspondent à des multiples entiers de demi-longueur d'onde.

Rappelons qu'à la fréquence de résonance, l'impédance d'une antenne est purement résistive, la partie réactive est nulle et que c'est à cette fréquence que son rendement est le meilleur. Malheureusement cette impédance peut être très élevée et très différente de l'impédance d'entrée du récepteur ce qui justifie dans pratiquement tous les cas l'utilisation d'un coupleur. Dans le cas de la résonance le coupleur sert alors uniquement à « adapter » l'impédance, la « conjugaison » de la partie réactive étant inutile puisque nulle.

Lors de l'étalonnage vous avez sans doute remarqué que les graduations de deux échelles différentes évoluaient suivant un rapport à peu près constant. Par exemple, sur mon support de graduation la fréquence 23 Mhz se trouve juste au-dessus de 9 Mhz. Le rapport 23/9 (2,56) se retrouve tout au long des deux échelles. Cette propriété peut se révéler bien pratique lors de l'utilisation occasionnelle de bobines particulières. Pour faciliter le repérage de la fréquence d'une bobine à laquelle ne correspond aucune échelle spécifique, procédez de la manière suivante.

Les valeurs sont indiquées à titre d'exemple. Toute autre valeur peut convenir.

En cours d'utilisation de la bobine sur support, vous notez un dip à 5 Mhz lu sur l'échelle comprenant la graduation de 3 Mhz. La fréquence réelle est aux environs de 10 Mhz (5×2) que vous précisez à l'aide du récepteur.

Ce procédé « d'étalonnage minute » peut servir pour toutes les bobines que vous jugerez bon de construire et d'essayer.

Et vous voilà équipé pour mesurer la fréquence de résonance de tout ce qui ressemble de près ou de loin à une antenne.

Encore plus de précision

Un reproche fréquent fait au Dipmètre utilisé en mesure de composant est le manque de précision, particulièrement dans la mesure d'inductance. Ce reproche est justifié si on le met en concurrence avec des instruments professionnels mais la différence de prix plaide en sa faveur. En présence d'instruments conçus et réalisés avec des moyens et un budget « amateur », il soutient honorablement la comparaison. Un autre avantage du dipmètre est d'effectuer la mesure à une fréquence proche de la fréquence d'utilisation

du composant. Tester par exemple, une inductance sur ferrite de 3 μ H sur un pont alimenté à 1 KHz et au dipmètre aux environs de 9 Mhz donnera des résultats différents, mais j'ai tendance à accorder plus de crédit au résultat obtenu à 9 Mhz, surtout quand on sait que l'influence de la ferrite sur la valeur de l'inductance change avec la fréquence. Et il y a plus de chance qu'une telle inductance soit utile à 9 Mhz ou plus, qu'aux fréquences audio.

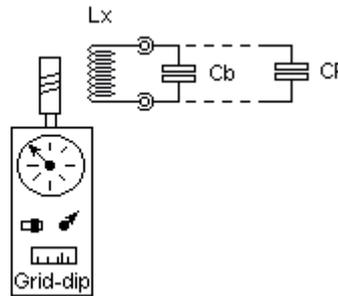
Mais ce n'est pas une raison pour ne pas prendre toutes les précautions pour améliorer encore la qualité des résultats. Pour y parvenir, il faut :

- Un condensateur KS au styroflex est un très bon choix, la céramique, trop sensible à la température est à proscrire. Comme nous allons l'étudier, il est inutile d'utiliser un

condensateur CB de précision. La méthode décrite va nous permettre de déterminer précisément la valeur CB à prendre en compte pour les calculs. La capacité de précision CP servira à l'étalonnage, mais ne sera pas montée à demeure et pourra resservir en d'autres occasions.

Etalonnage précis de CB et du support de connexion.

On appelle :



Effectuez les mesures suivantes.

Il ne reste plus qu'à faire les calculs. En notant que:

$$\mathbf{FH^2 = K/(LX*CB) \text{ et } FB^2 = K/(LX*(CB+CP)) \text{ et en faisant le rapport } FH^2/FB^2}$$

Il arrive : $CB = CP/(FH^2/FB^2 - 1)$.

[Feuilles de calculs sous Excel](#) *Omctrlw.xls Onglet Mesures réf. gd3*

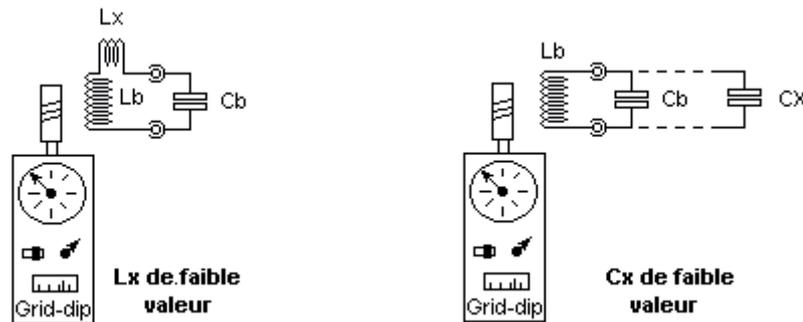
Cette procédure permet de déterminer la valeur de CB et des capacités parasites du support de connexion. C'est cette valeur qu'il faudra utiliser pour les calculs des inductances à mesurer. Il est maintenant possible de calculer LX par la formule habituelle, $LX = 25330/(FH^2*CB)$, et fabriquer des inductances étalons pour la mesure de condensateurs, si l'on ne dispose pas d'un capacimètre.

Remarquez que la même méthode, la double mesure, s'applique en présence d'un filtre LX//CX pour trouver les valeurs des deux composants qui le constituent.

Mesure de composant de faible valeur.

La double mesure est aussi intéressante pour la mesure de composant de faible valeur. La différence de fréquence de résonance est significative si l'on insère un composant dans un circuit Lb//Cb connu.

Pour une inductance de faible valeur Lx la connexion se fait en série avec Lb, pour un condensateur de faible valeur Cx on connecte Cx en parallèle avec Cb.



On procède comme précédemment.

Pour Lx:

Le calcul: $Lx = 25330 * (FH^2 - FB^2) / (FH^2 * FB^2 * CB)$

ou

calcul de LB en fonction de FH, CB et: $Lx = (FH^2 / FB^2 - 1) LB$

[Feuilles de calculs sous Excel](#) *Omctrlw.xls Onglet Mesures réf. gd4*

Pour Cx:

Le calcul: $CX = (FH^2 / FB^2 - 1) CB$

[Feuilles de calculs sous Excel](#) *Omctrlw.xls Onglet Mesures réf. gd5*

En espérant avoir quelque peu redoré le blason de cet instrument et que ces quelques lignes en incitent quelques uns à le construire. Pour un SWL il s'agit sans doute du premier « émetteur ».

Bonnes mesures!

- Repérer les fréquences de résonances d'un élément rayonnant ou d'un circuit oscillant
- Evaluer les caractéristiques d'un câble coaxial ou d'un feeder
- Générer une porteuse HF pour alimenter par exemple un pont d'impédance.
- Connectez Lx en parallèle à un condensateur de valeur connue CB. Cette combinaison a une fréquence de résonance unique F.
- Approchez la bobine du Grid-dip de LX. Pour ne pas rater le plongeon de l'aiguille placez l'instrument à environ 1 cm.
- Faites lentement varier la fréquence à l'aide de CV. Si F est dans la gamme correspondante à la bobine utilisée vous remarquerez une brusque variation de niveau par un rapide déplacement de l'aiguille. A la résonance, le circuit LX CB absorbe de l'énergie fournie par l'oscillateur, c'est le dip. Comme les deux inductances sont très proches elles interagissent et faussent la mesure.
- Eloignez le Grid-dip de Lx, tout en actionnant le CV autour de la valeur trouvée, jusqu'à ce que le mouvement de l'aiguille soit à peine perceptible.
- Notez la valeur F sur la graduation.

- Cherchez à l'aide de cette indication approximative la fréquence exacte sur le récepteur équipé du renifleur.
- Calculez LX à l'aide de la formule de Thomson: $LX = 25330/(F^2CB)$ avec LX en μH , F en Mhz, CB en pF.
- Connectez une bobine usuelle au Grid-dip et réglez la fréquence sur 3 Mhz, que l'on note FL.
- Vérifiez cette fréquence à l'aide du récepteur et du renifleur.
- Eteignez le Grid-dip et connectez la bobine sur support décrite plus haut.
- Rallumez le Grid-dip.
- Sans toucher au réglage de fréquence (le CV), cherchez la fréquence d'émission FH sur le récepteur, 6 Mhz.
- Notez le rapport FH/FL. 2 dans ce cas.
- Obtenir un dip le plus faible possible en éloignant au maximum l'instrument du circuit sous test.
- Lire la fréquence sur un fréquencemètre ou sur le récepteur.
- Utiliser un condensateur stable pour CB.
- Utiliser un support de connexion compact et raccourcir toutes les liaisons.
- Etalonner soigneusement l'ensemble CB + support de connexion.
- LX une inductance à air (sans ferrite) quelconque connectée au support.
- CB la capacité de base connectée au support. CB sert au calcul de LX (environ 100 pF)
- CP une capacité de précision KS ou au mica argenté (100 ou 150 pF), non connectée.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LX//CB.
- Notez FH cette fréquence.
- Connectez provisoirement CP au support en parallèle avec CB.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LX//CB//CP
- Notez FB cette fréquence.
- Déconnectez CP et conservez-le pour d'autres usages.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LB//CB.
- Notez FH cette fréquence.
- Connectez provisoirement LX au support en série avec LB.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LX+LB//CB
- Notez FB cette fréquence.
- Déconnectez Lx.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LB//CB.
- Notez FH cette fréquence.
- Connectez provisoirement CX au support en parallèle avec CB.
- Déterminez la fréquence de résonance du circuit LX//CB//CP
- Notez FB cette fréquence.
- Déconnectez CX.

Le calcul: $CX = (FH^2/FB^2-1)CB$

[Feuilles de calculs sous Excel](#) *Omctrlw.xls Onglet Mesures réf. gd5*

En espérant avoir quelque peu redoré le blason de cet instrument et que ces quelques lignes en incitent quelques uns à le construire. Pour un SWL il s'agit sans doute du premier « émetteur »!

Bonnes mesures!

Article de [F4DNR ICI](#)