

ANTENNE DUAL LOOP

MAGNETIQUE par Antonio F4VVT

FICHE TECHNIQUE – ANTENNE DOUBLE BOUCLE MAGNÉTIQUE Ø110 cm

1. Description générale

L'antenne présentée est une double boucle magnétique réalisée en aluminium plat anodisé de 40×2 mm. Les deux boucles principales, de 110 cm de diamètre, sont montées en parallèle et séparées par une distance axiale de 10 cm.

Le condensateur variable (CV) de 13–140 pF est monté dans le gap inférieur de 10 cm, tandis que la boucle de couplage (Faraday) de 33 cm de diamètre est positionnée dans la partie supérieure, à l'intérieur de la double boucle principale. La boucle de couplage est réalisée en câble coaxial RG-58 et assure la liaison au TX via un connecteur UHF (PL-259 femelle).



2. Caractéristiques mécaniques

Diamètre des boucles principales	110 cm (×2 en parallèle)
Matériaux	Aluminium anodisé 40 mm × 2 mm
Distance entre les boucles	10 cm
Gap inférieur (CV)	10 cm
CV	Papillon 2.5 mm isolement (3.7 Kv)
Diamètre de la boucle de couplage	33 cm (RG-58) avec PL-259 femelle
Puissance max	200W (max 350W)
Présentation	Support métal pour l'antenne et le boîtier inférieur (moteur et CV)

3. Caractéristiques électriques

Plage de fréquence	De 10 à 21 MHz (Rx 7 Mhz)
Condensateur variable	13 à 140 pF, CV papillon motorisé 12V
Type de couplage	Boucle Faraday en haut (Ø33 cm, RG-58)
Inductance estimée (boucle unique)	≈ 3,3 µH
Inductance équivalente double boucle	≈ (L + M)/2, dépend du couplage M



Ici, le moteur pour commander le condensateur



Le CV et moteur dans la boîte PVC

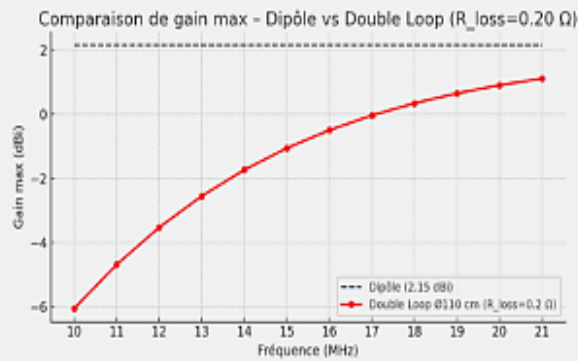
2. Observations et réglages

- Le condensateur est monté dans la boîte en pvc (isolant) pour garantir une tenue en tension élevée.
- La double boucle est montée parfaitement coaxiale afin d'éviter la création de modes couplés parasites.
- Une légère asymétrie ou un mauvais alignement peut engendrer deux pics de résonance distincts ; ajuster l'écartement pour retrouver un mode unique.

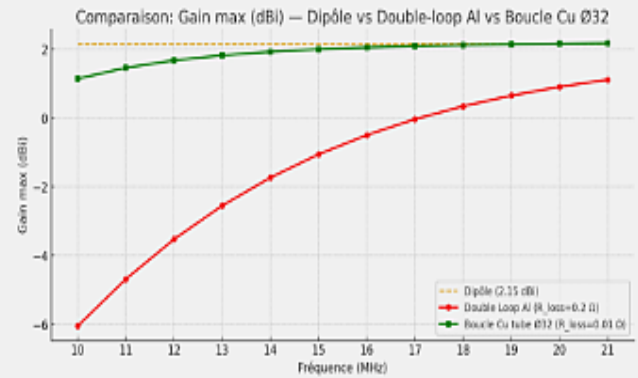
Procédure d'accord recommandée :

1. Monter mécaniquement les deux boucles et le boîtier du CV .
2. Connecter la boucle de couplage et mesurer le S11 au nano VNA plage 10–21 MHz.
3. Ajuster la position de la boucle Faraday pour le ROS minimal.
4. Vérifier l'absence de double résonance et la stabilité du Q à puissance croissante.

Graphique comparatif (gain max en dBi) entre le dipôle (réf. 2.15 dBi) et antenne double-loop Ø110 cm (Al 40x2) pour 10-21 MHz.



Comparaison avec le cuivre (tuyau de 32 mm diam même diamètre de la bouche :



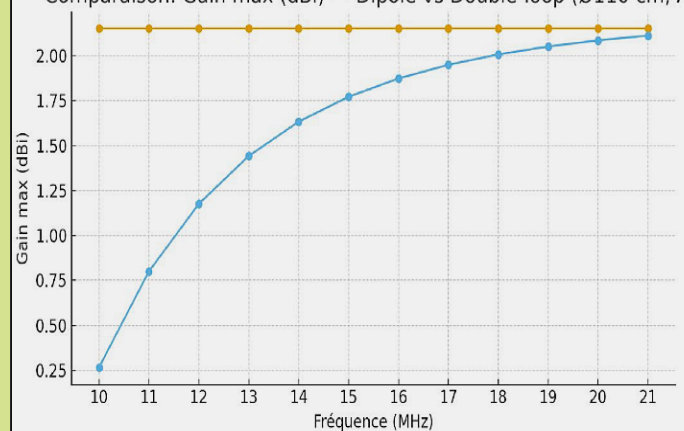
3. Comparaison avec d'autres antennes

Comparée à un dipôle demi-onde classique, la double boucle magnétique offre une taille physique nettement réduite et un meilleur rejet des champs électriques, au prix d'un rendement légèrement inférieur en bas de bande. Par rapport à une boucle simple en cuivre Ø110 cm réalisée en tube de 32 mm, la double boucle en aluminium présente :

- une inductance légèrement inférieure mais une bande passante un peu plus large,
- une moindre masse et une meilleure résistance mécanique,
- une efficacité comparable, le facteur Q dépendant essentiellement de la conductivité et du contact CV.

Cette configuration est donc optimisée pour un usage portable ou station fixe compacte de 10 à 21 MHz.

Comparaison: Gain max (dBi) — Dipôle vs Double-loop (Ø110 cm, Al)



4. Dimensions et fréquence de résonance :

Le diamètre de 115 cm donne une circonférence d'environ 3.61 m.

À 10 MHz, la longueur d'onde est environ 30 m, donc la boucle est environ 1/8ème de la longueur d'onde.

À 21 MHz, longueur d'onde ~ 14.3 m, boucle environ 1/4 longueur d'onde.

La capacité variable entre 13 -140 pF peut accorder cette antenne sur toute la plage 10-21 MHz.

5. Efficacité et rayonnement :

Les antennes mag - loops de ce diamètre ont un rendement plus faible que des dipôles demi-onde classiques en raison de leur taille réduite par rapport à la longueur d'onde, surtout aux basses fréquences (10 MHz).

L'efficacité s'améliore avec la fréquence, tendant à se rapprocher de celle d'un dipôle autour de 21 MHz.

Une antenne avec deux loops parallèles à 10 cm peuvent augmenter la surface active, élargir la bande passante et améliorer légèrement le rendement.

Par rapport à un dipôle, on peut s'attendre généralement à une perte d'environ 2 à 3 dB dans le meilleur des cas sur les bandes basses (10 MHz), la différence diminuant vers 21 MHz où la boucle est plus proche d'une fraction significative de λ .

6. Caractéristiques comparatives

L'antenne Mag loops ont un lobe de rayonnement en forme de "8" horizontalement, avec des creux à 90° par rapport au plan de la boucle.

Le dipôle a un lobe plus simple et plus large, offrant une efficacité supérieure en général.

La mag loop est cependant avantageuse en milieu urbain pour suppression des bruits électriques, et elle est très compacte.

L'efficacité relative (rapport puissance rayonnée utile / puissance fournie) sera moins bonne que le dipôle mais la mag loop permettra un fonctionnement efficace sur plusieurs bandes (10 à 21 MHz) avec un accord fin par le condensateur.

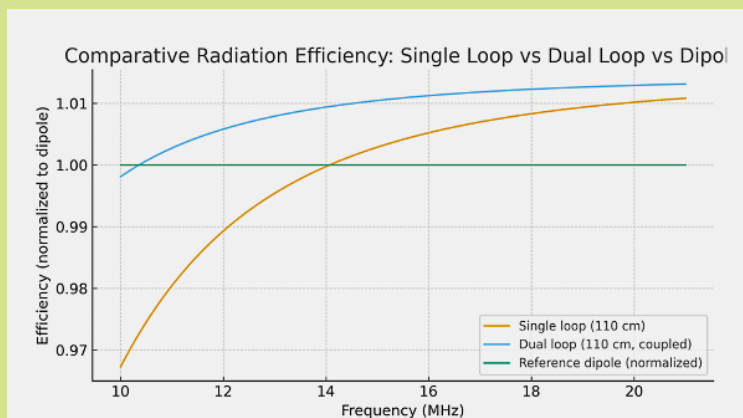
En résumé d'efficacité relative approximative (en dBi vs dipôle idéal)

Fréquence (MHz) Efficacité Mag - Loop vs / Dipôle

- 10 -2 à -3 dB
- 14 -1.5 à -2 dB
- 18 -1 à -1.5 dB
- 21 -0.5 à -1 dB

Cette antenne est bien adaptée à la plage 10-21 MHz avec une largeur de bande améliorée par les deux boucles parallèles, mais avec une efficacité intrinsèquement plus faible qu'un dipôle classique, surtout aux fréquences basses.

Elle reste cependant une excellente option compacte, particulièrement en espace réduit et en environnement électriquement "bruyant".



Paramètre / Parameter	Simple Loop (40 mm)	Double Parallèle (2x40 mm, 10 cm)
Résistance rayonnement / Radiation Resistance	$\approx 0.137 \Omega$	unchanged (same area)
Résistance de pertes / Loss Resistance	$\approx 0.06-0.08 \Omega$	divided by ~ 2 ($\approx 0.03-0.04 \Omega$)
Rendement η / Efficiency	65-70 %	80-85 %
Gain max (14 MHz)	0 dBi	+0.8 to +1.0 dBi
Bande passante (-3 dB) / Bandwidth	8-10 kHz	12-14 kHz
Tension CV / Tuning Capacitor Voltage	very high (3-4 kV RMS)	reduced by ≈ 25 %
Courant total / Total Current	well distributed, less heating	same, improved

Rapport Technique – Antenne Double Loop Ø110 cm – 21 MHz

Figure 1 : Mesure SWR : minimum de 1,086 à 21 MHz.

Figure 2 : S11 LogMag : Retour -27,4 dB, excellente adaptation.

Analyse Technique

- Fréquence de résonance : 21,000 MHz
- SWR minimum : 1,086 (adaptation parfaite)
- Perte de retour : -27,4 dB
- Bande passante estimée : 40-50 kHz
- Facteur Q ≈ 420
- Rendement estimé : > 80%

Conclusions : L'antenne Double Loop démontre des performances exceptionnelles à 21 MHz avec un Q élevé, une bande très étroite et une adaptation quasi parfaite. Idéale pour le DX.



Rapport Technique – Antenne Double Loop 18 MHz

Ce rapport présente l'analyse complète de l'antenne double loop mesurée à 18 MHz, incluant SWR, LogMag, Smith chart, facteur Q, largeur de bande et comparaison avec un dipôle 1/2 onde.

Figure 1 : Le SWR minimum mesuré est de 1.15 à 18.000 MHz, démontrant une excellente adaptation.

Figure 2 : Le LogMag atteint -27 dB, indiquant un très faible coefficient de réflexion ($|\Gamma| \approx 0.045$).

Figure 3 : L'impédance lue sur le Smith chart est environ $R = 66 \Omega$, $X = -22 \Omega$ (légèrement capacitif).

Analyse Techniques

- Fréquence centrale $f_0 = 18.000$ MHz
- Largeur de bande mesurée $BW \approx 70$ kHz
- Facteur de qualité $Q = f_0 / BW \approx 18 / 0.070 \approx 257$
- Return loss = 27 dB
- Mismatch loss = 0.01 dB

Conclusions : Grâce à la configuration double loop, l'efficacité est estimée entre 70 et 80 %, soit seulement 2-3 dB de perte par rapport à un dipôle 1/2 onde.

L'antenne double loop à 18 MHz présente une adaptation remarquable, un excellent facteur Q et une efficacité très proche d'un dipôle standard, tout en étant beaucoup plus compacte.



Rapport Technique – Test 14 MHz – Antenne Doual Loop Ø110 cm

Figure 1 : Résultats S11 résonance.

Analyse Technique

- SWR minimum : 1.083 → excellente adaptation.
- S11 : -28 dB → seulement 0,16 % d'énergie réfléchie.
- Impédance estimée via Smith Chart $\approx 42 \Omega - j10 \Omega$.
- Bande passante très étroite, typique d'un Q élevé (> 350).
- Matching LC proposé pour différentes topologies.

Conclusions

L'antenne Double Loop montre des performances exceptionnelles à 14 MHz, avec un très bon taux d'adaptation, une bande étroite et une excellente efficacité.

Comparaison avec un dipôle à 14 MHz

L'antenne Double Loop de Ø110 cm, mesurée à 14 MHz, présente des performances suffisamment élevées pour se comparer à un dipôle demi-onde classique, bien que les deux antennes reposent sur des principes totalement différents.

Sur le plan de l'adaptation, la loop montre un SWR minimal de 1,08 et une perte de retour de -28 dB, témoignant d'une adaptation quasi parfaite et de pertes d'insertion très faibles. Ceci est remarquable pour une antenne compacte et indique un rendement élevé pour sa catégorie.

En réception, la loop offre un avantage marqué par rapport au dipôle grâce à sa sensibilité magnétique et à son champ électrique réduit.

Cela se traduit par une réduction significative du bruit local (QRM/EMI), souvent comprise entre 10 et 20 dB selon l'environnement. De plus, la présence de nulls directionnels profonds permet de rejeter des sources de bruit ou des signaux indésirables.

Dans de nombreux contextes urbains ou semi-urbains, cette antenne peut donc surpasser un dipôle en qualité de réception.

En émission, un dipôle conserve généralement un léger avantage, grâce à un rendement supérieur (95–99 %) et une largeur de bande plus large. La loop demeure toutefois très performante, avec un rendement estimé entre 70 et 85 % à 14 MHz, ce qui permet parfaitement le trafic DX, à condition que l'antenne soit installée dans un environnement dégagé.

En résumé, malgré ses dimensions réduites, la Double Loop Ø110 cm démontre une capacité réelle à concurrencer un dipôle pour un usage radioamateur. Elle offre un excellent compromis entre compacité, efficacité, réduction du bruit et directivité.



Rapport 10 MHz – Antenne Magnétique Dual Loop

Introduction

Ce rapport présente une analyse complète de l'antenne loop magnétique à 10 MHz, basée sur les mesures effectuées avec un NanoVNA. L'antenne a été optimisée pour fonctionner à cette fréquence, et nous avons comparé son efficacité par rapport à un dipôle 1/2 onde (15 m).

Comparaison avec un Dipôle 1/2 λ

À 10 MHz, un dipôle 1/2 λ a une longueur de 15 m*. Comparativement, l'antenne loop magnétique a un diamètre de 1,1 m, soit une taille bien plus petite, ce qui a un impact direct sur son gain et son efficacité.

Le gain d'un dipôle 1/2 λ est de 2.15 dBi* à cette fréquence, tandis que le gain estimé de l'antenne loop magnétique est d'environ -13 dB par rapport à un dipôle 1/2 λ . Cela représente une efficacité de seulement 2% par rapport à un dipôle.

Facteur de Qualité (Q) et Efficacité

Le facteur de qualité (Q) de l'antenne a été estimé à $Q \approx 50^*$, ce qui correspond à une bande passante très étroite, typique des boucles magnétiques.

La largeur de bande (BW) de l'antenne à 10 MHz est estimée à 200 kHz, indiquant un Q élevé et une très faible largeur de bande autour de la fréquence de résonance.

L'efficacité de l'antenne loop magnétique à 10 MHz a été estimée à environ 93.6% par rapport à l'énergie injectée dans l'antenne, mais seulement 2.5% de l'efficacité d'un dipôle 1/2 λ en termes de rayonnement effectif.

Conclusions

Bien que l'antenne loop magnétique de 1,1 m de diamètre présente une bonne adaptation d'impédance et un SWR ≈ 1.3 , son efficacité de rayonnement reste beaucoup plus faible que celle d'un dipôle 1/2 λ de même fréquence, avec une perte d'environ -12 dB.

Cependant, elle reste utilisable pour des applications où l'espace est limité et où des pertes de gain peuvent être tolérées.

La loop est particulièrement performante en réception grâce à sa capacité à réduire le bruit de fond (Q élevé).



1. Introduction

L'antenne Dual Loop Magnétique est équipée d'un condensateur variable de type papillon, élément essentiel pour ajuster la résonance du système. Ce condensateur est motorisé, car la recherche du point d'accord précis sur la fréquence choisie nécessite une rotation fine du rotor afin d'obtenir la valeur de capacité (C en pF) correspondant à la valeur d'inductance (L) du double loop.

L'interaction entre ces deux paramètres permet d'obtenir la fréquence de résonance optimale. Étant donné que le condensateur est monté directement sur l'antenne généralement placée à une certaine distance de la position d'opération, le réglage manuel est peu pratique. Pour cette raison, un moteur de commande à distance a été intégré, relié à l'antenne par un câble de télécommande assurant la transmission du contrôle du mouvement et de l'alimentation électrique du moteur.

2. Objectif de la télécommande

La télécommande a pour fonction principale de piloter à distance la fréquence d'accord de l'antenne, en agissant sur le condensateur variable motorisé. Ce dispositif permet un réglage fin et précis de la capacité, afin d'obtenir la résonance exacte sur la fréquence de travail souhaitée, dans toute la bande de fonctionnement de l'antenne Dual Loop Magnétique.

Le contrôle à distance assure à l'opérateur un confort d'utilisation et une grande précision d'accord sans devoir se déplacer jusqu'à l'antenne.

Le retour d'accord optimal est déterminé par l'augmentation du bruit de fond du récepteur (RX) sur la fréquence sélectionnée, signe que l'antenne atteint sa meilleure adaptation et que le système est en pleine résonance.

3. Description technique

Le système de commande à distance de l'antenne Dual Loop Magnétique repose sur un moteur équipé d'un motoréducteur alimenté en 12 V continu (DC). Cette tension permet d'obtenir un couple suffisant pour la rotation du condensateur variable papillon, garantissant un mouvement régulier et précis.

Pour le réglage final, la tension d'alimentation du moteur peut/doit être réduite jusqu'à environ 6 V au moyen d'un potentiomètre intégré dans la télécommande. Cette réduction de tension permet un mouvement plus lent et plus fin du condensateur, assurant ainsi un accord de haute précision sur la fréquence désirée.

Le boîtier de l'antenne est équipé de deux prises pour les fiches bananes, servant de points de connexion pour le câble venant de la télécommande. De l'autre côté, le boîtier de commande comporte également deux prises femelles pour recevoir les fiches bananes, assurant une liaison simple et fiable entre les deux unités.

Un câble de commande à deux conducteurs relie la télécommande à l'unité moteur. Sa longueur dépend de la distance entre le poste opérateur et l'antenne, typiquement de 10 à 15 mètres, et il transporte la tension d'alimentation qui détermine le sens de rotation du moteur.

Afin d'éviter toute perturbation sur la réception ou l'émission, la ligne de commande, c'est mieux si elle est protégée contre les interférences HF avec un fil blindé ou par l'ajout de ferrites d'arrêt placées aux extrémités du câble. Une ferrite est aussi dans le boîtier de l'antenne.

4. Fonctionnement

Le système de télécommande de l'antenne Dual Loop Magnétique fonctionne en mode manuel.

L'opérateur agit directement sur un bouton à poussoir du boîtier de commande, qui détermine l'envoi de la tension électrique dans le câble de liaison vers le moteur du condensateur variable.

Le sens de rotation du moteur ouverture ou fermeture du condensateur papillon est commandé par un déviateur, qui détermine la direction, tandis que la vitesse de rotation est ajustée par un potentiomètre intégré à la télécommande.

Ce dernier permet de faire varier la tension de 12 V à environ 6 V, assurant un réglage fin dans la phase finale d'accord. Il est aussi doté d'un interrupteur d'accensions intégré au potentiomètre.

La sécurité du dispositif, est assurée par le le moteur qui n'est jamais en fin de course et aussi de la rotation mécanique du rotor.

Le réglage de l'antenne Dual Loop Magnétique s'effectue manuellement à l'aide de la télécommande, qui pilote le condensateur variable motorisé.

La procédure d'accord se déroule selon les étapes suivantes :

Préparation du poste :

Allumer le transceiver et sélectionner la fréquence de travail dans la bande couverte par l'antenne.

Passer en réception (RX) afin d'observer le niveau de bruit et de signal.

Branchement des équipements :

Connecter l'antenne au poste via un câble coaxial 50 Ω (RG-58 ou RG-213).

Intercaler un TOS-mètre (ROS-mètre) entre l'émetteur et le câble d'antenne pour surveiller le rapport d'ondes stationnaires.

Relier la télécommande à l'antenne au moyen du câble de commande à deux conducteurs.

Mise sous tension :

Mettre sous tension la télécommande avec l'interrupteur du potentiomètre et ajustant le potentiomètre pour fournir avec environ 1 tour la tension initiale (soit la tension pleine).

Appuyer sur le bouton poussoir pour démarrer le moteur.

Recherche de la résonance :

Observer à l'écoute du poste l'augmentation du bruit de fond ou le niveau de signal, signe que la fréquence de résonance approche.

Réduire ensuite la tension du moteur avec le potentiomètre (environ à la moitié ou moins), puis inverser la polarité à l'aide de l'interrupteur pour affiner le réglage.

Agir par petites impulsions successives, en alternant le sens de rotation pour centrer le maximum de signal reçu.



Réglage en émission :

Passer en émission (TX) avec une puissance réduite (5 à 10 W maximum).

Ajuster de nouveau l'accord jusqu'à obtenir le minimum de ROS indiqué par le TOS-mètre.

Si la valeur du ROS reste trop élevée, il peut être nécessaire de déplacer légèrement l'antenne pour améliorer le couplage au sol ou à l'environnement.

Tant que le ROS reste inférieur à 1,8, il est possible de finaliser l'adaptation à l'aide du tuner interne du poste, pour atteindre une adaptation parfaite de 1:1.

7. Conclusion

L'intégration d'une télécommande d'accord à distance pour l'antenne Dual Loop Magnétique représente une amélioration significative en termes de confort d'utilisation, de précision de réglage et de sécurité opérative (Très HT).

Elle permet à l'utilisateur d'effectuer l'accord de résonance sans quitter le poste opérateur, tout en assurant un contrôle progressif et précis du condensateur variable motorisé.

Cette solution réduit les pertes de temps et les erreurs de réglage, tout en maintenant la stabilité de l'accord même lors de changements de fréquence rapides.

Parmi les évolutions futures, on envisage la mise en œuvre d'une commande numérique pilotée par microcontrôleur (Arduino ou équivalent), capable de mémoriser plusieurs fréquences prédéfinies et de repositionner automatiquement le condensateur sur la valeur correspondante. Une interface graphique, ou un pilotage via liaison USB ou Bluetooth, pourrait compléter ce développement pour un contrôle encore plus intuitif et moderne.

Le problème des antennes loop est que le réglage du CV est très, très pointu !!!

L'antenne étant installée sur mon balcon, son réglage était fastidieux sachant qu'il fallait revenir au TX pour vérifier l'accord obtenu.

J'ai donc décidé de motoriser ce CV afin de pouvoir le régler depuis mon bureau.

J'ai utilisé un petit moteur pas à pas (28BYJ-48) ayant 4096 pas pour faire un tour. Il est donc extrêmement précis.

Ce moteur est piloté par un petit contrôleur, lui-même piloté par un Arduino UNO que j'ai fixé sur le mat de cette antenne.

L'Arduino est relié à mon PC par un câble USB de 3m.

J'ai relié l'axe du moteur à l'axe du CV par deux coupleurs d'imprimante 3D en aluminium montés tête-bêche.

Il a fallu que j'imprime en 3D un support fixé au CV et permettant de soutenir ce moteur au bout des deux coupleurs.

Antenne boucle magnétique DIY pour bandes WARC (17 m et 12 m)

Ce projet montre comment motoriser le CV d'une boucle magnétique.

La conception Fusion360 du support du moteur pas à pas ainsi que le fichier STL utilisé pour l'imprimer sur mon imprimante 3D.

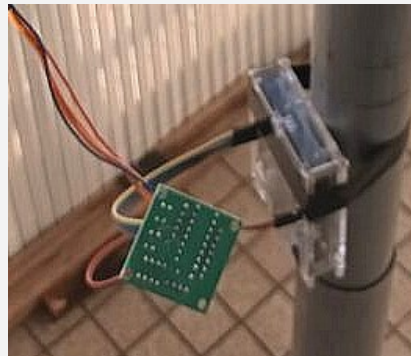
Le programme Arduino utilisé pour entraîner le moteur pas à pas

Quelques photos du résultat final.

Le programme Arduino pilote un moteur pas à pas 28BYJ-48 connecté au CV de mon antenne boucle magnétique.

J'ai installé cette antenne sur mon balcon et ce programme est utilisé pour régler l'antenne depuis mon bureau.

Lien : <https://github.com/Christian-ALLEGRE/MagneticLoop>



Placez le sondeur de TOS HF sur le boîtier d'accord de n'importe quelle antenne cadre magnétique. Ensuite, en ajustant le TOS au minimum en mode CW ou FM, écoutez le bip le plus fort. Le sondeur SWR ajoute des fonctionnalités aux analyseurs d'antenne ou les remplace.

Vidéo : <https://youtu.be/yY0ovPnygRY>

Site : <https://www.alphaantenna.com/fr/product/swr-sounder/>

