

# Controleur Antenne Magnétique

Présentation sur les antennes  
À Loop magnétiques et le controleur Wifi.

Richard VE2DJE

Présentation disponible a

<http://ve2dje.dyndns.org/LOOPANT/>

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Contenu de la présentation

- Théorie de fonctionnement antennes magnétiques.
- Description de l'antenne à Loop magnétique.
- Avantages et Désavantages Loop magnétique.
- Éléments de l'antenne.
  - Loop.
  - Condensateur.
  - Branchement.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Contenu de la présentation

- Contrôleur d'antenne Magnétique
  - Composantes matérielles.
  - Composantes logicielles.
  - Fonctionnement du logiciel
  - Modes WIFI
  - Console Webserial
  - Ajustements des limites du condensateur
  - Ajustements du capteur de puissance
  - Mise à jour du logiciel
  - Première installation ( STM32 neuf)
  - Références

# Contrôleur Antenne Magnétique

## DESCRIPTION DE L'ANTENNE MAGNÉTIQUE

- La loop magnétique est composée d'une boucle ouverte où circule un courant qui génère un champ magnétique qui est responsable de la radiation de l'antenne. L'inductance de la loop est fixe et peut être annulée par un condensateur placé dans l'ouverture de la loop.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Une onde ÉLECTROMAGNÉTIQUE est composée de 2 champs . Un champ Électrique et un champ Magnétique.
  - Champ Électrique : Le champ électrique est lié à la tension (mesurée en volts) . Il survient en présence de charges électriques (électrons) et se mesure en volts par mètre (V/m)
  - Ex: Un champ électrique peut être créé relativement facilement entre deux plaques de condensateur.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Champ magnétique: Tout courant électrique, alternatif ou continu, génère un champ magnétique.
- Ex: Aimant ferreux , Electro aimant
- Dans une onde électromagnétique , les deux champs sont présents et indissociables. La séparation des 2 champs est seulement le résultat de notre point de vue d'analyse.
- Les deux composantes électrique et magnétique sont couplées, si bien que toute variation de l'une induit une variation de l'autre.

# Contrôleur Antenne Magnétique

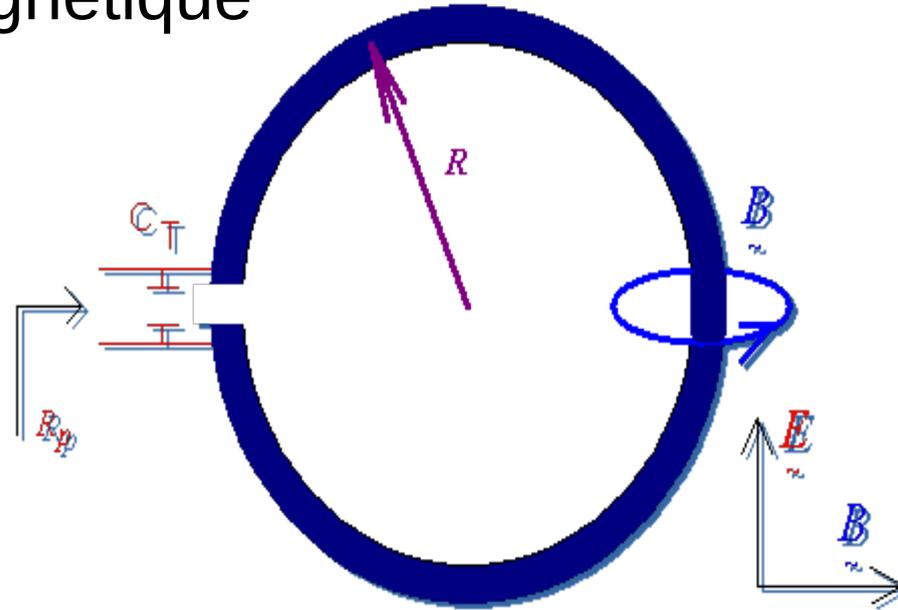
## Théorie des antenne Loop

- Une dipole est sensible à la composante électrique du champ électromagnétique.
- Une Loop Magnétique est sensible à la composante magnétique du champ électromagnétique.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Antenne magnétique



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Exemple d'antenne magnétique
  - Antenne basse fréquence avec Ferrite . Utilisée dans les radio AM



- Antenne Direction Finder HF

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Antenne mobiles HF de type armée



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Types d'antennes LOOP
  - Grande Loop : ( Quad ou Dipole repliée)
    - Circonférence de la Loop est de  $1 \lambda$  : 21' diamètre sur 20 mètre
    - Semblable à une dipole repliée ( folded Dipole) mais ronde ou carrée
    - Patron de radiation perpendiculaire au plan de l'antenne.
    - Polarisation dépend du feed point .

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Petite Loop : ( LOOP MAGNÉTIQUE )
  - Circonférence de la Loop est moins de  $\lambda/10$ .
  - Patron de radiation dans le plan de l'antenne.
- Avantages : Petite dimensions ,
  - Omni directionnelle lorsque a plat.
  - Directionnelle lorsque verticale.
  - Très bonne réduction de bruit.
  - Petites dimensions .
  - Peut être installé près du sol

-

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

### Désavantage:

- Très haut voltage au condensateur . 4.8 Kvolts pour 100 Watts
- Besoin de basse résistance sur la loop.
- Efficacité baisse pour loop plus petite que  $\lambda/20$ .
- Petite bande passante pour fréquences basses. 4 Khz a 7 Mhz.
- Affecté par l'environnement métallique.
- Doit être synthonisée.

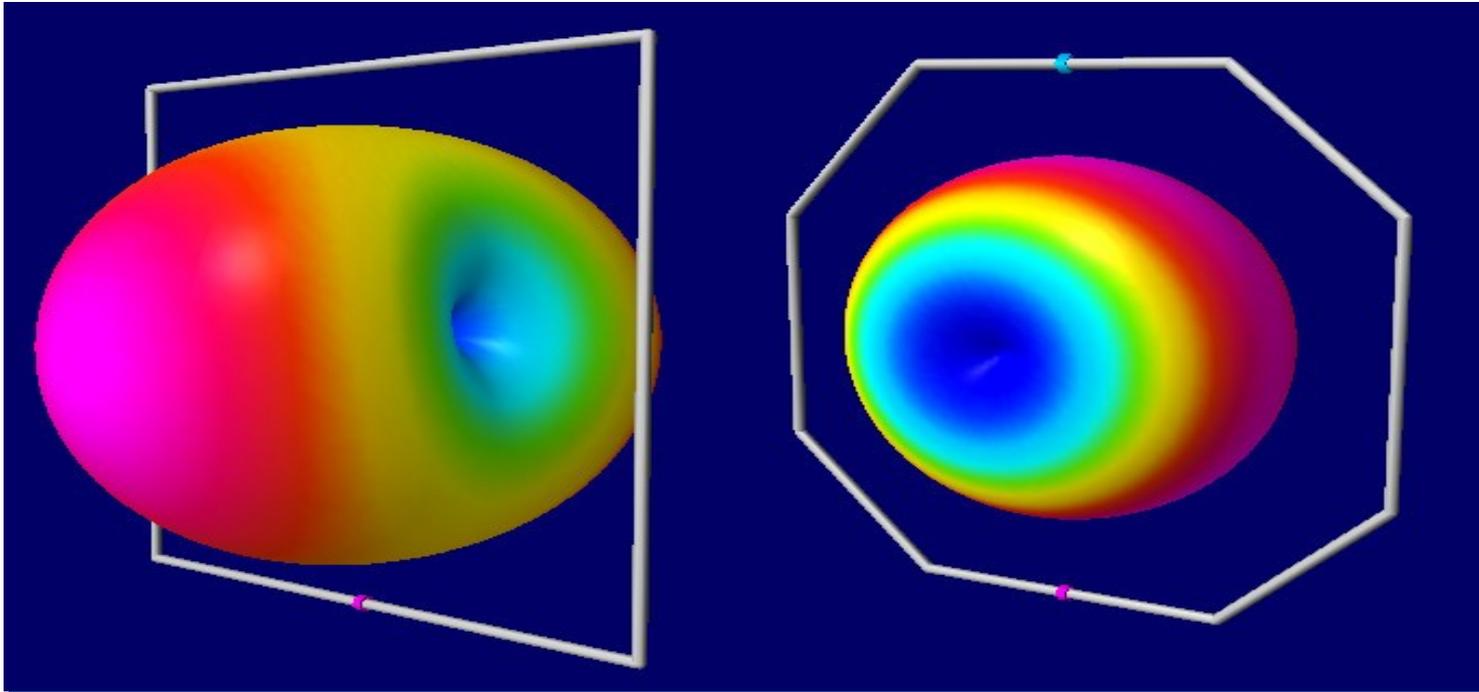
# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Plan de radiation antenne LOOP

LARGE

SMALL( Magnetic Loop)



# Contrôleur Antenne Magnétique

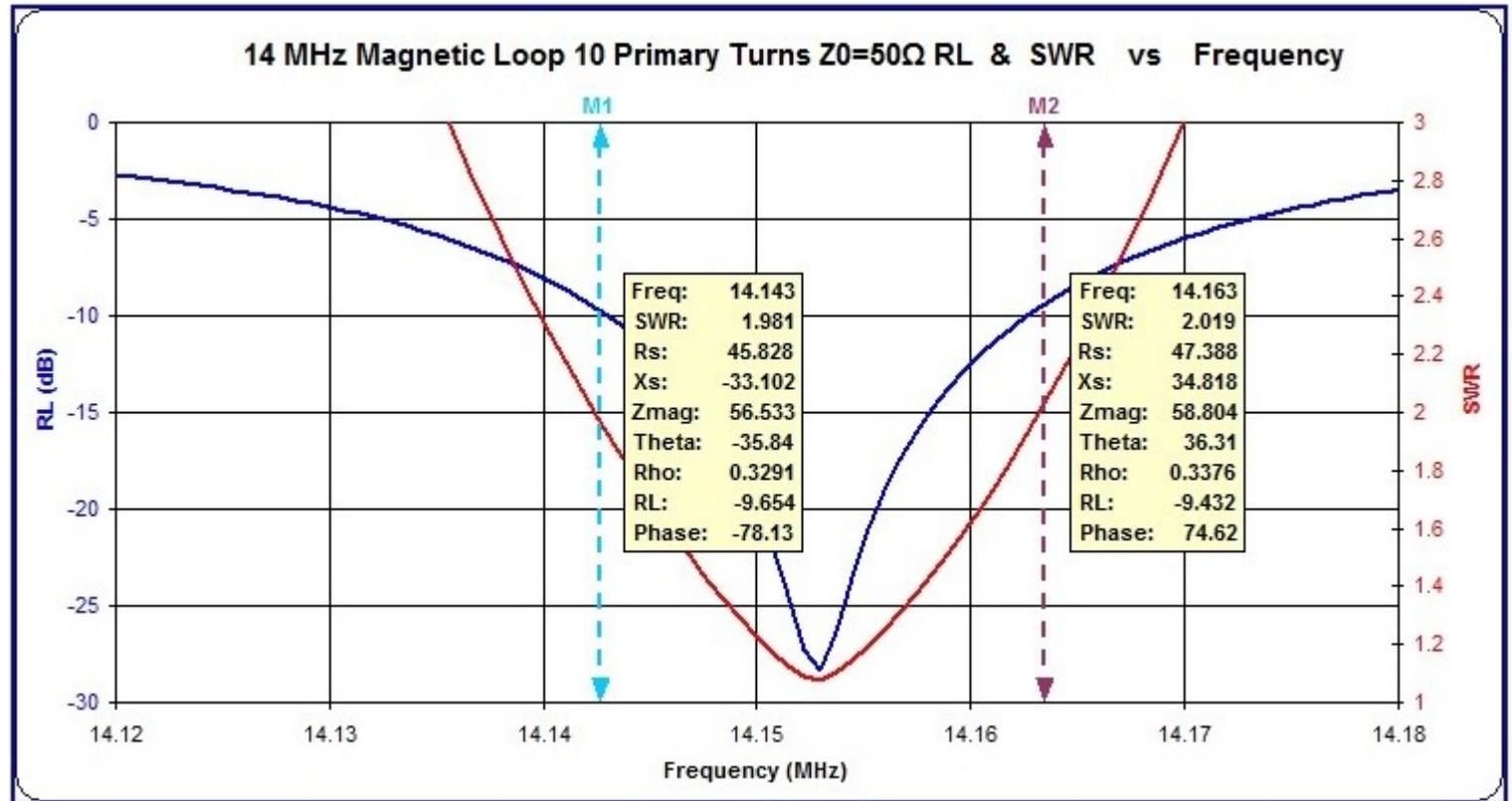
## Théorie des antenne Loop

- Pour plus de détails , voir les références suivantes
- Courbes d antennes:
  - <https://www.qsl.net/kp4md/magloophf2.htm>
- Programme de calcul de Loop Magnétiques
  - KI6GD Magnetic Loop Calculator V1.6
  - <http://www.iw5edi.com/software/magnetic-loop-calculator>
-

# Controleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Chartes du
- site de
- KP4MD
- 



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Théorie des antenne Loop

- Exemple du
- calculateur
- de KI6GD
- Démonstration
- 

The screenshot shows a software window titled "KI6GD - Magnetic Loop Antenna Calculator - v1.6 (c)2003". The interface is divided into several sections:

- Antenna Specifications:** A table of input and output parameters.
- Units:** Radio buttons for "Standard" (selected) and "Metric".
- Shape:** Radio buttons for "Octagon" (selected), "Circle", and "Square".
- Material:** Radio buttons for "Copper" (selected) and "Aluminum".
- Buttons:** "Calculate", "Save", "Help", and "Exit".

Parameter	Value	Unit
Loop Circumference	10	feet
Conductor Diameter	0.875	inches
Operating Frequency	14	MHz
Operating Power	100	watts
Bandwidth	14.2	kHz
Capacitor Value	40.4	pF
Capacitor Voltage	4.8	kV
Conductor Wavelength	0.150	lambda
Efficiency	63.4	%
Inductance	2.616	µH
Inductive Reactance	230.1	ohms
Loop Area	7.5	feet <sup>2</sup>
Loop Diameter	3.0	feet
Loop Q Value	987.6	Qres
Radiation Resistance	0.074	ohms
Resistance Loss	0.043	ohms

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

- Matériaux requis : Loop Magnétique
  - Loop : La caractéristique principale de la loop doit être une basse résistance .
  - Cuivre ou pour une loop portable , cable coaxial RG214 ou LMR 400. Court circuiter le shield et le conducteur central.
  - Longueur requise est calculée en fonction de la bande de fréquence et l'espace disponible.
  - Pour une PETITE LOOP , utiliser environ une circonférence d environ  $\lambda/10$  dans la gamme de fréquence de l antenne.
  - Pour ma loop portable , j'utilise 10 ft de RG214.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

- Matériaux requis : Loop Magnétique
  - Loop d'alimentation : La loop doit être  $1/5$  de la circonférence de la loop principale.
  - Matériel à basse résistance
  - La loop d'alimentation peut être aplatie pour augmenter la surface de contact entre les 2 loop. Ceci a pour effet de réduire le VSWR et améliorer les performances.
  -

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

- Condensateur .
  - Le choix du condensateur se fait selon 2 critères : La bande de fréquence à couvrir et la puissance utilisée.
  - Le calculateur de loop nous dit la capacitance requise et l'isolation requise pour le condensateur variable.
  - Pour couvrir de 40M à 10 M , j'ai besoin d'un condensateur variable de 1 à 200 pf .
  - Pour une puissance de 20 watts j'ai besoin d'une isolation d'environ 1.3 KV à 7 Mhz
  -

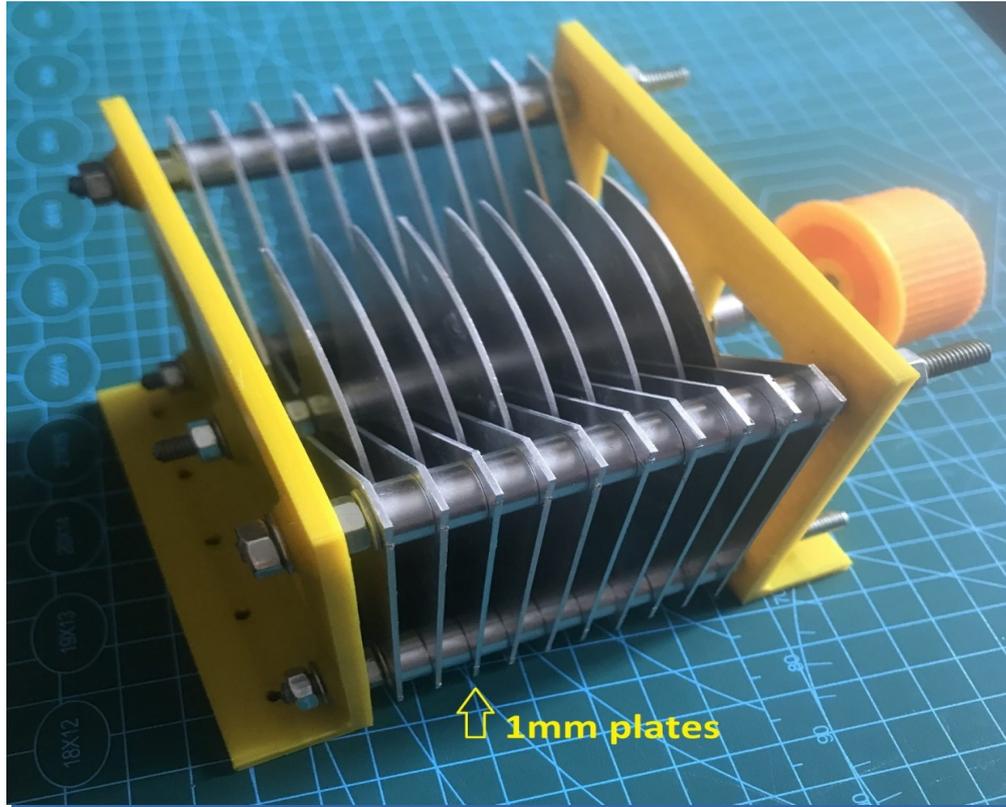
# Contrôleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

- Le choix du condensateur . J'ai choisi un condensateur de 200pf avec une isolation de 2 Kv.
- <https://www.ta1lsx.com/high-voltage-diy-air-capacitor-for-magnetic-loop-antennas/>
- Un condensateur de 15 plaques avec un espacement de 3mm est requis pour mon antenne et mes besoins.

# Controleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé



# Contrôleur Antenne Magnétique

- **PAUSE JASSETTE**

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Contrôle à distance

- Une fois installé, j'ai vu le désavantage d'avoir à re-synthétiser le condensateur de l'antenne. Celui-ci étant parfois éloigné de la position d'opération
- Je me suis donné comme but de trouver un moyen de synthétiser l'antenne à distance par mon téléphone ou ma tablette et de mesurer le VSWR facilement.
- Critères de départ du projet:
  - Coûts très bas. Alimentation à 5 VDC avec un battery pack.
  - Réseau Wifi. Opération portable ou à la maison.
  - Bilingue, Utilisable PC ou Tablette/Téléphone.
  - Pouvant être utilisé dans plusieurs configurations de fréquence et de condensateur.
  - Mesure de Puissance et VSWR sur l'écran du téléphone ou PC.

# Contrôleur Antenne Magnétique

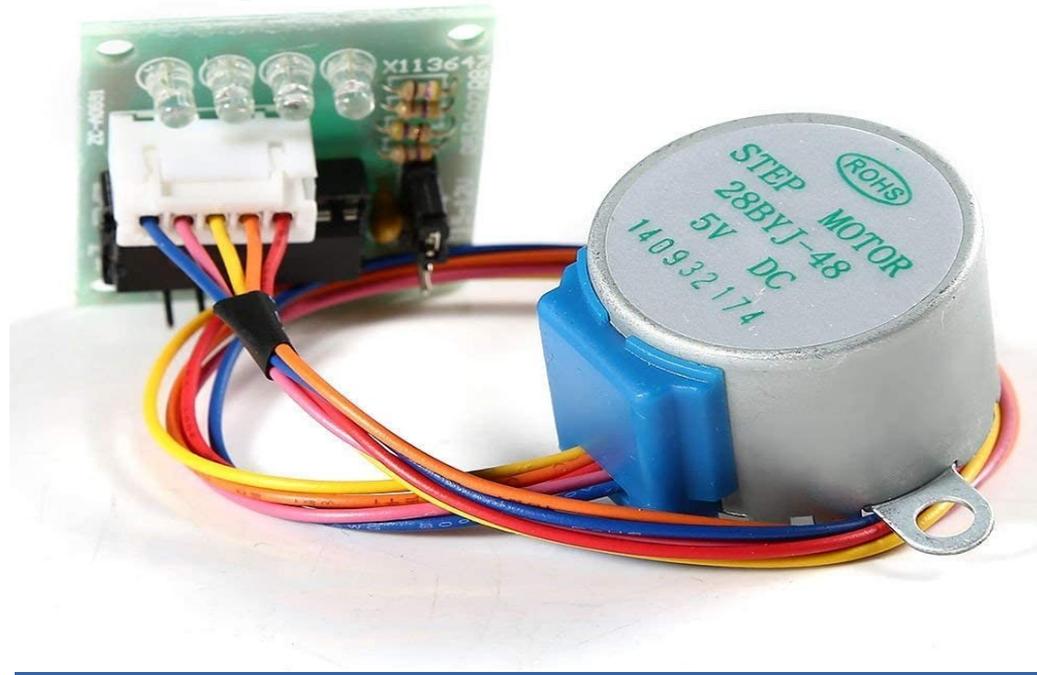
## Matériel utilisé

- Contrôleur basé sur les projets suivants:
- <https://randomnerdtutorials.com/stepper-motor-esp32-web-server/#stepper-web-server-html-form>
- 
- MATÉRIEL UTILISÉ
- <https://randomnerdtutorials.com/esp32-stepper-motor-28byj-48-uln2003/0>
-

# Controleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

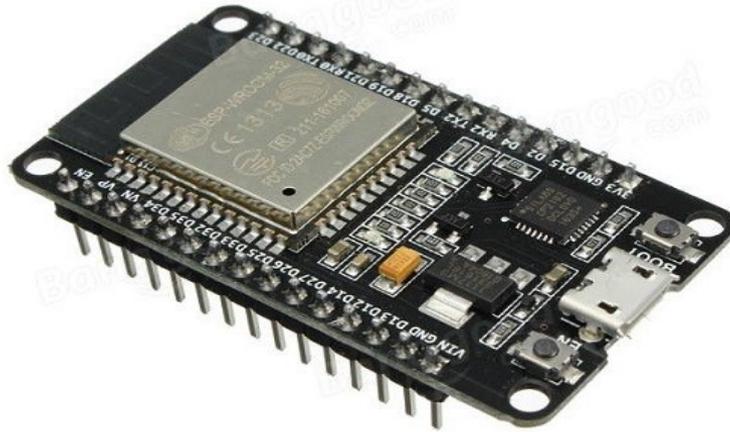
- 28BYJ48 ULN2003 \$5.00 Cn
- <https://www.ebay.com/itm/323904639025>
- 



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

- ESP 32 dev Kit DOIT
- \$8.00 Cn
- <https://makeradvisor.com/esp32-development-boards-review-comparison/>
- 



# Controleur Antenne Magnétique

## Matériel utilisé

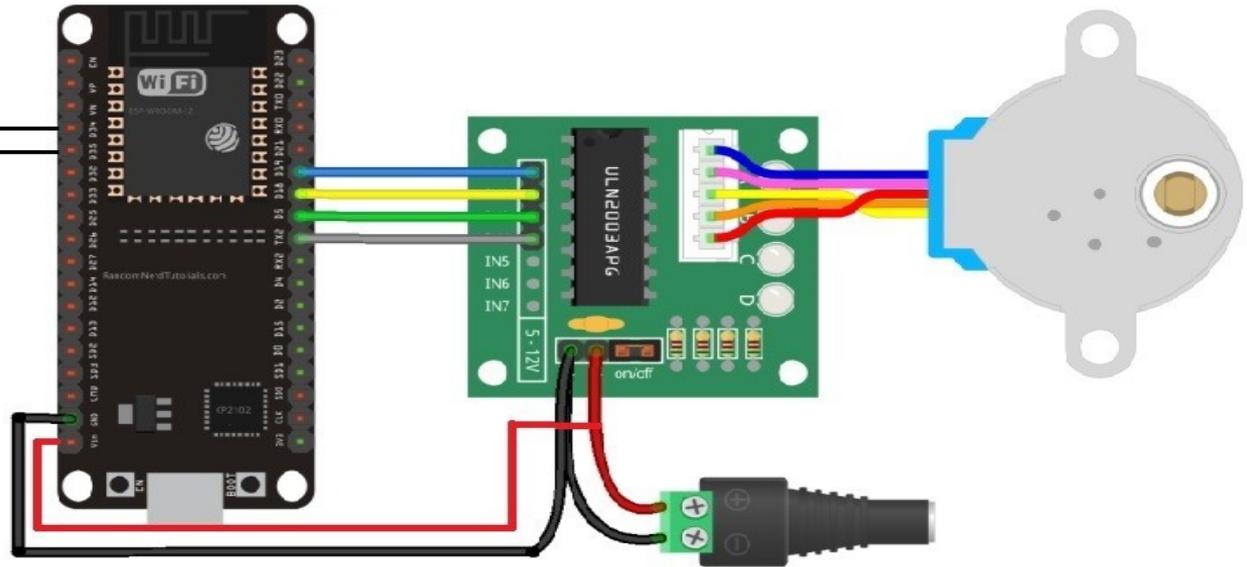
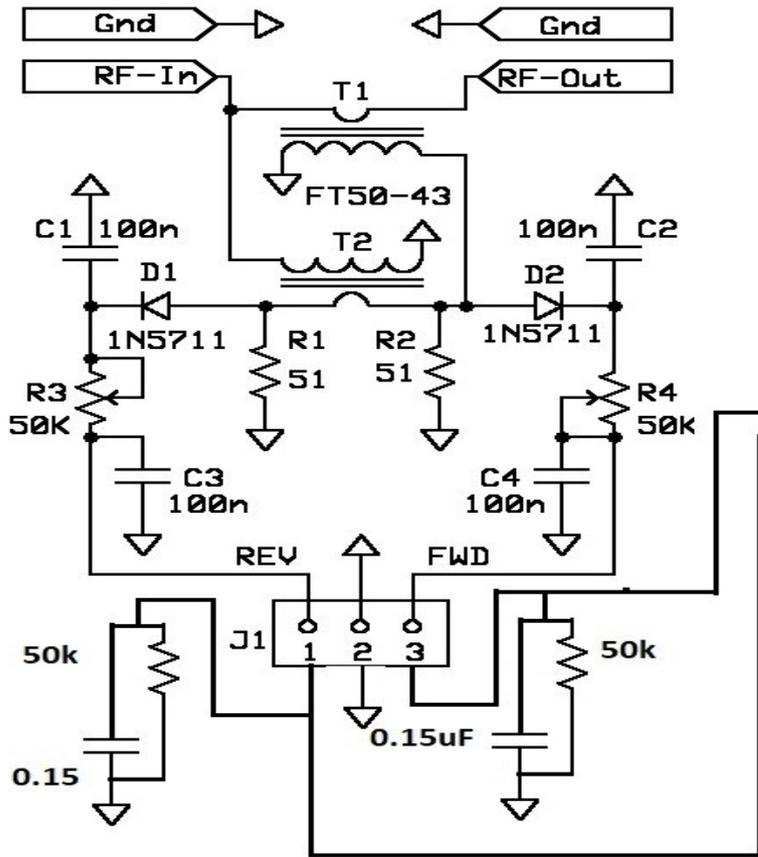
- VSWR Bridge HF 15\$ Cn
- <https://kitsandparts.com/bridge1.4.php>

- 



# Controleur Antenne Magnétique

## Schéma électronique



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Logiciel

- Fonctions requises .
  - Opérer l'antenne magnétique
  - Mesurer Puissance et VSWR
  - Calibrer le mouvement du Condensateur (Min et Max)
  - Calibrer les mesures de puissances.
  - Gérer le BackLash des engrenages du moteur (CW et CCW)
  - Gérer la mise à jour des logiciels.
  - Gérer le Wifi ,
  - Affichage optimisé PC ou Tablettes

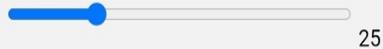
# Contrôleur Antenne Magnétique

## Fonctions de contrôle d'antenne

- TEL

### Magnétique v.22Fr

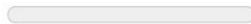
Choisir l'incrément du moteur:



CW FREQ. ↓ :

CCW FREQ. ↑ :

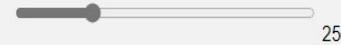
Puissance RF



Position Actuelle Position:  
374

### PC Contrôleur d'Antenne Magnétique v.22Fr

Choisir l'incrément du moteur:



Gauche=Freq ↓ \_\_\_ Droit=Freq ↑

Puissance RF

FWD = 0.00 REV = 0.00

VSWR = 0.00 

Position Actuelle Position: 374

État Moteur: **ARRET**



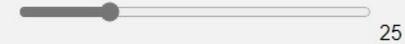
# Contrôleur Antenne Magnétique

## Fonctions de contrôle d'antenne

- Opération du Contrôleur
  - Vous pouvez synthoniser l'antenne avec la souris
  - sur PC ou l'écran tactile sur tablette.
  - Chaque clic changera la position du condensateur
  - de l'antenne du nombre d'incrément choisi.
  - La position indiquée est la position du condensateur.
  - Le VSWR et la puissance sont indiqués lors d'une
  - Transmission
  - Démonstration
  -

### Contrôleur d'Antenne Magnétique v.22Fr

Choisir l'Incrément du moteur:



Gauche=Freq ↓ \_\_\_ Droite=Freq ↑

Puissance RF

FWD = 0.00 REV = 0.00

VSWR = 0.00 

Position Actuelle Position: 374

État Moteur: **ARRET**



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Modes WIFI

- Premier mode modes d'accès au Contrôleur: Point accès( AP)
  - Dans ce mode , le Contrôleur agit comme Point d'accès Wifi. Vous pouvez l'accéder avec un PC ou tablette sur wifi en utilisant le ssid ESP-WIFI-MANAGER sans mot de passe. Le serveur DHCP du Contrôleur vous assignera une adresse IP dans le réseau 192.168.4.0/24
  - Utilisez 192.168.4.1. pour opérer le contrôle d'antenne
  - Utilisez 192.168.4.1/wifimanager.html pour gérer le WIFI
  - Utilisez 192.168.4.1/update pour faire une mise a jour du logiciel
  - Utilisez 192.168.4.1/webserial pour faire les ajustements d'antenne et de Puissance

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Modes WIFI

- Deuxième modes d'accès Web au Contrôleur: Mode client
  - Lorsque votre contrôleur est branché à un réseau WIFI connu, ces fonctions sont disponibles
  - Utilisez votre routeur pour trouver l'adresse IP qui a été assignée à votre Contrôleur
  - Utilisez `http://<Votre adresse IP>` pour opérer le contrôle d'antenne
  - Utilisez `http://<Votre adresse IP>/update` pour faire une mise à jour du logiciel
  - Utilisez `http://<Votre adresse IP>/webserial` pour faire les ajustements d'antenne et de Puissance.
  - La mise à jour du WIFI n'est pas disponible en mode client
  - Ne pas Utiliser ~~`<Votre adresse IP>/wifimanager.html`~~

# Controleur Antenne Magnétique

## Modes WIFI

- Lorsque le ssid de votre réseau est sauvegardé en mémoire permanente. Au démarrage, le Controleur essaiera de se reconnecter à votre réseau.
- Si celui ci n'est pas disponible, le Controleur reviendra au mode AP avec l'adresse 192.168.4.1 avec le ssid ESP-WIFI-MANAGER.
- Le Controleur utilise la page 192.168.4.1/wifimanager.html  
Pour ajouter le ssid d'un Wifi et son mot de passe

# Controleur Antenne Magnétique

## Modes WIFI

- Gestionnaire de réseau WIFI
- Accéder avec 192.168.4.1/wifimanager.html
- Entrez le ssid et le mdp de votre réseau Wifi
- Faire Submit .
- Le Controleur fera un RESET et reviendra
- sur le nouveau réseau
- 
- 
- 
- 

### ESP Wi-Fi Manager

SSID

Password

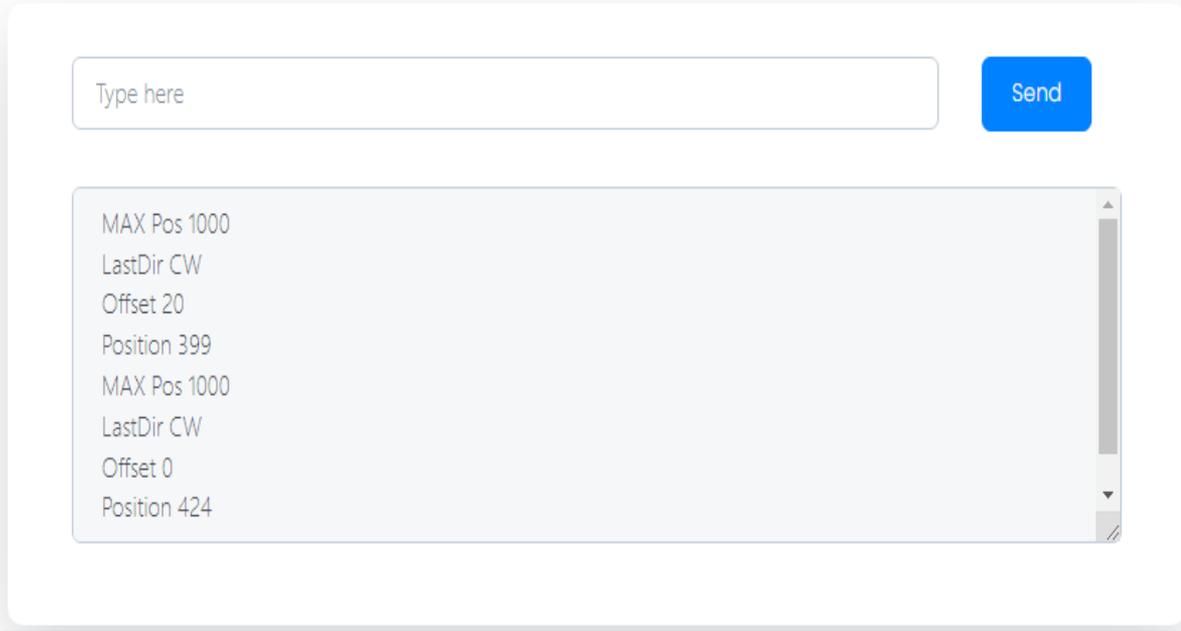
Submit

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Console WebSerial

- La page WebSerial est une console du système sur IP
- Elle permet de gérer le contrôleur et de voir l'état des contrôles et des résultats de commandes
- Accéder la console a
- <Adresse ip>/webserial
- La commande HELP
- Pour voir les commandes disponibles

 WebSerial



The screenshot shows the WebSerial console interface. At the top, there is a text input field with the placeholder text "Type here" and a blue "Send" button to its right. Below the input field is a scrollable text area containing the following text: "MAX Pos 1000", "LastDir CW", "Offset 20", "Position 399", "MAX Pos 1000", "LastDir CW", "Offset 0", and "Position 424".

# Controleur Antenne Magnétique

## Console WebSerial

Received Data...

HELP

Pages Web

<IP addr> = Page principale

<IP addr/webserial = Console de commandes

<IP addr/update = Mise a jour du logiciel

<192.168.4.1/wifimanager.html = Ajouter un SSID et MDP d'un réseau local

Console commands

Console command RESET pour enlever les limites du condensateur

Console command ZERO pour mémoriser la limite inférieure du condensateur

Console command MAX pour mémoriser le limite supérieure du condensateur

Console command END pour terminer les routine de calibration

Console command VSWRCal pour calibrer les capteurs de puissance RF

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Ajustements des limites du condensateur

- Le Contrôleur peut utiliser différents types de condensateurs .
  - Condensateur AIR degrés de rotation variables.
  - Condensateur SOUS VIDE Multitours.
  - Le Contrôleur doit avoir en mémoire permanente sa position actuelle et les positions MAX et Minimum de sa course.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Ajustements des limites du condensateur

- Pour ajuster et mettre en mémoire ces limites:
- Utiliser le WebSerial et faire les commandes suivantes
  - 1- Faire la commande RESET pour enlever les limites
  - 2- Avec la page principale du Contrôleur. Envoyer le condensateur à sa position de capacitance minimale. Et faire la commande ZERO
  - 3- Envoyer le condensateur à sa position de capacitance maximale et faire la commande MAX
  - 4- Faire la commande END pour sauvegarder en mémoire.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Ajustements du capteur de puissance

- Pour ajuster le capteur de puissance :
- Utiliser le WebSerial et faire les commandes suivantes
  - 1- Faire la commande VSWRCAL
  - 2- Synthétiser l'antenne sur la bande de 20 mètres dans le milieu de la bande. Émettre à la moitié de la puissance de votre émetteur. Confirmez la puissance avec un wattmètre externe le plus près possible du capteur. Injectez dans le port ÉMETTEUR du capteur avec l'antenne dans le port Antenne du capteur de puissance.
  - 3- Ajuster le potentiomètre FWD pour la lecture correcte sur l'écran WebSerial sous l'item FWD Pwr =
  - 4- Inverser les deux ports du capteur. Injectez dans le port ANTENNE du capteur et branchez l'antenne au port ÉMETTEUR du capteur.
  - 5-Émettre à la moitié de la puissance de votre émetteur.
  - 6-Ajuster le potentiomètre REV pour la puissance correcte sur l'écran WebSerial sous l'item REV Pwr =
  - 7-Faire la commande END pour terminer l'affichage de puissance sur la console Webserial

# Contrôleur Antenne Magnétique

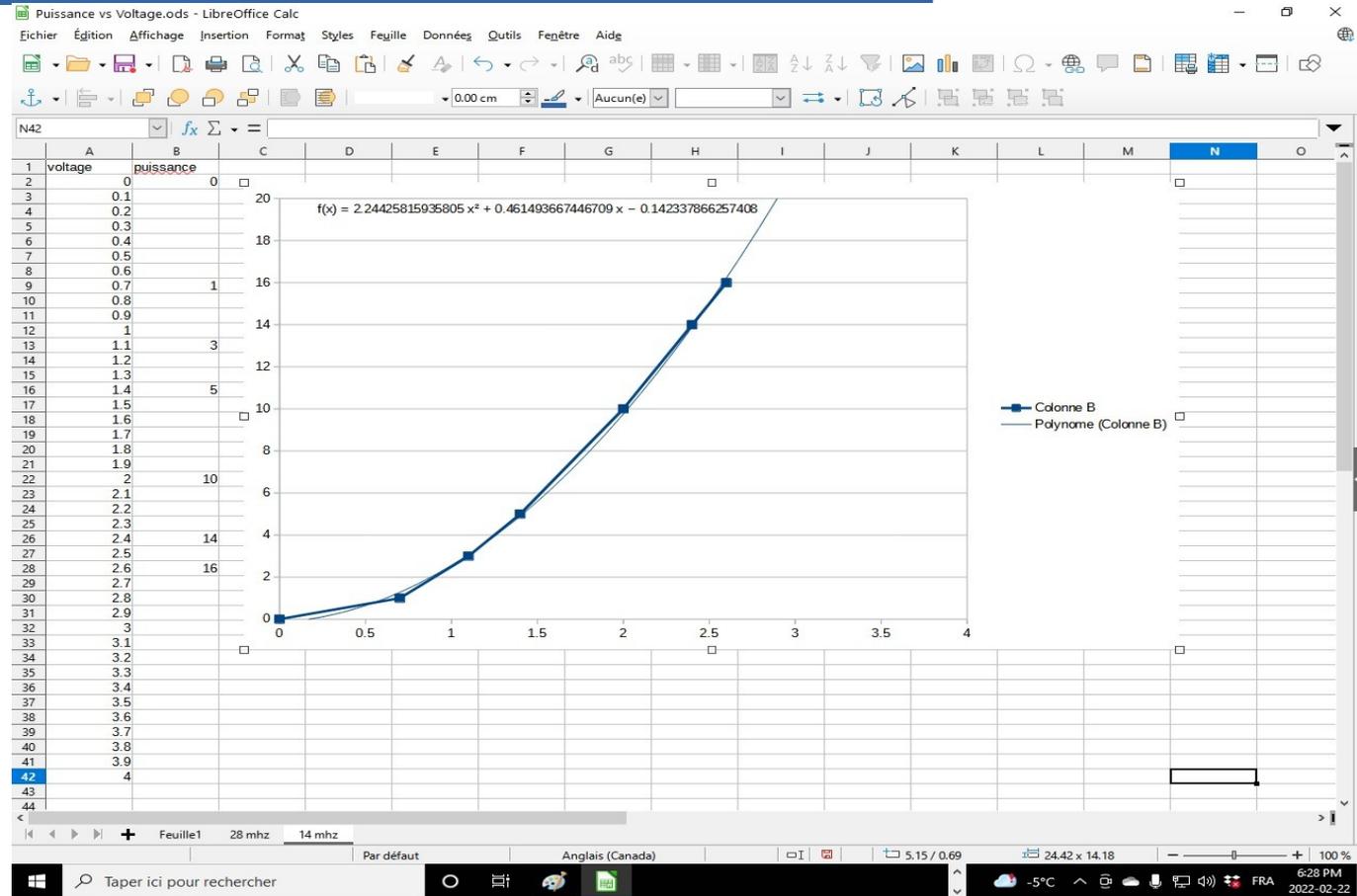
## Ajustements du capteur de puissance

- Si un capteur différent est utilisé.
  - La formule pour caractériser un capteur de puissance est calculée en suivant la procédure suivante .
  - Prendre plusieurs points de voltage et de puissance correspondante.
  - Tracer une courbe avec LibreOffice ou Excel
  - Sélectionner les données de votre liste et Clic sur Insérer un diagramme
  - Choisissez le type de diagramme XY Dispersion Points et Lignes clic sur Terminer
  - Clic a droite sur un des points et sélectionner Insérer une courbe de tendance
  - Sélectionner Polynomiale du 2e degré et sélectionner “Afficher l’équation” Clic OK
  - La courbe de caractérisation du capteur sera affichée .
  - Copier la formule et la remplacer dans le fichier source .ino sous la fonction float MeasureVSWR() pour le calcul des puissances FWD et REV, aux lignes Power\_FWD\_value = et Power\_REV\_value =
  - EX :  $\text{Power\_FWD\_value} = (\text{voltage34\_value} * \text{voltage34\_value} * 2.24 + (0.46 * \text{voltage34\_value}) - 0.14)$ ;
  - Sauvegarder et utiliser le Compilateur Arduino télécharger la nouvelle filière .ino dans le ESP32.

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Ajustements du capteur de puissance

- Courbe Voltage vs Puissance



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Mise à jour du logiciel

- Pour cette option , utiliser le site suivant
- <Adresse Ip du STM32>update
- Il faut mettre à jour les 2 parties du logiciel
  - Le fichier Compilé par arduino format
    - ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXFr.ino.doitESP32devkitV1.bin pour le français ou
    - ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXA.ino.doitESP32devkitV1.bin pour la version anglaise
  - Les fichiers de la page web, .html .js et .css dans le format
    - ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXFr.spiffs.bin pour le français ou
    - ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXA.spiffs.bin pour la version anglaise
- Les filières pour mettre à jour les logiciels sont disponibles pour les deux langues sur la page web du projet.
- <http://ve2dje.dyndns.org:1006/LOOPANT/SW/>

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Mise à jour du logiciel

- Sélectionner firmware et télécharger le fichier .zip. Extraire et dans la page web Elegant OTA Sélectionner Firmware et “Choisir un fichier”
- Sélectionner le fichier sous le format ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXXX.ino.doitESP32devkitV1.bin
- Clic sur Ouvrir pour choisir la filière, le téléchargement débutera automatiquement.
- Une barre de progrès annoncera l’avancement du téléchargement
- Une indication OTA SUCCESS sera affichée à la fin.
- Clic sur l’icône BACK pour revenir.
- 



Firmware  Filesystem

Choisir un fichier Aucun fich...électionné

7BF23A08

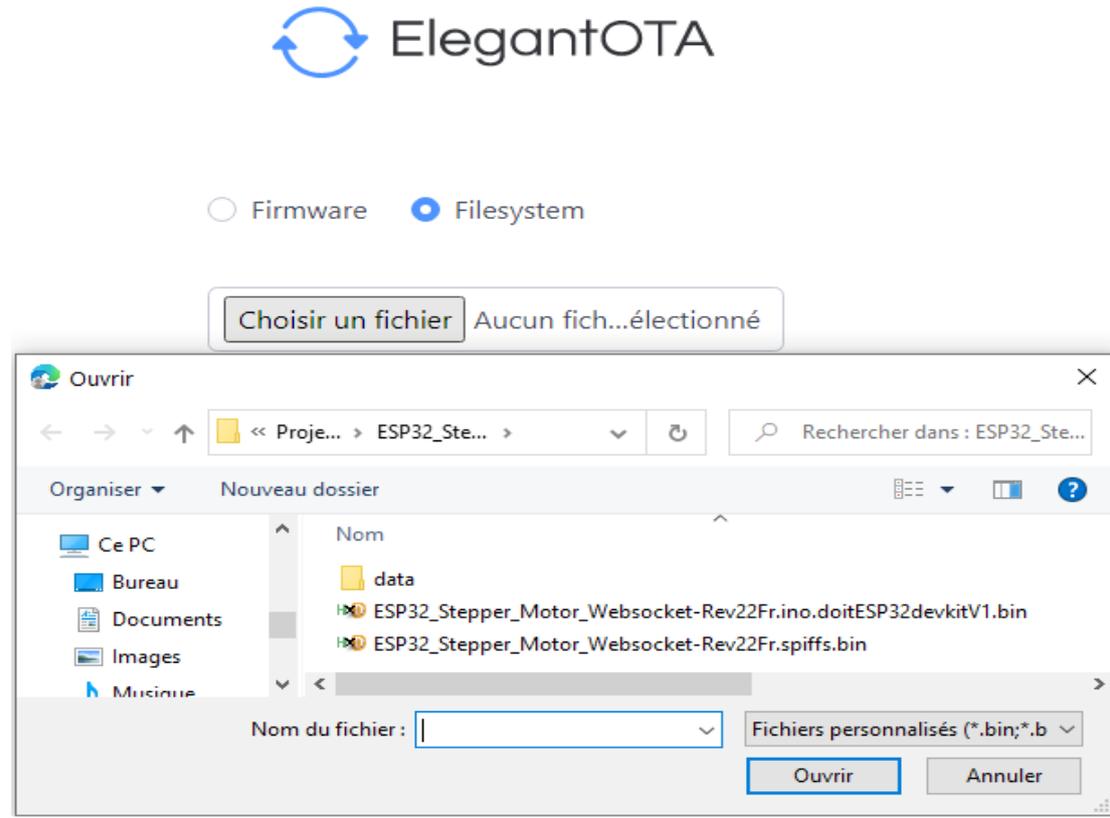
-

ESP32

# Contrôleur Antenne Magnétique

## Mise à jour du logiciel

- Sélectionner Filesystem et dans “Choisir fichier”, sélectionner le fichier sous le format ESP32+Stepper\_Motor\_Websocket-REVXXXX.spiffs.bin
- Clic sur Ouvrir pour choisir la filière, le téléchargement débutera automatiquement.
- Une barre de progrès annoncera l'avancement du chargement.
- Une indication OTA SUCCESS sera affichée à la fin du téléchargement.
- Clic sur l'icône BACK pour revenir
- A ce point le Contrôleur va rebooter et revenir en mode Access Point . Les mémoires étant effacées



# Contrôleur Antenne Magnétique

## Première installation

- Pour une première installation dans un STM 32 neuf, suivre la procédure suivante
- Télécharger l'IDE d'Arduino à partir du site
  - <https://www.arduino.cc/en/software>
- Télécharger le logiciel suivant
  - <https://randomnerdtutorials.com/esp32-ota-over-the-air-arduino/>
- Installer les bibliothèques suivantes
  - AsyncElegantOTA, <https://github.com/ayushsharma82/AsyncElegantOTA>
  - AsyncTCP, <https://github.com/me-no-dev/AsyncTCP>
  - ESPAsyncWebServer <https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer>
- Ouvrir le IDE avec le code du esp32-ota-over-the-air-arduino avec l'IDE d'Arduino
- Inscrire le ssid et le mot de passe de votre réseau dans le code de l'Arduino.
- Télécharger le code dans votre STM32
- Suivre la procédure de MISE A JOUR DU LOGICIEL dans ce document.

# Controleur Antenne Magnétique

- RÉFÉRENCES

- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Champ\\_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Champ_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique)
- <http://play.fallows.ca/wp/projects/electronics-projects/dipole-versus-wideband-magnetic-loop-performance/>
- <http://webclass.org/k5ijb/antennas/Small-magnetic-loop-theory.htm>
- <https://www.instructables.com/Lets-Build-High-Voltage-Butterfly-Variable-Air-Cap/>



# Controleur Antenne Magnétique

- REFERENCES

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Loop\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Loop_antenna)
- <https://www.qsl.net/kp4md/magloophf2.htm>
- <https://kitsandparts.com/bridge1.4.php>
- <https://www.ebay.com/itm/323904639025>
- <https://makeradvisor.com/esp32-development-boards-review-comparison/>
- [http://webclass.org/k5ijb/antennas/Small-magnetic-loop\\_inductive-fed.htm](http://webclass.org/k5ijb/antennas/Small-magnetic-loop_inductive-fed.htm)
-

# Contrôleur Antenne Magnétique

- RÉFÉRENCES ARDUINO

- <https://randomnerdtutorials.com/installing-the-esp32-board-in-arduino-ide-windows-instructions/>
- <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>
- <https://randomnerdtutorials.com/stepper-motor-esp32-websocket/>
- <https://randomnerdtutorials.com/install-esp32-file-system-uploader-arduino-ide/>
- <https://randomnerdtutorials.com/esp32-save-data-permanently-preferences/>
- <https://randomnerdtutorials.com/esp32-ota-over-the-air-arduino/>
- <https://randomnerdtutorials.com/esp32-webserial-library/>