

Driver 10W pour PA 23 cm

Par Yves OESCH - HB9DTX / 2020

Description du problème.

Je possède depuis plusieurs années un amplificateur de puissance pour la bande des 23cm, basé sur un montage à 2 tubes 2C39. Il peut délivrer environ 150W. Son gain étant relativement modeste, il faut lui fournir presque 10W en entrée pour qu'il délivre sa puissance maximale. Mon transceiver, l'IC-275 donne au maximum 10W. Tout va donc bien, mais seulement si le PA est branché juste derrière le transceiver.

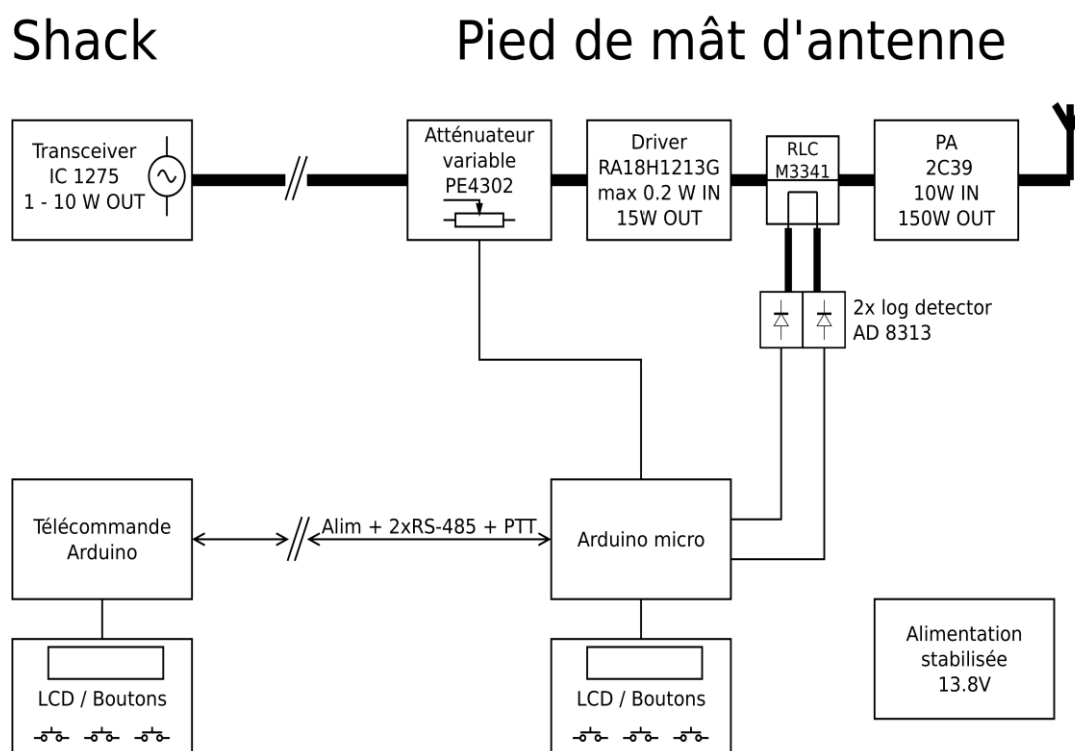
A ces fréquences les câbles coaxiaux présentent des pertes qui sont vite importantes, pour peu que la longueur excède quelques mètres. Une installation de contest aura typiquement besoin d'une longueur de câble entre 10 et 30 mètres pour relier le shack au pied du mât. A titre d'exemple, un excellent câble comme l'Ecoflex 15+ présente 10.5 dB d'atténuation aux 100m. Une longueur de 30 m fera donc perdre 3.15 dB auxquels il faudra encore ajouter les pertes des connecteurs et des bretelles de raccords s'il y a des instruments de mesure dans la ligne (PWR/SWR mètre typiquement).

A noter encore qu'un câble de cette qualité est pour le moins onéreux...

Donc soit on installe le PA au shack et la moitié de la puissance est perdue dans le câble, soit on installe le PA à distance, mais il est sous-excité et ne délivre pas sa puissance maximale ce qui revient à peu près au même, et c'est bien dommage.

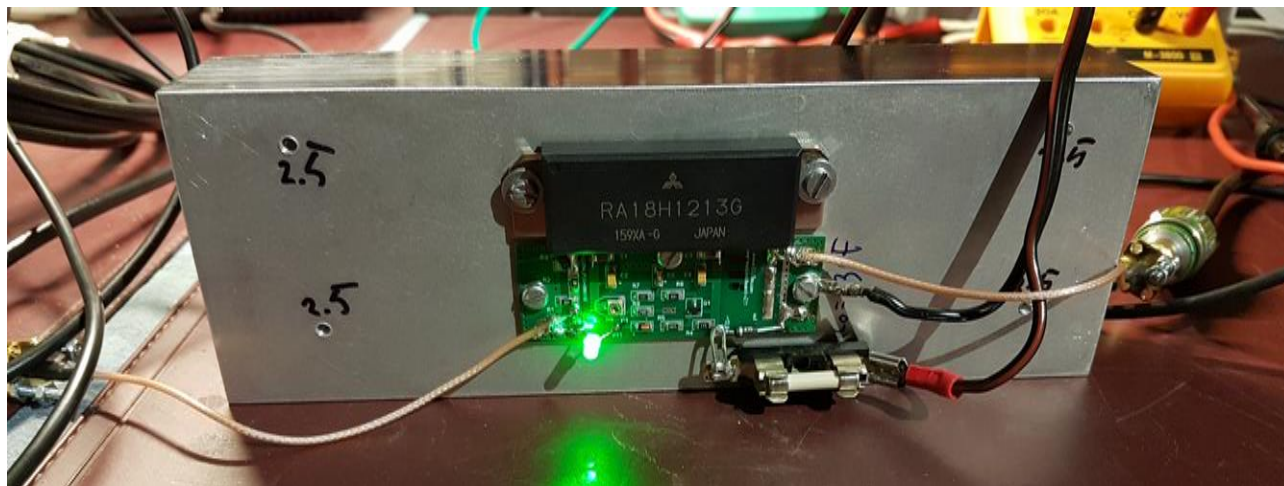
La solution proposée

Schéma bloc



Augmenter le gain

Il faut donc augmenter le gain dans la chaîne de transmission. On peut ainsi utiliser un câble plus long et/ou moins onéreux. Mitsubishi fabrique des « briques » de puissance pour différentes bandes. Le module RA18H1213G couvre la bande amateur de 1240 à 1300 MHz. Il délivre 18W au maximum selon la spécification et reste bien linéaire jusque vers 10W environ. Suivant le point de polarisation choisi, son gain est de 20-30 dB. Il s'alimente sous 13.8V. On peut l'acheter sur internet pour une cinquantaine de francs. Pour quelques francs supplémentaires, on trouve également un circuit imprimé tout équipé pour le connecter et régler le point de polarisation. Il suffira de monter le tout sur un radiateur suffisamment grand et bien ventilé.



Régler le gain

Comme la configuration des stations de contest peut changer, la longueur des câbles sera variable d'une fois à l'autre. Il faut donc un moyen pour régler le gain total de la chaîne de transmission. Sur internet toujours, on trouve des modules atténuateurs programmables de type PE4302, montés sur PCB avec connecteurs « SMA ». L'atténuation est variable : entre 1.5dB et 33dB par pas de 0.5dB. Cela fera parfaitement l'affaire à condition de ne pas entrer plus que 200 mW dans ce module. Au besoin, si le câble coaxial est trop court ... ou de trop bonne qualité (!), on ajoutera un atténuateur fixe à l'entrée.

Mesure de la puissance RF

Pour contrôler que le tout fonctionne comme prévu, un coupleur directionnel d'occasion (RLC M3341) a pu être racheté à bon prix. Des modules détecteurs logarithmiques de type AD8313 (également disponibles sur internet et prêts à l'emploi) se chargeront de convertir les signaux RF mesurés sur les sorties du coupleur en tensions DC qu'il ne restera plus qu'à mesurer et afficher. Le coupleur est placé en sortie du PA 2C39. Il mesure la puissance qui part à l'antenne et la puissance réfléchie (SWR). Un dégât aux antennes pourra donc être détecté pendant le fonctionnement, ce qui n'était pas le cas auparavant.



Le driver dans son boîtier final en test, connecté au PA 2C39. Tout fonctionne !

Surveillance du fonctionnement

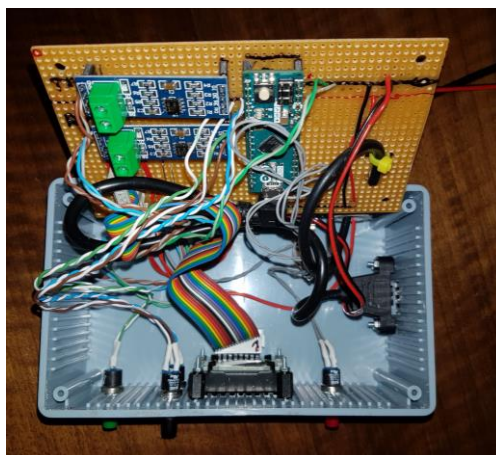
Un Arduino micro se charge des tâches suivantes :

- Réglage par l'utilisateur de l'atténuation variable en fonction des besoins
- Mesures de la puissance directe et de la puissance réfléchie
- Calcul du SWR, du coefficient de réflexion (return loss) et conversions de dBm en Watts
- Mesure de la tension d'alimentation au mât d'antenne
- Interface utilisateur très simple avec affichage LCD et boutons
- Communication avec un boîtier de télécommande situé dans le shack et relié par câble multipolaire, au moyen de 2 connexions RS-485, une dans chaque sens.

Le boîtier de télécommande situé dans le shack donne accès aux mêmes indications et fonctionnalités que le boîtier situé sous le mât d'antenne. Il est également construit autour d'un Arduino micro. Le fonctionnement de l'installation peut donc être surveillé facilement par l'opérateur (Puissance de sortie et SWR en particulier) pendant le trafic.

Le choix du RS-485 (signalisation différentielle) pour les communications a été fait pour garantir une bonne communication sur des câbles de grande longueur. Un câble de surplus d'une longueur de 50m comprenant 6 paires torsadées + la masse a été utilisé avec succès. Des modules MAX485 prêts à l'emploi peuvent être trouvés pour 1 franc pièce. Pourquoi se priver ?

Vue intérieure du boîtier de télécommande en cours de montage



Logiciel

L'avantage de travailler avec un arduino, c'est que la librairie pour gérer un LCD est fournie et bien documentée. De plus sur l'arduino micro, un UART hardware permet une communication série simple entre le shack et le mât. Un protocole maison se charge de transmettre les différentes valeurs lues ainsi que les commandes d'augmentation ou de diminution de la valeur d'atténuation sur les lignes RS-485.

Astuces

- Comme il restait une paire torsadée libre dans le câble multibrins, un bouton poussoir est câblé en parallèle sur le manipulateur CW. Ceci permet de faire passer le transceiver en émission depuis le mât d'antenne, et ainsi de pouvoir facilement affiner le réglage du PA 2C39. Auparavant il fallait l'aide d'un autre OM au shack et une liaison en phonie entre les deux !
- Pour faciliter le développement et la maintenance, le même logiciel tourne dans les deux arduino (au pied de mât et dans le shack). Une entrée de l'arduino est soit reliée à la masse, soit tirée à +5V par pull-up interne, ce qui indique au logiciel de quel côté il se trouve et ainsi quel comportement il doit adopter.
- Enregistrement de la valeur d'atténuation en mémoires non volatiles « EEPROM ». En cas de coupure de l'alimentation, la valeur sera ainsi restaurée. L'enregistrement se fait environ 20 secondes après le dernier réglage, afin de limiter le nombre de cycles sur l'EEPROM de l'arduino.
- L'alimentation stabilisée +13.8V est située au pied du mât d'antenne. Le 13.8V est également conduit au shack par le câble multipolaire. La télécommande fonctionne donc sans alimentation du côté shack. Aussi, une perte d'alimentation sera directement visible au shack. La masse est connectée en étoile du côté du mât d'antenne. Ceci afin d'éviter de créer des boucles de masse.
- Le système peut très bien fonctionner sans la télécommande du côté shack. Elle est optionnelle, mais très pratique !
- Si le SWR mesuré monte au-dessus de 3, le rétroéclairage des LCD se met à clignoter pour attirer l'attention de l'opérateur, ceci même si ce n'est pas le SWR qui est actuellement à l'affichage.
- Deux filtres passe-bas en sortie des convertisseurs logarithmiques servent à lisser quelque peu le signal, ce qui permet une lecture de puissance stable en SSB.

Problèmes de réalisation

Différents problèmes ont dû être résolus à différents niveaux.

Tout d'abord le premier module Mitsubishi a lâché, probablement à la suite de l'opération d'aplanissement de la semelle à la ponceuse électrique. Un deuxième module été commandé et n'a pas été poncé. Seule une fine couche de pâte thermo conductrice assure le contact avec le radiateur. Les vis n'ont pas été trop serrées pour éviter de fendre la semelle en céramique.

Le radiateur sur lequel a été montée la « brique » ayant des ailettes horizontales, il a fallu rajouter un ventilateur pour éviter trop d'échauffement.

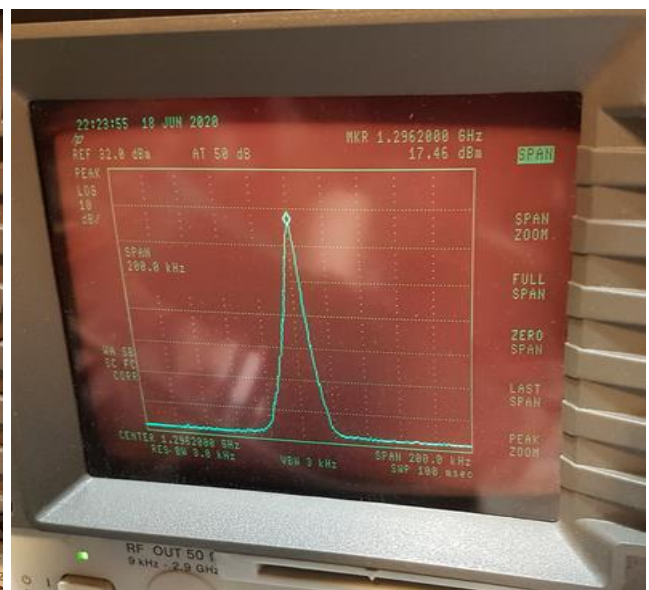
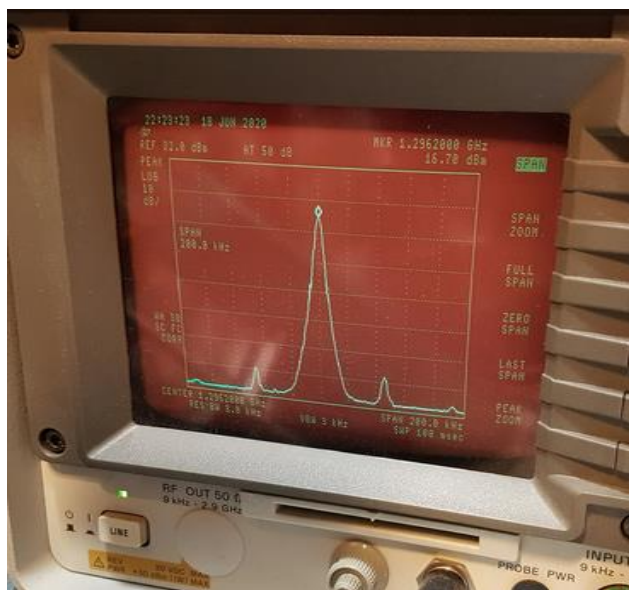
Comme le montage des connecteurs SMA est chronophage et peu évident si l'on ne dispose pas des pinces adéquates, la solution est d'acheter des câbles tout faits. Or certains coaxiaux de mauvaise qualité trouvés à bas prix sur internet ont joué un mauvais tour : la masse n'était pas connectée au niveau des SMA !... Pour gagner du temps c'était raté !

Ensuite un arduino est passé de vie à trépas pour une raison indéterminée.

Pour finir, il a fallu séparer la partie RF, de la partie électronique de commande, afin de minimiser les couplages parasites et stabiliser la mesure. Malgré tout, un offset d'environ 2dB subsiste entre les mesures DIR et REFL, ce qui fausse les résultats. Le coupleur a pourtant été qualifié au VNA et les deux courbes de réponses des détecteurs logarithmiques ont été mesurées de bout en bout (y.c. les filtres passe-bas et convertisseurs A/D dans l'arduino). Une correction par logiciel a finalement été appliquée, mais la source du problème n'est pas connue.

Le résultat est suffisamment bon pour l'utilisation envisagée.

L'alimentation 13.8V est fournie par une ancienne alimentation 12 ampères linéaire, donc assez lourde ! Un remplacement par une alimentation à découpage de récupération (genre alim pour PC portable) a été tenté, mais la qualité spectrale s'en ressent immédiatement. Par politesse pour les autres utilisateurs de la bande et par souci de simplicité, la grosse alimentation a été conservée.



**Mesures de spectre avec l'alimentation à découpage (gauche) et linéaire (droite).
(10dB/division)**

Le backlight du LCD consomme plusieurs centaines de mA, sous 5V. Il avait initialement été prévu d'utiliser le régulateur intégré sur le circuit imprimé de l'arduino pour fabriquer le 5V nécessaire à toute l'électronique en partant du 13.8V, mais l'échauffement était trop grand. Un régulateur 8V sur radiateur externe a dû être ajouté par la suite en cascade pour dissiper le surplus d'énergie lié à la chute de tension.

Pour ajouter une couche à ces petits problèmes techniques qui apparaissent typiquement lors du développement d'un nouveau concept, le COVID-19 a complètement déstabilisé la logistique mondiale. Certaines commandes de matériel ont été retardées de nombreuses semaines, et d'autres purement et simplement annulées après une longue attente.

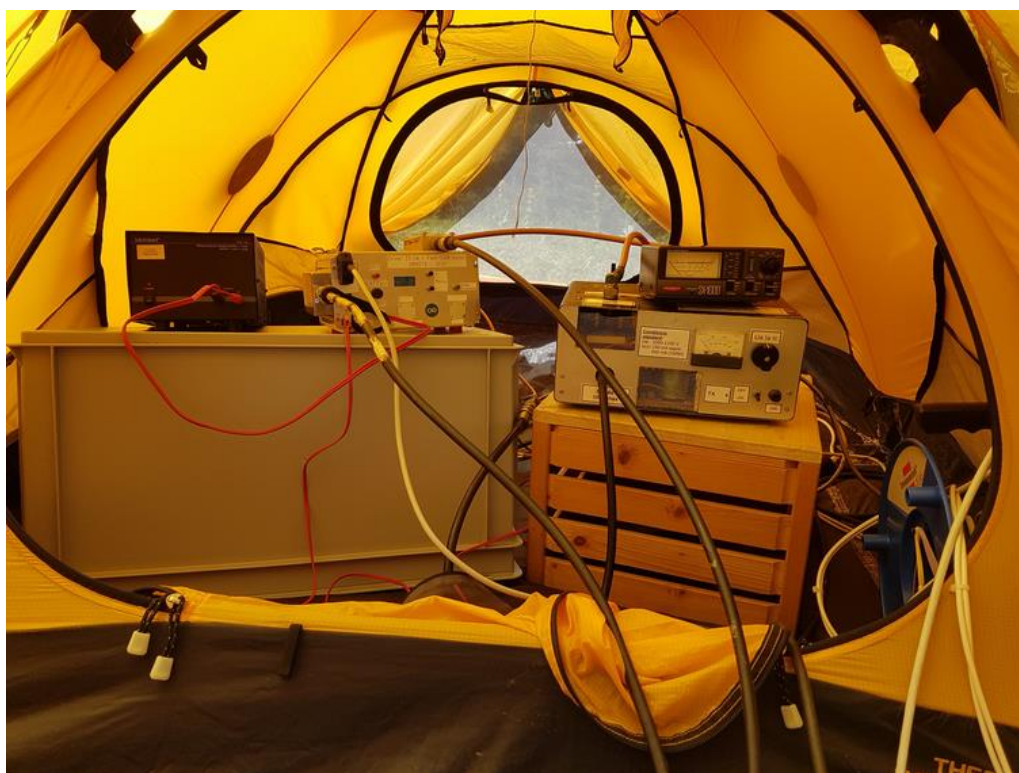
Heureusement le développement et le test au banc de mesure ont pu être terminés en juin 2020.

Expérience à l'usage

Après de nombreuses heures de développement électronique, mécanique et logiciel, le montage complet était prêt à temps. Il a été testé en conditions réelles pour la première fois lors du contest VHF-UHF-SHF de juillet (dit H26 en Suisse).

L'activation a eu lieu depuis le chalet de Tête de Ran (JN47KB) sous l'indicatif HB9N.

Le système a parfaitement fonctionné et a permis de faire 36 QSO sur le week-end en 23cm, totalisant 5997 km points avec le meilleur DX à 542 km (PI4Z en JO11WM). Les antennes étaient constituées d'un groupement de 4x23 éléments Tonna en H ou a choix un panneau de 4 « Quadruple Hybrid Quadlong » couplées en parallèle et empilées avec un espacement de 0,1 lambda sur un réflecteur plan en treillis (article de Florian à suivre au prochain bulletin)..



Le système complet avec alimentation, driver et le PA 2C39, installé sous tente au pied des antennes.

Schéma de l'appareil principal au mât d'antenne

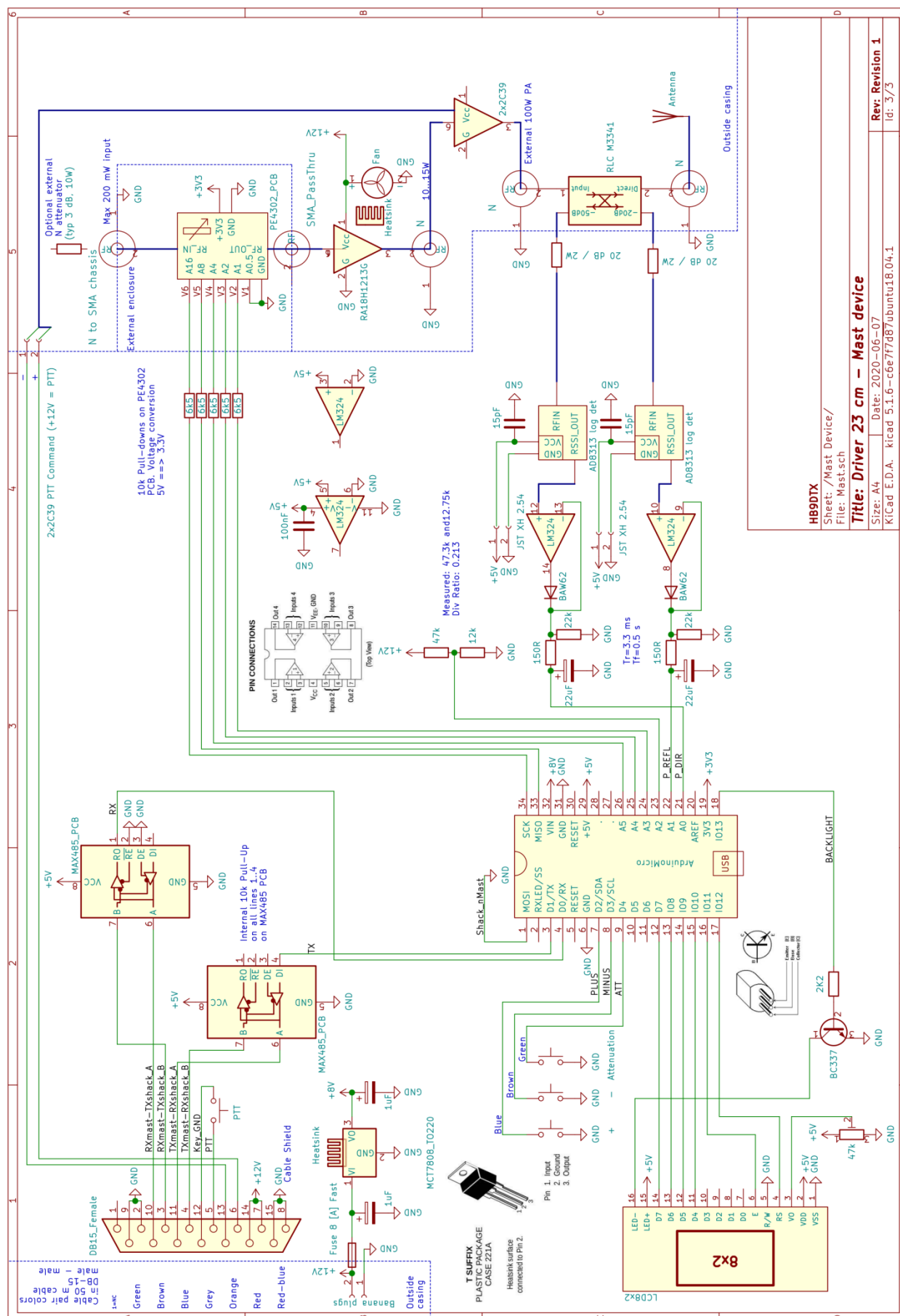


Schéma de la télécommande située au shack

