

Dipôle multibandes accordé à sa base par télécommande d'un réseau LC

François Cherencq F5NKZ

Mon propos est ici de partager mon expérience de réalisation d'un doublet multibandes de longueur et hauteur inférieures à celles de la classique Lévy. Doté d'une ligne d'alimentation ouverte relativement courte, il est accordé à sa base par un réseau self-capacité qui force la vibration de l'ensemble sur la fréquence de travail choisie. Ce réseau est motorisé et télécommandé manuellement par radio depuis la station.

Les résultats obtenus, observés sur la durée, peuvent être qualifiés de très bons, tant en émission qu'en réception.

Contraintes de départ

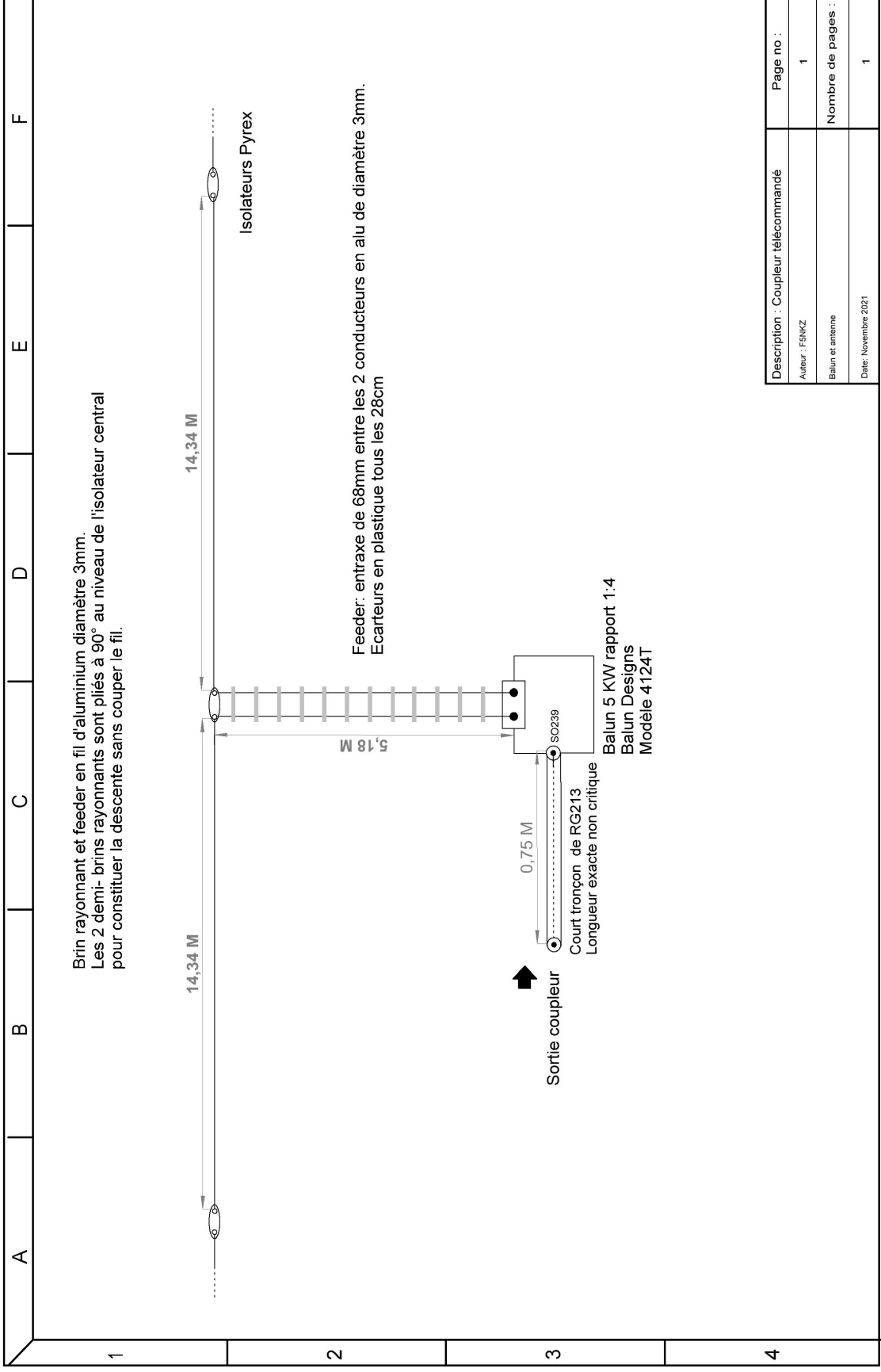
- espace de déploiement limité,
- hauteur à limiter pour des raisons de discrétion, d'esthétique et de coût,
- raccordement à un coaxial existant, à adapter en impédance à l'arrivée au pied de l'antenne,
- fonctionnement sur tout le domaine décamétrique,

Solution retenue

- brin rayonnant de longueur 2 x 14,34m (longueur mesurée à posteriori!), compte-tenu de l'espace minimum à réserver aux drisses d'amarrage et isolateurs,
- feeder de descente en échelle à grenouille de longueur 5,18m (terminaison à un peu moins de 1m du sol), la hauteur de l'antenne étant fixée à 6m environ,
- dispositif d'adaptation d'impédance à concevoir, entre la descente et le coaxial en provenance de la station, capable de charger le plus correctement possible ce coaxial, quelle que soit la fréquence de travail choisie.

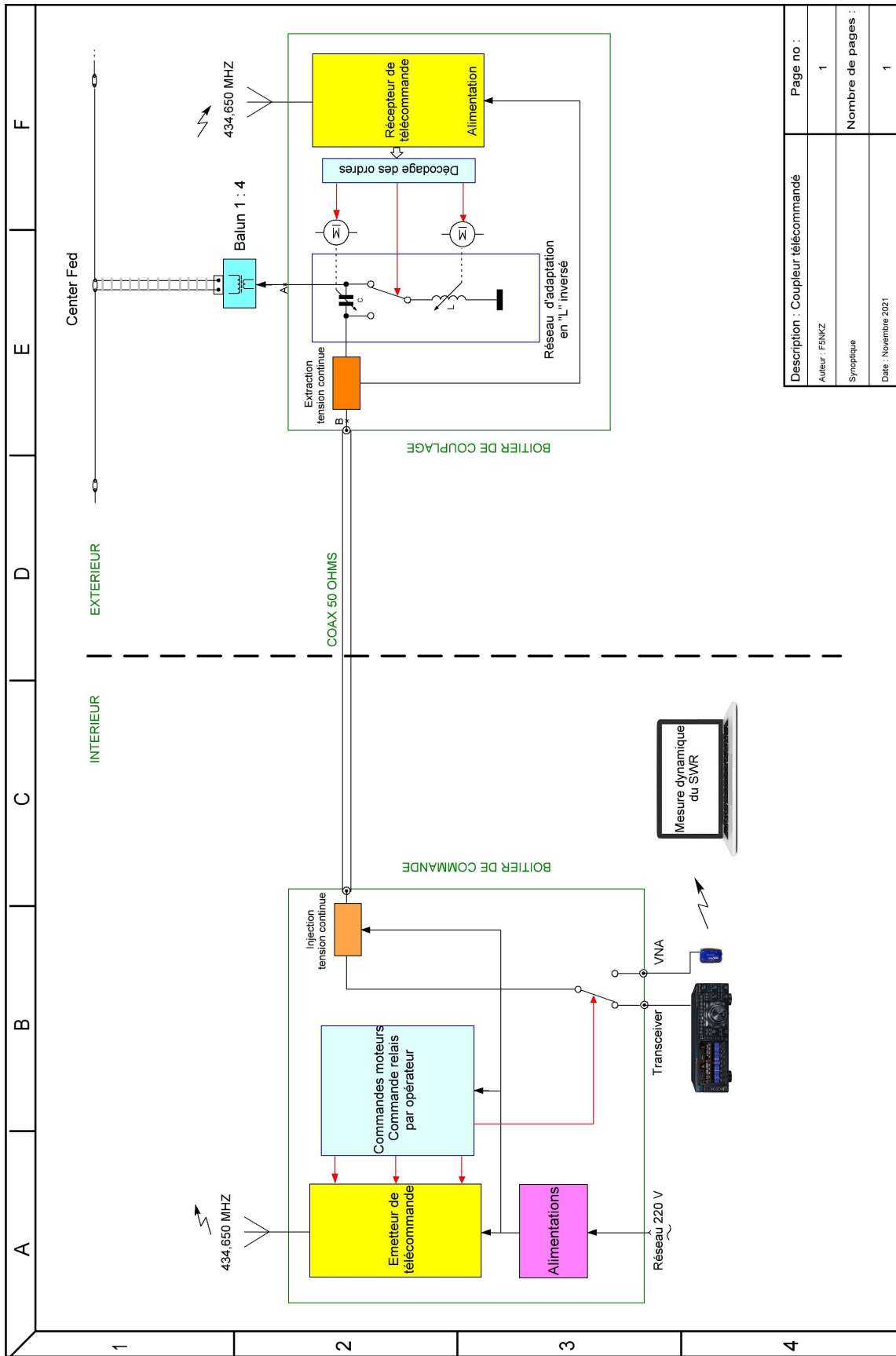
L'antenne réalisée peut finalement être qualifiée de «Center fed». Elle utilise l'espace proposé par les dimensions du terrain. Le fil utilisé est en aluminium d'un diamètre relativement important 3mm.

Le dispositif d'adaptation des impédances retenu est un réseau à 2 composants réactifs placés en «L» inversé (moins de pertes qu'un réseau en «T»), soit une self en parallèle et un condensateur en série. Ainsi, pour chaque fréquence de travail choisie dans le domaine décamétrique, il s'agit de donner à L et C, depuis la station, des valeurs telles que le réseau transforme l'impédance complexe de l'ensemble brin rayonnant- feeder- balun $x+jy$ (avec x et y très variables selon la fréquence de travail) en une résistance de 50 ohms $50 +j0$ idéalement, qui chargera l'extrémité du coaxial. Ce concept d'accord à distance n'a rien de novateur, il consiste en fait à déplacer le coupleur de la station au pied de l'antenne, mais l'auteur souhaitait depuis longtemps en faire l'expérience pratique.

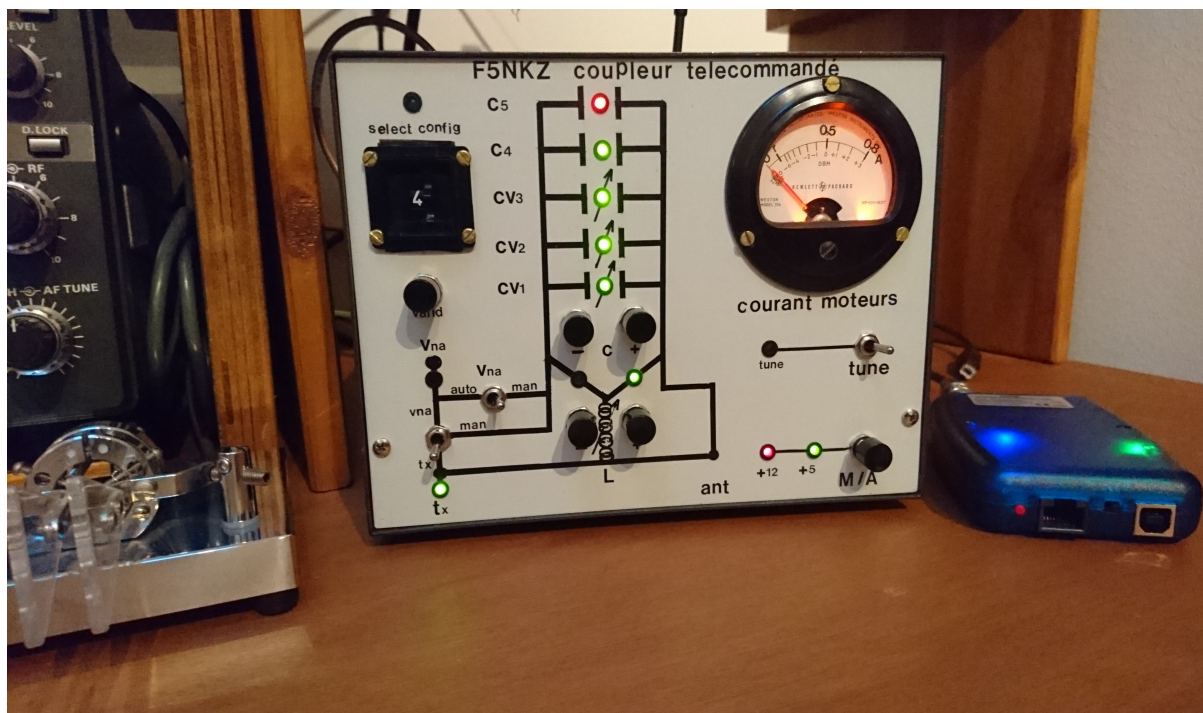


Description : Coupleur télécommandé	Page no :
Auteur : FSNKZ	1
Balun et antenne	Nombre de pages :
Date : Novembre 2021	1

Le synoptique suivant donne une vue d'ensemble du projet :



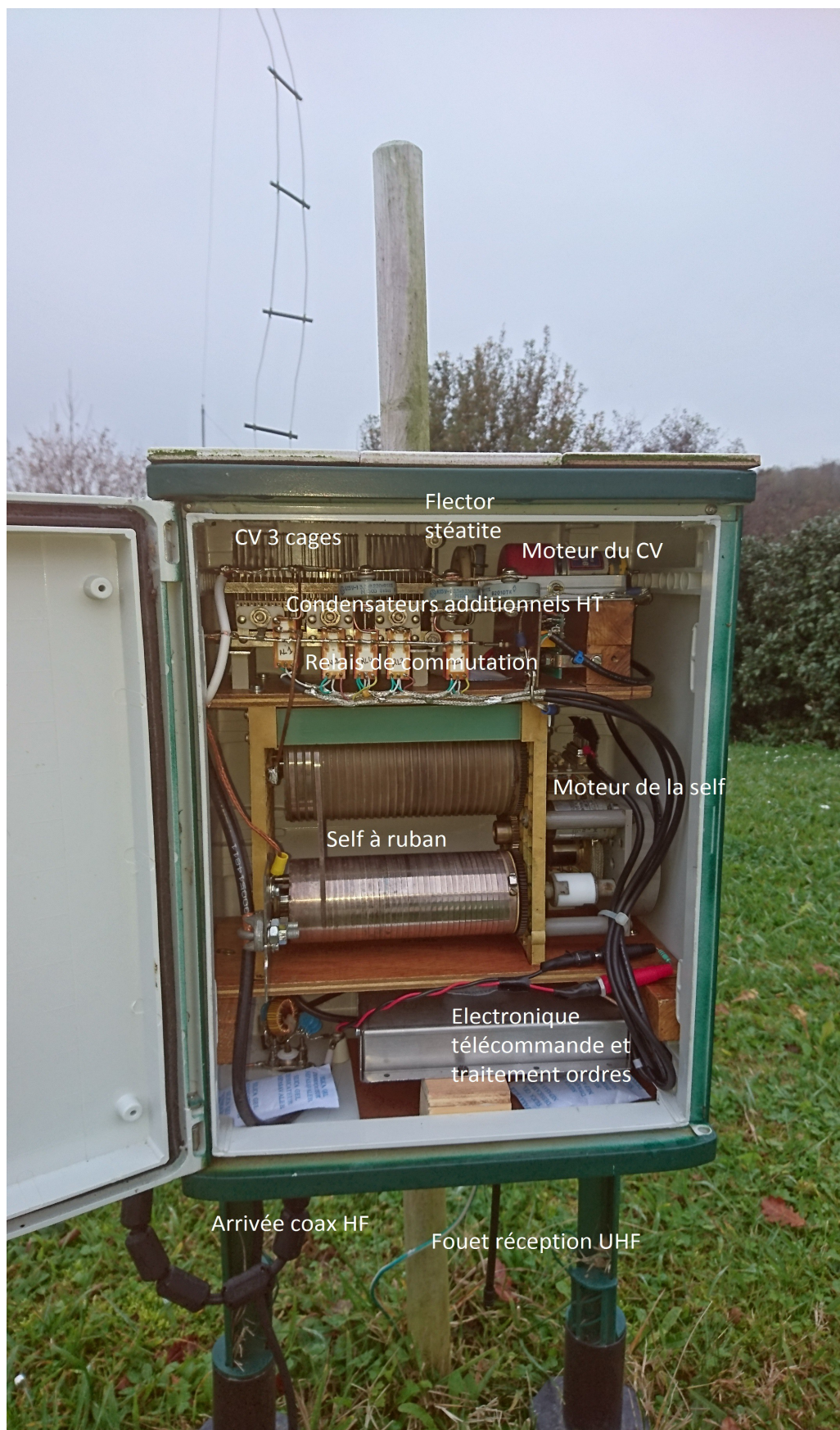
On distingue deux blocs, l'un situé à la station appelé «boîtier de commande», l'autre situé à l'extérieur, au pied de l'antenne et appelé «boîtier de couplage». Ces deux entités sont reliées entre elles par une liaison physique, le câble coaxial qui véhicule la HF du transceiver et la tension continue d'alimentation du boîtier de commande. Elles sont aussi reliées par une liaison radio en UHF (uniquement en phase d'accord) sur un des canaux LPD433, qui véhicule les ordres de télécommande envoyés au boîtier de couplage par l'opérateur. Une électronique de décodage pilote les moteurs d'entraînement de la self et du condensateur variable. Les ordres transmis peuvent aussi actionner des relais permettant de commuter la self en amont ou en aval du condensateur série -cette possibilité de commutation est importante pour élargir le domaine d'adaptation d'impédances du réseau- et d'ajouter, pour la même raison, des capacités supplémentaires en parallèle sur le CV (non représentées ici). Un balun assure la symétrisation à la sortie du réseau. Son rapport élévateur de 4 pour 1 permet de réduire la valeur des impédances et des tensions à traiter par le réseau d'adaptation LC. De plus il a été volontairement très largement surdimensionné. L'idéal aurait été de le placer non pas après le réseau LC mais avant, pour qu'il n'ait pas de composante réactive à traiter. Mais cela aurait nécessité un réseau symétrique plus élaboré. En effet, une des exigences supplémentaires fixée pour cette réalisation consistait à utiliser autant que possible les composants déjà disponibles au QRA dont une belle self à ruban Thomson CSF trouvée par chance dans une célèbre brocante radio du Sud ouest, et un CV trois cages ayant un pôle commun en provenance d'un BC669 de surplus. A ces 2 pièces maîtresses s'ajouteraient beaucoup de composants discrets dormant dans des fonds de tiroirs. Cependant, l'approvisionnement de composants tels que certains relais, modules radio de télécommande, boîtier étanche placé à l'extérieur a été nécessaire. Sur la partie électronique pure et dans le même esprit, j'ai décidé de travailler «à l'ancienne», c'est à dire avec de la logique câblée, sans faire appel à un quelconque microcontrôleur. J'ai ainsi remis en pratique ma formation d'électronicien de la fin des années 1970. Un projet version 2.0 (voire 4.0 !) pourrait un jour succéder à celui-ci, avec un microcontrôleur bien sûr, et pourquoi pas une télécommande via internet !



Face avant du Boîtier de commande



Boîtier de couplage, coax de liaison, balun 4:1 et départ feeder ouvert



Intérieur boîtier de couplage

Mode opératoire:

Le dispositif permet un accord «propre» sur une fréquence quelconque des bandes amateur - et même hors bandes OM, ce qui peut être intéressant en écoute pour optimiser l'accord antenne - c'est à dire sans émission de porteuse potentiellement gênante.

Voici le déroulé des opérations via le boîtier de commande (photo face avant plus haut) :

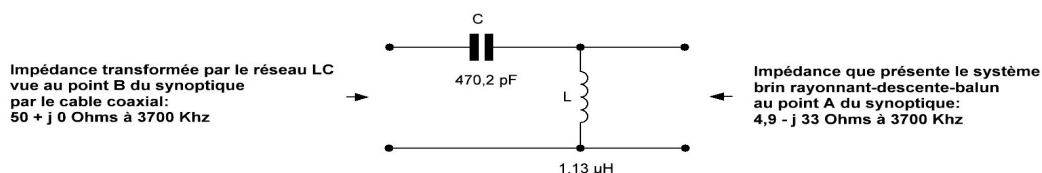
- Mise en service la fonction «tune» (switch «tune», allumage led orange): L'effet est d'alimenter le boîtier de couplage extérieur et d'autoriser l'envoi d'ordres de télécommande.
- Commutation de la self, en amont ou en aval du CV (positions 6 ou 7 de la roue codeuse + bouton-poussoir «valid»)
- Commutation des condensateurs à mettre en service (positions 2 à 5 de la roue codeuse + bouton-poussoir «valid»)
- Pré-positionnement grossier de L et C pour la bande envisagée (4 boutons-poussoirs L+, L-C+ et C-) à l'aide du tableau décrit ci-dessous. Exemple pour la bande 80m :

80 m				120 pF	120 pF	120 pF	220 pF	550 pF
QRG (KHZ)	L (s)	L (AM/AV)	CV (s)	CV1	CV2	CV3	C4	C5
3500	8	AV	43	ON	ON	ON	OFF	OFF
3550	7,5	AV	0	ON	ON	ON	ON	OFF
3600	7	AV	12	ON	ON	ON	ON	OFF
3650	6	AV	18	ON	ON	ON	ON	OFF
3700	5	AV	35	ON	ON	ON	ON	OFF
3750	5	AV	45	ON	ON	ON	ON	OFF
3795	5	AV	50	ON	ON	ON	ON	OFF

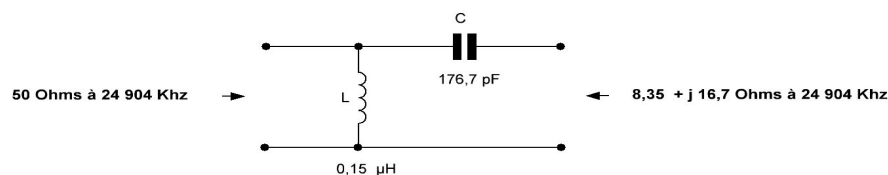
Les valeurs de L et C sont converties en secondes de comptage à partir de leur butée minimale. Quand on change de bande on procède par différence entre les nouvelles positions de L et C (en s) et les précédentes, ce qui accélère la manipulation.

Le tableau ci-dessus est pré-établi par bande de fréquences une fois pour toutes. Pour le construire, un relevé d'impédance $x+jy$ initial au point A du synoptique est effectué au VNA. L'utilisation de l'application TLW de l'ARRL- merci à son concepteur N6BV !-, fournie avec le Handbook (2016) permet de calculer les valeurs théoriques de L et C en fonction de x et y à la QRG choisie, pour que l'impédance vue à l'entrée du réseau soit de 50 ohms résistifs. Voici 2 exemples :

calcul L et C sur 80 m (3700 KHz)



calcul L et C sur 12 m (24 904 KHz)

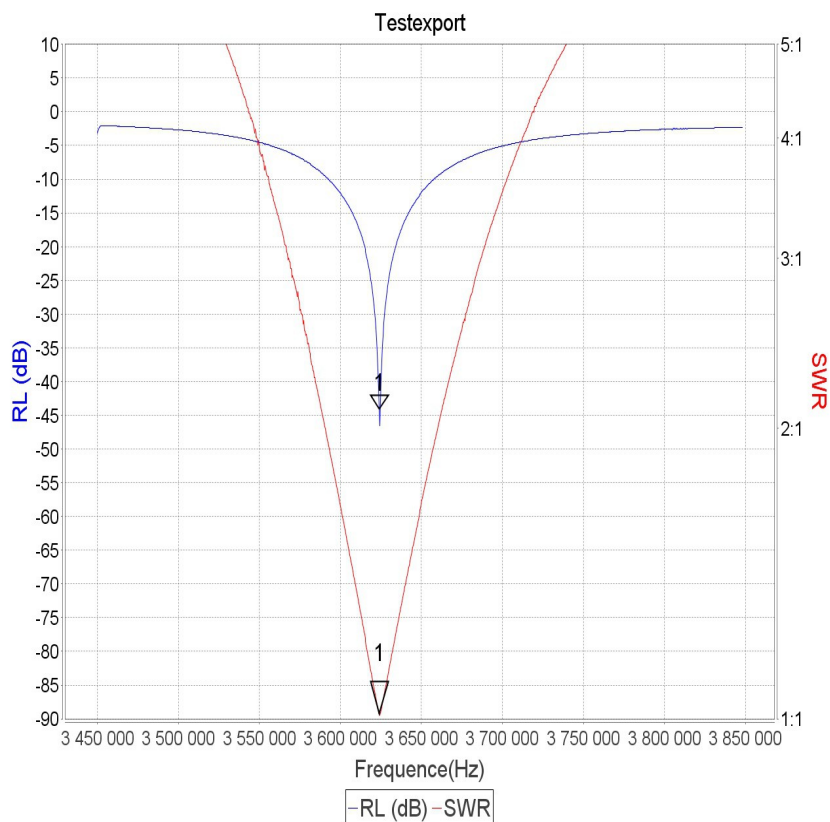


La deuxième étape consiste à commuter à la station le coax HF sur l'analyseur de réseau (VNA) grâce à l'inverseur «tx/vna» du boîtier de commande, pour affiner exactement l'accord. Le VNA que j'utilise est le minivnaPro qu'il faut associer à son programme d'exploitation des données sur PC ou smartphone. La manipulation consiste à lancer une exploration répétitive et rapide de la bande encadrant la fréquence d'accord choisie, de façon à visualiser les déplacements de la courbe de SWR (et de Return loss si on le souhaite) de façon dynamique, en réponse aux commandes (boutons-poussoirs) faisant varier L et C, jusqu'à ce que le creux de SWR se positionne à la valeur la plus proche de 1 atteignable, sur la fréquence de travail choisie. Pendant la manœuvre, le galvanomètre «Courant moteurs» mesure l'intensité appelée par la rotation des moteurs L et C et indique donc de façon simple qu'il y a bien rotation, tant qu'on n'atteint pas un switch de fin de course mécanique. L'accord étant obtenu, on remet l'inverseur sur la position tx. Nous sommes alors prêts à faire des QSO !

Tout ceci peut paraître complexe en terme de manipulations mais l'expérience montre que ces manœuvres sont, avec l'habitude, réalisées dans un temps assez bref, qui naturellement n'égale pas la rapidité d'un coupleur automatique, mais ce n'était pas l'objectif visé ici !

Précisons également qu'en phase d'essais et de mise au point de l'ensemble, les courbes de SWR relevées à la station ont été comparées sur différentes bandes avec celles relevées à l'entrée du boîtier de couplage extérieur, au point «B», pour évaluer l'influence de la longueur du coaxial de liaison. Les résultats obtenus montrent un très faible décalage relatif en fréquence du creux de SWR qui reste négligeable entre ces deux points. Résultat attendu, aux imperfections du coaxial près, puisque le réseau LC lui présente son impédance caractéristique et le fait fonctionner en ondes progressives.

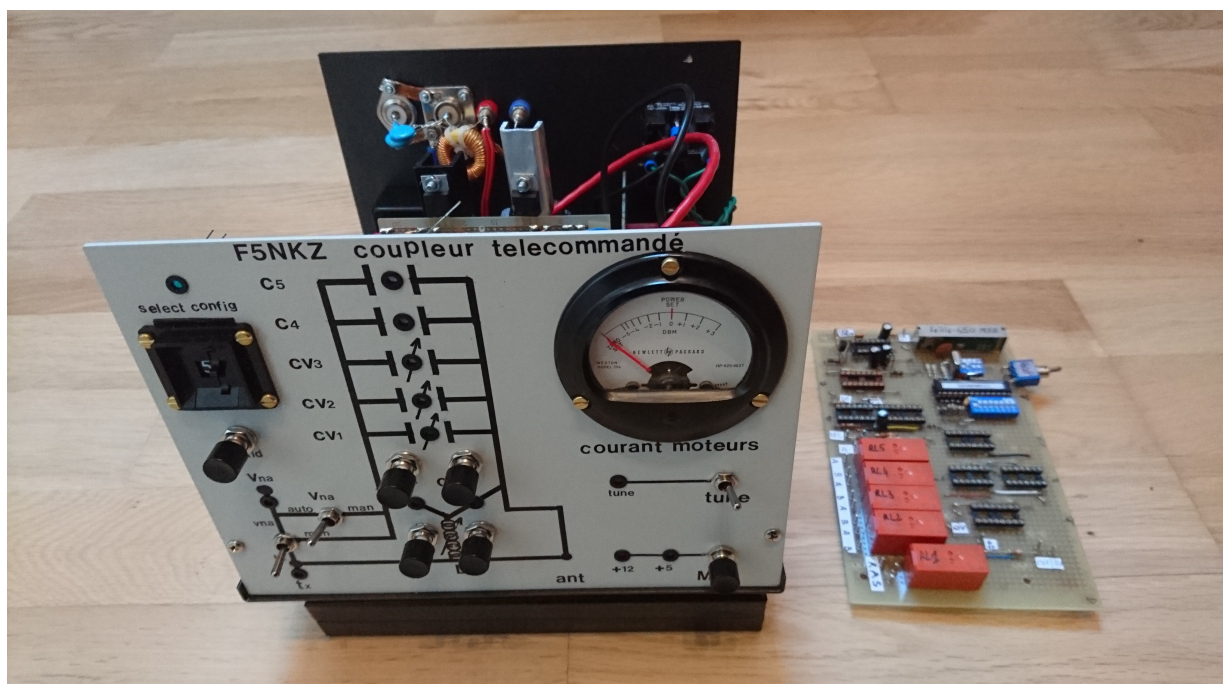
Le graphe ci-après illustre un point d'accord affiné sur la fréquence de 3624 KHz.



Etude des différents sous-ensembles du projet

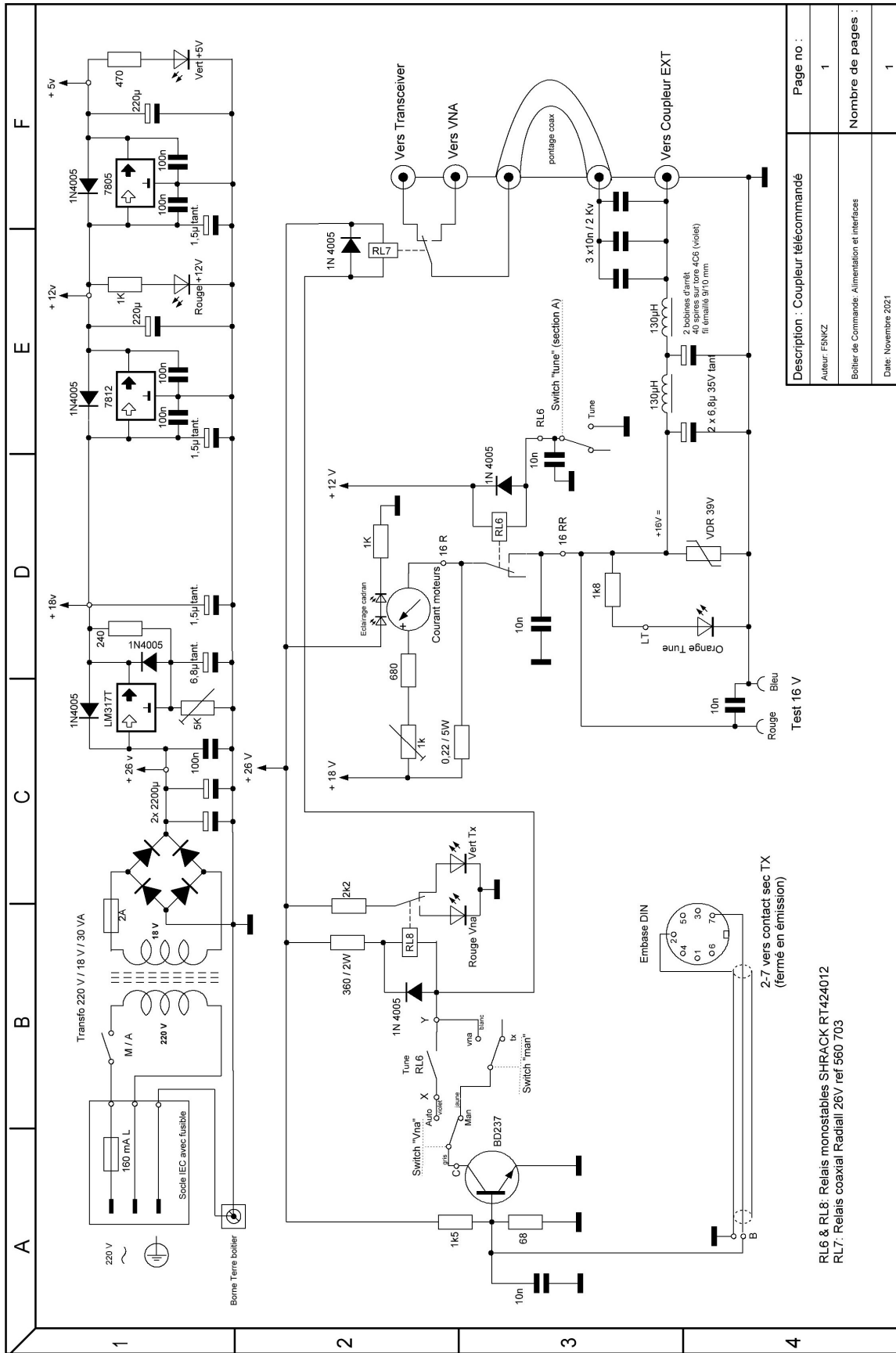
Cette partie du projet se propose de décrire l'électronique des sous-ensembles mis en œuvre et pourra intéresser l'OM qui voudrait les réaliser ou s'en inspirer.

Les découplages ont été particulièrement soignés, afin de s'affranchir d'entrée de potentielles difficultés imputables à la HF dans laquelle «baignent» les circuits, notamment dans le boîtier de couplage extérieur.



Boîtier de commande en cours de montage

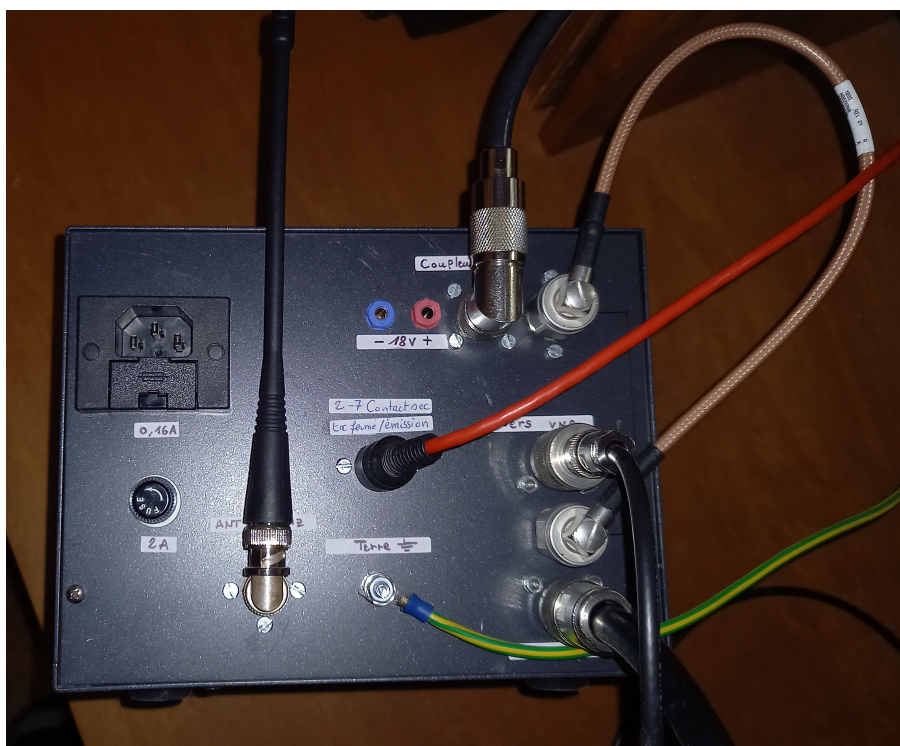
A- Boîtier de commande - Alimentation et interfaces



A partir d'un socle standard IEC comportant un fusible de protection, on alimente en 220 V alternatifs un transformateur d'une trentaine de VA délivrant 18Veff à son secondaire. Un fusible de 2A protège le transformateur. Un pont de redressement double alternance est suivi de 2 fois 2200 μ F en filtrage. On obtient une première tension d'environ 26V continu qui est notamment utilisée pour alimenter les bobines de certains relais ou voyants de signalisation.

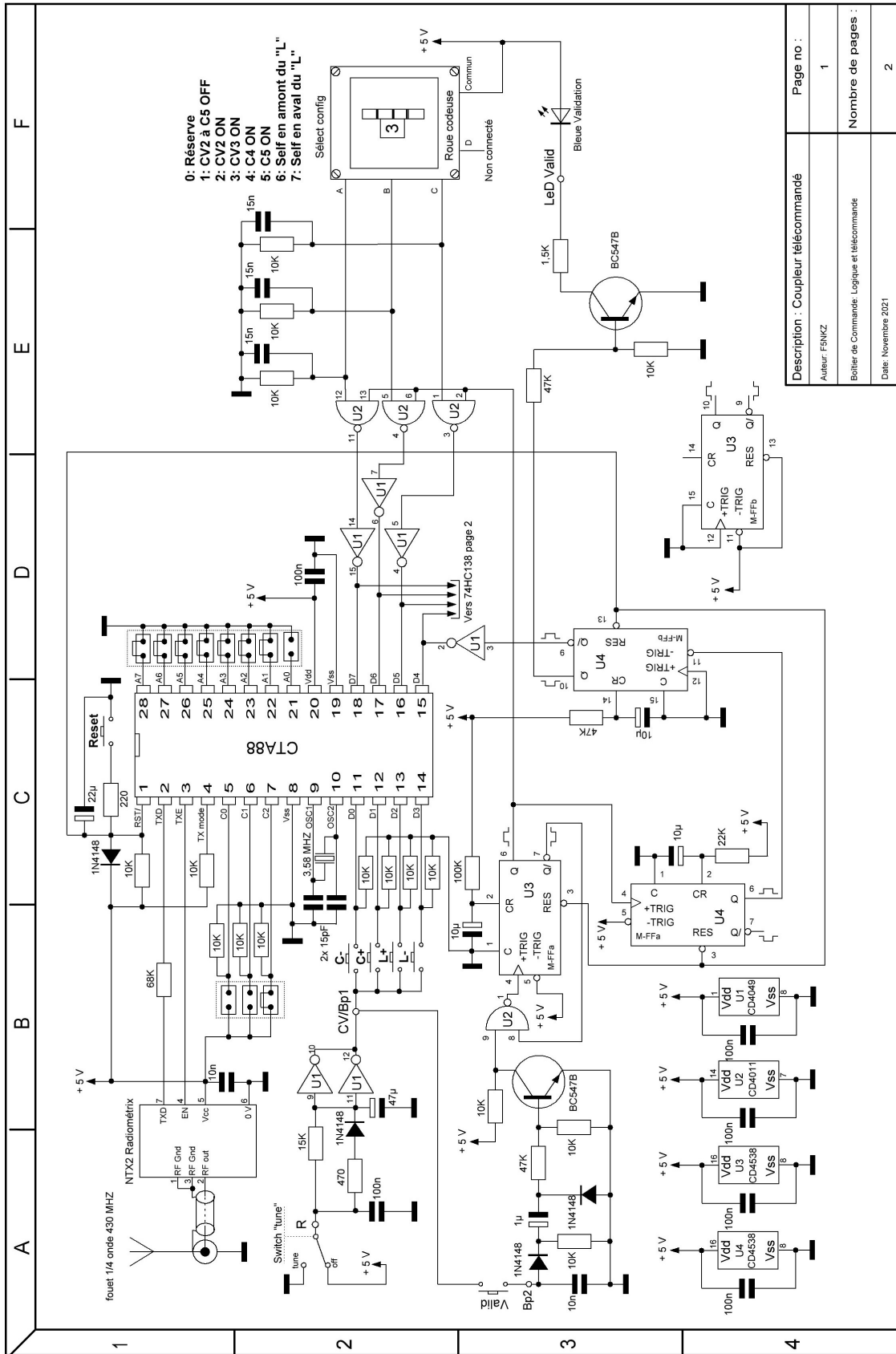
Ce 26V alimente aussi le régulateur ajustable LM317T dont la tension de sortie est ajustable grâce au potentiomètre de 5Kohms. Cette tension sert à alimenter le boîtier de couplage extérieur. Pour l'atteindre, elle transite via la résistance de 0,22 ohms en série - qui permet de mesurer le courant consommé via le galvanomètre en parallèle- le contact travail du relais RL6 «tune», le filtre LC d'injection du continu sur le coaxial, et le câble coaxial lui-même de liaison avec le boîtier extérieur. Le câble introduisant une chute de tension en continu non négligeable à cause de sa longueur (30m) il est nécessaire de compenser cette chute à la source pour que les régulateurs du boîtier de couplage extérieur puissent fonctionner correctement, soit avec au moins 15 V à l'arrivée. On a environ 2,5 V de chute à 0,5 A valeur de courant proche du maximum consommé lorsqu'on actionne les moteurs. La tension ajustée sur les bornes arrières «test 16V» est donc en réalité ajustée à 17,5V (15+ 2,5). Les 2 autres régulateurs de 12V et 5V montés en cascade servent respectivement à l'alimentation des bobines de relais en 12V et à la télécommande et les circuits logiques.

Lorsqu'on passe en mode «tune» pour faire un accord antenne via le switch du même nom sur la face avant du boîtier, le relais RL6 est appelé. RL8 et RL7 le sont également si le switch «vna» est placé en position «auto», sinon il faut placer le switch «manuel» en position «vna» pour contrôler manuellement l'opération. Ceci a pour effet d'alimenter en continu le boîtier extérieur et de basculer le coaxial sur le VNA pour lancer l'opération d'accord. En cas de passage accidentel du transceiver en mode émission pendant cette phase, le transistor BD237 se bloque et provoque le relâchement des relais précédents, rebasculant le coax sur le Tx. Pour cela on récupère un contact sec en sortie du transceiver indiquant qu'il est en mode émission (broches 2 et 7 de l'embase DIN, câble rouge sur la photo).



Face arrière boîtier de commande

B- Boîtier de commande - Logique et télécommande



Description : Coupleur télécommandé	Page no :
Auteur: F5NKKZ	1
Boîtier de Commande: Logique et télécommande	Nombre de pages :
Date: Novembre 2021	2

Le cœur de ce sous-ensemble est le circuit CTA88 qui, en mode encodeur, broche 4 «Tx/Rx modes» au + 5V, procure 8 canaux de commande sur les broches D0 à D7. Les broches 5 à 7 C0 à C2 fixent le mode de fonctionnement souhaité. Dans notre application, on a choisi le mode «bouton poussoir momentané» (C0 et C1= 0V; C2 = +5V). L'émission n'est activée que lorsque l'une des entrées D0 à D7 est mise au 1 logique, soit au +5V, par exemple lorsqu'on appuie sur le bouton-poussoir L +. Les broches 21 à 28 fixent l'adresse du CTA88. On a choisi l'adresse 1 (seule A0 est à 5V par pull up interne au circuit). L'adresse côté réception doit être la même pour établir la communication. La sortie TXD en broche 2 envoie en série à l'émetteur l'adressage et les données, tandis que la sortie TXE en broche 3 est une autorisation de transmission pour l'émetteur. Enfin, pour pouvoir fonctionner, le CI nécessite un quartz ou un résonateur céramique de 3,58 MHz entre ses broches 9 et 10.

Le transmetteur est quant à lui un NTX2-434-650 de Radiometrix, dont la mise en œuvre est très simple, puisqu'il suffit de le relier à une alimentation de 5V, à une antenne et bien sûr au CTA88 par ses entrées TXD et EN.



Il opère en FM bande étroite avec 10mW sur le canal 64 (434,650 MHz) de la bande LPD433, prévue pour la télécommande en faible puissance de dispositifs très variés tels que portails, alarmes sans fils, stations météo, etc...

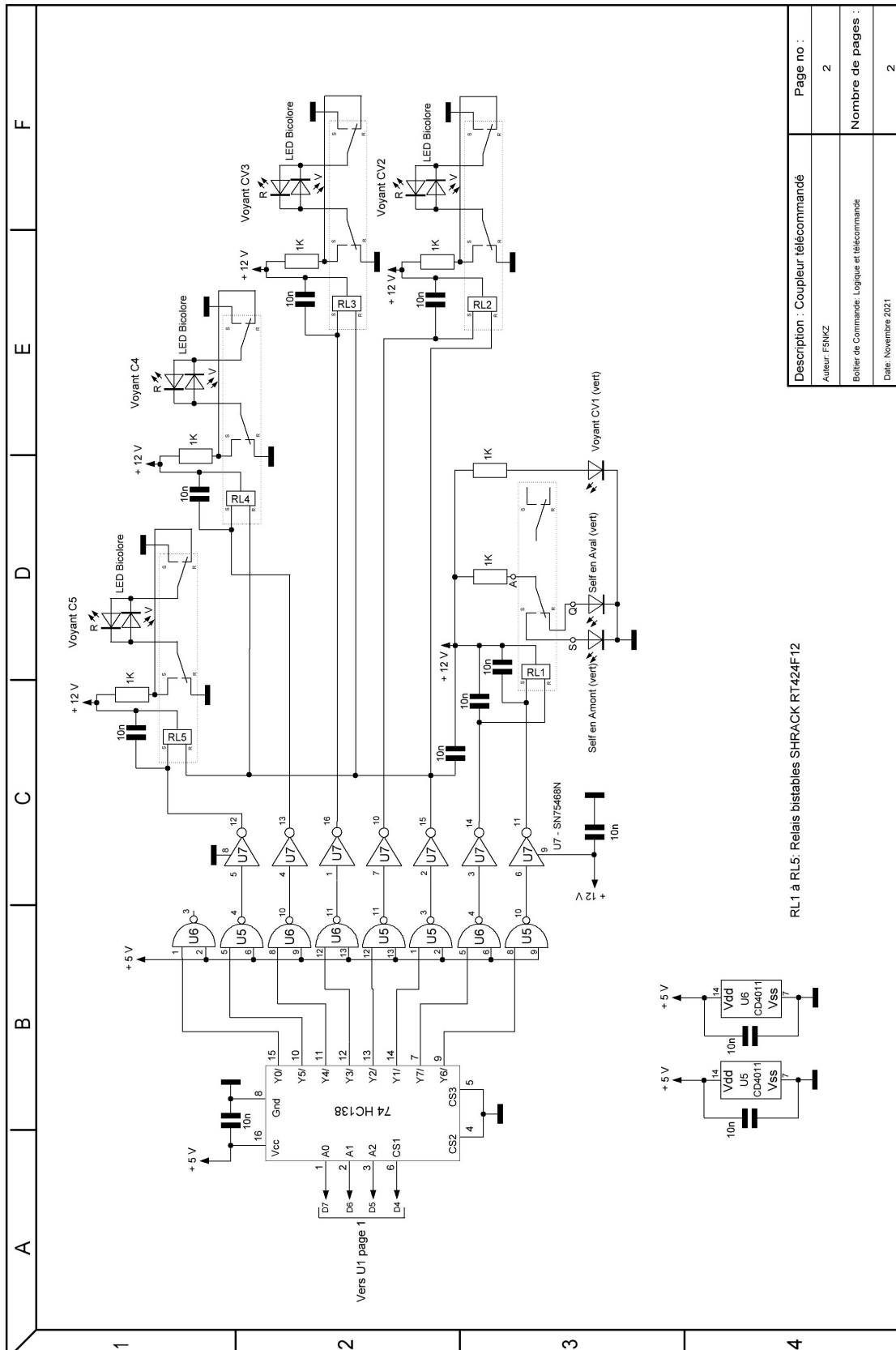
Il doit être associé à la réception au récepteur NRX-434-650, tout aussi simple à mettre en œuvre.

Les entrées D0 à D3 ont été affectées aux 4 boutons-poussoirs qui commandent les moteurs du CV et de la self dans le boîtier extérieur. Ces commandes ne sont d'ailleurs prises en compte que lorsque le switch «tune» du boîtier de commande est basculé sur la position du même nom, afin de s'affranchir d'un appui aléatoire sur l'un de ces boutons qui pourrait modifier l'accord antenne en cours de QSO.

Les entrées D4 à D7 sont multiplexées. En effet, 8 canaux ne suffisant pas pour couvrir la totalité des commandes à envoyer à l'extérieur - il en fallait 11 au minimum - on utilise un codage binaire des entrées D5 à D7, associé à un créneau de validation de ce code («strobe» en anglais) qu'on applique à l'entrée D4. Cela permet de passer de 3 canaux (D5 à D7) à 8 (3 bits codés en binaire) avec 3 entrées seulement. Les commandes envoyées concernent cette fois le choix de la position de la self en amont ou en aval du condensateur série, et les condensateurs à commuter en parallèle ou à mettre hors service sur le condensateur série. Il s'agit de commandes agissant sur la configuration du réseau LC, de façon statique jusqu'à la prochaine configuration demandée. Il faudra donc mémoriser ces commandes à l'arrivée.

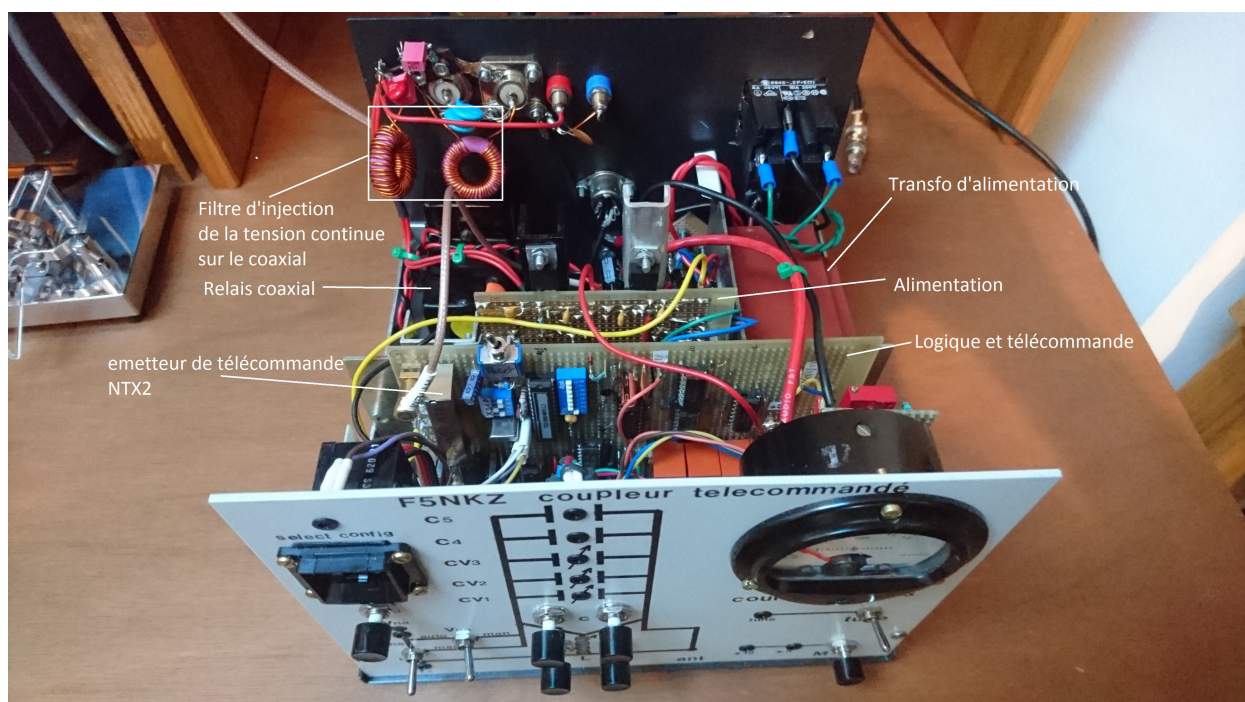
Le séquençage est le suivant: on affiche sur la roue codeuse «sélect config» le chiffre correspondant à la configuration désirée, par exemple le chiffre 2 pour mettre en service le condensateur CV2. Les sorties A,B et C de la roue codeuse étant l'image en code binaire de la valeur affichée, le bit B sera donc à 1 (+5V), A et C à zéro (0V). Pour valider et envoyer ce code au récepteur, il faut appuyer sur le bouton-poussoir «Valid». La chaîne de composants situés derrière lui, dont les monostables U3 et U4, se chargent de ce travail. Ainsi, au moment de l'appui, le code binaire de la roue codeuse est appliqué aux entrées D5 à D7, puis un créneau de tension calibré est appliqué à D4. En même temps la Led bleue située au-dessus de la roue codeuse confirme cet envoi. Le récepteur que nous verrons plus loin exploitera le passage à 1 de D4 pour décoder le code binaire sur D5 à D7 et actionner le relais bistable de commutation et de mémorisation de la mise en service de CV2, pour reprendre cet exemple.

Côté boîtier de commande, la dernière configuration en cours avant une mise hors tension devra être connue, mémorisée et affichée: On utilisera également des relais bistables associés à de simples Led de signalisation recopiant à l'identique la configuration du boîtier extérieur.
 Cette fonction est l'objet de la planche suivante :



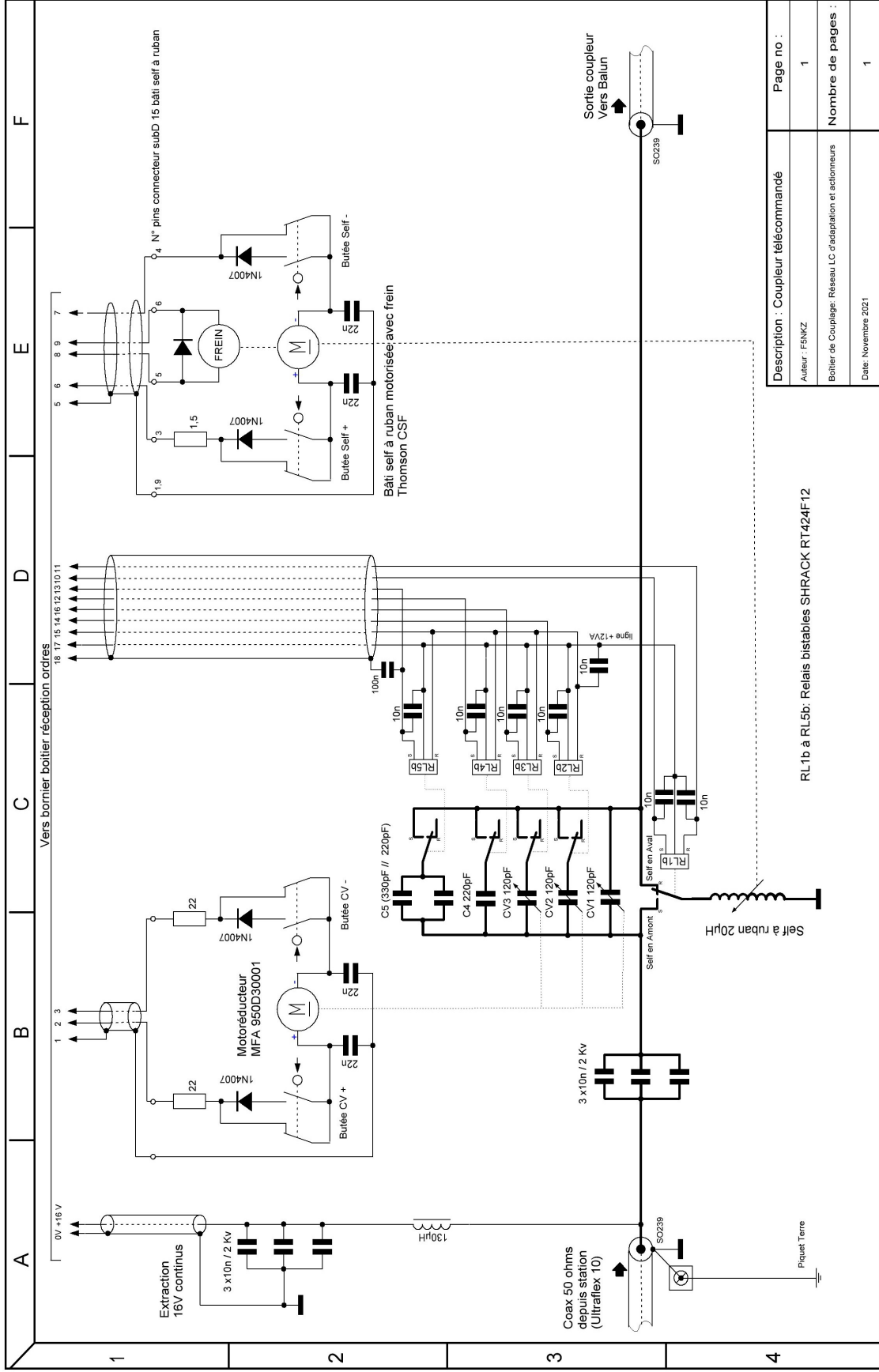
Description : Coupleur télécommandé	Page no :
Auteur: F5NKZ	2
Boîtier de Commande: Logique et télécommande	Nombre de pages :
Date: Novembre 2021	2

On récupère les données D4 à D7 envoyées sur le CTA88. Le code binaire A-B-C de la roue codeuse présent en D7-D6-D5 respectivement est appliqué au démultiplexeur 74HC138. Le «strobe» ou créneau de validation de ce code présent en D4 est appliqué sur l'entrée CS1 de ce circuit. A ce moment, le code binaire appliqué à l'entrée adressera la sortie concernée et elle seule. Pour reprendre l'exemple précédent, si on a affiché et validé la valeur 2 sur la roue codeuse, la sortie Y2/ du 74HC138 et elle seule passera à la valeur zéro (le niveau actif des sorties est zéro volt pour ce circuit). Il s'ensuivra un 1 logique en 11 de U5 et un zéro en 10 de U7. Ce circuit est un driver de relais dont la configuration de sortie est un transistor en collecteur ouvert qui se comporte comme un interrupteur fermé. Il va donc appeler le relais bistable RL2 en position «Set». La Led bicolor affectée à ce relais va s'allumer en vert, indiquant qu'on a demandé simultanément la mise en service du condensateur CV2 dans le boîtier de couplage extérieur. Le relais va conserver cette position par verrouillage mécanique, y compris après la mise hors tension du boîtier, jusqu'à ce qu'une nouvelle commande vienne le placer en position de reset (valeur 1 de la roue codeuse). L'analyse du fonctionnement est exactement la même pour les autres relais. Notons que la valeur 1 de la roue codeuse réalise simultanément le reset des 4 relais RL2 à RL5. Un relais en position reset provoque l'allumage en rouge de la Led bicolor qui lui est affectée, signifiant que le condensateur correspondant (CV2 à C5) n'est pas ou plus en service. Une exception, le relais RL1 qui témoigne de la position amont ou aval de la self via 2 Leds vertes distinctes.



C- Boîtier de couplage – Réseau LC d'adaptation et actionneurs

Passons maintenant à la partie extérieure du projet, visible sur la droite du synoptique présenté plus haut. Tous les organes sont enfermés dans un coffret «Marina» Legrand de dimensions 400x300x200mm qui procure l'étanchéité nécessaire (indispensable au Pays Basque!). C'est à ce boîtier qu'aboutit le câble coaxial en provenance de la station. Celui-ci a été choisi à faible pertes, ce qui contribue à l'efficacité de l'ensemble, compte-tenu de sa longueur (30m).



Description : Coupleur télécommandé	
Auteur : F5NKZ	
Boîtier de Couplage: Réseau LC d'adaptation et actionneurs	
Date: Novembre 2021	
Description : Coupleur télécommandé	Page no. :
Auteur : F5NKZ	1
Boîtier de Couplage: Réseau LC d'adaptation et actionneurs	Nombre de pages :
Date: Novembre 2021	1

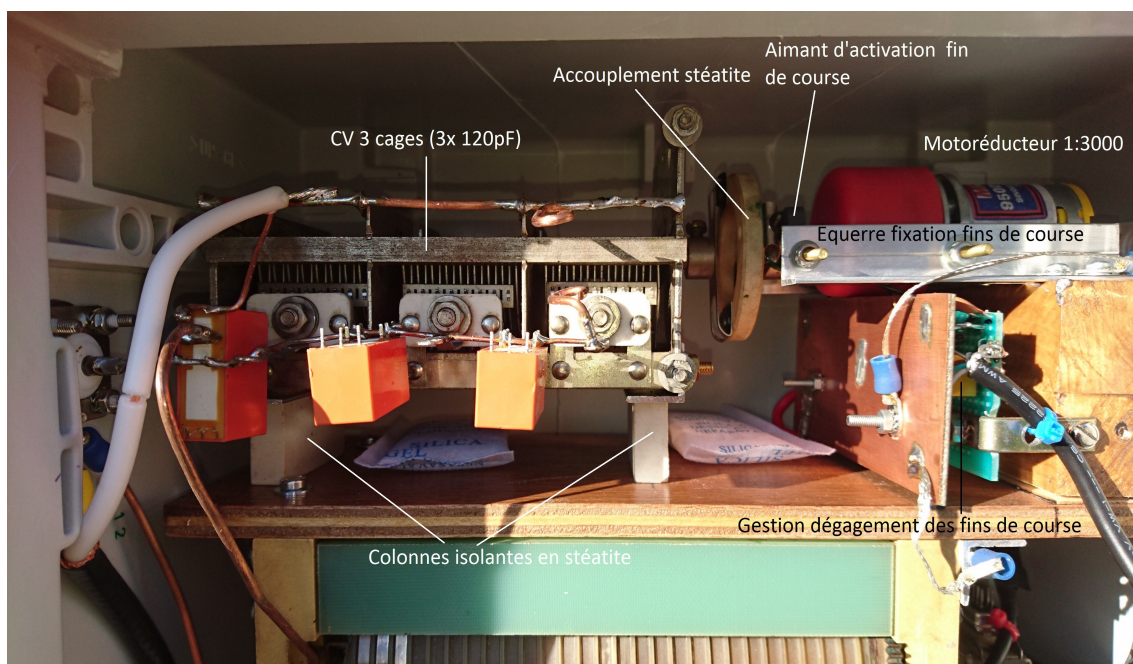
RL1b à RL5b: Relais bistables SHRACK RT424F12

On trouve dès l'entrée le filtre d'extraction de la composante continue véhiculée par le câble coaxial. C'est le rôle de la self de 130 μH suivie des 3 condensateurs de découplage de 10nF en parallèle. Cette tension est destinée à alimenter l'électronique de réception des ordres de télécommande que nous verrons plus loin.

Le signal HF quant à lui est dirigé vers le réseau LC d'adaptation à travers 3 condensateurs de 10 nF en parallèle qui éliminent la composante continue du coaxial. Ce réseau LC, cœur du dispositif d'accord de l'aérien, est constitué de la self à ruban de 20 μH en configuration shunt, et des condensateurs CV1 à C5 en série dans l'acheminement de la HF. La self peut être commutée en amont ou en aval des condensateurs série grâce au relais bistable RL1b. Le condensateur variable CV1 est toujours en service car non commutable. Les condensateurs CV2 à C5 peuvent quant à eux être ajoutés en parallèle sur CV1 en fonction de la valeur totale de capacité requise pour l'accord sur une fréquence donnée. Ces commutations sont réalisées grâce aux relais RL2b à RL5b, bistables eux aussi. Le choix de ce type de relais permet de conserver la configuration du réseau d'adaptation, même après la coupure de l'alimentation.

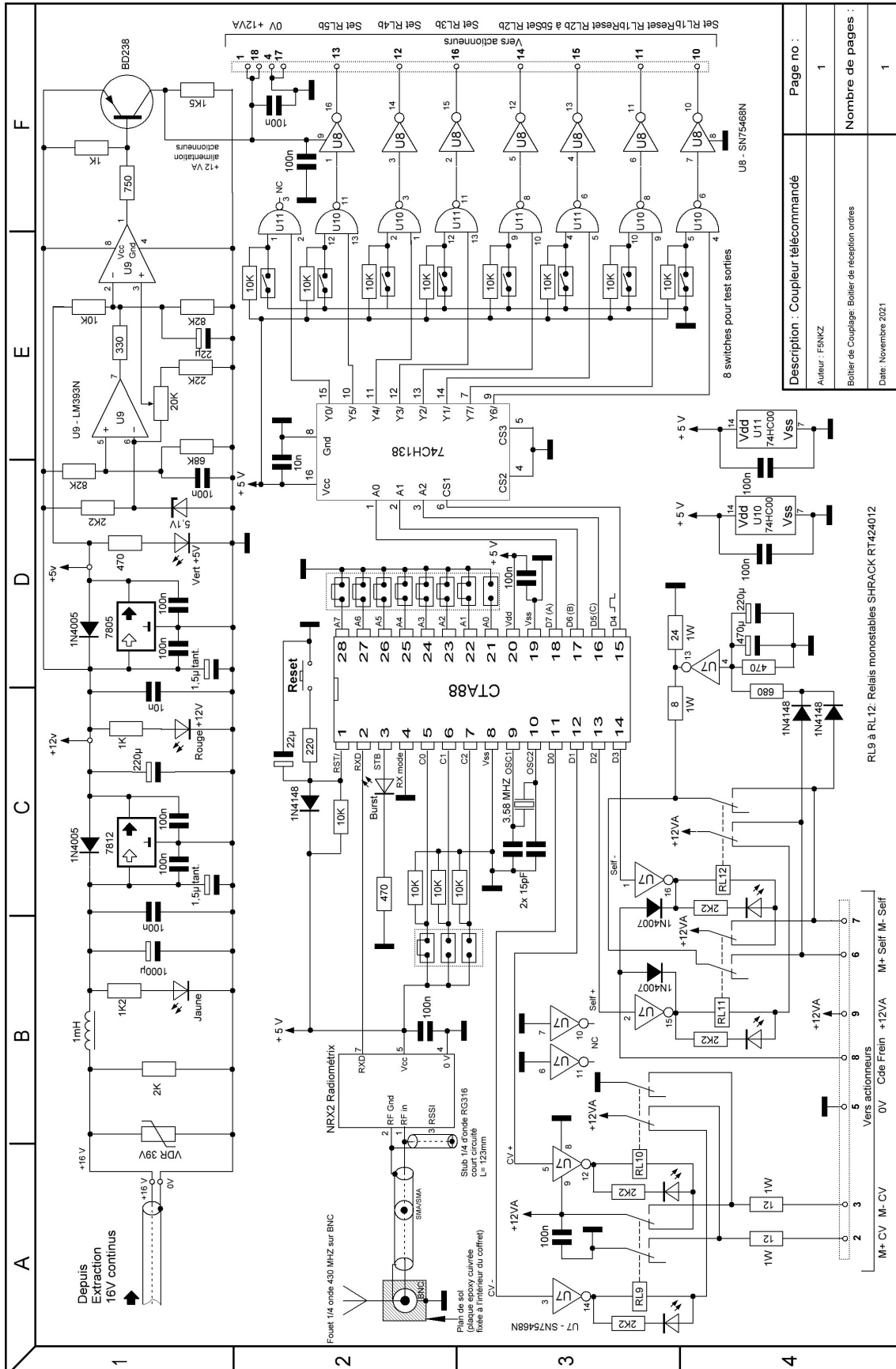
Passons à la motorisation des commandes de rotation de la self et de CV1 à CV3. La self à ruban fait partie d'un bâti Thomson CSF qui intègre des switches de fin de course ainsi qu'un électro-frein qui immobilise le tambour de la self lorsque cesse la commande de rotation. L'inversion de sens de rotation est obtenu par une simple inversion de la polarité appliquée au moteur. Les fins de course coupent l'alimentation du moteur lorsque l'un d'eux est mécaniquement atteint, et 2 diodes 1N4007 interviennent dans la logique de dégagement dans le sens opposé.

Le même principe a été appliqué aux condensateurs variables, mais ici il a fallu fabriquer toute la chaîne cinématique. Le CV à 3 cages provenant d'un ancien BC669 a été monté sur 2 colonnes isolantes en stéatite car ses 2 pôles sont des points chauds de potentiel HF. Son axe de sortie a été équipé d'un accouplement isolant, en stéatite lui aussi, de récupération. Un motoréducteur MFA ayant un rapport de réduction de 3000 entraîne l'ensemble à une vitesse de rotation convenable pour assurer la précision de positionnement du CV. Les fins de course, représentés comme des switches pour simplifier le schéma sont en réalité deux interrupteurs ILS disposés à 180 ° côté motoréducteur, fixés sur 2 équerres en alu. Un petit aimant solidaire de l'axe d'entraînement vient activer l'un ou l'autre de ces ILS à des positions proches de 0° et 180 ° de rotation de l'axe du CV.



Chaîne cinématique CV en cours de mise au point

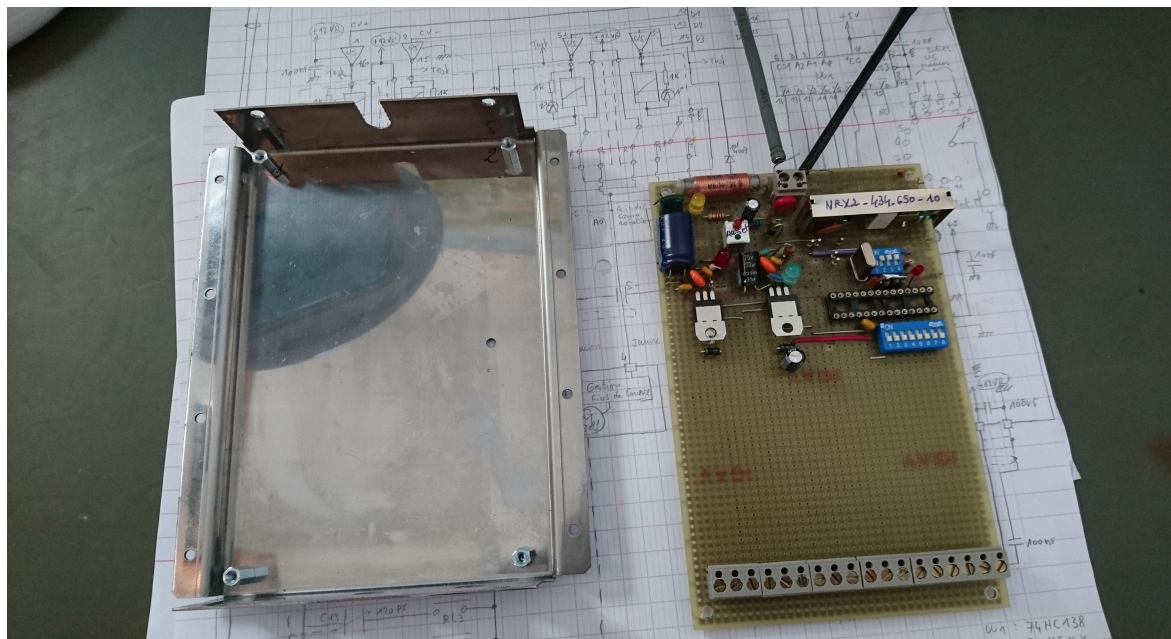
D- Boîtier de couplage – Electronique de réception ordres



Description : Coupleur télécommandé		Page no. :
Auteur : FSNZK		1
Boîtier de Couplage: Boîtier de réception ordres		Nombre de pages :
Date: Novembre 2021		1

RL9 à RL12: Relais monostables SHRACK RT424012	
M+ CV M- CV	0V
Cote Frein	+12VA
M+ Self M- Self	7
Vers actionneurs	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
	26
	27
	28

Cette fonction a été entièrement câblée sur une carte époxy au format «Europe» (160 x 100mm) à bandes de cuivre étamées au pas de 2,54mm. La carte est enfermée dans un coffret en acier relié au 0V et à la terre pour assurer un blindage efficace. Les liaisons vers les actionneurs sont toutes réalisées en câble blindé. Ce coffret est placé au bas du boîtier de couplage (voir photo "Intérieur boîtier de couplage" plus haut).



Le boîtier de réception ordres en cours de câblage et d'essais partiels

Alimentation

La tension continue extraite du câble coaxial est à nouveau filtrée par une inductance série, suivie de condensateurs de découplage afin d'éliminer tout résidu de HF. Une VDR placée à l'entrée protège par écrêtage d'éventuels transitoires de forte amplitude. Deux régulateurs montés en cascade procurent les tensions requises de 12V pour les actionneurs et de 5V pour l'électronique. Le +12 V n'est pas directement utilisé par les actionneurs; il est appliqué à l'émetteur du transistor BD138 qui fonctionne en interrupteur pour fournir le +12VA «actionneurs» sur son collecteur à certaines conditions. U9 et les composants qui l'entourent ont pour fonction de n'autoriser l'apparition du +12VA qu'un laps de temps après la stabilisation du 5V (à la mise sous tension) et de le couper immédiatement si ce 5 V venait à disparaître ou prendre une valeur trop faible par suite d'une éventuelle surcharge due à la défaillance d'un composant. Ce +5V alimente en effet le récepteur et sa logique de décodage des ordres. Ainsi, on se prémunit de possibles aléas de commutation des relais à la mise sous tension ou en cas de défaillance du +5V.

Récepteur et décodage

Un foyet $\frac{1}{4}$ d'onde sur 434 MHz est fixé à l'extérieur du boîtier de couplage, sous sa face inférieure (voir photo "Intérieur boîtier de couplage" plus haut) sur une embase BNC. On l'a pourvu d'un plan de sol plaqué sur la face intérieure de ce même boîtier; il s'agit d'une plaque d'époxy cuivrée maintenue par la fixation mécanique de la prise BNC. Un câble coaxial de petit diamètre relie ce foyet au récepteur NRX2 via un socle SMA soudé sur la carte électronique de réception. A l'entrée même du récepteur, on trouve en parallèle un stub $\frac{1}{4}$ d'onde de 123 mm en RG316, court-circuité à son extrémité. Vu de l'entrée du récepteur, c'est une impédance infinie à sa fréquence de travail, mais un quasi court circuit sur les fréquences décimétriques. Il protège donc l'étage d'entrée du récepteur des tensions HF élevées qui pourraient y apparaître.

Le récepteur NRX2, complément de l'émetteur NTX2 utilisé à l'émission, est un petit module alimenté en 5V. C'est un récepteur superhétérodyne performant à double conversion (21,4 MHz et

455 KHz). Il restitue sur sa sortie RXD les trains d'impulsions reçus de l'émetteur. Ces signaux sont envoyés pour décodage à un CTA88, sur sa broche 2. Ce circuit est ici configuré en mode décodeur par sa broche 4 «TX/RX mode» reliée dans ce cas au 0 V. La broche 3, reliée à une Led + résistance, visualise les trains d'impulsions reçus. Le mode de fonctionnement est configuré en «Momentary push buttons», soit C0 à 1 (+5V) et C2/C3 à zéro volt. Les broches d'adressage sont configurées comme à l'émission, à savoir A0 à 1 (en l'air) et A1 à A7 à zéro.

Commande des actionneurs

Les sorties D0 à D4 sont directement l'image de l'état des boutons-poussoirs à l'émission. Par exemple si l'on appuie sur le bouton-poussoir L+ sur le boîtier de commande, on retrouve un +5 V sur la broche correspondante D2 à la réception, aussi longtemps que l'appui est maintenu. Ces 4 sorties alimentent les relais de commande des moteurs de la self et du condensateur variable via U7, driver de relais SN75468N. Noter que dans cette fonction, les 4 relais RL9 à RL12 sont des relais normaux (pas de bistables ici), la rotation devant cesser dès que la commande est relâchée. Le câblage des bobines est tel que les 2 relais RL9 et RL10 (ou RL11 et RL12) ne puissent à aucun moment être appelés en même temps, ce qui mettrait l'alimentation 12VA en court circuit, l'inversion de sens des moteurs se faisant par inversion de la polarité qui leur est appliquée.

Particularités pour la commande de la self:

-L'alimentation du frein, qui libère mécaniquement le tambour, est effective dans chaque sens de rotation, grâce aux 2 diodes 1N4007 (broches 15 et 16 de U7).

-Le retour du courant du moteur de la self passe, quel que soit son sens de rotation, par les 2 résistances en série de 8 et 24 ohms, dont le point commun est relié à la broche 13 de U7.

Lors d'une commande prolongée de rotation de la self, les 2 condensateurs chimiques en parallèle de 220 et 470µF sur la broche 4 de U7 ont le temps de se charger à travers l'une des 2 diodes 1N4148 et la résistance de 680 ohms. La broche 4 de U7 est donc portée à un potentiel positif qui fait passer sa sortie à 0V, celle-ci se comportant comme un interrupteur fermé vers la masse. La résistance de 24 ohms est alors court-circuitée et le moteur de la self accélère. A l'approche de la fréquence d'accord, il devient nécessaire de ralentir pour aborder cet accord avec précision. On procède alors par appuis impulsions de courte durée sur les boutons-poussoirs. Dans ces conditions, les 2 condensateurs précités n'ont pas le temps de se charger et la sortie de U7 se comporte à l'inverse, comme un interrupteur ouvert, ce qui remet en service la résistance de 24 ohms et limite la vitesse de rotation de la self à une valeur permettant un accord fin.

Les sorties D4 à D7 sont exploitées exactement comme à l'émission, par multiplexage. S'y reporter pour le détail du fonctionnement. Les sorties des drivers pilotent ici les relais bistables RL1b à RL5b vus dans la planche précédente, qui commutent la self à ruban en amont ou en aval (RL1b) et les condensateurs additionnels CV2 à C5 (RL2b à RL5b). Des switches de test sur les entrées de U10 ont été prévues, afin de pouvoir forcer les sorties en mode recherche de panne.

Conclusion

Le concept retenu pour cet aérien a démontré son efficacité à l'utilisation. Il est même accordable sur 160m, et le gain obtenu sur les bandes HF «hautes» a permis des DX intéressants dans certaines directions privilégiées (Ouest - Est à mon QRA).

Il pourra intéresser l'OM souhaitant un aérien réellement multibandes sur un espace de déploiement limité ou n'ayant pas la possibilité d'amener un feeder ouvert jusqu'à sa station. De plus les dimensions du brin rayonnant et de la descente ouverte peuvent être différentes de celles retenues dans ce projet, le réseau LC devra alors être éventuellement redimensionné pour permettre les adaptations d'impédances.

Le mode de télécommande de l'accord, manuel sur ce prototype, pourrait avantageusement évoluer vers un mode automatique en repensant un projet à base de microcontrôleur moderne et de logiciel...

Avec les 73 cordiales de F5NKZ.

Bibliographie

- Les antennes Lévy clés en main de Pierre Villemagne F9HJ, ed. Spirales
- ARRL Handbook (2016)
- Site internet www.alldatasheet.com pour les composants actifs
- Notes techniques Radiometrix (NTX2, NRX2, CTA88), MFA, Legrand
- SPlan 7.0 pour la réalisation des schémas électroniques.

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Jean-Claude Molas F6ACY, hélas passé Silent key en 2020, pour ses conseils d'expert sur les antennes et leur rayonnement.

Un grand merci également à tous les OM qui m'ont passé des reports et m'ont permis de comparer, à son avantage, cet aérien à ses prédécesseurs. Merci en particulier aux amis du QSO F8DZ du département 64 le dimanche matin sur 3624 KHz!

