

Boîtier de commande pour relais coax VHF UHF SPDT et SP4T

Construction pratique et mode d'emploi

Introduction

Cet article technique est la description de la construction pratique d'un boîtier de commande pour le pilotage de deux relais coaxiaux. Le premier relais coaxial est du type SPDT (*Single Pole Dual Throw*), en d'autres mots un relais à deux voies et un second relais SP4T (*Single Pole 4 Throw*), en d'autres mots un relais à une entrée et quatre sorties. Le pilotage de ce relais coaxial SP4T est un peu particulier car il est équipé de cinq circuits de bobines de commande : le premier circuit active la remise à zéro de tous les contacts entre l'entrée commune et les sorties ; les quatre autres bobines activent respectivement chaque contact entre l'entrée et chaque sortie. Le pilotage des bobines de ce relais SP4T doit être effectué par impulsions. L'avantage de ce relais est que le contact qui a été sélectionné reste verrouillé dans sa position (*Latch*) même en cas de disparition de la tension d'alimentation de tout le système.

Le but de ce montage OM est de commuter deux configurations d'antennes, par exemple pour un *Fielday* VHF. La première configuration d'antenne est une Yagi à haut gain comprenant par exemple entre 9 et 12 éléments qui est montée sur un rotor d'antenne et la seconde configuration est un ensemble d'antennes Yagi de quatre éléments qui sont disposées de manière fixe en quatre secteurs orientés à 90° dans le plan azimutal. L'idée est de pouvoir écouter le trafic radio dans un secteur choisi parmi quatre et ensuite de sélectionner tour à tour un autre secteur avec une commutation très rapide, bien plus rapide que le temps d'orienter une longue antenne Yagi montée sur un rotor d'antenne. Une fois qu'un secteur (Nord, Sud, Est ou Ouest) est déterminé comme propice au trafic radio, la longue antenne Yagi montée sur rotor peut être orientée dans une direction privilégiée en ayant tout le temps nécessaire pour le faire.

Dans cette réalisation, le pilotage du relais SPDT pour la commutation entre les deux configurations d'antennes s'effectue au moyen d'un simple interrupteur à bascule (*Toggle Switch*) et le pilotage du relais SP4T s'effectue par des boutons poussoirs à témoin LED.

La réalisation pratique du système doit être construite à partir de matériel robuste offrant le maximum de qualité et de fiabilité pour l'utilisation lors d'un *Fielday*. Le raccordement entre les différents éléments doit aussi être robuste, fiable, facile à mettre en œuvre et doit veiller à ce qu'il n'y ait aucune erreur de raccordement possible.

Enfin, par choix, tous les connecteurs coax doivent être du type N sans avoir recours à des adaptateurs SO-239 ou PL-259.

Quelles sont les solutions possibles pour un tel projet ?

- Soit utiliser des commutateurs coaxiaux manuels. Dans ce cas, la réalisation est simple mais cela nécessite cinq *Feeders* : le premier pour la grande antenne Yagi et quatre autres pour les antennes Yagi fixes et orientées en secteurs. En outre, on se retrouve avec un grand nombre de gros câbles coaxiaux encombrants sur la table du *Shack*.
- Soit utiliser un commutateur du type combinateur pour piloter un relais SP4T à distance. Cela permet d'utiliser un *Feeder* commun à la place de quatre *Feeders*. Le câblage électrique du combinateur (rotacteur) risque de devenir très complexe car le pilotage du relais SP4T nécessite une impulsion de remise à zéro suivie d'une impulsion de sélection de voie. Cela nécessite plusieurs galettes de contacts sur le combinateur avec une organisation de contacts « *Break-Before-Make* » (coupure entre contacts lors de la transition d'une position à l'autre du combinateur). Cela risque de mener à la construction d'une logique câblée relativement complexe.
- Soit utiliser un relais SP4T au pilotage plus simple. Peut-être, mais cela anéanti l'avantage de la mémorisation de la position sélectionnée par verrouillage du contact qui demeure en cas de disparition de l'alimentation du système.
- Soit utiliser une électronique de commande à base d'un microcontrôleur. Cela exige certaines connaissances de divers langages de programmation informatique.
- Soit utiliser une unité programmable par blocs logiques (micro-automate). On obtient ainsi une maîtrise facile et intuitive d'un tel dispositif sans devoir recourir à de la programmation informatique.



Fig. 1 : (À gauche) exemple d'un commutateur coaxial manuels à plusieurs voies ; (à droite) exemple d'un commutateur coaxial manuel à deux voies avec position de repos ; (au milieu à l'avant plan) exemple d'un relais coaxial SP4T. Photo : ON4IJ.

Choix d'un relais SP4T

Les critères de choix sont les suivants :

- Une entrée commune et quatre voies indépendantes de sorties ;
- Commande avec verrouillage (*Latching*) ;
- Faible perte d'insertion, de l'ordre de 0,1 dB à 0,2 dB en VHF ou en UHF ;
- Haute isolation à large bande entre voies, de l'ordre de 70 dB à 75 dB ;
- Faibles pertes de retour pour la bande VHF et UHF de l'ordre de 25 dB à 30 dB ;
- Tenue en puissance de l'ordre de 100 W à 200 W en VHF et UHF ;
- Tension de pilotage de 12 V à 13,8 V ;
- Connecteurs type N ;
- Prix abordable pour un composant de seconde main en bon état (ou *New Old Stock*), de l'ordre de 150,00 à 200,00 Euros ou moins cher, si possible, et pour la même qualité.

Le relais coaxial SP4T qui a été trouvé sur Ebay pour 148 USD : Radiall R573122405 :



Fig. 2 : Relais coaxial SP4T du constructeur Radiall. Photo : ON4IJ.

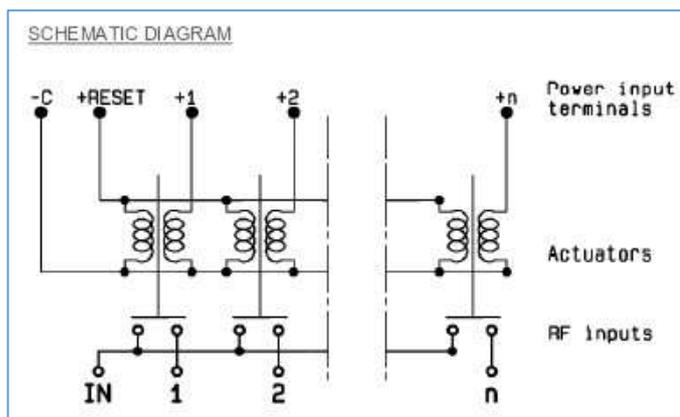


Fig. 3 : Schéma du pilotage du relais à cinq circuits de bobines de commande et à dispositif de verrouillage (*Latching*). Source : Radiall.

Caractéristiques du relais coaxial SP4T qui a été choisi

<u>RF CHARACTERISTICS</u>																							
Number of ways	: 4																						
Frequency range	: 0 - 12.4 GHz																						
Impedance	: 50 Ohms																						
<table border="1"><thead><tr><th>Frequency (GHz)</th><th>DC - 3</th><th>3 - 8</th><th>8 - 12.4</th></tr></thead><tbody><tr><td>VSWR max</td><td>1.20</td><td>1.35</td><td>1.50</td></tr><tr><td>Insertion loss max</td><td>0.20 dB</td><td>0.35 dB</td><td>0.50 dB</td></tr><tr><td>Isolation min</td><td>80 dB</td><td>70 dB</td><td>60 dB</td></tr><tr><td>Average power (*)</td><td>400 W</td><td>250 W</td><td>200 W</td></tr></tbody></table>				Frequency (GHz)	DC - 3	3 - 8	8 - 12.4	VSWR max	1.20	1.35	1.50	Insertion loss max	0.20 dB	0.35 dB	0.50 dB	Isolation min	80 dB	70 dB	60 dB	Average power (*)	400 W	250 W	200 W
Frequency (GHz)	DC - 3	3 - 8	8 - 12.4																				
VSWR max	1.20	1.35	1.50																				
Insertion loss max	0.20 dB	0.35 dB	0.50 dB																				
Isolation min	80 dB	70 dB	60 dB																				
Average power (*)	400 W	250 W	200 W																				
<u>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</u>																							
Actuator	: LATCHING																						
Nominal current **	: 320 mA / RESET : 1280 mA ****																						
Actuator voltage (Vcc)	: 12V (10.2 to 13V) / NEGATIVE COMMON																						
Terminals	: 25 pins D-SUB male connector																						
<u>MECHANICAL CHARACTERISTICS</u>																							
Connectors	: N female per MIL-C 39012																						
Life	: 2 million cycles per position																						
Switching Time***	: < 15 ms																						
Construction	: Splashproof																						
Weight	: < 460 g																						

Fig. 4 : Caractéristiques du relais coaxial SP4T Radiall. Source : Radiall.

Mesure du relais coaxial SP4T au VNA

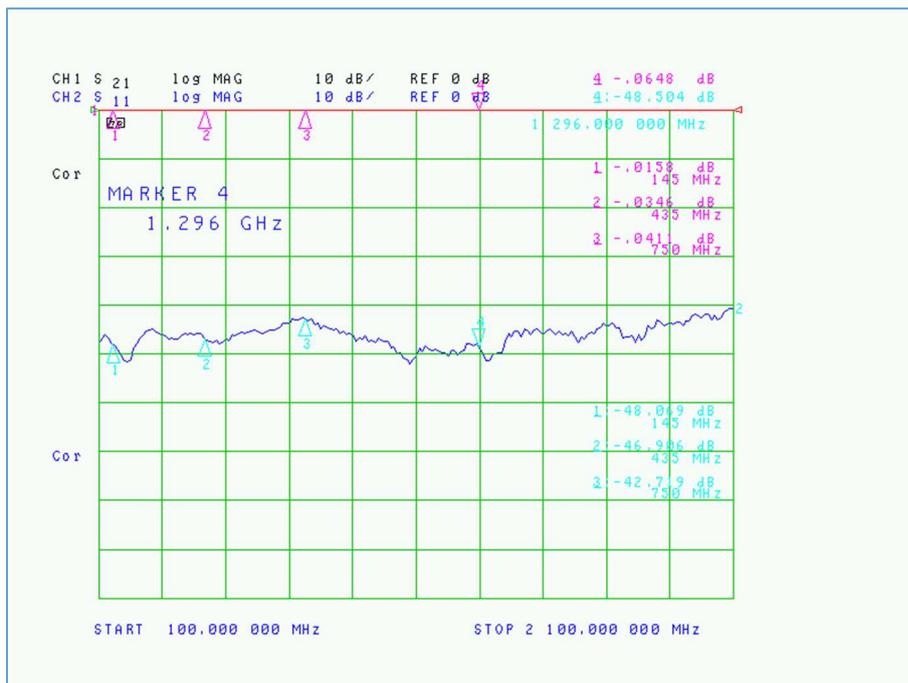


Fig. 5 : Insertion Loss S21 et Return Loss S11 du relais coax SP4T Radiall. Perte d'insertion meilleure que 0,1 dB et pertes de retour meilleures que 40 dB (SWR meilleur que 1,02:1) entre 100 MHz et 2,1 GHz. Cliché : ON4IJ.

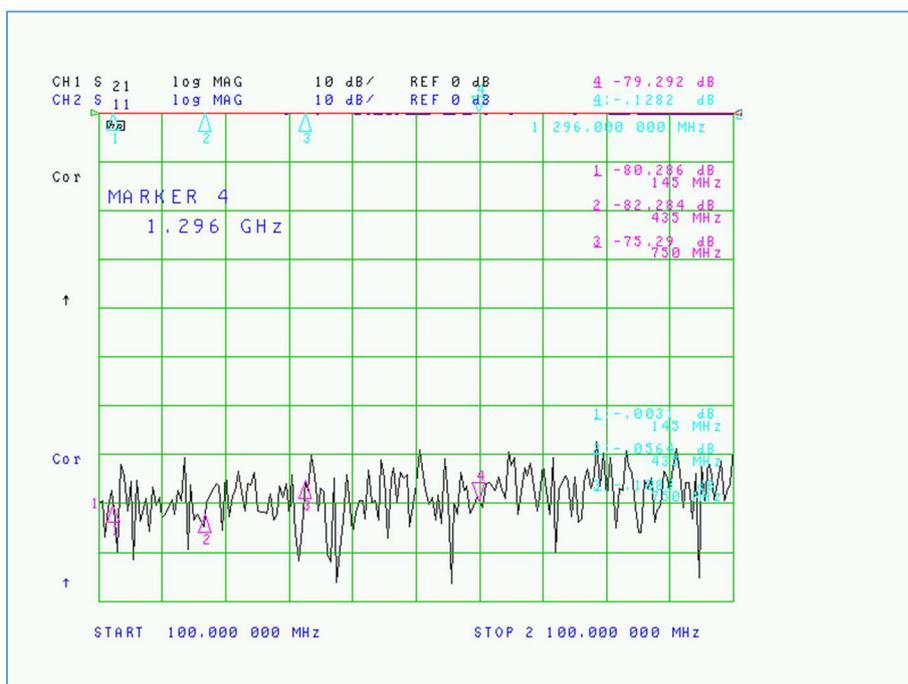


Fig. 6 : Isolation entre voies du relais coaxial SP4T Radiall : meilleure que 75 dB entre 100 MHz et 2,1 GHz. Cliché : ON4IJ.

Choix d'un dispositif de pilotage du relais SP4T

Après moultes réflexions et nombreux schémas de principes tracés sur papier, la solution la plus simple et la plus versatile qui a été adoptée est de recourir à un module logique (micro-automate) Siemens « Logo! 8 ». L'unité logique est alimentée directement en 12 V (13,8 V), ce qui ne nécessite donc pas de module d'alimentation 230 Vac. L'unité logique dispose de 8 entrées numériques et de 4 sorties numériques à contacts libres de potentiel. Deux modules de sorties numériques à 4 contacts de relais ont été rajoutés pour obtenir le nombre de sorties requises : 5 sorties de commandes pour les bobines du relais coax SP4T et 4 sorties indépendantes pour la signalisation.

L'intégration de l'ensemble des modules du micro-automate dans un boîtier est facilitée par un montage sur rail DIN symétrique industriel. Tous les raccordements des I/O (Input/Output) et des alimentations des modules s'effectuent facilement par des bornes cages à vis.

Le dialogue entre l'unité logique et un PC pour programmer le logigramme s'effectue par l'intermédiaire d'un port de réseau ethernet local avec connecteur RJ45 ; il n'y a pas besoin de câble spécial entre l'unité logique et le PC : un simple câble UTP (*Unshielded Twisted Pair*) ou FTP (*Foiled Twisted-Pair*) convient très bien. Le logiciel de programmation n'est pas gratuit mais reste d'un prix abordable (de l'ordre de 50,00 Euros). Ce logiciel a une interface graphique pour programmer directement en schéma de principe avec des portes logiques ou bien sous forme d'échelle de contacts (*Ladder Diagram*) comme dans les automates programmables. Ici, nous avons choisi l'interface en schéma de principe avec les portes logiques. Cette forme est très intuitive et ne nécessite aucune formation particulière en programmation d'automates.



Fig. 7 : Unité logique (micro-automate) Siemens du type Logo!. Source : Siemens, folder de présentation Logo! V8.

Nous recommandons vivement la série des vidéos Youtube en français pour le premier tutoriel d'initiation du micro-automate Logo! Siemens. En moins de 20 minutes, vous avez fait le tour de la question et vous en saurez assez pour gérer le tout en pratique. Voir « Siemens Logo! Part 1 : Initiation – Découvrir comment câbler et programmer (Soft Comfort) » par [Hervé Discours](#).



Fig. 8 : Tutoriel sur l'initiation à l'unité logique Logo! Siemens en vidéo sur Youtube. Source : [Hervé Discours](#).

Configuration de l'unité logique Siemens Logo!



Fig. 9 : Configuration de l'unité logique Siemens en version 12 Vdc avec deux modules d'extensions de sorties numériques à relais avec contacts libres de potentiel. Photo : ON4IJ.

Pour constituer l'ensemble de l'unité logique, il vous faut :

- 1 x Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052 – 1MD08 – 0BA1 : module logique avec écran, tension d'alimentation 12/24 Vdc / Relais avec 8 entrées numériques, 4 sorties numériques ;
- 2 x Siemens LOGO! 8 DM8 12/24R – 6ED1055 – 1MB00 – 0BA2 : modules d'extensions DM8 12R, tension d'alimentation des entrées 12/24 Vdc, sorties relais, 4 entrées numériques, 4 sorties numériques ;
- 1 x Siemens LOGO! Soft Comfort V8 – 6ED1058 – 0BA08 – 0YA1 : Logo! Soft Comfort V8, licence pour Windows 32/64 bits, Mac OSX, Linux.

Construction du boîtier de commande d'antennes

L'ensemble est monté dans un coffret étanche avec un rail DIN symétrique industriel. Sur un des flancs du coffret, on place un connecteur d'alimentation pour l'entrée de l'alimentation 13,8 V, un connecteur pour le raccordement du relais SP4T, un connecteur pour le raccordement du relais SPDT et un connecteur pour le raccordement d'un petit boîtier auxiliaire qui va servir d'interface utilisateur pour tout le système. Sur le couvercle, on place un interrupteur « Marche / Arrêt » avec un témoin LED de présence tension et quatre boutons-poussoirs à témoins LED pour la sélection d'une voie parmi quatre au relais coax SP4T.



Fig. 10 : Boîtier de commande pour les relais coax d'antennes avec l'unité logique Siemens Logo!.
Vue de la face supérieure avec organes de commande. Photo : ON4IJ.



Fig. 11 : Boitier de commande pour les relais coax d'antennes avec l'unité logique Siemens Logo!. Vue du flanc du boitier avec les connecteurs de raccordement. Photo : ON4IJ.

Comme ce boitier est relativement encombrant sur la table du *Schack*, nous avons réalisé ensuite un autre boitier de commande et de petite taille qui sert d'interface utilisateur et qui encombre moins la table du *Schack*. Le gros coffret contenant l'unité logique peut être ainsi placé à distance sur une étagère du *Schack*. Les quatre boutons poussoirs du gros boitier ne sont donc plus obligatoires, toutefois ceux-ci ont été conservés.



Fig. 12 : Boitier interface utilisateur, vue du dessus. Photo : ON4IJ.



Fig. 13 : Boitier interface utilisateur, vue arrière. Photo : ON4IJ.

Les témoins indiquant la position du secteur sélectionné parmi quatre sont de forme annulaire et sont inclus dans les boutons poussoirs. Chaque bouton-poussoir a donc quatre bornes : deux pour le contact et deux autres pour le témoin LED.

Platine pour le relais coax à deux voies SPDT

Afin de commuter la station sur l'un ou l'autre dispositif d'antennes, c'est-à-dire d'une part une antenne Yagi à haut gain montée sur un rotor d'antenne et d'autre part les quatre antennes Yagi fixes et disposées en quatre secteurs, il est plus facile d'utiliser un relais coaxial à deux voies SPDT qui est piloté par un simple interrupteur inverseur (*Toggle switch*). Ainsi, à la place d'avoir un commutateur coaxial manuel avec des gros câbles coax qui encombrant la table du *Shack*, on peut regrouper l'interrupteur de commande du relais coaxial à deux voies avec les quatre boutons poussoirs qui pilotent le relais coax SP4T. La platine avec le relais coax à deux voies peut ainsi être rangée sur une étagère du *Shack*. Nous avons placé sur cette platine deux témoins LED qui indiquent la position du relais coaxial à deux voies en regard des deux connecteurs type N des sorties.

En cas de disparition de l'alimentation, le relais coax à deux voies est en position de repos (position à rappel par ressort) et aiguille la sortie par défaut vers l'antenne Yagi à haut gain. Ainsi, n'importe quel type de relais coax à deux voies SPDT avec pilotage par un simple solénoïde et rappel des contacts par ressort peut parfaitement convenir.



Fig. 14 : Platine avec relais coax à deux voies SPDT, vue de face. Photo : ON4IJ.



Fig. 15 : Platine avec relais coax à deux voies SPDT, vue de côté. Photo : ON4IJ.

Schéma-bloc de l'installation

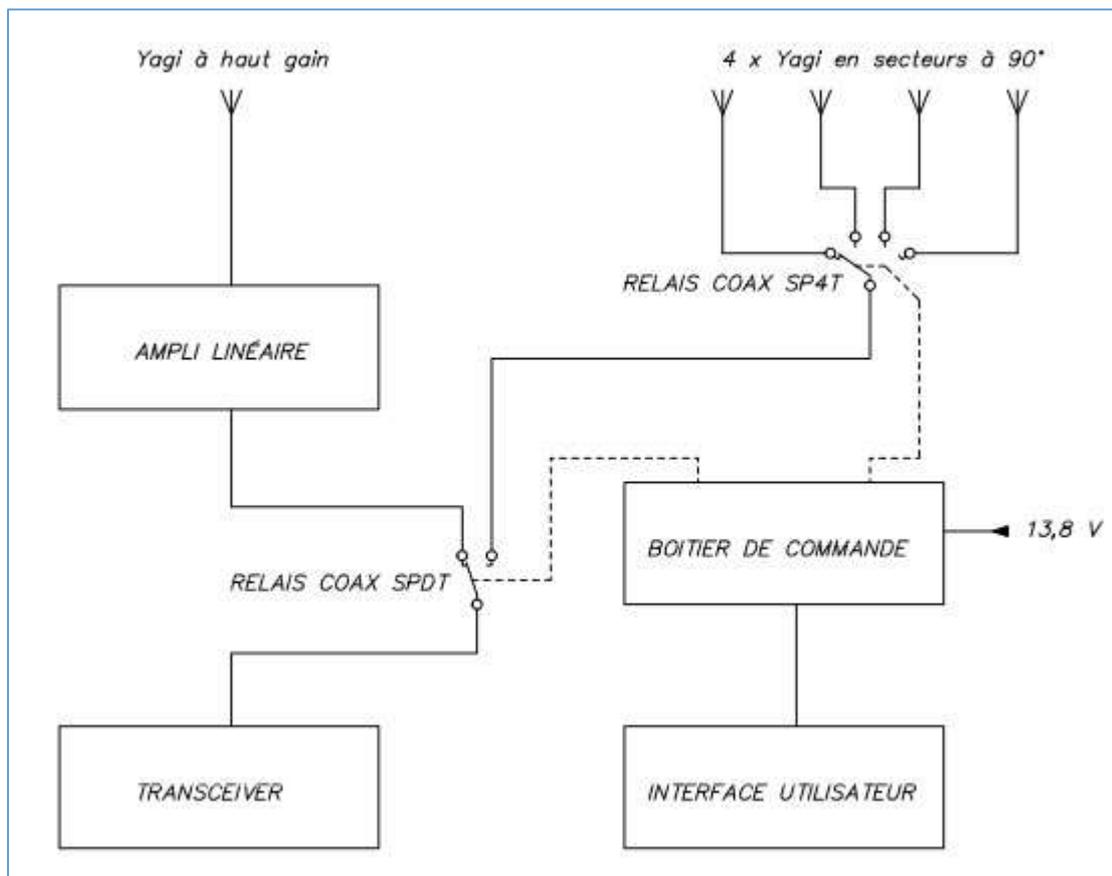


Fig. 16 : Schéma-bloc de l'installation de commutation d'antennes avec d'une part un relais coaxial à deux voies SPDT et d'autre part un relais coaxial SP4T.

La station peut être équipée d'un amplificateur linéaire de puissance. Dans ce cas, le linéaire est raccordé en aval du relais coaxial à deux voies. Cela permet d'utiliser des relais coax de puissance moyenne à modérée. Dans le cas où le transceiver est en émission, la grosse puissance est dirigée directement vers l'antenne Yagi à haut gain. Dans le cas où le relais coaxial à deux voies SPDT est en position vers le système des autres antennes Yagi fixes et montées en secteurs, alors une de ces quatre Yagi envoie une moyenne puissance lorsque le transceiver est en émission. Cela n'a donc aucune conséquence pour le transceiver lorsque celui-ci est en émission. Rappelons que les quatre antennes Yagi sont destinées prioritairement à faire de l'écoute en secteur par secteur.

Câblage du boîtier de commande, de l'interface utilisateur et de la platine à relais coax

Le câblage n'a rien de particulier : il s'agit tout simplement de raccorder les boutons-poussoirs aux entrées de l'unité logique. Comme les boutons-poussoirs du gros boîtier ont été conservés aux entrées 1 à 4 et que quatre boutons-poussoirs ont été rajoutés sur le boîtier d'interface utilisateur, nous en avons profité pour câbler ces derniers sur les entrées disponibles 5 à 8. Dans le programme, les boutons-poussoirs du gros boîtier et ceux du boîtier utilisateur sont regroupés par paires Nord avec Nord, Sud avec Sud, etc. et sont inter-verrouillés chaque fois avec une porte logique « XOR ».

Il y a cinq sorties qui pilotent les cinq circuits des bobines du relais SP4T : une pour la remise à zéro des contacts et les quatre autres respectivement pour l'activation d'un contact parmi les quatre contacts. Enfin, il y a quatre sorties qui pilotent les deux fois quatre témoins LED. Toutes les sorties sont câblées sur des contacts libres de potentiel.

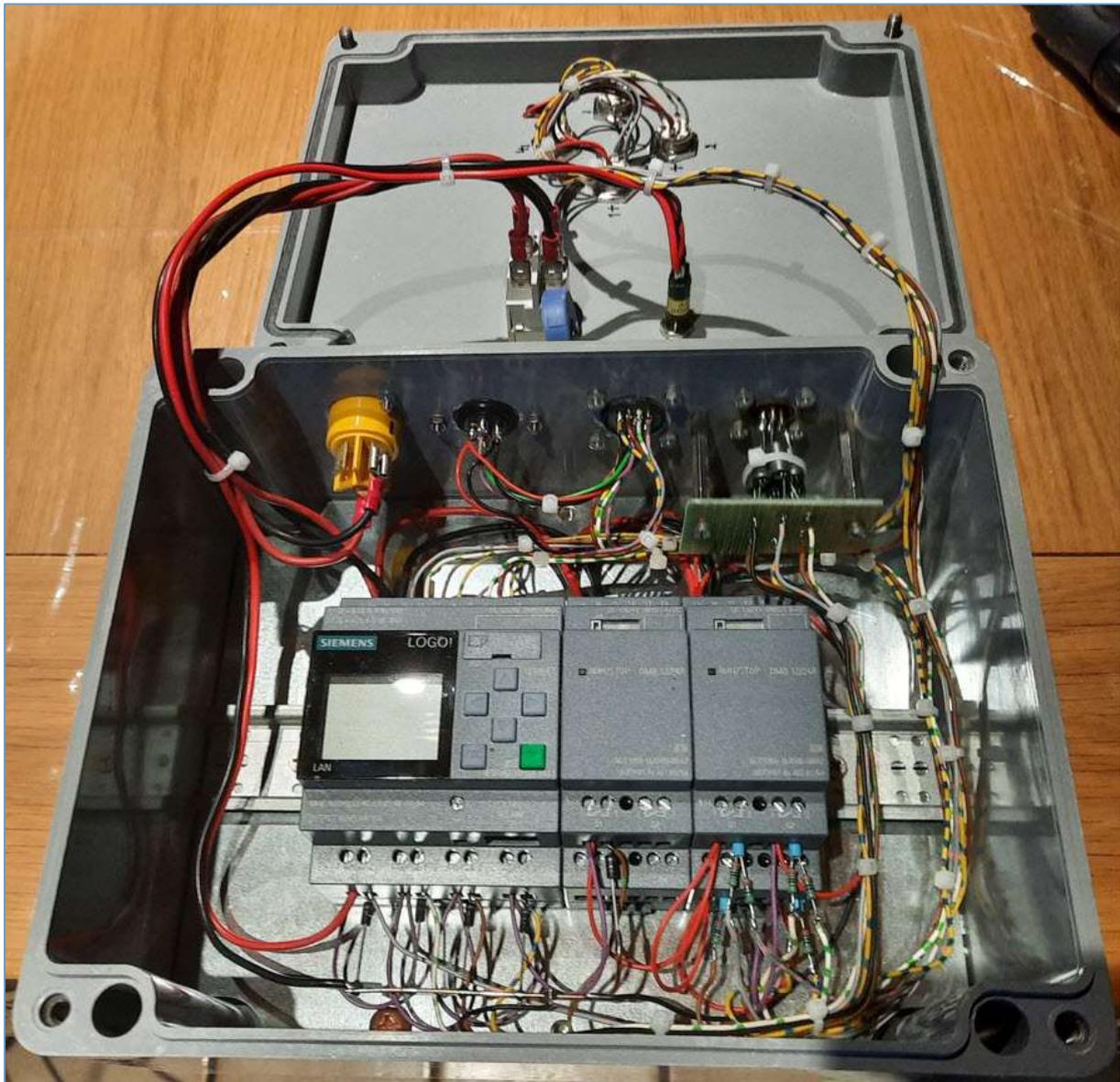


Fig. 17 : Câblage du boîtier de commande avec l'unité logique. Photo : ON4IJ.



Fig. 18 : Câblage du boîtier interface utilisateur. Photo : ON4IJ.

La platine du relais coax à deux voies SPDT est câblée en direct sur le *Toggle-Switch* de sélection des deux dispositifs d'antennes. Les deux témoins de la platine de ce relais coax sont aussi câblés en direct sans passer par l'unité logique.

Le câblage des I/O est réalisé en fins fils souples PVC colorisés aux normes DIN 47100 que l'on peut trouver facilement dans une coupe de câble LiYY 32 x 0,25 (24 AWG). Le câble entre l'interface utilisateur et le boîtier de commande est du type 12 x 0,25 et celui entre le boîtier de commande et le relais coax SP4T est du type 6 x 0,25. Le câble entre le boîtier de commande et la platine à relais est à quatre conducteurs.

Tous les connecteurs ont été choisis en type circulaire multi-contacts. Cela permet d'avoir des connexions fiables entre les différents éléments du système de commande d'antennes. Seul, le connecteur de commande situé sur le relais coaxial Radiall SP4T est du type DB25. Les connecteurs ayant des fonctions dédiées sont tous de modèles différents et appropriés afin d'éviter des erreurs de raccordements sur site.



Fig. 19 : Câbles de raccordement du boîtier d'interface utilisateur et de la platine du relais à deux voies SPDT. Photo : ON4IJ.



Fig. 20 : Vue d'ensemble du système de commutation d'antennes au complet avec le boîtier de commande, le boîtier d'interface utilisateur, le relais coax SP4T et la platine avec le relais coax à deux voies SPDT. Photo : ON4IJ.

Programme de l'unité logique

La programmation de l'unité logique (micro-automate) Siemens Logo! est relativement intuitive lorsque celle-ci est établie à partir de l'interface graphique sous forme de schéma de principe avec des portes logiques. Il suffit de connaître les tables de vérités des portes logiques AND, OR, NOT, XOR, des bascules SET-RESET, et de connaître le comportement des temporisations à l'enclenchement et au déclenchement. Il faut ensuite connaître les règles classiques des verrouillages électriques pour empêcher les commandes antagonistes. Par exemple, lorsqu'un moteur a deux sens de marche, on établit un verrouillage électrique entre la commande d'un sens de marche par rapport à l'autre sens de marche ; en effet, le moteur ne peut pas être piloté dans les deux sens de marche en même temps. Cela peut arriver accidentellement si un bouton poussoir reste coincé et que l'on appuie sur l'autre bouton par mégarde.

Ici le verrouillage électrique consiste à interdire le pilotage des trois autres voies parmi quatre lorsqu'une voie du relais SP4T est sélectionnée. Par exemple, si l'on choisit le secteur Nord, on doit interdire la commande simultanée des secteurs Sud, Est et Ouest. En outre, chaque action sur un bouton poussoir de sélection de secteur, quel qu'il soit, doit avoir pour effet de commencer par envoyer une impulsion de remise à zéro des quatre contacts du relais coax SP4T avant d'envoyer l'impulsion d'activation du contact sélectionné. On imagine bien que cela deviendrait relativement ardu à réaliser en logique câblée et qu'une réalisation en logique programmée prend donc tout son sens.

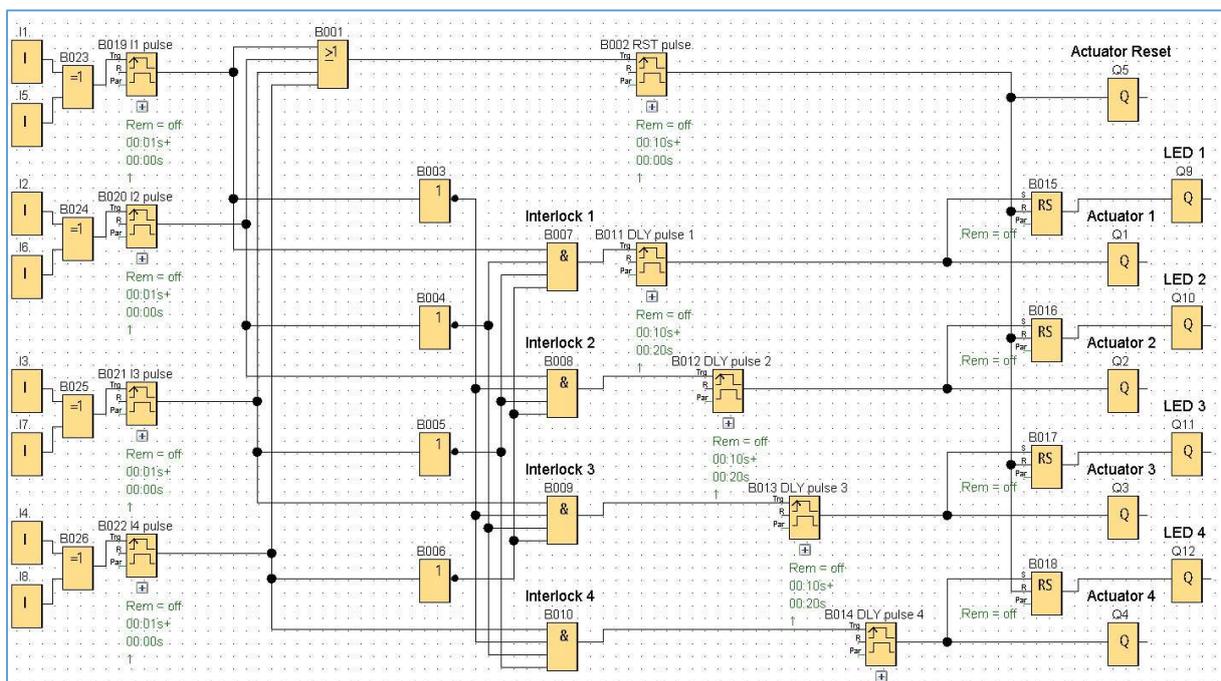


Fig. 21 : Schéma de principe à portes logiques, bascules et blocs de temporisation pour la programmation de l'unité logique. Cliché : ON4IJ.

Ici, le schéma est très basique et il y a certainement moyen d'y apporter certains raffinements. C'est juste l'idée de base qui compte et qui est développée dans ce schéma de programmation illustré ci-dessus.

Banc de test

Un câblage en fils volant a été grossièrement réalisé pour permettre la mise au point de la programmation de l'unité logique et de tester le fonctionnement de tout l'ensemble. Toutefois, la mise au point de la programmation a été soumise au préalable à une simulation sur ordinateur et directement sur le schéma de principe du programme en cours d'élaboration.

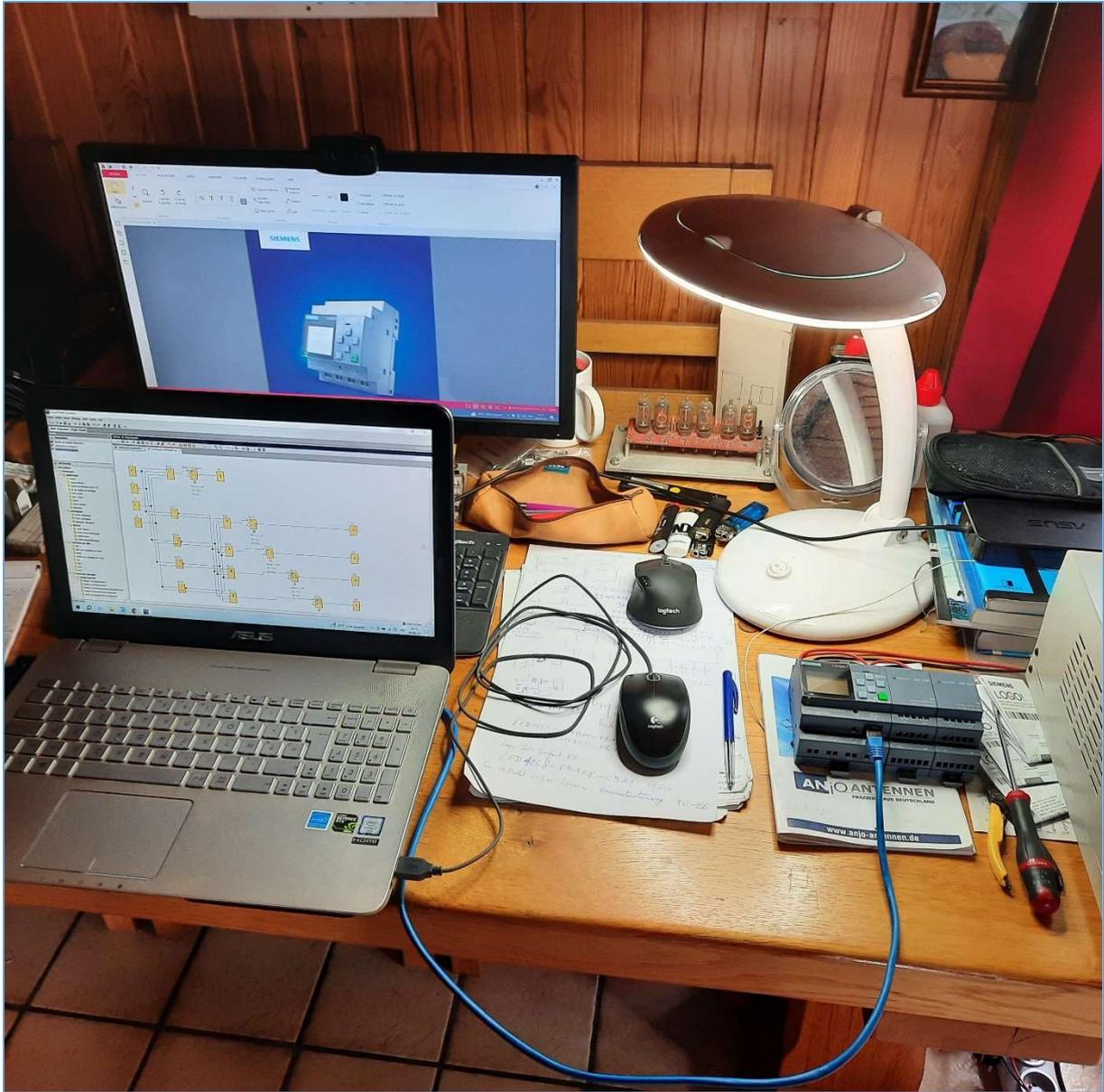


Fig. 22 : Configuration de l'unité logique avec modules additionnels, élaboration du programme de l'unité logique et simulation du programme. Photo : ON4IJ.



Fig. 23 : Banc de test ayant servi lors de l'élaboration du programme de l'unité logique. Photo : ON4IJ.

Conclusions

Ce projet a permis de réaliser facilement une commande de commutation d'antennes qui exige un pilotage relativement complexe d'un relais SP4T à dispositif de remise à zéro et de verrouillage des contacts.

La réalisation pratique qui est présentée ici ne fait que mentionner quelques idées pour aider à concevoir d'autres projets futurs ou d'autres projets personnalisés.

Enfin, le projet nous a permis d'apprendre en peu de temps la mise en œuvre et la programmation d'une unité logique (micro-automate).