

## Le 2,4 GHz

Nous sommes heureux de vous présenter le 2,4 GHz "THOBOIS", lequel, nous l'espérons, ne vous fera pas regretter de nous avoir suivi dans l'aventure SUPERTEF. Le challenge était d'ailleurs trop exaltant pour ne pas nous tenter !

Nous allons aujourd'hui simplement vous présenter les grandes lignes du système retenu, la description complète étant remise à un peu plus tard. Disons tout de suite que nous avons, comme d'autres, utilisé les modules XBEE de MAXSTREAM qui présentent pas mal d'avantages, ne serait-ce que leur implantation très facile puisqu'ils sont munis de connecteurs 2 mm très courants.

D'entrée de jeu, nous avons voulu vous offrir un système performant incluant **une télémétrie à 4 voies descendantes**. Contrairement à ce que font tous ceux qui désirent ajouter le 2,4 GHz à un émetteur existant, nous n'avons pas utilisé la trame PPM pour commander le module d'émission, mais nous avons inclus dans le soft du codeur la génération directe des trames binaires au format RS232 que réclament les modules XBEE. Nous avons développé un procédé qui permet une vérification rigoureuse des signaux reçus par le récepteur, avec identification de la donnée correspondant à une voie parmi 8, avec de surcroît la vérification du code PPCM choisi dans l'émetteur. Il s'ensuit une certitude de validité des signaux décodés assortie à un fail-safe à 3 options, comme nous avons l'habitude de le faire dans nos précédents récepteurs. Le procédé retenu permet par ailleurs d'augmenter dans le futur le nombre de voies transmises et même de passer de 258 bits des trames actuelles à 1024 bits si cela nous tentait.

**En fait, nous obtenons ainsi un système qui a la qualité du PCM (numérique à 100% des manches aux servos) mais en l'obtenant d'une manière bien plus simple.**

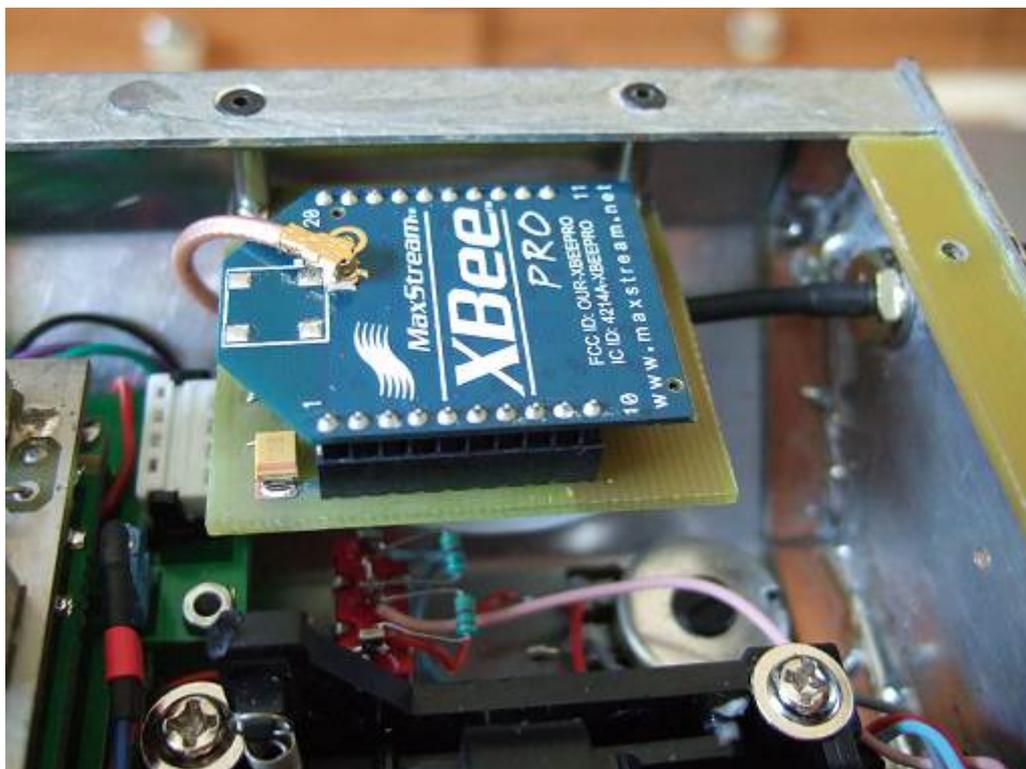


**Voilà donc le STF05 à la mode 2.4 GHz**

L'antenne est fixée sur le haut du flanc gauche qui a le mérite d'être quasiment libre.

Évidemment le STF05 continue à exploiter les bandes 35, 41 ou/et 72 MHz. Il conserve donc son antenne télescopique.

Lorsque vous choisissez le type de récepteur, en sortant de CEL de la cellule de base, si vous optez pour "RXBEE", alors le STF05 est configuré pour le 2,4 GHz, affiché dans l'écran de service, platines HF11 inactives et génération des trames binaires par le codeur. Si vous choisissez un autre type de récepteur vous retrouvez votre STF05, comme il l'était avant ! Le module XBEE est inactif et les trames binaires supprimées.

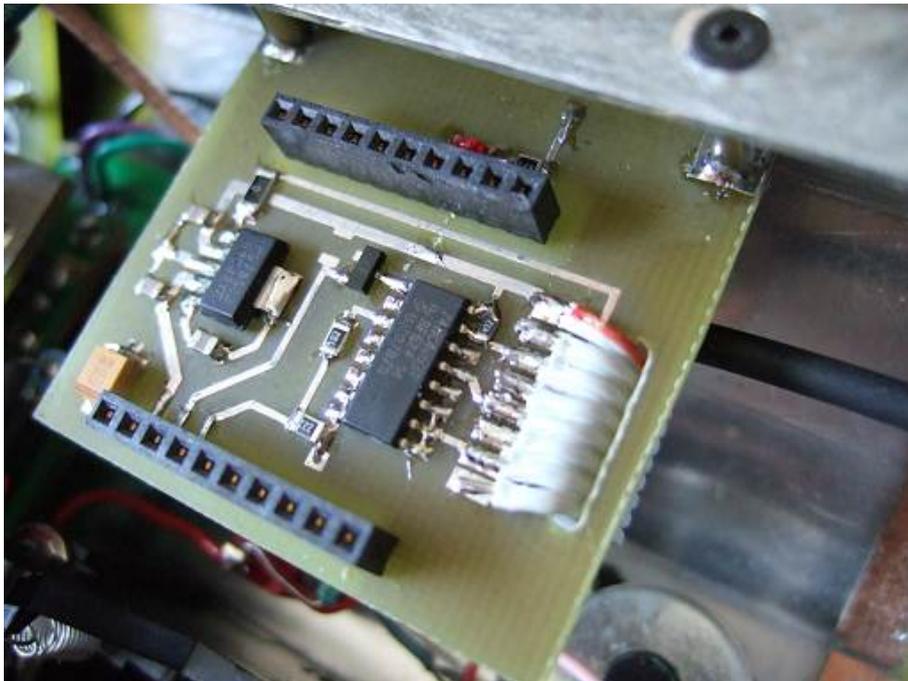


### **Un coup d'oeil à l'intérieur !**

Le module XBEE est embroché sur une petite platine fixée au rabat de boîtier à l'aide de deux entretoises de 12 mm et vis de 2 mm à têtes fraisées. Le petit coaxial branché sur le XBEE par un connecteur U-FL passe sous le module et son embase SMA est bloquée sur le flanc du STF05. Le module est relié à la platine principale par un câble plat 8 fils avec son connecteur PICOFLEX (qui doit vous rester du montage du STF05 !) Il se branche sur le socle ad-hoc que nous avons initialement prévu pour un scanner. Vous devez le voir à la gauche de la platine ajoutée.

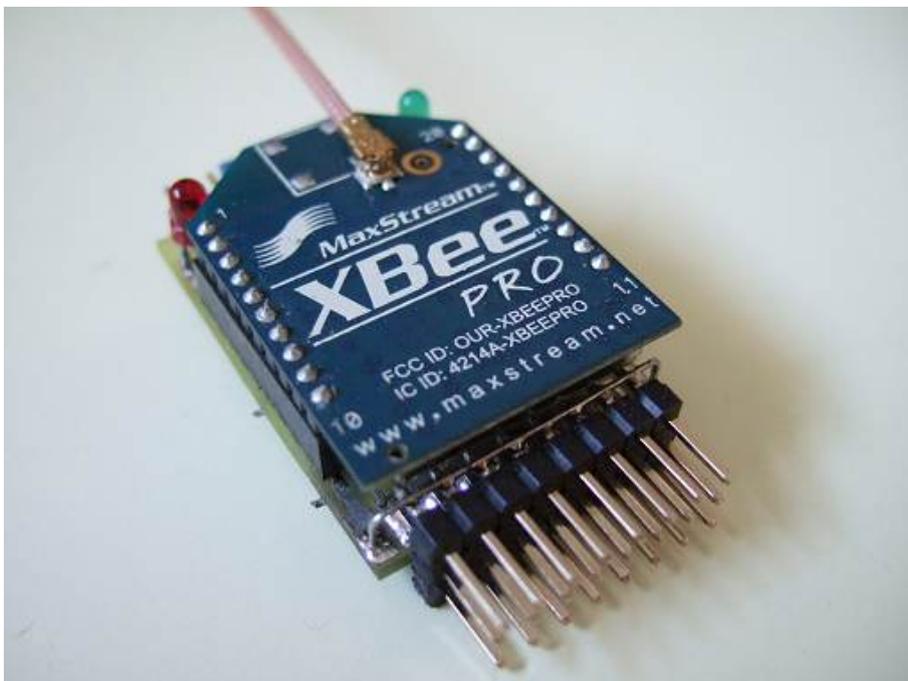
C'est ultra propre et sans difficulté.

Une petite adaptation du circuit imprimé n° 1 est nécessaire car il faut amener sur le socle PICOFLEX, les lignes Tx et Rx du SCI.



**Vue de la platine de base du XBEE**

On y voit les connecteurs femelles 2 mm du XBEE. A gauche le régulateur 3,3 V du XBEE, avec broche de coupure de cette tension. A droite, un 4053. Ce commutateur analogique permet d'activer ou d'interrompre les liaisons du XBEE avec les lignes Rx et Tx. Entre les deux, les éléments permettant l'adaptation entre les niveaux 3,3 V du XBEE et de 5V du codeur. La ligne Tx transmet au XBEE les données binaires des voies quand ce module émet. La ligne Rx récupère les signaux de la télémétrie quand le XBEE reçoit. Ces signaux sont disponibles sur le connecteur DIN du STF05



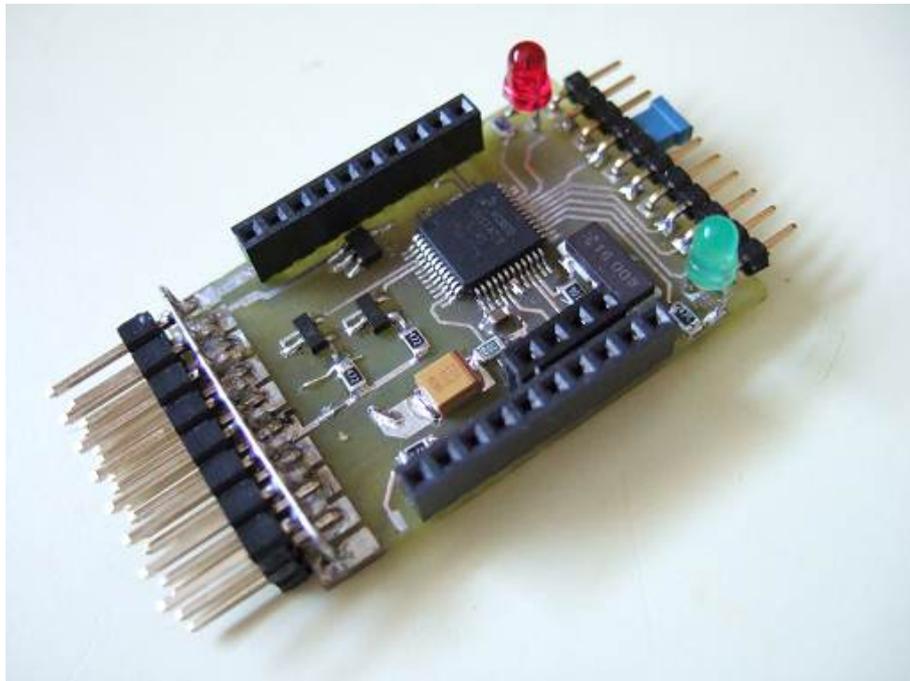
**Voici maintenant le récepteur associé.**

Remarquer qu'il a les dimensions minimum possibles avec l'usage du XBEE :

Soit 25 x 35 mm, connecteurs exclus.

Nous avons décliné ce Rx en 8 voies car nous pensons que cela couvre la majorité des besoins.

Le récepteur peut être alimenté en 4 ou 5 éléments.



**Le module XBEE débroché, vous pouvez voir le décodeur.**

Nous avons utilisé, comme pour le RX24, un 9S12C32 très performant.

En bas, les connecteurs de servos solidement soudés à plat sur le circuit imprimé (le - est en haut).

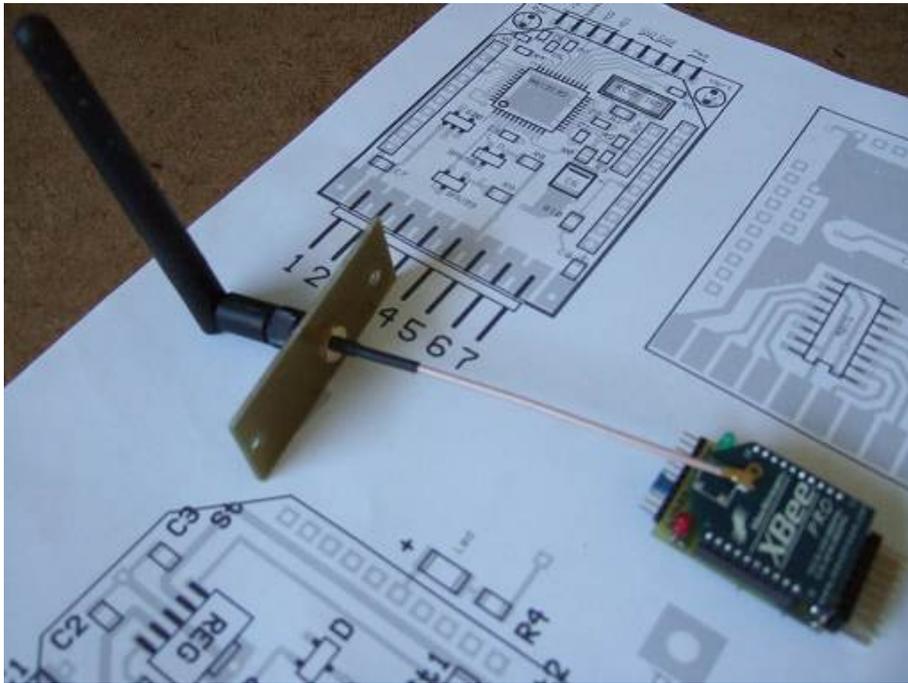
En haut, une rangée de picots 2 mm sur lesquels on placera les cavaliers des modes de fail-safe, avec branchement occasionnel du poussoir de validation des positions de servos.

Le système utilise 4 convertisseurs analogiques du  $\mu$ C pour mesurer 4 tensions dont les valeurs seront transmises en retour par la télémétrie. Deux de ces voies sont précablées ; mesure de la tension batterie du Rx et mesure du niveau de réception (RSSI). Les deux autres voies sont disponibles sur les picots 2 mm et seront à connecter à des capteurs au choix (altimètre, variomètre, vitesse de rotation du moteur ...). Ces capteurs restent à développer, de même que l'interface de réception au sol.

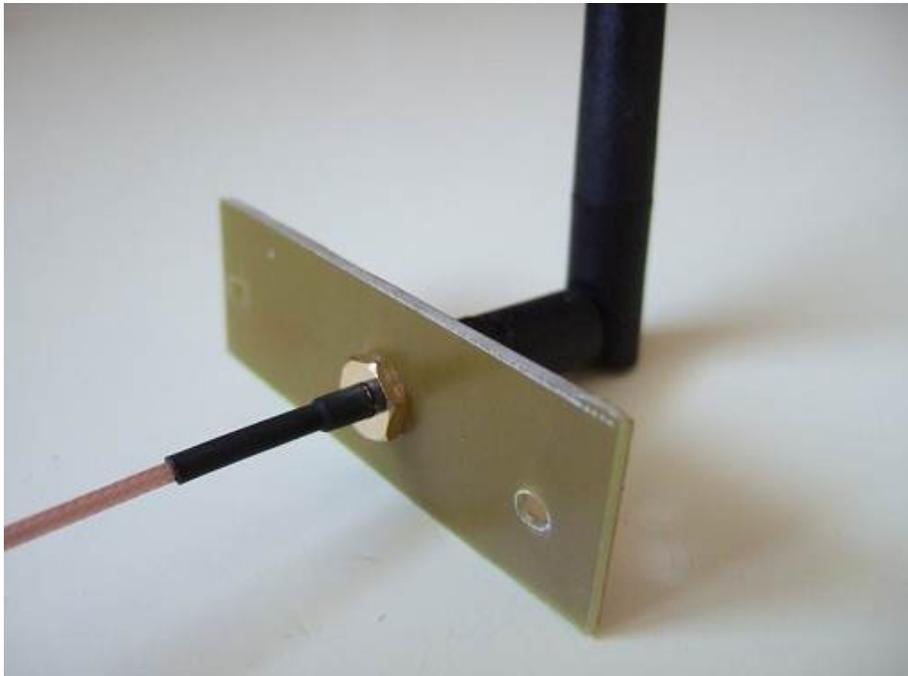
***Si vous avez des idées sur ces questions, veuillez nous en faire part.***

**Reste l'installation du module de réception à bord du modèle.** Ce n'est pas si simple, à cause de l'antenne 2,4 GHz et de son coaxial. Nous vous donnons ci-dessous

un exemple de montage, utilisé pour nos premiers essais dans notre fidèle "BARON" de service.



Ci-dessus le RXBEE avec son coaxial et son antenne dans la situation de l'installation.

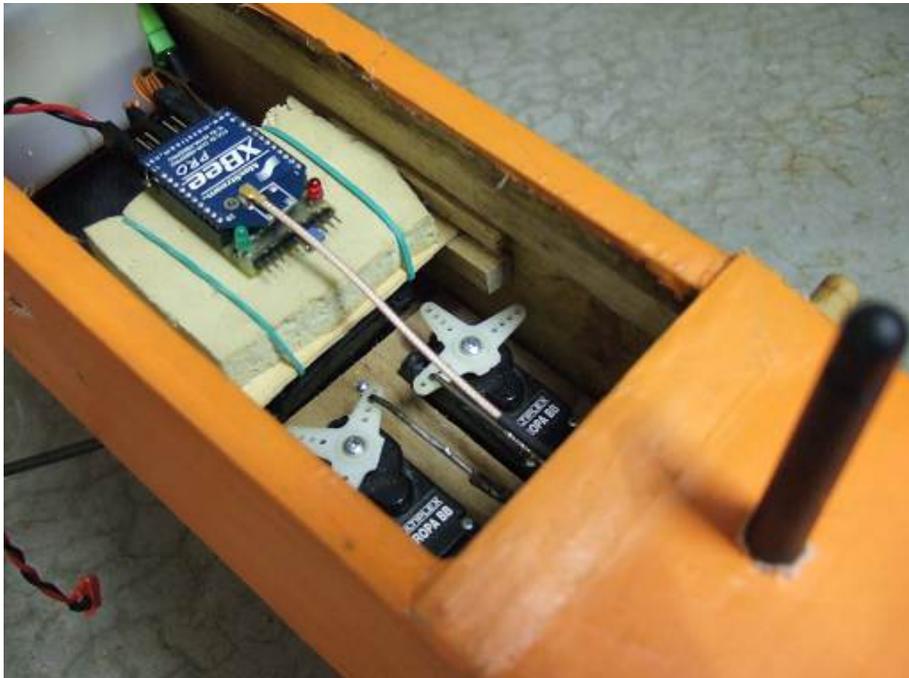


Ici, détail de la platine support ; un simple morceau d'époxy simple face.



**Et voilà ce que cela donne dans le BARON.**

La platine support d'antenne est solidement fixée sur un couple et l'antenne à 90° sort du fuselage derrière l'aile. Le récepteur est posé sur une plateforme CTP sur glissières collées sur les flancs du fuselage. Sous le Rx, une épaisseur de 10 mm de caoutchouc mousse.



Au final, un autre caoutchouc mousse identique est posé sur le Rx, le tout maintenu par des bracelets élastiques. La solution a l'avantage de laisser le coaxial droit, de donner un parfait accès aux connecteurs, tant hauts que bas et d'amortir parfaitement les vibrations. Je pense qu'il faudra vous inspirer de cette solution pour le montage dans d'autres modèles. En tout cas, pour nos essais en vol, elle nous a donné parfaite satisfaction.

**CONCLUSION** : Nous vous avons présenté "notre 2,4 GHz " en espérant qu'il retiendra votre attention. Si nous avons des demandes, nous ferons réaliser les circuits imprimés nécessaires.

Nous vous proposerons sans doute, comme pour le RX24, la fourniture du Circuit imprimé Rx avec  $\mu$ C soudé et programmé. Nous pourrions aussi .... Peut-être... vous fournir les modules XBEE .... Si problèmes !

Traduit de la page : [http://home.nordnet.fr/ftthobois/le\\_24\\_ghz.htm](http://home.nordnet.fr/ftthobois/le_24_ghz.htm)

## DESCRIPTION DETAILLÉE

### ***LE 2,4 GHz et les modules XBEE***

La nouvelle bande 2,4 GHz nous offre une opportunité de renouveau en RC et il aurait été dommage de s'en priver. D'ailleurs compte tenu du prix peu élevé des modules XBEE et de leur technologie évoluée, réaliser un ensemble RC est bien plus facile et plus économique en 2,4 GHz que dans les bandes habituelles, 35, 41 ou 72 MHz, tout en donnant des performances accrues. Le lien suivant vous donnera une idée assez précise du fonctionnement des systèmes 2,4 GHz dans le mode " à étalement de spectre" qui est, entre autres, celui des modules XBEE

<http://laic.u-clermont1.fr/~kauffmann/Modelisme/spread-spectrum.htm>

***(Voir annexe I)***

Les modules XBEE que nous allons utiliser ne sont pas des composants simples. Il faut étudier sérieusement la documentation pour les maîtriser. Bien que cette connaissance ne vous soit pas nécessaire pour réaliser les montages de cette page, nous vous conseillons si vous lisez l'anglais de télécharger le manuel d'emploi, en utilisant le lien suivant et de les étudier un peu :

[http://ftp1.digi.com/support/documentation/manual\\_xb\\_oem-rf-modules\\_802.15.4\\_v1.xAx.pdf](http://ftp1.digi.com/support/documentation/manual_xb_oem-rf-modules_802.15.4_v1.xAx.pdf)

Ci-dessous un lien sur une présentation simple mais claire des modules XBEE-PRO. Et elle est en français !!

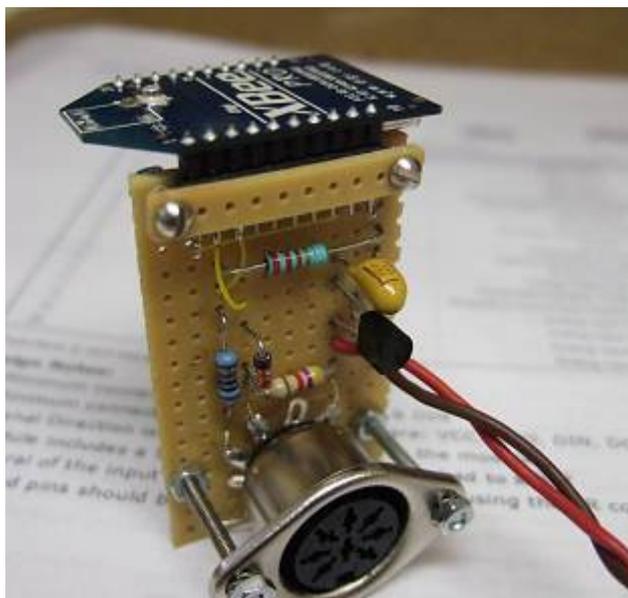
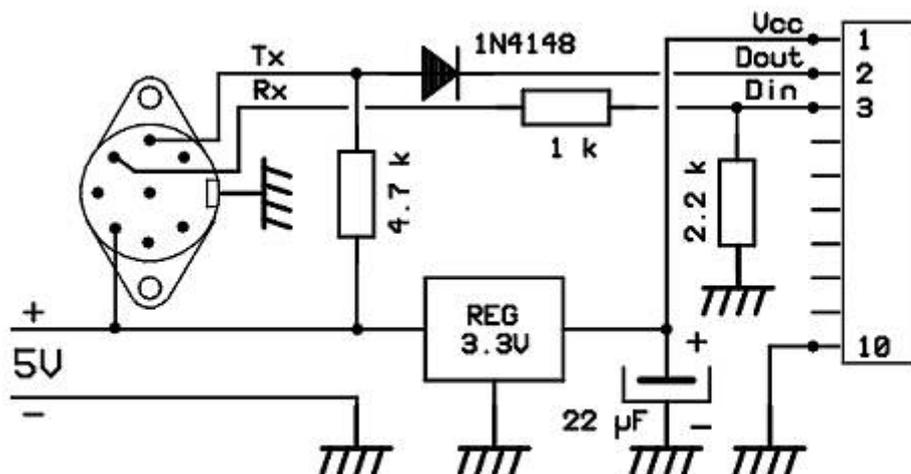
<http://daniel.menesplier.free.fr/Doc/MODULE%20%20XBEE.pdf>

Vous constaterez dans la doc complète que les XBEE possèdent environ 70 paramètres programmables permettant de les adapter à l'usage désiré. Heureusement la plupart de ces paramètres sont à laisser à leur valeur de défaut (valeurs fabricant), mais quelques autres sont à modifier. Pour ce faire on peut utiliser le  $\mu$ C de l'application, mais en fait, il est beaucoup plus simple de "préparer" les XBEE avant de les utiliser. Cette approche nous paraît aussi nettement plus pédagogique.

MAXSTREAM a pour cela développé un logiciel " X-CTU" que le lien suivant permet de télécharger pour l'installer sur votre PC.

<http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?kb=125>

Une petite platine que nous décrivons ci-dessous permet alors de relier le XBEE au PC et de faire la programmation des paramètres à modifier. Nous partons du principe que vous avez un STF05 et un cordon RS232 qui permet de le relier au PC. Ce cordon a un connecteur DIN côté STF05. C'est ce connecteur que vous utiliserez pour la platine en question.



Le schéma est très simple. Il consiste à relier la ligne "Rx" du DIN qui reçoit les données du PC, à l'entrée "Din" (picot 3) du XBEE et par ailleurs la ligne "Tx" qui envoie vers le PC, à la sortie "Dout" (picot 2) du XBEE.

Toutefois, un problème que nous retrouverons plus loin, existe :

***L'alimentation en 5V du MAX232 du cordon et celle de 3,3 V du XBEE.***

Pour les données venant du PC, un simple pont diviseur réduit à 3,3V environ l'amplitude des signaux. Les données sortant du XBEE sont à 3,3 V. Nous relevons de 0,6 V les amplitudes à l'aide de la diode et de la 4,7 k $\Omega$  tirée à 5V. Cet interface a été

monté sur de la plaque à bandes du commerce. Le support DIN est monté sur tiges filetées de 2mm, la barrette 2mm à 10 points est posée à plat en bord de plaque. Elle est fixée avec un peu de cyanolycrate et une barre de serrage découpée dans la plaque à bandes. Le régulateur peut être un MCP1700-3302E/TO (F : 129-6588)

**Attention au brochage. Voir la data-sheet :**

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21826b.pdf>

Le XBEE-PRO est embroché comme le montre la photo.

**Attention de le mettre dans le bon sens.**

## ESSAIS :

Le connecteur DIN du cordon, dûment relié au port COMx actif, est embroché sur l'interface. Lancer X-CTU, l'onglet "**PC settings**" activé. Vérifier que le n° du port COM est correct. Laisser la vitesse à 9600 bauds ainsi que les autres paramètres. La platine est alimentée sous une tension de 5V (Ce peut être une batterie RC de 4 éléments).

Cliquer sur "**Test/Query**" et vérifier que le PC communique bien avec le XBEE. Il s'affiche : "**Communication with modem OK**". En cas de problème : "**Unable to communicate with modem**" Dans ce cas, vérifier soigneusement l'interface !

Si tout va bien, passer à l'onglet "**Terminal**" et cliquer sur "**View Hex**" de façon à voir les caractères ASCII et leur valeur hexadécimale. Il faut savoir que toutes les commandes se font en mode "**AT**" Tous les nombres envoyés ou reçus sont en base hexadécimale.

Pour passer en mode commande taper "**+++**" Le XBEE répond "**OK**". (les réponses du XBEE sont affichées en rouge). Vous avez alors 10 secondes (paramètre CT) pour passer une commande, faute de quoi le XBEE sort automatiquement du mode commande.

Par exemple tapez "**ATID >CR<**" pour afficher le PANID c'est-à-dire le n° d'identification. XBEE répond "**3332**" valeur hexa qui vaut 13106 en décimal.

Le principe est le suivant : si vous tapez "**ATxx >CR<**" vous lisez le paramètre xx.

**NB:** **>CR<** correspondant à l'appui sur la touche "**Entrée**".

Si vous tapez "**ATxx yy >CR<**" vous remplacez en **mémoire vive** (RAM) la valeur de xx par yy.

Ex : "**ATID >CR<**" --> "**3332**" puis "**ATID 3456 >CR<**" --> "**3456**" puis "**ATID >CR<**" --> "**3456**".

La valeur "**3456**" a remplacé "**3332**" en mémoire vive et le XBEE fonctionne dès lors avec cette nouvelle valeur. Mais si vous coupez l'alimentation de l'interface et plus tard la remettez, vous retrouverez ID="**3332**".

Cela s'explique simplement : A la mise sous tension, le XBEE lit ses paramètres dans la mémoire flash non volatile et les transfère en RAM pour les utiliser. Par conséquent, si vous voulez qu'un paramètre soit durablement modifié il faut faire suivre la commande de changement, d'une commande d'écriture en flash : "**ATID 3456 >CR<**" puis "**ATWR >CR<**" pour mémo en flash (attendre "**OK**") et enfin "**ATCN >CR<**" pour sortir éventuellement du mode commande.

**Attention**, vous pouvez vous livrer à quelques essais de ce genre, mais éviter de changer n'importe quel paramètre.

Une commande intéressante : "**ATVL >CR<**" vous renverra une brassée d'informations sur le module XBEE utilisé. Vous serez amené à modifier certains paramètres de vos XBEE d'émission et de réception. La liste des commandes à passer sera donnée au moment opportun.

## **Préparation du STF05**

### **Le HARD :**

*La modification est double, la première indispensable,*

Le but de la modification n° 1 est de remplacer, sur le connecteur n° 8, les lignes D (data) et Cl (clock), initialement prévues pour un éventuel scanner, par les lignes Rx (D) et Tx (Cl).

#### **> Première modification :**

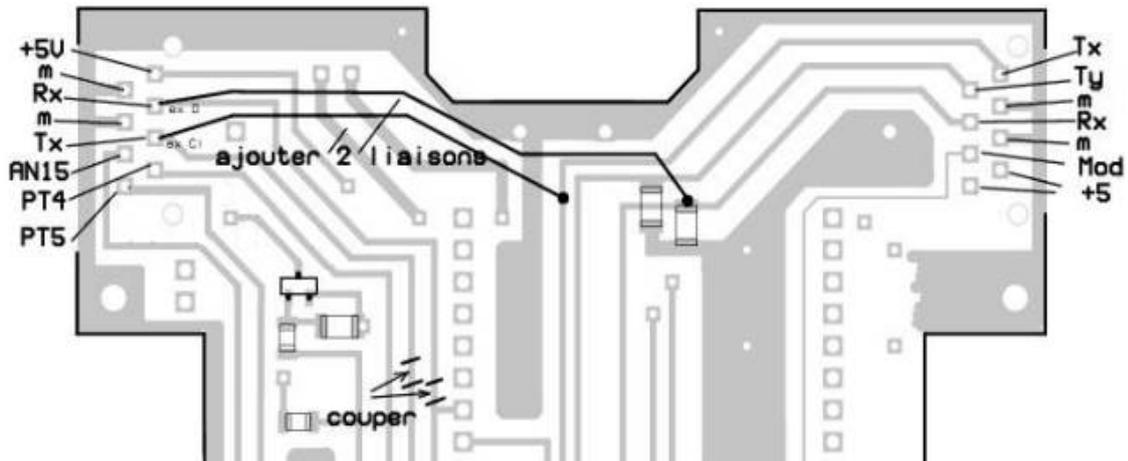
- Il faut donc déposer le circuit imprimé principal Cl1 et au verso faire les modifications de la figure VERSO ci-dessous :

- Coupure des pistes D et Cl allant vers CONN 8.

- Ajout des deux liaisons pour Rx et Tx. Utiliser du fil isolé fin. Éviter de passer en face des trous assurant le maintien des bases des platines HF11.

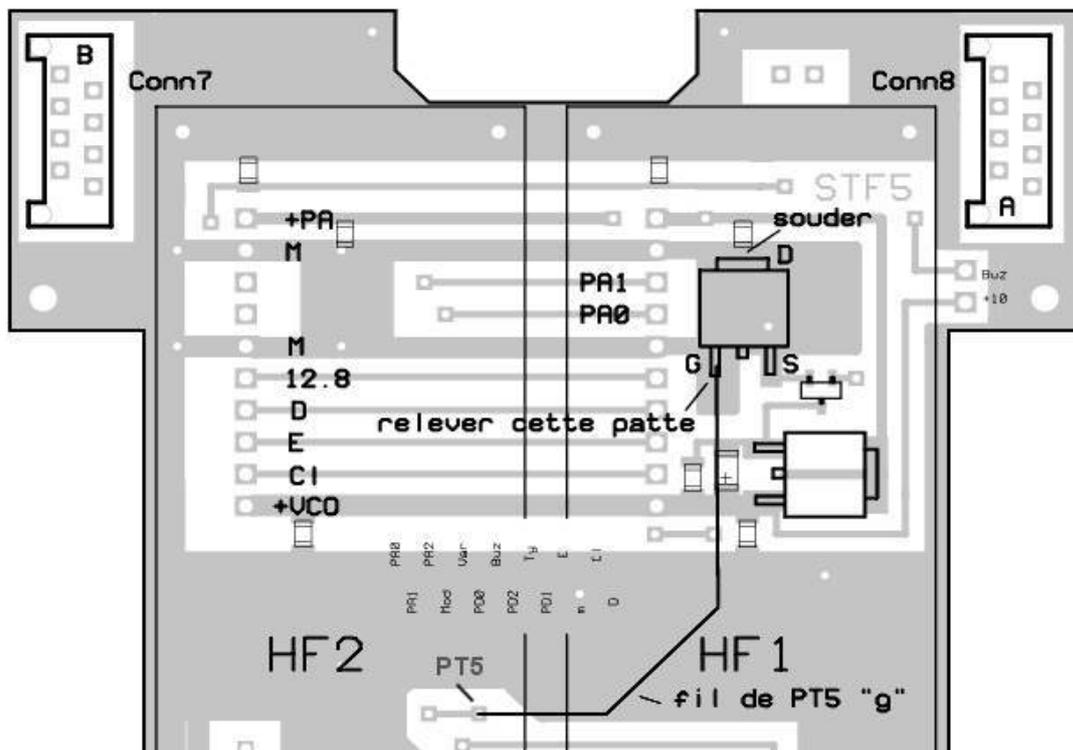
A noter qu'il est possible aussi de se brancher sur les points Tx et Rx de CONN7, avec des fils un peu plus longs.

## MODIF de CI1



**VERSO**

*(La seconde un peu facultative, mais conseillée)*



**RECTO**

Dans le cas du choix 2,4 GHz, le logiciel coupe la puissance des platines HF11, mais comme cette commande est commune à celle du buzzer chaque coup de buzzer remet brièvement la puissance (ce défaut est hérité des anciens STF96 et a été gardé pour compatibilité). Pour éviter cette anomalie provoquant par exemple une brève émission de 41 ou 72 quand on est en 2,4 GHz, nous vous conseillons de faire, au recto la modification n° 2 qui suit.

➤ *Seconde modification :*

- Retourner C11 pour accéder à la face "RECTO"
- Supprimer la résistance R7 de 10 ohms.
- Souder un MOSFET canal P genre SUD45P03 (F : 393-5565 ou 102-1757) comme indiqué sur la vue RECTO.

Ce transistor est bien trop performant pour la fonction nécessaire ici, mais son boîtier D-PAK facilite beaucoup son implantation. La patte "source" est soudée sur un plot dédié à R7, le drain est soudé sur le point de masse de C21. La patte "gate" est relevée pour ne pas toucher la masse et on y soude alors le fil ajouté provenant de PT5 récupéré sur une pastille de renvoi recto – verso.

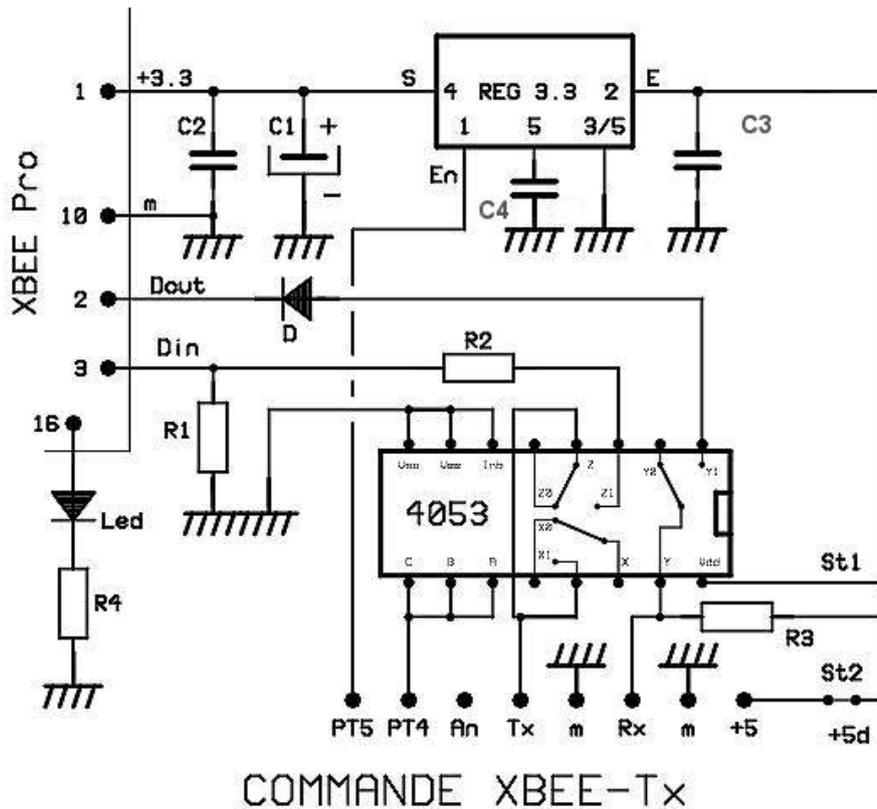
**Pour les curieux :** En mode HF11 la ligne PT5 est à 0, le MOSFET P ajouté est conducteur ce qui permet le passage des impulsions de la ligne Buzzer vers le transistor de coupure HF ⇒ la HF11 est sous tension. En mode 2,4 GHz, la ligne PT5 est à 1 pour activer le régulateur 3,3V du XBEE. En même temps, elle bloque le MOSFET P ajouté ce qui supprime l'action de la ligne Buzzer sur le transistor de coupure : La HF11 est toujours coupée, même si le buzzer retentit...

**Le SOFT :**

Une nouvelle version du logiciel e été écrite pour le 2,4 GHz, sans aucun préjudice sur les autres fréquences, bien entendu. Il est parfaitement possible de faire du STF05 un émetteur tri - bandes, chacune étant utilisable uniquement par choix logiciel ! Qui dit mieux ??

Nous vous renvoyons à la page ["INFOS"](#) (*voir annexe II*) où vous trouverez le lien de téléchargement et les détails d'utilisation. Vous y verrez que deux changements ont été apportés par ailleurs.

## Interface EMISSION



Ci-dessus le schéma de l'adaptation du XBEE-PRO au STF05.

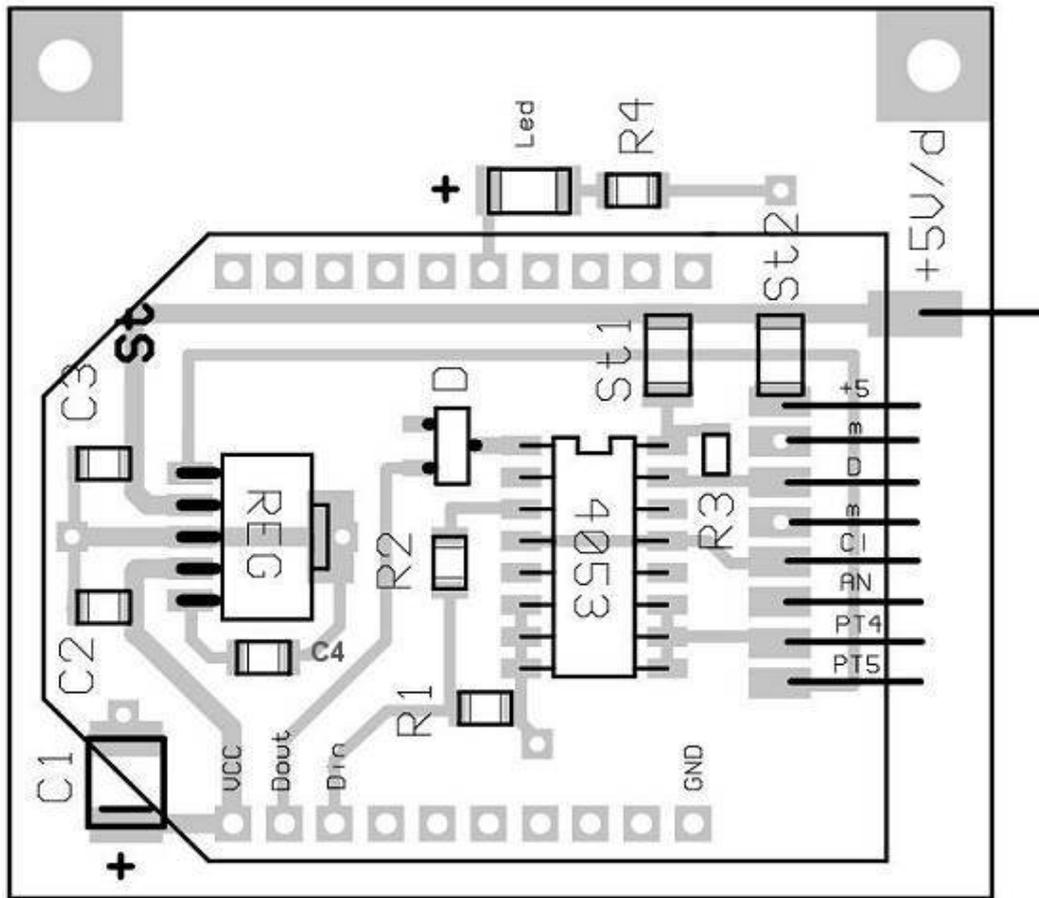
Comme indiqué dans la présentation, les signaux émis ou reçus sont véhiculés par les lignes Tx et Rx en provenance du SCI du codeur 912. Ces lignes étant également utilisées pour les communications RS232 existantes (cas de l'utilisation du SIMULTEF, ou mise à jour du soft codeur, ou programmation des Rx à synthèse) des conflits risquent de se produire.

Pour les éviter un 4053 est utilisé. Ce composant comporte trois inverseurs analogiques, deux seulement utilisés. La ligne PT4 de commande se met à 1 pour le 2,4 GHz reliant Tx à Din du XBEE et Rx à Dout.

Dans le cas du schéma (PT4=0) les liaisons sont coupées.

Comme le XBEE fonctionne en 3,3 V et le codeur en 5V, il est préférable d'adapter les niveaux. Pour Din c'est très simple il suffit d'un pont diviseur R1/R2. Pour les signaux de télémétrie issus de Dout, une diode et R3 permettent de relever les niveaux de 0,6 V et ainsi de les mieux centrer sur les exigences de l'entrée Rx du  $\mu$ C.

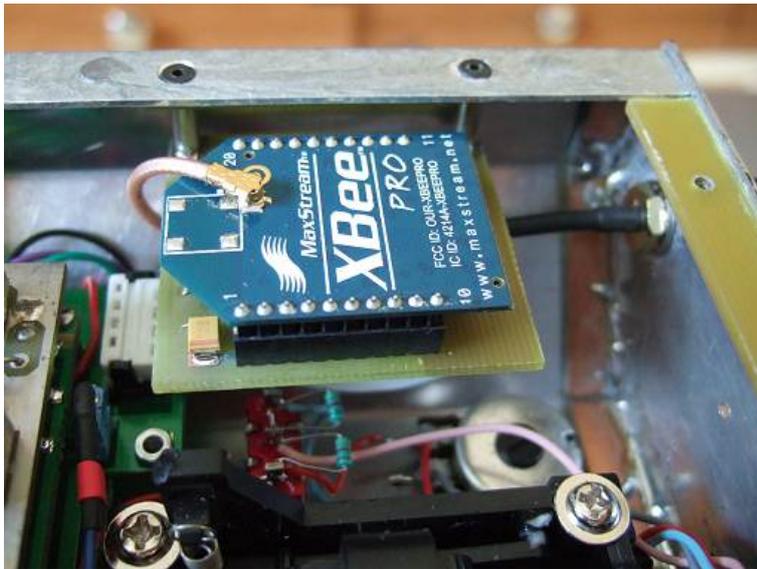
La ligne PT5 commande l'entrée "**enable**" du régulateur ("1" --> 3.3 V et "0" bloque le régulateur) Si on fait très simple, le montage est alimenté par le +5V général, ce qui n'est pas très rationnel (St2 en place) Si on veut faire plus compliqué, on supprime St2 et on alimente en "+5/d" par un abaisseur de tension à découpage Nous ferons "très simple" pour commencer !!



**Liste des composants :**

- |   |                     |                 |
|---|---------------------|-----------------|
| - 1 module XBEE-PRO   | XBP24-AUI-001       | (Voir l'auteur) |
| - 1 antenne 2.4 GHz   | A24-HASM-450        | (Lextr)         |
| - 1 cable MMCX/SMA  | JF1R6CR34I          | (Lextr)         |
| - 1 circuit imprimé double face   |                     | (Voir l'auteur) |
| - 1 régulateur 3,3 V  | TPS79533DCQG4       | (F : 120-7355)  |
| - 1 74HC4053D   |                     | (F : 120-1329)  |
| - 1 BAV99   |                     | (F : 105-6504)  |
| - 1 Led rouge   | facultative         | 1206 ou 3 mm    |
| - R1  | 2,2 kΩ              | 805             |
| - R2  | 1 kΩ                | 805             |
| - R3  | 4,7 kΩ              | 603             |
| - R4  | 470 Ω               | 805             |
| - C1  | 22 µF/tant/CMS/10V/ | taille B        |
| - C2/3  | 0,1 µF              | 805             |
| - C4  | 22 nF               | 805             |
| - 2 barrettes femelles  | 10 points/2mm       | (F : 110-9732)  |
| - Cordon plat 8 fils et connecteur serti PICOFLEX qui vous reste du montage du STF05. |                     |                 |

Le travail commencera par la pose des petits composants puis des composants actifs, enfin des barrettes et du câble plat qui traverse le circuit imprimé. Voir détails sur photos de la page de présentation (page deux de ce document).



Souder deux écrous de 2 mm sous la platine et la monter dans le STF05 comme le montre la photo. Il restera à prévoir le trou de pose de l'embase SMA du coaxial sur le flanc du boîtier. Le buzzer est à déplacer en le montant sur le même flanc, mais plus bas, sous le manche

## Programmation du XBEE EMISSION

Cette programmation se fait avec l'interface présenté ci-dessus et à l'aide du logiciel X-CTU. Le module XBEE est programmé une fois pour toute et le STF05 n'interviendra pas sur la valeur des paramètres de fonctionnement de ce module. En effet, avec X-CTU, nous allons modifier quelques valeurs puis les modifications seront enregistrées dans la mémoire flash du module qui les conservera même après coupure de l'alimentation.

Le XBEE destiné à l'émetteur est embroché sur l'interface relié au cordon RX232 et alimenté sous 5V. Lancer X-CTU. Vérifier la liaison PC-XBEE sous "PC-settings" avec la commande "Test/Query". C'est bon ! Alors passer à l'onglet "Terminal", affichez ou non l'"Hexa" ("Show Hex" ou "Hide Hex") puis tapez ....

**+++ OK** (réponses du module en rouge) Le module passe en mode commande

**ATCE 1 >CR< OK** (Cette commande met le module en fonction COORDINATOR, c'est-à-dire en "maître")

**ATID xxxx >CR< OK** (Cette commande donne la valeur du PANID, c'est-à-dire la valeur du code d'identification de votre liaison personnelle. Tous les utilisateurs doivent avoir des PANID différents de manière à éviter les interférences. La valeur que vous allez choisir et qui sera aussi celle que vous mettrez dans le XBEE de votre récepteur s'écrit en HEXADECIMAL. Vous pouvez faire appel à la calculatrice WINDOWS en entrant une valeur décimale comprise entre 0 et 65535 avec ensuite passage en HEX. C'est cette valeur HEX qu'il faut écrire en lieu et place des xxxx)

**ATSP >CR< 0** (Laisser cette valeur par défaut à 0 qui signifie que le module ne dort jamais (to sleep = dormir) mais travaille sans arrêt)

**ATA2 6 >CR< OK** (Le paramètre A2 qui supervise le démarrage du coordinator est à 8 bits, mais seuls les bits 0, 1 et 2 sont actifs. Ici on a donc "xxxxx110" en allant du MSB (bit de poids fort) au LSB (bit de poids faible).

Bit 0 mis à 0 --> au démarrage le XBEE utilise le PANID enregistré et n'essaie pas d'en changer.

Bit 1 mis à 1 --> au démarrage le XBEE cherche un canal HF libre et en choisit un parmi ceux qui le sont et qui sont autorisés (voir SC)

Bit 2 mis à 1 --> au démarrage, le XBEE permet une association avec un XBEE extérieur

**ATDL 0000FFFF >CR< OK**

**ATDH >CR< 0** (En mettant le paramètre DL à 0000FFFF et en laissant le paramètre DH à 0, on met le XBEE en mode BROADCAST ce qui supprime les envois et réceptions de "ACK" c'est-à-dire des signaux d'acquiescement : Le module récepteur envoyant le message "J'ai bien reçu", ce qui signale au module émetteur qu'il peut envoyer la suite des informations.)

**ATSC 03FE >CR< OK** (Le paramètre SC indique au XBEE les canaux qu'il a le droit de scruter et de choisir pour travailler. En binaire SC= 0000 0011 1111 1110. Les canaux utilisés seront donc de 20 à 12, canaux autorisés à 100 mW (le MSB de SC correspond au canal 26 et le LSB au canal 11)

**ATMY >CR< 0** Adresse XBEE à laisser à 0

**ATPL >CR< 4** (Le paramètre PL définit la puissance HF d'émission. La valeur par défaut 4 correspond à 18 dBm, soit la puissance maxi)

**ATBD 5>CR< OK** (La vitesse de travail de la liaison RS232 passe à 38400 bauds au lieu des 9600 bauds par défaut)

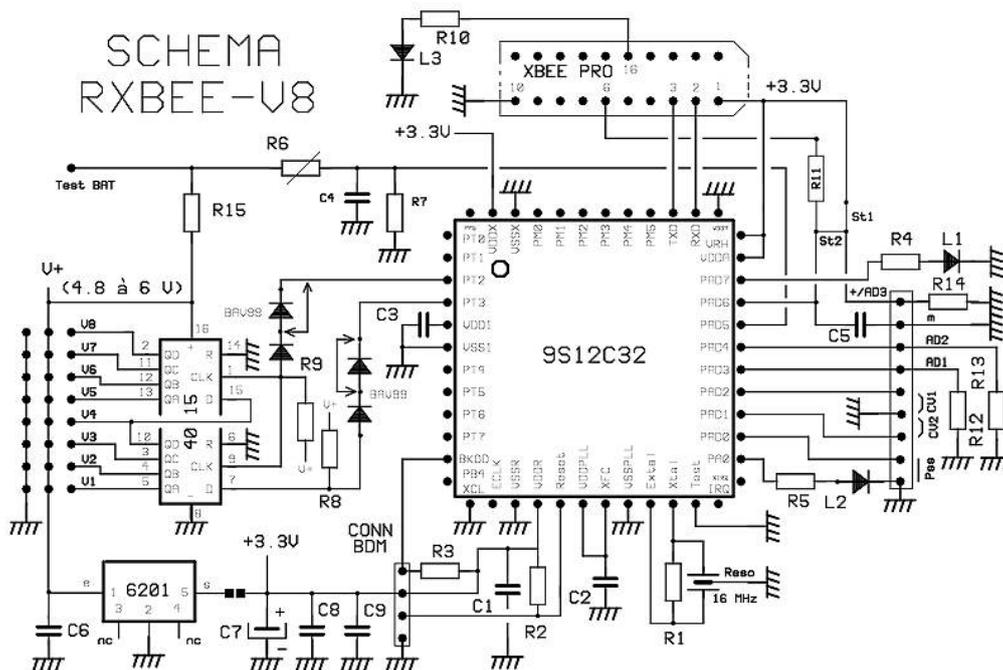
**ATWR >CR< OK** (Tous les paramètres modifiés sont écrits en flash)

**ATCN >CR< OK** (Fin du mode commande)

**NB.** Il est probable que, votre frappe n'étant sans doute, comme la mienne, assez rapide, le module sorte de lui-même du mode commande et ne renvoie pas le "OK" ou la valeur par défaut. Dans ce cas, retapez "+++" et après la réponse "OK", continuez.

Ce travail de programmation étant fait, coupez l'alimentation de l'interface et donc du module, Puis recommencez après avoir mis la vitesse à 38400 bauds dans "PC settings" mais cette fois en tapant la commande ATxx sans valeur. Le module vous répond en donnant la valeur enregistrée qui doit bien sûr être celle que vous avez indiquée. A notez que à la commande "ATDL", le module répondra "FFFF" car il n'indique pas les 0 de gauche, non significatifs. S'il y avait une discordance, retapez la commande avec la valeur voulue, puis ATWR pour enregistrer.

## Le RECEPTEUR



Le schéma du RXBEE-V8 ressemble beaucoup à celui du décodeur du RX24. Nous retrouvons donc un  $\mu\text{C}$  de type 9S12C32 alimenté sous 3,3 V par le régulateur XC6201P332MR et qui est mis en communication avec le module XBEE par ses lignes RXD qui reçoit les signaux numériques transmis par le STF05 et TXD qui envoie au XBEE les signaux de télémétrie. Le  $\mu\text{C}$  décode les signaux numériques et génère une trame de type PPM qui est envoyée vers un 4015 que nous avons l'habitude d'utiliser. Il faut en effet savoir que quand on charge le  $\mu\text{C}$  de générer directement tous les signaux de servos, il faut utiliser 8 sorties pour commander 8 servos. Mais le timer interne du  $\mu\text{C}$  ne peut pas agir directement sur 8 sorties. Il faut alors réaliser un registre à décalage logiciel, routine qui aiguille les durées vers la voie concernée. Il s'en suit inévitablement du jitter sur les créneaux, les délais d'action variant avec la situation de l'instant.

Bien au contraire, dans la solution retenue, **le timer bascule automatiquement et instantanément** la ligne CLOCK du 4015 (PT2), le logiciel n'intervenant pas sur ce basculement et ayant alors tout le temps nécessaire pour préparer le basculement suivant et pour gérer la ligne DATA du 4015 (PT3). Remarque la solution à diodes et résistances de tirage au + pour adapter au mieux les niveaux à 3,3V du  $\mu\text{C}$  à ceux à 5V ou plus du 4015.

Si la batterie est à 4 éléments, une seule diode des BAV99 (qui en contiennent deux) est utilisée, la seconde étant strappée par le circuit imprimé. Si la batterie a 5 éléments, alors il faut couper le strap de court-circuit pour mettre les deux diodes en série (dans le 1er cas, le niveau remonte de 0,6V, dans le second, il remonte de 1,2 V).

Le  $\mu\text{C}$  comporte les classiques composants périphériques : résonateur 16 MHz, C de découplages ... Remarque aussi le connecteur BDM qui permettra à l'auteur de programmer le  $\mu\text{C}$ .

## Venons-en à la télémétrie.

Quatre entrées A/D mesurent des tensions, externes pour PAD3 (AD1) et PAD4 (AD2) mais pré câblées pour PAD5 et PAD6.

**PAD5** mesure la tension de la batterie. Un pont diviseur R15, R6 et R7 permet de calibrer le résultat (R6 est variable). Nous avons prévu le cas où le RXBEE serait alimenté par un BEC et un pack LiPo (modèles électriques) Dans ce cas, la mesure de tension n'est pas significative car régulée à 5V. Nous avons donc prévu une entrée TEST BAT qui sera à relier à la sortie du module contrôleur de décharge décrit à la page [LIPOS](#). Dès qu'un élément du pack descend en dessous de 3V, cette sortie passe à 0. Le point TEST BAT passant à 0, PAD5 envoie 0 par la télémétrie ce qui provoque une alarme au sol.

**PAD6** mesure en principe le niveau RRSI du module XBEE, le point 6 de ce module délivrant un créneau rectangulaire de période 64  $\mu$ s et de rapport cyclique variable, les paliers hauts devenant de plus en plus courts à mesure que le signal reçu faiblit. R11 et C5 intègrent ce créneau pour donner un niveau continu voisin de +3,3 V avec signal très fort et qui diminue avec l'éloignement. Le strap St2 n'existe pas dans cette option, St1 amenant le +3,3V sur "+/AD3" un picot de sortie pour une utilisation extérieure **peu gourmande**. Mais, en supprimant R11 et St1, la ligne PAD6 est alors reliée à la borne "+/AD3" et permet une 3ème mesure externe.

Pour terminer signalons l'existence de deux Leds :

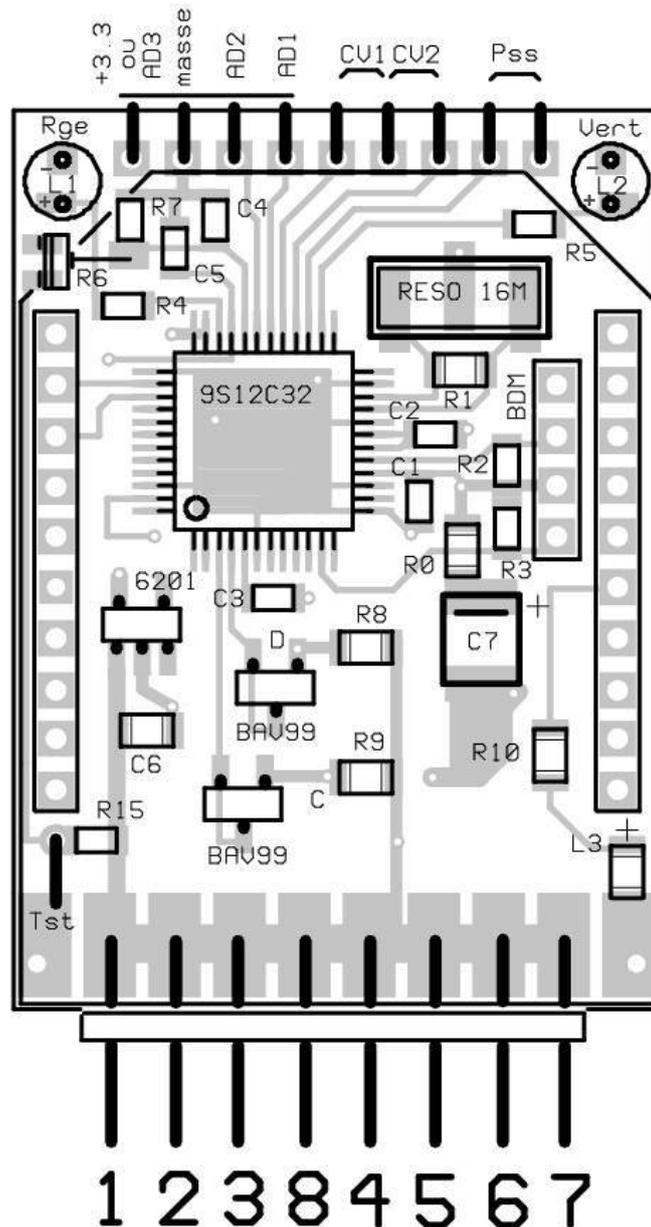
- **L1 rouge**. Le 9S12C32 est programmé par défaut avec un code PPCM de "86". Si le code émis est aussi "86" cette diode reste éteinte. Mais si le code est différent, lors de la mise sous tension, le décodeur le constate, lit la valeur émise, remplace "86" en flash par le code reçu et allume L1. Il faut alors couper l'alimentation du RXBEE puis relancer.

**Attention, la reconnaissance du code doit se faire émetteur et récepteur proches.**

- **L2 verte**. Quand le XBEE reconnaît son signal et l'envoie au  $\mu$ C et que celui-ci trouve une trame valide, la diode verte s'allume. Chaque erreur éteint la diode. On pourrait donc utiliser la sortie PA2 pour commander un compteur de défauts, histoire de se faire du mouron.

La diode L3 ne sert à rien. Ne pas la monter.

Enfin les picots CV1, CV2 et Pss permettant de choisir le mode fail-safe et sa programmation. Nous y reviendrons plus tard.



### Liste des composants :

- 1 module XBEE-PRO
- 1 antenne 2.4 GHz
- 1 cable MMCX/SMA
- 1 circuit imprimé double face

XBP24-AUI-001  
 A24-HASM-450  
 JF1R6CR34I

(Voir l'auteur)  
 (Lextr)  
 (Lextr)  
 (Auteur)

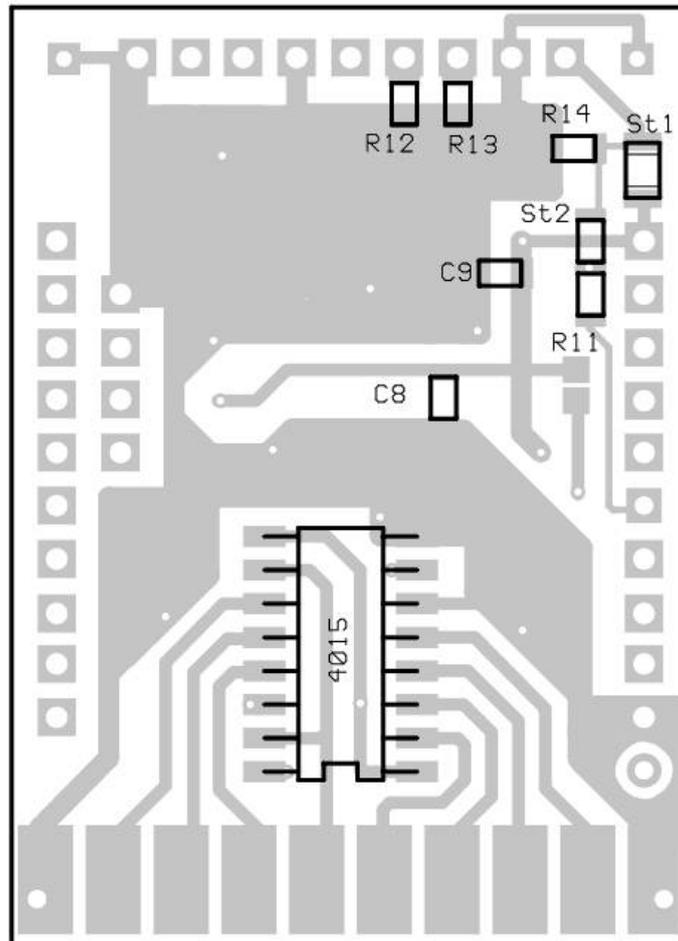
**Le Circuit imprimé sera fourni avec le  $\mu$ C soudé et programmé. La programmation nécessitant la mise en place par l'auteur du RESO 16 MHz + R1 (10 MW/805) de R2/3 (4,7 k $\Omega$ /603), C1/2/3/8/9 (0.1  $\mu$ F/603) du connecteur femelle BDM.**

- 1 XC6201P332MR
- 2 diodes
- 1 MC14015BDG
- 1 Led rouge 3 mm faible consommation **de préférence une CMS/805**
- 1 Led verte 3 mm faible consommation **de préférence une CMS/805**
- 1 Led rouge 1206 facultative

BAV99

(F : 360-5700)  
 SOT23  
 (F : 966-4858)  
 (F : 131-8244)  
 (F : 131-8243)

- 2 barrettes femelles 10 points/2mm		(F : 110-9732)
- 1 barrette 9 picots coudés 2mm		
- 3 barrettes 8 picots 2,54 droits		
- St1	strap 0 $\Omega$	805
- St2	strap 0 $\Omega$	603
- R0	strap 0 $\Omega$	805
- R4/5	470 $\Omega$	603
- R6aj	5 k $\Omega$	(F : 353-1491)
- R7	4,7 k $\Omega$	603
- R8/9	4,7 k $\Omega$	805
- R10	470 $\Omega$	805
- R11	47 k $\Omega$	603
- R12/13/14	100 k $\Omega$	603
- R15	6,8 k $\Omega$	603
- C4/5	0,1 $\mu$ F	603
- C6	0,1 $\mu$ F	805
- C7	22 $\mu$ F/10V/taille B tantale	



Le circuit imprimé vous sera fourni par l'auteur avec le  $\mu$ C soudé et programmé. Les éléments nécessaires à cette programmation également soudés. **Ils sont en rouge dans la liste ci-dessus.**

La pose de la résistance ajustable ... très petite étant délicate, nous proposons également la fourniture avec en plus **les éléments en bleu dans la liste.**

Si vous optez pour cette solution, il vous restera à souder les composants du bas de la face recto, ces éléments ne posant pas problème.

La led L3 est indicatrice d'une association réussie avec le module d'émission :

Elle clignote alors Mais en fait, dans le modèle, vous ne la verrez pas et par ailleurs, si la liaison est établie, la led verte L2 s'allume. L3 fait donc double emploi.

Soudez R10, mais pas L3 !

Au verso, il faut souder le 4015, R12/13. Nous vous proposons, dans un premier temps de souder St1 et R11, mais pas R14 et St2. Vous serez ainsi en télémessure "BAT" et "RSSI" et entrées externes AD1 et AD2, avec 3,3V sur le dernier picot.

Enfin, dernier travail :

- les barrettes 2mm du XBEE
- les picots 2.54 des servos.

Nous avons procédé ainsi :

Couper 8 barrettes de 3 picots, une par sortie.

Enfiler ces barrettes sur des femelles longues pour les positionner à bons intervalles. Présenter sur le Circuit imprimé et souder les picots milieu des barrettes extrêmes. Bien vérifier les positions Et souder les autres dessus puis dessous. Soyez généreux en soudure car un intervalle entre picot et circuit imprimé peut exister

- Enfin souder un fil nu reliant tous les picots de masse, les deux extrémités engagées et soudées dans les trous prévus du Circuit imprimé.



En haut du Circuit imprimé, souder les picots 2mm coudés. Pour cela, voir la photo de détail ci-contre : La partie droite des picots dans les trous pour soudure. Ils sont ainsi plus accessibles et moins débordants. A ce stade, vous pouvez faire un premier test en branchant un ou plusieurs servos et la batterie. Les servos doivent se verrouiller en position neutre (1,5 ms). Vérifier également que le +3,3 V est correct

## Programmation du XBEE RECEPTION

Procéder comme pour le XBEE d'émission en passant les commandes suivantes :

**+++ OK**

**ATCE 0 >CR< OK** (Cette commande configure le XBEE en "END DEVICE" c'est-à-dire en "esclave", donc pour nous en récepteur essentiellement)

**ATID xxxx >CR< OK** (Vous devez indiquer le même PANID que celui choisi pour le Coordinator)

**ATSP >CR< 0** (Par défaut, pas de sommeil pour notre récepteur)

**ATA1 6 >CR< OK** (Le paramètre A1 supervise le démarrage du END DEVICE. Il est à 8 bits avec seuls les bits 3, 2, 1, 0 actifs. On a A1 = xxxx0110

Bit 0 = 0 ⇒ au démarrage le XBEE ne s'associe qu'avec un coordinator ayant le même PANID

Bit 1 = 1 ⇒ au démarrage le XBEE recherche le canal HF du coordinator

Bit 2 = 1 ⇒ au démarrage le XBEE accepte l'association avec le coordinator

Bit 3 = 0 ⇒ Le XBEE n'envoie pas au coordinator de demande d'envoi de données

**ATDL 0000FFFF >CR< OK**

**ATDH >CR< 0** (DL à 0000FFFF et DH à 0 mettent le module en mode BROADCAST comme le coordinator)

**ATMY >CR< 0** (Adresse XBEE à 0 par défaut)

**ATSC 03FE >CR< OK** (recherche du canal HF parmi les valeurs autorisées)

**ATBD 5 >CR< OK** (Passage de la vitesse à 38400 bauds)

**ATWR >CR< OK** (Écriture des modifications en flash)

**ATCN >CR< OK**

Comme pour le module d'émission, on vérifiera le bon enregistrement des données en flash, en coupant l'alimentation de l'interface et en le remettant ensuite en marche, sans oublier le passage obligé par "PC settings" pour régler la vitesse de communication à 38400 bauds.

### MISE en SERVICE du système

Cette mise en service se fait sans le moindre réglage.

**Émission.** Le module XBEE est programmé. Ne pas l'installer sur sa platine support sans faire un minimum de vérifications. Mesurer la tension d'arrivée +5V.

En choisissant une cellule prévue pour "autre Rx" vérifier que le +3,3 V est bien coupé.

Passer alors en 2,4 GHz en choisissant le type de récepteur "RXBEE" sortir du MENU et vérifier l'affichage à l'écran de "2,4 GHz".

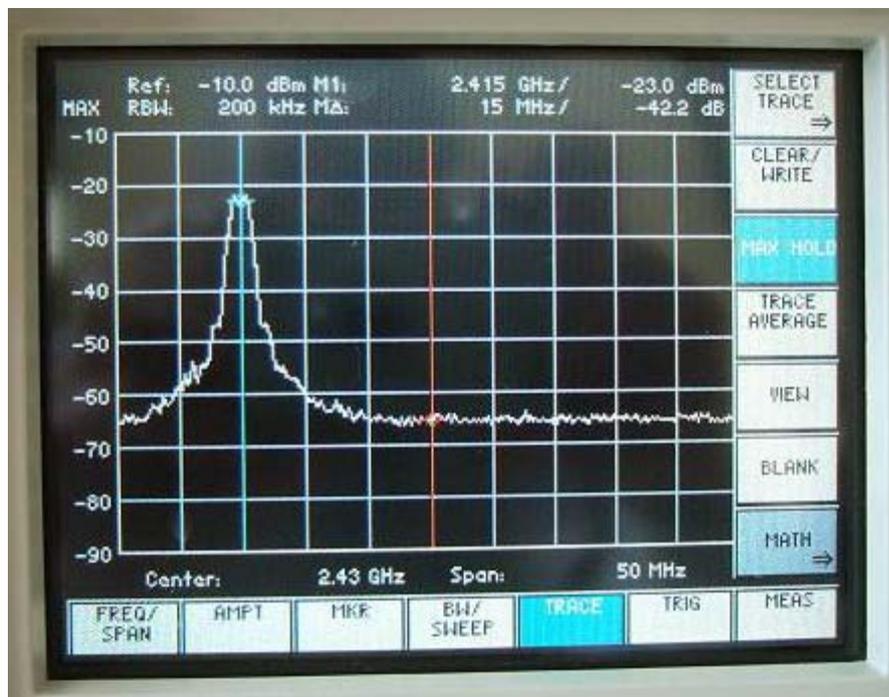
Mesurer la tension +3,3 V et constater qu'elle existe.

Si vous possédez un oscilloscope, vérifiez au point commun de R1 et R2 que les signaux binaires sont bien présents avec 3,3V environ d'amplitude. Ne pas essayer de les synchroniser à l'écran, ça ne sert à rien.

Arrêter le STF05 et embrocher le XBEE dans le bon sens. Insérer le petit connecteur U-FL avec précaution. Mais il faut appuyer assez fort pour entendre le clic de la connexion. Remettre sous tension. Constater, si vous avez monté la Led, qu'elle clignote. Si vous avez un analyseur de spectre montant à 2,4 GHz, vérifier l'émission. (Voir photo ci-dessous).

En mode normal, vous constaterez que les salves d'émission sont très courtes. En fait il faut utiliser la fonction HOLD (mémoire) pour construire le spectre que montre la photo ci-dessous. En effet les XBEE émettent seulement quand ils ont des données à transmettre. S'ils ont 10 octets à envoyer, ils émettent juste le temps qu'il faut pour les transmettre.

Cela différencie donc l'émission 2,4 GHz de celles de nos bandes habituelles dont la porteuse est permanente.



L'analyseur montre ici toute la bande 2,4 GHz autorisée. L'émetteur émet sur 2,415 GHz soit le canal 13. On est surpris de la précision de la fréquence obtenue avec les XBEE. Chaque ligne verticale du graticule correspond à un canal, donc de gauche à droite aux canaux 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 et 20. Le canal central 16 correspond à la fréquence 2.430 GHz. Les canaux sont à 5 MHz les uns des autres.

Dans un avenir proche, nous espérons réunir 3 émetteurs STF05 et montrer le choix des canaux HF fait par les XBEE

A noter que l'analyseur fonctionne ici en mode "MAX HOLD" ce qui permet d'avoir une bonne vision du spectre de l'émetteur La bande passante de l'analyseur est choisie à 200 kHz.

A dire vrai, si vous avez suivi correctement les indications de modifications du STF05 et de montage de la platine support, ces vérifications sont inutiles.

**Réception.** La platine de base est supposée terminée et vérifiée. Alim coupée, installer le XBEE et lui connecter le coaxial et l'antenne.

Vérifier que le code PPCM est bien à 86 dans le STF05. L'émetteur en fonctionnement, remettre le récepteur sous tension. Au bout de quelques secondes la led verte L2 doit s'allumer. Le récepteur s'est bien associé avec son émetteur et les servos sont sous contrôle de l'émetteur. Ne pas oublier que, au démarrage, le Coordinator doit chercher un canal libre, puis le End Device découvrir le canal HF utilisé par l'émetteur. Cela prend donc un peu plus de temps que la mise en marche d'un système RC classique.

On peut mettre le récepteur en marche en premier. Puis l'émetteur. Dans ces conditions, l'association se fait généralement juste à la fin des 5 premières secondes, ce qui correspond au début de l'envoi des signaux binaires par le STF05.

L'association établie, le récepteur envoie les signaux de télémétrie : Vous pourrez les observer à l'oscilloscope en vous connectant sur la sortie "Rx" du connecteur DIN.

Mais vous voulez sans doute utiliser, non pas le code PPCM "86" par défaut, mais un autre qui vous est personnel (Éviter 0 et 255 que d'autres pourraient aussi choisir) Changez donc le code PPCM de votre STF05. En sortant de l'écran "COD" constatez que la led verte s'éteint, la liaison est coupée.

Mettre le Rx à l'arrêt. Attendre quelques secondes puis remettre en marche. L'association doit s'établir avec la Led rouge allumée. Le nouveau code a été découvert par le Rx et il est enregistré en flash (En cas de difficulté, couper tout, mettre le Rx en marche d'abord, puis l'émetteur). Couper l'alim du RX et relancer. On doit retrouver la led verte et le fonctionnement.

### **Fail-safe.**

1. Si vous ne mettez pas de cavalier sur CV1/CV2, en absence de réception, après 1,5 s environ, le passage en fail-safe laisse les servos dans la position où ils se trouvent

2. Si vous mettez un cavalier sur CV1, au passage en fail-safe tous les servos se mettront sur les positions par défaut. Ces positions seront 1,5 ms, si nous ne changez rien. Mais vous pouvez programmer ces positions à votre guise, par un appui bref sur un poussoir connecté sur les plots "Pss". Dans ce cas, la Led rouge L1 s'allume pour marquer une programmation réussie. Le Rx est bloqué. Il faut donc couper l'alimentation et repartir.

3. Si vous mettez un cavalier sur CV2, seule la voie n° 4 prendra la position par défaut ou programmée par un appui sur le poussoir, comme ci-dessus. Dans ce cas, la

voie 4 sera normalement réservée aux "gaz" et mettra le moteur au ralenti ou à l'arrêt selon la programmation.

Nous recommandons très vivement ce choix 3 qui peut limiter les dégâts en cas de perte de contrôle.

**NB.** Ne pas laisser le poussoir connecté en dehors des programmations ci-dessus.

## ESSAIS de fonctionnement simultané de trois STF05



Ayant réuni 3 STF05 équipés en 2,4 GHz, il m'a été possible de faire des essais de fonctionnement simultané.

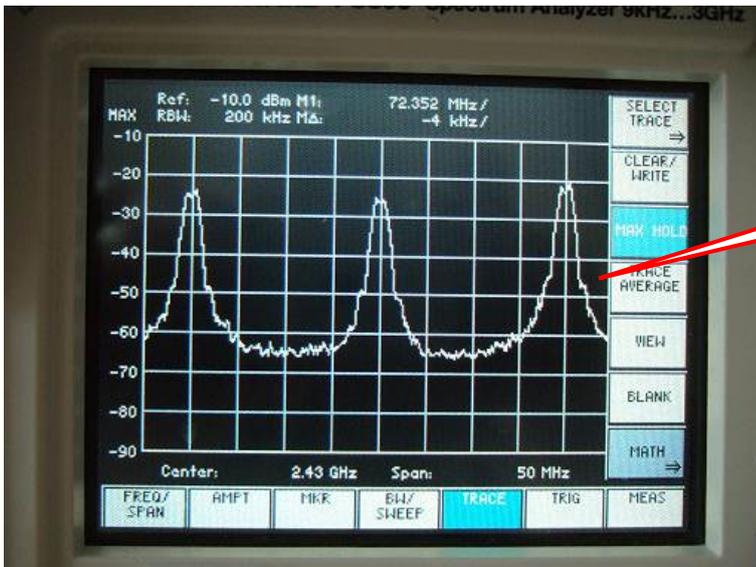
Vous voyez ci-dessus ces trois STF05.

Les 3 émetteurs mis sous tension ont choisi leur canal de fonctionnement parmi les libres possibles.

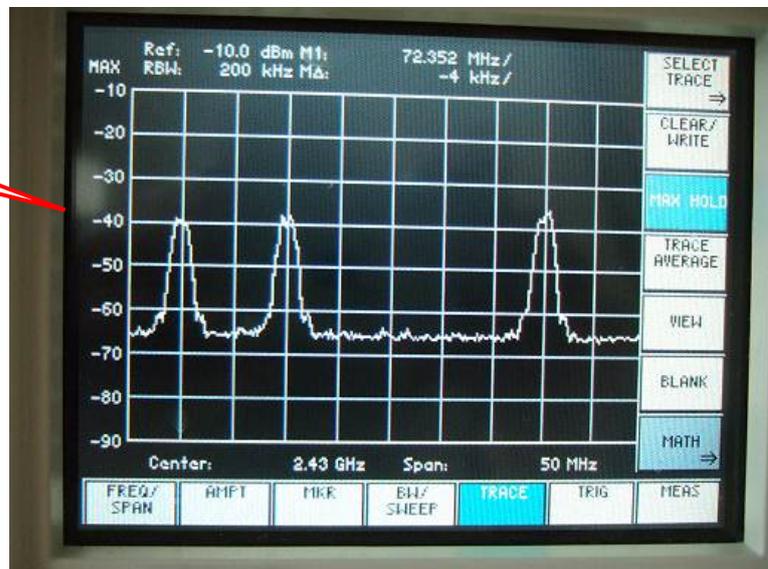
Deux mises sous tension ont donné les choix montrés par les photos de la page suivante :

- Canaux 12, 16 et 20.
- Canaux 12, 14 et 19.

Les niveaux un peu différents sur les deux spectres sont dus à des positionnements différents des STF05.



12. 14 et 19



Et pour conclure, voici la photo de l'un de ces STF05 équipé en tri-bandes, en l'occurrence 35 MHz, 41 MHz et 2,4 GHz.

Ces trois bandes étant accessibles sans ouverture de l'émetteur

Sans doute une possibilité inédite en RC !

Et nous ne résistons pas au plaisir de vous faire lire les commentaires de notre ami M. RASQUIN sur le système 2,4 GHz qu'il vient de tester :

*" Nous avons procédé aux essais de portée du 2,4GHz XBEE version THOBOIS.*

*Les essais se sont déroulés au même endroit que pour le 35 et 72 mhz.*

*L'antenne 2,4 GHz a été placée dans un fuselage en époxy et horizontalement comme dans l'Easy. Émetteur tenu à 90 cm du sol et le RX à 1,50m du sol. Résultat ... jusqu'à 600 m pas de problème entre 600 et 700 m l'orientation de l'antenne RX a son importance, apparition de trou de réception mais il suffit de lever un peu le fuselage et ça repart de suite. Coupure après 750 m !*

***C'EST TOUT SIMPLEMENT ... FABULEUX.***

*Le même essai a été réalisé avec le RX hors du fuselage et la portée a été de 750 m.*

*Merci à monsieur THOBOIS pour cette réalisation. A consommer sans modération. "*

*Comme à son habitude, l'auteur fournit des circuits imprimés de très bonne qualité (avec ou sans la pose des composants délicats cités en rouge et bleu dans la liste du récepteur, voir page 19 et 20 de ce document).*

*Document réalisé à l'aide de la page du site de l'auteur pour en avoir un support papier :*

[http://home.nordnet.fr/fthobois/realisation\\_24\\_ghz.htm](http://home.nordnet.fr/fthobois/realisation_24_ghz.htm)

*DEMONT Bernard*

## Annexe I

### Fonctionnement de l'étalement de spectre direct (Techniques Graupner et SPEKTRUM)

Philippe KAUFFMANN, club des 5A Pardines (Auvergne)  
Version 1.1 de janvier 2008

Liste des articles à : <http://laic.u-clermont1.fr/~kauffmann/modelisme.htm>

De nombreux modélistes ont des difficultés à comprendre le fonctionnement de l'étalement de spectre direct utilisé par les standards DSM et IFS des sociétés SPEKTRUM et Graupner. Ce principe partagé avec Wifi, la téléphonie mobile de troisième génération et d'autres standards comme ZIGBEE va être explicité brièvement ci-après avec l'aide de quelques chronogrammes issus d'une simulation conforme à la réalité.

**N.B.** : bien qu'il ne l'affiche pas, Graupner utilise en fait le standard industriel ZIGBEE à l'intérieur de sa technique IFS (voir photo 1). Le système IFS Allemand est au demeurant le système XPS nord américain pour le modélisme redistribué par Graupner.



**Photo 1** : 12 modules professionnels ZIGBEE capables de partager simultanément la même fréquence sans se perturber mutuellement (modèle XBEE-PRO utilisé entre autre dans le système XPS)

### Schéma fonctionnel du système

Le schéma fonctionnel du système présenté en figure 1 peut paraître relativement compliqué. En fait il reste très simple si on considère qu'il se compose de trois parties indépendantes : l'émetteur en bas à gauche, les perturbateurs en haut à gauche qui sont là uniquement pour démontrer la résistance aux perturbations et le récepteur décomposable en décodeur proprement dit suivi d'un filtre destiné à améliorer la qualité du signal reçu.

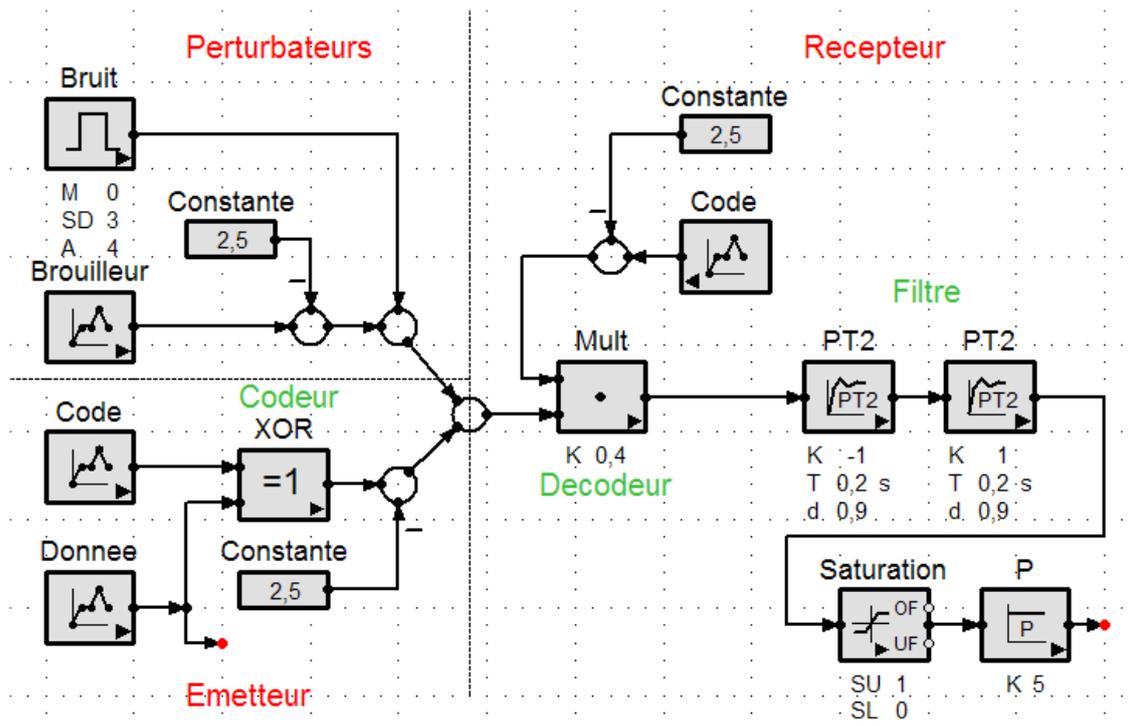


Figure 1 : le schéma fonctionnel du système à étalement de spectre direct

## L'émetteur

L'étalement de spectre (ou codage) consiste simplement à mélanger dans une porte logique "Ou exclusif" (XOR sur le schéma) les données à transmettre et le code d'étalement. Les **données** sont des successions de 1 et de 0 représentant des nombres qui eux-mêmes représentent la position de chaque manche de la radiocommande. Le **code** d'étalement est une succession de 1 et de 0 propre à chaque émetteur. La longueur du code peut être variable, elle est de 64 bits dans notre exemple. La fonction logique XOR fonctionne de la façon suivante : si une entrée unique est à 1 sa sortie produit 1, sinon elle produit 0. Le tableau 1 résume le fonctionnement.

Entrée A	Entrée B	Sortie X
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Tableau 1 : fonction OU exclusif

Les niveaux logiques sont représentés physiquement par des tensions électriques. Tension nulle pour 0 et tension de 5V pour 1.

La case constante du schéma fonctionnel représente une tension de 2,5V. Les cercles du schéma fonctionnel représentent des fonctions d'addition. Ainsi, une tension de 2,5V est soustraite (signe – à côté du cercle) au signal codé avant émission. Ceci a pour conséquence décaler le signal logique allant de 0V à 5V en un signal variant de -2,5V à +2,5V, c'est-à-dire sans composante continue. Cette dernière fonction n'existe pas physiquement dans un émetteur, elle n'est là que pour des raisons de simulation car

elle matérialise le fait que les composantes continues ne sont pas transmises par un lien radio.

## Les perturbations

Les perturbations ne font évidemment pas partie intégrante de l'émetteur ! Ici deux perturbations ont été ajoutées pour démontrer la résistance du système aux perturbations. La première perturbation appelée **brouilleur** est un autre émetteur émettant sur la même fréquence selon le même mode, avec la même amplitude, mais avec un code différent. La seconde perturbation est tout simplement un **bruit** blanc (bruit appelé bruit quantique ou bruit thermique en électronique) toujours présent sur l'antenne de réception. Son amplitude moyenne est elle aussi comparable ici au signal émis. Le circuit de décalage de 2,5V et aussi virtuel ici, pour tenir compte de la nature des ondes radio.

## Le récepteur

Pour décoder le signal, il suffit de multiplier arithmétiquement (fonction **Mult**) la tension reçue par le même code qu'à l'émission. Là encore il faut supprimer la composante continue du code. Il faut aussi que le code utilisé en réception soit parfaitement en phase avec le code utilisé à l'émission, ce qui est la contrainte la plus difficile à satisfaire du dispositif.

Une fois le décodage effectué par le multiplicateur, on obtient un signal décodé, mais fortement entaché de bruit. Les filtres passe-bas **PT2** l'éliminent, mais comme ils déforment le signal, un circuit de remise en forme "**Saturation**" parachève le travail en même temps que l'amplificateur **P**.

## Observation des signaux

### Les données

Un flot de données arbitraire (voir figure 2) a été utilisé pour montrer l'aspect des signaux. Il s'agit ici de la succession binaire 100110, avec une période de 1,6 ms par bit. On notera que cette période a été choisie arbitrairement et ne correspond pas à la période des bits des systèmes DSM ou IFS, ce qui ne change strictement rien au principe.

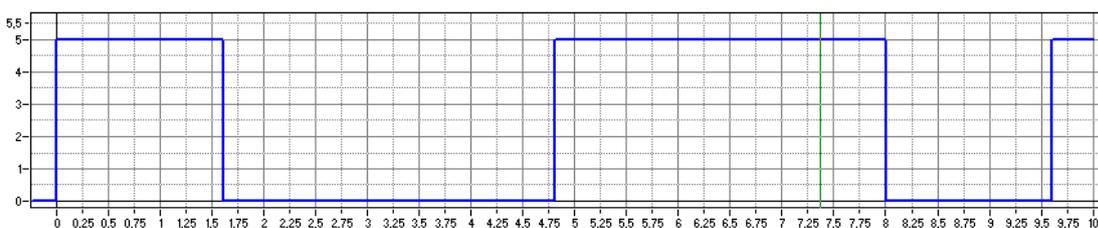


Figure 2 : les données à transmettre (1,6 ms par bit)

## Le code d'étalement

Un code d'étalement avec 64 bits (figure 3) a été choisi (on remarquera qu'il est représenté ici sans composante continue). Le débit est de 64 fois le débit des données, afin que chaque bit de données soit mélangé avec les 64 bits de code. La période d'un bit de code est en conséquence de 0,025 ms.

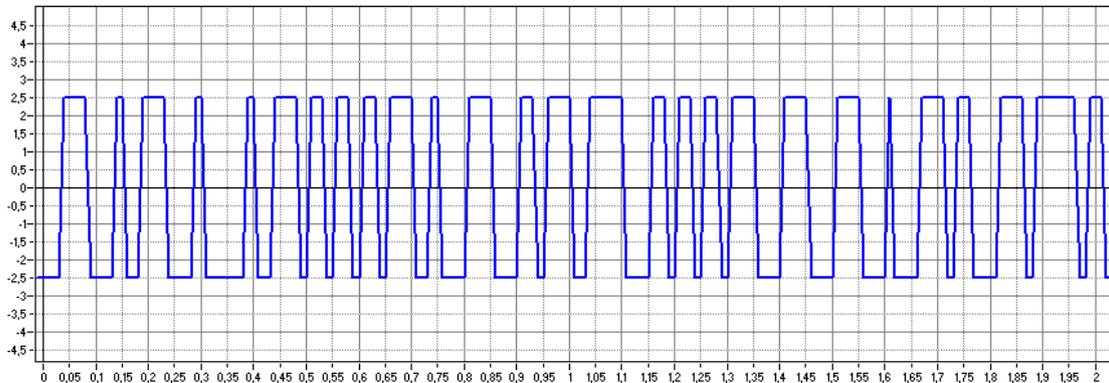


Figure 3 : le code d'étalement sur 64 bits (0,025 ms par bit)

## Les perturbations

Le signal du brouilleur n'est pas représenté car il est parfaitement semblable à celui de la figure 3. Le bruit thermique est quant à lui visible à la figure 4. On remarquera que son amplitude maximale dépasse significativement celle du signal de l'émetteur.

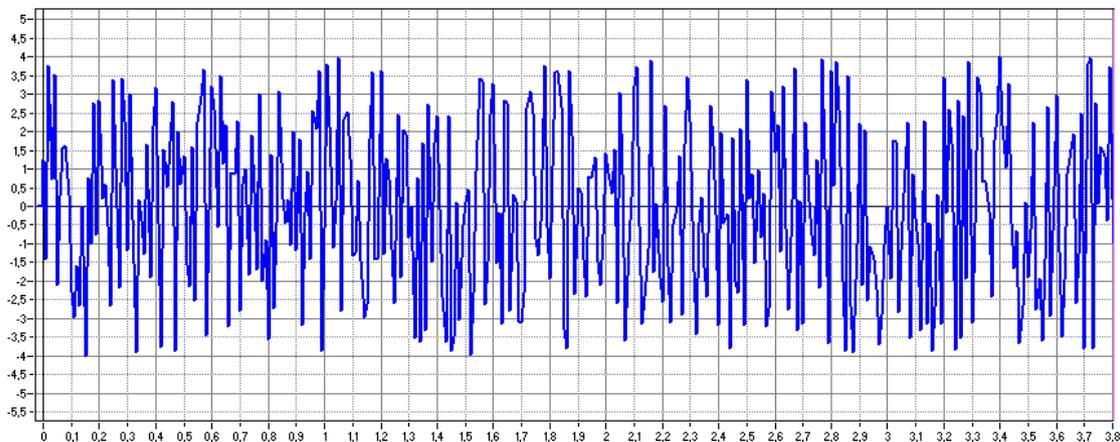


Figure 4 : le bruit thermique

## Le signal reçu

Le signal reçu est présenté figure 6, c'est la superposition du signal émis, du brouilleur et du bruit thermique. Il est parfaitement impossible de discerner les données initiales, ni même un quelconque signal. C'était le but de la manœuvre lorsque les militaires ont mis au point cette technique !

Même sans bruit thermique significatif (voir figure 5), cas que l'on peut rencontrer en s'approchant à proximité immédiate de l'émetteur il est parfaitement impossible de retrouver les données, même si dans ce cas on distingue parfaitement une émission cohérente.

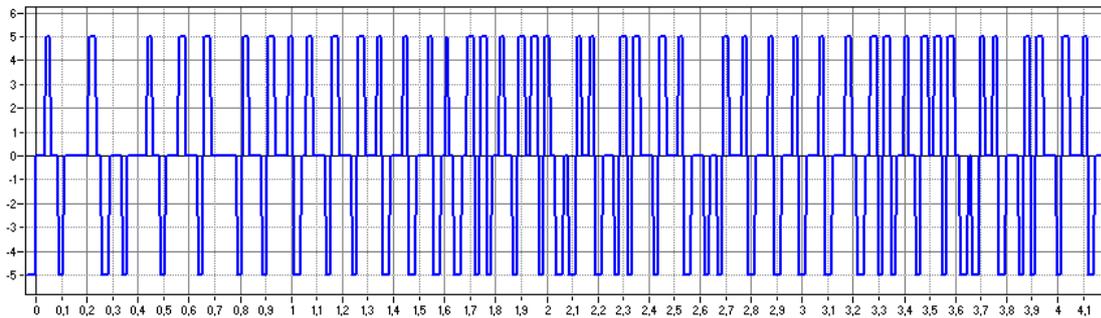


Figure 5 : signal reçu sans bruit thermique

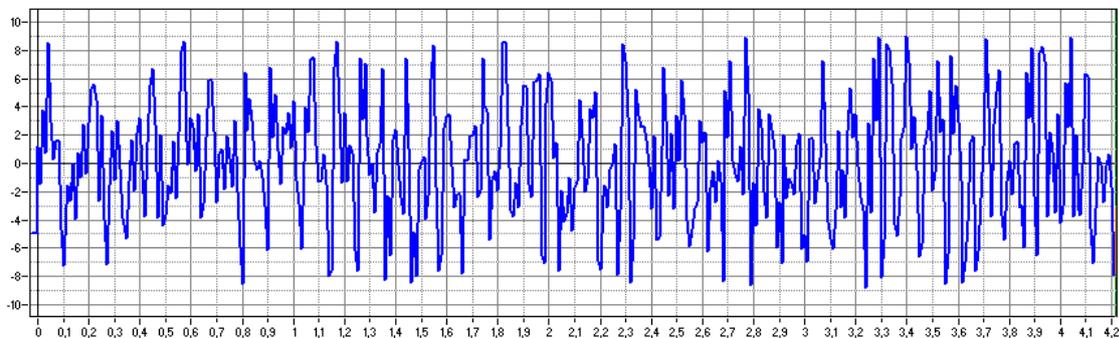


Figure 6 : signal reçu réel

## Le décodage

Dans le récepteur, après passage à travers le multiplicateur, les données réapparaissent comme par magie (figure 7). Malheureusement, elles sont fortement perturbées par le bruit, ce qui impose un traitement supplémentaire.

On notera toutefois que dans l'exemple présent les niveaux logiques ont été inversés par rapport l'émetteur. Ceci est sans importance car le filtre passe-bas qui suit (les deux fonctions PT2 en cascade) peut remettre le signal dans le bon sens (coefficient  $K = -1$  dans le premier filtre).

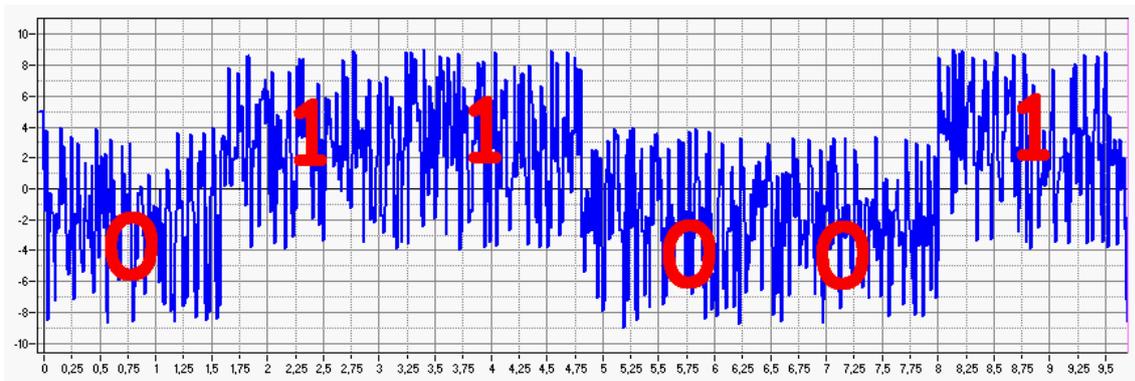
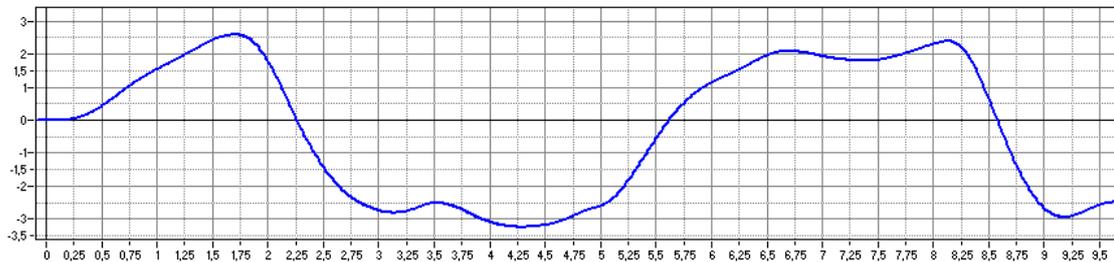


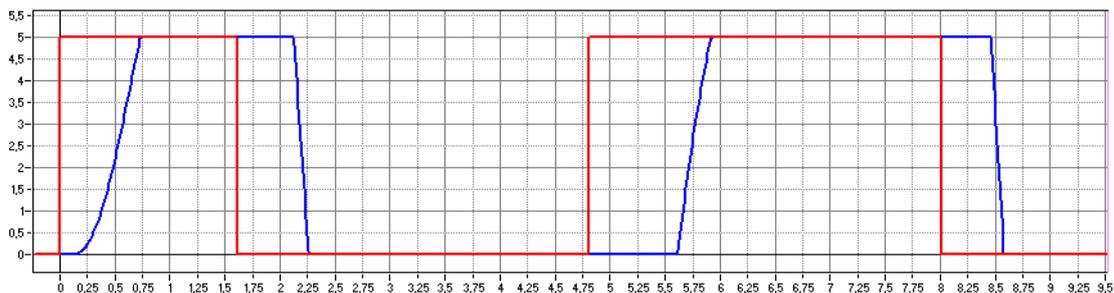
Figure 7 : signal décodé

Le filtre passe-bas du quatrième ordre (fonctions PT2 en cascade) vient à bout du bruit (voir figure 8), mais rend le signal très "mou". Il faut donc encore un traitement supplémentaire.



**Figure 8 : signal décodé et filtré**

L'amplification finale et la suppression des valeurs crêtes donnent (figure 9 en bleu) le signal finalement exploitable par le microcontrôleur du récepteur. Il n'est pas parfait, mais en tout cas suffisant puisqu'on retrouve sans difficulté la suite 100110, CQFD. On remarquera accessoirement qu'il est retardé par rapport aux données initiales en rouge sur la même figure, ce qui provient du filtre passe bas. Toutefois, ce délai est négligeable à l'échelle de temps qui nous concerne en modélisme.



**Figure 9 : signal restitué après remise en forme (en bleu)**

## Rapport avec la technologie DSM2 (SPEKTRUM)

DSM2 va au-delà de l'étalement de spectre académique, car :

- Il utilise deux récepteurs à antennes orthogonales pour capter quelque soit la polarisation de l'onde,
- Il utilise deux fréquences différentes au cas où l'une d'elle serait trop perturbée,
- Et enfin il transmet quatre fois les données toutes les 22,4 ms afin que même si seulement un quart des paquets sont valides on ne souffre d'aucune perte.

C'est un peu comme un cow-boy qui maintiendrait son blue-jean avec deux ceintures et deux paires de bretelles. Ce serait très mal vu dans l'ouest américain Hollywoodien !

## Rapport avec la technologie IFS (Graupner)

IFS va aussi au-delà de l'étalement de spectre académique, car :

- Il vérifie en permanence la qualité de réception et change de fréquence en cas de besoin,
- Il corrige des erreurs de transmission à l'aide d'un code de redondance cyclique sur 64 bits,
- Il transmet les informations de façon redondante comme DSM2.

## Annexe II

### VERSION STF-F1N2

[Télécharger](#)

*(Ne pas utiliser STF05-F1N1 qui présentait un bug)*

Cette version est essentiellement destinée à la mise en œuvre du 2,4 GHz. En voici les quatre points particuliers :

- **Le 2.4 GHz.** En sortie de CEL de la cellule de base, vous passez par l'écran de choix des cellules Bis/Ter associées et de leur trim, puis du type de récepteur associé. Dans cette nouvelle version, en plus de "autre Rx", "RX16/19/23", et "RX24" vous aurez maintenant "RXBEE" Quand ce dernier choix est fait, le STF05 est configuré pour le 2,4 Ghz : Blocage des platines HF11 génération des trames numériques pour le XBEE et mise sous tension de ce dernier. Affichage de "2,4 GHz" dans l'écran de service. Si vous n'optez pas pour "RXBEE" le module XBEE est hors tension, les HF11 actives et les trames numériques supprimées. Voir le descriptif du 2,4 GHz pour les petites modifications HARD à faire subir au STF05.

- **Code PPCM.** Notons d'abord que ce code PPCM (sans le n° de cellule) est utilisé par le 2,4 GHz. Par contre, si vous choisissez "autre Rx" le code PPCM choisi par l'utilisateur n'est pas retenu mais remplacé par "255". Cela permet le fonctionnement sans problème de ces petits Rx d'Extrême Orient qui n'apprécient pas une autre valeur.

- **Autotrim.** Le fonctionnement de l'AUTOTRIM "@" a été récemment modifié. Voir le lien suivant : <http://home.nordnet.fr/~fthobois/autotrim.htm>. Mais cela entraîne des alarmes TRIM si on fait voler un modèle tordu et en même temps l'impossibilité de trimmer un peu plus. En fait comme les anciens trims quand leur manette arrivait en butée. La nouvelle version supprime l'alarme TRIM et la remplace par un recalage automatique des neutres avec remise des trims à 128. On cumule ainsi les avantages de l'ancien "@" et du nouveau !

- **Correction automatique des mini et Maxi.** Depuis quelque temps, quand on corrige le neutre d'une voie, on peut décaler les mini et Maxi de la même valeur, par un appui long sur "P". Cette fonction étant réservée aux voies dont l'actionneur possède un neutre physique donc aux actionneurs 1 (ailerons) 2 (profondeur) et 3 (direction). L'actionneur 6 (tumbler à 3 positions) en était exclu. Désormais cet actionneur 6 bénéficie du même privilège.