

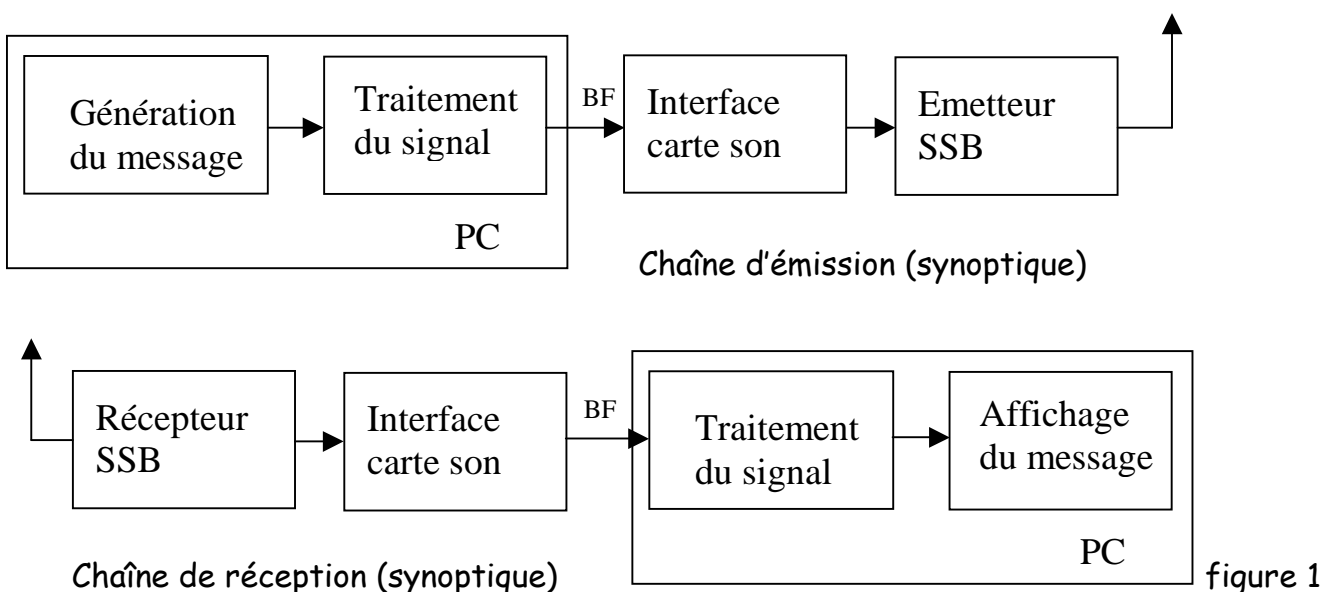
Un Mode numérique démystifié (F4DXU)

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

Il existe aujourd'hui, avec l'évolution des techniques de l'informatique et du traitement de signal, une multitude de modes numériques plus ou moins compliqués mais dont on ne trouve que très rarement les explications et le fonctionnement du cœur. Je vais essayer de démystifier la chose en décortiquant un mode simple qui est dérivé du Hell-MT ou Hellschreiber multi tone (F4DXU), puis par un digimode (mode numérique) incorporant un système de détection et de correction d'erreurs (2^{ème} article).

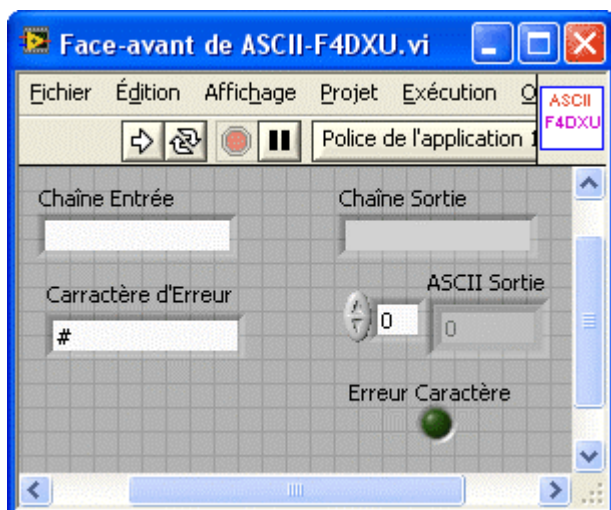
Le Hellschreiber classique n'est autre que de la CW décodable non pas auditivement mais visuellement, de plus c'est un mode dit « flou ou fuzzy » c'est à dire que l'information est transmise sans codage et c'est le cerveau humain qui analyse et prend la décision. C'est aussi lui qui effectue la correction d'erreur dû au à la transmission canal c'est à dire la voie radio qui est entachée de tout un tas d'imperfections. Voici une liste non hexaustive des perturbations possible de la transmission : le fading ou évanouissement du signal, les parasites de toutes sortes ou rayonnements indésirables (CPL, alimentations à découpage, bruits industriels ou atmosphériques, etc), l'atténuation de propagation, la diffraction, les réflexions multiples, tout brouillage volontaire ou non, etc. Ces digimodes dits flous sont très robustes à toutes ces perturbations et l'informatique n'a pas encore égalé les performances de notre « matière grise ». Certains opérateurs CW sont capables de tenir une conversation, lire le journal et accessoirement de décoder un message CW ou d'y répondre ! A ma connaissance, les meilleurs décodeurs CW ne sont pas capables de ces prouesses et de loin.

Le mode que je vais vous présenter est un mode dit « flou » mais contrairement au Hell classique qui est modulé en amplitude celui-ci utilise sept fréquences qui subissent un traitement de signal. La chaîne d'émission-réception est la suivante :



Le traitement de signal est effectué sur le signal basse fréquence et non en bande de base (HF). La partie programmation a été effectuée avec LabView qui est un logiciel de

programmation professionnel distribué par National Instruments. C'est une programmation particulière puisqu'elle utilise une méthode graphique.



Face-Avant (figure 2)

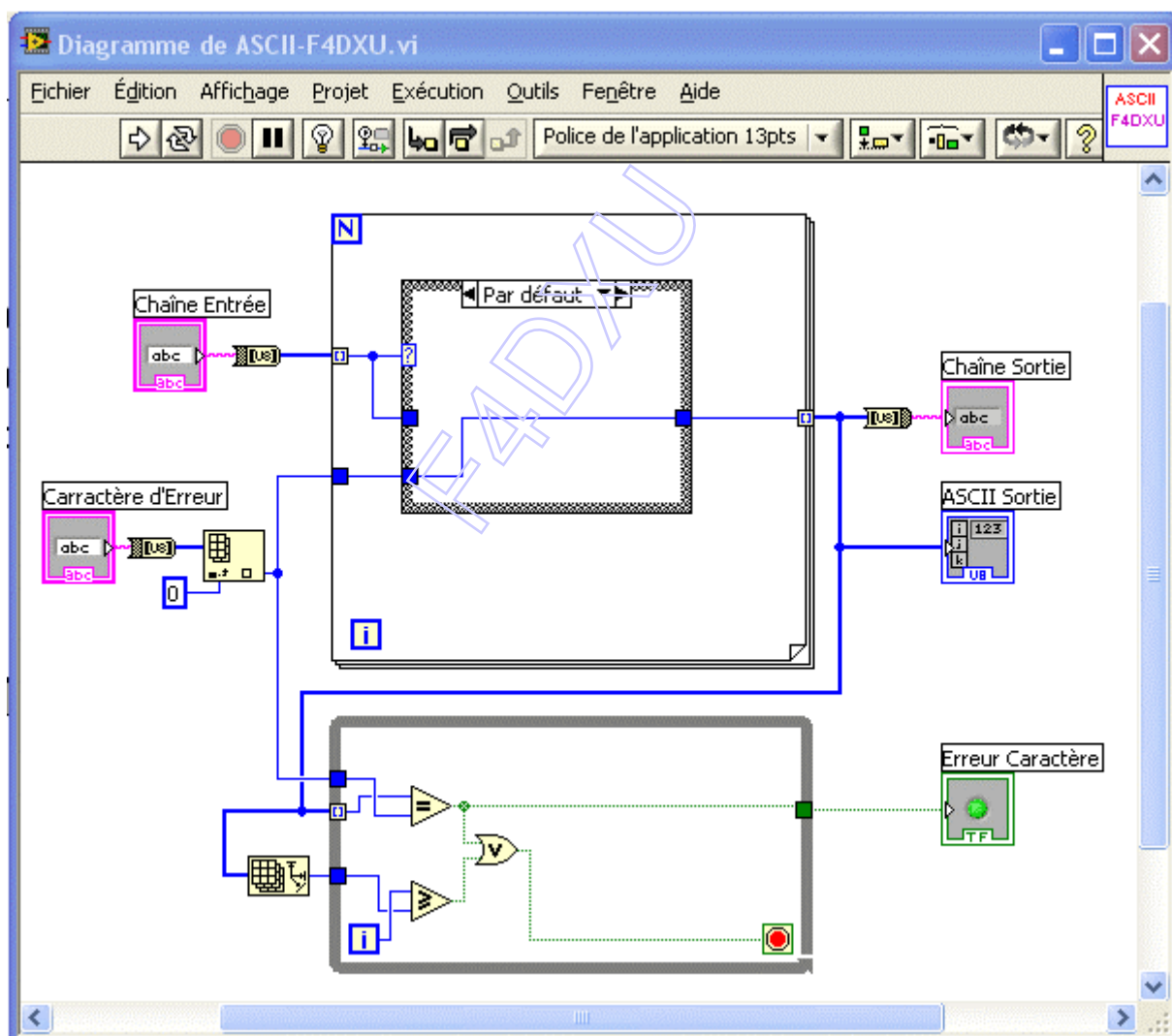


Diagramme (figure 3)

Voici ci-dessus un exemple de programmation graphique pour laquelle il y a une face avant qui est l'interface home-machine et un diagramme qui montre et contient la programmation graphique. Chaque icône jaune claire est une fonction issue de la palette d'outils, codée en C++. Le travail du programmeur consiste à choisir les bons icônes dans la palette, à les

déposer sur le diagramme et à les relier ensemble par des fils de couleurs et de tailles différentes. C'est, bien entendu, une vision très simpliste de la chose :-)

Ce sous programme (ci-dessous) sera utiliser pour ne sélectionner que certains caractère qui constituera un nouveau le jeu de caractère utilisé dans un autre mode de codage, décrit dans un prochain article.

1-Partie numérique de l'émetteur :

Voici ci-dessous la première étape qui consiste à créer les caractères souhaités par l'intermédiaire d'une matrice qui contient un caractère par indice de page. Si je choisi l'indice 9, c'est le J majuscule qui apparaît (classement alphabétique). Un chiffre ou une lettre peut être défini par une page de la matrice contenant 5 colonnes et 7 lignes de booléens. Un booléen est une variable qui peut avoir 2 états, vrai ou faux ce qui correspond dans une page à une ampoule allumée ou éteinte. Ces booléens reconstituent le caractère.

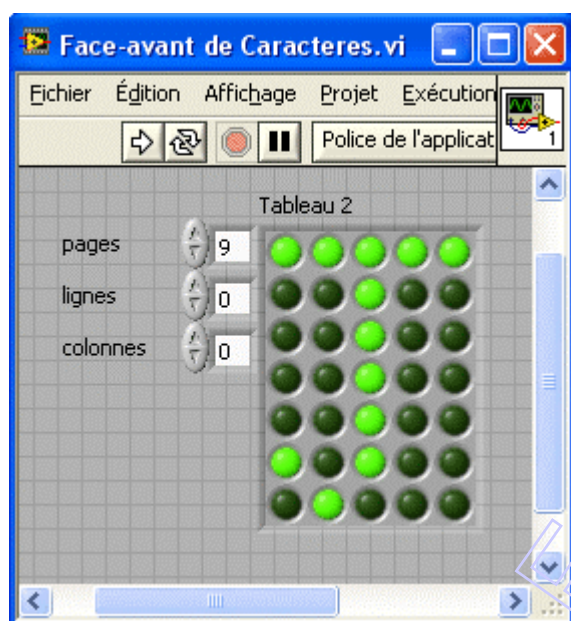


figure 4

C'est l'état de ces booléens qui va déterminer l'envoi d'une fréquence ou d'une autre suivant leur indice dans la matrice. L'envoi d'un caractère entier nécessite au préalable l'envoi de l'information contenue dans cinq colonnes. Pour le J il faut donc sélectionner la page d'indice 9 et la première colonne d'indice 0. On peut constater que dans cette colonne l'indice de ligne 0 (en partant d'en haut à gauche) est à l'état vrai ainsi que l'indice 5. Chaque indice de ligne qui pointe un booléen correspond à une fréquence, le 0 et le 5 puis le 0 et le 6 puis le 0, 1, 2, 3, 4, 5 puis 0 et pour finir le 0. On voit que pour envoyer un caractère il faut donc utiliser une boucle « for » qui s'exécutera 5 fois (5 colonnes). Si l'on veut envoyer une chaîne de caractères comme « TEST F4DXU/B JN06DN » il faudra utiliser une autre boucle « For » qui enveloppera la première et qui elle dans ce cas s'exécutera 21 fois. Ne pas oublier de compter les espaces, ce sont aussi des caractères, les crochets n'étant pas envoyer car ils ne sont là que pour la mise en forme de l'article. Dans le programme, 7 générateurs sinusoïdaux seront utilisés qui seront simplement additionnés et non mélangés, les n fréquences d'une colonne seront émises simultanément. J'ai choisi pour le premier oscillateur une fréquence de 1 KHz, la suivante sera incrémentée de 50 Hz et ainsi de suite jusqu'à la 7^{ième}. La bande passante BF sera donc de 300Hz.

Pour garantir aucun débordement de fréquence et réduire le bruit, ce signal composite traversera un filtre numérique elliptique du 8^{ème} ordre à flancs raides puis pour finir par un fenêtrage de type Hanning ou Gaussien (on y reviendra dans la partie réception). Il transitera ensuite vers un analyseur de spectre numérique qui permettra le contrôle des signaux émis avant d'être envoyé à la carte son puis vers « l'interface carte son » et enfin « sur l'air » par l'émetteur.

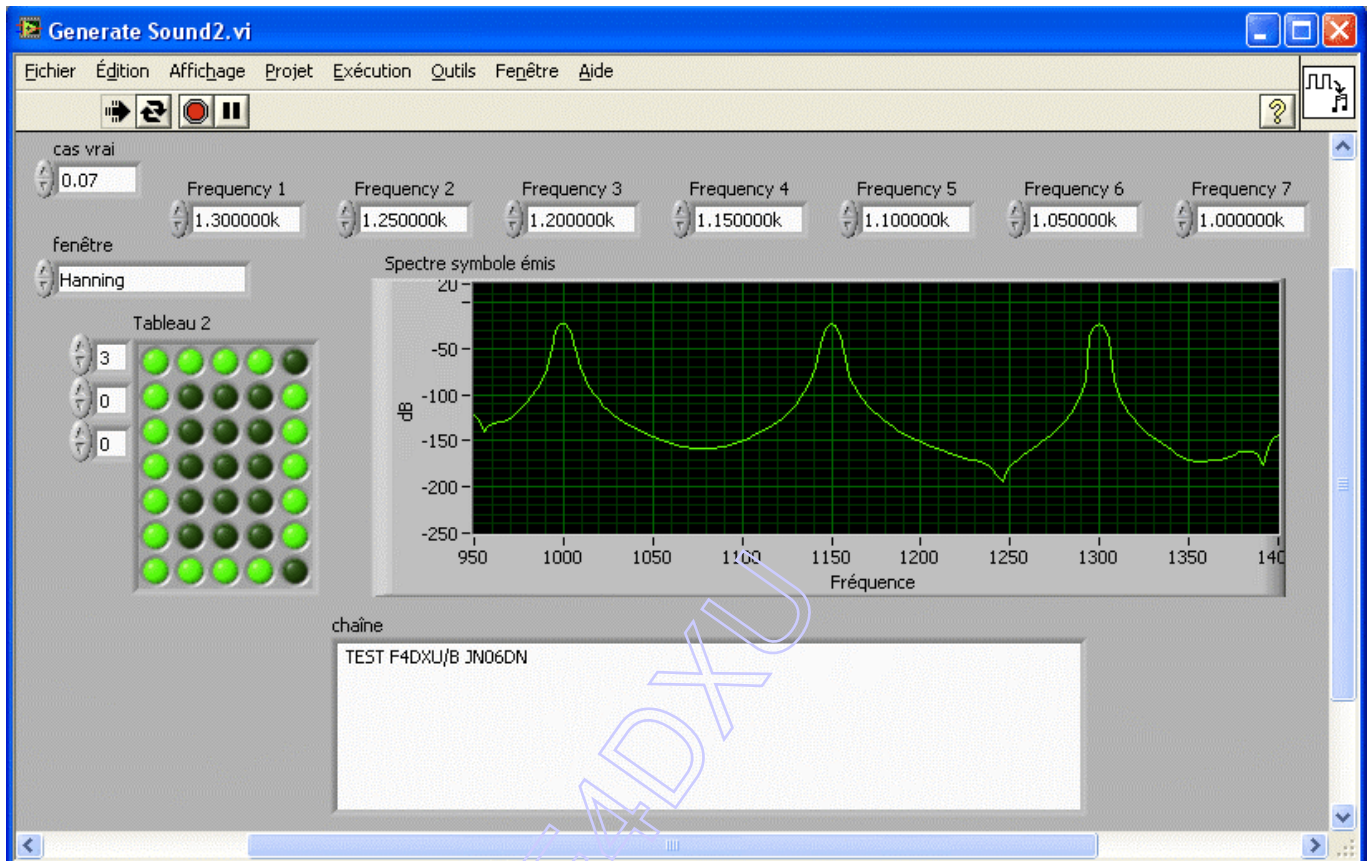


figure 5

L'image ci-dessus représente la face avant du logiciel terminé. Le spectre représente une colonne du F du E ou du S.

La carte son est configurée de cette manière :

Fréquence d'échantillonnage : $F_e = 11025$ KHz (par programmation)

Nombre d'échantillons par colonne de la matrice : $N_e = 4096$ (par programmation)

L'envoi d'une caractère durera environ :

$$\frac{1}{F_e} \cdot N_e \cdot 5 = 1.86s$$

2 - Partie numérique du récepteur :

Le signal émis parviendra au récepteur via l'antenne et le signal BF issu de la démodulation SSB parviendra au PC via « l'interface carte son ». L'expérimentation a été réalisée sur la bande 6m dans le segment « modes numériques » sur 50.650 MHz avec 25W de puissance d'émission, envoyée dans un dipôle 6m/20M home made.

L'image ci-dessous (figure 6) représente la partie numérique du récepteur réalisé avec LabView. En réalité, n'importe quel logiciel (gratuit sur le ouaibe) pouvant afficher un spectre en « chute d'eau » ou « waterfall » peut être utilisé. J'ai tout de même réalisé le logiciel pour pouvoir ensuite expliquer les différentes fonctions.

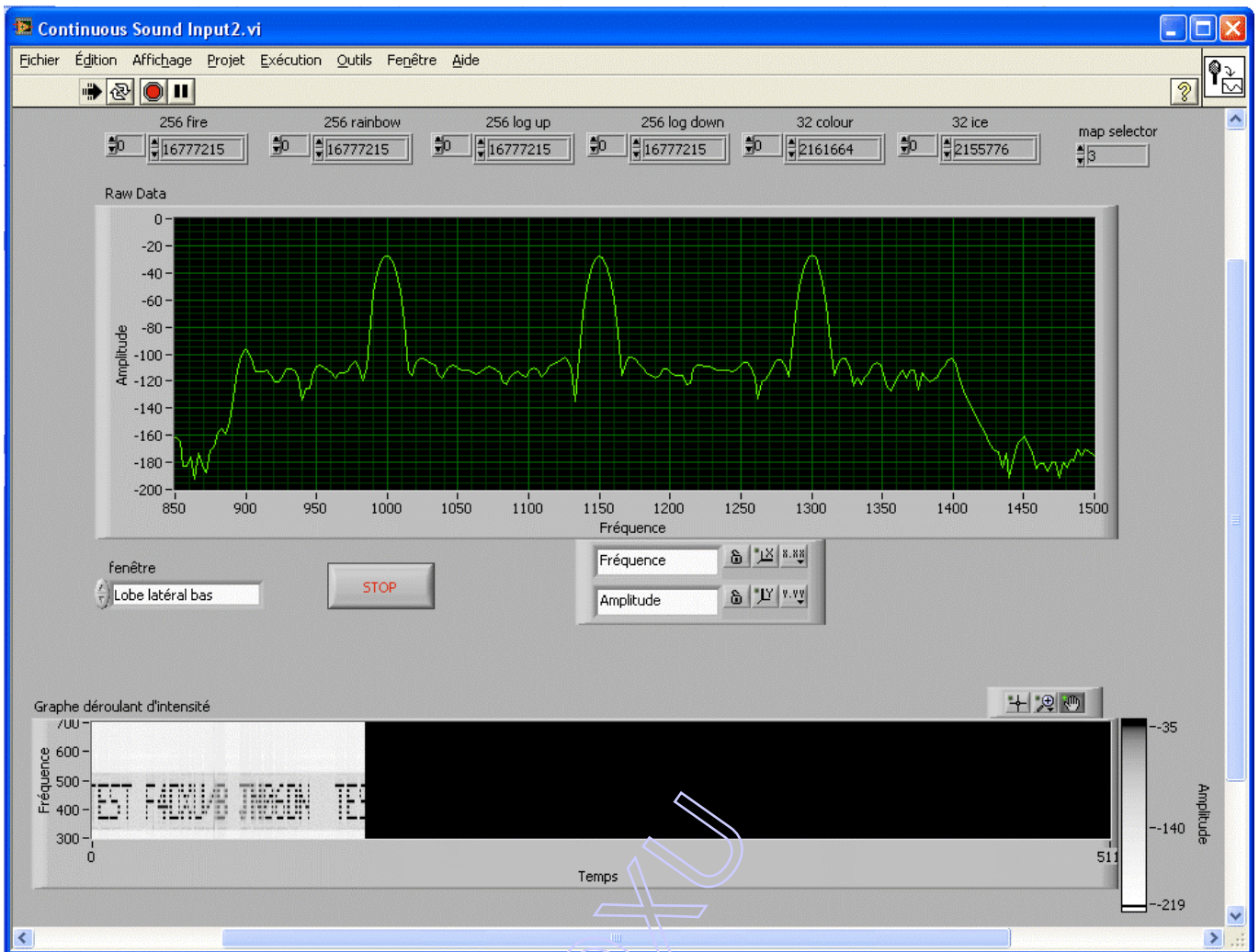


Figure 6

Le signal BF démodulé issu de l'interface est acquis par la carte son du PC et est traité au fur et à mesure qu'il arrive. Il passe tout d'abord par un filtre numérique elliptique du 8^{ième} ordre afin d'éviter le repliement de spectre et réduire la quantité de bruit. Il passe ensuite par un analyseur de spectre dont on peut choisir le fenêtrage (Hanning, rectangle, gaussien, etc). Consultez les liens ci-dessous pour obtenir des informations sur le fenêtrage :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fen%C3%AAtrage#Fen.C3.AAtres_courantes

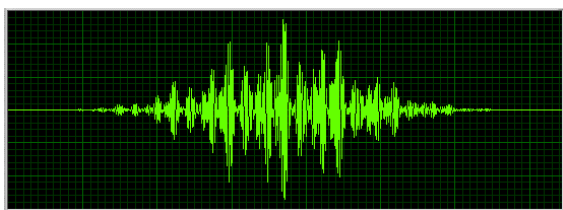
Le lien ci-dessous (en Anglais) donne un bon complément quand-aux propriétés des différentes fenêtres.

http://en.wikipedia.org/wiki/Window_function

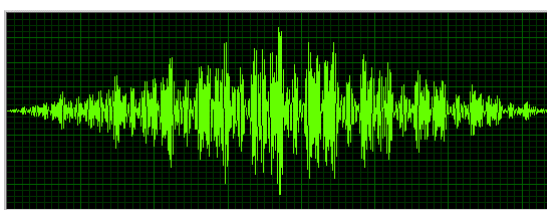
L'analyseur de spectre numérique effectue une transformée de Fourier rapide ou FFT (Fast Fourier Transformer), les PC modernes sont tout à fait capables d'effectuer ce genre de calcul complexe dans tous les sens du terme. En traitement du signal, le fenêtrage est utilisé dès que l'on s'intéresse à un signal de longueur volontairement limité. En théorie devrait avoir une durée d'observation illimitée dans le temps pour obtenir un spectre fidèle. En effet, un signal réel ne peut qu'avoir une durée limitée dans le temps ; de plus, un calcul ne peut se faire que sur un nombre de points fini. Pour observer un signal sur une durée finie, on le multiplie par une fonction fenêtre d'observation (également appelée fenêtre de pondération ou d'apodisation). La plus simple est la fenêtre rectangulaire ou porte (Wikipedia). Une fenêtre est une sorte de modulation d'amplitude du paquet de point acquis et que l'on fait passer ensuite dans la « moulinette à FFT ».

Autrement dit tous ces points seront multipliés par une forme du nom de celui qui l'a découverte et choisie en fonction du résultat escompté.

Voici 2 exemples de fenêtrage :



Fenêtrage lobe latéral bas (figure 7)



Fenêtrage triangulaire (figure 8)

Elles ont toutes une propriété particulière, certaines abaissent le pied des raies du spectre, d'autres réduisent la largeur des raies ou aplatissent leur sommet ou réduisent les lobes latéraux à la raies. Mais revenons à l'analyse de spectre, une FFT sera effectuée à chaque fois que la carte son recevra 4096 points. Le résultat sera affiché sur l'écran de l'analyseur (figure 6), il sera aussi envoyé à l'écran du graphe déroulant d'intensité (waterfall). Le plancher de bruit se situe à environ -120dB et le sommet des raies à environ -30dB, ces valeurs vont être converties en intensité, -120dB blanc et -30dB noir ainsi que toute l'échelle des gris intermédiaires. Tous les spectres vont être affichés les uns derrière les autres sur le « waterfall » qui se déroule de gauche à droite pour faire apparaître le texte de la balise « TEST F4DXU/B JN06DN »

Voici quelques exemples de réception de la balise expérimentale :

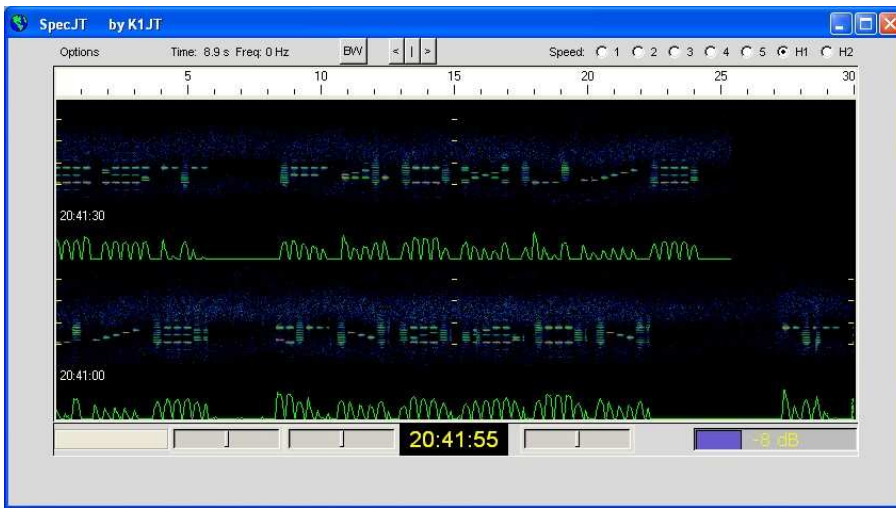


reçue chez Yves M. SWL avec un peu de fading et une remontée du bruit due au CAG lorsqu'il n'y a plus de transmission.

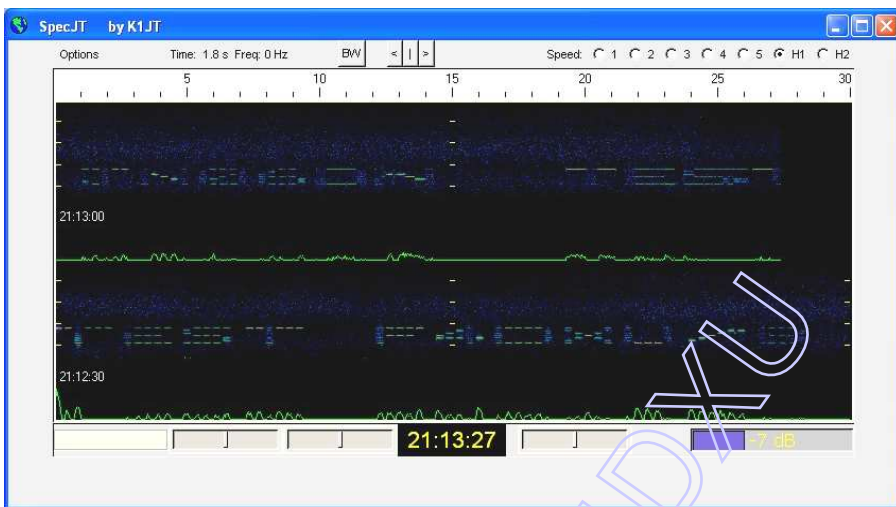


verticale

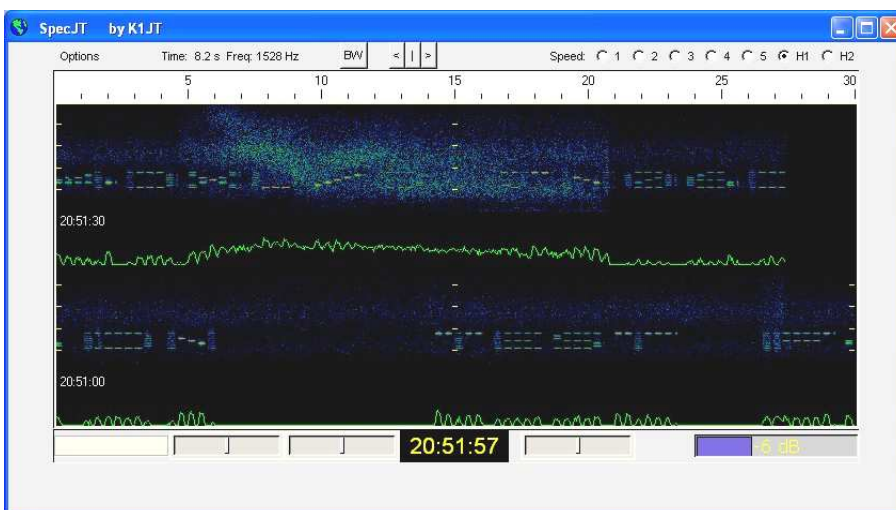
Toujours chez Yves M. sur antenne



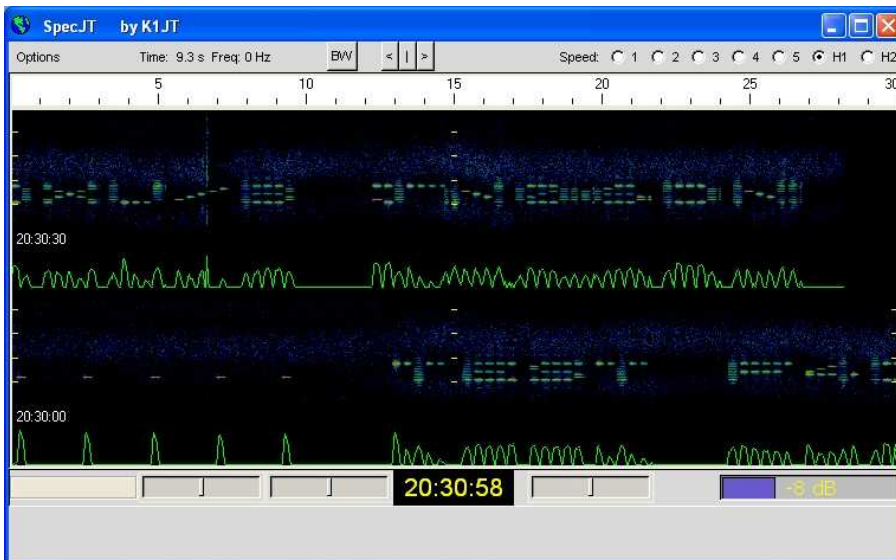
reçue chez Dominique F4AQW avec une fenêtre de Hanning et 25W à environ 40Km.



Reçue chez Dominique F4AQW avec une fenêtre rectangulaire et 25W.
On peut remarquer que les points se transforme en traits, en effet la fenêtre rectangulaire réduit la largeur des raies et augmente la précision en fréquence.



Reçue chez Dominique F4AQW avec une fenêtre de Hanning et du bruit. Le grand carré locator est encore lisible.



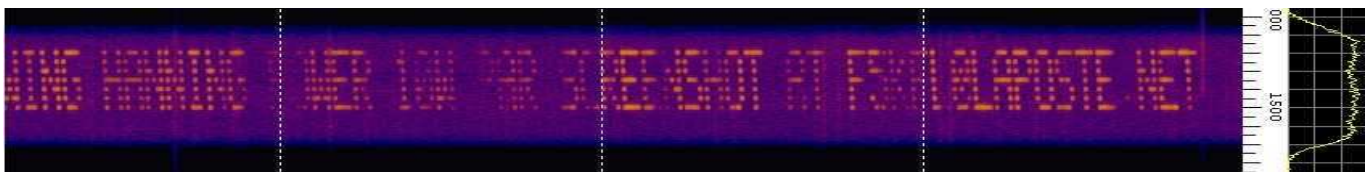
Encore une réception avec un peu d'écho sur le locator !!

Il est à noter que les conditions de réception chez F4AQW ne sont pas optimales car son antenne n'est pas parfaitement adaptée et son shack se situant dans un magnifique petit village mais au fond d'une cuvette ;-)

Dans un prochain article il sera question d'un système de détection et correction d'erreurs. Le codage canal sera identique mais utilisera une fréquence supplémentaire.

Complément :

J'ai eu l'agréable surprise, ce jour mercredi 13 août 2008 de recevoir plusieurs « screenshots » ou copies d'écran de David (EA1FAQ) qui sont de très bonne qualité et réalisées avec Spectrum Laboratory de DL4YHF. Le logiciel a été modifié pour envoyer la même puissance à chaque pixel, ils ne sont plus envoyés 7 par 7 (au maximum) mais successivement pour la même colonne. De cette manière les caractères apparaissent tous avec la même intensité mais sont légèrement penchés.



« HANNING POWER 10W PAR SCREENSHOT AT F5KFL@LAPOSTE.NET »

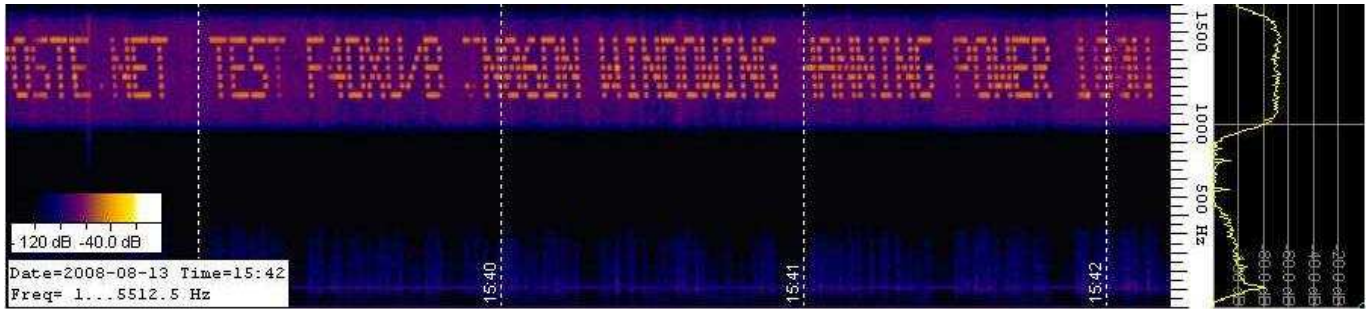
Ci-dessus réception affectée par de l'évanouissement (fading) pour une PAR de 10W.



« SCREENSHOT AT F5KFL@LAPOSTE.NET TEST F4DXU/B JN06DN »



« HANNING POWER 100W PAR SCREENSHOT AT F5KFL@LAPOSTE.NET »



« TEST F4DXU JNO6DN WINDOWING HANNING POWER 100W »

Encore merci à David (EA1FAQ) en IN71PN, muchas gracias i hasta luego.

Bonne expérimentation et à vos PC. F4DXU

F4DXU