

Périodique trimestriel de l'ASBL
WATERLOO ELECTRONICS CLUB
et de la section UBA de WTO
CCP : 000-0526931-27

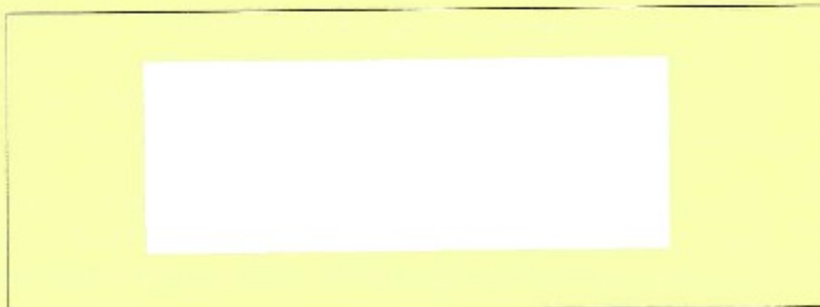
BELGIQUE - BELGIE
P.P.
1410 WATERLOO
6/1429



ON7WR

LOCAL

Campus ULB - VUB RHODE
Rue des Chevaux 65-67
1640 RHODE ST GENESE



Réunion : chaque vendredi à partir de 20 h.

BONNES VACANCES !

LA GIGAZETTE

Secrétariat

Président ON4TX

Site ON7WR

on7wr@on7wr.be

on4tx@skynet.be

<http://www.on7wr.be>

N° 106 2ème Trimestre 2004

De Tout un Peu

Une antenne, pas comme les autres

Contests et band planning

Un peu de culture générale

ON4TX

ON4KNP

ON4MIC

ON5YQ

Siège Social de l'ASBL : rue Bruyère St Jean, 96 1410 - WATERLOO
Editeur Responsable : ON4TX Roger Vanmarcke - Moensberg 58 à 1180 Bruxelles

DE TOUT UN PEU, par ON4TX.

Nouvelles de l'association :

L'envoi d'une **trentaine** de rappels de cotisation, n'a pas donné le résultat escompté. Seuls 3 OM jusqu'à présent ont répondu. Si vous connaissez des OM qui n'ont pas renouvelé leur cotisation, incitez-les à le faire, car comme d'habitude je suis le seul à essayer de recruter, or le problème pour l'association d'avoir des membres, c'est le problème de tous les membres.

Durant les mois de **juillet et août**, nous profiterons à nouveau de l'hospitalité de Henri, ON5SAT et de Marlis, pour faire les réunions sur le pont à Lasne. Facilitez-leur la tâche, en débarassant la table et en faisant la vaisselle en fin de réunion. Les réunions à Rhode recommenceront le **vendredi, 3 septembre** à partir de 20h.

Dorénavant, pour une question de **sécurité** voulue par le concierge de Rhode, la **barrière** d'ouverture du campus à Rhode sera **fermée**. Ne vous formalisez pas le vendredi, le club est bien ouvert et lorsque vous aurez franchi cette barrière, refermez-la derrière vous. Trop de personnes circulent dans le campus et n'ont rien à y faire, depuis que l'ULB a déserté les lieux.

Pour la question de la **licence de base**, les OM suivants ont répondu à mon appel : ON5YQ, ON6ST, ON4KNP, ON5EG et ON4BE. Espérons qu'à la rentrée, on pourra former une équipe d'instructeur et de vérificateurs et de mettre sur pied un agenda pour donner le cours théorique et l'examen de pratique.

ON5YQ signale que suite à sa démarche auprès des autorités communales de Waterloo, et en cas de problème avec le local de Rhode, on pourrait avoir un local partagé à côté de la maison communale, rue François Libert. Le coût serait de 3€ par réunion, il faudrait prendre en charge à chaque réunion la clé pour l'ouverture du local, car les locaux sont sous alarme. Quid du bar ? Il faudrait aussi payer une cotisation annuelle de 18€ à l'asbl Centre Culturel de Waterloo.

ON4TX sera qrv durant les vacances d'été depuis la Croatie, **9A/ON4TX**. La fréquence, heures, comme d'habitude : **14.137 MHz, à 08h30 et 18h30**, il n'est pas exclu que je ferai des essais aussi à **partir de 22h**. Les heures sont en locale belge. Je serai sur l'**île de Lastovo** du 17 au 27 juillet et sur Peljesac, à **Loviste**, c'est entre les îles de Korcula et Hvar, du 27 juillet jusque vers le 15 août.

PROCHAINES BROCANTES :

Weinheim, 11 et 12 Septembre, mais à Bensheim

Leicester, Casle Donington, 1 et 2 octobre

La Louvière, 3 octobre

Mortsel, 16 octobre

Zelzaete, 16 novembre et **St Truiden**, 19 décembre

Une antenne pas comme les autres

ON4KNP, Patrick

Comme beaucoup d'ex ON1, j'ai depuis le mois d'août 2003 le plaisir de bénéficier de l'accès aux bandes décamétriques. La surprise que nous a réservée l'IBPT s'étant estompée, je me suis attelé à l'installation d'une antenne.

Etude de l'environnement

Malgré un QRA en dehors de la ville, les contraintes sont importantes et surtout liées à la petite taille de mon jardin. Pas de place pour un mât haubané, trop près des voisins pour un pylône autoportant, pas d'accès direct au toit, bref pas très motivant tout cela. J'envisage donc une antenne filaire résonnante.

La littérature

A la lecture des quelques ouvrages que compte ma bibliothèque, les choses deviennent claires, avec le peu de place disponible, la proximité des voisins, le risque de TVI et le matériel dont je dispose, exit les W3DZZ, G5RV, Windom et consort.

Première réalisation

Mon choix s'est porté sur un dipôle 14MHz polarisé horizontalement, alimenté au centre par un câble coaxial et un balun 1/1. Les seuls trois arbres en bordure du jardin, éloignés l'un de l'autre d'environ 5 mètres servirent de support. Les résultats étaient satisfaisants, seulement l'antenne souffrait d'un manque évident de hauteur (3,5 mètres du sol). De plus il est impossible de trouver un accord passable au tuner d'antenne sur 28MHz, alors que le 21MHz et le 18MHz ne posent pas de problème.

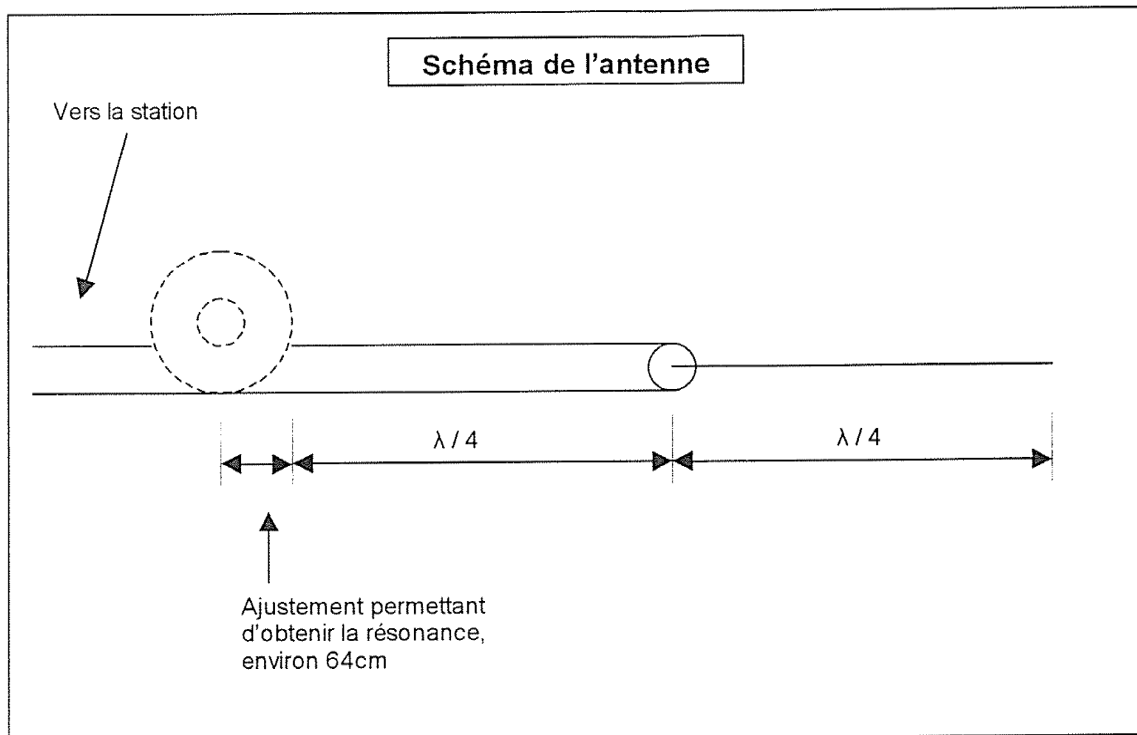
Après quelques bourrasques de vent assez violentes, le dipôle se brisa pour devenir un monopôle, bref inutilisable.

Seconde réalisation

Fort de ma première expérience, j'ai donc recherché une solution pour gagner un peu de hauteur en installant mon antenne mobile, une ground plane 14MHz composée d'une canne à pêche en fibre de verre de 4,6 mètres de long, munie de 3 radials, le tout monté à 4 mètres du sol. Après seulement quelques minutes d'écoute, la conclusion était évidente, les signaux étaient nettement plus puissants. L'inconvénient, cette solution me privait d'antenne mobile.

Je possédais bien une flèche de 5 mètres en aluminium ($\lambda/2$ pour le 28MHz), qui se laisserait transformer en GP pour le 14MHz (alimentation directement sur le tube plutôt que par le connecteur et la self), mais pas de possibilité de fixation. J'ai donc opté pour une antenne dipôle 14MHz en câble coaxial¹, alimenté par une extrémité.

¹ A Resonant Feed-line Dipole, ARRL Handbook 1997, page 20.17



Le principe de fonctionnement est simple, le courant HF parcourt l'antenne de bout en bout sur l'âme centrale, pour la tresse l'onde de retour est arrêtée après un quart d'onde, par une self de choc composée de quelques spires de câble coaxial 50 Ohm.

Les avantages de cette antenne :

- La mise ne œuvre est à la portée de tous, la phase la plus longue étant le chauffage du fer à souder.
- Grâce à l'alimentation en bout, pas besoin de balun, ce qui limite le poids de l'antenne ne nécessite que 2 points d'attache et un seul isolateur.
- Se prête bien à la réalisation d'antennes verticales, plus de problème d'alimentation à 90 degrés par rapport à l'axe du dipôle.
- Facilement transportable, elle se glisse sous un siège de la voiture pour les vacances.
- Les réglages sont enfantins, un déplacement de la self de choc suffit.
- Si l'antenne ne vous plait pas, vous récupérez votre câble coaxial intact !

Le montage :

- 1) Couper un fil de cuivre d'un quart d'onde pour la bande considérée, soit 5,01 mètres pour le segment phonie en 14MHz. (à droite sur le schéma)
- 2) Souder le fil à l'extrémité centrale d'un câble coaxial du type RG-213, RG-8, ou RG-58. en veillant à bien isoler la tresse qui est coupée à ras de l'extrémité du câble coaxial.
- 3) Isoler à l'aide d'un ruban adhésif pour empêcher l'humidité de pénétrer dans le câble.
- 4) Mesurer et marquer un quart d'onde sur le câble coaxial, par exemple avec de la bande adhésive.

- 5) Ajouter et marquer la longueur nécessaire à la confection de la self de choc selon les longueurs reprises dans le tableau ci-dessous. Ne coupez surtout pas le câble coaxial !
- 6) Bobiner la self de choc en enroulant le nombre de spires nécessaires avec la longueur de câble préalablement mesurée, conformément aux valeurs du tableau. Fixer la provisoirement afin de pouvoir procéder aux réglages éventuels.
- 7) Souder un connecteur à l'autre extrémité du câble coaxial et connecter le à votre émetteur ou récepteur.
- 8) Mesurer le ROS et ajuster la résonance en déplaçant légèrement la self de choc, ensuite fixer la self fermement.

| Freq. (MHz) | RG-213, RG-8 | RG-58 |
|-------------|----------------------|----------------------|
| 3,5 | 6,7m - 8 spires | 6,1m - 6 à 8 spires |
| 7 | 6,7m - 10 spires | 4,57m - 6 spires |
| 10 | 3,65m - 10 spires | 3,05m - 7 spires |
| 14 | 3,04m - 4 spires | 2,44m - 8 spires |
| 21 | 2,43m - 6 à 8 spires | 1,82m - 8 spires |
| 28 | 1,82m - 6 à 8 spires | 1,22m - 6 à 8 spires |

La version que j'ai réalisée pour le 14MHz est disposée en 'L', le câble coaxial est à l'horizontale à 3 mètres de hauteur, l'autre brin est enroulé autour de 4,5 mètres de bambou fixé verticalement dans un arbre, à 4 mètres du sol.

Le coût total de l'antenne s'élève à 3 EUR pour le bambou, le reste est de la récupération.

Les résultats

Je n'ai pas pris la peine d'ajuster le ROS mais j'ai toutefois connecté la tresse du câble coaxial à la terre avant de rentrer dans la shack.

| Féq. (MHz) | ROS |
|------------|-----|
| 14,0 | 1,3 |
| 14,1 | 1,2 |
| 14,2 | 1,1 |
| 14,3 | 1,1 |

Les résultats sont prometteurs, avec 100W j'ai déjà contacté quelques états américains (CT, MD, NC, NH, OR, PA, WA), des provinces canadiennes (Prince Edward Island, Ontario, Saskatchewan, Alberta), A4, A7, EA9, JA, JY, OD, PY, TA, UA9, 4X, 3V, 4L, 5N, 9K, sans parler des pile-up où je n'ai pas percé la mêlée (P4, SU, VI5, VI, 3B9, 9M8).

A l'aide du coupleur, je peux travailler sur les bandes supérieures et même le 28MHz, mais c'est plus difficile, de plus je n'ai pas encore étudié le comportement de la self de choc à ces fréquences. Les meilleurs DX sont les USA (FL, IL, OH), LU, OD et TF.

Si vous vous laissez tenter par la réalisation de ce type d'antenne, n'hésitez pas à me faire part des résultats obtenus.

73's de Patrick

Comment débiter en APRS® ? ? ?

par ON4SEB

Introduction

L'APRS est un « mode de transmission » qui est apparu en 1994 et a été inventé par Bob Bruninga WB4APR². Ce système est basé sur une transmission AX25 unproto (sans connexion). APRS signifie Automatic Position Reporting System.

Parmi ses possibilités, on trouve report de position, d'informations météo, de bulletins d'alerte, objets (position des radioclubs, activités,...). *Le but de l'aprs n'est pas de faire des qso mais de faciliter le trafic.*

Les fréquences de trafic

Fréquence

7.035 LSB
10.150 LSB
14.105 LSB
29.250 FM
144.800 FM
430.5125 FM

Commentaires

300 Bauds
300 Bauds
300 Bauds
1200 Bauds
1200 Bauds (Fréquence habituelle d'APRS)
1200 Bauds (Fréquence d'APRS non officielle utilisée aux Pays-Bas et en Belgique)
9600 Bauds (Fréquence UHF officielle)

430.825 FM

Aux Etats-Unis l'APRS se pratique en VHF sur 144.390 FM 1200 Bauds...

Matériel nécessaire

- Un PC.
- Un TNC (n'importe lequel) ou une carte son.
- Un émetteur 2m (utilisez la puissance minimum possible 5 ou 10 watts mais pas 50 !!)
- UI-View (16 ou 32 bits).
- AGWPE si on utilise la carte son.

² Il est possible de trouver la feuille des spécifications du protocole sur www.tapr.org.

Comment marche la répétition ???

PAR WIDEn-N

Là, les digipeaters prennent la station contenant WIDE, répètent cette trame et décrémentent n. N détermine le nombre de sauts compris entre 1 et 7.

Exemple

ON4XYZ>APRS,WIDE7-7 devient après répétition ON4XYZ>APRS,WIDE7-6

PAR TRACEn-N

Là, les digipeaters répètent la station en opérant une substitution avec leur propre indicatif. Il agit exactement comme les WIDE.

Exemple

ON4XYZ>APRS,TRACE7-7 devient ON4XYZ>APRS,ON0APR*³ 3

PAR RELAY

Cette technique est utilisée en mobile car elle permet aux digipeaters des utilisateurs de répéter les trames des mobiles qu'ils entendent avec ou sans substitution d'indicatifs.

Exemple

ON4XYZ-9>APRS,RELAY,WIDE3-3 devient ON4XYZ-9>APRS,RELAY*,WIDE3-3 ou ON4XYZ-9>APRS,ON4LDZ*,WIDE3-3.

Configuration d'une station APRS

Installez UI-View et lancez-le. Allez dans « Setup » puis « Station Setup ».

| Callsign | Latitude | Longitude | Locator |
|----------|-----------|------------|---------|
| ON4SEB | 50.48.17N | 004.21.51E | JD20ET |

| Unproto port | Unproto address |
|--------------|-----------------|
| 1 | APRS,TRACE7-7 |

Beacon comment: Seb QTH Uccle

Beacon interval (mins): Fixed 30, Mobile 0, Internet 30

Symbol: Home (O'ly), Compressed Beacon

GPS symbol: Car (O'ly)

Buttons: Ok, Cancel

³ L'astérisque indique le dernier digipeater qui a répété cette trame.

Remplissez les cases comme sur la figure ci-dessus. La case Unproto address doit contenir quelque chose ressemblant à « APRS,TRACE7-7 » ou « APRS,WIDE7-7 ». Il est déconseillé de mélanger WIDE7-7 et TRACE7-7.

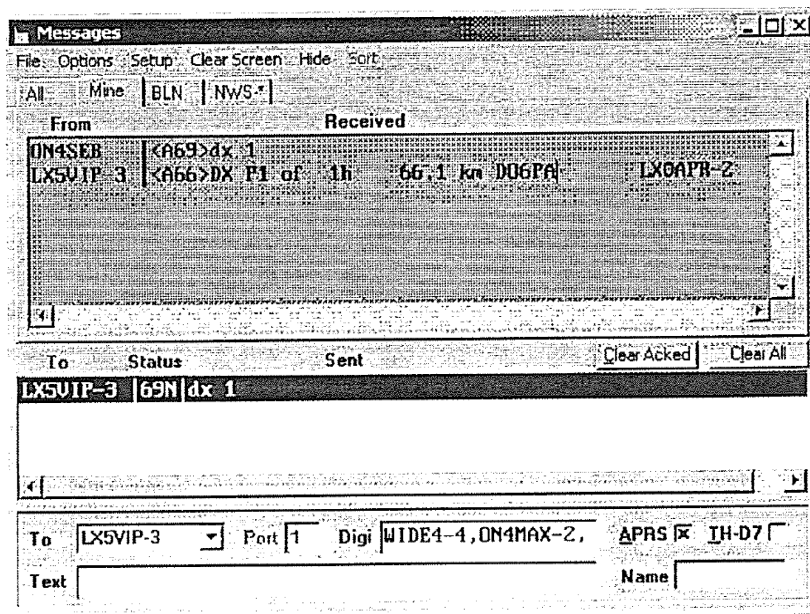
30 minutes est une valeur standard pour un utilisateur normal. Il est recommandé de ne pas descendre en-dessous de 20 minutes pour les stations fixes.

On peut connaître sa position soit avec un GPS soit avec une carte topographique. Si vous voulez une bonne approximation de votre position sans carte topographique, allez voir sur le site <http://www.calle.com/world/>

Allez dans « Setup » puis « Comms Setup » et configurez votre TNC de préférence en KISS mais le hostmode marche également

Les messages

Les messages peuvent être envoyés soit à une personne soit à un groupe ou à un digipeater pour avoir des informations.



On écrit l'indicatif du destinataire dans la case « TO ».

Dans la case « DIGI » tapez soit « CTRL R » pour obtenir le chemin inversé exemple on a :

LX5VIP-3 via LX0APR-2,ON4MAX-2,WIDE4-4 le chemin inversé est LX5VIP-3 via WIDE4-4,ON4MAX-2,LX0APR-2.

On peut aussi cliquer deux fois sur la case pour obtenir le chemin par défaut.

Tapez le texte dans la zone « TEXT ». Quand l'accusé de réception arrive, on voit « Y » qui apparaît dans la case STATUS au lieu de « 69N »⁴ dans l'exemple ci-dessus.

On peut connaître les informations d'un digi intelligent en lui envoyant une série de commandes qui sont reprises dans le tableau ci-dessous. Il suffit juste d'envoyer un message contenant le texte de la commande

⁴ 69N signifie que le message n°69 n'a pas reçu d'accusé de réception et qu'il n'a peut être pas été reçu.

| <u>Cmd⁵</u> | <u>Paramètre</u> | <u>Description</u> | <u>Exemple</u> |
|------------------------|------------------|---|----------------|
| LIST | | renvoie la liste des commandes | LIST |
| TYPE | | renvoie le type de digipeater | TYPE |
| ID | | renvoie le nom du digi et son sysop | ID |
| UP | | renvoie la date depuis laquelle il est en fonction | UP |
| VER | | renvoie la version avec laquelle il tourne | VER |
| PING? | | renvoie le chemin d'arrivée du message | PING? |
| APRS? | | répond à un query général | APRS? |
| APRSD | | renvoie la liste des stations reçues en direct | APRSD |
| APRST | | renvoie le chemin d'arrivée du message | APRST |
| APRSP | | renvoie la position comme pour ?APRS? | APRSP |
| PORTS | | renvoie le nombre de ports disponibles | PORTS |
| DX | <PORT> | renvoie le dx sur un port | DX 1 |
| MH(eard) | <PORT> | renvoie les stations entendues sur un port | MH 1 |
| | <CALL> | renvoie la date et l'heure à laquelle la station a été entendue | MH ON4XYZ |
| VO(ice) | | renvoie le nom et la fréquence des relais phonie les plus proches | VO |
| LO(cal) | | renvoie la fréquence habituelle des membres du club | LO |
| Q(rg) | | renvoie les fréquences d'activité APRS | Q |
| VH(f) | | renvoie le relais phonie VHF le plus proche | VH |
| UH(f) | | renvoie le relais phonie UHF le plus proche | UH |

E-MAILS

On peut envoyer des E-MAILS avec l'APRS exemple, vous avez envie de fixer un sked mais vous n'avez pas de connexion Internet, envoyez un message avec l'APRS.

Pour ce faire, mettre dans la case « CALL » : « EMAIL » dans la case « DIGI » quelque chose comme « TRACE3-3,TCPIP ». Il s'agit du chemin pour arriver au IGATE. Dans le message tapez l'adresse E-MAIL suivie du message

Exemple : TO : « EMAIL » DIGI : « TRACE3-3,TCPIP »
 TEXT : « xxx@hotmail.com QSO a 20h sur 14.137 USB ».

Remarques

- L'adresse E-MAIL et le message doivent être dans un seul message.
- Le digipath doit absolument contenir TCPIP

⁵ Le point d'interrogation peut être mis devant n'importe quelle commande de ce tableau.

BULLETINS et ANNONCES

Les bulletins

Dans la case TO, on met « BLN » suivi d'un chiffre exemple « BLN0 », « BLN1 »...
Dans la case DIGI, on met le chemin par lequel on veut qu'il soit répété.
Et dans text on met son message...

Ils sont envoyés avec des intervalles décroissants 2, 5, 10 et 20 minutes.
C'est pratique pour annoncer des alertes Météo ou des informations routières ou autres.
Ces messages ne sont pas censés avoir une longue durée de vie (maximum quelques heures).

Les annonces

C'est la même chose que les bulletins mais ils sont répétés toutes les 2, 5, 10, 20, 30 et 60 minutes.
Dans la case TO on met « BLN » suivi d'une lettre exemple « BLNA », « BLNB ».

Attention : Le système continue à envoyer les bulletins ou annonces tant qu'ils n'ont pas été supprimés de la liste des messages.

Bonne découverte de l'APRS et 73s de Sébastien ON4SEB
E-MAIL : SVANCAU71@HOTMAIL.COM

Contests et band planning

« Ma liberté à moi finit là où commence celle des autres »

Je voulais juste pousser un petit coup de gueule au sujet d'un comportement déplorable mais qui est, malheureusement, monnaie courante actuellement ! Faut-il pour autant se taire et l'admettre sans discussion ?

Lors du week-end des 27 et 28 mars a eu lieu un contest en HF en mode SSB, un de plus et, bien sûr, le w-e.

Je ne suis pas un opposant aux contests, je trouve qu'ils ont le mérite d'activer les bandes et de montrer à nos dirigeants et penseurs qu'il existe un grand nombre de radioamateurs et que ceux-ci ont bien besoin de leurs bandes de fréquences.

De plus, c'est un moment privilégié puisque le monde entier de la communauté des radioamateurs est actif en même temps ! C'est vraiment le moment le mieux choisi pour contacter les indicatifs exotiques.

Le fait que je prends l'exemple du mode SSB est un hasard malheureux car ce qui va suivre peut s'attribuer à tout contest, quel que soit le mode utilisé.

Tout radioamateur se doit de connaître l'existence du « Band Planning ».., le connaître par cœur serait peut-être mieux mais pourquoi s'encombrer l'esprit alors qu'il suffit de l'avoir près du TX ... et y jeter un coup d'œil *AVANT* d'émettre.

Mais en connaître l'existence ne suffit pas ! Il faut aussi l'appliquer MEME si ce ne sont que des « recommandations » !

En effet, pourquoi ces recommandations ne seraient pas d'application pendant les contests ? Chaque « Contester », au moment de l'envoi de son log, signe et accepte la mention :

« I declare that all the contest rules and all the rules and regulations for amateur radio operations in my country have been observed and adhered to. »

Faut-il ajouter la mention explicite « .. et en respectant le band planning » ? Je pensais que rien que cela coulait de source non ?

Alors, dites-moi pourquoi certains sont allègrement descendus jusqu'à 7020 Khz ce week-end ? Faisant fi des modes digitaux, des QRP du 7030 et en rognant la bande, déjà si étroite, des télégraphistes !

C'est vrai que la télégraphie passe toujours ! Avec de bons filtres, les qso ont pu se tenir, toujours en gardant des puissances « normales » de 100 watts. Mais, basta des signaux faibles, des DX et des QRP !

Alors, pourquoi venir nous parler de ça ? Mais parce que j'ai le droit aussi de vouloir trafiquer dans des conditions normales, même un jour de contest ! Si je n'aime pas trop la SSB et que je préfère le mode A1A, c'est mon droit aussi non !!

Déjà que ceux qui ne pratiquent pas les contests doivent s'effacer si le mode utilisé est celui qu'il pratique d'habitude ; en plus, on ne pourrait pratiquer un autre mode parce que les contesters indéliçats ont décidé de s'attribuer toute la plage de fréquence en utilisant des PA (très très) QRO pour se faire plaisir à eux, et à eux seulement !!

Ce n'est qu'une fois, de temps en temps, me direz-vous ? Disons plutôt qu'au vu du calendrier Contest, c'est assez souvent et, bien sûr, le week-end. Ben tiens, en semaine, ça n'aurait pas autant de succès ! (entièrement d'accord là-dessus bien sûr !)

Et, avez-vous pensé à ceux qui, ayant travaillé comme vous la semaine, se font une joie de pouvoir s'adonner à leur passe-temps favori, la radio, mais qui ne se passionnent pas autant que nous pour les contests ?

Pourquoi leur imposer d'éteindre leurs radios ou de passer sur les bandes WARC simplement parce que vous trouvez plus facile d'empiéter sur les sous-bandes destinées à un autre mode que celui pratiqué lors du contest ?

Non, Monsieur, je n'ai pas les bandes WARC et je n'ai pas un parc d'antennes à cause de la place disponible au QRA ou à cause des directives de plus en plus contraignantes de l'urbanisme. Et, à mon humble avis, nous sommes beaucoup dans ce cas-là !

Qui plus est, je voulais tester un montage QRP en CW ce w-e !! Je n'ai vraiment pas de chance, faudra attendre le prochain week-end .. ou y aura-t-il encore un contest le prochain week-end ?

Alors qu'il serait si simple de respecter les recommandations du band planning international ...et, si les faits signalés ici ne sont vraiment que du ressort de quelques irréductibles, que les organisateurs de contest prennent sur eux de disqualifier ces brebis galeuses !!

Mais, il serait trop facile de dire « c'est eux ! Nous, on respecte « l'agreement » » .. car il faut bien qu'il y ait des responsables de ces débordements, ces « sans foutistes » ont des indicatifs, ils les lancent assez souvent d'ailleurs et de manière tonitruante !! Et le pire, c'est que vous les encouragez à rester là en leur répondant !!

Mais, le summum de l'irresponsabilité, c'est que l'on a pu entendre des indicatifs de radio clubs hors des plages de fréquences SSB !! Comment voulez-vous que l'on respecte le band planning si, déjà les radio clubs sensés être l'exemple à suivre, l'ignorent complètement ? !

Rassurez-vous, je n'ai pas pris les indicatifs fautifs et, même si je les connaissais, je ne transmettrai pas aux responsables de contest. Par contre, les om's qui se reconnaîtront dans ces lignes devraient méditer sur ce qui vient d'être écrit et s'engager, moralement, à devenir un exemple pour tous.

Une erreur est toujours possible et admissible mais quand celle-ci devient constante, on se doit de la faire remarquer pour que l'opérateur puisse en tirer les conséquences.

Je vous invite tous à suivre une méthode qui satisfera tout le monde ...

Respectez les recommandations de l'IARU sur les band planning, soyez un exemple pour tous et, un jour peut-être, on parlera de ce problème comme « un souvenir du passé » !

Bon, j'ai poussé mon coup de gueule ! ... C'est quand le prochain contest HF en télégraphie pour que je mette en pratique ce que je viens de demander ? HI3x

73/72 et 88 de ON4MIC Eric Raineri

Un peu de culture Générale ?

Après tout pourquoi pas ? par ON5YQ

Parlons donc un peu des filtres, mais sous un aspect peut-être inhabituel pour beaucoup. Les filtres font partie des « Systèmes ». Ces derniers sont des assemblages de composants raccordés de manière à obtenir un effet déterminé (une des définitions).

On distingue entre-autres les systèmes MIMO (multiple input, multiple output) et les systèmes SISO (single input, single output). Les filtres appartiennent à cette dernière catégorie. Les filtres sont des systèmes de traitement de signaux. Un signal est une grandeur physique portant une information. Un système est dit « causal » si l'effet produit à sa sortie se produit après l'apparition du signal d'entrée. Tous les systèmes réels sont, bien évidemment « causaux ».

Cette définition trouve son intérêt dans le fait que si l'on se donne, à priori, des caractéristiques d'un système, et que l'on s'aperçoit à l'analyse qu'il n'est pas causal, cela signifie qu'il n'a pas d'existence réelle. Par exemple un filtre passe-bas « idéal » c.a.d qui passerait toutes les fréquences, jusqu'à une fréquence limite, que l'on appelle fréquence de coupure, sans atténuation et éliminerait totalement toutes les fréquences supérieures, et même de plus aurait une caractéristique de phase parfaitement « linéaire » n'a pas d'existence réelle. Il nous faudra donc rechercher la meilleure approximation possible. Au passage, signalons qu'il n'existe aucun filtre à « déphasage minimum » (voir plus loin) qui atténue totalement (dBs infinis) dans une bande de fréquence (théorème de Paley et Wiener). Il existe par contre des filtres qui ont une atténuation infinie pour un nombre discret de valeurs de la fréquence du signal.

Par exemple les « notch » ou les filtres « elliptiques » ou les « maximally flats with Tchebychev delays ».

Un système sera dit « Invariant dans le temps », lorsque, si pour un signal d'entrée $e(t)$ il délivre un signal de sortie $s(t)$ et que si on décale le signal d'entrée d'une valeur que nous appellerons « τ », le signal à la sortie reste identique au signal d'entrée, mais décalé de la même valeur de temps « τ ». Autrement dit son comportement est totalement indépendant de l'origine que l'on a choisie pour le temps.

Un système sera dit « stable » si après l'apparition d'une perturbation de courte durée il reprend son état initial. Un système « instable » peut se comporter de deux manières : soit il est « apériodique » et dans ce cas il se mettra dans un des états extrêmes, soit en saturation, soit en blocage, ou alors il est « périodique » et c'est l'oscillation ou « pompage ». En fait ce cas peut se présenter lorsqu'il y a contre-réaction ou « feedback ». Dans les filtres passifs ce ne sera jamais le cas. Cette « stabilité » aura une influence sur la « fonction de transfert » dont nous parlerons plus loin.

Un système sera dit « linéaire » si pour un signal d'entrée $e_1(t)$ il délivre un signal de sortie $s_1(t)$, que de plus pour un signal d'entrée $e_2(t)$ sort un signal $s_2(t)$, et que pour un signal $a_1 \cdot e_1(t) + a_2 \cdot e_2(t)$ son signal de sortie soit $a_1 \cdot s_1(t) + a_2 \cdot s_2(t)$. En fait on peut généraliser : pour toute combinaison linéaire d'un ensemble de signaux d'entrée, on obtient la même combinaison linéaire des signaux de sortie correspondants. En fait une relation « linéaire » est une relation du premier degré, comprenant une proportionnalité et un décalage. De là le principe de superposition des effets : dans un circuit ne comprenant que des éléments « linéaires », la tension entre deux bornes quelconques du circuit, ou le courant dans une branche, est égal à la somme des tensions ou des courants que produirait chaque source prise séparément.

Cette propriété est de la première importance : l'étude des systèmes « linéaires » a été développée très à fond, elle est plus aisée et d'application plus universelle que celle des non-linéaires. Ceci dit, en toute rigueur, aucun système réel ne peut être qualifié de parfaitement « linéaire ». En pratique, on le considèrera comme tel, dans des limites précises des signaux d'entrée. Disons toutefois que les filtres comprenant des composants passifs : selfs à air, condensateurs à air, transformateurs sans noyau magnétique, sont d'une excellente linéarité. En présence d'un noyau magnétique dans une bobine ou un transformateur ils ne le sont que pour de faibles variations de tension ou courant, du fait de la non-linéarité de la courbe de magnétisation du noyau.

Avant d'aborder le problème central de la « fonction de transfert » un tout petit rappel de mathématiques s'impose. Rappelons simplement la définition d'une variable « complexe », ou aussi d'une grandeur « complexe ». Soit deux variables quelconques par exemple x et y , (on peut évidemment prendre n'importe quels autres symboles) et groupons-les, sous une seule variable que nous appellerons z , par exemple, avec $z=x+j*y$, j est tel que $j*j=-1$, la base des « imaginaires », z est la variable complexe, x sa partie « réelle » et y sa partie « imaginaire ». Les mathématiciens utilisent le symbole « i » à la place de « j », pour « imaginaire ». En électricité et électronique la lettre « i » est réservée à la symbolisation des courants. Il existe une représentation graphique des grandeurs complexes. Dans un système d'axes de coordonnées Ox, Oy le point P de coordonnées $[x, y]$ s'appelle « l'affixe » de la grandeur complexe, et l'angle que fait la droite OP issue de l'origine des axes et l'axe des abscisses, s'appelle l'argument. La distance OP est le « module ». Ce seront respectivement le module et le déphasage de nos courbes de réponse en fréquence. La même définition s'applique à des « nombres » complexes. Ce concept de grandeur complexe a reçu de nombreuses applications, aussi bien en mathématiques qu'en physique et particulièrement en électricité et électronique.

Une impédance, une admittance, une tension ou un courant alternatif sont aisément représentés par des grandeurs de ce type.

Venons-en maintenant au « plat de consistance ». Il est très important dans l'étude des systèmes de pouvoir déterminer la relation existant entre le signal d'entrée et celui de sortie. Dans ce but on fait appel à tous les modèles que nous fournit la physique. En appliquant ces « lois » au système on obtient une « équation différentielle » ; c'est une relation entre une fonction à déterminer (inconnue) et ses dérivées successives jusqu'à un certain « ordre ». Si l'ordre de dérivation le plus élevé est de 3 par exemple ce sera une équation du 3^{ème} ordre. La solution d'une telle équation est une fonction. Les équations rencontrées dans l'étude des systèmes linéaires sont parmi les plus simples : elles sont linéaires, c.a.d. que la fonction inconnue et ses dérivées n'apparaissent qu'au premier degré, elles sont à « coefficients constants » (ce sont les valeurs des résistances et autres composants, ou une combinaison de ceux-ci) et le second membre ne contient plus que des fonctions du signal d'entrée. Malheureusement il faut les résoudre au « coup par coup » et cela manque de généralité. Aussi les mathématiciens ont mis à notre disposition des méthodes plus aisées d'emploi. Il s'agit des « transformations » de fonctions. Commençons donc par la transformation de « Laplace ».

A une fonction d'une variable quelconque (pour nous il s'agira essentiellement du temps) on fait correspondre par une opération que nous ne décrirons pas ici une toute autre fonction d'une toute autre variable (variable complexe que l'on représente souvent par un « s » ou un « p »). A toute fonction $f(t)$, par exemple, on fera correspondre une fonction $F(s)$. Le résultat de la transformation est unique et de plus à partir de la transformée on peut retrouver la fonction originale par la transformation inverse.

Cette transformation possède de nombreuses propriétés. Par exemple une opération de dérivation dans l'espace des « temps » va se traduire par une simple multiplication, dans l'espace « s », par s pour une dérivation simple, par s au carré pour une double etc...

C'est la raison pour laquelle on a appelé ce type de calcul « calcul opérationnel » puisqu'il permet de traiter des opérations comme la dérivation, l'intégration comme de simples grandeurs algébriques. Ce qui en résulte c'est que l'équation différentielle du départ sera transformée dans le produit d'un polynôme par la fonction inconnue (ou plutôt sa transformée de Laplace) pour le premier membre de l'équation et un autre polynôme multiplié par la fonction d'entrée du système. Le résultat s'exprimera sous la forme suivante : $S(s) / E(s) = \text{NUM}(s) / \text{DEN}(s)$. Le numérateur et le dénominateur dépendent du problème. On résume ce rapport par $S(s) / E(s) = H(s)$. $H(s)$ s'appelle la fonction de transfert « isomorphe ».

A partir de $H(s)$ on peut synthétiser un filtre (Synthèse de Foster ou de Cauer), et sous certaines conditions, très généralement satisfaites dans le cas de problèmes de filtres, connaître la réponse à une sollicitation quelconque. C'est très simple : il suffit de multiplier $H(s)$ par la transformée du signal et de repasser dans l'espace réel celui des temps. Pour cela il existe des tas de tables de transformées de Laplace dans les ouvrages sur les filtres et sur les systèmes. Outre la réponse à une sollicitation de type sinusoïdale, qui nous est familière, d'autres types de tests peuvent être appliqués au système. Par exemple « l'impulsion de Dirac ». En fait cette impulsion est représentée par une fonction que l'on appelle $\delta(t)$. C'est une fonction qui est nulle partout sauf en $t = 0$, où elle passe à « l'infini », mais pas n'importe comment. Disons qu'elle peut être considérée comme la limite d'une impulsion rectangulaire commençant à $t = 0$ et se terminant à t_1 lorsque l'on fait tendre t_1 vers 0, tout en gardant la « surface » constante et égale à un. La transformée de Laplace de cette $\delta(t)$ vaut 1. Donc dans l'expression qui donne le rapport du signal de sortie sur celui d'entrée $E(s)$ vaudra alors 1, et $H(s)$ sera la transformée de Laplace de la « réponse impulsionnelle ». Un autre signal de test est un « échelon » c.a.d. un signal qui est nul pour $t \leq 0$ et vaut 1 pour $t > 0$. La réponse à ce signal est la réponse « indicielle ».

On a imaginé d'autres signaux de test en particulier pour l'identification d'un système en régulation par exemple : un signal « pseudo-aléatoire » et d'autres.

Revenons à la fonction de transfert isomorphe. La variable s est une variable complexe que l'on appelle à tort « fréquence complexe » et que l'on exprime par $s = \sigma + j^*\omega$ avec ω qui vaut $2\pi f$. (Avec f = la fréquence)

Les valeurs de s qui annulent le numérateur de la fonction de transfert sont les « zéros » de celle-ci et correspondent à des peaks d'atténuation de la courbe de réponse. Celles qui annulent le dénominateur sont les « pôles » de celle-ci. La simple connaissance des pôles et des zéros de la FT et d'une constante multiplicative permet de reconstituer la FT (fonction de transfert). La représentation dans un système d'axes Ox ; Oy s'appelle la « constellation des pôles et des zéros ». Pour l'étude de la stabilité d'un système utilisant la réaction, contre-réaction ou encore feedback, on utilise le plan « d'Evans » qui est le lieu de pôles et des zéros, obtenu en faisant varier un paramètre du système, par exemple le gain. Il permet de déterminer les zones de stabilité ou d'instabilité d'un système et d'en déduire les paramètres à utiliser afin d'atteindre le but recherché. La FT doit répondre à certains critères : pour qu'elle soit celle d'un système « causal » il faut que le degré du numérateur soit au plus égal à celui du dénominateur. D'autre part pour des raisons de stabilité il faut que les σ du dénominateur soient négatifs.

Quelques définitions de plus : si le numérateur de la FT est une constante on a affaire à un système polynomial, si d'autre part les σ du numérateur sont aussi négatifs on a affaire à un système à « phase minimale », car c'est celui qui produit le plus faible déphasage entre le signal d'entrée et celui de sortie. Si maintenant dans la FT on fait $\sigma = 0$, $H(s)$ devient $H(j\omega)$, où n'intervient plus que la fréquence, on obtient la FT « isochrone ». Le module de celle-ci nous donne la réponse en fréquence du système et l'argument, le déphasage entre le signal d'entrée et de sortie.

On parle très peu de ce déphasage, bien qu'il joue un rôle important dans la reproduction de signaux transitoires (réponse sans « overshoot » par exemple) ou les temps de montée etc. Deux grandeurs caractérisent ce déphasage : φ / ω soit le déphasage divisé par la pulsation qui détermine le retard pour un seul signal et $d\varphi / d\omega$ qu'on appelle retard de groupe qui détermine le retard relatif entre les différentes composantes d'un signal. Si la phase a une caractéristique « linéaire » en fonction de la fréquence cette grandeur est constante et il n'y a pas de distorsion de phase. Dans les modulations « exponentielles » soit fréquence, soit phase, ou une combinaison des deux, cette distorsion de phase produit une distorsion du signal. On peut trouver sur le marché des filtres passe-bande centrés sur 10.7 MHz avec une caractéristique de phase « linéaire ».

La FT isochrone pouvait être obtenue à partir des équations de départ en utilisant une autre « transformation » : celle de Fourier. Cette transformation est le « Spectrum Analyser » mathématique. En partant d'un signal donné en fonction du temps elle fournit le spectre, continu ou discret, ou une combinaison des deux, du signal analysé. De plus à partir du spectre de fréquence il est possible de reconstituer le signal incident.

Cette transformation est apparentée à celle de Laplace. Pour un signal causal c.a.d. nul pour $t < 0$ on peut l'obtenir à partir de la transformée de Laplace en faisant $\sigma = 0$, autrement dit en remplaçant s par $j\omega$.

La FT isochrone est encore une grandeur complexe qui peut s'écrire : $X + j*Y$, avec X partie réelle et Y partie imaginaire, ou encore $M \cdot \exp(j\varphi)$ avec M = module et φ argument ou déphasage. Pour les systèmes à phase minimale X et Y ainsi que M et φ forment des couples de transformées de « Hilbert » (encore une, rassurez-vous il y en a d'autres mais nous nous contenterons de celles-la).

En clair cela veut dire que si l'on connaît X , Y sera automatiquement déterminé, de même avec M et φ . Il n'est donc pas possible de choisir séparément l'un et l'autre. En fait on démontre qu'un système peut être constitué par un système à phase minimale, suivi d'un système « passe tout ». Il existe des filtres « passe tout ». Ce sont des filtres qui passent toutes les fréquences sans atténuation en tout cas dans une bande de fréquence qui nous intéresse tout en modifiant la caractéristique de phase. On les nomme parfois « correcteurs de phase ». Avec le filtre à phase minimale on joue sur la caractéristique d'amplitude et avec le « passe tout » on corrige la caractéristique de phase, si nécessaire, ce qui n'est pas toujours le cas : par exemple un filtre « front end » à large bande, à l'entrée d'un récepteur, dont on n'utilisera plus loin qu'une faible partie de la bande de fréquence, ne devra pas être corrigé. Par contre le filtre à bande étroite qui suit, pourrait devoir l'être.

La FT des filtres passe-tout ont un numérateur de même degré que le dénominateur et les σ des pôles sont opposés aux σ des zéros, c'est ce qui donne la caractéristique passe-tout.

Avant d'examiner les différentes approximations : amplitude ou fréquence, deux remarques s'imposent : La théorie des filtres se base sur l'utilisation de réactances pures. En réalité les selfs ont une résistance que l'on exprime souvent par un facteur de « qualité » ou Q , qui sera d'autant plus grand que la résistance de la bobine est plus faible, et les condensateurs ont également des pertes qui s'expriment par le $\text{tg } \delta$. Pour en tenir compte deux méthodes peuvent être utilisées, soit modifier dans la fonction de transfert la position des pôles et des zéros de la fonction de transfert, de manière à ce qu'avec les coefficients de dissipation ils retrouvent la place désirée, cela s'appelle effectuer une pré-distorsion, soit utiliser des éléments possédant un facteur de dissipation inférieur à une valeur telle, qu'il n'apporte pas une déformation de la courbe de réponse inacceptable. Pour les filtres passe-bas ou passe-haut, ces valeurs sont basses, mais deviennent de plus en plus élevées en fonction du degré du filtre. Pour les passe-bande et les coupe-bande, ils peuvent prendre des valeurs élevées, en fonction du rapport entre la fréquence centrale du filtre et sa bande passante. Dans une revue bien connue, un OM a présenté un

filtre passe-bande pour le 50 Mhz, le filtre était du type « elliptique » et nécessitait des « Q's » de 2000 ! Bien que ce ne soit pas irréalisable cela exclut l'emploi de noyaux magnétiques avec lesquels on peut espérer des Q's jusqu'à environ 200 ! Voyez l'encombrement ! Il ne faut pas exagérer les exigences pour un filtre, il devient de plus en plus difficile à réaliser, et à régler, en fonction des performances à obtenir, ne fut-ce que du point de vue des tolérances sur les valeurs des éléments.

Les éléments des filtres passe-haut, passe-bande et coupe-bande peuvent être facilement déterminés à partir des valeurs données pour le filtre passe-bas correspondant, par exemple une self sera remplacée par un circuit résonnant série, un condensateur par un circuit résonnant parallèle dont on pourra aisément déterminer les valeurs. Ceci n'est valable que pour la réponse amplitude fréquence mais non pour la phase. Pour cette raison, le filtre passe-bas est appelé filtre « prototype ».

Le système qui reproduirait parfaitement un signal, sans distorsion doit avoir une caractéristique d'amplitude constante, pour toutes les fréquences jusqu'à l'infini, et une caractéristique de phase, parfaitement linéaire aussi jusqu'à l'infini. Nous savons qu'il n'existe pas, de plus ce n'est pas un filtre puisqu'il n'élimine rien. En appliquant cela au filtre passe-bas, la première idée qui vient, est de souhaiter un filtre dont la courbe de réponse en amplitude soit une droite, d'une fréquence nulle jusqu'à une fréquence limite que nous appellerons « fréquence de coupure », et de réponse en phase parfaitement linéaire, jusqu'à cette même fréquence. Mais ce type de filtre n'est pas « causal » et n'existe donc pas. Il faudra chercher des approximations satisfaisantes. Il se fait que les filtres à phase minimale, qui ont une réponse en amplitude satisfaisante, ont une réponse en phase qui ne l'est pas et inversement. On a cherché et trouvé certains compromis dans les filtres « transitionnels ». Du point de vue de la réponse en amplitude il y a plusieurs types d'approximations utilisées

Le type de réponse « Butterworth » ou « maximally flat » qui était assez utilisé aux débuts de la télévision, dans la technique des circuits « décalés » est basée sur le choix d'une réponse en amplitude qui « colle » le mieux à la droite souhaitée à l'origine (« fréquence zéro »). Elle doit valoir 1 et présenter un nombre maximum de dérivées nulles à cette valeur de la fréquence. Elle utilise l'approximation de Taylor. Le résultat est une courbe de réponse, partant à l'horizontale pour une fréquence nulle, qui décroît doucement au début, puis plus rapidement, passe à une atténuation de 3 dB à la fréquence de coupure, et puis chute assez rapidement. Elle se rapproche d'une caractéristique « rectangulaire » avec l'accroissement du nombre de cellules. La caractéristique de phase peut être considérée comme plus ou moins satisfaisante si le nombre de cellules est faible (2 ou 3), et si l'on n'est pas trop exigeant. Un « Butterworth » suivi d'un passe-tout peut donner de bons résultats moyens, et être un compromis acceptable. Les filtres de « Butterworth » donnent une réponse impulsionnelle présentant des « sous dépassements » (undershoot) et « sur dépassements » (overshoot) d'autant plus importants que le nombre de cellules est important. Même remarque pour la réponse indicielle.

Un autre type de réponse, peut être assez peu connu est l'approximation des « moindres carrés ». Elle consiste à se choisir une fonction de transfert de type « polynomiale » c.a.d. dont le numérateur est une constante et de la faire « coller » le mieux possible à une horizontale jusqu'à la fréquence de coupure. On utilise la méthode des moindres carrés. Cette méthode consiste à calculer la différence entre la courbe à réaliser et celle que l'on veut faire coller, élever cela au carré et faire la somme pour un nombre très élevé de points, voire passer à la limite au continu. Ensuite, déterminer les valeurs des coefficients de la fonction de transfert qui va minimiser cette « erreur quadratique ».

On obtient une courbe de réponse qui colle mieux aux fréquences basses que l'approximation de « Butterworth » mais moins favorable au-delà de la fréquence de coupure.

L'approximation de «Tchebychev» consiste à admettre une ondulation limitée de la courbe de réponse en amplitude dans la bande passante, afin d'obtenir une pente de cette courbe plus raide au voisinage de la fréquence de coupure. Elle fait appel aux polynômes de Tchebychev, qu'on note souvent $T_n(x)$ et dont la valeur oscille entre -1 et +1 lorsque x varie de -1 à +1 mais croissent rapidement en valeur absolue au-delà. Un exemple que vous pouvez essayer : $T_2(x) = 2x^2 - 1$. Ces polynômes ont d'autres propriétés intéressantes, ils forment ce qu'on appelle une classe de fonctions «orthonormales». D'autres fonctions possèdent cette propriété, par exemple les polynômes de Legendre, Laguerre, l'Hermite, etc ... Comme les fonctions « sinus » et « cosinus » mieux connues, qui possèdent la même propriété, elles peuvent être utilisées dans le développement d'une fonction périodique, pour en déterminer la composante continue, la fondamentale et les harmoniques, les polynômes de Tchebychev (et autres fonctions de ce type) peuvent être utilisés pour « développer » une fonction en série et constituer une approximation de cette fonction. C'est utilisé en calcul numérique sur ordinateur. La réponse en phase n'est pas bonne, et celle-ci devient de plus en plus mauvaise au fur et à mesure de l'accroissement de la pente de la courbe d'amplitude au voisinage de la fréquence de coupure. Dès lors, mauvaise réponse impulsionnelle et indicielle.

L'approximation de Legendre fait appel aux polynômes du-dit, et ont une caractéristique monotone (sans ondulations) dans la bande passante, et la pente la plus raide possible au voisinage de la fréquence de coupure. Même remarque que pour les filtres de Tchebychev pour la réponse en phase, impulsionnelle et indicielle. Ils sont peu utilisés. Toutes les approximations précédentes n'utilisaient pas de zéros de transmissions (filtres polynomiaux).

Les filtres « elliptiques », de « Cauer » ou de « Zolotarev » (trois dénominations pour le même type de filtre) en possèdent. Le but ici poursuivi est tout en admettant une ondulation limitée dans la bande passante, d'obtenir très rapidement une atténuation maximum garantie jusqu'à une fréquence infinie. Ces filtres possèdent des « peaks » d'atténuation au-delà de la fréquence de coupure, et ont la pente la plus raide possible au voisinage de la fréquence de coupure. Ils sont évidemment encore plus mauvais du point de vue de la phase, du retard de groupe, de la réponse impulsionnelle, mais très intéressants du point de vue réponse en amplitude. Ils comprennent plus d'éléments pour le même ordre de filtre.

Voyons maintenant les filtres optimisés pour la caractéristique de phase.

Pour un « maximally flat » du retard de groupe on fait appel aux filtres de « Bessel » ainsi dénommés parce qu'ils font appel aux polynômes de Bessel. Leur caractéristique de réponse en amplitude est assez pauvre et il faut beaucoup d'éléments pour obtenir un résultat plus ou moins satisfaisant.

Les réponses impulsionnelle et indicielle de ces filtres, présentent toutefois de faibles dépassements dans les deux sens, bien meilleurs que ceux obtenus avec des filtres « Butterworth » ou pire « Tchebychev », « Legendre » ou « Zolotarev ».

Une autre approximation est celle des filtres de « Gauss », ainsi nommés parce que leur courbe de réponse en amplitude est une approximation de la célèbre courbe « en cloche » qui est représentative de la loi limite des probabilités, ou loi « des grands nombres ».

Leurs réponses tant impulsionnelle qu'indicielle est meilleure que celle des filtres de Bessel et, contrairement à ceux-ci, s'améliorent sensiblement avec le nombre de cellules.

Ce type de filtre est utilisé par exemple avec les convertisseurs « Analogique-Numérique » dans certains modules industriels.

Un autre type de filtre « prolate » (à nouveau du nom de la fonction utilisée ici) ne présente aucun dépassement, ni « undershoot », ni « overshoot », dans les réponses tant impulsionnelle qu'indicielle.

Il reste à parler du filtre « équiripple » qui donne une caractéristique de phase linéaire, avec cependant superposition d'une ondulation constante, que l'on peut choisir « à priori ».

Enfin on peut théoriquement se donner une forme de courbe de réponse soit en amplitude, soit en phase à priori, selon ses besoins en n'oubliant pas qu'il faut tester sa « réalisabilité ». S'il est réalisable, on passe à la synthèse et aux tests. Il y a sur le marché un certain nombre de logiciels qui permettent de le faire.

Les réalisations pratiques de ces filtres, (filtres « analogiques ») font appel, pour les filtres « passifs » (n'utilisant aucun élément « actif » c.a.d. transistor ou amplificateur opérationnel, gyrateur ou autre...) aux selfs, transformateurs, condensateurs, résistances, lignes de transmission, circuits hélicoïdaux, obstacles dans les guides d'ondes, cavités accordées, circuits « interdigitaux », cristaux de quartz, Surface Acoustic Waves, dispositifs à magnétostriction...

Pour les filtres « actifs » : les transistors, amplificateurs opérationnels, gyrateurs, ...

Pour déterminer les éléments d'un filtre il existe des tables (par exemple dans l'ouvrage d'Anatol I. Zverev, dont les données ont été reprises dans l'ouvrage « Electronic Filter Design Handbook » ISBN 0-07-070434-1, et d'autres), et des logiciels.

Un dernier mot au sujet des filtres « digitaux » ou « numériques ». Ils présentent l'avantage de stabilité (pilotés par quartz), d'utiliser les mêmes composants quelle que soit la complexité du filtre. L'inconvénient : peut-être le prix . Ils ne sont donc intéressants à notre point de vue, que pour réaliser des filtres présentant une certaine complexité, ou s'ils sont les seuls à permettre la réalisation de la performance souhaitée..

Ces filtres utilisent un système d'échantillonnage cadencé par une « horloge » (en fait un oscillateur à Xtal) pour effectuer la conversion d'un signal analogique, leue, le ter et le restituer après traitement. Une règle impérative : (règle de Shannon) la fréquence d'échantillonnage doit obligatoirement être supérieure ou à la limite égale au double de la fréquence la plus élevée contenue dans le signal à transmettre.

Un filtre digital comprend : à l'entrée un filtre d'« antirepliement » (antialiasing) qui élimine tous les signaux dont la fréquence est supérieure à la fréquence de « Shannon ».

C'est un filtre analogique que l'on choisira le plus simple possible. Ensuite le signal passe par un « échantillonneur-bloqueur », (sample and hold) qui va saisir la grandeur à traiter et la maintenir constante durant la conversion, un convertisseur analogique-numérique (AN) va transformer le signal d'entrée en un code numérique, un dispositif de traitement du signal, qui est fréquemment un processeur de signal numérique (PSN) ou en anglais DSP (Digital Signal Processor) qui constitue le filtre proprement dit, et l'ensemble se termine par un dispositif de restitution du signal : bloqueur d'ordre zéro, un ou autre. Le bloqueur d'ordre zéro est le plus simple il ne fait que garder la valeur de sortie constante entre deux échantillonnages. Il faut savoir qu'en circuits intégrés on peut trouver de convertisseurs AN qui échantillonnent à des fréquences de 200 MHz (au moment où ce texte est écrit : on connaît la rapidité avec laquelle évoluent ces composants) ce qui permettrait à la limite de faire des filtres jusqu'à 100 MHz. Sans être aussi optimiste, 30 MHz est possible sans trop de difficultés. Dans les oscilloscopes digitaux il y a des « samplers » qui travaillent à des fréquences de plusieurs GHz !

Les DSP's actuels sont capables de traiter ces signaux : tout est une question de prix.

L'algorithme d'un filtre digital est en fait très simple : le signal de sortie est une moyenne pondérée du signal qui entre et d'un certain nombre de signaux arrivés précédemment (FIR : finite impulse response) filtres intrinsèquement stables, mais nécessitant un grand nombre de calculs. Avec ce type de filtre il est possible d'obtenir une caractéristique de phase parfaitement linéaire, tout en ne s'opposant pas au principe de causalité : le signal est retardé ! ou combinée avec une moyenne pondérée de signaux de sortie précédents (IIR : infinite impulse response) qui ne sont pas intrinsèquement stables mais nécessitent beaucoup moins de calculs. Il y a encore d'autres types de filtres numériques par exemple les filtres à corrélation

Pour l'étude de ces filtres, on fait appel à la transformation « en z » qui est en fait la transformation de Laplace, adaptée aux systèmes échantillonnés. On définit encore une fonction de transfert, qui joue un rôle semblable à celui des FT analogiques (un rapport de deux polynômes en z), qui fournit, pour une sollicitation déterminée, la réponse du système aux instants d'échantillonnage. Pour connaître ce qui se passe entre ces instants, on a défini une transformation en z modifiée.

La difficulté avec les filtres numériques, est la détermination des coefficients de pondération. Les filtres digitaux permettent de retrouver les formes de réponses de tous les filtres analogiques, avec cependant une remarque : ils créent une distorsion de l'échelle des fréquences, d'autant plus importante que l'on s'approche de la fréquence de Shannon.

Pour les réponses impulsionnelle et indicielle, il est possible d'obtenir rigoureusement la même réponse. On voit l'importance, capitale du rôle des mathématiques dans l'étude des filtres (et autres). En espérant que ce petit tour vous aura appris quelque chose.

Serge ON5YQ