

TECHNIQUES
HAM

HB9AFO **1972**

M.VONLANTHEN

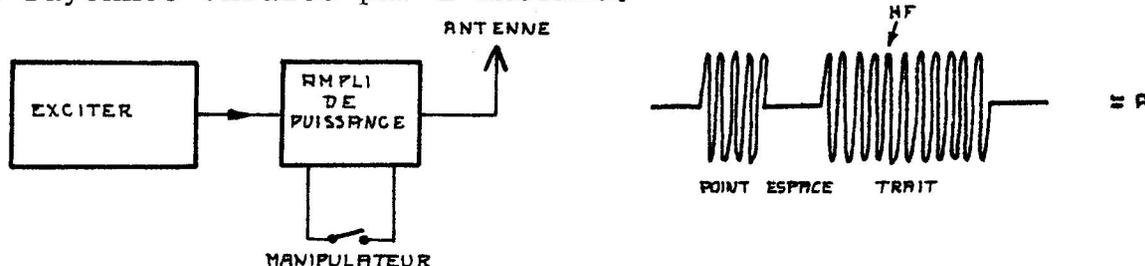
1. SYSTEMES

1) LA TELEGRAPHIE NON-MODULEE (A1 = CW = continuous waves)

C'est une onde haute-fréquence, non-modulée. L'information est transmise par la présence ou l'absence de celle-ci. Le code utilisé est l'alphabet morse. C'est une succession de points, de traits et d'espaces dont la combinaison forme les caractères (lettres, chiffres ou signes de ponctuation). Les rapports de durée entre les différents signes sont les suivants:

1 trait = 3 points	} le point est l'unité
1 espace entre signes = 3 points	
1 espace entre caractères = 1 trait	
1 espace entre mots = 7 points	

La vitesse généralement utilisée varie entre 40 et 100 signes à la minute. Ce mode de transmission est le plus économique et le plus efficace d'entre tous. A l'émission, il suffit d'interrompre la porteuse par un système quelconque, très souvent par "blocage de grille" du tube final de l'émetteur. Au repos, la grille de commande (G1) de celui-ci est polarisée par une tension telle que le courant anodique est nul (cut-off). La haute-fréquence venant du tube précédent est bloquée et il n'y a pas de signal sur l'antenne. Lorsque l'opérateur presse sur son manipulateur, la tension de blocage est court-circuitée ce qui rend le tube normalement conducteur. La HF est donc amplifiée et rayonnée ensuite par l'antenne.



La réception de ce signal sur un récepteur ondes-courtes normal se traduit par un souffle (bruit de fond) coupé au rythme de la manipulation. Pour rendre celle-ci audible, on y adjoint un accessoire nommé BFO (beat frequency oscillator = oscillateur de battement). Comme son nom l'indique, il s'agit d'un oscillateur dont la fréquence est située à quelques centaines d'Hertz de celle de la "moyenne-fréquence". Il se produit un mélange du signal reçu et de celui du BFO se traduisant par un battement égal à l'écart de fréquence BFO-MF.

Par exemple:

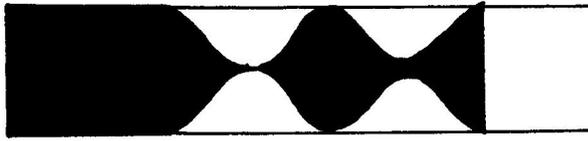
MF = 455,0 kHz	} signal résultant = 1 kHz
BFO = 456,0 kHz	

Ce signal BF est donc le même que celui reçu à l'entrée du récepteur mais transposé en basse-fréquence. Il suffit donc de l'écouter et de transcrire les caractères alphabétiques correspondants sur le papier. La partie "décodage" s'effectue donc par l'opérateur qui doit être entraîné à cet effet.

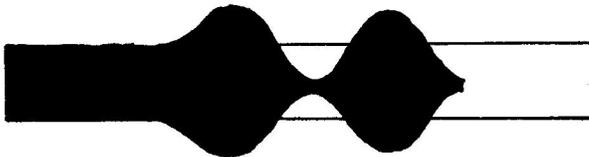
2) LA MODULATION D'AMPLITUDE (A3 = AM = amplitude modulation)

C'est le système qu'utilisent les émetteurs de radiodiffusion commerciaux. Les récepteurs du type "grand-public" reçoivent donc tous ce mode de transmission.

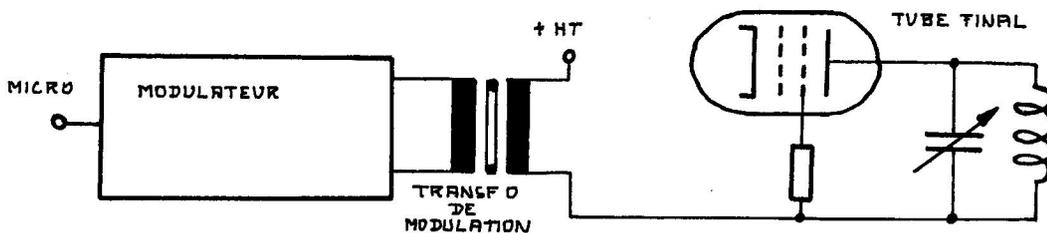
A l'émission, il faut donc superposer le signal BF de modulation à la HF pure produite par celui-ci. Cela se fait en général dans l'étage final. Pour cela, on peut faire varier le gain de ce tube en agissant sur la tension alimentant une de ses électrodes de commande: G1, G2, G3. Le signal de sortie aura la forme suivante:



On voit donc que l'amplitude HF ne dépassera pas la valeur max. délivrée par le tube final. Les modulateurs de ce genre sont simples à construire mais demandent, pour la plupart, un certain mise au point. Il existe un autre système de modulateur qui accroît cette fois la puissance de pointe de l'émetteur: la modulation "plaque-écran" (=anode-écran). Le modulateur doit apporter une certaine puissance qui s'ajoute, en pointe de mod., à celle de la HF. Pour ce faire, on alimente l'anode et l'écran du final par une tension variable au rythme de la modulation (au lieu d'une tension fixe).

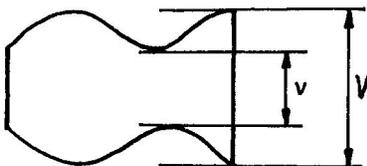


Le modulateur doit pouvoir fournir une puissance BF égale à la moitié de la puissance alimentation du tube final.



Le puissance de crête maximum est atteinte lorsque la tension BF modulatrice est égale à celle de HF. On parle, à ce moment-là, de modulation à 100%. Si l'on augmente la tension BF, la porteuse se coupe entre les alternances BF et la modulation est déformée. Ce phénomène s'appelle la surmodulation et provoque également des perturbations TVI ou BCI.

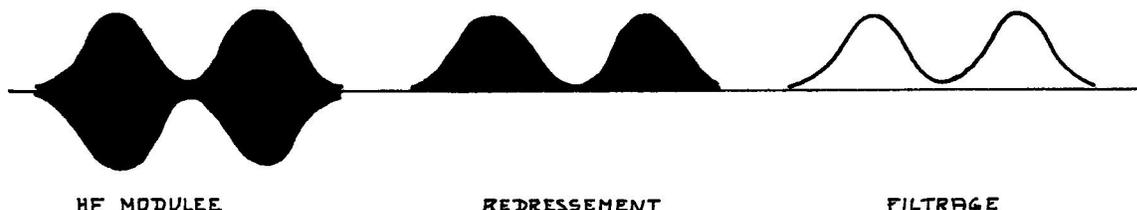
Le pourcentage se calcule de la façon suivante:



$$P_{\%} = \frac{V - v}{V + v} \times 100$$

A la réception, pour pouvoir entendre la modulation, il faut transposer celle-ci dans le spectre BF. Pour cela, on redresse le signal HF (provenant du dernier étage MF), ensuite on le

débarrasse de la HF (filtrage) pour, finalement, l'amplifier et actionner le haut-parleur.



3) LA MANIPULATION PAR DEPLACEMENT DE FREQUENCE (F1) (= FSK, frequency shift keying ou RTTY, radioteletype)

Ce mode est surtout utilisé par les télé-imprimeurs. On trouve encore quelques stations commerciales manipulant leurs émetteurs morse de cette façon mais elles tendent à disparaître.

Le principe de base est le suivant:

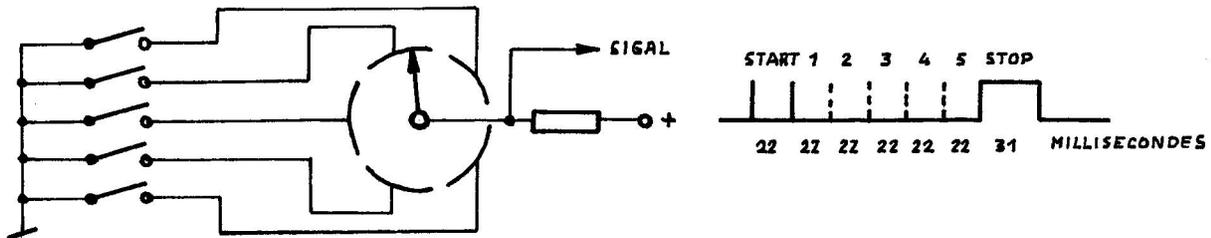
Dans une transmission télégraphique normale A1, l'information est contenue dans la présence ou l'absence de porteuse. Si, par exemple, celle-ci se coupe brusquement, il serait de différentier un espace entre signes d'une disparition due à la propagation (fading). Pour remédier à ce défaut, on a imaginé la manipulation par déplacement de fréquence. La HF est continuellement présente à l'entrée du récepteur, simplement sa fréquence est déplacée de quelques de Hertz (centaines...) au rythme du code morse ou téléimprimeur. De cette façon, il est possible de constater la coupure de la communication radio. La liaison est donc plus sûre. Malgré tout, deux inconvénients limitent son utilisation par les amateurs à la seule RTTY. D'une part l'émetteur fonctionne continuellement à sa dissipation maximum; le tube final ne peut pas se "reposer" entre les signes de la manipulation. D'autre part, le détecteur nécessaire à sa réception est plus compliqué que celui pour l'AM ou la CW. La liaison par téléimprimeur doit être plus sûre que celle requise pour une transmission morse car la vitesse des signaux RTTY est plus grande et le code plus compliqué. On a donc choisi la F1.

Le téléimprimeur se présente extérieurement comme une grosse machine à écrire. Un clavier permet de composer le message. Il s'inscrit soit sur une bande de papier, soit sur feuille (sous forme de rouleau). Chaque touche de la machine correspond à une position de 5 interrupteurs. Ils forment un code à 5 signes simultanés. Donc, lorsqu'on appuie sur une touche, les 5 interrupteurs sont fermés ou restent ouverts. Par exemple, la lettre "G" correspond à:

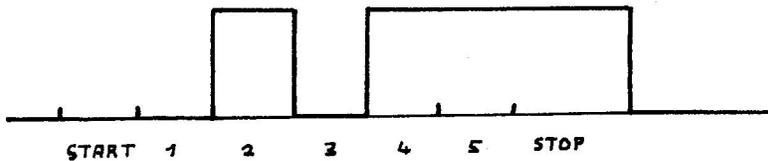
interrupteur 1:	ouvert
"	2: fermé
"	3: ouvert
"	4: fermé
"	5: fermé

Si le code était transmis de cette façon, il faudrait 5 lignes de transmission simultanées. C'est la raison pour laquelle ce signe parallèle est transformé en signe série à l'aide, par exemple d'un interrupteur (ou plutôt commutateur) tournant. Chaque segment le composant est relié à un des interrupteurs. Le balais est relié à la tension d'alimentation par la résistance de charge. le signal "sérialisé" est prélevé à ses bornes. Le commutateur tournant est actionné par un moteur synchronisé sur celui du correspondant. Lorsqu'on appuie sur une touche, celle-ci ferme certains interrupteurs. En même temps, le commutateur

tourne et regarde ce qu'il y a sur chacun d'eux. Le signal est transformé (mécanique-électrique) en signal électrique par la chute de tension mesurable aux bornes de la résistance de charge. En réalité, on transmet 7 signaux successifs dont 2 sont fixes: un "space" indiquant le début du caractère (start) et un "mark" pour la fin (stop). La norme en vigueur chez les radio-amateurs est le 45,45 Bauds (Bd = unité de vitesse de manipulation). Ce nombre provient du secteur 60 Hz des Américains. Un caractère figure donc dans le cadre temporel suivant:



Le start est un espace (space) de 22 ms (millisecondes)
 Le stop est un signal (mark) de 31 ms.
 La lettre "G", par exemple:

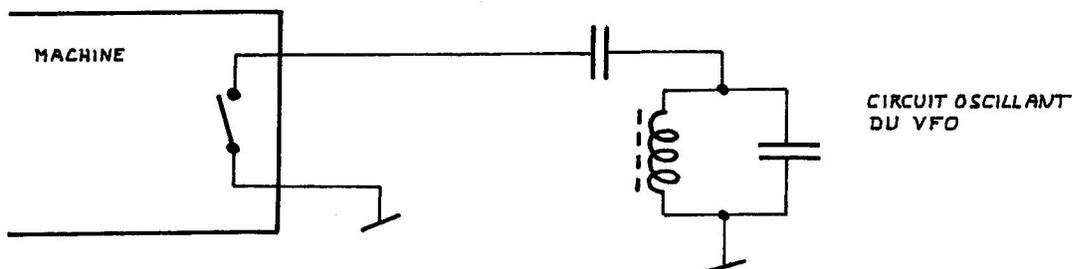


Il est possible d'enregistrer un message à l'avance au moyen d'un perforateur de bande. Les 5 interrupteurs de la machine sont remplacés par des poinçons au-dessous desquels passe une bande de papier. Des trous figurent donc les interrupteurs ouverts ou fermés. On peut ensuite relire cette bande à l'aide d'un lecteur de bande perforées qui restitue, à sa sortie, le signal électrique correspondant.

Un relais de manipulation est incorporé à la machine. Nous disposons donc, pour moduler l'émetteur, d'un contact mécanique se fermant et s'ouvrant. Il faut maintenant faire déplacer la fréquence de l'émetteur. Les normes en vigueur sont les suivantes :

Normal shift: 850 Hz (le plus courant)
 Narrow shift: 170 Hz

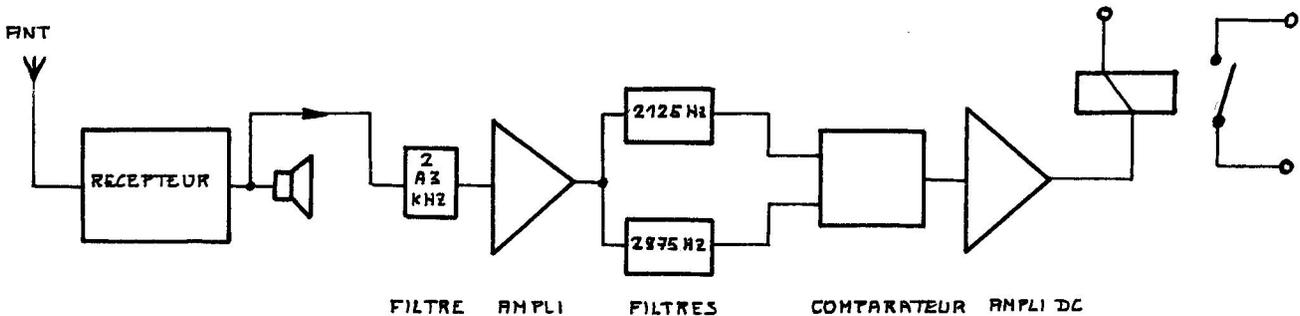
On pourrait théoriquement le faire de la façon suivante:



Lorsque l'interrupteur est ouvert, le VFO est accordé sur sa fréquence nominale (mark). Sa fermeture (space) rajoute une petite capacité en parallèle sur le circuit oscillant ce qui en diminue la fréquence. Bien-entendu, tel quel ce montage ne fonctionnera pas à cause des capacités parasites qu'introduirait la machine.

En pratique, il faudra rajouter une diode de séparation par exemple.

La réception s'effectue à l'aide d'un récepteur normal et d'un décodeur spécial. Il en existe plusieurs variétés. Le plus courant est le système BF. On utilise le récepteur en position SSB (ou CW). Le signal RTTY reçu correspond alors à deux fréquences BF séparées par 850 Hz (ou 170). On s'arrange, en tournant le bouton du VFO, à les cadrer dans la bande passante du filtre BF d'entrée du décodeur (appelé aussi TU = terminal unit). Après l'amplificateur, se trouvent deux autres filtres sélectionnant les deux fréquences normalisées de 2125 et 2975 Hz. De cette façon, un signal de 2125 Hz donnera une tension à sa sortie mais pas sur l'autre et vice-versa. Ce signal BF est ensuite redressé, amplifié de façon à actionner l'électro-aimant de la machine.



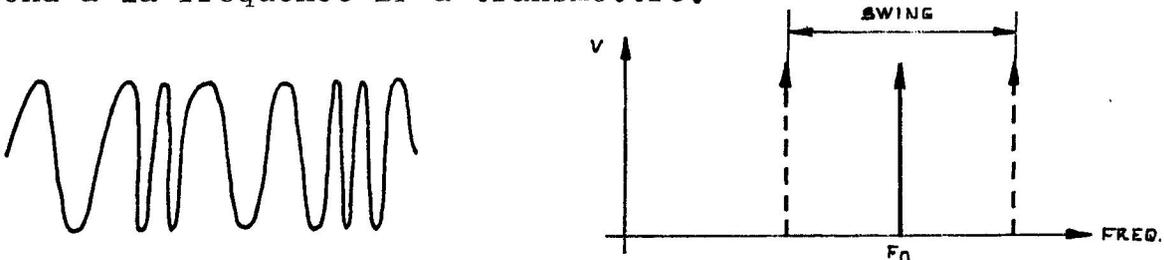
Le plus difficile est de savoir accorder le récepteur sur la bonne fréquence. Pour cela, il existe divers systèmes indicateurs. Ils mesurent les tensions alternatives sur chaque filtre 2125 et 2975 Hz. Lorsqu'elle est la même, le récepteur est bien centré.

4) LA MODULATION DE FREQUENCE (F3)

S'appelle aussi NBFM (=Narrow Band Frequency Modulation = modulation de fréquence à bande étroite).

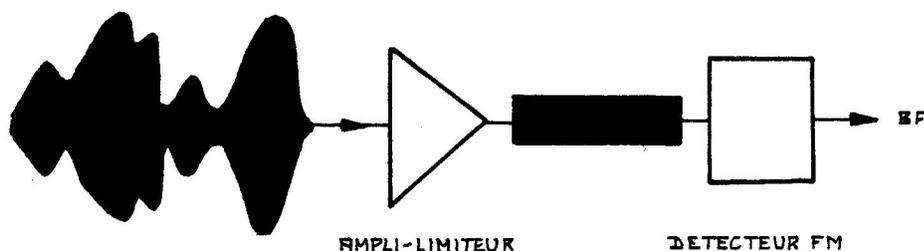
Ce mode de transmission est apparenté à celui décrit précédemment (F1). La fréquence de l'émetteur est également déplacée mais cette fois au rythme de la modulation vocale et non de la manipulation. En conséquence, la largeur et la vitesse de la déviation (swing) changera constamment puisque l'amplitude et la fréquence de la parole le fait également.

La porteuse du transmetteur se déplace d'une valeur proportionnelle à l'amplitude de la BF. La vitesse à laquelle elle varie correspond à la fréquence BF à transmettre.



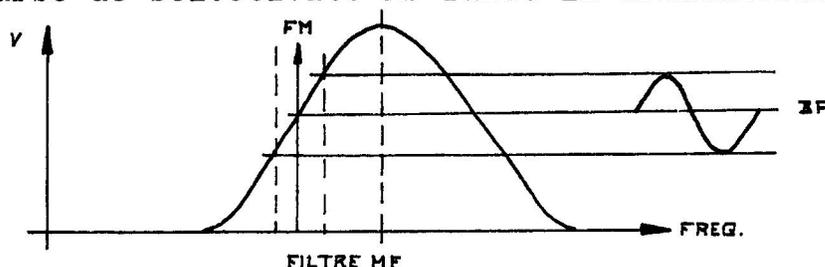
On voit donc que l'amplitude de la porteuse ne contient aucune information. C'est le principal avantage de ce mode. En effet,

toutes les perturbations constatées à la réception (parasites, fading, etc...) se traduisent par une variation d'amplitude du signal. Avec la NBFM, ce n'est pas le cas. Seul le déplacement de fréquence contient le message à transmettre. Il sera donc possible d'opérer une limitation d'amplitude du signal reçu, donc d'éliminer les perturbations, sans détériorer la modulation.



Le schéma-bloc d'un décodeur FM est simple à constituer. Les récepteurs de trafic que nous utilisons sont rarement prévus pour la NBFM. Pour le faire, il suffit de prélever le signal au niveau du dernier étage de moyenne-fréquence et de l'injecter dans le décodeur. Le reste du récepteur ne change pas. Signalons toutefois que la bande passante MF du récepteur doit être au minimum de 12 kHz pour retransmettre la modulation NBFM sans déformations.

Le détecteur proprement-dit doit transformer une variation de fréquence en variation d'amplitude. Divers montages existent. Ils sont pratiquement les mêmes que ceux utilisés pour recevoir la FM commerciale à l'exception de leur fréquence d'accord. On peut, en acceptant un peu de distorsions, aussi recevoir la NBFM avec un récepteur uniquement prévu pour l'AM. Il suffit de se placer sur le côté de l'émission reçue en NBFM pour que la courbe de sélectivité MF fasse la transmission demandée.



Visiblement, un compromis est nécessaire entre le swing et la pente de la corbe MF. C'est donc à l'émetteur à accorder sa modulation en fonction du récepteur du correspondant. C'est le défaut majeur du système et le salaire de cette simplicité. C'est la raison pour laquelle on préfère des détecteurs plus élaborés qui n'ont pas cette contrainte. Les principaux sont appelés détecteurs "de rapport", "Foster-Seeley", discriminateur à quartz etc...

La NBFM peut, académiquement, se concrétiser à partir de deux modes différents: la modulation de fréquence proprement-dite et la modulation de phase. (PM)

Si la phase du courant par rapport à la tension d'un circuit oscillant est changée brusquement, cela se traduit instantanément par une variation de la fréquence d'accord de ce circuit. L'importance de ce changement est proportionnel à la vitesse avec laquelle la phase est modifiée ainsi qu'au total de cette variation. On voit donc que dans une modulation de phase, le swing est proportionnel à l'amplitude et à la fréquence du signal BF modulateur. C'est la

principale différence entre la FM et la PM. Dans cette première, seule l'amplitude de la BF définit la largeur du swing. En pratique, le résultat est exactement le même d'où la difficulté de différencier les deux systèmes.

La NBFM n'est pas utilisée sur OC sauf sur 10 mètres pour la raison suivante: afin d'avoir un rapport signal + bruit/ bruit optimum, le swing doit être grand. Sur la bande FM OUC commerciale, il est de 75 kHz au maximum. La bande passante de la MF correspondante doit être de 210 kHz. On voit donc que la place requise par une seule station est beaucoup trop importante pour nos petites bandes OC. C'est la raison pour laquelle nous sommes obligés d'utiliser la NBFM ou modulation de fréquence à bande étroite. C'est, d'autre part, aussi pour concilier la largeur du swing et la sélectivité MF du récepteur correspondant. La valeur normalisée par les radio-amateurs est l'indice de modulation égal à 1. Cet indice se calcule par:

$$I_m = \frac{\text{swing maximum}}{\text{freq. max. à transmettre}} = 1 = \frac{3\text{kHz}}{3\text{ kHz}}$$

En pratique, il ne faut pas dépasser une déviation de fréquence de 5 kHz. En tenant compte des fréquences transitoires, on peut calculer la largeur minimum du filtre MF du récepteur nécessaire à une réception correcte:

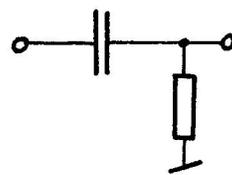
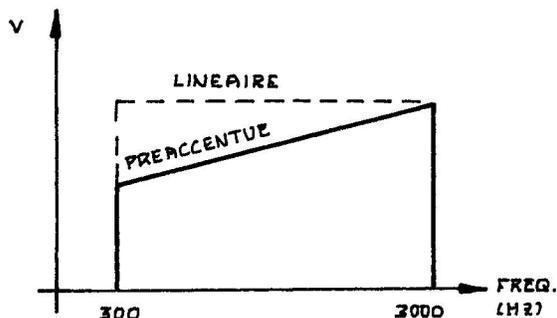
$$B_n = 2(\text{swing} + 2f_{BF})$$

Où swing en kHz
 f_{BF} = fréq. max. à transmettre en kHz

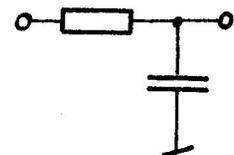
Donc $B_n = 2(3+2 \times 3) = 18\text{ kHz}$

En pratique, on admet une sélectivité de 12 kHz suffisante pour la parole en NBFM.

D'autre part, on s'aperçoit que si on module l'émetteur avec un signal dont la corbe de réponse est plate, les aigues sont gênées par le bruit de fond. C'est pour cela qu'on opère une préaccentuation des aigues, ce qui correspond, à l'émission, à relever la courbe de réponse proportionnellement à la fréquence. A la réception, il faut réaliser le processus inverse: la désaccentuation.



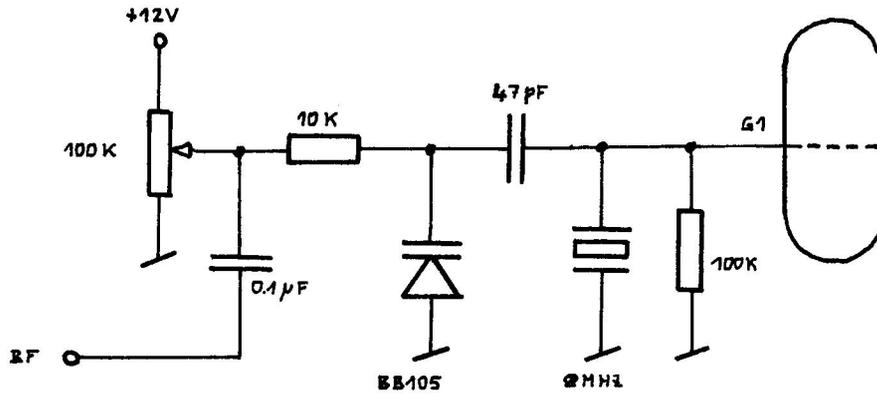
PREACCENTUATION



DESACCENTUATION

La valeur de la constante de temps des composants RC à insérer pour réaliser cet effet est de 50 microsecondes.

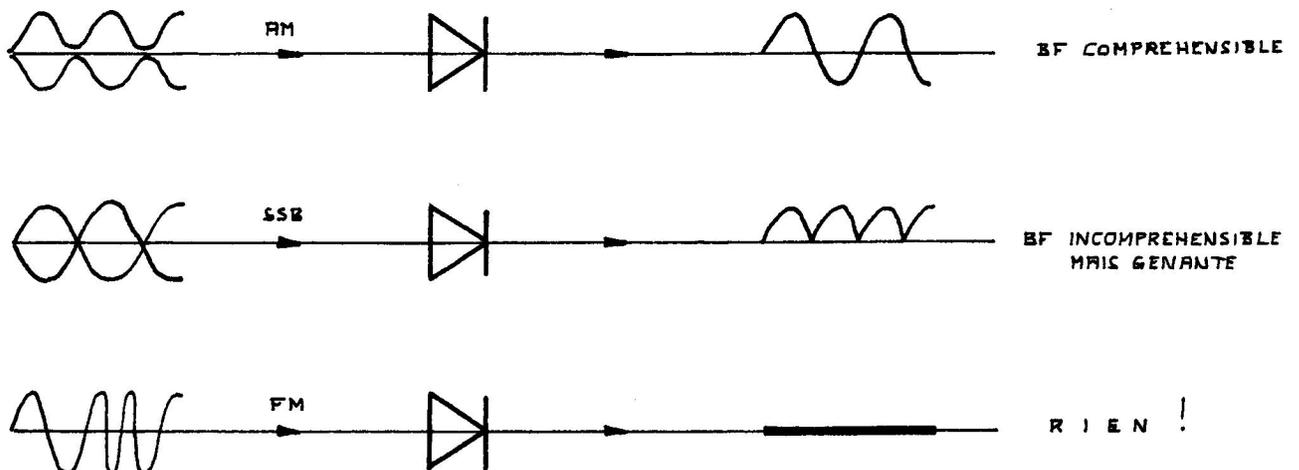
La génération de l'émission NBFM est très simple, comme indiqué plus haut. On peut, par exemple, réaliser le montage suivant.



Le potentiomètre sert à polariser la diode de façon à déplacer le point de fonctionnement dynamique dans une région linéaire de la courbe de la varicap. Cette diode voit sa capacité varier avec celle de la tension à ses bornes.

Un problème très important résolu par la NBFM est celui du BCI- Broadcasting Interferences- c'est-à-dire les perturbations apportées aux récepteurs du voisinage de l'émetteur. Lorsqu'un TX AM ou SSB se trouve à proximité d'un récepteur, on constate très souvent un phénomène de détection accidentelle de celui-ci. Ce phénomène se constate aussi avec des Pick-ups, enregistreurs, etc..! Nous, radio-amateurs, le savons bien! Malheureusement! Combien de fois avons-nous entendu dire par un voisin:

- Je vous entends partout, sur la radio, le PU et la TV..!
Le responsable de ce défaut très fâcheux pour nos relations de bon voisinage n'est pas, comme le croient les personnes gênées, le TX mais le récepteur. Les normes officielles le disent bien, les appareils doivent être conçus de façon à être le plus immunisés contre les perturbations possibles que la technique le permet. Malheureusement, les constructeurs ne sont pas radio-amateurs et, à une exception-près à ma connaissance, ne prévoient pas ce genre désagréable^{Av} parasite. Il ne nous reste alors que deux solutions: soit mettre des filtres sur chaque appareil gêné, soit cesser ses émissions. Heureusement, la NBFM y apporte encore une solution. L'amplitude de la porteuse n'étant plus variable, les récepteurs brouillés ne pourront plus nous recevoir puisqu'ils ne sont sensibles qu'à la variation d'amplitude. Cet élégant palliatif permettra donc à l'amateur "honne" de continuer ses émissions en même temps que le respect de ses voisins.



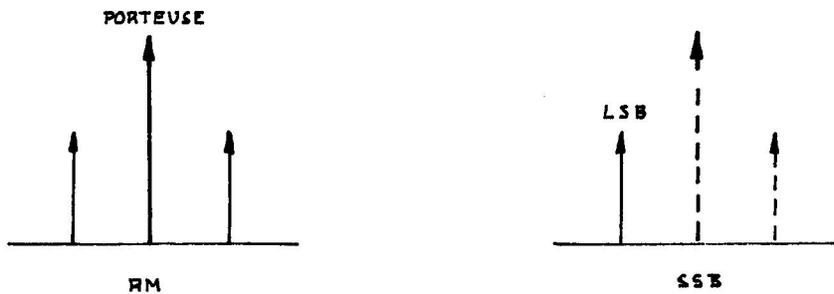
Bien-entendu, si les "brouillés" sont peu nombreux, il est quand-même souhaitable d'améliorer leur filtrage BF afin de continuer à transmettre en SSB ou AM et de profiter des avantages inhérents à ces systèmes.

5) LA MODULATION EN BANDE LATÉRALE UNIQUE A PORTEUSE SUPPRIMÉE (A3J)

(BLU = SSB, single sideband)

C'est la modulation DX par excellence mais aussi la plus compliquée à mettre à l'oeuvre. Le point de départ est le suivant:

Dans le spectre d'une émission AM, nous trouvons 1 porteuse et 2 bandes latérales contenant la modulation. On s'aperçoit donc que l'information n'est contenue que dans les bandes latérales et ceci à double. Il serait donc profitable, au point de vue rendement, - aussi de l'encombrement des bandes- de supprimer la porteuse et une des bandes latérales. C'est ce que l'on fait avec la SSB.



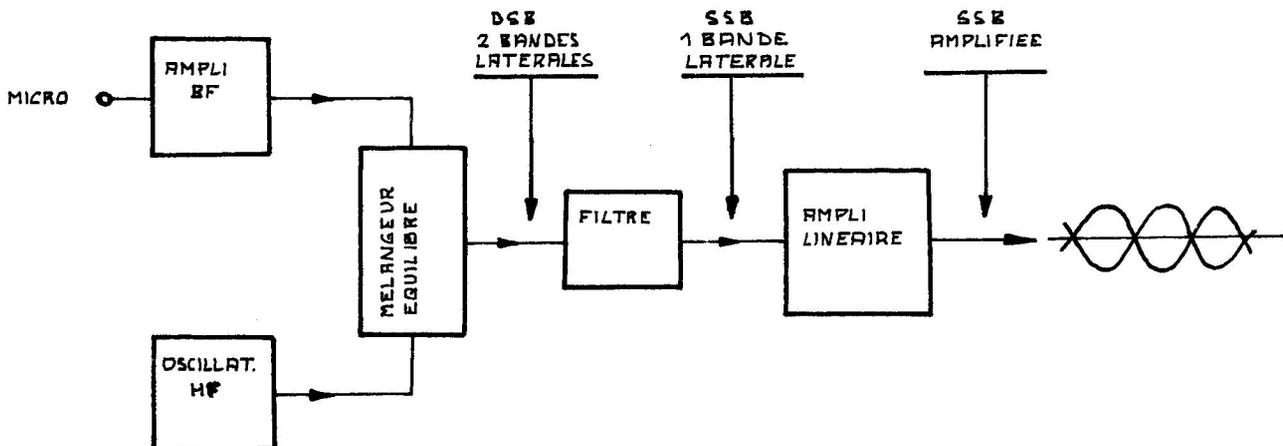
En AM, les 2/3 de la puissance sont utilisés par la porteuse et le 1/3 par les deux bandes latérales. Un émetteur SSB a donc un gain d'efficacité de 9 dB par rapport à un émetteur AM de même puissance.

On pourrait dire:

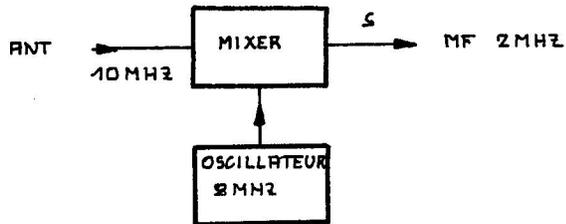
$$\text{TX SSB de 100 W} = \text{TX AM de 800 W}$$

D'autre part, le fait d'éliminer la porteuse supprime le problème des interférences et sifflements qui étaient monnaie-courante sur nos bandes HF à l'époque de l'AM. Bien-entendu, celle-ci doit être reconstituée artificiellement dans le récepteur pour pouvoir décoder l'information. Cela ne pose aucun problème comme nous le verrons plus loin.

Actuellement, le moyen de production de la SSB est le système dit "à filtre". Le schéma-bloc est le suivant:



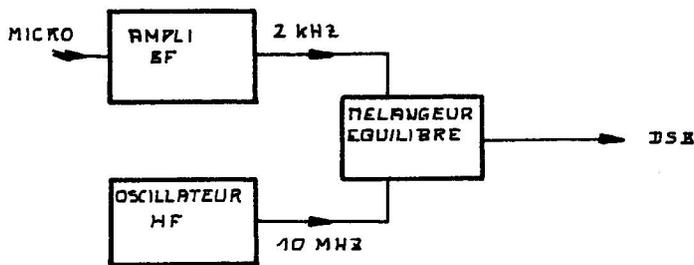
Le coeur du montage est le modulateur équilibré. Il s'agit le plus souvent d'un pont de diodes ou d'un amplificateur différentiel. Il procède au mélange des signaux HF et BF comme l'étage mélangeur d'un récepteur, à cette exception-près que le modulateur équilibré supprime presque totalement une des fréquences d'entrée (ici la porteuse). Cela peut aussi se faire pour un récepteur mais cela complique le changement de bandes et le montage. Dans un récepteur, le mélangeur agit de la façon suivante:



Au point "S", nous avons donc: $10 \text{ MHz} + 8 \text{ MHz} = 18 \text{ MHz}$
 $10 \text{ MHz} - 8 \text{ MHz} = 2 \text{ MHz}$

C'est le circuit oscillant de sortie qui sélectionne la fréquence désirée pour la MF, 2 MHz dans l'exemple. Le modulateur équilibré d'un TX SSB agit de la même façon mais le fait qu'il soit équilibré élimine presque complètement la porteuse (ce qui correspondrait dans l'exemple au 8 MHz) alors que sans cela, il apparaît quand-même à la sortie.

Exemple de génération SSB:



Sur la sortie "S" apparaissent deux signaux:

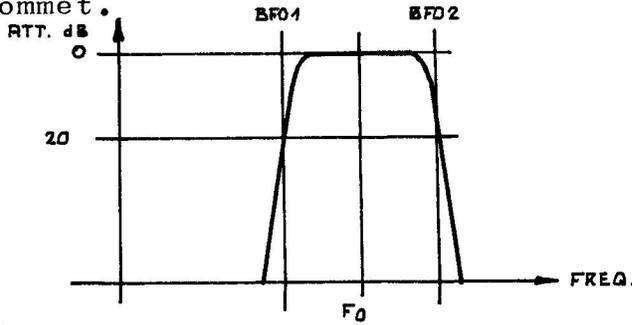
$$10 \text{ MHz} + 2 \text{ kHz} = 10,002 \text{ MHz}$$

$$10 \text{ MHz} - 2 \text{ kHz} = 9,998 \text{ MHz}$$

Le 10 MHz, la porteuse, n'y est pas présent. Nous avons donc réalisé le premier point qui est la suppression de la porteuse. Il suffit maintenant de mettre un filtre HF sélectif (à quartz ou mécanique) à la suite du modulateur équilibré pour supprimer la bande latérale non-désirée. Il nous reste finalement qu'une seule bande latérale, c'est-à-dire la sinusoïde BF contenant l'information, reproduite dans un spectre HF. La suite de l'émetteur sera composée d'un ou de plusieurs mélangeurs capables de transposer la fréquence fixe de base SSB en fréquence variable dans les diverses bandes désirées.

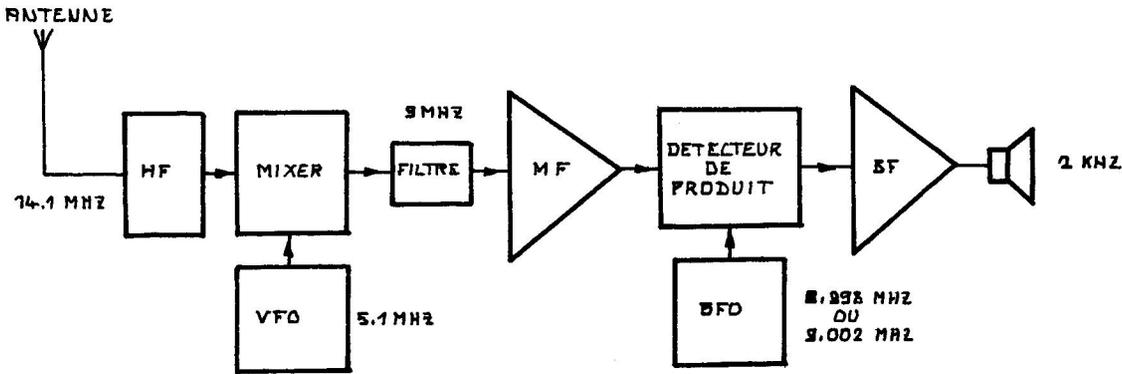
A la réception, le processus est exactement inversé. Il s'agit aussi d'une suite de convertisseurs dont le résultat final est l'information BF. Le correspondant à celui du modulateur équilibré de l'émetteur est le bloc appelé "détecteur de produit". Le BFO (Beat Frequency Oscillator) peut sélectionner la bande latérale désirée en se plaçant soit au-dessus, soit au-dessous de la valeur de la MF. En pratique, les 2 quartzs sont vendus en même temps que le filtre MF.

Lors du réglage final du BFO à quartz, on déplace légèrement leur fréquence de façon à l'amener sur la pente du filtre à -20 dB du sommet.

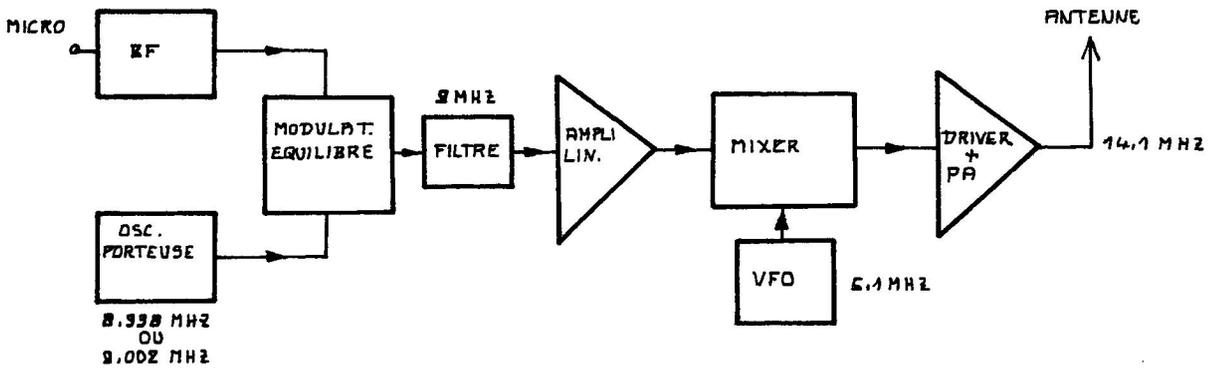


La bande latérale supérieure s'abrège par USB - Upper SideBand -
 L'inférieure par LSB - Lower SideBand -
 Sur 20,15 ,10 et 2 m, on utilise surtout la USB et sur 160,80 et 40 m la LSB.

Exemple de récepteur:

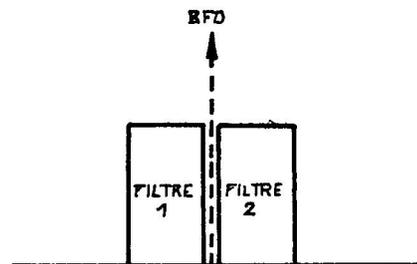
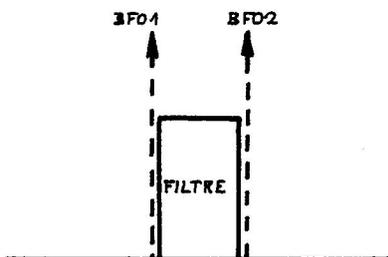


Exemple d'émetteur:



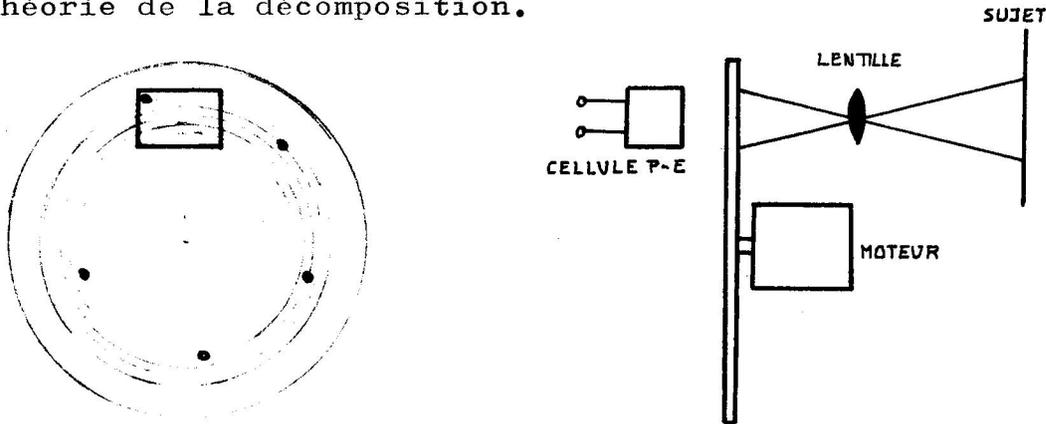
Si l'on voulait être puristes, il faudrait utiliser 1 quartz BFO et 2 filtres MF. En pratique, on utilise 1 filtre et deux quartz de porteuse. De cette façon, on économise le prix élevé d'un filtre mais on est obligé, à moins que le cadran soit spécialement prévu à cet effet, de refaire l'étalonnage du cadran au moyen du calibrateur à quartz. Le fait de changer de fréquence du BFO varie celle de la porteuse artificiellement créée. Dans les transceivers de qualité, lors du changement de bande latérale, un diode varicap en parallèle sur le circuit oscillant du VFO change sa fréquence d'une valeur égale à celle qui sépare les 2 quartzs du BFO. De cette façon, on n'a pas besoin de refaire l'étalonnage du cadran.

Systeme à 2 quartzs: Systeme à 2 filtres:

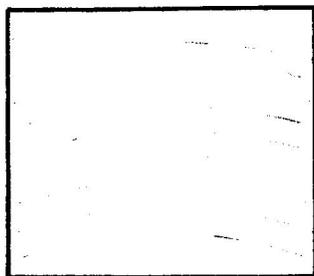


6) LA TELEVISION (A5)

Il est impossible, avec nos connaissances actuelles, de retransmettre une image globalement. On doit d'abord décomposer le mouvement en images, puis en lignes et finalement en points. Le signal à envoyer se compose alors d'une succession de variations de tension correspondant aux différences de luminosité de chaque point unitaire. Le premier moyen utilisé pour réaliser cette progression fut le "disque de Nipkow". Il illustre parfaitement la théorie de la décomposition.

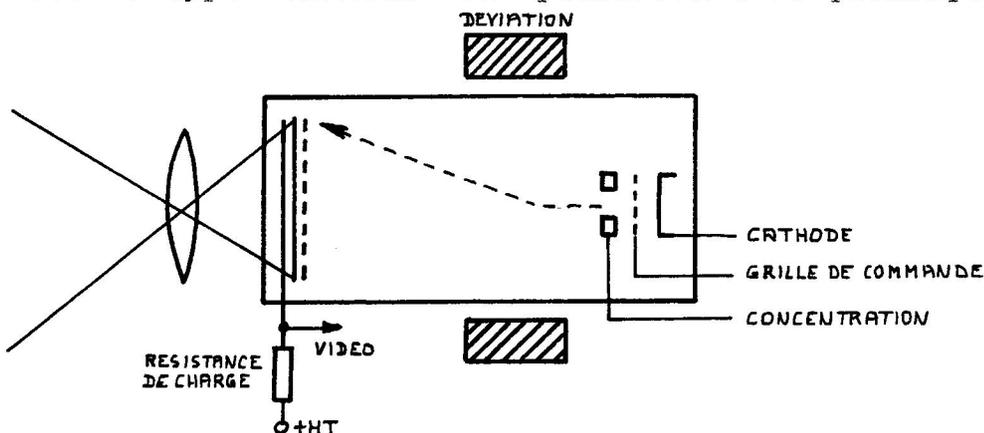


Un moteur synchronisé par le secteur fait tourner le disque à la même vitesse que le disque récepteur. Une série de trous y sont percés selon un dessin hélicoïdal. D'un côté du disque se trouve le sujet à décomposer et de l'autre une cellule photo-électrique. Faisons tourner le disque et observons ce qu'il se passe: Le premier trou passe devant l'image; chaque fois qu'il rencontre une zone éclairée, il transmet cette luminosité à la cellule photo-électrique qui la transforme en variation de tension. Lorsque le trou est arrivé à droite de l'écran, c'est le deuxième qui recommence une nouvelle exploration. Le nombre total de trous correspond au nombre de lignes. Le nombre de tours par minute du disque, le nombre d'images par minute. Le nombre de points par ligne dépend de la fréquence de coupure de la cellule.

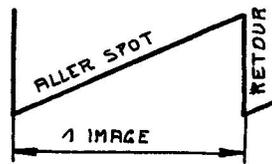
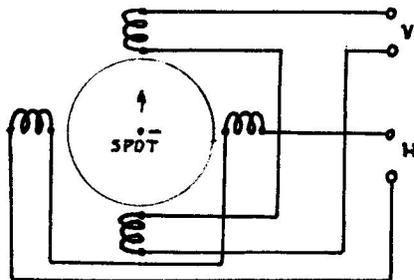


A la réception, la cellule est remplacée par une lampe et le sujet par un écran. Comme les 2 disques tournent en synchronisme, l'image de départ est reconstituée.

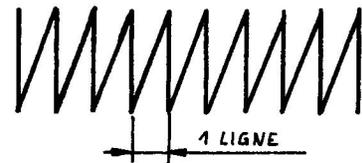
Bien-entendu, ce système a été bien vite abandonné au profit d'un processus entièrement électronique. Actuellement, les caméras des radio-amateurs sont presque toutes équipées de tubes de prise de vue du type "vidicon" ou "plumbicon". Le principe en est le suivant:



L'image arrive, par l'intermédiaire d'un objectif, sur une plaque de céramique transparente. Derrière celle-ci sont disposés une multitude de points photo-électriques isolés les uns des autres par un procédé chimique. L'autre côté de la céramique est métallisée pour former l'anode. Elle est néanmoins suffisamment fine pour être transparente. Chaque point constitue donc une cellule photo-électrique élémentaire dont la résistance varie suivant la luminosité du point de lumière qui la frappe. L'image optique est donc transformée en image électrique. Il reste maintenant à lire cette image et à la transformer en tension. C'est le rôle du canon à électrons. La cathode, chauffée par le filament, émet un faisceau d'électrons qui est ensuite concentré par une électrode appelée "de concentration". On fait varier l'intensité du faisceau au moyen de la grille de commande -G1-. Nous avons donc un faisceau d'électrons très fin. Il faut maintenant lui faire balayer toute l'image, comme le faisait le disque de Nipkow. Les bobines de déflexion font effectuer ce travail. Elles sont disposées à angle droit l'une par rapport à l'autre. Si une tension continue parcourt ces bobines, le faisceau d'électrons (négatifs) est repoussé soit dans un sens, soit dans l'autre. Un jeu de bobines le fait dévier dans le sens vertical, un deuxième dans le sens horizontal. Nous pouvons donc balayer tout l'écran. Dans le système CCIR normalisé, le nombre de lignes est égal à 625 et le nombre 25 par seconde. Plus exactement, 50 demies-images par seconde car le balayage est entrelacé. Pendant une demie-image, les lignes paires sont explorées et les impaires lors de la demie-image suivante. Cela supprime un désagréable effet de papillotement. La fréquence de déviation verticale est donc de 50 Hz et horizontale de 15625 Hz.

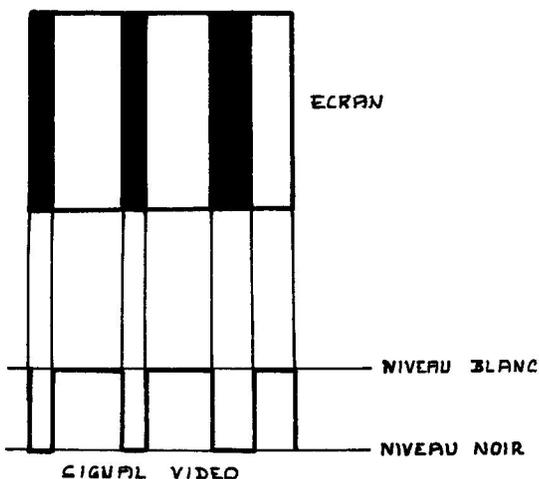


BALAYAGE "IMAGE"
50 / SEC

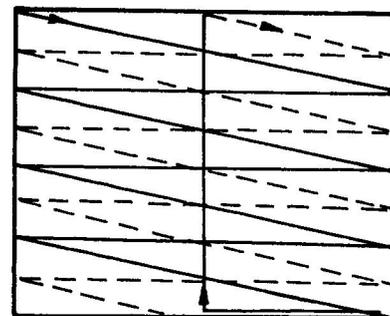


BALAYAGE "LIGNE"
15625 / SEC

Le faisceau balaye donc la mosaïque de points photosensibles en synchronisation avec celui du récepteur. Lorsqu'il frappe un de ces points, il le "relie" à l'anode. Comme il est plus ou moins résistant suivant l'éclairement, il laisse passer un courant plus ou moins grand sur l'anode. Ce courant est transformé en variation de tension grâce à la résistance de charge. Ce signal vidéo aurait, par exemple la forme suivante:

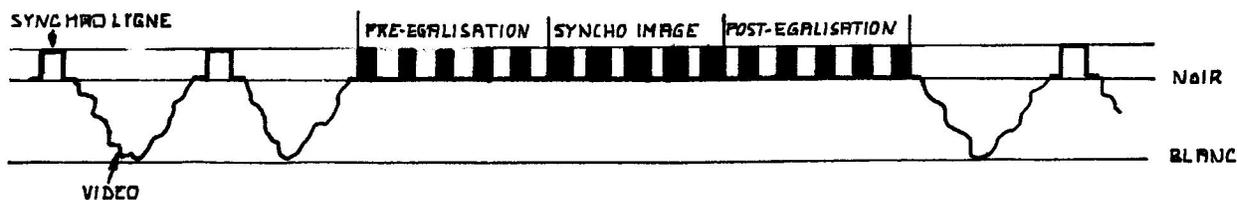


DEPART

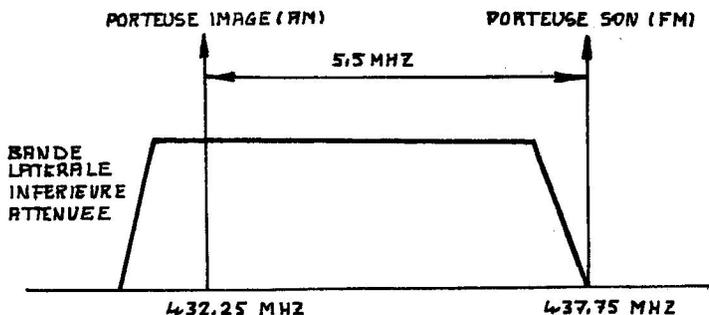


BALAYAGE ENTRELACE

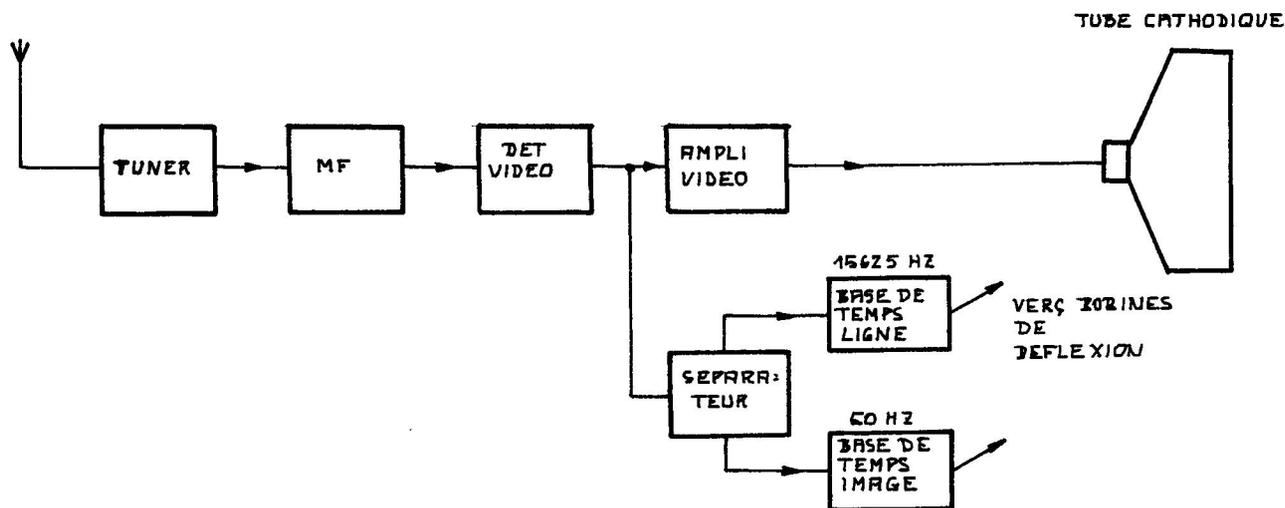
En plus du signal vidéo, le signal complet -composite- comprend encore des impulsions de synchronisation dont le but est d'assurer la coïncidence parfaite des débuts de chaque image et ligne.



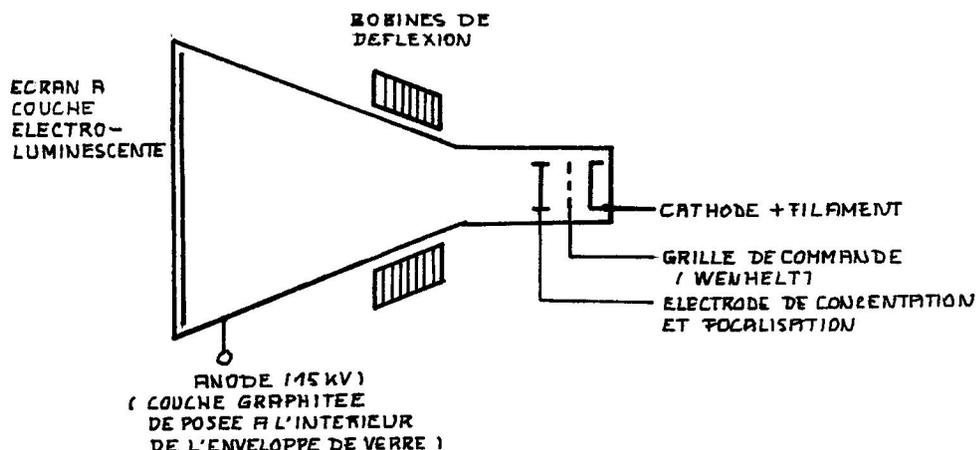
Tous ces signaux sont générés à l'intérieur-même de la caméra-amateur. La synchronisation est simplifiée. L'ensemble est utilisé pour moduler l'émetteur UHF. Les PTT n'autorisent l'émission TV que sur la bande 432 MHz. La norme utilisée doit correspondre à celle du CCIR soit 625 lignes et modulation négative. La puissance antenne ne doit pas dépasser 5 Watts. Selon ces normes, la modulation image doit se faire en amplitude (AM). La bande latérale inférieure doit être atténuée au moyen d'un filtre placé à la sortie du TX. On pourrait s'étonner de ce fait car il semble à priori difficile à réaliser. En réalité, la largeur de la bande vidéo est égale à 5 MHz environ au maximum. Dans ce cas, l'émission occuperait une largeur totale de 10 MHz. C'est la raison pour laquelle on rabote quelque peu une des bandes latérales afin de gagner de la place. Le son est transmis en modulation de fréquence. Il se place exactement 5,5 MHz au-dessus de la porteuse image.



Les radio-amateurs utilisent le plus souvent deux émetteurs et deux antennes séparés afin de supprimer un multiplexage difficile à effectuer. Le récepteur peut être constitué par un téléviseur commercial dont on a modifié le tuner UHF afin de l'amener sur la bande 432 MHz. La modulation de l'émetteur se fait le plus souvent par la cathode du final pour des questions de bande passante. Schéma-bloc typique:



Le coeur du récepteur est le tube cathodique. Il convertit le signal électrique en image. Son fonctionnement est presque identique à celui du tube de prise de vue. On y retrouve le canon à électrons, les électrodes de concentration et focalisation, également les bobines de déviation. Le faisceau d'électrons arrive sur une couche luminescente dont la luminosité est proportionnelle à l'intensité de ce premier. Le signal vidéo arrive soit sur la cathode, soit sur la grille de commande (appelé "Wenhelt"), ce qui permet la modulation du faisceau.



Le "Flying spot" (spot volant) est un système de prise de vue simplifié, capable d'envoyer des vues fixes seulement. Il s'agit d'un tube cathodique d'oscilloscope à forte luminosité qui est balayé normalement mais sans modulation du faisceau. Nous obtenons sur son écran, une image blanche au format voulu. Il suffit d'intercaler un diapositif entre l'écran et un tube photomultiplicateur (=cellule photo-électrique perfectionnée) et nous recueillons le signal vidéo + synchro à la sortie anodique de ce tube.

7) LA TELEVISION A BALAYAGE LENT (SSTV) (Slow Scan Television)

Normalement, la largeur de bande occupée par une émission TV est d'environ 5 MHz. Pour cette raison, il n'est pas possible de la transmettre sur ondes-courtes. La formule qui permet de calculer cette bande passante est la suivante:

$$\begin{array}{l} \text{Nombre de points par ligne} \\ \times \text{Nombre de lignes} \\ \times \text{Nombres d'image par seconde} \\ \hline = \text{Fréquence max. à transmettre} \end{array}$$

Par exemple,

300 points X 625 lignes X 25 images = 6 MHz environ

Si on veut réduire cette dernière, on peut agir sur un de ces trois facteurs. On préfère agir sur le nombre d'images par sec. car les deux autres facteurs définissent la qualité de l'image, donc sa finesse. La cadence des images, par contre, n'est importante que lors de la transmission de mouvements ce qui est rare chez les radio-amateurs.

Les normes SSTV:

Balayage horizontal : 16 2/3 Hz (15 Hz aux USA)

" vertical : 1/8 Hz (une image toutes les 8 secondes)

Nombre de lignes: 120

Rapport des côtés de l'image: 1:1

Direction du balayage horizontal: de gauche à droite

Direction du balayage vertical: de haut en bas
 Largeur des impulsions de synchro lignes: 5 ms
 " " images: 30 ms
 Fréquence de la sous-porteuse synchro: 1200 Hz
 Niveau noir: 1500 Hz
 " blanc: 2300 Hz

La fréquence des liaisons SSTV la plus utilisée est 14,230 MHz

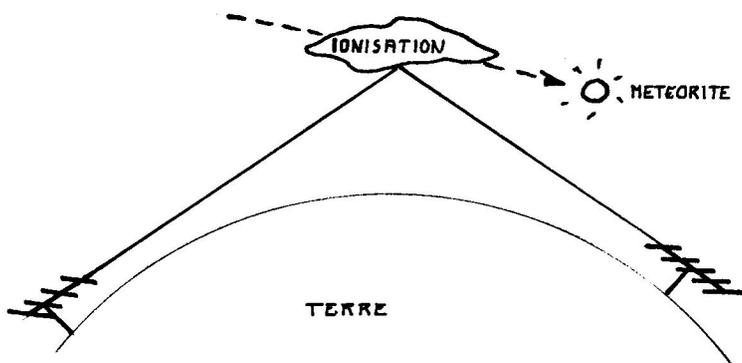
La bande passante nécessaire à la transmission de l'image est de 3kHz environ ce qui correspond à celle de la parole. Nous pouvons donc utiliser un émetteur normal AM ou SSB pour la transmettre. Le récepteur doit avoir un tube cathodique à longue persistance afin de conserver l'image du début à la fin (8 sec). Il est aussi nécessaire de ne pas bouger devant la caméra, sans cela l'image sera floue. En fait, ce système convient parfaitement à la retransmission de vues fixes. C'est d'ailleurs lui qu'utilisent les satellites artificiels météorologiques. On peut recevoir ce genre d'images aussi avec un oscilloscope normal moyennant un petit artifice: il suffit de placer un appareil photographique devant le tube cathodique et de laisser ouvert son obturateur durant tout le balayage d'une image. On ne peut donc pas observer celle-ci durant la transmission mais seulement après développement de la photo.

Les liaisons SSTV ont maintenant conquis les ondes-courtes bien qu'elles soient encore réservées aux OM's fortunés ou bricoleurs avancés. Des liaisons intercontinentales ont été réalisées avec succès.

Le système FAC-SIMILE est assimilable théoriquement à la SSTV mais s'opère à l'aide de systèmes mécaniques. Peut se recevoir avec un terminal SSTV en adaptant les normes.

8) METEOR-SCATTER

Il ne s'agit pas à proprement parler de système de transmission mais une manière d'utiliser la télégraphie A1 (CW). Notre globe terrestre est continuellement bombardé par des météorites plus ou moins gros. Nous nous en apercevons en regardant le ciel par une belle nuit d'été. Des "étoiles filantes" le traversent constamment. Des savants ont démontré que ces objets célestes arrivaient par millions et à des cadences déterminées. Il existe des saisons où notre terre reçoit plus de "visites" qu'habituellement. Les radio-amateurs VHF utilisent ces essais comme réflecteurs radio passifs. Normalement, les ondes VHF se propagent en ligne droite et ne sont pas réfléchies par l'ionosphère comme les ondes-courtes. Mais si un météorite se trouve sur leur chemin, elles seront réfléchies, d'une façon infime bien-sûr, vers la terre.



On peut donc l'utiliser comme relais passif. Le temps de réflexion sera très court, en fonction de la grosseur et du nombre des météorites. Il faudra donc procéder par échantillonnage (sampling).

Le trafic s'effectue de la façon suivante:

Le message morse est enregistré à la vitesse de 4,75 cm/s. Il est réduit à sa plus simple expression de façon à être très court.

Il est ensuite transmis à la vitesse de 19 cm/s par exemple en le répétant continuellement pendant 3 minutes. Bien-entendu un rendez-vous doit être pris, les fréquences exactement déterminées et le timing respecté. Le correspondant fait ensuite de même aussi pendant 3 minutes et ainsi de suite jusqu'à ce que les reports soient complètement échangés et la liaison validée. Un code morse très simplifié a d'ailleurs été élaboré par les "scatteristes" de façon à raccourcir les messages. A la réception, il suffit d'enregistrer le signal et de le restituer à vitesse lente (cette fois de 19 à 4,75 cm/s). D'autres procédures sont aussi utilisées bien-entendu. Il faut beaucoup de patience pour trafiquer de la sorte. Par contre le matériel n'a pas besoin trop spécial: 100 W HF, une antenne à 10 éléments et un oscillateur stable suffisent à l'émission. Un récepteur stable, normalement sensible ainsi qu'un bon repérage de fréquence sont aussi nécessaires. Des liaisons spectaculaires ont été réalisées de cette façon, plusieurs milliers de km sur la bande 144 MHz, qui est d'ailleurs pratiquement la seule utilisée de cette manière. Le signal arrive chez le correspondant sous forme de bribes très courtes, appelées "pings", mais nombreuses ou quelquefois de parties complètes de message, = "burst". En écoutant inlassablement, on arrive à prendre un point par-ci, par-là et on arrive finalement à reconstituer le message par synthèse.

9) MOON=BOUNCE

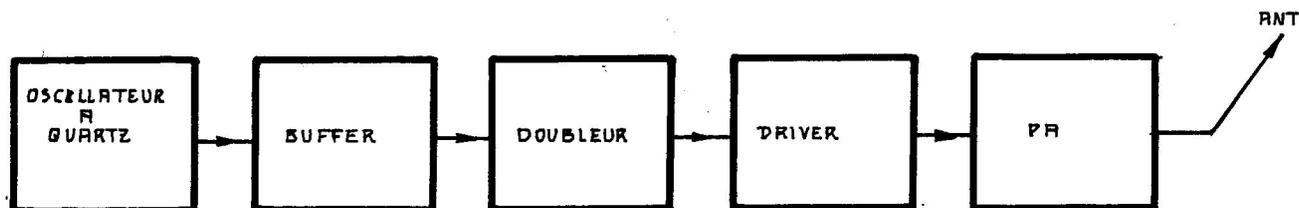
S'abrège EME c'est-à-dire "Earth-moon-earth ou Erde-Mond-Erde. Ce sont des liaisons - Terre-Lune-Terre- effectuées en utilisant la Lune en guise de réflecteur passif. Etant donné la grande distance à couvrir, un matériel considérable doit être assemblé, ce qui limite ce genre d'activité presque exclusivement à des groupes d'amateurs. La puissance doit être importante : 500 à 1000 W. Les antennes également : 8 X 10 éléments par exemple. Il faut également pouvoir l'orienter en direction de la Lune et la suivre. Le pré-amplificateur doit être le plus sensible que possible : amplis paramétriques etc... La procédure utilisée peut être la même que pour le météor-scatter mais on lui préfère la plupart du temps une CW très lente. Le réflecteur est, cette fois, fixe donc le genre de réflexion est différent. Le plus gros obstacle à surmonter est l'atténuation du signal due à la grande distance. Il faut utiliser un récepteur dont le rapport signal/bruit doit être le plus élevé possible. Afin de réduire la bande passante, on a réalisé un détecteur spécial appelé "synchrone" qui apporte une sélectivité d'une fraction de Hz! Il faut, à ce moment-là un enregistreur à papier pour pouvoir lire le signal. C'est la principale raison de l'utilisation de la CW très lente.

Toutes les bandes VHF-UHF ont été essayées. Il semble que la plus favorable actuellement (raisons technologiques) soit le 432 MHz.

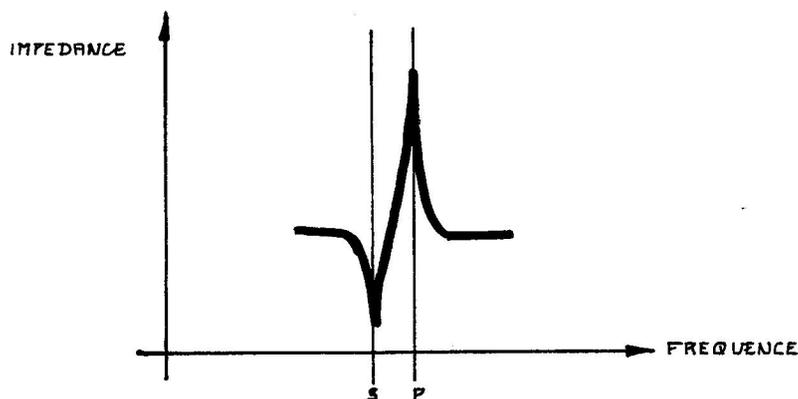
2. EMETTEURS

1) Télégraphie non-modulée A1 (=CW)

Il s'agit, à la base, d'obtenir une émission d'une porteuse pure, sur une fréquence donnée. La manipulation s'effectue en général sur l'étage buffer ou PA. Le schéma-bloc de base est le suivant:



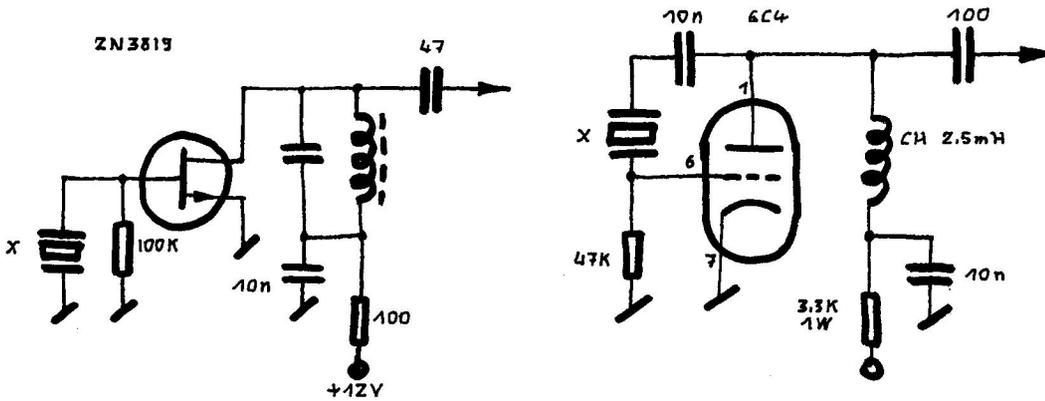
Chaque quartz est taillé pour une fréquence bien précise. Il possède deux types de résonance: série ou parallèle. En général, il est livré pour être utilisé sur l'un ou l'autre des deux modes. A la fréquence de résonance série, le quartz a une impédance très faible, comme un circuit résonant, tandis qu'à la résonance parallèle celle-ci est très grande, comme celle d'un circuit anti-résonant.



Bien-entendu, ces deux fréquences sont présentes simultanément dans un même quartz. C'est suivant le type d'oscillateur qu'on commandera un type ou l'autre de résonance. L'écart entre ces deux fréquences peut aller jusqu'à plusieurs kiloHertz. La qualité principale de l'oscillateur est de délivrer un signal stable en fréquence. C'est la raison pour laquelle on fera suivre le VFO par un étage tampon (buffer) dont le but est d'isoler celui-ci des variations de charge qu'occasionne la manipulation ou la modulation des étages suivants. Il est formé d'un circuit travaillant en classe A, le plus souvent du type cathode-follower ou émetteur-follower.

Il est difficile de faire travailler plusieurs étages amplificateurs de suite sur la même fréquence car on risque de créer des oscillations indésirables provoquées par des couplages.

Exemples d'oscillateurs:

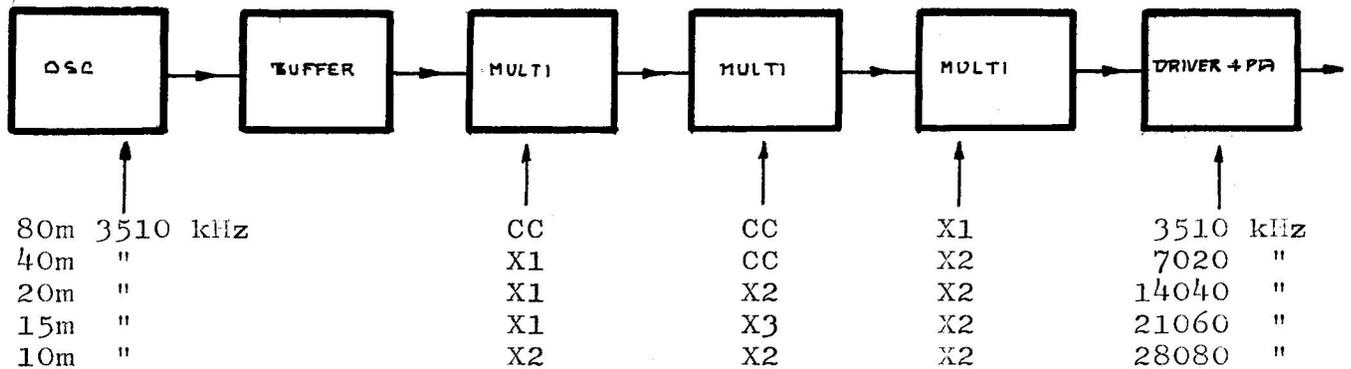


On préfère donc faire travailler l'oscillateur sur une fréquence sous-multiple de celle requise afin d'arriver à l'étage driver avec une certaine puissance. De cette façon, seuls le driver et le PA travaillent sur la même fréquence. On fera donc suivre le buffer d'un ou plusieurs étages doubleurs ou tripleurs de fréquence travaillant en classe C. D'autre part, les bandes ondes-courtes étant en relation harmoniques, il est possible de travailler sur toutes les bandes avec le même quartz fondamental.

Exemple:

Quartz 3510 kHz	X2	7020 kHz = bande CW
	X4	14040 " "
	X6	21060 " "
	X8	28080 " "

On pourrait constituer un émetteur toutes-bandes de la façon suivante:



Sur 80m, le quartz étant en fondamentale, il serait préférable d'en utiliser un de fréquence moitié. Néanmoins, du fait de la fréquence peu élevée, on arrive quand-même à le faire fonctionner correctement de cette façon.

A la sortie du dernier multiplicateur, nous obtenons donc un signal HF stable et à la fréquence voulue. Il reste encore à l'amplifier avant de l'envoyer sur l'antenne. On utilise, en général deux étages pour cela: le driver et le PA (Power Ampli). Tous deux fonctionnent en classe C. Ordre de grandeur des puissances:

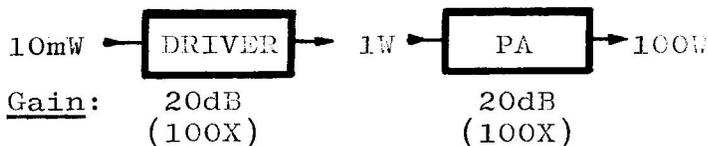


Schéma typique de buffer:

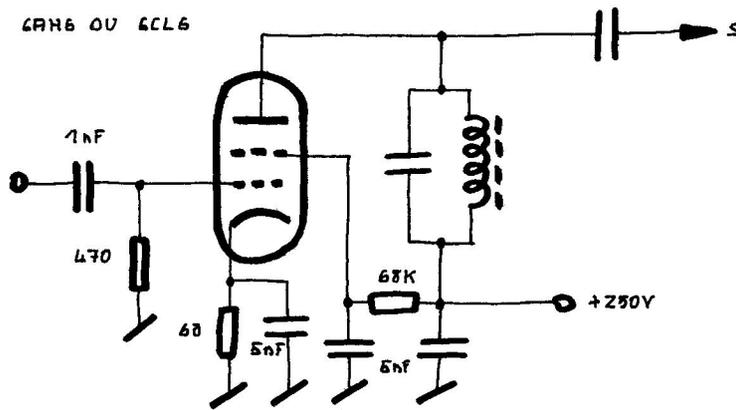
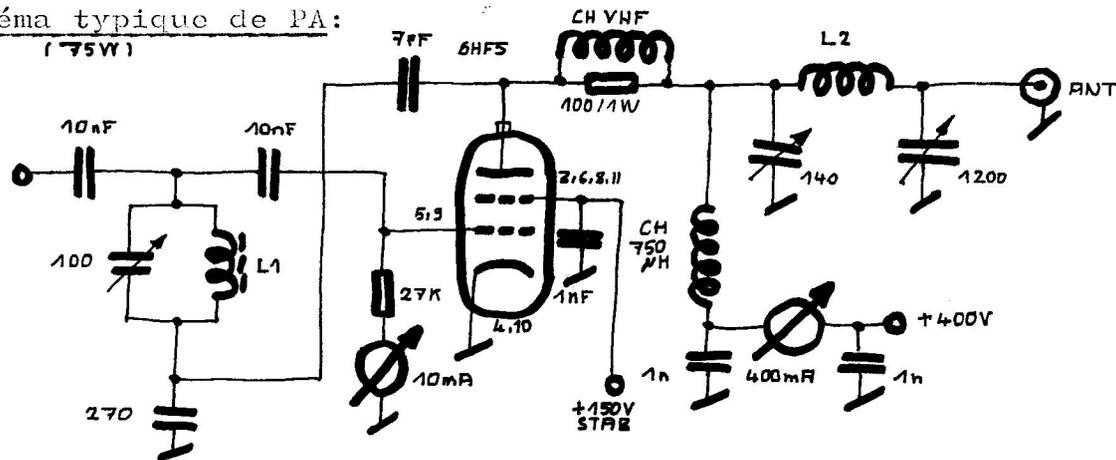


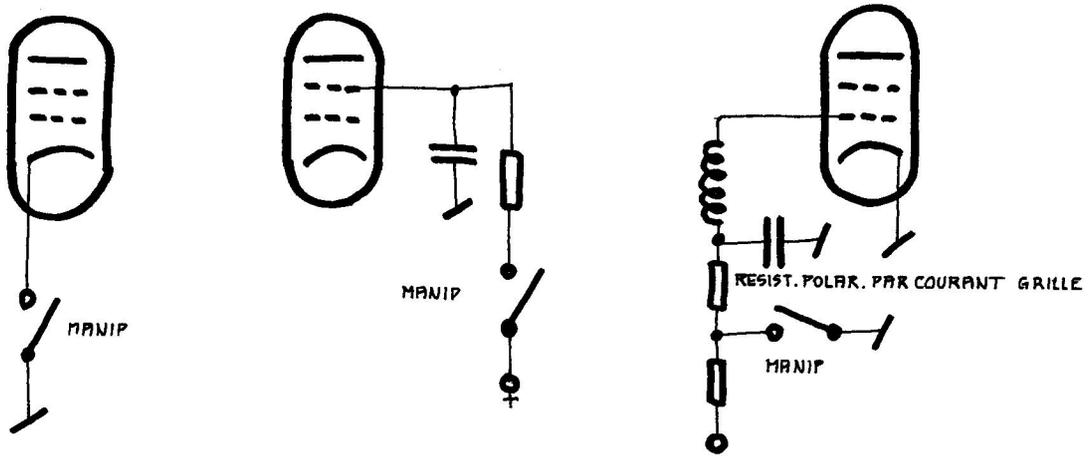
Schéma typique de PA:
(75W)



On peut naturellement utiliser un montage push-pull mais on préfère, pour des raisons de commutations de bandes, n'avoir qu'un ou deux tubes en parallèle et un circuit en PI pour la sortie.

La manipulation télégraphique s'effectue en général sur le driver ou le PA. Il faut couper le courant d'un de ces tubes au repos afin que la HF soit complètement interrompue pendant les espaces de la manipulation. Si on agit sur le driver, il faut que le tube du PA soit polarisé par une tension fixe délivrée par une alimentation négative auxiliaire. Sans cela, la coupure de l'excitation y supprime sa polarisation automatique et un courant prohibitif passe dans ce tube et le détruit. On peut manipuler un tube soit par coupure de cathode, par coupure de la tension d'écran ou par blocage de grille.

Coupure de cathode: Coupure écran: Blocage de grille:



C'est ce système le plus couramment utilisé car le manipulateur ne commute pas de puissance mais seulement une tension de polarisation (étincelles et usures des contacts);

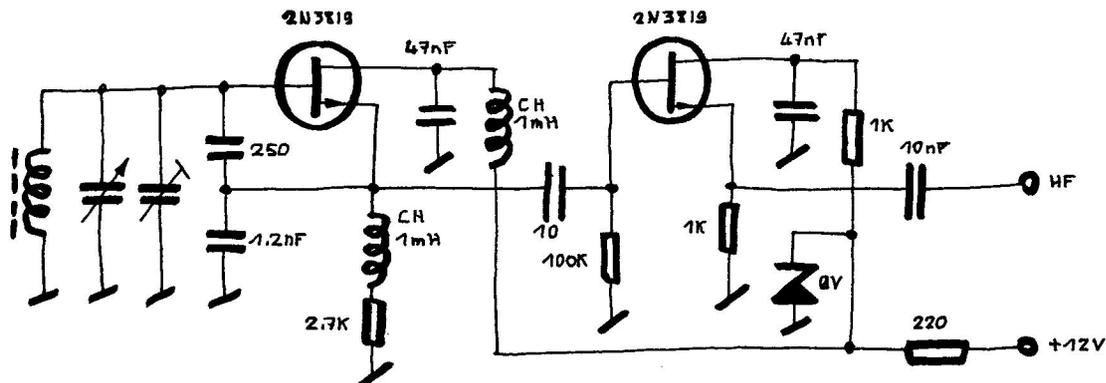
VFO

L'émetteur, tel qu'il est décrit jusqu'ici, est stable en fréquence mais cette dernière est fixe. Pour la changer, il faut mettre un autre quartz sur l'oscillateur. Afin d'avoir la possibilité de se caler sur la fréquence de son correspondant, il est nécessaire de disposer d'un pilotage par un oscillateur variable, c'est le VFO ou Variable Frequency Oscillator. La principale qualité qu'on lui demande est la stabilité en fréquence. Avec un oscillateur à cristal, elle ne pose pas de problème car c'est le quartz lui-même, véritable diapason piézo-électrique, qui la lui donne. Avec un auto-oscillateur, il en va tout autrement. Les variations de tension, de température et mécaniques agissent simultanément sur la fréquence. Il faut donc prendre des précautions spéciales pour les éliminer. On stabilise la tension d'alimentation, enferme le VFO (le plus souvent à transistors) dans un boîtier thermo-statique et on soigne la rigidité mécanique. A ce prix-là, on arrive à concurrencer la quartz au point de vue de la stabilité à court terme.

Ordre de grandeur:

Stabilité d'un Xtal: 10^{-6} /heure = 1 Hz par MHz
 ex: 7 Hz sur 7 MHz
 Stabilité d'un VFO: 10^{-5} /heure = 10 Hz par MHz
 ex: 70 Hz sur 7 MHz

Schéma typique de VFO:



Emetteurs à changement de fréquence:

Le TX décrit ci-dessus génère sa fréquence finale par multiplication de celle du pilote. Un système plus souple mais plus compliqué (donc onéreux) a vu le jour avec l'avènement de la SSB: le changement de fréquence (=hétérodyne).

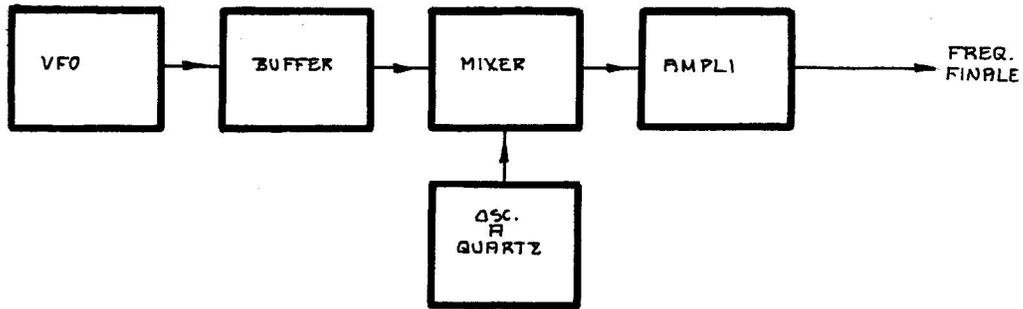
Les avantages principaux sont les suivants:

- On utilise un VFO qu'avec une seule graduation puisqu'il ne travaille que sur une seule bande.
- Son glissement de fréquence accidentel n'est pas multiplié par les étages suivants de l'émetteur. La stabilité de fréquence est la même sur toutes les bandes ce qui n'est pas le cas avec un TX du type multiplicatif.

Exemple:

multiplicatif: glissement 50 Hz sur 3,5 MHz
 " 400 Hz sur 28 MHz (50 X 8)
 hétérodyne: " 50 Hz sur 3,5 MHz
 " 50 Hz sur 28 MHz

Schéma-bloc typique:



Exemple:

VFO: 2 à 3 MHz

OSC quartz: 12 MHz

Fréquence finale: $12 + 2 = 14$ MHz
à $12 + 3 = 15$ MHz

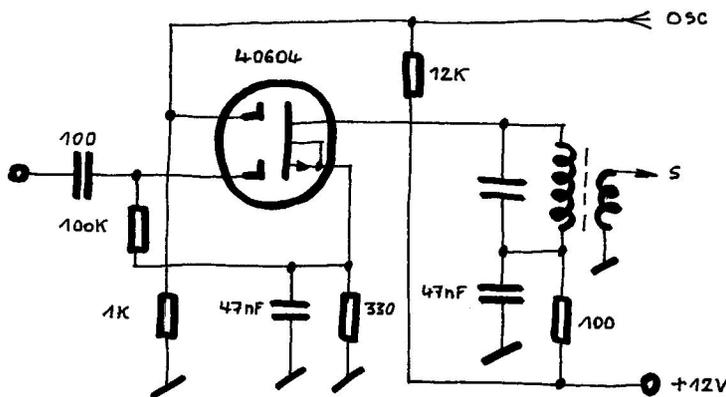
Le battement infradyne est éliminé par les circuits d'accord (12-2 et 12-3 MHz).

Pour effectuer le changement des bandes, il suffit de commuter les quartzs de l'oscillateur-1 par bande- et le circuit de sortie du mélangeur.

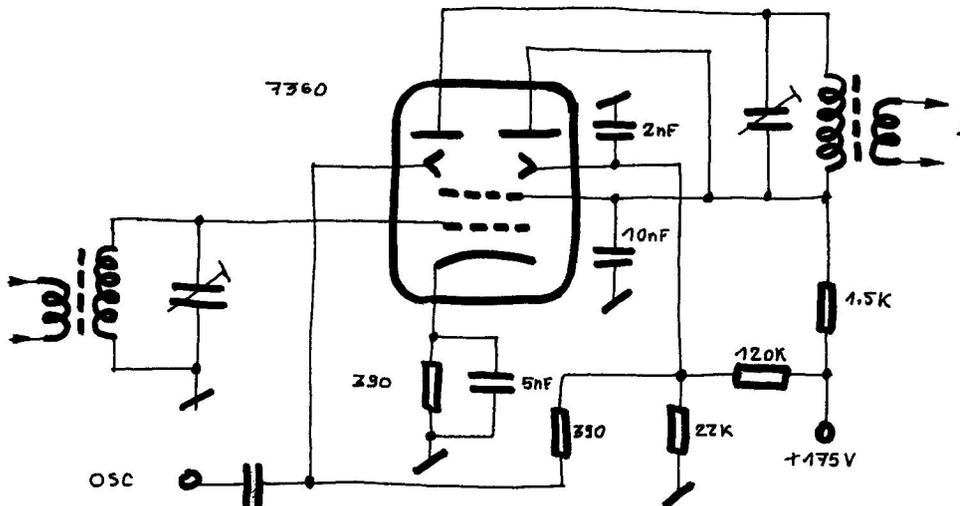
Les types de mélangeurs sont nombreux. Ceux dits "équilibrés" ont l'avantage de supprimer efficacement la fréquence de l'oscillateur local.

Mélangeurs (=mixers) typiques:

à mosfet:



à tube:



Ce tube a été spécialement conçu pour cet usage. C'est l'élément actif actuel qui supporte la plus forte tension d'entrée: 4 Volts!
 - Notons que ces mixers sont exactement les mêmes que ceux utilisés en réception-
 Les étages suivants sont exactement les mêmes que ceux de l'émetteur "multiplicatif".

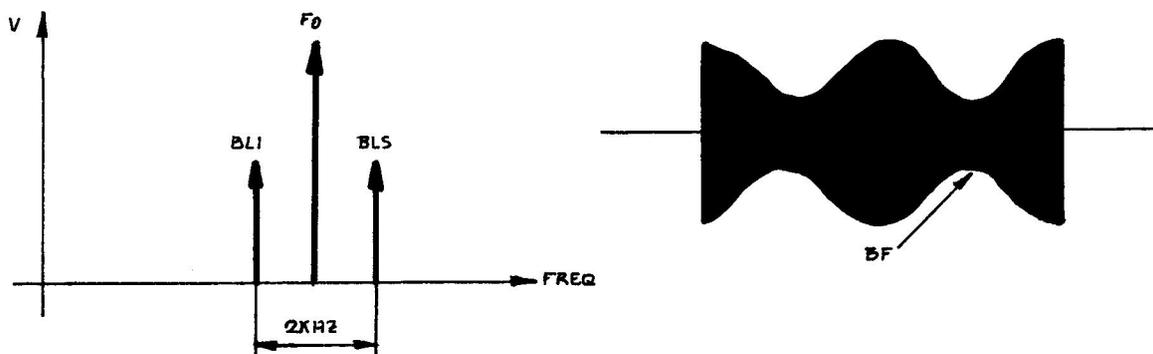
2) Modulation d'amplitude A3

La base est exactement la même que l'émetteur télégraphique. La modulation intervient uniquement au niveau de l'étage final (PA). Le modulateur est constitué par un amplificateur basse-fréquence de tension ou de puissance suivant le système et l'efficacité désirés.

En fait, il s'agit d'un phénomène identique à l'hétérodynage. Supposons une fréquence de 10 MHz modulée par un signal BF de 1 kHz. A la sortie de l'émetteur, nous aurons 3 fréquences, comme dans un mélangeur classique. Une seule exception toutefois: les fréquences sont

- a) la porteuse 10,000 MHz
- b) la bande latérale supérieure 10,001 MHz
- c) la bande latérale inférieure 9,999 MHz

On voit donc que les BLI et BLS ne sont séparées que par 2 kHz donc elle "passent" toutes deux sur la sortie contrairement aux mélangeurs classiques où le circuit oscillant de sortie en élimine une des deux.



Le dessin de droite montre le signal que l'on observerait à l'oscilloscope. On voit bien que le signal de base de 10 MHz a son amplitude variée au rythme du 1 kHz. En réalité, la BF n'est pas de 1 kHz mais la bande de fréquence vocale qui va de 300 à 3000 Hz.

Types de modulateurs:

La modulation d'amplitude s'effectue la plupart du temps sur le PA à cause du rendement. On pourrait moduler un étage intermédiaire et le faire suivre par des amplificateurs linéaires.

- Rappelons que l'ampli classe C n'est pas linéaire car il n'amplifie qu'une demie-alternance du signal d'attaque. C'est le circuit oscillant anodique, par son effet de volant inertiel, qui restitue la deuxième partie de l'alternance-

Le modulateur, de cette façon, ne devrait pas délivrer une grosse puissance. Malheureusement, les amplificateurs linéaires de puissance n'ont pas un gros rendement ce qui limite la puissance HF de sortie.

La puissance dissipée par chaque tube est donnée par le fabricant. C'est la valeur qui, en fonction de notre concession PTT, détermine le type de tube que nous pouvons légalement utiliser. La concession D1 admet 50 W dissipés et la D2 150 W. Donc, si nous voulons avoir le maximum de puissance compatible avec notre concession, nous devons tenir compte du rendement HF du tube final. Grosso-modo, un ampli classe C a un rendement de presque 80% alors que la classe AB 20-30%. On voit, par conséquent, qu'il est préférable de faire travailler le final en classe C et de le moduler directement. D'autre part, dans le cas de la modulation anodique, la puissance apportée par le modulateur s'ajoute à la HF et se retrouve sur l'antenne. Elle n'est donc pas perdue et contribue à l'efficacité totale.

Tableau comparatif des modulations d'amplitude:

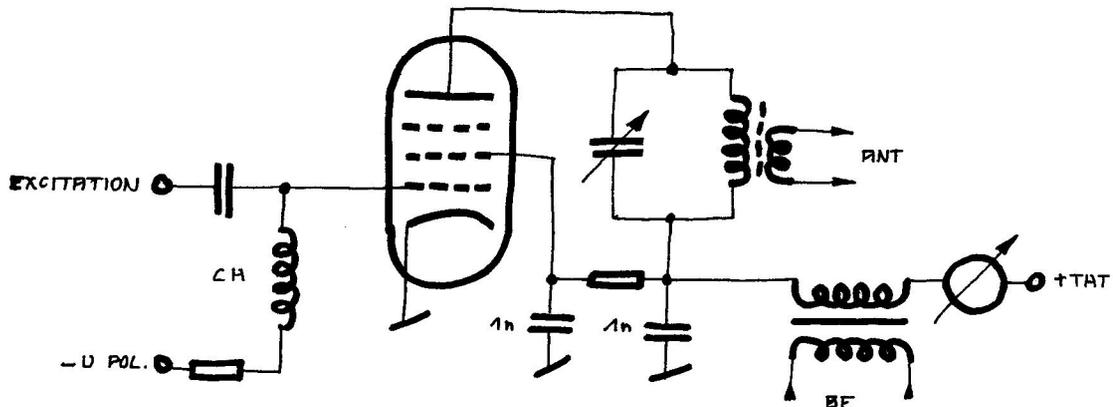
Type:	Rendement relatif:	Puissance BF:
Anode-écran	200%	$\frac{1}{2}$ P.alim. du PA
Ecran	100%	$\frac{1}{10}$ P.alim. du PA
Porteuse contr.	40%	Tension

Les autres types de modulation sont volontairement laissés de côté car ils sont trop peu efficaces ou demandent trop de mise au point.

a) Anode-écran (=plaque-écran)

C'est le système le plus efficace mais le plus onéreux. La puissance BF requise est la moitié de celle de l'étage final. Par exemple, un émetteur de 100W demande une puissance BF de 50W pour le moduler à 100%. La puissance de crête du PA est plus élevée en pointe de modulation que celle au repos ce qui est le principal avantage du système. Il est possible ainsi d'augmenter la puissance effective rayonnée tout en restant dans les limites de sa concession.

Schéma typique:



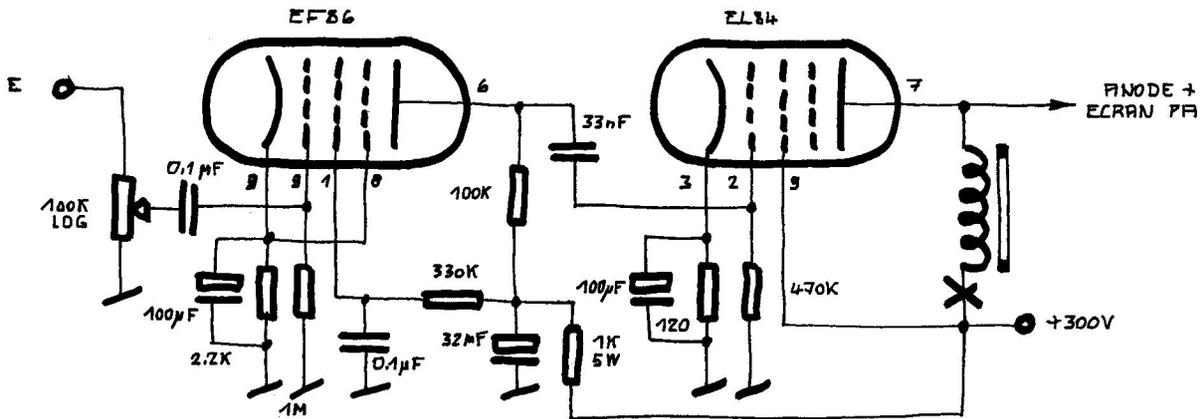
Le transformateur de modulation doit adapter l'impédance du modulateur à celle du tube final. Rappelons que l'impédance de charge se calcule:

$$Z_c = \frac{U_a}{I_a}$$

Pour les émetteurs de petite puissance (jusqu'à 15W), on peut remplacer le transformateur de modulation par une self BF, par exemple de filtrage ou primaire de transformateur de sortie normal. A ce moment, l'impédance du tube modulateur doit être égale à celle du tube à moduler. (système Heising).

Modulateur pour émetteur 5-15W:

(ici, par exemple, QCE03/12 144 MHz)

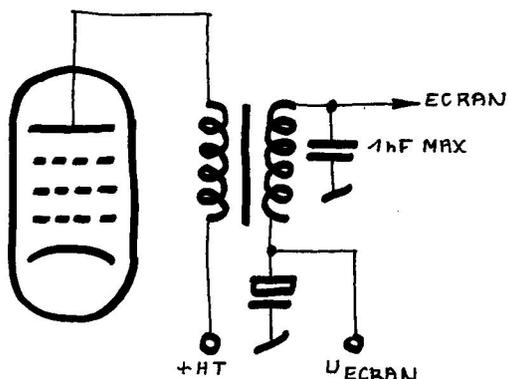


La self BF doit pouvoir supporter un courant de 100mA environ sans se saturer. Une self de filtrage de bonne qualité convient ou mieux, le primaire d'un transformateur de sortie adaptée à l'EL84.

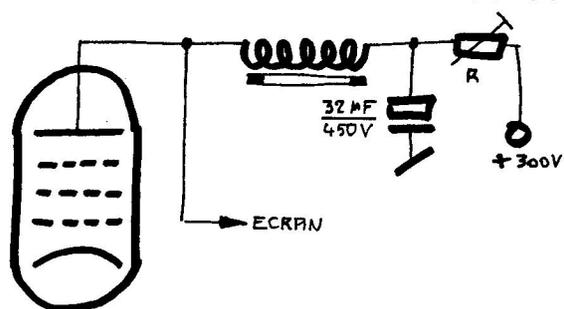
b) Ecran:

La puissance demandée est faible, 1/10 à 1/20 de la puissance alimentation du PA mais elle n'augmente pas cette dernière dans les pointes. Au repos, la puissance alimentation doit être réduite afin de pouvoir moduler normalement à l'endroit. On pourrait aussi utiliser le modulateur ci-dessus pour moduler un tube de plus grande puissance par l'écran. La puissance suffit pour tous ceux que nous permet notre concession. Pour ce faire, il faut au point X rajouter une résistance-série de puissance afin d'ajuster exactement la tension continue de repos alimentant l'écran du PA. Contrairement à la modulation plaque-écran, ce système réclame une certaine expérimentation afin de trouver le réglage optimum. Il convient, par exemple, à une QCE 06/40, 100W sur 144 MHz.

Schéma typique:



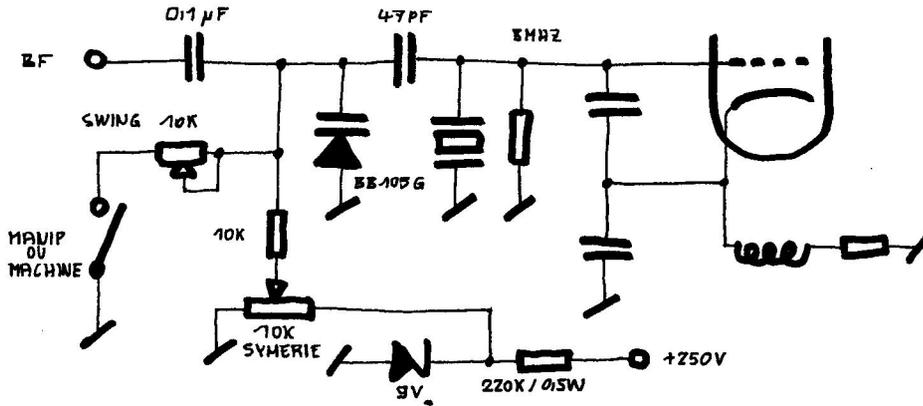
Modification au modulateur décrit ci-dessus pour modulation écran:



c) Porteuse commandée:

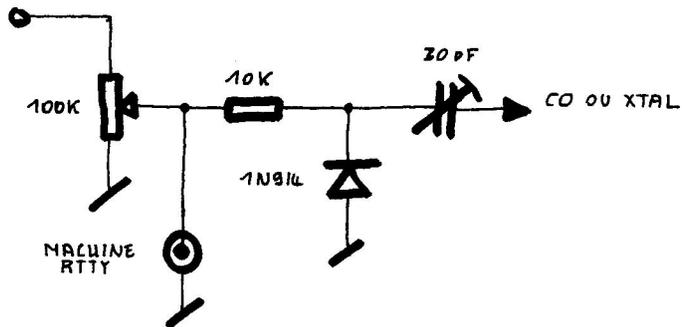
Il s'agit d'une modulation de la grille-écran du tube PA. Pour avoir le maximum d'efficacité, on réduit, au moyen de la tension

Schéma typique F1 et F3:



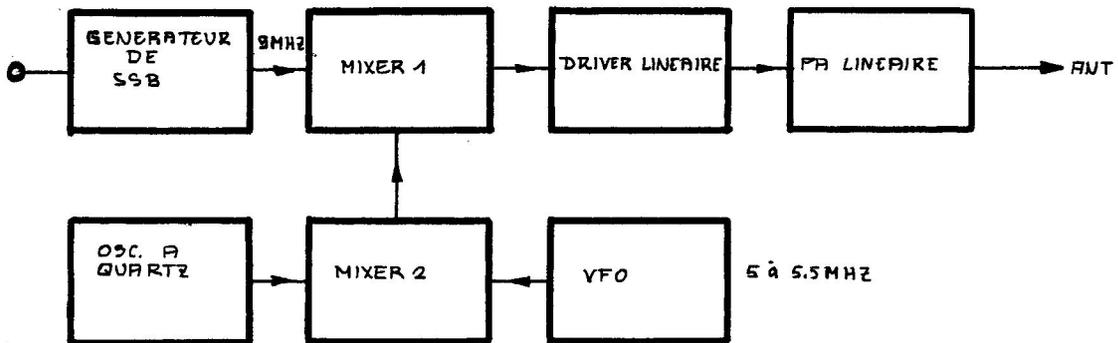
Le schéma est exactement le même pour un VFO. La résistance ajustable en série avec le manipulateur sert à définir le swing pour la F1. Si l'on ne désire pas ce dernier mode, supprimer la manipuleur (ou télé-imprimeur) et la R série.

Schéma typique RTTY:



4) Emetteur SSB A3J

La génération de la SSB ayant décrite au chapitre 1, nous n'y reviendrons pas. Le problème restant est d'amplifier ce signal et, auparavant, à le transposer dans les différentes bandes amateurs. Le schéma-bloc est le même que celui d'un TX hétérodyne. La seule différence est que le changement de fréquence est, en général, double et suivi, cette fois d'amplificateurs linéaires.



La génération de la SSB sur 9 MHz a l'avantage d'économiser deux

quartzs. En effet:

$$9 \text{ MHz} + 5 \text{ MHz} = 14 \text{ MHz, bande 20 mètres}$$

$$9 \text{ MHz} - 5 \text{ MHz} = 4 \text{ MHz, bande 80 mètres}$$

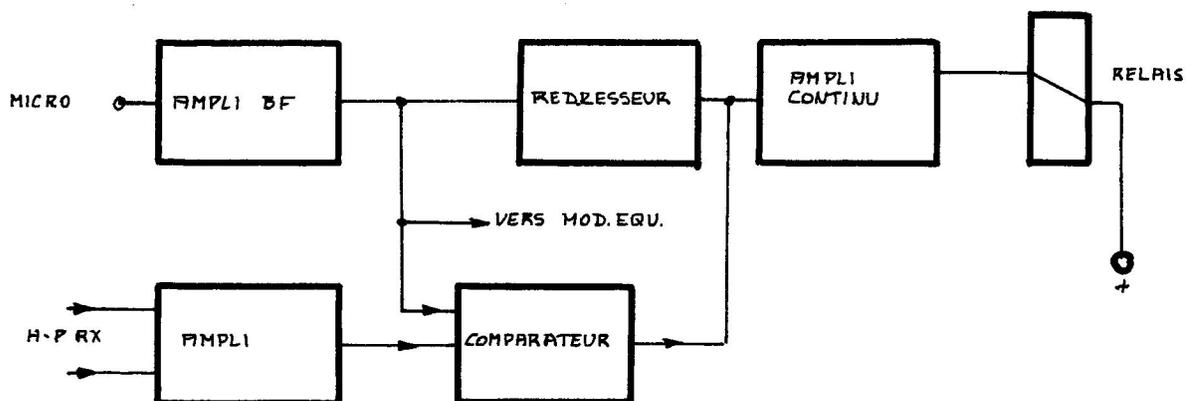
Donc deux bandes sont déjà couvertes avec un seul changement de fréquence. Pour les autres, il faut en opérer un deuxième au moyen d'un second mixer et oscillateur à quartz. Après le mixer 1, il suffit, en général, d'amplifier le signal SSB par un étage driver suivi d'un PA. Certaines précautions sont nécessaires afin de respecter exactement le signal BF original transposé en HF (linéarité), entre autres, stabilisation des tensions de pol. et d'écran, neutrodynage, etc...

Certains accessoires améliorent le trafic SSB. Ce sont:

- a) Le VOX-ANTI-TRIP
- b) ALC ou Automatic Load Control
- c) Ecrêteur (clipper) ou compresseur de modulation.

a) Le VOX-ANTI-TRIP:

Ce sont deux montages complémentaires. Ils servent à enclencher l'émetteur simplement en parlant devant le microphone. Pour cela, on amplifie son signal, ensuite on le redresse pour attaquer, par l'intermédiaire d'un ampli à courant continu le relais effectuant la commutation émission-réception. Le but de l'anti-trip est d'empêcher l'enclenchement du VOX par le bruit sortant du haut-parleur du récepteur. Pour cela, on prélève le signal BF à la sortie du haut-parleur du récepteur, on l'amplifie afin d'attaquer une des entrées d'un étage comparateur. L'autre entrée est alimentée par le signal amplifié du microphone. Si le signal provenant du micro est le même que celui arrivant du haut-parleur, le comparateur bloque l'action du VOX. Si ce n'est pas le cas, cela veut dire que l'opérateur parle devant son micro ou qu'il s'agit d'un bruit ambiant. Dans ce cas, le VOX peut fonctionner et enclencher l'émetteur.



Sur les transceivers actuels, il existe en général 3 boutons de réglage pour ces accessoires:

- a) "Gain VOX": c'est la sensibilité du VOX. Dépend de la puissance vocale de l'opérateur, du micro, etc...
- b) Constante de temps: de son réglage dépend le temps qui s'écoule après la dernière parole jusqu'à ce que le relais commute en réception. Dépend du débit vocal de l'opérateur. Si elle est réglée trop longue, une partie du message du correspondant sera perdue. Dans l'autre cas, le relais commutera entre les mots.

- c) Anti-trip gain: Dépend du volume sonore que délivre le H-P.
Si ce réglage est trop bas, l'anti-trip n'agira pas et le récepteur enclenchera tout seul le TX.

b) Automatic Load Control ALC

La surmodulation d'un émetteur SSB se traduit par un élargissement du spectre transmis et par des harmoniques (TVI). Les émetteurs modernes comportent souvent un système de réaction qui diminue ou empêche la surmodulation. Si l'utilisateur "pousse" trop son gain micro, l'étage final est surchargé et du courant grille fait son apparition. On met à profit ce phénomène pour recueillir la tension continue ainsi formée (et proportionnelle au degré de la surcharge) et réduire le gain d'un étage précédent. Cela crée également une certaine compression de la dynamique et améliore la qualité de la transmission.

c) Clipper et compresseur:

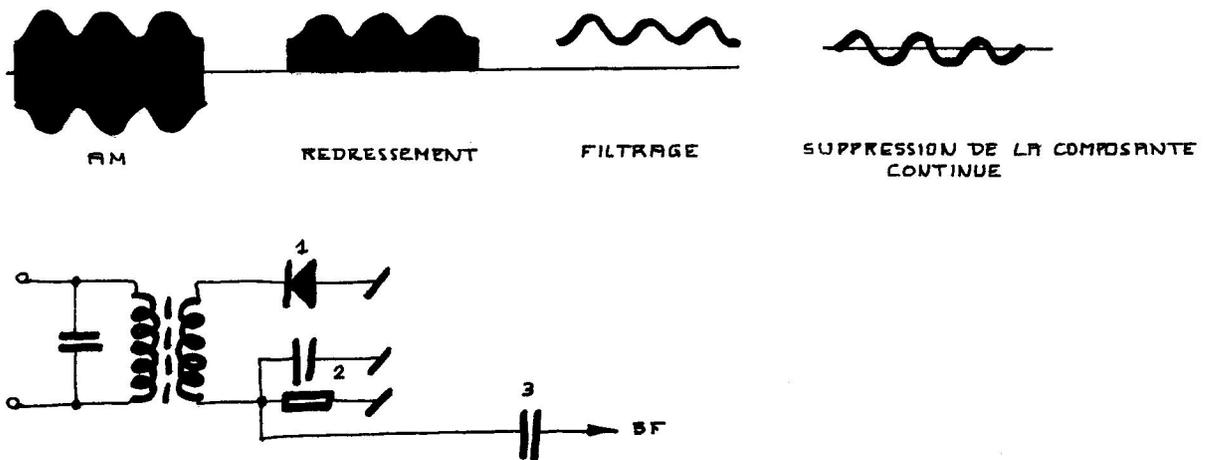
Si on analyse un message vocal au point de vue amplitude, on s'aperçoit que l'amplitude maximum est rarement atteinte car la moyenne se situe entre 20-30% de cette dernière. Cela dépend évidemment de la voix et du tempérament de l'opérateur. Afin de ne pas surmoduler un émetteur, il faut veiller à ne pas dépasser un certain seuil d'amplitude. Ce dernier correspond à l'amplitude maximum de la parole. Par conséquent, un émetteur bien réglé sera modulé en moyenne à 20-30% et atteindra rarement 100%. Cela diminue donc l'efficacité totale. Pour remédier à cet inconvénient, on a introduit deux systèmes principaux:

- a) Le clipper: écrête (=rabote) les amplitudes maxima ce qui permet d'augmenter le niveau moyen. Malheureusement, ce système introduit une importante distorsion au signal BF qu'il faut ensuite énergiquement filtrer.
- b) Le compresseur: agit comme l'ALC mais en BF. A partir d'un certain seuil, le signal BF reste constant, quel qu'il soit à l'entrée.

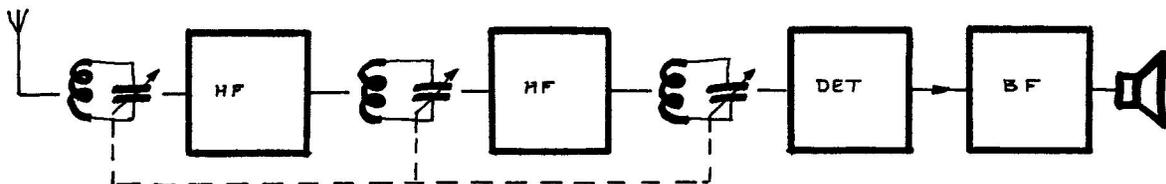
3. RECEPTEURS

1) Amplification directe:

Le coeur du montage est l'étage détecteur. Il permet de séparer la modulation basse-fréquence (information utile) contenue dans le signal HF (support) de l'AM reçue. Le processus comprend trois phases:



Le signal BF est ensuite amplifié afin d'avoir une puissance suffisante pour actionner le haut-parleur. Pour que le signal arrivant sur le détecteur ait une amplitude suffisante, on ajoute un ou deux étages d'amplification haute-fréquence. Le schéma-bloc complet d'un tel ensemble est dessiné ci-dessous:



Ce montage n'est plus utilisé car il comporte plusieurs défauts importants:

- Chaque étage doit être accordé sur la fréquence du signal à recevoir ce qui fait plusieurs condensateurs variables à régler à la fois, d'où un problème de commande unique.
- On ne peut pas mettre plus de deux étages HF en cascade sans risquer des oscillations spontanées ce qui limite la sensibilité totale.
- Pour avoir une grande sensibilité, c'est-à-dire de pouvoir bien séparer les stations, il faut utiliser beaucoup de circuits accordés ce qui n'est pas compatible avec une commande unique simple. Ce type de récepteur est néanmoins encore construit par les débutants. Il demande moins de matériel que les autres systèmes. Deux artifices permettent encore de simplifier le montage:

La réaction: Il s'agit d'un étage amplificateur ou détecteur dont

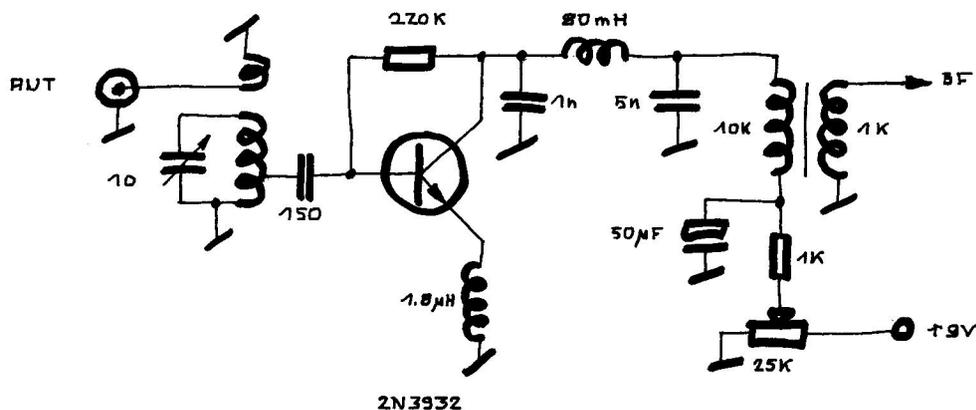
la sortie est plus ou moins couplée avec sa propre entrée. De cette façon, cette dernière reçoit le signal incident, augmenté de ce même signal déjà amplifié. Pour simplifier les explications, on peut donc dire que le même signal passe plusieurs fois dans le même amplificateur, ce qui l'augmente d'autant plus à chaque passage. Le degré de couplage sortie-entrée est très critique, s'il est trop poussé, l'étage entre en oscillation (ce qui permet d'ailleurs de recevoir la SSB ou la CW). Il faut s'approcher le plus possible de ce point afin de bénéficier du gain maximum. Avec un seul étage détecteur à réaction, on peut égaler le gain obtenu avec un montage plus conséquent.

Récepteur réflex: Afin de diminuer le nombre total d'étages, on utilise un de ceux-ci à la fois comme amplificateur HF et BF en aiguillant le signal par des filtres adéquats.

2) Récepteur à superréaction:

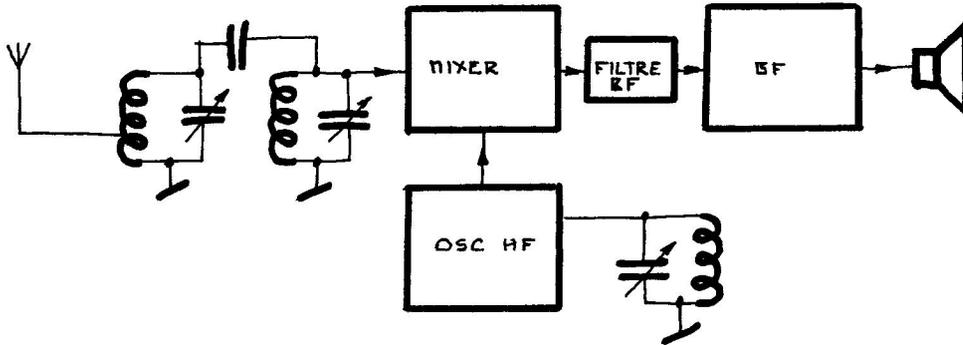
Nous venons de voir, avec le récepteur à réaction, que cette dernière doit être réglée à son point critique afin de profiter du maximum de sensibilité. La superréaction fait ce réglage automatiquement de la façon suivante:

Ce réglage consiste, en fait, en une commande du gain de l'étage détecteur, donc une tension réglable par potentiomètre sur une des électrodes de l'élément actif employé. Au lieu de le faire par un potentiomètre, on le fait par une tension alternative HF, en général de 20 à 300 kHz. L'amplitude de celle-ci est ajustée de telle façon que ses pointes négatives ou positives conduisent l'étage à la limite de l'auto-oscillation. Aussitôt que ce point est atteint, la sinusoïde HF diminue et change de signe. Par conséquent, l'amorçage de l'oscillation n'a pas le temps de se manifester. La sensibilité du récepteur est, par conséquent, toujours maximum. Le signal détecté est découpé par le signal HF de réaction. On doit encore le filtrer et l'amplifier avant de l'envoyer dans le haut-parleur. Ce type de montage a le mérite de la simplicité et d'économie de matériel. Il est très sensible mais peu sélectif. Il ne permet de recevoir que l'AM et la FM. Il s'utilise presque uniquement sur VHF et UHF. La contre-partie de tout cela est la nécessité de réglages délicats sur un prototype, ce qui a certainement dégoûté plus d'un débutant séduit par sa simplicité. Le principal consiste à entendre un fort souffle pour une certaine position du réglage de la superréaction ce qui indique qu'elle fonctionne.



3) Réception à conversion directe

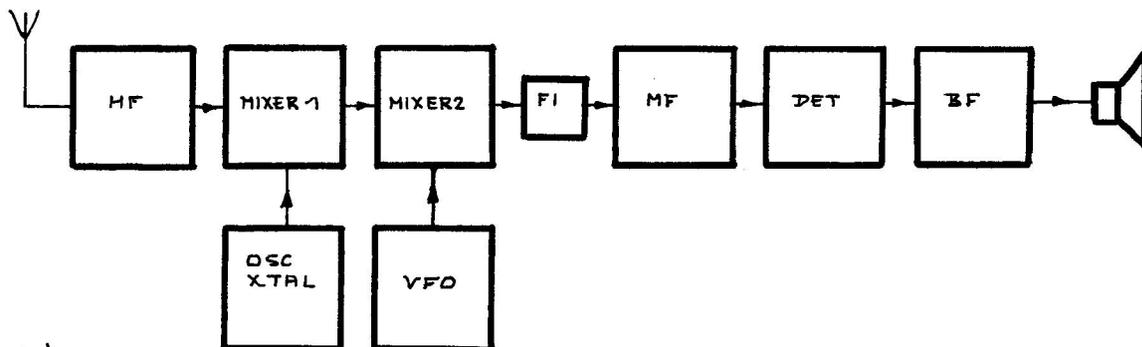
Le schéma-bloc est le suivant:



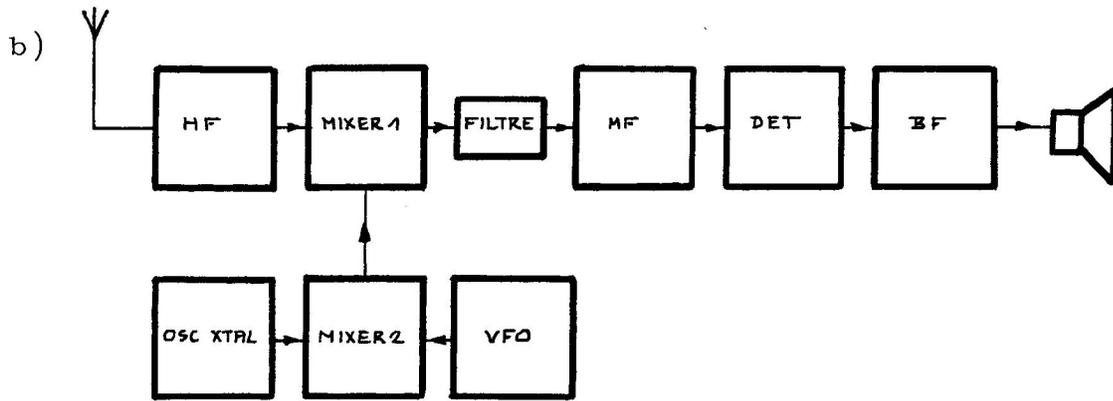
Le signal arrive de l'antenne sur l'étage mélangeur. Il est présélectionné par un double circuit-oscillant commandé par deux condensateurs variables jumelés. Le mixer reçoit également un signal provenant d'un oscillateur réglé sur la fréquence à recevoir. L'amplificateur BF qui suit la sensibilité et la sélectivité du récepteur. Il doit être à faible souffle et à grand gain. Il doit pouvoir amplifier un signal de quelques dizaines de microVolts jusqu'à plusieurs Volts. Il est précédé d'un filtre BF à haute sélectivité qui conditionne celle du RX entier. Le fonctionnement est simple: si l'oscillateur local est sur la même fréquence qu'une porteuse sans modulation, il ne se passe rien. Par contre, si nous le décalons de 1 kHz, un battement à cette dernière fréquence sera audible à la sortie du mixer. Nous pouvons, de cette manière, recevoir de la télégraphie et la SSB. L'AM se décode en se réglant au battement zéro avec la porteuse reçue. Seule la modulation apparaît en BF. Cette apparente simplicité a un inconvénient, c'est qu'on reçoit la même signal en deux points, soit le battement supérieur, soit l'inférieur.

4) Le récepteur super-hétérodyne

C'est le plus couramment utilisé. Son principe a déjà été décrit au chapitre 1. Actuellement, l'utilisation des filtre à quartz 9 MHz a amené deux tendances chez les constructeurs. Elles sont illustrées par les schémas-blocs ci-dessous:



a)



Le principe "a" est à double changement de fréquence successif tandis que le "b" est à simple changement mais avec un VFO du type hétérodyne. Les deux systèmes ont leurs mérites respectifs sans que l'un ou l'autre soit vraiment décisif. Les caractéristiques importantes d'un récepteur sont les suivantes:

a) La sensibilité: dépend de l'étage d'entrée. Sur OC, son souffle n'entre en considération que sur 15 et 10 m car le niveau reçu sur les autres bandes est de loin supérieur. Sur VHF-UHF, par contre, c'est le facteur déterminant de la sensibilité. Celle d'un RX OC est donnée par la formule suivante:

$$S = N_p V \text{ POUR } \frac{\text{SIGNAL} + \text{BRUIT}}{\text{BRUIT}} \text{ EN dB}$$

Par ex: 1 μ V pour 20 dB

Ce qui veut dire que la présence d'un signal de 1 μ V à l'entrée se traduit par un signal BF égal à 10 X (20dB) la tension que donne la présence du souffle seule.

Sur VHF-UHF, le rapport signal+bruit/bruit seul est donné. Il indique le souffle occasionné par l'étage d'entrée du récepteur par rapport au bruit produit dans une résistance mise à la place de l'antenne. Pour faire cette mesure, il faut un générateur de bruit (noise generator) étalonné ainsi qu'un voltmètre à valeur efficace.

b) la stabilité: Elle dépend des oscillateurs. Dans un bon RX de trafic, il n'y a qu'un seul VFO et des oscillateurs à cristal. Le VFO est donc pratiquement seul responsable de cette caractéristique puisque les oscillateurs à quartz sont plus stables que lui. On donne la valeur de la stabilité soit en

N_{Hz} par heure après N_{minutes} de mise en route

ex: 20 Hz par heure après 30 minutes dès la mise en route.
soit par le rapport:

$\frac{\text{variation de fréquence}}{\text{fréquence utilisée}}$ par heure

ex: 10^{-6} par heure à 14 MHz correspond à 14 Hz par heure
On considère une stabilité de 100 Hz/heure comme très bonne.

c) La réjection de la fréquence-image: Dans un montage super-hétérodyne, nous avons deux fréquences de réception possibles avec la même fréquence d'oscillateur local. On sélectionne la bonne au moyen du circuit oscillant présélecteur d'entrée. Celui-ci n'étant jamais parfait, un signal relativement fort sur la fréquence non-désirée pourrait quand-même être gênante. C'est la raison pour laquelle on mesure ce rapport de perturbation avec la formule suivante:

$$N_{dB} = 20 \log \frac{\text{signal désiré}}{\text{signal indésiré}}$$

Par ex: réjection fréquence-image = 60dB

Cela veut dire que pour donner le même signal BF, le signal indésiré doit avoir une amplitude 1000X plus élevée que le signal utile (1000X = 60dB). On considère 60dB comme une bonne moyenne pour un RX amateur alors que pour le professionnel 80dB est le minimum.

Exemple de calcul: F entrée: 14 MHz

F MF : 9 MHz

F VFO : 5 MHz

F image = $F_{mf} - F_{vfo} = 9 - 5 = \underline{\underline{4 \text{ MHz}}}$

d) Sélectivité: Elle dépend uniquement du filtre MF utilisé. Il y en a de plusieurs types:

à quartz (1 à 40 MHz)

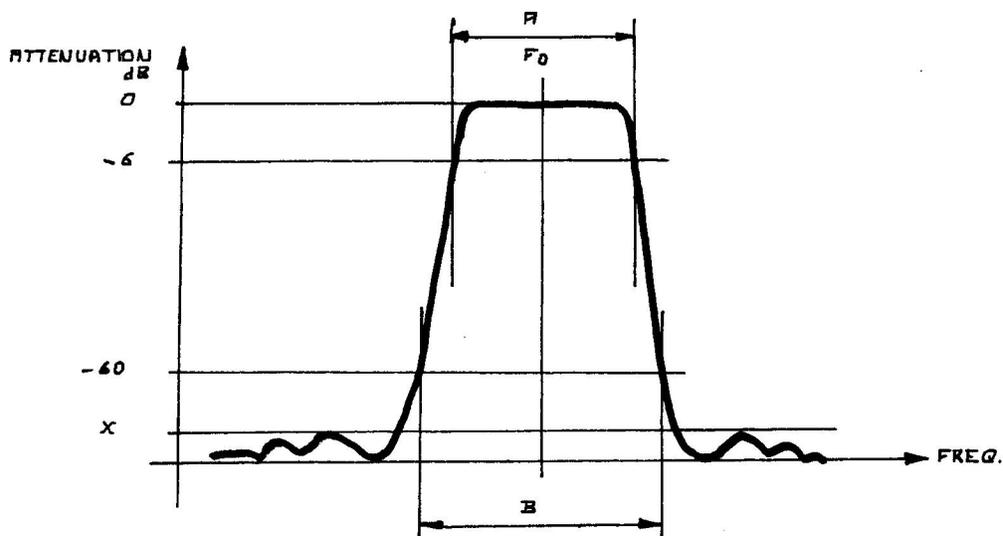
mécanique (80 à 900 kHz)

céramique (0,5 à 11 MHz)

On donne généralement la sélectivité pour deux valeurs d'atténuation sans cela, il est impossible d'avoir une idée de la forme de la courbe de sélectivité.

Le plus souvent: a) N_{kHz} à -6dB

b) N_{kHz} à -60dB

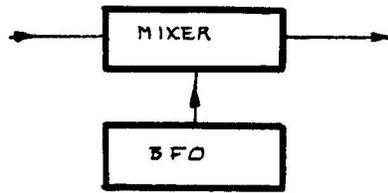


Également importante est la valeur de l'atténuation des fréquences hors bande-passante du filtre (x).

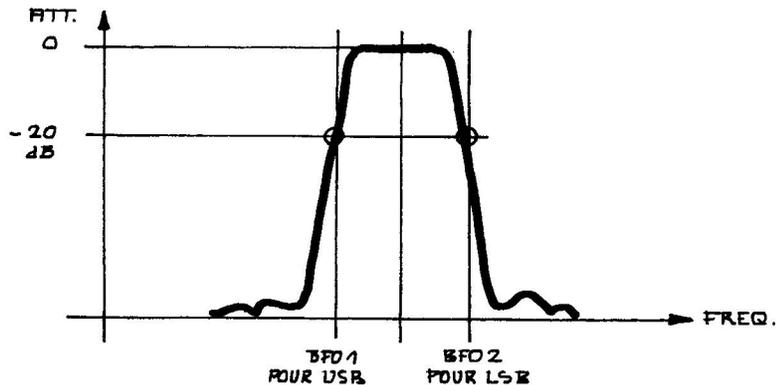
Le récepteur super-hétérodyne comporte plusieurs accessoires qui étendent ses possibilités ou améliorent ses qualités:

a) Le détecteur de produit:

Il sert à décoder la SSB ou la CW à l'aide du BFO (Beat Frequency Oscillator) à quartz ou auto-oscillateur. Il s'agit simplement d'un changement de fréquence dont le résultat est la basse-fréquence contenue dans la SSB ou le battement CW.



Dans le cas de la SSB, le BFO comporte généralement deux quartz, un pour la bande latérale supérieure (USB) et l'autre pour la bande latérale inférieure (LSB). Leur fréquence se situe sur la pente du filtre MF, soit d'un côté, soit de l'autre.

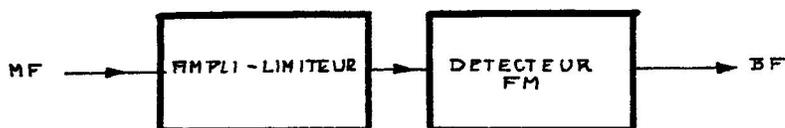


De cette façon, la réception de la SSB se fait dans de bonnes conditions. Le détecteur est le même pour la CW mais, le filtre étant différent, la fréquence du BFO également. On n'utilise, dans ce cas, qu'un seul quartz ou un oscillateur variable autour de la fréquence centrale de la MF.

Le schéma typique est le même que celui d'un mélangeur classique à l'exception du circuit oscillant de sortie qui doit être prévu pour résoner sur la BF ou être aperiodique.

b) Détecteur FM:

Pour recevoir la modulation de fréquence, en plus de la chaîne normale du RX, il faut un amplificateur-limiteur et un détecteur FM.



Le rôle du limiteur est de couper toutes les variations d'amplitude du signal MF. De cette façon, les parasites ne "passent" plus et seule la fréquence modulée est admise par le détecteur. Il y a beaucoup de sortes de détecteurs qui, tous, sont identiques à ceux utilisés par les récepteurs FM "grand-public". La seule différence est la largeur du swing. Le broadcast FM en a un de 75 kHz alors que le plus couramment utilisé chez nous est le 5 kHz. C'est la raison pour laquelle cette démodulation s'opère sur 455 kHz en général car cela permet, avec un même circuit que sur 10,7 MHz, d'avoir un swing plus faible pour la même tension BF de sortie. Le seul système -utilisé surtout par les professionnels- qui permette directement une démodulation NBFM sur 10,7 MHz est le discriminateur à quartz.

c) Le S-mètre:

C'est un instrument de mesure indiquant la valeur de la tension détectée par le récepteur. En général, on mesure simplement la tension d'antifading qui est proportionnelle au signal reçu. La réception des ondes-courtes se traduit par des signaux dont l'amplitude est bien supérieure à celle du bruit de fond du RX; sur ondes ultra-courtes, par contre, les signaux sont beaucoup plus faibles et souvent au niveau du bruit. C'est la raison pour laquelle les récepteurs sont différents ainsi que leur référence. Les rapports sont toujours les mêmes mais cette dernière change. Sur OC, la référence généralement admise pour l'étalonnage d'un S-mètre est

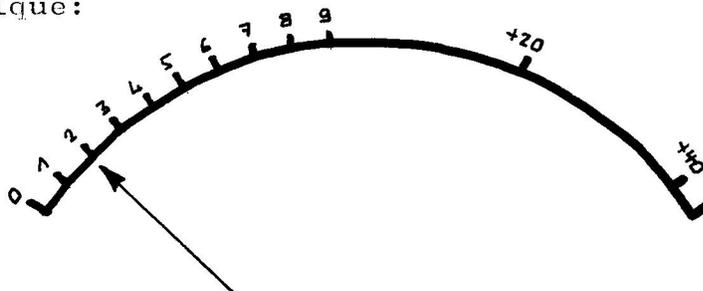
$$S-9 = 100 \mu V$$

à l'entrée du récepteur. Sur VHF, par contre, on peut faire coïncider la graduation S-0 avec le niveau du souffle. Sans cela, on note le niveau du bruit, celui du signal (en fait signal + bruit) et on en fait la différence.

Ex: bruit S-2 signal S-9 différence 7 S-points
donc le signal arrive S-7 au-dessus du souffle (=42 dB comme nous le verrons).

Etalonnage du S-mètre: S-9 correspond à 100 uV/antenne.

L'appareil de mesure est donc gradué en 9 points S. Au-dessus de S-9, on étalonne généralement l'instrument en vingtaines de dB. Cadran typique:



Sans entrer dans les détails, ce qui nous mènerait trop loin (et qui est d'ailleurs censé être su par le lecteur), la notion de décibel implique celle de rapport (pris dans le sens de la comparaison de deux valeurs). Il se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$N_{dB} = 20 \log \frac{\text{Tension 2}}{\text{Tension 1}}$$

où
Tension 1 et 2 sont celles à comparer.

L'avantage de ce mode de comparaison est très important et

s'utilise surtout dans les règles à calcul. La formule ci-dessus implique que la mesure est faite sur la même impédance et dans les mêmes conditions (ce qui est nécessaire à toute comparaison). Sans faire de calcul, on peut surtout retenir les rapports suivants:

$$\frac{2}{1} = 6 \text{ dB} \quad \frac{10}{1} = 20 \text{ dB}$$

Les dB s'ajoutent entre eux tandis que les nombres linéaires se multiplient.

Ex: $\frac{100\text{V}}{10\text{V}} = \frac{10}{1} = 20 \text{ dB}$ $\frac{200\text{V}}{10\text{V}} = \frac{20}{1} = \frac{2}{1} \times \frac{10}{1} = 6 + 20 = \underline{\underline{26 \text{ dB}}}$

Dans le cas de puissances, ces rapports sont divisés par deux soit $2/1 = 3 \text{ dB}$ et $10/1 = 10 \text{ dB}$ (ceci découle de la loi d'Ohm). Lorsqu'on donne un rapport en dB, il fait donc donner l'unité car, par exemple,

- a) atténuation de la fréquence-image = 60 dB (en tension)
60 dB = 1000 en tension
- b) atténuation des harmoniques d'un TX = 30 dB (en puissance)
30 dB = 1000 fois en puissance

Dans le cas du S-mètre, il s'agit toujours d'un rapport des tensions (ou des courants ce qui revient au même) donc:

$$\begin{aligned} 6 \text{ dB} &= 1 \text{ point S} \\ 20 \text{ dB} &= 10/1 \end{aligned}$$

Un cadran gradué de 0 à 9 S-points de 6 dB chacun correspond donc à une dynamique de $9 \times 6 = 54 \text{ dB}$
gradué plus haut jusqu'à +40 dB

Cela fait un total de 94 dB au-dessus de S-0 ce qui correspond à un rapport de 512/1

donc S-0 =

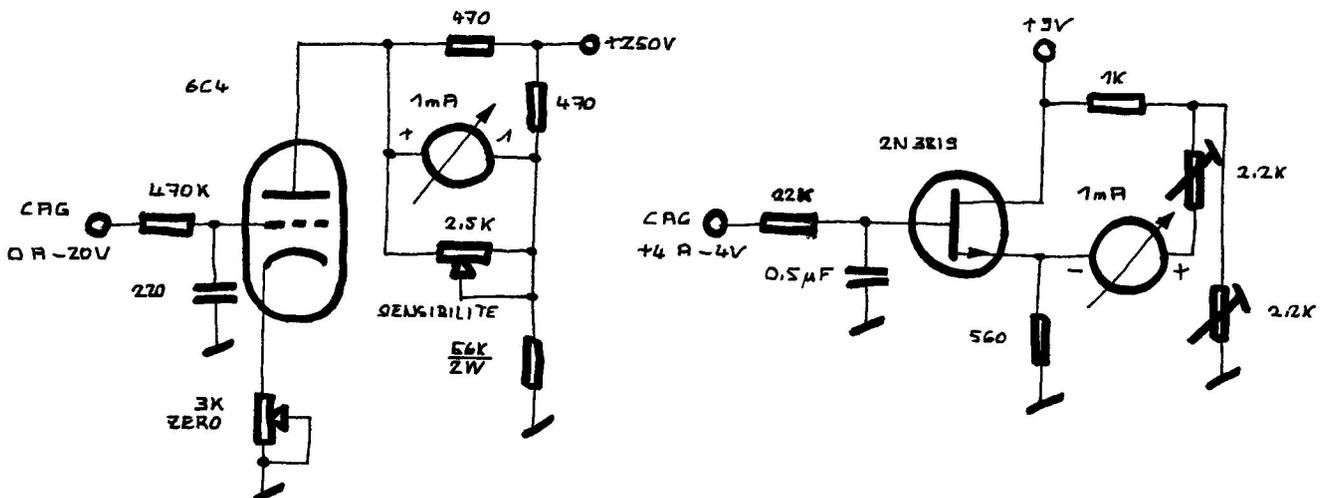
$$\frac{100 \mu\text{V}}{512} = \underline{\underline{0,2 \mu\text{V}}}$$

S9 + 40 dB correspond à $100 \mu\text{V} + 40 \text{ dB}$ - 40 dB = $100/10 = 10 \text{ mV}$
donc S9 + 40dB = $100 \mu\text{V} \times 100 = \underline{\underline{10 \text{ mV}}}$

Notre S-mètre peut donc mesurer des signaux compris entre $0,2 \mu\text{V}$ et 10 mV avec la référence de S9 = $100 \mu\text{V}$.

Il s'agit donc d'un voltmètre continu à haute impédance d'entrée de façon à ne pas influencer la tension du CAG. Il comprendra donc un amplificateur à tube ou à semi-conducteur.

Schémas typiques:



L'étalonnage se fera à l'aide d'un générateur étalonné. Il faut introduire un signal de 100 μV sur l'entrée antenne. Faire un trait sur le S-mètre. Il correspond à S9. Diminuer la tension de sortie du générateur par 2 ($=50 \mu\text{V}$). Ce deuxième trait correspond à S8. Re-diminuer par 2 ($=25 \mu\text{V}$) = S7 et ainsi de suite jusqu'à S0. Au-dessus de S9, augmenter le signal S9 de 10X soit $100 \mu\text{V} \times 10 = 1 \text{ mV}$ et inscrire le trait à +20 dB; refaire la même chose avec $10 \text{ mV} = +40 \text{ dB}$. Cet étalonnage doit s'effectuer avec le gain HF au maximum bien-entendu. Il changera probablement d'une bande à l'autre. Prendre de préférence celle la plus élevée en fréquence (en général la moins sensible) et établir, si nécessaire, une liste corrective pour les autres. Dans ces conditions seulement, le S-mètre sera exact, ce qui arrive, malheureusement, une fois sur cent avec les récepteurs OM.

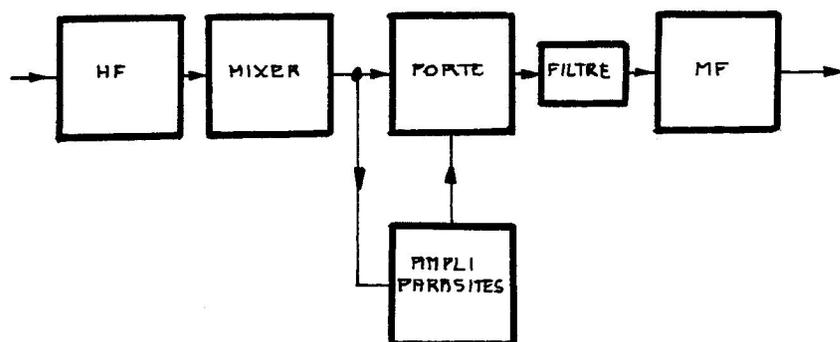
d) Antiparasite:

Il existe deux systèmes principaux:

1) Le plus simple fait appel à des diodes qui coupent les crêtes d'amplitude d'un signal à partir d'un certain seuil. Il est situé après la détection, donc agit sur la BF. Il ne s'utilise que pour l'AM.

2) Le deuxième système est plus évolué. Il s'appelle "noise silencer" ou "noise blanker". Il se monte, en général, juste après le premier étage mélangeur, avant le filtre sélectif. On intercale donc un étage MF qui comporte une entrée de commande du gain. Cet étage fait office de "porte" et laisse ou bloque tout signal MF suivant la tension présente sur son électrode de commande. Cette dernière reçoit celle-ci d'un amplificateur non-inclu dans la chaîne "signal" du récepteur et dont le but est uniquement d'amplifier les parasites. Certains matériels, dont "collins" par exemple, utilisent même une antenne extérieure différente pour cette fonction. Ce sont donc uniquement les parasites (après mise en forme) qui arrivent sur l'électrode de commande du gain de l'étage "porte". Lorsqu'une impulsion indésirable arrive, la porte se ferme et le signal utile est interrompu quelques microsecondes. Il ne passe donc pas à travers le reste du récepteur et l'interruption passe inaperçue à l'oreille de l'auditeur car elle est trop courte.

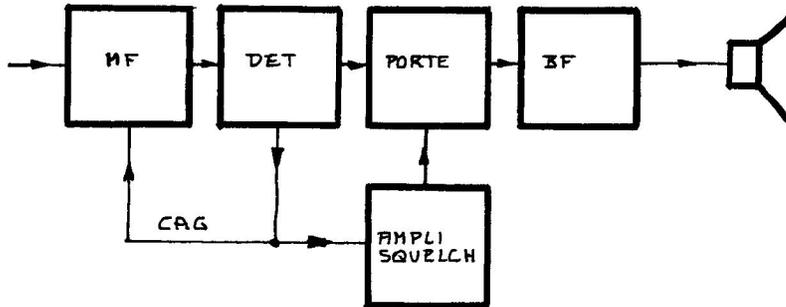
Ce dernier système est plus efficace que le précédent et fonctionne avec tous les modes de transmission. On arrive à supprimer complètement certains types de parasites.



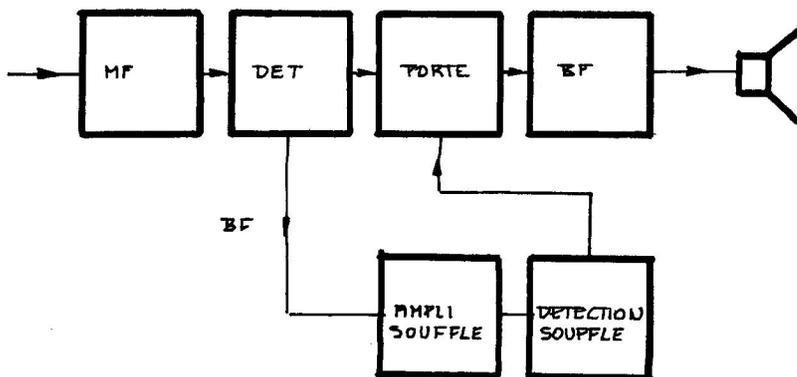
e) Squelch:

S'utilise surtout en modulation de fréquence. Les ampli-limiteurs ayant un gain très grand, un souffle important apparaît lorsqu'

aucun signal n'est reçu. C'est très gênant pour l'opérateur qui se fatigue vite d'entendre ces "chutes d'eau". On a étudié un remède qui consiste à couper la BF en l'absence de signal utile. On dispose, pour cela, d'un étage "porte", comme le noise blanker, commandé, par exemple, par la tension d'antifading. Lorsque celle-ci détecte la présence d'un signal, la porte s'ouvre et la BF apparaît. On dispose d'une commande du seuil du déclenchement.



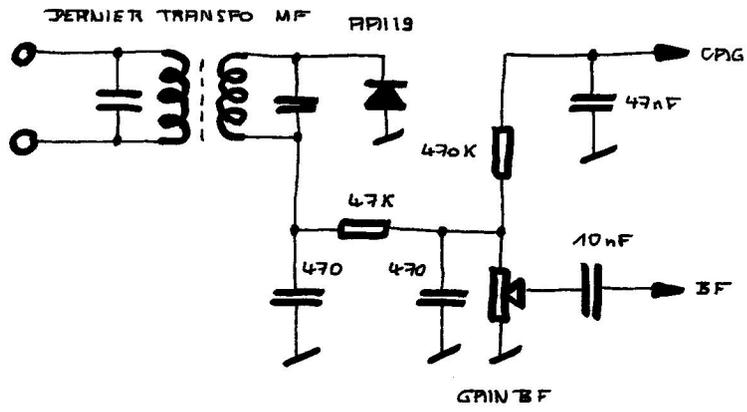
Lorsqu'une station apparaît en FM, le souffle du RX diminue ou disparaît suivant l'intensité reçue. On met ce phénomène à profit avec un deuxième type de squelch. Au lieu de commander la porte par la tension du CAG, on dispose d'un amplificateur de souffle. La tension continue provenant de la détection de ce bruit actionne la porte. Si le souffle diminue -présence d'un signal- la porte s'ouvre. Ce système est plus sensible que le précédent et, surtout, insensible aux parasites.



f) Antifading:

Les signaux arrivant au récepteur, surtout sur ondes-courtes, ne sont pas d'amplitude constante. Elle varie suivant les réflexions ionosphériques qu'il bénéficie. On a donc été amené à prévoir une commande automatique du gain du récepteur en fonction du signal reçu. Ce principe est désigné par plusieurs abréviations identiques en signification: CAG, CAV, AVC, AGC, etc... Son principe est simple: la détection, en plus de sa fonction de démodulateur AM, produit une tension continue dont l'amplitude est proportionnelle à l'amplitude du signal incident. On envoie cette tension contrôler le gain des amplis MF et HF. Dans le cas de l'AM, c'est la porteuse qui définit la valeur de cette tension de CAG. Pour la SSB et la CW, cette porteuse n'existe plus ou n'est plus présente en permanence dans le cas de la CW. C'est donc la valeur de vrête intégrée qui sert de référence. A cet effet, la CAG dispose d'une constante de temps spéciale dont l'attaque est rapide et le déclin lent, afin de ne pas utiliser le bruit de fond en guise de référence. Les RX de qualité changent cette constante suivant le mode à recevoir.

Schéma typique (AM):



4. ANTENNES

Les caractéristiques principales d'une antenne sont:

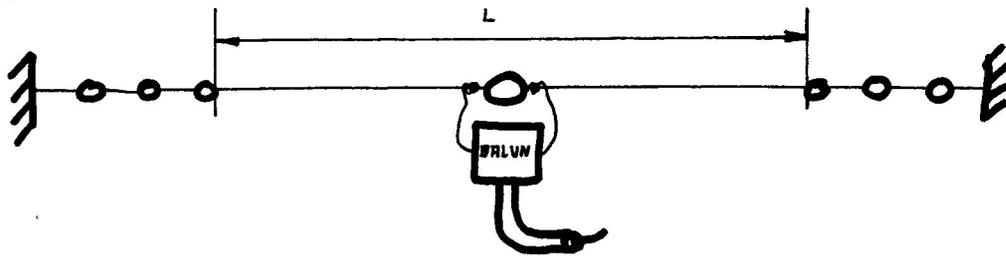
- 1) Sa fréquence de résonance (donnée par sa dimension géométrique)
- 2) Son impédance de raccordement: 52,75 ou 300 Ohms généralement
- 3) Le mode de raccordement: symétrique ou coaxial
- 4) Son taux d'ondes stationnaires
- 5) Sa polarisation verticale ou horizontale
- 6) Son gain par rapport à un dipôle
- 7) Sa courbe de directivité horizontale
- 8) Sa courbe de directivité verticale

Voici la description de quelques antennes courantes que nous avons effectivement réalisées.

1) Antennes pour les ondes-courtes:

a) Le dipôle:

C'est l'antenne la plus simple et c'est celle que l'on prend généralement comme référence de comparaison. Elle est constituée par un fil dont la dimension est sensiblement égale à la demie-longueur d'onde.



Elle interrompue en son centre. C'est là que se connecte le câble bifilaire de descente (symétrique). On peut également y connecter un câble coaxial de 75 Ohms (par ex: RG59/U) . Cela permet une connexion facile mais peut amener du TVI car la gaine du coaxial n'est pas à la masse du fait de la descente symétrique. Si l'antenne n'est pas parfaitement accordée, la gaine pourrait rayonner une certaine énergie ce qui pourrait gêner les récepteurs BC ou TV voisins. Si l'on veut éviter cet inconvénient, on peut intercaler entre l'antenne et le câble coaxial un transformateur HF qui opère la transformation symétrique/asymétrique: le BALUN. La longueur l de l'antenne se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$l = \frac{143}{f}$$

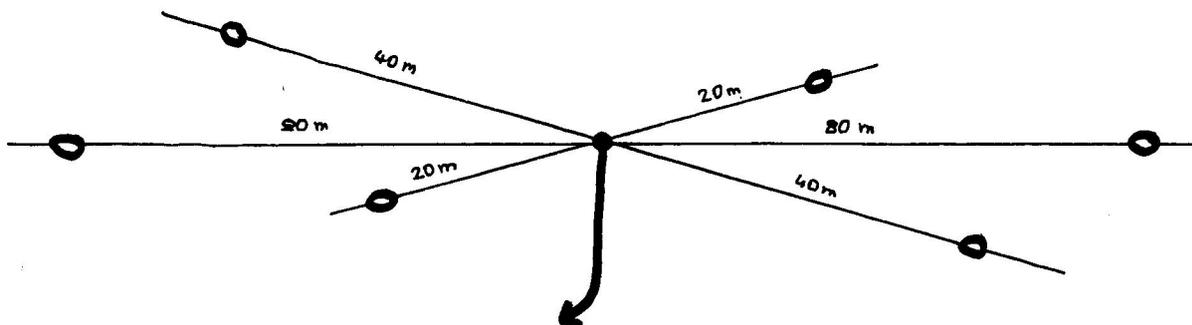
l en mètres
 f en MHz

Par ex: dipôle pour 14,3 MHz: $l = 143/14,3 = \underline{\underline{10 \text{ mètres}}}$.

Les extrémités sont portées à un potentiel HF important, il faut donc bien les isoler. On met 2 ou 3 isolateurs séparés par du fil isolant à chacune. Suivant la position pratique, la polarisation sera verticale ou horizontale. On peut le monter sur un support rotatif afin de bénéficier de l'effet directif bi-directionnel.

b) Le multi-doublet:

Il s'agit de plusieurs dipôles connectés simultanément sur le même câble de descente.



Les longueurs sont sensiblement les mêmes que pour un seul dipôle. Ils doivent être séparés par un minimum de 30 cm, sauf au centre bien-entendu !...

c) La ground-plane:

C'est un quart-d'onde vertical muni d'une terre artificielle d'au moins 3 fils quart-d'onde placés à 45° par rapport à l'horizon. La polarisation est donc verticale, ce qui facilite les liaisons à grande distance du fait de l'angle de radiation vertical faible. Les 3 fils sont appelés radials et sont inclinés de cette façon pour adapter l'impédance de l'antenne (36 OHMS) à celle du câble coaxial 52 Ohms utilisé. La longueur du brin vertical est identique à celle des radials soit:

$$l = \frac{75}{f}$$

l en mètres

f en MHz

Le brin vertical est isolé des trois autres par un support adéquat et connecté à l'âme du coaxial. Les radials sont à la masse (gaine) du coaxial.

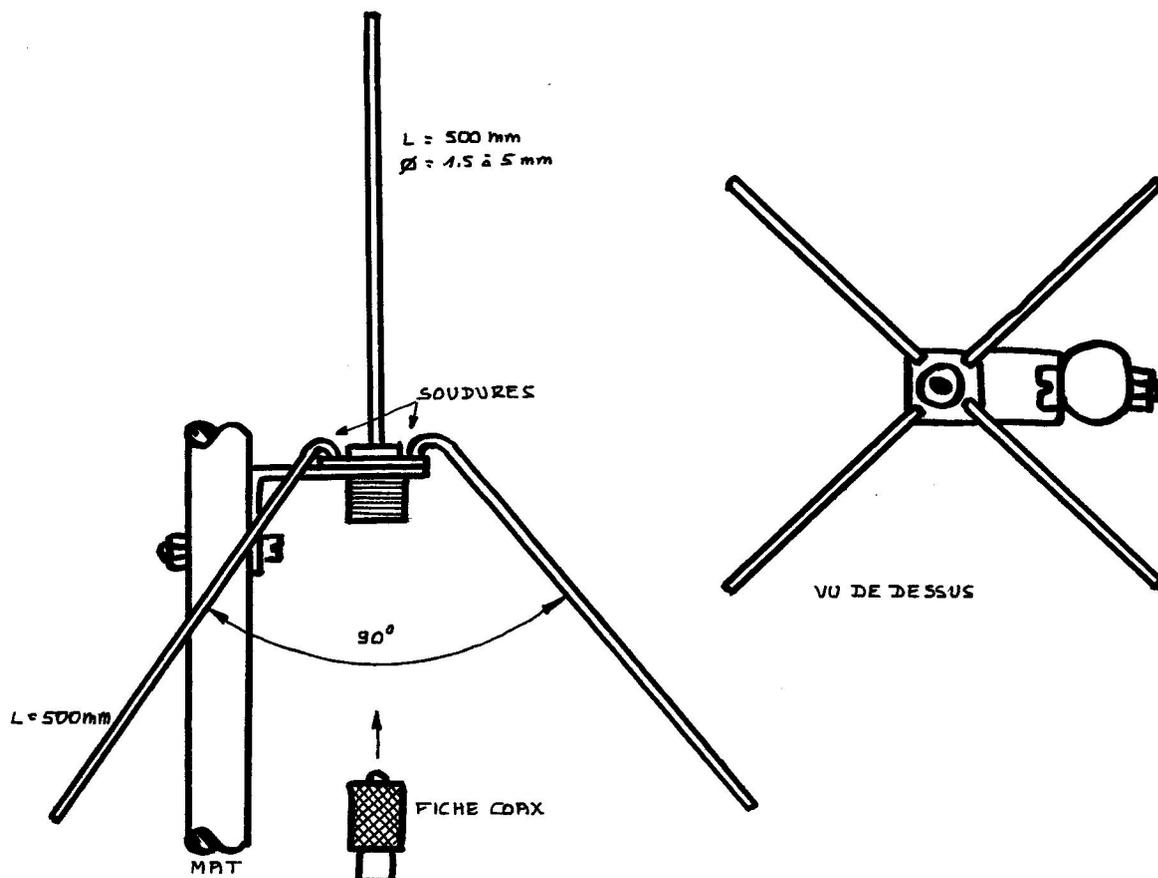
Réalisation pratique:

On peut utiliser un support isolant en bois. Le brin vertical est constitué par des brins télescopiques d'anticorrosion (diam. 12-20 mm) fixé sur le bois par deux isolateurs. Le raccordement du câble coaxial se fait sur une prise châssis UHF (S0239) tournée à l'envers, filetage en bas, et fixée au bois par une équerre. Cette prise a quatre trous de fixation qui servent à la tenir à l'équerre et permet, par la même occasion, le raccord des trois radials au moyen de cosses à souder. Ces derniers sont constitués par du fil de cuivre isolé plastique et munis de 2 isolateurs aux trois extrémités libres. Cette antenne a un diagramme de directivité horizontal omni-directionnel. Dans le plan vertical, par contre, il est très aplati ce qui facilite le DX. La polarisation est verticale. Le "gain" est de 1 mais le rendement augmente avec le nombre des radials.

D'une façon générale, l'utilisation d'un dipôle convient particulièrement aux liaisons européennes sur 80 et 40 m. La ground-plane est utilisée avec beaucoup de satisfactions sur 10, 15 et 20m. Ces antennes sont réalisées commercialement pour plusieurs bandes simultanées. Il suffit d'ajouter des circuits oscillants judicieusement dimensionnés et placés dans les brins actifs. La W3DZZ est un dipôle à trappes (circuits oscillants) prévue pour toutes les bandes. La ground-plane multibande est conçue de la même manière.

2) ANTENNES 144 MHza) La ground-plane:

La figure ci-dessous représente la construction pratique de cet aérien. Le brin vertical est l'élément quart-d'onde rayonnant et les 4 autres forment la terre artificielle. Ils sont inclinés à 45° par rapport à l'horizontale pour adapter les impédances. En pratique, les dimensions données sont correctes à tous égards. Néanmoins, les perfectionnistes pourront parfaire les résultats à l'aide d'un émetteur de TOS-mètre. Varier l'inclinaison des radials et la longueur du brin vertical.

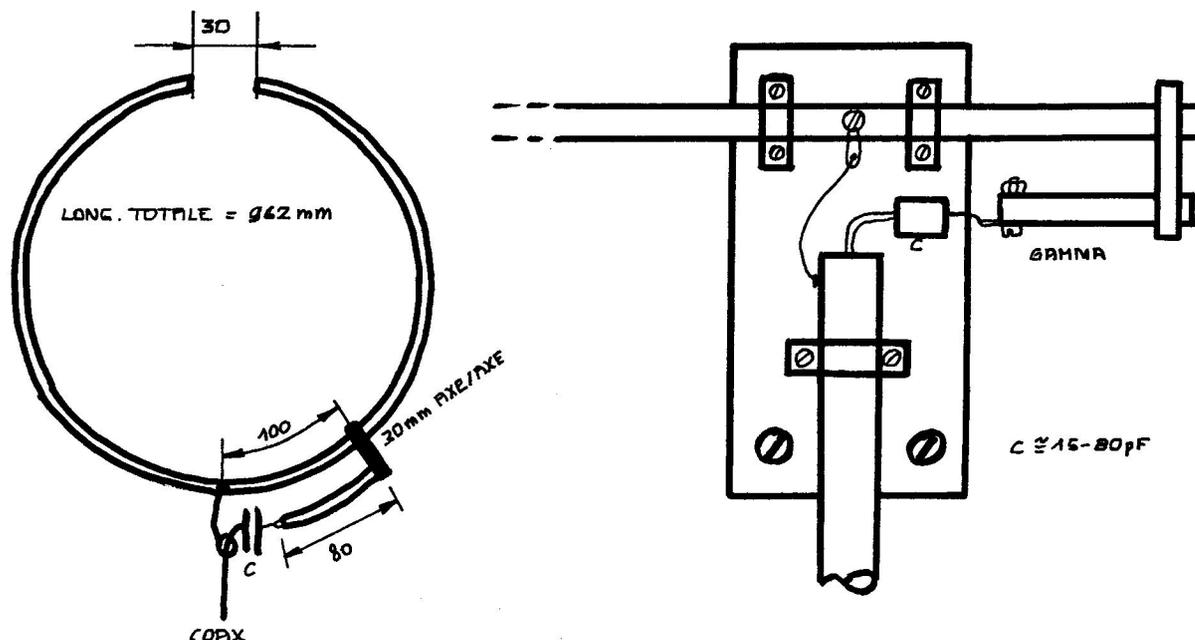


L'astuce de ce montage consiste à utiliser, comme support principal, une prise châssis type S0239. Cela permet de simplifier considérablement la mécanique. Ces éléments sont faits en fil de cuivre ou de laiton argenté de 1,5 à 5 mm de diamètre. Avec ce premier, l'antenne peut être construite en 10 minutes et fixée au mât à l'aide de ruban adhésif par exemple. Dans le deuxième cas, l'antenne sera finolée un peu plus au point de vue construction et sera plus durable. La fixation au mât se fera alors de façon plus "sérieuse" au moyen d'une plaque d'aluminium pliée et vissée par exemple. Le câble coaxial (RG8/U ou 58/U) se fixera à l'antenne au moyen d'une fiche s'adaptant à la prise.

Par rapport à un dipôle placé verticalement, la GP a le même gain. Par contre, elle favorise le DX car son diagramme de directivité horizontal est plus pointu et moins influencé par les obstacles environnants. Par contre, les stations fixes utilisent le plus souvent la polarisation horizontale ce qui est un inconvénient pour l'utilisation de la GP car, à ce moment-là, les polarisations ne sont pas accordées ce qui amène une atténuation pouvant aller jusqu'à 20dB.

b) HALO

C'est aussi une antenne omni-directionnelle amis, cette fois, à polarisation horizontale. Il s'agit d'un dipôle plié de façon à former un cercle adapté à un câble coaxial de 52 Ohms au moyen d'un gamma-match. Son gain, dans une direction donnée, est inférieur à celui d'un dipôle convenablement orienté.

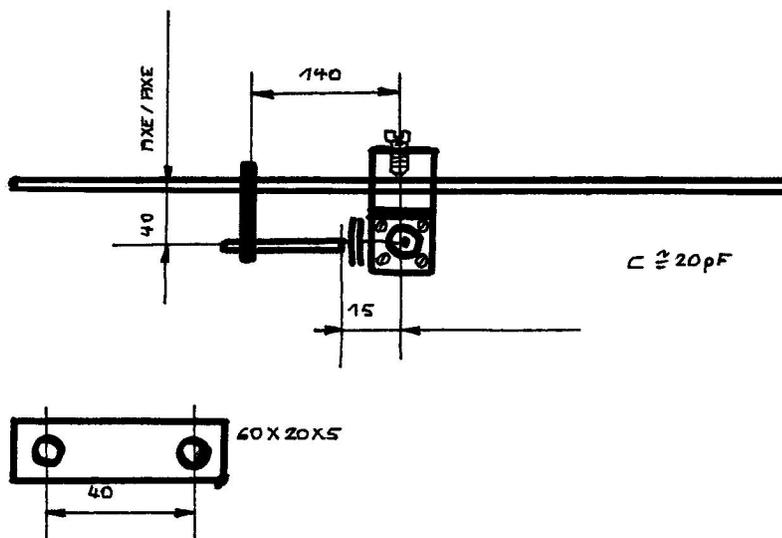
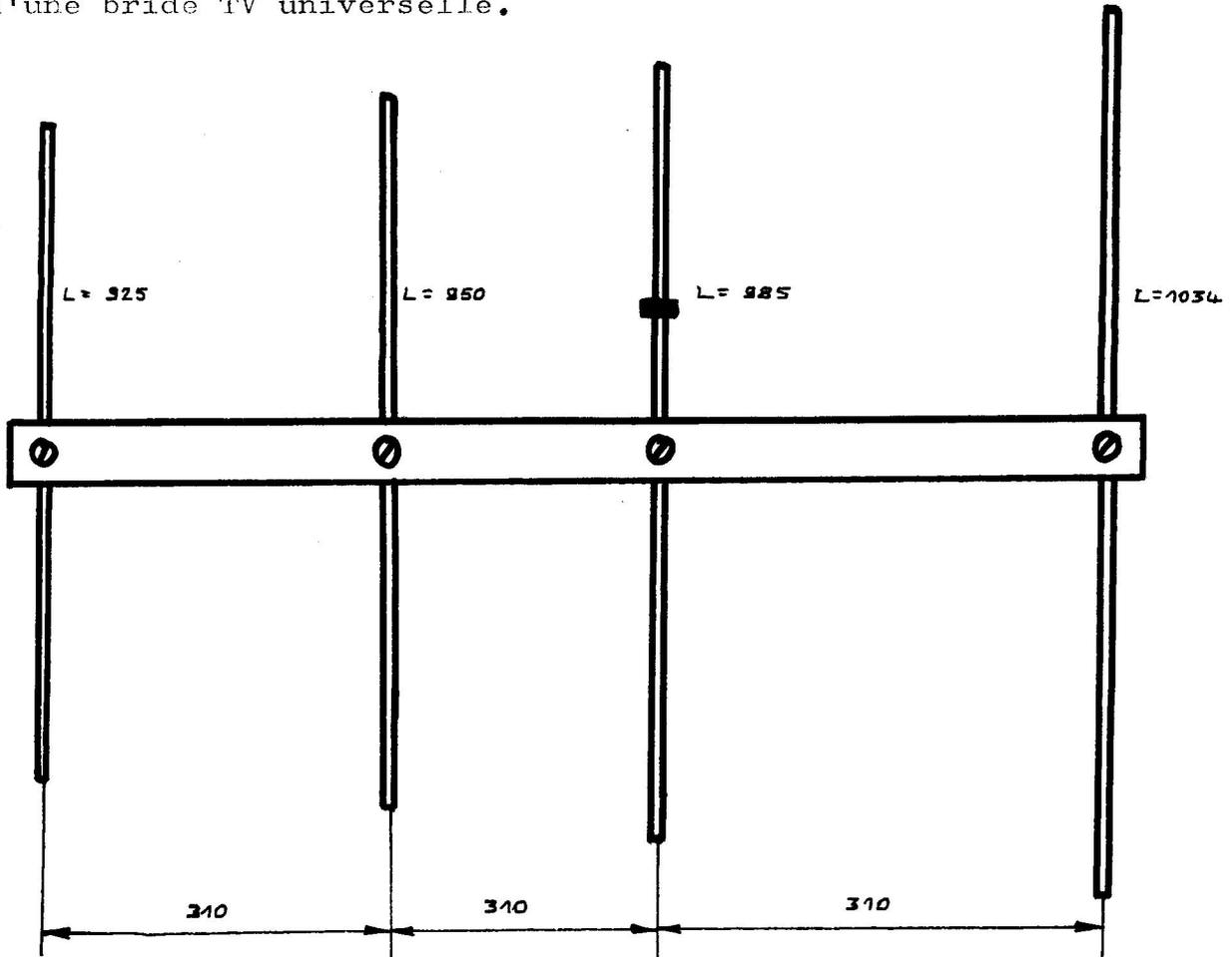


La partie principale est constituée par un tube de laiton ou de cuivre dur de 8mm de diamètre, si possible argenté et plié en forme de cercle. Son point milieu est à la masse électrique, donc relié directement à la gaine du coaxial. L'âme de ce dernier est relié à l'extrémité du gamma-match par l'intermédiaire d'un condensateur. La valeur exacte de ce dernier sera trouvée empiriquement en cherchant le minimum d'ondes stationnaires au moyen d'un TX et d'un TOS-mètre. Une fois la valeur optimum trouvée, on remplacera le variable par un condensateur fixe. Le gamma-match est constitué par un tube identique à l'élément principal, distant de celui-ci de 30 mm d'axe en axe. La jonction des tubes se fait par une plaque de laiton percée de deux trous et soudée. Elle doit être galvaniquement conductrice. Une manière de tenir mécaniquement tout cela peut être réalisé au moyen d'une plaque de dellite ou de plexiglas par exemple. Les seuls réglages sont celui de la capacité et de l'espace entre les deux extrémités du dipôle. Les deux se font au moyen du TOS-mètre. A la réception, ces réglages ne font pas une grande différence dans les résultats et l'antenne pourra être simplement montée selon les cotes du dessin sans la nécessité absolue d'effectuer les réglages précités.

c) Jagi 4 éléments:

Il s'agit d'une antenne directive ayant un gain de 5-6 dB par rapport à un dipôle. On peut la polariser des deux façons. L'horizontale correspond au même plan que l'horizon. Son impédance de raccordement est de 52 Ohms asymétrique, ajusté au moyen du gamma-match. Le seul ajustement de celui-ci est la capacité-série qui s'effectue de la même façon que pour l'antenne halo. Le dipôle principal (radiateur) est constitué par du tube de laiton, argenté si possible, d'un diamètre extérieur de 8mm et de 985mm de long. Le gamma-match est de matériau identique, 125mm de long. Les trois autres éléments peuvent être constitués par la même matière ou par des barres rondes de 4mm en alu. Le support (boom) est de l'anticorrosion carré de 25X25mm de section et 950mm de long.

Tous les éléments sont fixés sur le boom au moyen de vis M4 et contr-écrous. La bride du gamma-match peut-être constituée par une plaque de laiton de 60X20X5mm percée de deux trous et soudée. Tous les éléments, y compris le radiateur ont leur centre à la masse par le boom. La fixation boom/mât s'effectue au moyen d'une bride TV universelle.



LE DESSIN N'EST PAS A L'ECHELLE

5. MESURES

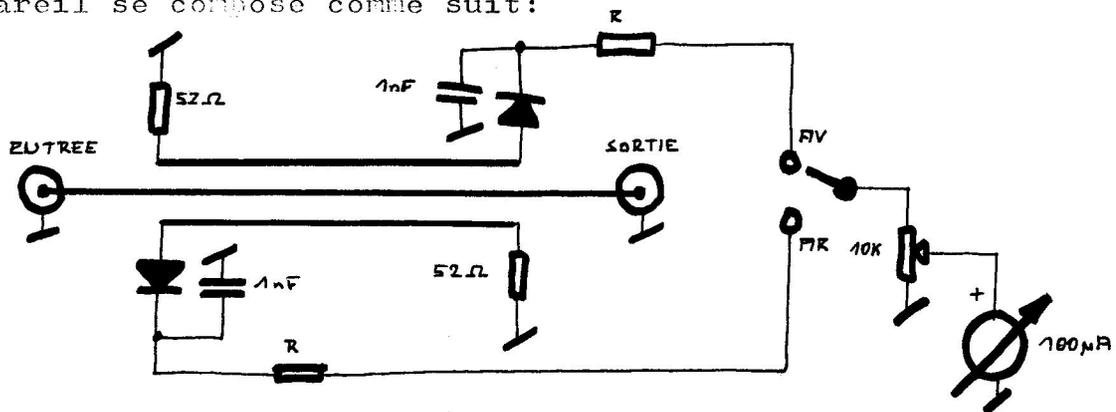
1) TOS-mètre (=SWR-mètre)

Nous en avons souvent parlé lors des réglages des antennes. Cet instrument sert à apprécier l'adaptation des impédances existant entre le câble coaxial et l'antenne, ou, d'une façon plus générale, entre deux impédances. Si l'adaptation est parfaite, le maximum d'énergie est transféré à l'antenne (ou autre). Si ce n'est pas le cas, une partie de la puissance revient en arrière sur le câble ce qui peut occasionner des perturbations aux récepteurs voisins car elle est alors rayonnée non pas par l'antenne - sur le toit- mais par la gaine du coaxial - à proximité des récepteurs-. Il faut donc pouvoir constater la présence et l'amplitude de ces ondes stationnaires.

Le rapport des ondes stationnaires se calcule de la façon suivante:

$$\text{ROS} = \frac{\text{Valler} + \text{Vretour}}{\text{Valler} - \text{Vretour}}$$

L'appareil se compose comme suit:



Il est constitué d'une ligne coaxiale dont l'impédance caractéristique doit être égale à celle du câble auquel on veut mesurer le ROS, de deux lignes de couplage, de deux systèmes de détection et d'un instrument de mesure. Pour effectuer la mesure, il suffit de mettre le TX en route, le commutateur sur position "avant". Au moyen du potentiomètre, faire dévier le galvanomètre à son maximum. Ensuite commuter sur position "arrière" et lire la valeur ainsi mesurée. L'étalonnage, pour être exact, doit être fait par comparaison avec un autre appareil car le cadran n'est pas linéaire pour les petites tensions. Pour constater une adaptation d'impédance absolument correcte, il faut que l'aiguille rest à zéro dans la position "arrière" alors qu'elle est au maximum en position "avant".

2) Le grid-dip:

Cet appareil très pratique sert à déterminer la fréquence de résonance d'un circuit oscillant, d'une antenne, etc...

sans que le circuit à mesurer soit sous tension. Le principe est celui du couplage des transformateurs HF. A partir d'un certain degré de couplage, une partie de l'énergie du circuit oscillant "émetteur" est capté par celui du "récepteur". Cette transmission peut se voir, par exemple, en mesurant le courant de grille de l'oscillateur "émetteur". Lorsque les deux circuits sont accordés sur la même fréquence, le courant de grille de l'oscillateur baisse (=couplage serré). C'est ce qui explique le terme "grid-dip" qui signifie "baisse du courant grille".

En pratique, il s'agit donc d'un oscillateur. La self du CC se trouve à l'extérieur du boîtier afin de pouvoir la coupler au circuit à mesurer. Le condensateur est étalonné en fréquence. Afin de couvrir plusieurs gammes, les selfs sont interchangeables. Un galvanomètre mesure le courant grille tandis qu'un potentiomètre règle la sensibilité.

La mesure s'effectue en couplant la self du G-D à celle du circuit à mesurer. En tournant le condensateur variable, on trouve un point où l'aiguille dévie brusquement vers le zéro. C'est la résonance. Il suffit ensuite d'en lire la valeur sur le cadran étalonné.

Pour mesurer la fréquence de résonance d'une antenne, il suffit de coupler le G-D à une boucle formée par un fil provisoirement soudé entre l'âme et la gaine du câble coaxial de descente d'antenne.

