



**THEORIE**

**Cours de radio par correspondance**

F.M. Théorique 39    ou    F.M./C Théorique 5  
- Groupe 42 F.M.-       - Groupe 4 F.M./C-

COURS DE RADIO

RECEPTEURS POUR SIGNAUX MODULES EN FREQUENCE

AMPLIFICATION MOYENNE FREQUENCE (M.F).

GENERALITES.

Le signal haute-fréquence qui arrive de l'antenne après avoir été amplifié et converti en "M.F" est maintenant appliqué aux étages d'amplification "M.F".

Dans le récepteur "A.M" on trouve un seul étage "M.F" maintenant appelé moyenne fréquence ; dans le récepteur "F.M" il y a deux étages, c'est-à-dire :

Récepteur "A.M." :

convertisseur - amplificateur "M.F." - détecteur.

Récepteur "F.M." :

convertisseur - 1er amplificateur "M.F." - 2ème amplificateur "M.F."  
détecteur (discriminateur).

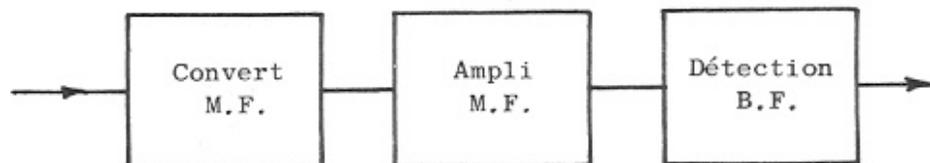
Il y a donc un tube et un transformateur "M.F." supplémentaires par rapport à ceux d'un récepteur normal "A.M." (Fig. 1-).

Avant d'examiner la composition des étages amplificateurs, il faut rappeler plusieurs points caractéristiques de la "F.M." et en particulier :

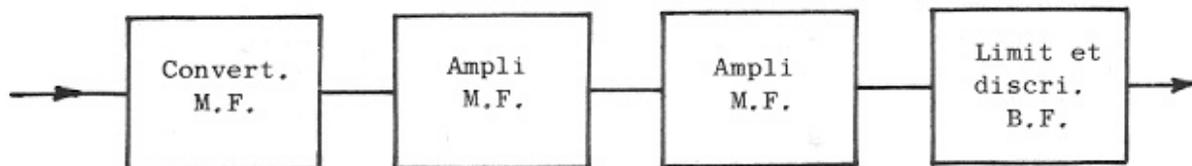
1- LA VALEUR DE LA "M.F." A ETE ETABLIE A 6,75 MHz.

Les motifs qui ont déterminé ce choix sont :

1.1- Risque de traînage entre le signal reçu et le signal de l'oscillateur local,



RECEPTEUR POUR MODULATION D'AMPLITUDE



RECEPTEUR POUR MODULATION DE FREQUENCE

effet qui diminue en augmentant la valeur de la "M.F". En effet, les deux fréquences (signal reçu et signal-oscillateur local) sont simultanément très peu différentes l'une de l'autre.

1.2- Constance de l'amplification dans toute la bande (rappelez-vous que la bande passante "M.F" est ici de 200 KHz au lieu de 10 KHz pour l'A.M) ; l'amplification donc est plus facile à obtenir avec des fréquences élevées, puisqu'on réduit à une faible valeur le rapport fréquence d'accord bande passante.

En pratique la bande est limitée à 150 KHz, c'est-à-dire 75 KHz de chaque côté, ce qui correspond à une modulation à 100 %.

1.3- Rotation de phase entre le signal reçu sur le primaire et le signal capté sur le secondaire de chaque transformateur "M.F". Cette rotation de phase étant inversement proportionnelle à la fréquence, il est préférable de choisir une fréquence élevée. Cependant, l'augmentation de la fréquence entraîne une diminution de l'amplification et de la sélectivité, ce qui impose comme valeur maximum 6,75 MHz et nécessite un étage supplémentaire.

Un étage "M.F" à 455 KHz (A.M) amplifie  $\approx 100$  fois, un étage "M.F" à 6,75 MHz (F.M) amplifie  $\approx 30$  fois.

1.4- La fréquence harmonique de la "M.F" ( $6,75 + 6,75 = 13,5$  MHz) est en dehors de la gamme de réception.

2- AVEC UNE M.F. A 6,75 MHz ON OBTIENT SENSIBLEMENT  
UN MEME RAPPORT ENTRE LA FREQUENCE ET LA BANDE PASSANTE.

2.1- Modulation d'amplitude :

M.F	455 KHz	Rapport 45,5
bande passante	10 KHz	

2.2- Modulation de fréquence :

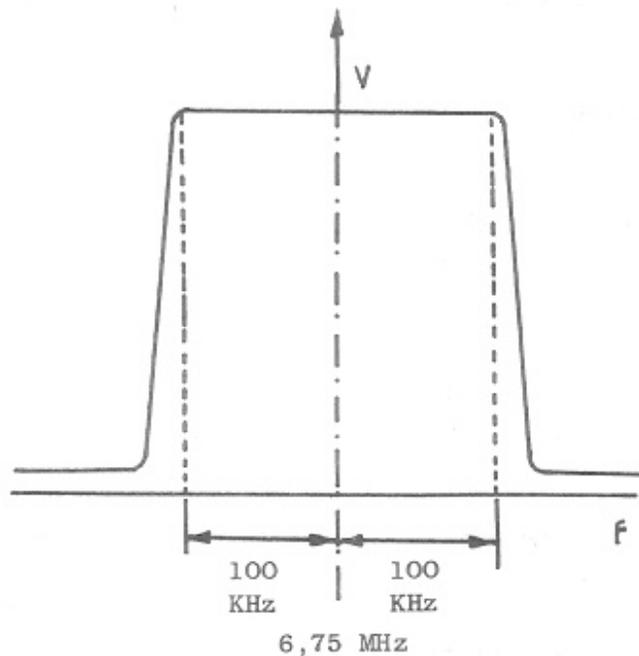
M.F	6,75 MHz	Rapport 45
bande passante	150 KHz	

La Fig. 2- représente la courbe théorique de l'amplification "M.F"  
d'un récepteur "F.M".

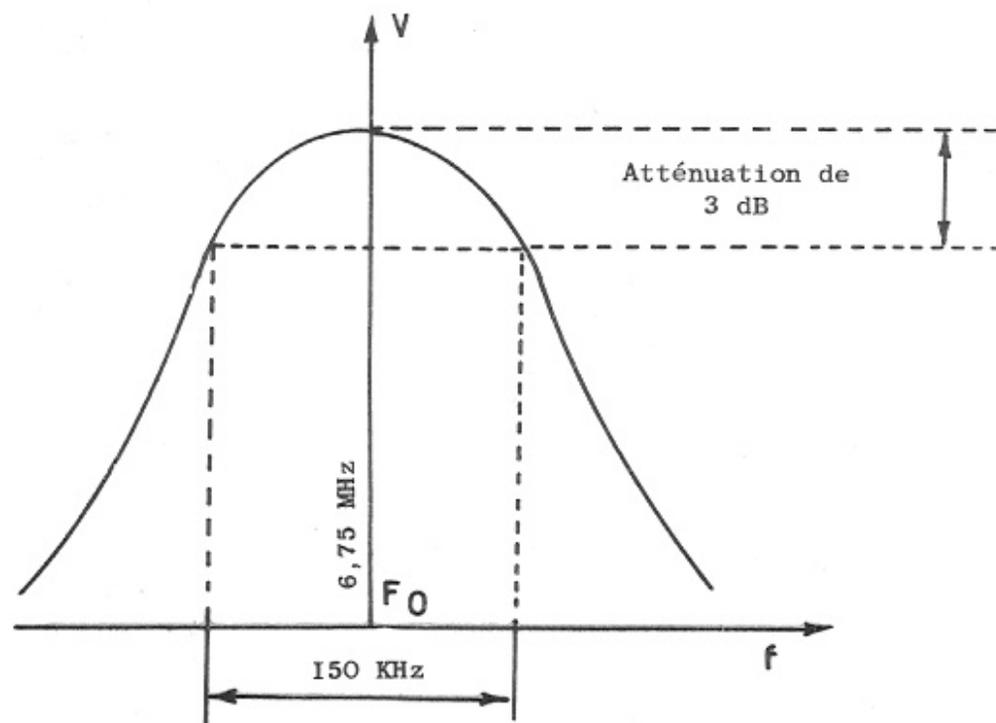
Cette courbe peut être obtenue de deux manières :

- avec des couplages particuliers entre le primaire et le secondaire,
- avec un réglage particulier des circuits accordés.

COURBE THEORIQUE DE L'AMPLIFICATION M.F.  
D'UN RECEPTEUR F.M.



- Fig. 2 -



- Fig. 3 -

Mais, en pratique, on ne peut pas y arriver à cause de la difficulté du réglage, et la courbe d'amplification pour presque tous les récepteurs est celle de la Fig. 3- qui représente précisément une courbe pratique, obtenue avec des circuits accordés, tous réglés sur la même fréquence (6,75 MHz).

La sélectivité de la "M.F." dans les récepteurs "F.M." n'est pas rigoureuse comme celle des récepteurs "A.M.", par suite de l'absence des interférences et, surtout, de la répartition régulière des stations sur toute la gamme.

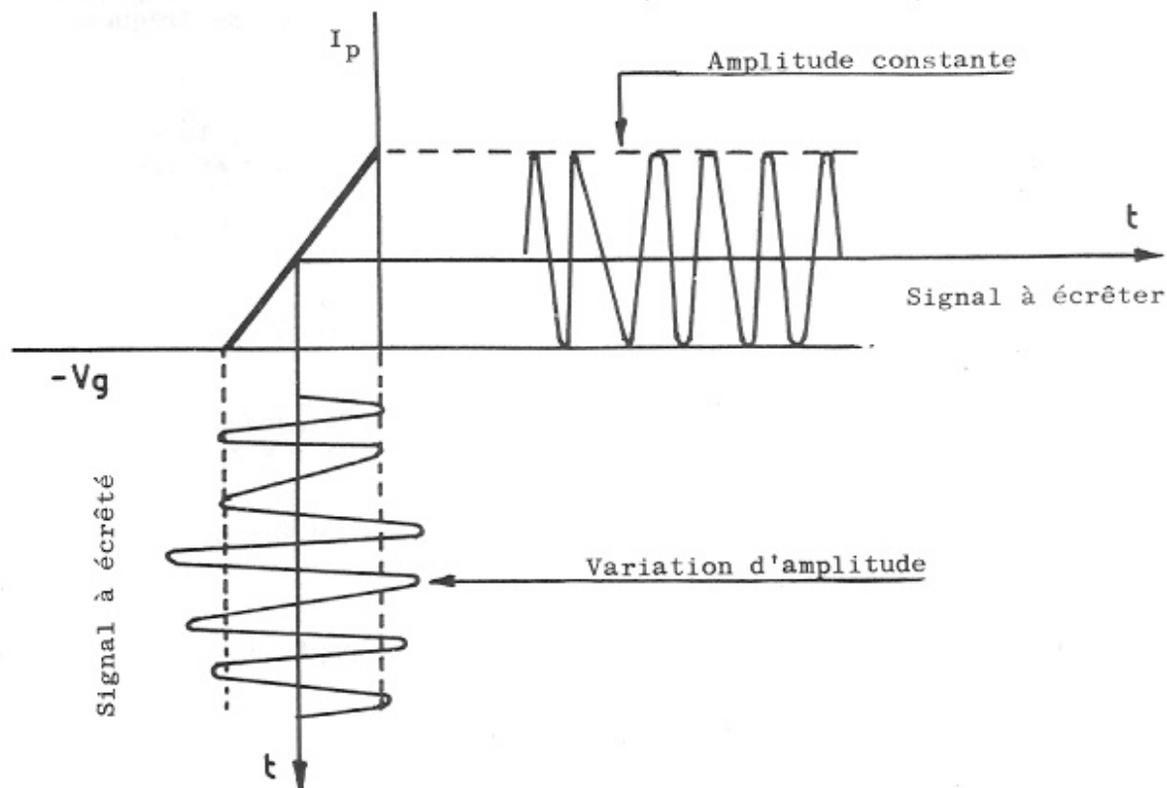
Rappelez-vous l'encombrement de la gamme "P.O", où des stations puissantes sont distantes de 10 KHz l'une de l'autre, avec des interférences réciproques importantes.

### 3- NECESSITE D'UNE MEILLEURE AMPLIFICATION.

Une amplification améliorée est nécessaire pour profiter d'un des avantages de la "F.M." qui est l'absence de parasites. Ceux-ci sont éliminés par un circuit limiteur (couplé normalement au détecteur) qui agit comme ECRETEUR, et a pour objet de réduire l'enveloppe du signal modulé en amplitude par les signaux parasites et les bruits internes au récepteur.

La Fig. 4- indique le comportement du limiteur : rappelez-vous que

CARACTERISTIQUE THEORIQUE D'UN LIMITEUR.



- Fig. 4 -

l'amplitude ne concerne pas la modulation de fréquence et que le signal peut de toutes manières être écrêté, pourvu que les caractéristiques de fréquence restent inchangées.

Si l'amplification de la "M.F." est suffisante, le circuit limiteur agit DIRECTEMENT sur le bruit de fond introduit par les tubes et les circuits (voir Leçon Théorique 37).

#### 4- CIRCUITS EMPLOYES POUR LA "M.F."

Les circuits Moyenne Fréquence consistent essentiellement en étages amplificateurs à 6,75 MHz couplés par les transformateurs "M.F."

La courbe de réponse de l'amplificateur "M.F." doit avoir un sommet aplati avec une amplitude latérale de 75 KHz.

Dans cette gamme de 150 KHz, le signal peut se déplacer sans distorsion.

Comme je vous l'ai déjà dit, cette forme de courbe peut être obtenue par un certain nombre de systèmes :

- fréquence d'accord différente des transformateurs "M.F."
- coefficient de couplage différent entre les "M.F."
- transformateur à accord triple.

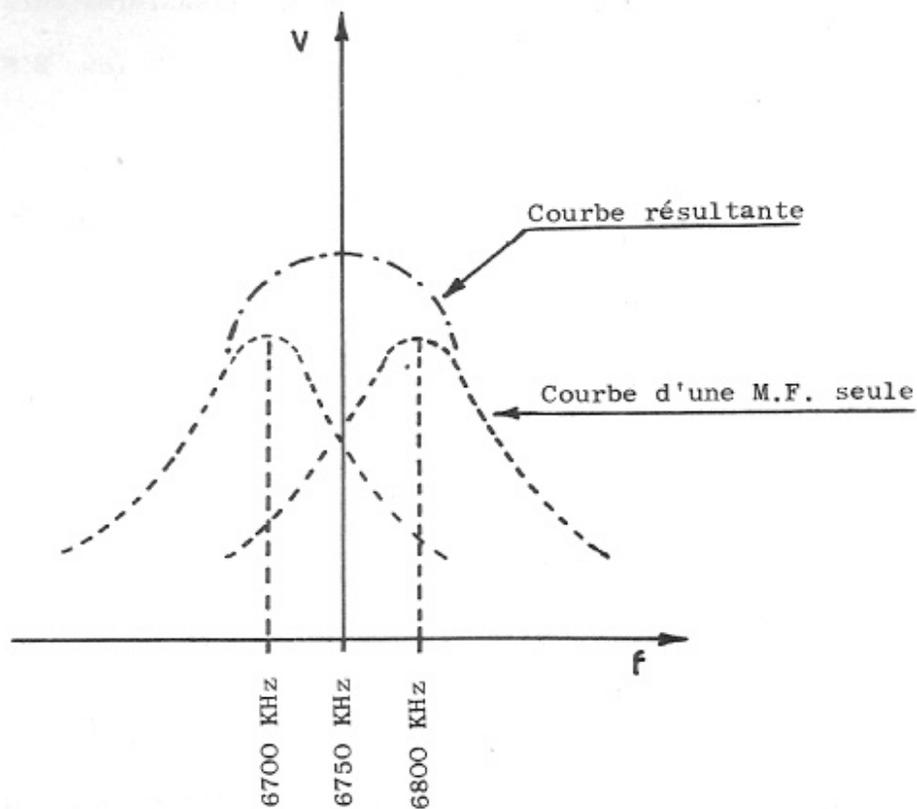
Dans le premier cas, on accorde les circuits sur des fréquences comprises dans la partie de la courbe ; par exemple 6.700 KHz et 6.800 KHz de manière à ce que la résultante soit toujours 6,75 MHz. Voyez pour mieux comprendre la Fig. 5-.

Dans le second procédé, on accorde tous les circuits sur 6,75 MHz et la largeur de la bande est déterminée par le degré de couplage entre le primaire et le secondaire.

Le dernier système emploie un troisième enroulement, accordé sur des fréquences différentes de la même manière que dans le premier cas.

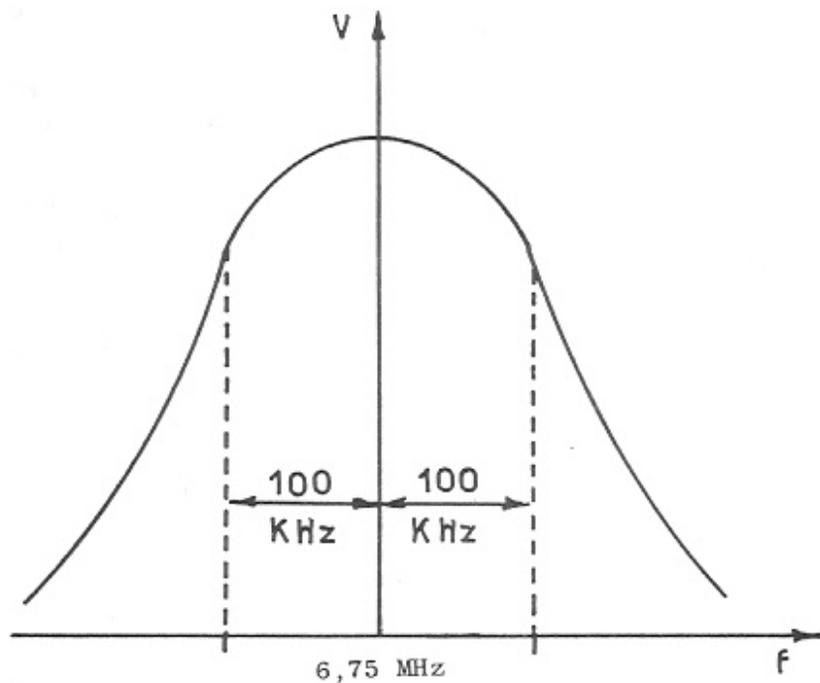
Le premier et le troisième procédé sont peu employés par suite des difficultés de réglage, tandis que le système à couplage variable et fréquence d'accord unique est couramment utilisé.

La Fig. 6- représente la courbe d'amplification obtenue avec un transformateur "M.F." aux caractéristiques suivantes :



- Fig. 5 -

COURBE D'UN ETAGE COUPLE LACHE ET ACCORDE  
SUR 6,75 MHz.



- Fig. 6 -

- primaire et secondaire accordés sur la même fréquence de 6,75 MHz
- couplage inférieur au couplage critique (couplage lâche).

Dans la Fig. 7- au contraire, le couplage est supérieur à la valeur critique, pour laquelle les deux pointes se manifestent (couplage serré).

La Fig. 8- représente un bon résultat obtenu avec deux étages : l'un dans les conditions de la Fig. 6-, l'autre dans celle de la Fig. 7-.

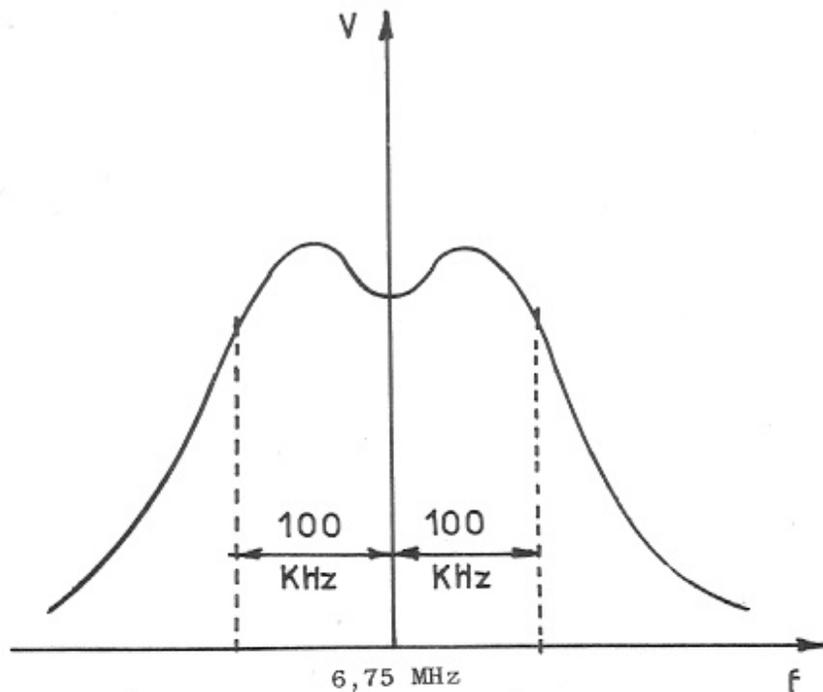
La courbe est assez plate pour assurer une amplification uniforme entre  $\pm 75$  KHz.

Le schéma classique des étages amplificateurs "M.F." d'un récepteur normal est représenté à la Fig. 9-, où le "C.A.V." est avantageusement remplacé par le limiteur.

Comme vous le voyez il y a dans ce récepteur, deux étages "M.F" à 6,75 MHz ; on a ainsi trois transformateurs "M.F" pour la Modulation de Fréquence au lieu de deux pour la Modulation d'Amplitude.

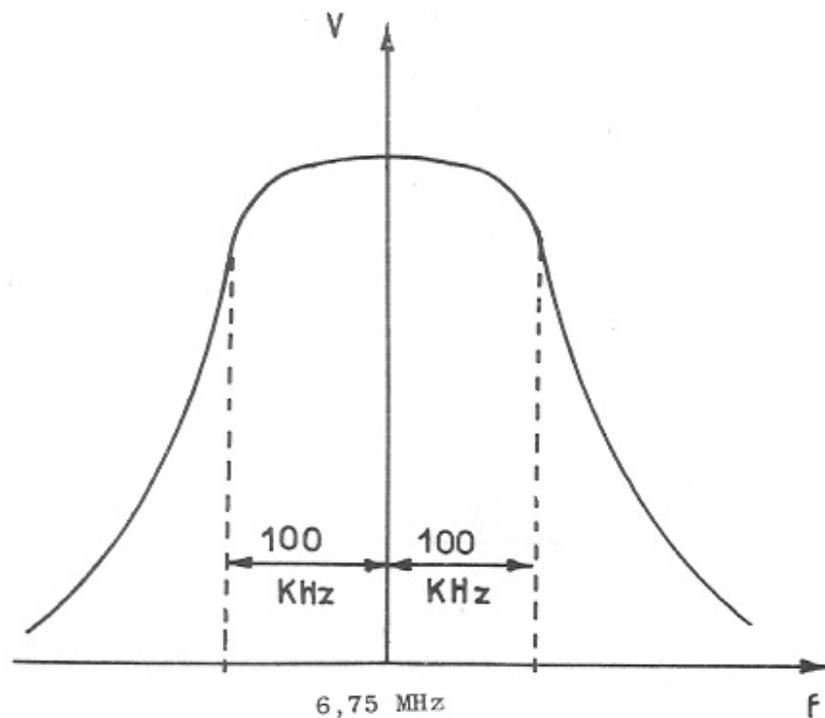
Dans le récepteur "mixte", "A.M. - F.M.", les transformateurs sont doubles et comprennent, et les enroulements à 6,75 MHz pour la "F.M.", et ceux à 455 KHz pour l'A.M. (Fig. 10-).

COURBE D'UN ETAGE M.F. COUPLE SERRE, AU DELA DU COUPLAGE CRITIQUE.



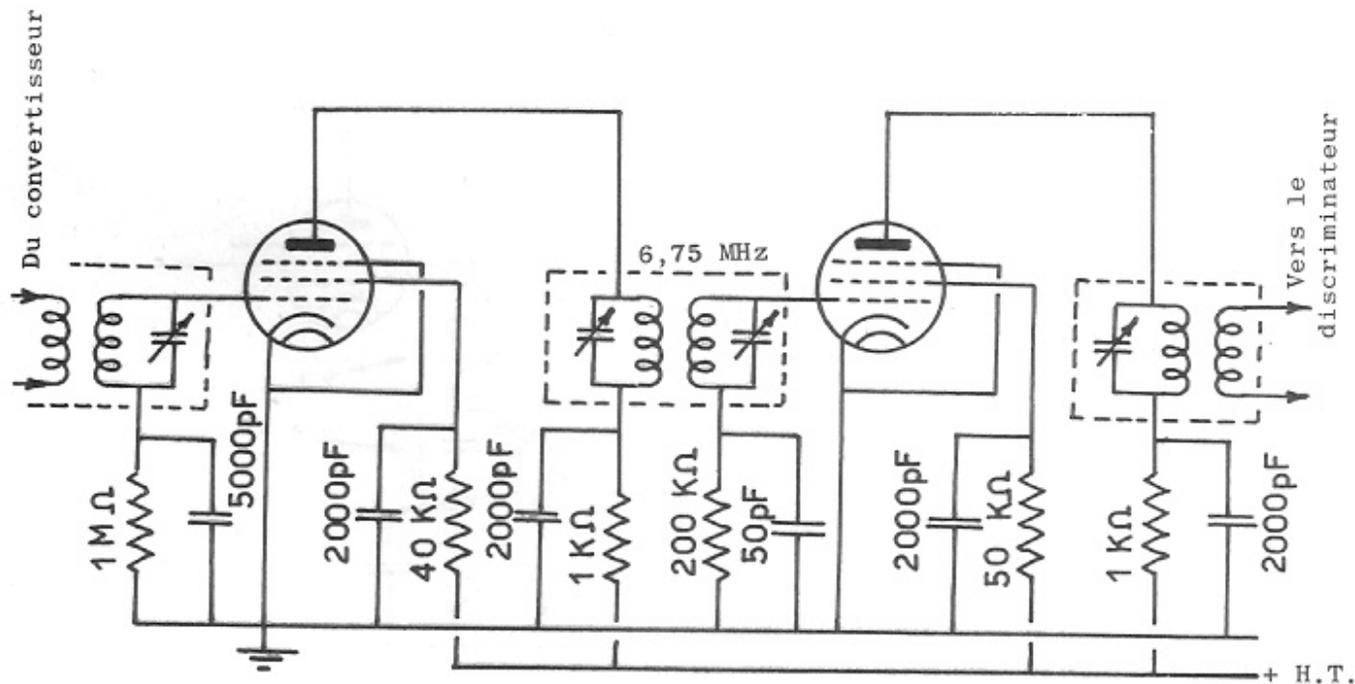
- Fig. 7 -

COURBE D'UN ENSEMBLE M.F. DONT L'UN EST COUPLE LACHE  
ET L'AUTRE SERRE.



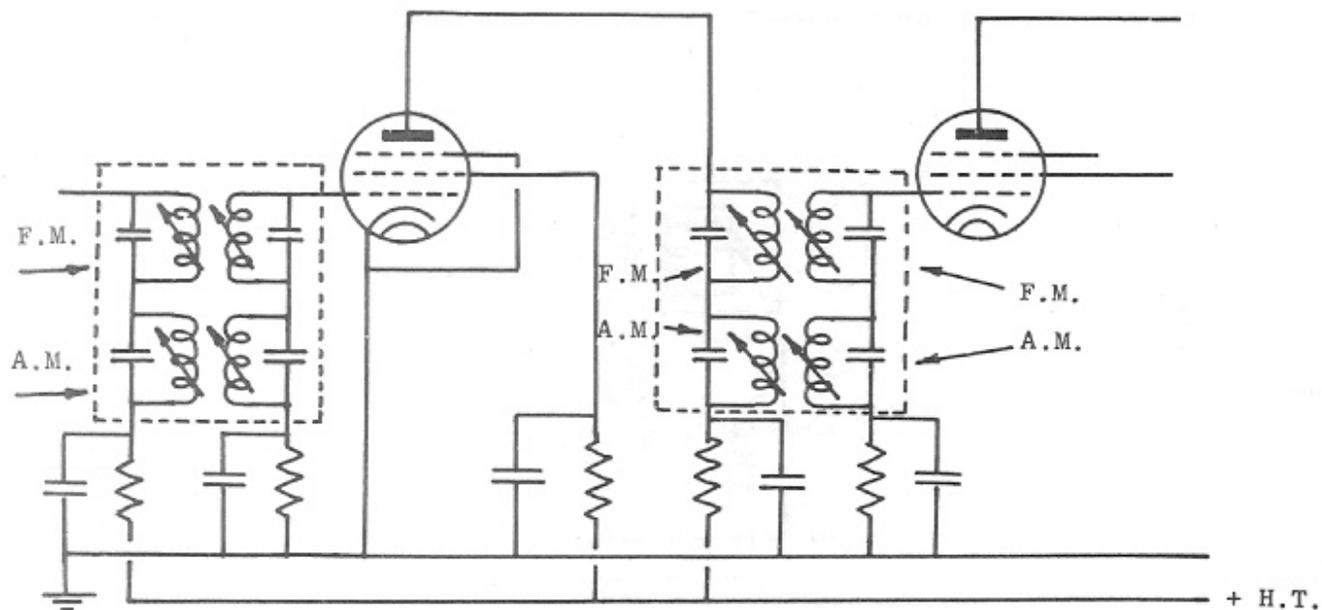
- Fig. 8 -

## SCHEMA STANDARD D'UN AMPLI M.F. en F.M.



- Fig. 9 -

## CIRCUIT M.F. POUR A.M. ET F.M.



- Fig. 10 -

5- DONNEES CONSTRUCTIVES DES TRANSFORMATEURS "M.F." POUR "F.M."

Je vous indique les caractéristiques d'un transformateur "M.F." à 6,75 MHz.

Le boîtier en aluminium a comme dimensions : 25 x 45 x 50.

Les enroulements sont divisés en deux sections :

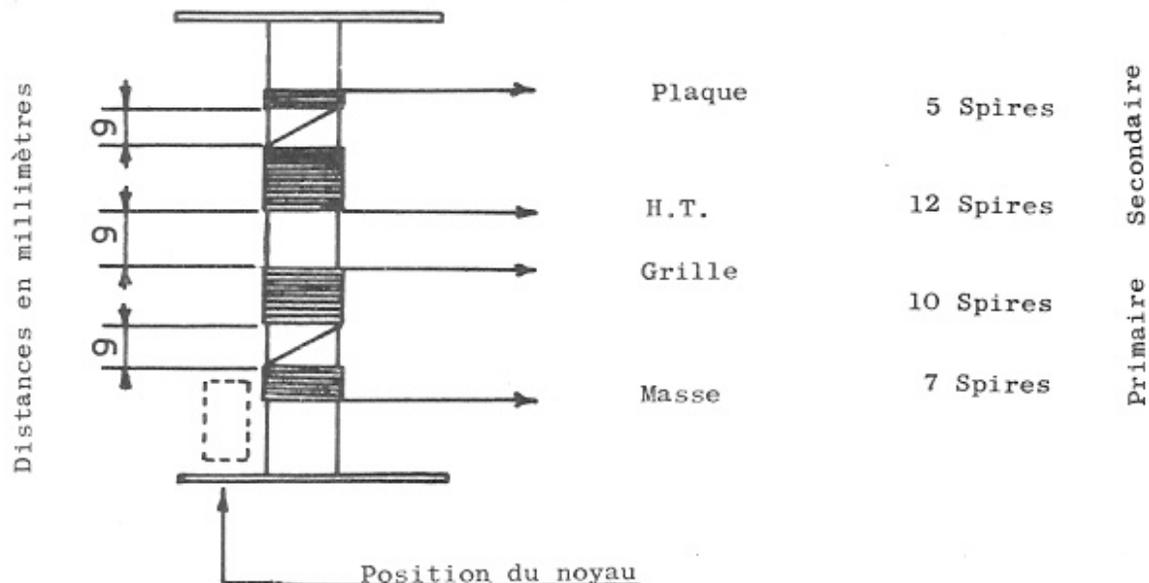
- celle intérieure utilise le couplage,
- celle extérieure utilise l'accord par le noyau de ferrite.

Avec ce système, l'enfoncement du noyau lors du réglage n'agit pas sur le couplage entre les deux circuits (Fig. 11-).

Les bobines sont enroulées dans le même sens avec spires jointives en cuivre de  $\varnothing$  3/10mm. La capacité d'accord, pour 6,75 MHz, est de 50 pF, aussi bien pour le primaire que pour le secondaire.

Naturellement ces valeurs sont loin d'être impératives et peuvent varier en fonction des tubes utilisés, de la capacité du circuit etc... Elles servent à vous donner un idée sur le mode de construction de ces transformateurs.

## DONNEES TYPES POUR TRANSFO M.F. A 6,75 MHz.



Au cours de la prochaine leçon, je vous décrirai ce qu'est le circuit du récepteur "F.M."; c'est-à-dire le détecteur-discriminateur.

Jusqu'à maintenant vous n'avez pas noté de grandes différences entre les circuits "A.M." et "F.M." ; les étages que je vous ai décrits :

- amplificateur "H.F."
- oscillateur et convertisseur "M.F."
- amplificateur "M.F."

sont pratiquement les mêmes, excepté quelques légères variations dues aux valeurs différentes des fréquences utilisées, à la largeur de bande et au système de modulation.

Le circuit qui suit l'amplificateur "M.F." est le détecteur, appelé en "F.M." le discriminateur.

Habituellement le détecteur fonctionne simultanément avec le limiteur ; dans les appareils de luxe ou de type professionnel, le limiteur peut être un circuit séparé.

Bien que la production des récepteurs "F.M." se soit aujourd'hui

orientée vers un type unique de détecteur, je vous décrirai plusieurs circuits de telle sorte que vous ayez une connaissance générale du problème ; nous nous arrêterons plus longuement sur les circuits les plus couramment utilisés.

-----

REPONSES AUX EXERCICES DE REVISION SUR LA 38ème LECON THEORIQUE "F.M."  
OU SUR LA 4ème LECON THEORIQUE "F.M./C"

- 1- Les caractéristiques indispensables aux tubes convertisseurs pour "F.M." sont :
  - capacités inter-électrodes minima
  - bruit très réduit
  - pente élevée.
  
- 2- Le tube convertisseur "ECH 81" employé pour l'A.M. a une pente de  $775 \mu\text{A/Volt}$ , tandis que le tube "ECC 85" utilisé en "F.M" a une pente très élevée :  $6000 \mu\text{A/Volts}$  et une résistance interne beaucoup plus faible :  $9000 \text{ ohms}$  au lieu de  $1 \text{ Mégohm}$ .
  
- 3- Les circuits convertisseurs pour "F.M." utilisés le plus souvent dans les récepteurs commerciaux sont ceux à double-triode et ceux avec entrée grille à la masse (grounded-grid).

- 4- La tension "H.F." produite par l'oscillateur local se retrouve sur le filament des tubes oscillateurs ; on l'annule en connectant une borne du filament à la cathode et en plaçant une self d'arrêt en série sur l'autre sortie.

-----

EXERCICES DE REVISION SUR LA 39ème LECON THEORIQUE "F.M."  
OU SUR LA 5ème LECON THEORIQUE "F.M./C".

- 1- Quelle est la valeur habituelle de la "M.F." pour les récepteurs "F.M." et quelle largeur doit avoir la bande passante ?
- 2- Quelles sont les raisons qui ont déterminé le choix de cette valeur ?
- 3- Pour quel motif faut-il deux étages amplificateurs "M.F." ?
- 4- Quel est le système le plus simple et le plus souvent employé pour obtenir la largeur de bande de  $\pm 75$  KHz (150 KHz) ?

-----