



**THEORIE**

**Cours de radio par correspondance**

RECEPTEURS POUR SIGNAUX MODULES EN FREQUENCE.

CIRCUITS DETECTEURS.

GENERALITES.

Dans cette leçon, je vous exposerai le fonctionnement et la composition de deux circuits importants de détection pour "F.M." : le détecteur de Foster-Seely et le détecteur à rapport.

Tous les deux sont très intéressants, mais le détecteur de Foster-Seely n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui dans la production commerciale des récepteurs pour "F.M." le détecteur à rapport ayant été adopté à cause de sa simplicité.

Nous verrons les deux types de ce dernier circuit :

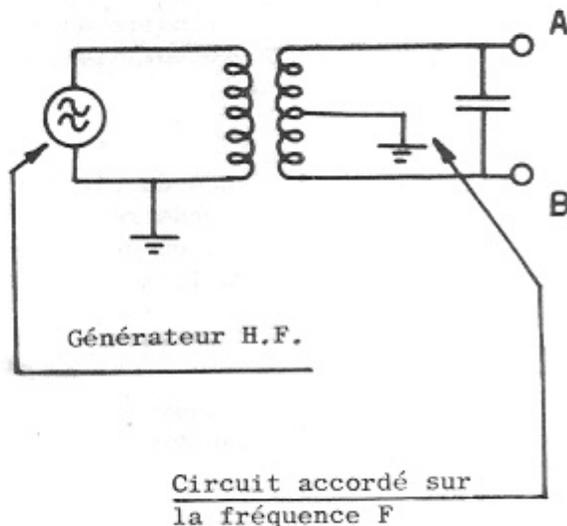
Le type symétrique et le type asymétrique, assez semblables et utilisés tous les deux.

### 1- Circuit détecteur de Foster-Seely.

Ce circuit détecteur à été, pendant plusieurs années, le discriminateur classique, des récepteurs "F.M." ; c'est un dérivé, ou mieux une amélioration, du détecteur à bandes latérales.

Le fonctionnement est basé sur les mêmes principes, il est difficile dans le cadre de ce cours de vous en expliquer analytiquement son fonctionnement : je chercherai donc l'exposé le plus clair et le plus complet possible, tout en restant dans le domaine de l'explication théorique facile.

Comme vous l'avez vu au cours de la précédente leçon sur le détecteur à bandes latérales, il y a deux circuits secondaires accordés latéralement : l'un est à fréquence supérieure, l'autre à fréquence inférieure à la fréquence normale de fonctionnement.



Dans le détecteur de Foster-Seely, il n'y a qu'un secondaire unique qui emploie le phénomène pour lequel la tension aux bornes est en opposition de phase.

Si vous considérez un transformateur ayant un enroulement secondaire à prise médiane (Fig. 1-), il se manifestera aux bornes "A" et "B" une tension identique mais de phase opposée.

Si on alimente le primaire par un générateur haute fréquence, dont le signal a la même fréquence d'accord que le circuit secondaire, on obtient entre le point "A" et la masse et entre le point "B" et la masse, une TENSION DE PHASEE d'un quart de période ( $90^\circ$ ) en plus ou en moins PAR RAPPORT A LA TENSION PRIMAIRE D'ALIMENTATION "V".

- Fig. 1 -

Le même phénomène se produit si vous appliquez le signal "H.F."

directement sur le circuit secondaire ; les tensions entre "A" et "B" et la masse sont toujours déphasées d'un quart de période (Fig. 2-).

En reliant ensemble les deux circuits représentés Fig. 1- et Fig. 2- on obtient un circuit sur lequel on vérifie que, pour un signal primaire à fréquence égale à la fréquence de résonance du secondaire, la tension recueillie entre "A" et la masse est égale à celle entre "B" et la masse (Fig. 3-).

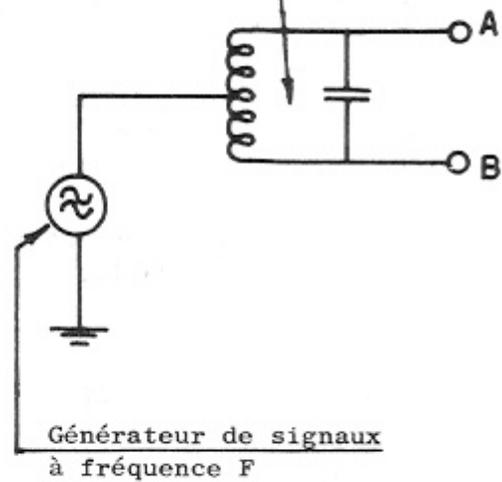
Ces deux tensions ne sont égales que si la fréquence du signal appliquée est vraiment identique à la fréquence de résonance du secondaire : chaque variation de la fréquence du signal produit une variation de phase ou de déphasage de la tension induite sur le secondaire et détermine un déséquilibre de tension en "A" et "B".

Il faut noter qu'au secondaire est également appliquée, par suite du branchement sur la prise médiane, une tension qui reste constante ou varie avec la fréquence et qui détermine la tension de référence.

On a ainsi réalisé un système de transformation : aux variations de fréquence primaire correspondent des variations de tension secondaire.

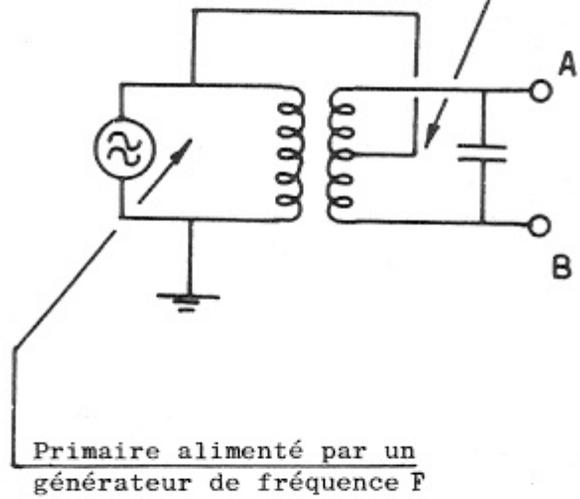
En d'autres termes, on a transformé le signal de "F.M." en "A.M.";

Circuit accordé sur la fréquence F



- Fig. 2 -

Secondaire couplé directement et inductivement accordé sur F



- Fig. 3 -

il faut maintenant exécuter la détection de ce dernier : on l'obtient assez simplement au moyen de deux diodes détectrices sur la charge desquelles on recueillera la tension "B.F." (Fig. 4-).

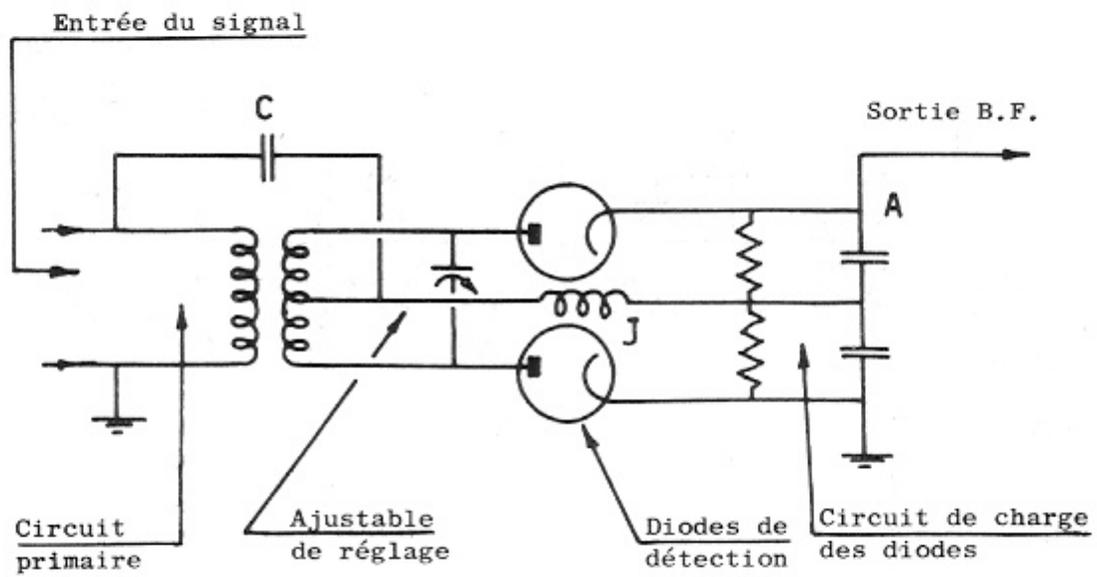
Le condensateur "C" évite que la tension plaque, présente sur la plaque de tube précédent, ne soit court-circuitée à la masse ; et la self "J" (souvent réalisée par une résistance) empêche que la tension "M.F." appliquée au secondaire, ne soit court-circuitée.

Cette tension est celle qui détermine le fonctionnement des diodes détectrices.

Les deux diodes sont connectées dans le même sens, de telle façon que la tension "B.F.", obtenue en "A", soit la résultante de la différence entre les tensions détectées par chaque diode.

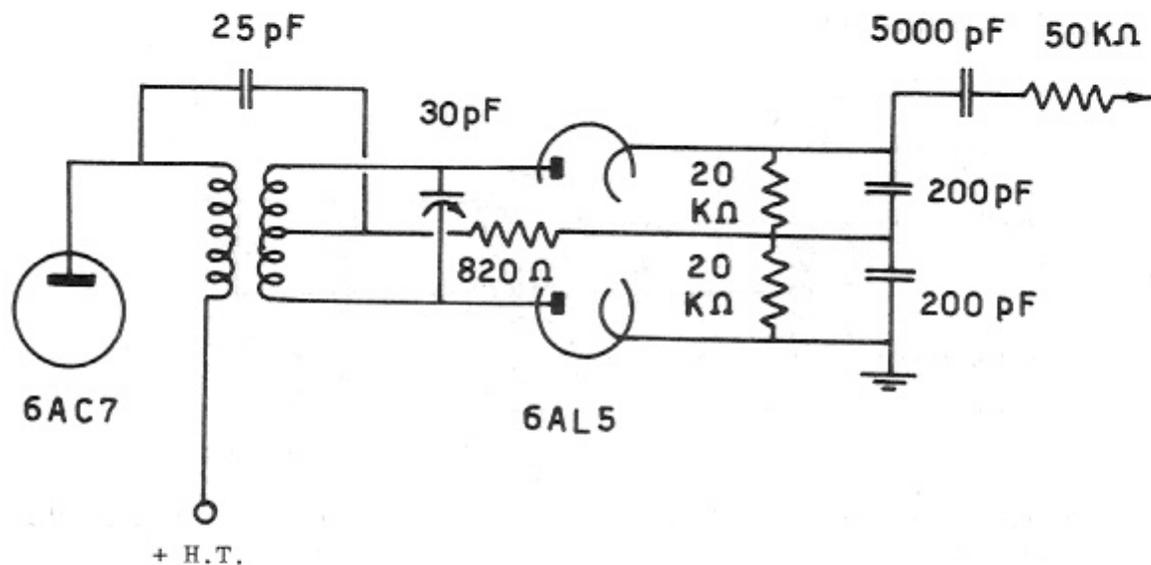
La Fig. 5- représente le schéma de réalisation pratique d'un discriminateur de phase.

Le tube "6 A C 7" est le dernier tube amplificateur "M.F." qui doit aussi fonctionner comme limiteur, puisque ce détecteur est également sensible à la modulation d'amplitude et qu'il est nécessaire que le signal appliqué soit toujours



- Fig. 4 -

## SCHEMA DU DISCRIMINATEUR DE FOSTER-SEELY



- Fig. 5 -

constant en amplitude.

Le tube "6 AL 5" est une double diode détectrice, construite spécialement pour ce circuit.

La tension "B.F." est recueillie entre "A" et la masse après le circuit de découplage qui évite à la composante continue détectée et aux résidus de "M.F." existant sur la charge des diodes, de s'infiltrer dans les circuits ultérieurs.

La seule difficulté de réalisation d'un tel détecteur se trouve dans la parfaite symétrie de la prise médiane car l'enroulement primaire doit être branché entre les deux enroulements du secondaire bobinés symétriquement.

Le fait que ce circuit soit sensible à la modulation d'amplitude nécessite un limiteur efficace, l'a fait avantageusement remplacer par le détecteur à rapport, qui, en plus d'autres avantages d'ordre pratique, est insensible aux variations d'amplitude du signal appliqué.

## 2- Circuit détecteur à rapport.

Le circuit détecteur à rapport est aujourd'hui le plus employé et a, comme unique concurrent, un autre circuit qui nécessite un tube difficile à

fabriquer et par conséquent onéreux : le nonode.

Ce dernier circuit est appelé "Déecteur de phase" et a été développé par la Société Philips qui a spécialement créé le tube "EQ 80" ; le détecteur à rapport a été inventé par Seely et Arius, des techniciens américains, de la Radio Corporation of America.

La situation est actuellement la suivante : on emploie presque exclusivement le détecteur à rapport, mais si, dans le futur, on réussit à réduire les difficultés de fabrication pour un tube comportant 7 grilles, le détecteur de phase sera alors un concurrent sérieux parce qu'il est plus simple et de mise au point plus facile.

Comme je vous l'ai dit, le détecteur à rapport à l'avantage d'être insensible aux variations d'amplitude du signal appliqué.

Revenant au discriminateur de Foster Seely, je vais vous montrer par un exemple numérique la raison pour laquelle il est sensible à l'amplitude.

Imaginez un signal "S", qui donne une tension détectée de 6 Volts et supposez que, pour une variation donnée de fréquence, cette tension soit augmentée de 50 %, c'est-à-dire de 3 Volts, nous obtiendrons à la sortie "B.F." :

(6 - 3 = ) 3 Volts de signal.

Si pour une raison quelconque le signal "S" diminue de moitié, la tension détectée sera réduite de moitié et deviendra 3 Volts, et supposez encore que pour une variation de fréquence, cette tension soit augmentée de 50 % (c'est à dire 1,5 V) vous obtiendrez en sortie "B.F." un signal de (3 - 1,5 = ) 1,5 Volt.

Je vous ai ainsi montré qu'en faisant varier l'amplitude du signal appliqué (de 6 à 3 volts) et en admettant la même variation de fréquence dans les deux cas, le signal détecté est passé de 3 à 1,5 Volt c'est-à-dire que le signal détecté dépend et de la variation de fréquence, et de la variation d'amplitude.

Il faut donc mettre devant ce détecteur un limiteur qui rende rigoureusement constante l'amplitude du signal appliqué au détecteur d'une manière telle que le signal détecté ne dépende que de la modulation de fréquence.

Pour éviter cet inconvénient, on a pensé à un détecteur qui travaillerait sur le RAPPORT des tensions et non sur leur DIFFERENCE.

Cette caractéristique peut vous être démontrée par le même calcul que précédemment.

Imaginez que vous ayez un signal "S", tel qu'il fournisse une tension détectée de 6 Volts et supposez que, pour une variation donnée de fréquence, cette tension soit augmentée de 50 % c'est-à-dire de 3 volts le rapport des tensions sera de  $\frac{6}{3} = 2$ .

Si pour une raison quelconque, le signal tend à se réduire de moitié, la tension détectée descend à 3 Volts ; supposez qu'une variation identique de fréquence l'augmente de 50 % (c'est-à-dire de 1,5 Volt) le rapport des tensions devient  $\frac{3}{1,5} = 2$ , comme lorsque le signal appliqué était d'amplitude double.

Comme vous le voyez, en réduisant de moitié l'amplitude du signal appliqué et en provoquant la même variation de fréquence, le rapport entre les signaux de sortie est resté constant, c'est-à-dire 2.

Ceci démontre que le détecteur à rapport est insensible aux variations d'amplitude ; on dit, par une définition plus technique, que le détecteur à rapport n'est pas influencé par le signal modulé en amplitude.

La réalisation pratique a été exécutée en apportant quelques modifications au discriminateur : tout d'abord les deux diodes sont raccordées de manière telle que les tensions détectées et présentes dans les résistances de charge s'additionnent au lieu de se soustraire (Fig. 6-) ; en effet la tension aux bornes de "R<sub>1</sub>" est positive du côté de la masse et la tension sur "R<sub>2</sub>" est au contraire positive sur la cathode de la diode.

Vous pouvez identifier les tensions, sur les résistances " $R_1$ " et " $R_2$ ", à celles de deux piles branchées en série, avec le négatif de l'une raccordée au positif de l'autre ; la force électromotrice totale est donc égale à la somme des deux "f.e.m." partielles.

La tension résultante " $E$ ", égale à " $E_1 + E_2$ ", est constante et va varier proportionnellement à " $E_1$  et  $E_2$ " : cela résulte de la superposition de la tension induite par couplage entre primaire et secondaire avec la tension transmise par capacité (Fig. 7-).

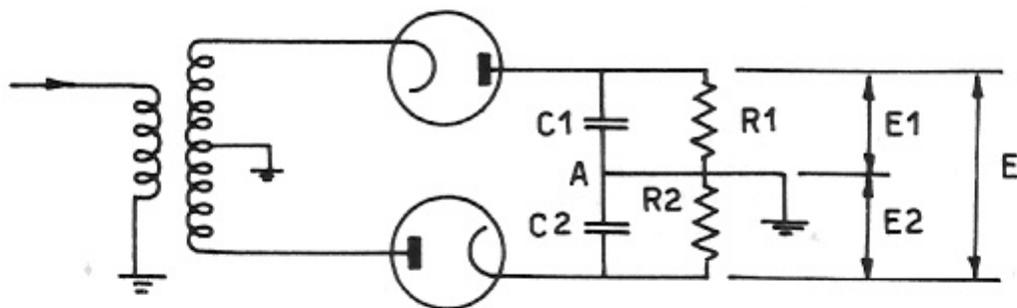
La Fig. 7- est une variante du circuit où le point "A" n'est plus lié à un potentiel fixe et qui, tout en maintenant toujours constant " $E_1 + E_2$ ", peut prendre les valeurs correspondantes au rapport entre les tensions de la moyenne fréquence, présentes dans un temps donné aux bornes du secondaire.

On obtient donc, entre "A" et la masse, le signal détecté.

Mais il faut que la tension " $E$ ", aux bornes des résistances de charge des diodes reste constante et égale à " $E_1 + E_2$ ".

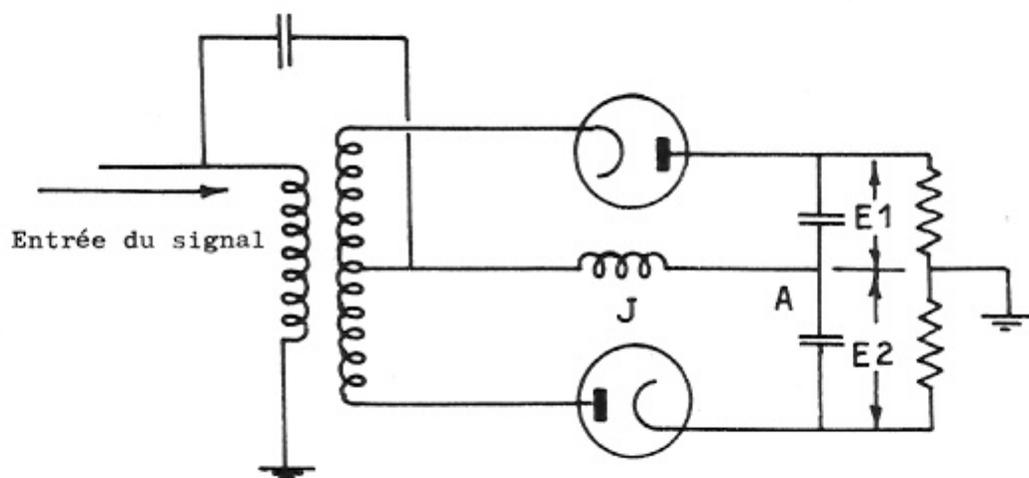
Ceci est pratiquement obtenu en branchant un condensateur électrolytique (1 à 5  $\mu\text{F}$ ) aux bornes de l'ensemble de détection, de manière à empêcher

## SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE DETECTION A RAPPORT.



- Fig. 6 -

## SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE DETECTION A RAPPORT



- Fig. 7 -

toute variation rapide de la tension négative présente de l'ordre de 10 à 20 volts.

Pour éliminer le condensateur de couplage, on transfère la tension "M.F." par couplage inductif très serré, (selfs de quelques spires bobinées directement sur l'enroulement primaire).

Cet enroulement se nomme tertiaire : il est représenté sur la Fig. 8- qui donne le schéma classique d'un circuit détecteur à rapport symétrique.

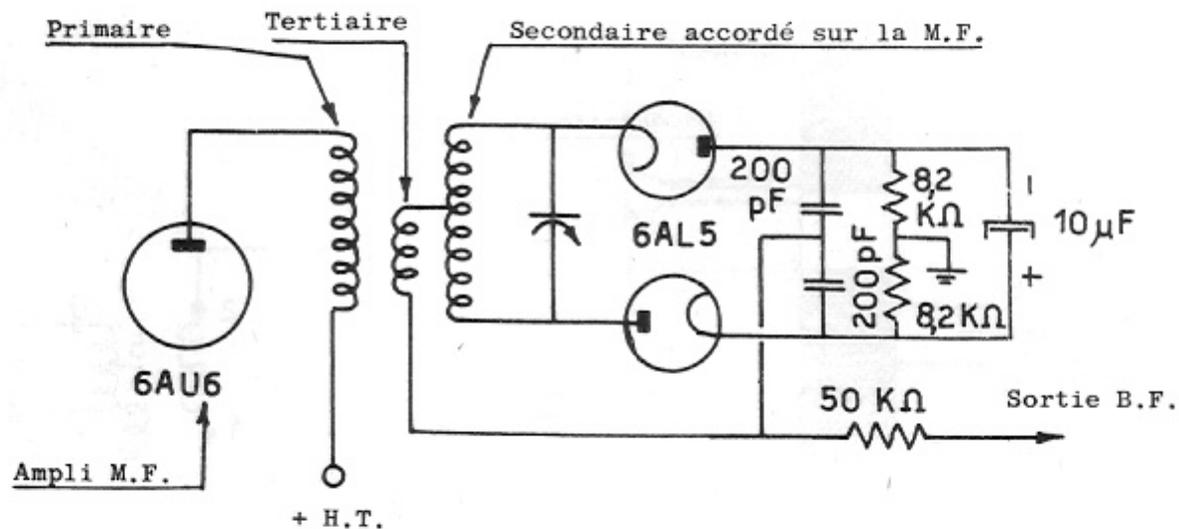
#### REALISATION DU TRANSFORMATEUR M.F. POUR DETECTEUR A RAPPORT.

Le transformateur pour détecteur à rapport, est construit sur une colonnette isolante..

Le réglage peut être fait indistinctement par des ajustables ou par des noyaux en matériau ferromagnétique ; mais dans ce deuxième cas, il faut faire attention, pour que le réglage des noyaux ne modifie en rien le couplage entre les enroulements.

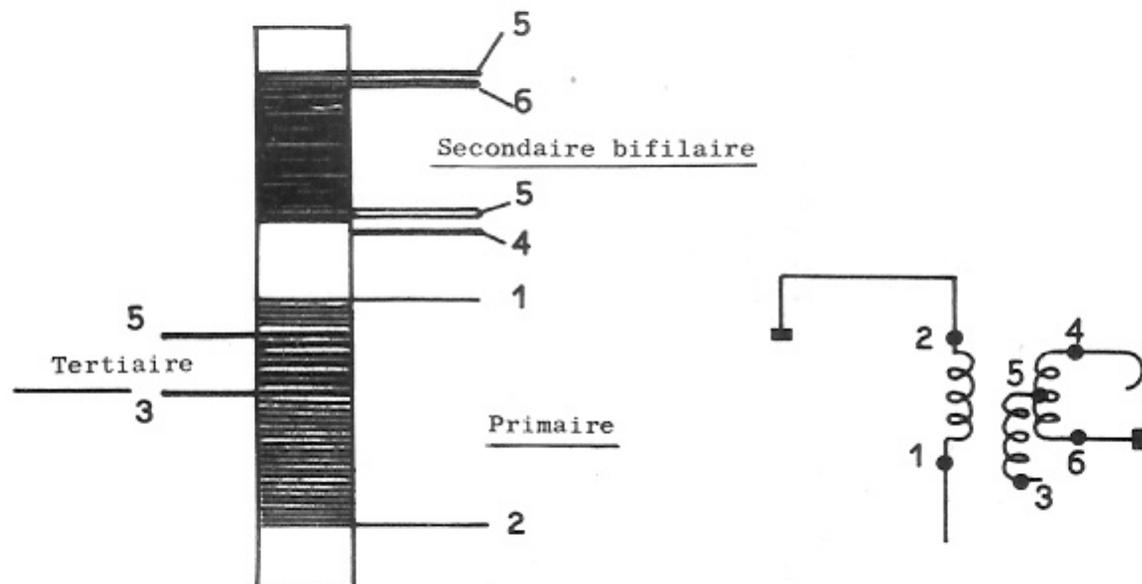
L'enroulement secondaire est bobiné avec deux fils accouplés ,

## SCHEMA D'UN DISCRIMINATEUR A RAPPORT SYMETRIQUE.



- Fig. 8 -

## CONSTRUCTION D'UN TRANSFORMATEUR POUR DISCRIMINATEUR A RAPPORT



- Fig. 9 -

("deux fils en main") qui forment les deux moitiés symétriques.

La Fig. 9- représente la disposition type d'un transformateur "M.F." pour détecteur à rapport.

Les diodes employées pour ce circuit, doivent être à faible résistance interne ; on a construit des tubes spéciaux qui contiennent deux diodes à basse résistance interne pour la détection "F.M.", une diode normale pour la détection "A.M." et une triode à grande amplification pour la préamplification "B.F."

Dans la prochaine leçon, je vous décrirai le détecteur à rapport dissymétrique, inverse de symétrique, qui est une variante de ce dernier, et le détecteur de phase avec tube nonode.

-----

REPONSES AUX EXERCICES DE REVISION SUR LA 40ème LECON THEORIQUE "F.M."  
OU SUR LA 6ème LECON THEORIQUE "F.M./C".

- 1- La limitation est nécessaire pour éliminer les parasites dus aux perturbations atmosphériques et industrielles, et au bruit de fond introduit par les circuits qui composent le récepteur.
- 2- Il faut que le signal "M.F." qui est appliqué au limiteur soit d'amplitude suffisante.
- 3- Les étapes de la détection sont :
  - 1- conversion de la "F.M." en "A.M."
  - 2- détection propre du signal "A.M." obtenu.
- 4- Le détecteur à bandes latérales convertit la "F.M." en "A.M." en faisant travailler un circuit résonnant sur un côté de sa caractéristique.
- 5- La courbe résultante est obtenue par la somme des deux courbes simples, dont

l'une est symétrique de l'autre.

- 6- La distance entre les deux crêtes de la caractéristique d'un détecteur "F.M." doit être au maximum de 200 KHz, de manière à ce que le tracé rectiligne soit compris entre  $\pm 75$  KHz (150 KHz de largeur totale). La dérive maximum d'un signal "F.M." est précisément  $\pm 75$  KHz, ce qui correspond à 100 % de modulation.

-----

EXERCICES DE REVISION SUR LA 41ème LECON THEORIQUE "F.M."

OU SUR LA 7ème LECON THEORIQUE "F.M./C".

- 1- Quel est le principe de fonctionnement du détecteur de Foster-Seely ?
- 2- Pour quelle raison ce détecteur est-il sensible aux variations d'amplitude ?
- 3- Qu'est-ce qui détermine la transformation de la modulation de "F.M." en "A.M" dans le détecteur de Foster-Seely .
- 4- Pour quelle raison le détecteur à rapport est-il insensible aux variations d'amplitude ?
- 5- Comment obtient-on une tension négative constante sur le circuit de charge des diodes détectrices ?
- 6- A quoi sert l'enroulement tertiaire dans le détecteur à rapport ?

-----