

6/67

lea

UNIVERSITE D'ALGER

ELECTRONIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

الدرسة الوطنية للعلوم الهندسية  
 المكتبة  
 -----  
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHÈQUE

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

الدرسة الوطنية للعلوم الهندسية  
 Département : Télécommunications  
 -----  
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHÈQUE

TRANSMISSION  
 PAR  
 COURANTS PORTEURS  
 EN HT

Hadj KHALDI  
 année 66-67

proposé Par M AMER MOUSSA

PF67-13

Reçu le 15/6/67  
Moussé

Département Télécommunications

TRANSMISSION  
PAR  
COURANTS PORTEURS  
EN HAUTE TENSION

Hadj KHALDI

Année 66-67

Je tiens à remercier particulièrement Messieurs :

- Le Directeur, le Directeur des Etudes et tout le personnel administratif de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger,
- AMEUR Moussa professeur à l'Ecole Polytechnique d'Alger, pour m'avoir proposé un plan de travail et orienté dans mes investigations,
- WADJIH, expert de l'UNESCO et Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique pour avoir mis à ma disposition son cours relatif au sujet étudié,
- HADJI et LARABA Ingénieurs à l'E.G.A. qui m'ont efficacement aidé par une documentation fournie, des explications et des conseils très utiles,
- SLOSIAR, ZERGUERRAS, LOT, JACOUBOVSKI, COULON pour avoir bien voulu présider ou être membre du Jury de ma présentation de ma micro-thèse,
- Ali BENDIFALLAH, Nouredine EL ASSIMI de la Société anonyme des huiles Renault à Hussein-Dey,
- B. et B. AMMOUR, TOUDJI Slimane pour l'aide matérielle qu'ils m'ont apportée,

Et que tous mes camarades et agents de laboratoire trouvent ici le témoignage de ma sincère gratitude pour les efforts qu'ils ont consentis pour la réalisation de ce travail.

## TABLE DES MATIERES

I- Introduction

II- Généralités

1. historique

2. rappels de quelques notions théoriques

III- Principes généraux de la transmission par courants porteurs en haute tension

1. organes constitutifs d'une liaison

2. réalisation d'une liaison

3. divers types de liaisons

4. C.A.V et synchronisation

5. alimentation des postes haute fréquence.

IV- Les couplages H.T-H.F

Etude de la liaison en couplage phase-terre.

V- Conclusion

Utilisation de la transmission par courants porteurs en H.T

## I - INTRODUCTION

L'augmentation sans cesse croissante du nombre de centres de production, de répartition et de consommation d'énergie électrique pose toujours le problème consistant à établir entre ces centres des communications rapides et sûres.

De là vient la nécessité de créer un réseau spécial de télécommunications pour la réalisation duquel diverses solutions offrant toutes les possibilités et garanties voulues de sécurité et de rapidité ont été envisagées. Ces solutions sont les suivantes :

- pose de lignes aériennes ou souterraines sur poteaux spéciaux ou sur les pylones de lignes à haute tension.
- utilisation des ondes radio.
- utilisation des ondes "guidées" par les lignes à haute tension.

Cette dernière solution qui a été adoptée dans la totalité des cas présente plusieurs avantages majeurs, à savoir :

- 1°/ Solidité mécanique de la ligne ( comparable à celle d'un câble téléphonique ) ;
- 2°/ L'entretien de la ligne déjà assuré pour le transport de l'énergie à HT. Cet entretien est donc nul pour le transport des courants à haute fréquence ;
- 3°/ L'utilisation de la ligne uniquement pour les besoins du réseau ;
- 4°/ La faible valeur des puissances mises en jeu et par conséquent réduction des frais d'installation des divers appareillages ;
- 5°/ La faible valeur de l'affaiblissement de la ligne HT.

## II - G E N E R A L I T E S

1- L'utilisation de la transmission par courants porteurs HT est récente. Les premiers essais en France datent de 1925, et l'application industrielle ne fut guère réalisée qu'à partir de 1928.

Mais l'exploitation de ces réseaux était alors anarchique, chaque société de distribution ( autonome ) commandait le matériel qui lui semblait le meilleur, choisissait, sans s'occuper des sociétés voisines, les longueurs d'onde qui lui semblaient les plus convenables et ne prenait aucune précaution en prévision d'une interconnexion future avec les réseaux des autres compagnies.

Après la nationalisation des organismes producteurs et distributeurs de l'énergie électrique, un service de transmission compris dans l'organisme national de production, de transport et de distribution de l'énergie a été créé.

Dans les pays industrialisés, le service de transmission de la société de production et de distribution de l'énergie est chargé d'imposer les longueurs d'onde des diverses liaisons, de préciser aux constructeurs la transformation ou le remplacement du matériel utilisé. En touchant à tout ce qui intéresse les transmissions : Transmission HT, Comutation, Télémesure, Télécommande et téléprotection, ce service coordonne les projets des différentes régions, rédige les cahiers des charges techniques, surveille la fabrication chez les constructeurs, effectue les essais des appareils nouveaux avant leur adoption.

Ce service effectue également des essais sur les lignes de transport : affaiblissement, rayonnement, parasite, etc... et fait profiter les constructeurs de toutes les remarques pour leur permettre d'améliorer leur

matériel.

## 2- Rappels de quelques notions théoriques

Du fait qu'on utilise une ligne à haute tension comme support du signal à transmettre, il ne saurait être question d'employer directement des fréquences musicales ( 300 Hz - 3 300 Hz ) car, étant de cet ordre de grandeur que la fréquence utilisée dans le transport d'énergie ( 50 Hz ), la séparation entre les 2 fréquences serait difficile à réaliser.

On aura alors recours aux hautes fréquences qui permettent de réduire les dimensions du matériel de couplage de la transmission à la ligne.

Le signal basse fréquence sera donc transporté par une fréquence haute qu'il module avant d'être injecté dans la ligne.

### Rappel des notions relatives à la modulation :

Soient  $b = B \cos (\omega t + \varphi)$  (1)

le signal HF, de fréquence  $f = \omega / 2\pi$  à transmettre.

$$a = A \cos (\Omega t + \phi)$$
 (2)

le signal porteur HF de fréquence  $F = \Omega / 2\pi$

avec  $B =$  amplitude du signal HF

$A =$  amplitude du signal HF

Si  $b$  agit sur  $A$ , on a une modulation d'amplitude ( AM )

Si  $b$  agit sur  $\Omega$ , on a une modulation de fréquence ( MF )

Si  $b$  agit sur  $\phi$ , on a une modulation de phase ( PM )

Ces 2 de nombres modulations étant équivalentes.

Le procédé le plus utilisé est la modulation d'amplitude

Le signal modulé s'écrit :

$$a = ( E + B \cos \omega t ) \cos \Omega t$$
 (3)

en prenant :  $A = E + B \cos \omega t$  (4)

et en considérant qu'il existe un temps  $t$  tel que le signal HF et l'onde HF s'annulent ensemble, et qu'on prend ce temps comme origine, ce qui équivaut à écrire

$$\varphi = \phi = 0$$
 (5)

l'expression de l'onde modulée en amplitude devient :

$$a = E \cos \Omega t + B \cos \omega t \cos \Omega t$$

$$a = E \cos \Omega t + \frac{B}{2} \cos (\Omega + \omega) t + \frac{B}{2} \cos (\Omega - \omega) t \quad (6)$$

On constate que l'onde "a" peut être considéré comme la somme de trois ondes d'amplitude constante :

$$a = E \left[ \cos \Omega t + \frac{B}{E} \frac{1}{2} \cos (\Omega + \omega) t + \frac{B}{E} \frac{1}{2} \cos (\Omega - \omega) t \right]$$

$$a = E \left[ \cos \Omega t + K/2 \cos (\Omega + \omega) t + K/2 \cos (\Omega - \omega) t \right]$$

on pose

$$K = \frac{B}{E}$$

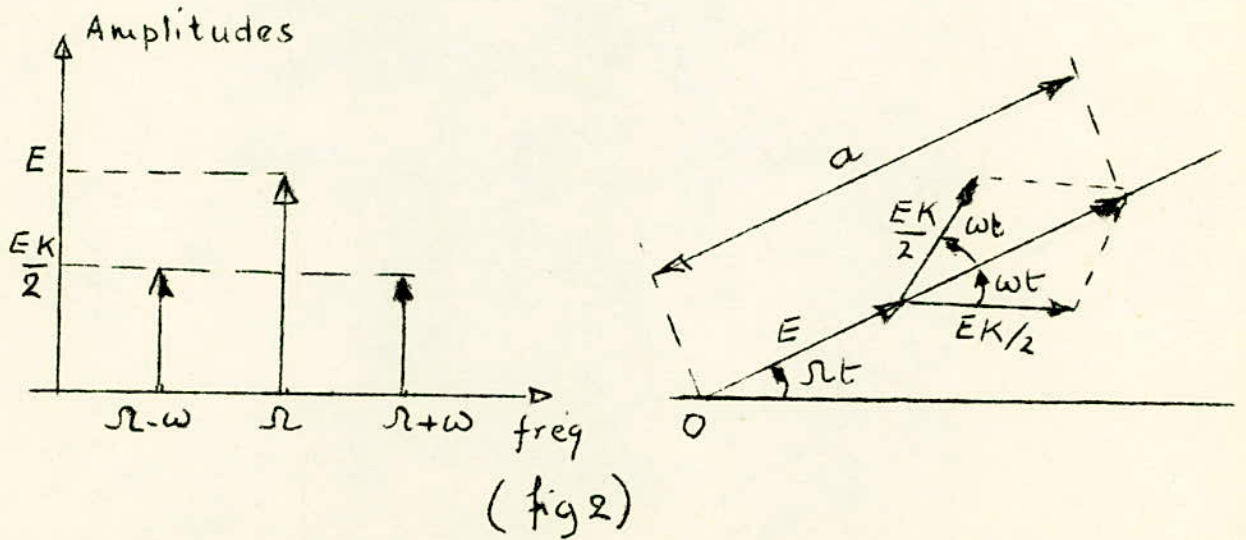
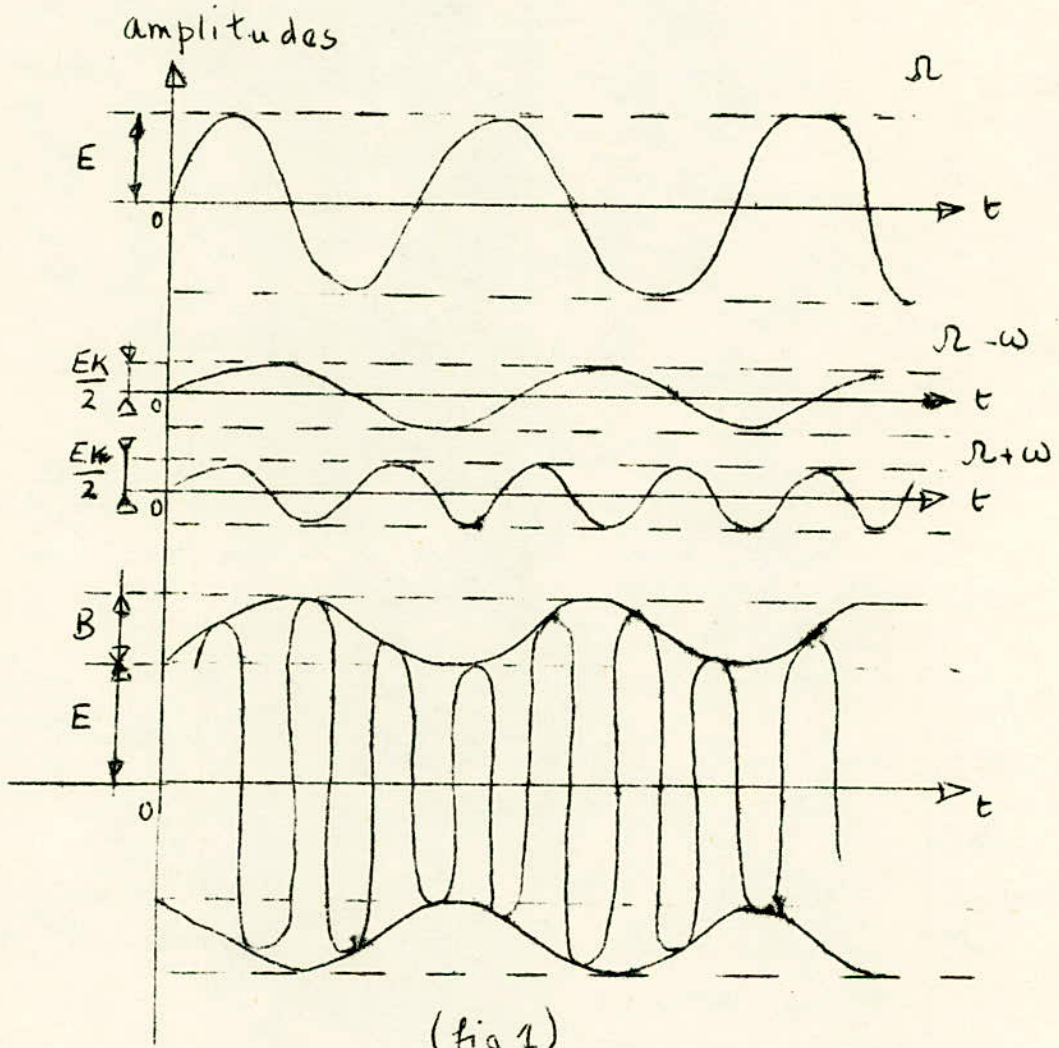
Taux de modulation exprimé en %

$$a = E \cos \Omega t + \frac{KE}{2} \cos (\Omega + \omega) t + \frac{KE}{2} \cos (\Omega - \omega) t \quad (7)$$

- l'onde  $E \cos \Omega t$  de fréquence  $F = \Omega / 2\pi$  porteuse
- l'onde  $E \frac{K}{2} \cos (\Omega + \omega) t$  de fréquence  $F + f$  ; bande latérale supérieure
- l'onde  $E \frac{K}{2} \cos (\Omega - \omega) t$  de fréquence  $F - f$  ; bande latérale inférieure

$$f = \omega / 2\pi$$





Quel que soit le procédé de modulation utilisé, si  $F$  est la fréquence HF modulée et  $f$  la fréquence basse modulante, il apparaît après modulation, une fréquence  $F + f$  et une fréquence  $F - f$

La modulation BLU consiste à supprimer l'une des ondes supérieure ou inférieure on verra dans ce qui suit les raisons de cette opération.

Pratiquement : Si  $F$  est la porteuse de 120 KHz, on aura pour les fréquences téléphoniques par exemple : 300 à 2 250 Hz =  $f_1, f_2$  respectivement.

$$F - f_1 = 119,7 \text{ kHz}$$

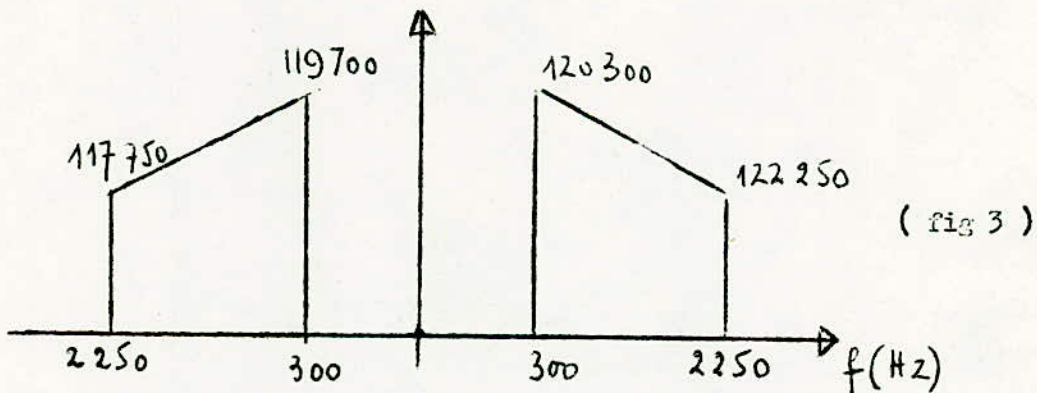
$$F + f_1 = 120,3 \text{ kHz}$$

et

$$F - f_2 = 117,7 \text{ kHz}$$

$$F + f_2 = 120,25 \text{ kHz}$$

( 120 kHz porteuse )



La bande passante sera de :  $2\ 250 \times 2 = 4\ 500 \text{ Hz}$

MODULATEURS EN AMPLITUDE : PAR DIODE

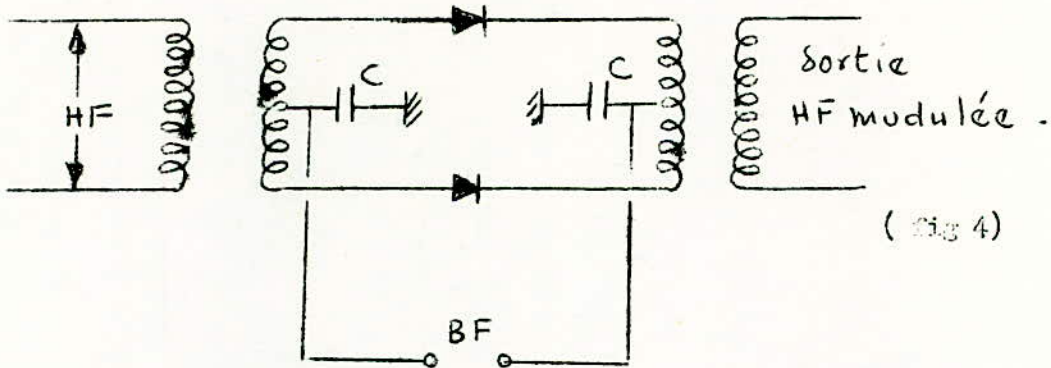
Les diodes étant des organes non linéaires, peuvent être utilisées pour la modulation.

Elles ne permettent aucune amplification.

Mais toute la puissance HF modulée provient soit de la HF, soit du signal modulant. Aussi, on n'utilise ce procédé que pour les faibles puissances comme le cas ici.

On utilise essentiellement des cristaux redresseurs au germanium

a) avec porteuse



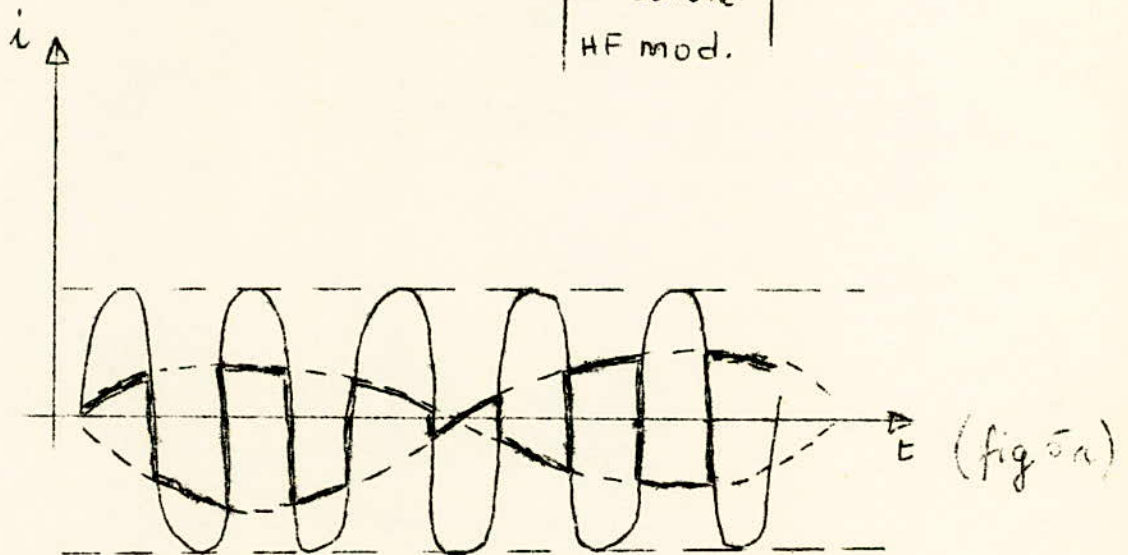
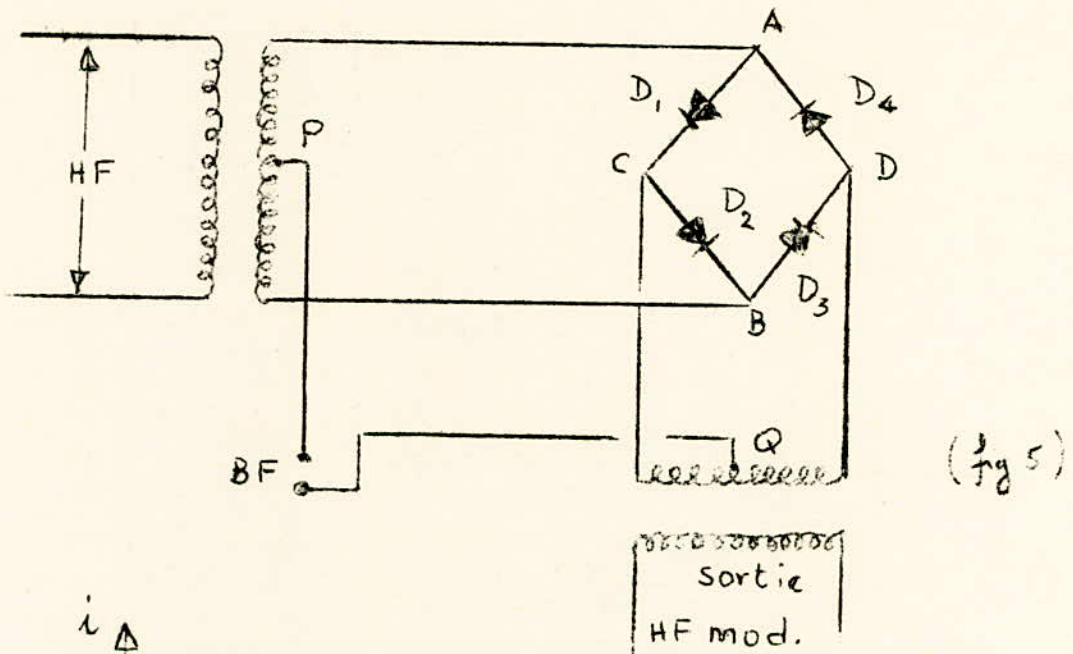
b) sans porteuse ( Fig 5 )

Le modulateur est un modulateur équilibré constitué par 4 diodes en pont suivant la figure 5. Son fonctionnement est le suivant :

- en l'absence de signal modulant HF, si les 4 diodes sont identiques une tension HF en AB ne donne aucune tension en CD, le pont étant équilibré.
- si on applique un signal BF : supposons que le signal BF donne une tension positive en P c-à-d en AB.

l'alternance HF positive en A s'écoule par le chemin PAD<sub>1</sub> QDD<sub>3</sub> BF tant que HF < BF qui débloque D<sub>3</sub> tandis que D<sub>2</sub> et D<sub>4</sub> sont bloquées. Si l'alternance HF < 0 et > BF D<sub>3</sub> est bloquée.

- L'alternance HF < 0 passe par PBD<sub>3</sub>QCD<sub>1</sub>AP tant que |HF| < |BF|  
La linéarité de la modulation est d'autant plus meilleure que la tension HF est d'amplitude plus grande par rapport à l'amplitude de la tension BF  
( voir fig 5 a )



FM et PM :

Nous avons vu en AM, que pratiquement, la bande transmise est :

$$\Delta F = 2f \quad (8)$$

Pour ce qui est de la modulation de fréquence ou de phase, l'étude se fait comme précédemment. On considère que la fréquence du signal HF ( ou de phase ) varie au rythme du signal BF.

En effet, si on considère l'onde HF elle s'écrit :

$$a = A \sin (\Omega t + \varphi) \quad (9)$$

$$\varphi = \text{cte}$$

$$\Omega = \text{cte}$$

Considérons que  $a = A \sin \phi(t)$  où  $\phi(t)$  est la "pulsation" de  $a$ . Si  $\phi(t)$  n'est pas linéaire dans le temps, on peut considérer la "fréquence instantané" de  $a$ .

$$F_i = \frac{\Omega_i}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi}{dt} \quad (10) \quad \Omega_i = \frac{d\phi}{dt}$$

pulsation  
instantanée

On verra donc de la modulation de la fréquence instantané, puisque on ne peut pas parler de modulation d'une fréquence qui est par définition cte

$$(F = \frac{\Omega}{2\pi})$$

Par analogie avec l'étude en AM de la variation de l'amplitude du signal HF avec le signal BF, prenons la variation de la fréquence instantané du signal HF avec le signal BF et posons

$$F_i = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi}{dt} = F_0 (1 + K \sin \omega t) \quad (11)$$

$$\text{ou } \frac{d\phi}{dt} = \Omega_0 (1 + K \sin \omega t)$$

$$\phi(t) = \int_0^t \Omega_0 (1 + K \sin \omega t) dt$$

$$\phi(t) = \Omega_0 t - \frac{K \Omega_0}{\omega} \cos \omega t + \varphi_0' \quad (I2)$$

$\varphi_0$  = cte d'intégration

$K \Omega_0 = \Delta \Omega$  déviation de pulsation ou amplitude de la variation de la pulsation instantanée autour de la pulsation moyenne  $\Omega_0$  ( dans le cas d'une onde sinusoïdale )

l'onde modulée aura pour expression donc :

$$a = A \sin \left( \Omega_0 t - \frac{K \Omega_0}{\omega} \cos \omega t + \varphi_0' \right) \quad (I3)$$

Par analogie, l'expression de l'onde modulée en phase sera :

$$a = A \sin \left( \Omega_0 t + K \varphi_0 \sin t + \varphi_0' \right) \quad (I4)$$

en posant bien sûr :

$$\phi(t) = \varphi_0 ( 1 + K \sin \omega t ) \quad (I5)$$

dans l'expression  $a = A \sin (\omega t + \varphi)$

On voit que la FM et PM sont équivalentes en posant :

$$\Delta \varphi = K \varphi_0 = \frac{\Delta \Omega}{\omega} \quad \text{indice de modulation}$$

si on choisit l'origine des temps de façon à avoir  $\varphi_0' = 0$

on aura

$$a = A \sin \left( \Omega t + \frac{\Delta \Omega}{\omega} \sin \omega t \right) \quad (I6)$$

$$a = A \left[ \sin \Omega t \cos \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \sin \omega t \right) + \cos \Omega t \sin \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \sin \omega t \right) \right]$$

La décomposition sera faite en utilisant les formules de Newman en fonction des fonctions de Bessel de première espèce.

En effet si on pose :

$$\Omega t = x \quad \text{et} \quad \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \sin \omega t \right) = \theta$$

on a alors :

$$\sin x \cos \theta = J_0(\theta) + 2 J_2(\theta) \sin 2x + 2 J_4(\theta) \sin 4x + \dots$$

$$\sin \theta \sin x = 2 J_1(\theta) \sin x + 2 J_3(\theta) \sin 3x + 2 J_5(\theta) \sin 5x + \dots$$

$J_n(\theta)$  désignant les fonctions de Bessel  $n = 0, 1, 2, \dots$

le calcul donne :

$$a = A \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} J_n \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right) \sin (\Omega + n\omega)t \quad (I7)$$

Le spectre d'une modulation sinusoidale est constitué par toute la suite discrète et infinie des composantes :

$$\Omega, \Omega \pm \omega, \Omega \pm 2\omega, \Omega \pm 3\omega, \dots, \Omega \pm n\omega$$

les amplitudes correspondantes sont :

$$J_0 \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right), \quad J_1 \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right), \quad J_1 \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right), \quad J_2 \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right), \dots$$

Mais ces amplitudes vont en s'affaiblissant. Pratiquement on peut considérer  $J_n \left( \frac{\Delta \Omega}{\omega} \right)$  ne prend une valeur appréciable que si

$$\frac{\Delta \Omega}{\omega} \gg n$$

On peut admettre approximativement que la largeur du spectre transmis est

$$2 (\Delta \Omega + \omega) = 2 (\Delta F + f)$$

$$\text{ou } \begin{array}{l} : \\ : \\ : \end{array} \frac{2 f ( I + \frac{\Delta F}{f} )}{f} \begin{array}{l} : \\ : \\ : \end{array} \quad (18)$$

$\frac{\Delta F}{f}$  = indice de modulation

Ce type de modulation n'est pas utilisé.



-----  
: COMPARAISON ENTRE LES MODULATIONS AM, BLU, FM, PM. :  
:-----

AM et BLU : l'espace HF occupé en BLU étant moitié de celui nécessaire en AM, la largeur ( $\Delta F$ ) des filtres de réception est réduite de moitié, ce qui réduit la tension des bruits parasites qui varie comme  $\sqrt{\Delta F}$  à la sortie d'un filtre, dans le rapport  $1/\sqrt{2}$ , soit de 3 dB.  
En AM, l'amplitude de chaque bande est  $\frac{KE}{2}$  et l'effet des deux bandes sur un récepteur est  $\frac{2 \times KE}{2} = KE$

En BLU, l'amplitude de la bande transmise est  $(1 + K)E$ , l'effet sur le récepteur avec un transmetteur ayant même puissance de crête (pour éviter les distorsions et les affaiblissements) est proportionnel à  $(1 + K)E$ , soit  $\frac{(1 + K)E}{KE} = \frac{1 + K}{K}$  fois plus important qu'en AM.

Pour  $K = 1$ , le gain minimum est de 6 dB.

En conclusion, la réduction de la largeur  $\Delta F$  des filtres et la meilleure utilisation de l'énergie améliorent en BLU de 9 dB, au moins, le signal/Bruit obtenu en AM.

On sait que le niveau du bruit exprimé par sa tension efficace est donné par la formule de Nyquist :

$$E_{\text{eff}} = \sqrt{4KTR\Delta F}$$

$K = \text{cte de Boltz.} = 1,37 \times 10^{-23}$

$T = \text{température en OK}$

$R = \text{résistance}$

E exprimé en  $\mu V$  si  $\Delta F$  exprimé en KHz, R en M $\Omega$ , T en OK

AM et FM (PM)

La largeur du spectre essentiel est de  $2f$  en AM,  $2f(K + 1)$  en FM. Pour des parasites uniformément répartis et pour des émetteurs ayant même puissance en porteuse non modulée, le rapport Signal/Bruit en FM est  $K\sqrt{3}$  fois celui obtenu en AM avec un taux de modulation de 100%. Il serait  $2K\sqrt{3}$  fois ce dernier pour des émetteurs ayant même puissance de crête ( si l'émetteur FM pouvait fonctionner en permanence à cette puissance ). Ceci suppose que le niveau du signal domine nettement celui des parasites, le signal disparaît en FM si son niveau est légèrement inférieur à celui des parasites, la réception restant possible en AM.

CONCLUSION GENERALE :      Tableau de Comparaison

Type de modulation	Bande occupée Hz	Rapport S/B Par des émetteurs ayant même puissance	
		porteuse dB	de crête dB
AM	$2f$	$\rho$	$\rho$
BLU	$f$		$\rho + 9$
FM ( PM )	$2f(1 + K)$	$\rho + 4,76 + 20\log K$	$\rho + 10,76 + 20\log K$

Nous venons de voir que dans la transmission par courants porteurs HT, on a intérêt à utiliser une modulation par BLU

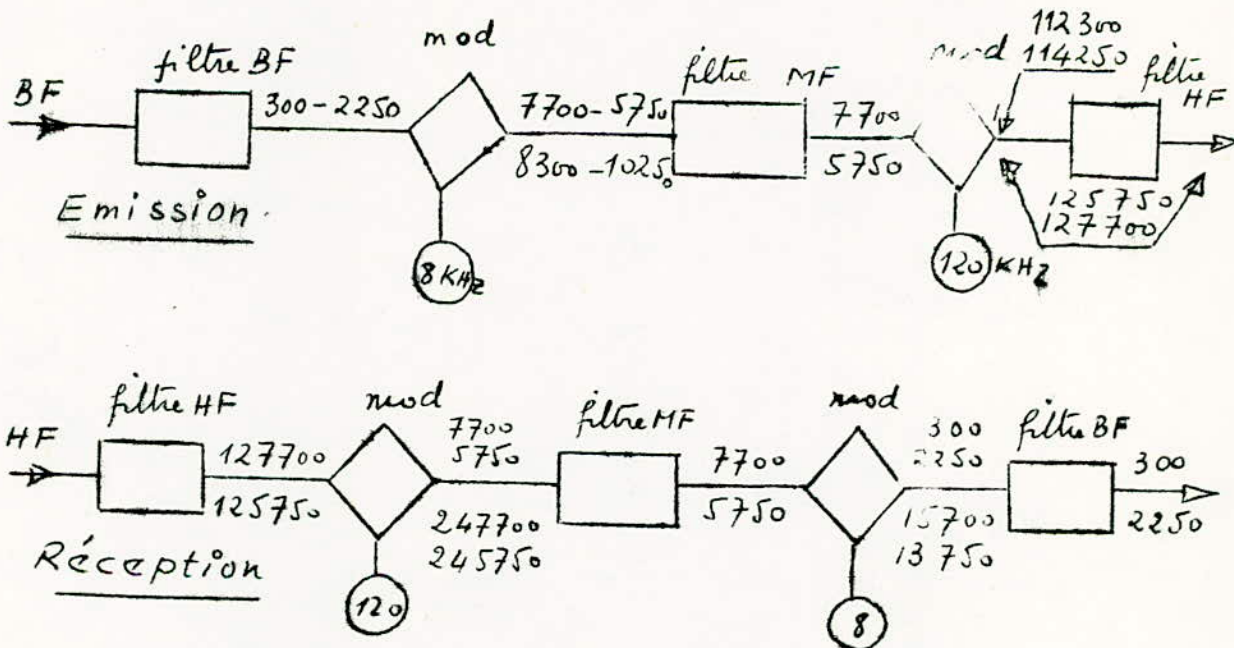
Pour effectuer une modulation à BLU, il suffit théoriquement de moduler le signal HF d'émission par la bande de modulation BF  $f_1$  à  $f_2$  correspondant aux diverses voies à transmettre et grâce à des filtres appropriés, de ne conserver qu'une des bandes latérales obtenues. La bande  $f_1 - f_2$  constituant une "voie de modulation".

En modulant sur une autre chaîne F par une autre voie de modulation BF  $f'_1$  à  $f'_2$ , et en ne conservant que l'une des 2 bandes, on réaliserait une autre "voie de modulation".

En pratique, on sépare les 2 bandes par diverses modulations successives. Ces modulations intermédiaires ne seront en somme que des changements de fréquence. Elles peuvent être effectuées par des modulateurs équilibrés, ou en pont, si on veut éliminer la porteuse.

Ce système à suppression de porteuse réduit considérablement les difficultés de séparation d'une des bandes latérales de la porteuse, cette dernière étant toujours à un niveau élevé.

Le schéma de la liaison à bande latérale unique pour les signaux téléphoniques (300 - 2250) est le suivant :



On pourrait envisager la même liaison BLU pour la bande de télémesures (2520 - 3180 Hz ) .

Nous nous n'y étendons pas.

Le rappel de ces quelques notions théoriques relatives à la modulation ainsi que la comparaison entre les différents types de modulation montre clairement qu'on a tout intérêt à utiliser la transmission à BLU.

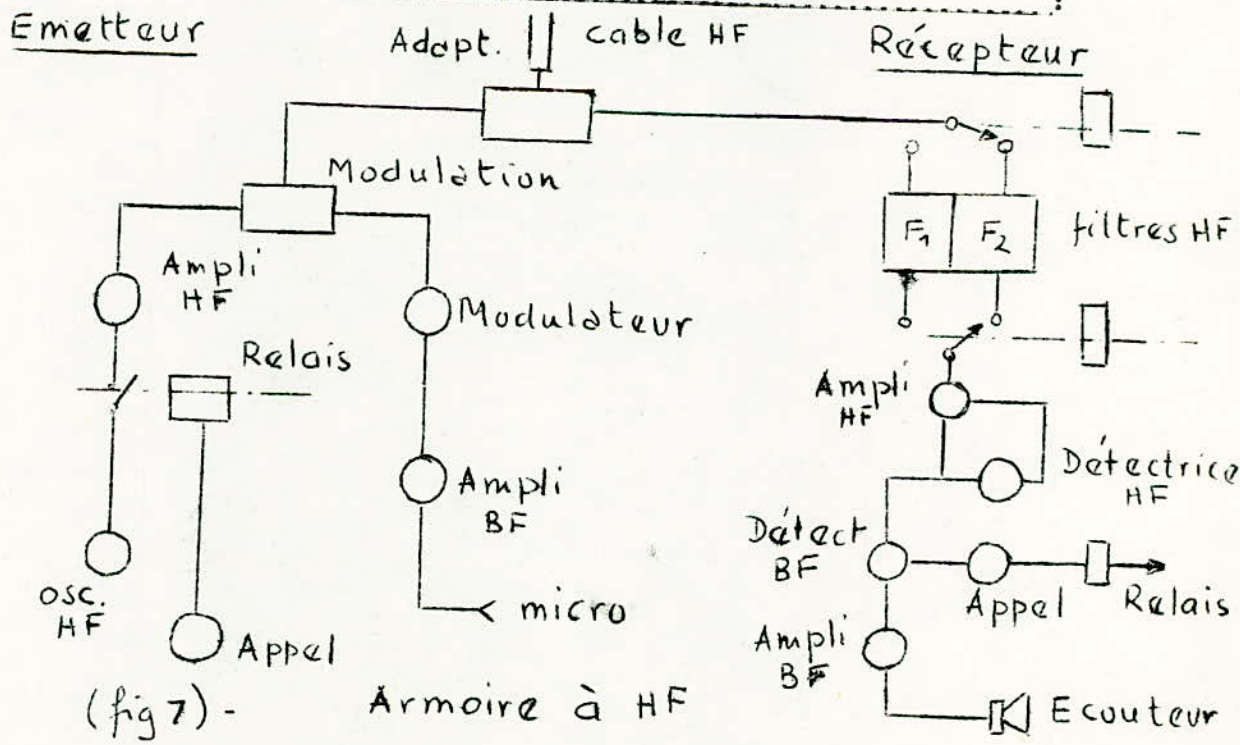
Nous allons voir maintenant les principes généraux de la transmission par des courants porteurs en haute tension.

III- PRINCIPES GENERAUX DE LA TRANSMISSION PAR COURANTS  
PORTEURS EN HT

Nous verrons successivement :

- 1°/ Les organes constitutifs d'une liaison à haute fréquence ;
- 2°/ La réalisation d'une liaison ;
- 3°/ Les divers types de liaisons à HF ;
- 4°/ Le CaV et la Synchronisation ;
- 5°/ Alimentation des postes HF

1°/ LES ORGANES CONSTITUTIFS D'UNE LIAISON A HF



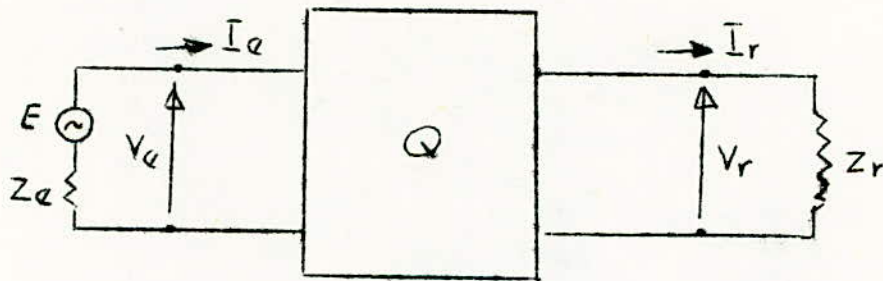
a/ Emetteur-récepteur

L'émetteur-récepteur, dont l'appareillage est installé dans une armoire dénommée "armoire à haute fréquence".

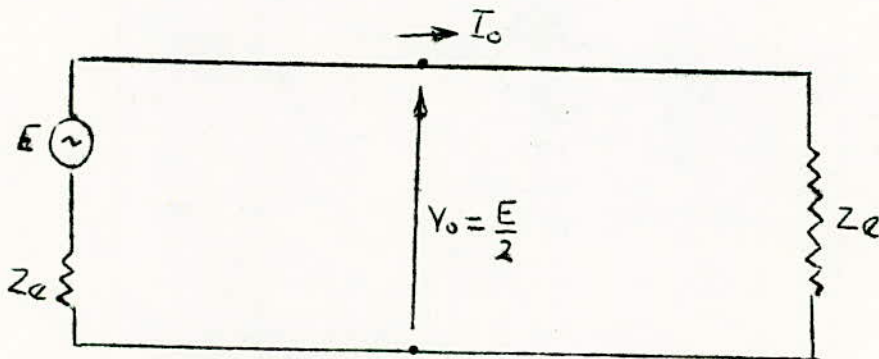
- Pour l'émission, un circuit oscillateur à haute fréquence, un circuit modulateur, un circuit amplificateur et un système d'envoi d'appel.

- Pour la réception : un filtre de réception, un circuit amplificateur à haute fréquence, un circuit de détection, un dispositif "antifading", un dispositif de réception d'appel et un circuit à basse fréquence.

Les puissances mises en jeu en HF sont de l'ordre de 10 à 15 W. Les niveaux d'émission et de réception à basse fréquence sont, à peu de chose près, ceux normalisés par l'administration des P et T ( 4mW max à l'entrée équivalent total réglé à 0,8 néper, l'équivalent étant la valeur "y<sub>0</sub>" de l'affaiblissement composite (ou d'insertion) dans le cas où l'émetteur et le récepteur sont adaptés à l'impédance caractéristique dans la ligne de transmission qui est considérée comme un quadripôle Q )



( fig 8 )



( fig 9 )

On a par définition :

$$a_c (Z_o, Z_r) = \frac{1}{2} \log_e \frac{P'_e \text{ app}}{P_r \text{ app}} \quad (19)$$

En considérant que la source  $(E, Z_o)$  débite régulièrement dans une impédance  $Z_o$  égale à son impédance interne.  $P'_e \text{ app}$  est la puissance apparente recueillie aux bornes du récepteur.

$$P'_e \text{ app} = \left| \frac{E^2}{4 Z_o} \right| \quad (20)$$

Par ailleurs  $P_r \text{ app} = |Z_r I_r^2| \quad (21)$

$$a_e (Z_o, Z_r) = \frac{1}{2} \log_e \left| \frac{E^2 \cdot 4Z_o}{Z_r I_r^2} \right| \log_e \left| E / 2 \sqrt{Z_o Z_r} I_r \right|$$

or  $I_r = \frac{V_r}{Z_r}$

$$a_e (Z_o, Z_r) = \log_e \left| \sqrt{\frac{Z_r}{Z_o}} \cdot \frac{E}{2 V_r} \right| \quad (22)$$

$q = a_c$  pour  $Z_r = Z_o$

$$q = \log_e \left| E / 2V_r \right| \quad (23)$$

L'équivalent est la notion pratique à laquelle on se réfère dans l'étude des montages téléphoniques.

Il exprime, avec une échelle logarithmique, le rendement en puissance réelle du quadripole fermé sur une résistance pure par rapport à la puissance réelle maximum que peut fournir la source utilisée.

On caractérise en particulier la qualité d'un circuit téléphonique au point de vue du volume du son à son extrémité par son équivalent. L'impédance nominale d'entrée a été adoptée à  $600\Omega$  pour les nouveaux équipements à courants porteurs sur paires symétriques.

b/ Câble anti-inductif (coaxial)

L'équipement à haute fréquence se trouvait en général installé dans le bâtiment de commande d'un poste électrique, la liaison avec les organes de couplage s'effectue à l'aide d'un câble anti-inductif spécial, du type utilisé pour la radio diffusion dont l'impédance caractéristique est de l'ordre de  $100\Omega$  pour les fréquences utilisées.

c/ Adaptateur de ligne

Cet organe placé directement sous le condensateur d'attaque de la ligne permet d'adapter l'impédance du câble à celle de la ligne à haute fréquence.

Il présente également un circuit d'accord ( filtre passe-bande) qui tient compte de la valeur de la capacité d'attaque. Des dispositifs de protection comprenant des limiteurs de tension à 3000 et 600 V, ainsi qu'une bobine de drainage aiguillant vers la terre la composante à 50 Hz du courant traversant le condensateur sont compris dans cet adaptateur. ( la self doit avoir une faible valeur pour pouvoir présenter à faible fréquence (50 Hz) une impédance négligeable qui permette le passage facile du courant à travers la Capa d'attaque )

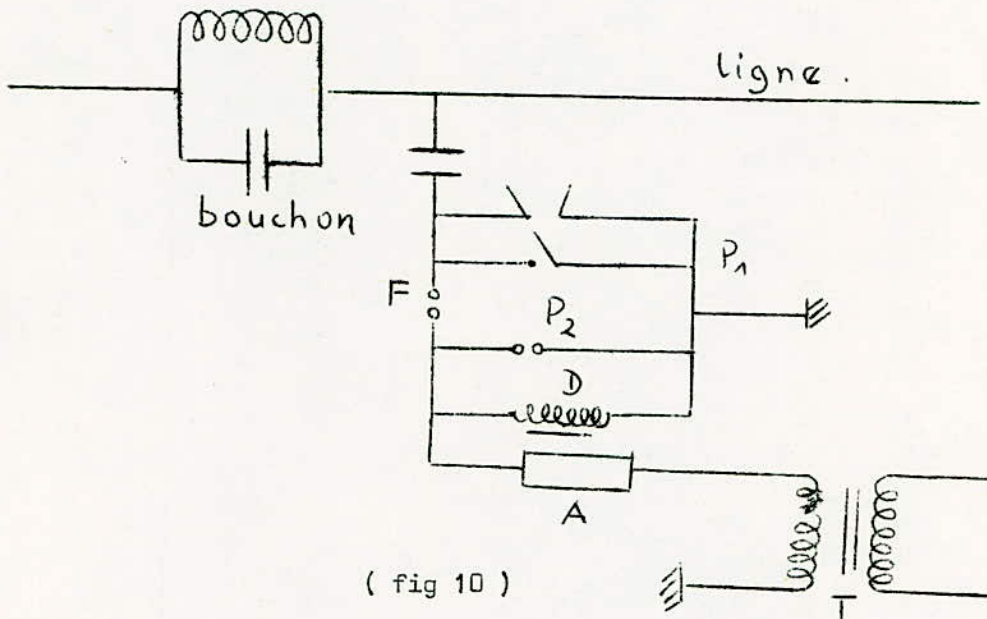
figure 10 où :

- A : système d'accord
- F : Filtre
- P<sub>1</sub> : parafoudre à cornes ( réglé à 3000 V)
- P<sub>2</sub> : parafoudre à rouleaux ( réglé entre 600 et 1000 V)
- D : Bobine de drainage qui shunte les circuits d'accord et permet de les ouvrir.

Z<sub>A</sub> faible à 50 Hz

Z<sub>D</sub> haute aux HF



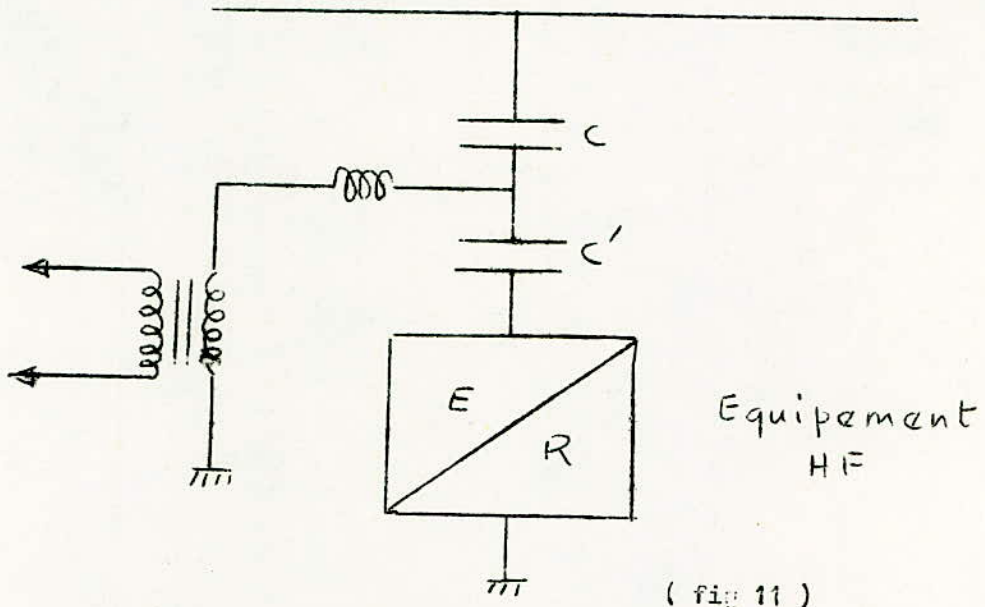


d/ Condensateurs de couplage

Prévus pour une tension de service égale à celle de la ligne, ces condensateurs constituent l'organe de jonction entre l'équipement à haute fréquence et la ligne de transport d'énergie à haute tension. Ils peuvent être réalisés soit au papier sec, soit au papier imprégné d'huile et recouverts d'une chape en porcelaine pour leur refroidissement et leur protection. Ils peuvent être soit du type suspendu, soit du type posé. La valeur de la capacité est en général, comprise entre 0,5 et 10  $\mu\text{F}$ .  $\text{tg } \delta = \frac{G}{\omega C}$  doit rester inférieure à 0,2 aux HF d'emploi. ( une capacité  $\delta$  apparaît entre l'armature BT du condensateur et la terre . Elle doit être prise en considération , Voir Figure 11 )

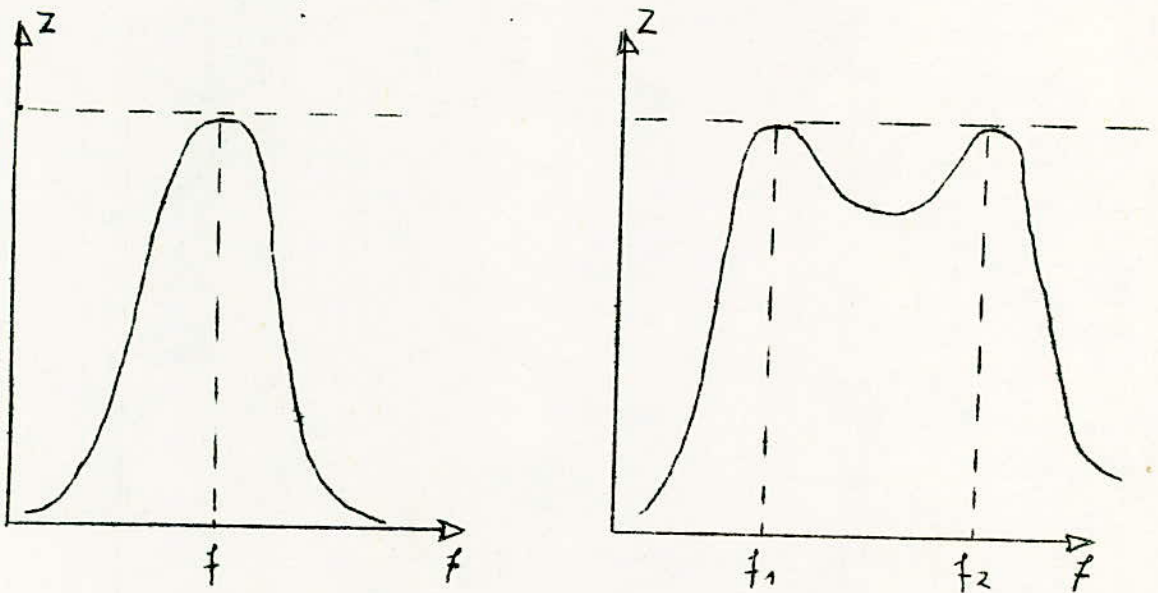
e/ Circuit bouchon

Afin de canaliser les ondes à haute fréquence vers les équipements émetteurs-récepteurs, il est nécessaire de prévoir des organes présentant une très forte impédance au courant à HF ( de l'ordre de 100 k .. à 100 kHz ) et impédance négligeable pour les courants de fréquence industrielle pour éviter les pertes par dérivation et les mélanges par diaphonie. Un tel circuit se compose en gl d'un primaire accordé, soit directement, soit à l'aide d'un circuit secondaire. Il sert donc à délimiter le circuit exact utilisé par la voie à haute fréquence.



Les circuits bouchons de ligne sont suspendus ou posés. Ils sont placés en série sur les fils de ligne.

On peut avoir assez facilement des circuits bouchons ( ou anti-résonnants ) à 2 fréquences. Mais on préfère n'employer que des circuits à une seule fréquence d'anti-résonnance. ( fig 12 )



(fig 12)

Varia tion de l'impédance du circuit bouchon  
en fonction de la fréquence

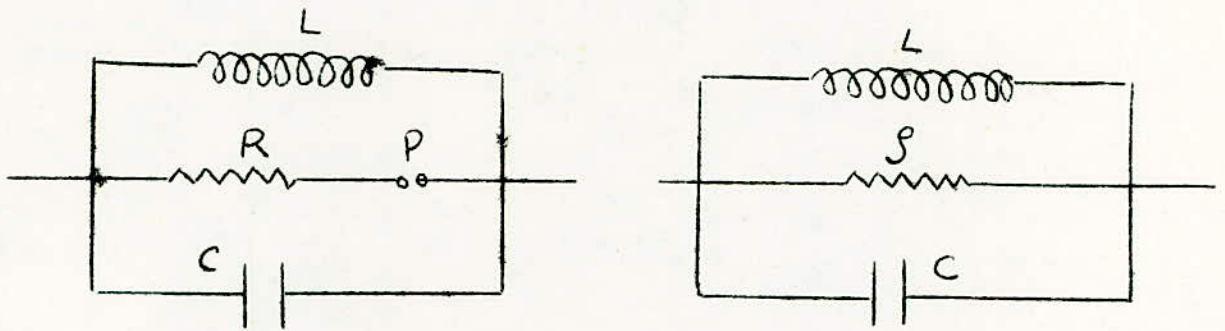


Schéma d'un circuit bouchon

Circuit équivalent à f circuit bouchon

( fig 13 )

L = 125 u H supporte des courants nominaux de 320 A en cas de court circuit peut supporter des courants 20 fois plus élevés.

C = en micas, essayé à 6000 V à 50 Hz

P = parafoudre-éclaircur réglé à 50 Hz entre 600 et 3000 V  
à la fréquence anti résonance on a

$$Z_f = \frac{\rho}{1 + j Qx} = \rho \frac{1 - j Qx}{1 + Q^2 x^2} \quad (24)$$

Q = Qualité du bouchon réel =  $\frac{\rho}{L\omega_0} \approx 150$

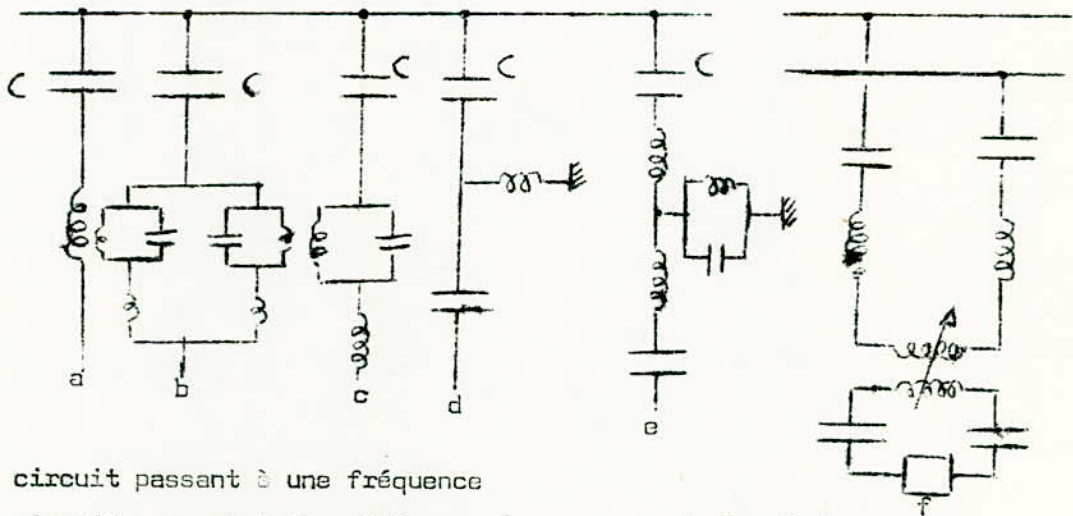
x = Coefficient de désaccord =  $\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$

On peut résumer dans un tableau les variations de Z en fonction des différentes fréquences.

$f_0$ (kHz)	$L\omega_0$ ( $\Omega$ )	$Z_{f_0} = \rho$ ( $\Omega$ )	$Z(f_0 \pm 1,5)$ ( $\Omega$ )	$Z(f_0 \pm 3)$ ( $\Omega$ )	$Q_0$
50	39,25	5887,5	$71 \pm 646j$	$19 \pm 334j$	150
100	78,5	11778	$554,4 \pm 2494j$	$143 \pm 1292j$	150
200	157,00	23560	$2888 \pm 8748j$	$1108 \pm 4989j$	150
300	235,5	35340	$10874 \pm 16311j$	$3534 \pm 10602j$	150

f/ circuits d'accord.

Le transfert d'énergie à HF est facilité par annulation de la composante réactive de l'impédance des composantes au moyen des circuits série d'accord (ou de compensation) pour les capacités  $< 2$  muf et pour les capacités plus élevées en les incorporant dans des filtres passe haut ou passe bas. Pour une seule fréquence, l'affaiblissement introduit par un filtre ou un circuit passant est d'environ 0,5 dB, pour deux fréquences, l'affaiblissement est de 1 dB. Ces circuits sont disposés dans une boîte dite : "boîte d'accord" à proximité des condensateurs.



- a = circuit passant à une fréquence
- b = circuit passant à deux fréquences
- d = filtre passe haut
- e, f = filtre passe bande

( fig 14 )

g/ Ligne à haute tension.

C'est le milieu de transmission de l'onde à haute fréquence. Toutes les précautions doivent être prises de façon à "boucher" les extrémités et les dériviatiions aux ondes à haute fréquence, car la ligne a une fréquence de résonance propre, et les dériviatiions, même très courtes, non bouchées, peuvent fort bien se comporter comme un court-circuit vis à vis de la haute fréquence.

A titre d'exemple, l'impédance d'entrée d'une dérivation ouverte de longueur  $l = 100$  km et  $f = 120$  kHz et  $Z_c$  impédance caractéristique de la ligne.

$$Z_0 = -j \frac{Z_c}{\operatorname{tg} \frac{2\pi f l}{c}} \quad (25)$$

au court-circuit à la dérivation :  $Z_0 = 0$

$$\operatorname{tg} \frac{2\pi f l}{c} \rightarrow \infty \quad \Leftrightarrow \quad \operatorname{cotg} \frac{2\pi f l}{c} \rightarrow 0$$

$$\frac{2\pi f l}{c} \rightarrow \left( \frac{\pi}{2} + k\pi \right) = \pi \left( k + \frac{1}{2} \right)$$

$$\frac{f l}{c} = k + \frac{1}{2}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$f = 120 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$l = \frac{c}{f} \left( k + \frac{1}{2} \right) \quad (26)$$

$$l = 1,25 \text{ km} ; 3,75 \text{ km} ; 6,25 \text{ km etc...}$$

l'affaiblissement propre de la ligne dépend de la HF. (effet pelliculaire) et de la longueur de la ligne.

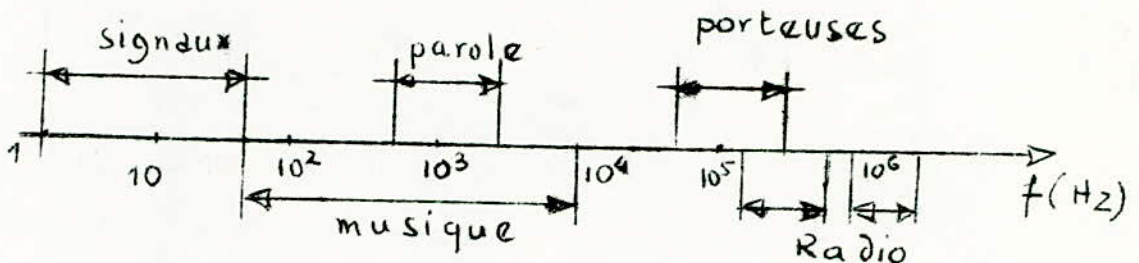
Ainsi à la fréquence de 120 kHz, l'affaiblissement est de l'ordre de 1 néper.

2°/ REALISATION D'UNE LIAISON

a/ choix de la fréquence

les fréquences qui sont utilisées en Télécommunications à haute fréquence sont comprises entre 50 et 300 kHz; à quelques bandes près, réservées par les services de la radiodiffusion.

Les fréquences de 50 à 90 kHz sont, en général, réservées aux liaisons de télémesures ; celles de 90 à 300 kHz, aux liaisons téléphoniques.



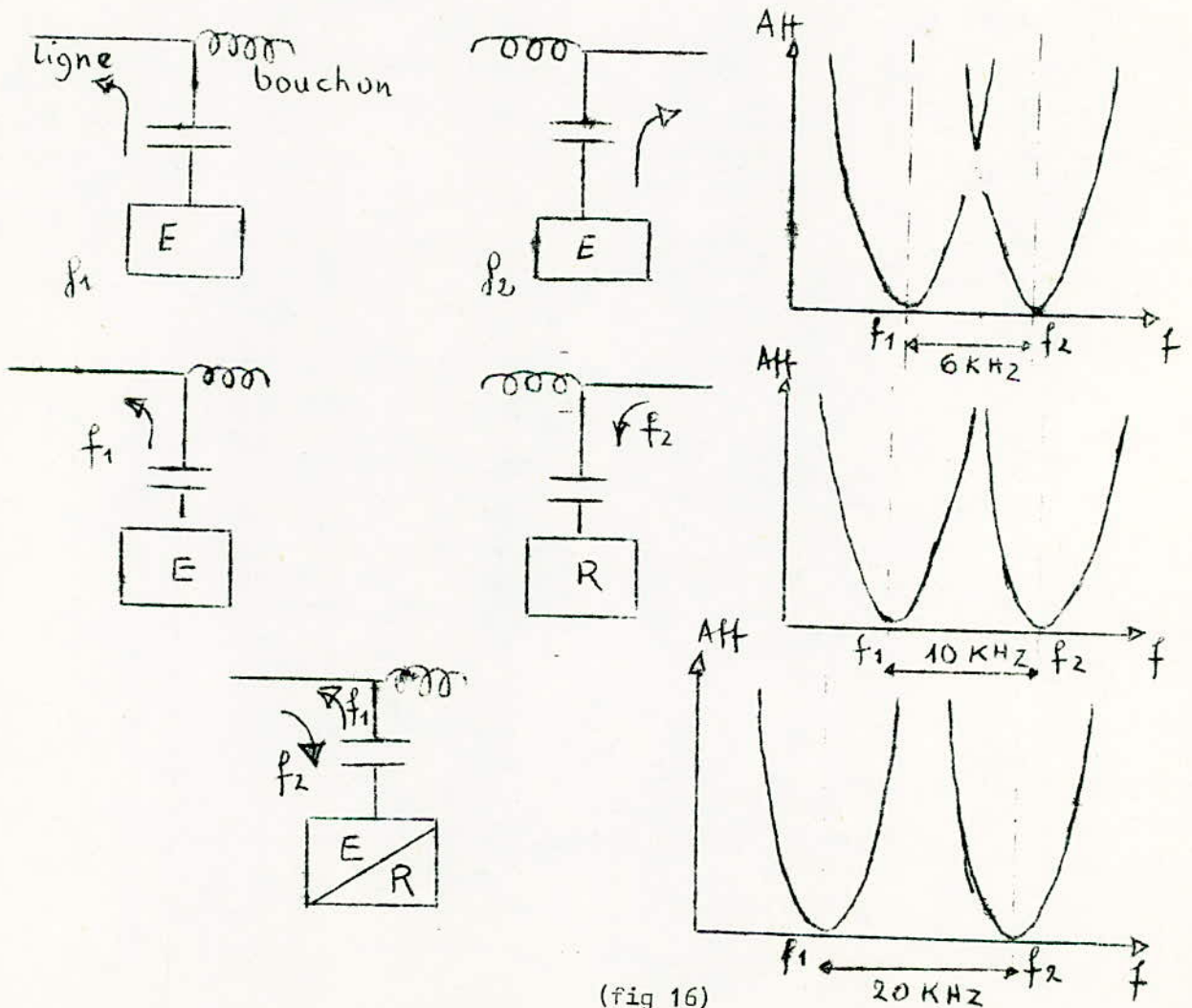
( fig 15 )

La fréquence de l'émetteur étant choisie, on peut admettre, une variation de fréquence de l'ordre de 100 Hz de part et d'autre de la fréquence de l'onde porteuse. Ce qui donne la précision de 8 % environ pour une porteuse de 120 kHz. Cette précision est d'ailleurs facilement atteinte pour les montages normaux. Cependant on tend de plus en plus à utiliser des stabilisateurs au quartz, donnant parfois une précision au millionième. Une précision correspondante est recherchée dans les récepteurs dont les filtres doivent présenter des courbes d'affaiblissement très prononcées ( 40 dB à 6 kHz de part et d'autre de l'onde porteuse ).

La sensibilité du récepteur est prévue de façon à pouvoir établir une liaison avec un affaiblissement total de 60 dB entre l'émetteur et le récepteur. Il est évident que cette considération est théorique, car la qualité d'une liaison est déterminée par le rapport du signal au bruit à la réception. Or le niveau de bruit dû aux ondes parasites en ligne ne peut être réduit. A titre indicatif, l'affaiblissement d'une ligne en cas de couplage entre phase et terre, étant de 0,1 à 0,2 dB/km, la limite inférieure du rapport signal au bruit ne devrait pas être de moins de 25 dB.

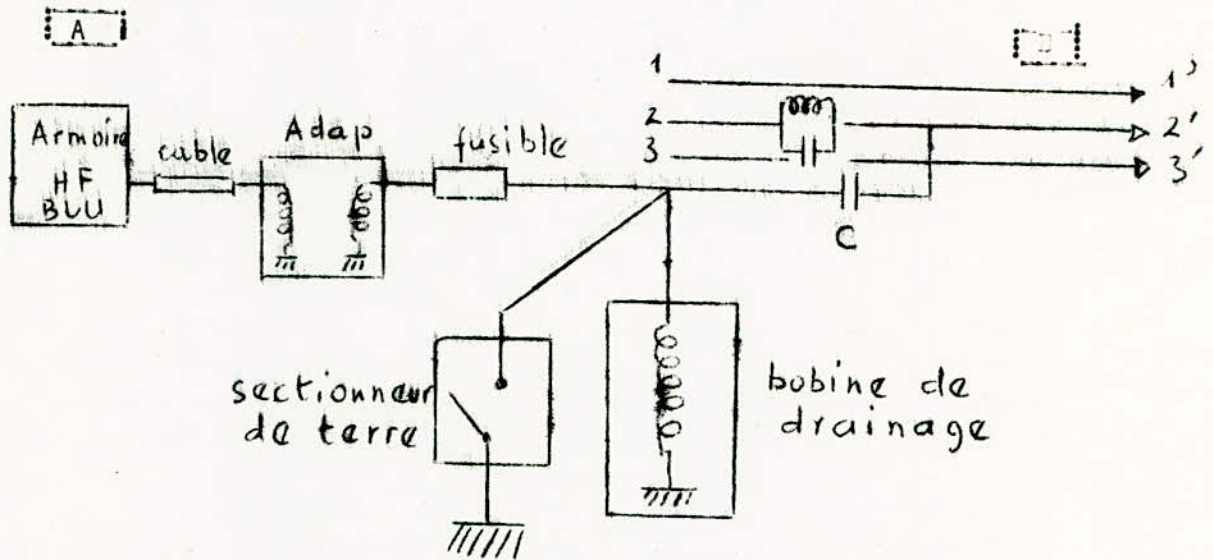
D'autre part; pour éviter des interférences et des transpositions parasites dans le cas où on dispose de 2 émetteurs voisins, dans un même poste électrique leurs fréquences doivent différer d'au moins 6 kHz. Cette marge est également pour deux récepteurs voisins.

Les fréquences d'un émetteur et d'un récepteur d'une même liaison doivent différer d'au moins 20 kHz.



(fig 16)

Donc en résumé, si on veut établir une liaison entre deux postes A et B distants d'une longueur  $l$ , on doit avoir les éléments suivants :



( fig 17 )

b/ Après la définition des fréquences et pour que la liaison soit complètement déterminée, du moins pour les caractéristiques de fonctionnement, on doit indiquer les niveaux d'émission, de réception ainsi que les puissances correspondantes.

En général, le niveau à l'émission correspond au niveau standardisé P et T c'est-à-dire le niveau 0 qui correspond à 0,775 V sous une impédance de  $600 \Omega$ . Pour ce qui est de la réception, le niveau est en général de 0,350 V qui correspond à -7dB.

Quant aux puissances, elles sont de l'ordre de 20 Watts à l'émission pour une liaison de 100 km.

### c/ liaisons multipostes

- croisement d'onde : dans le cas où les liaisons ne sont pas constituées par deux postes seulement, on réalise des liaisons dites "à croisement d'ondes".

Lorsqu'on a deux postes A et B, l'un des postes ( A par ex ) émet sur une fréquence  $f_1$  sur laquelle est réglé le récepteur de l'autre poste (B) ; tandis que ce dernier émet sur une fréquence  $f_2$  sur laquelle est réglé le récepteur de A.

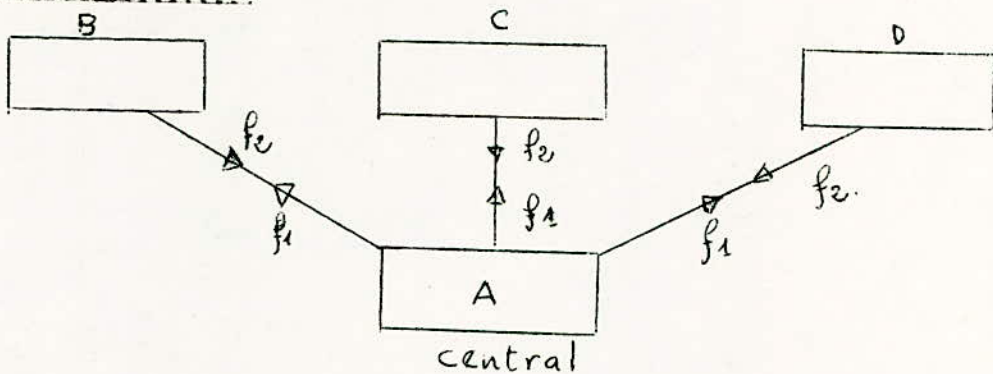


Dans le cas d'une liaison à trois postes ou plus, devant seulement utiliser deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$  ( la bande des fréquences étant assez chargée ), chaque poste a son émetteur réglé sur  $f_1$  et un autre sur  $f_2$  et de même pour les récepteurs. Au repos, tous les récepteurs sont branchés sur la fréquence  $f_1$  dite "fréquence d'appel" et tous les émetteurs sur  $f_2$ . lorsque l'un des postes appelle il commute son émetteur sur la fréquence  $f_1$ . Ce poste peut donc appeler l'un quelconque des autres postes dans lesquels les émetteurs et les récepteurs sont bloqués sur leur fréquence de repos.

Si, par exemple, le poste D appelle, il peut communiquer avec l'un des autres postes par un système d'appel sélectif, les autres restant bloqués.

Ce dispositif est utilisé dans le cas de trois postes. Pour plus, son utilisation est très rare car il se prête mal à la transmission simultanée de plusieurs signaux. ( fig 19 )

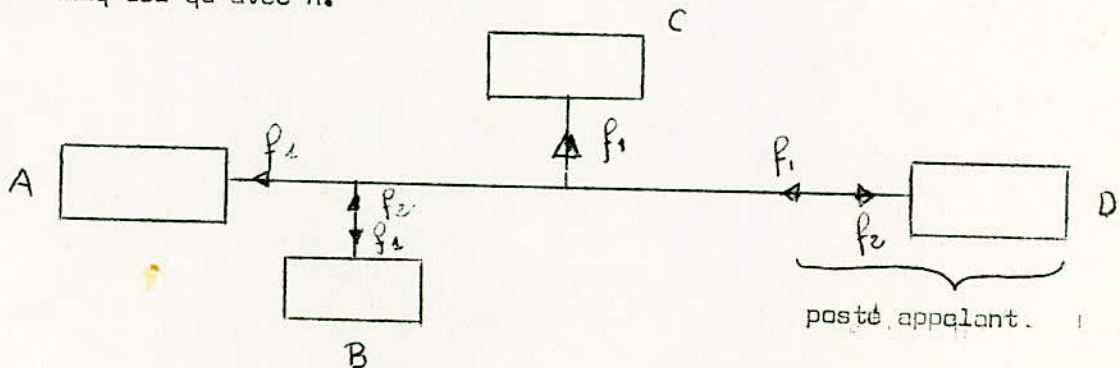
- groupement en étoile



( fig 18 )

Les fréquences d'émission et de réception au poste A sont  $f_1$  et  $f_2$ , tandis que celles de B,C,D sont  $f_2$  et  $f_1$ .

A peut communiquer avec tous les postes, mais chacun de ceux-ci ne peut communiquer qu'avec A.



( fig 19 )

### 3) LES DIVERS TYPES DE LIAISONS

Nous avons déjà vu la liaison à bande latérale unique et nous avons vu également que ce mode de liaison est le plus utilisé car il a pour effet d'accroître la portée ( la puissance à l'émission est concentrée sur une seule bande ), de réduire la largeur de la bande passante, ce qui permet une meilleure répartition des fréquences allouées et de diminuer les parasites. ( le rapport signal/bruit va riant comme la racine carrée de la largeur de la bande passante ).

Pour ce qui est des autres liaisons, elles sont peu utilisées sauf sur certaines lignes, on peut avoir 2 sortes de liaison.

#### a/ liaison mono-ondes

L'émetteur et le récepteur sont accordés sur la même fréquence, on peut mettre en action l'un ou l'autre soit manuellement, soit par commande à voix. Le blocage de l'émetteur local se fait à la réception d'un signal.

#### b/ Liaison bi-ondes à modulation d'amplitude

Dans ce cas, l'émission doit avoir lieu en permanence, l'appel se faisant par un signal BF qui la modulerait.

La puissance d'émission modulée est de 5 à 10 W.

Ces équipements comportent des émetteurs stabilisés au quartz.

4°/ LE CAV ET LA SYNCHRONISATION

A l'émission, on envoie en A un signal pilote dont la fréquence est celle de la porteuse intermédiaire (8 kHz). Elle est appelée fréquence 0. Ce signal est envoyé en permanence dans la liaison (fig 20 a). A la sortie HF en réception, on "détecte" ce signal (qui a été obtenu par un oscillateur à quartz) pour le comparer au signal du pilote de réceptions (8 kHz).

Par cet artifice on fait un contrôle de la continuité de la liaison (sa coupure étant signalée par l'allumage de la lampe pilote qui indique l'absence de la fréquence 0). On a donc réalisé une synchronisation entre l'émission et la réception.

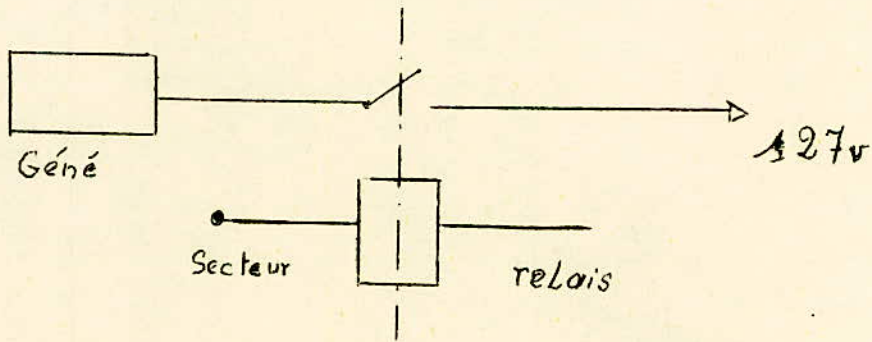
Le schéma 20<sub>b</sub> indique le circuit de cette synchronisation dans le cas où on utilise les mêmes pilotes à l'émission et à la réception. En fait ce schéma synoptique simple n'est valable que dans le cas où on a des bandes accolées

Dans le cas où les bandes ne sont pas accolées et pour la réception, on peut avoir une modulation intermédiaire à 20 kHz.

5°/ ALIMENTATION DES POSTES HF

Dans des services de haute importance, on peut avoir plusieurs équipements HF groupés dans une seule enceinte, généralement une grande salle, appelée salle HF.

L'alimentation des différents équipements se fait à 127 V alternatif. En cas de panne du secteur, l'alimentation est assurée par des commutatrices de 1 kVA (pour les liaisons de moyenne importance) et des groupes (bonnier de 12 kVA pour les liaisons à plus grande importance) (fig 22) Ces générations sont reliées à des relais à mercure qui basculent dès coupure de l'Alimentation secteur.



( fig 21 )

De même, on prévoit une alimentation continue par batteries installées dans une pièce avoisinante ; où on ménage un système d'aération qui permet d'évacuer les gaz toxiques.

Pour les nouveaux équipements transistorisés, l'alimentation est assurée par des batteries de 48 v continu ( matériel SECRE pour la liaison KHROUB-BATNA ).

# EMISSION

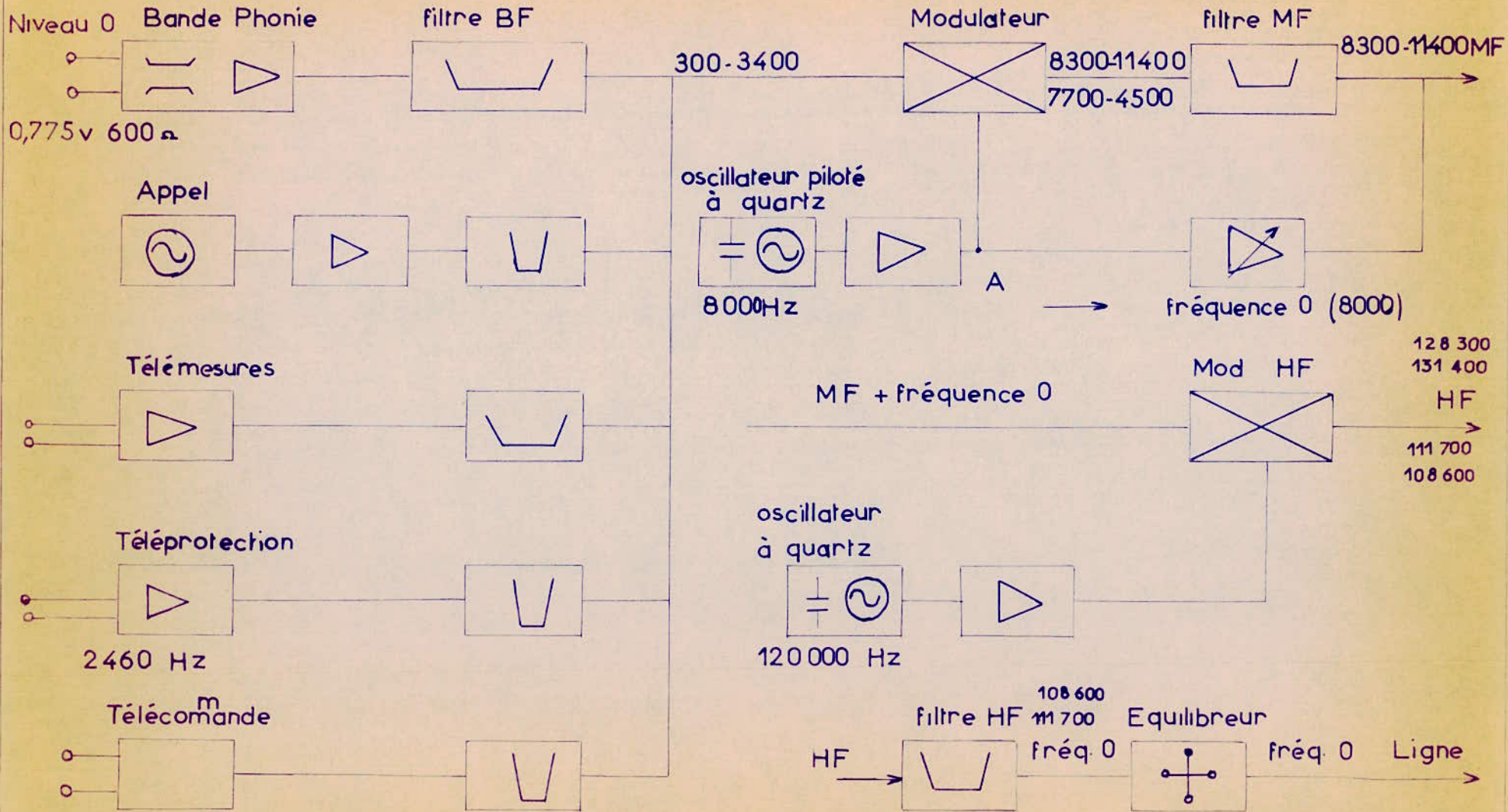


fig 20 a

# RECEPTION

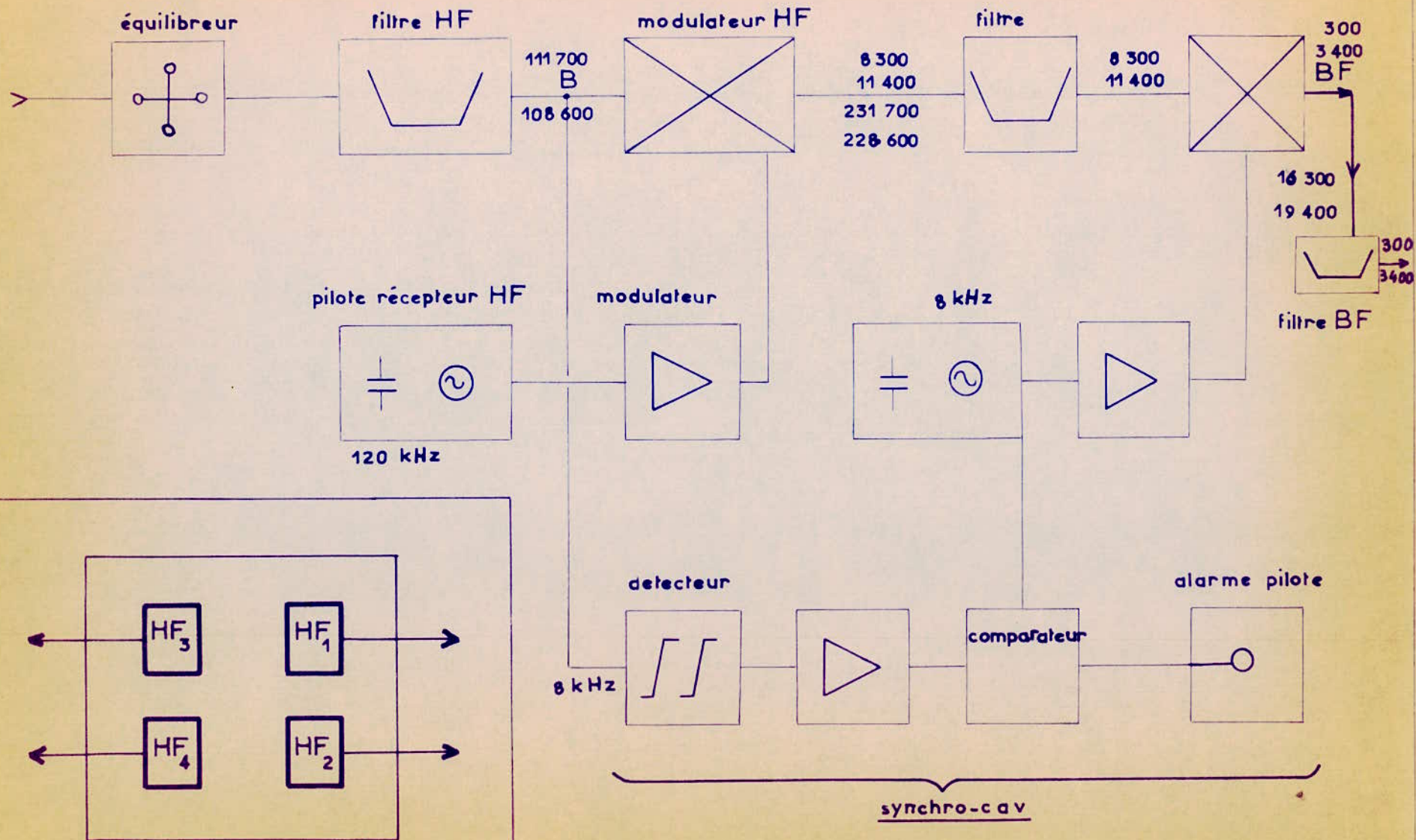


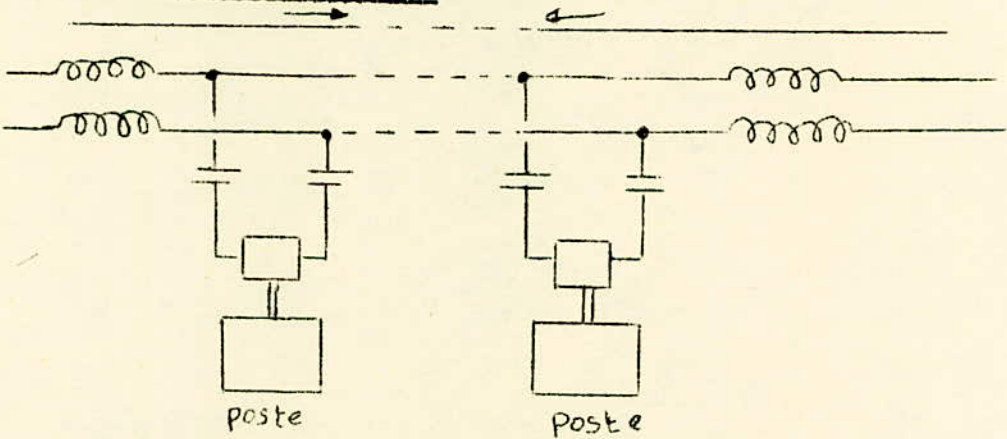
Fig. 22

Fig. 20 b

IV - LES COUPLAGES

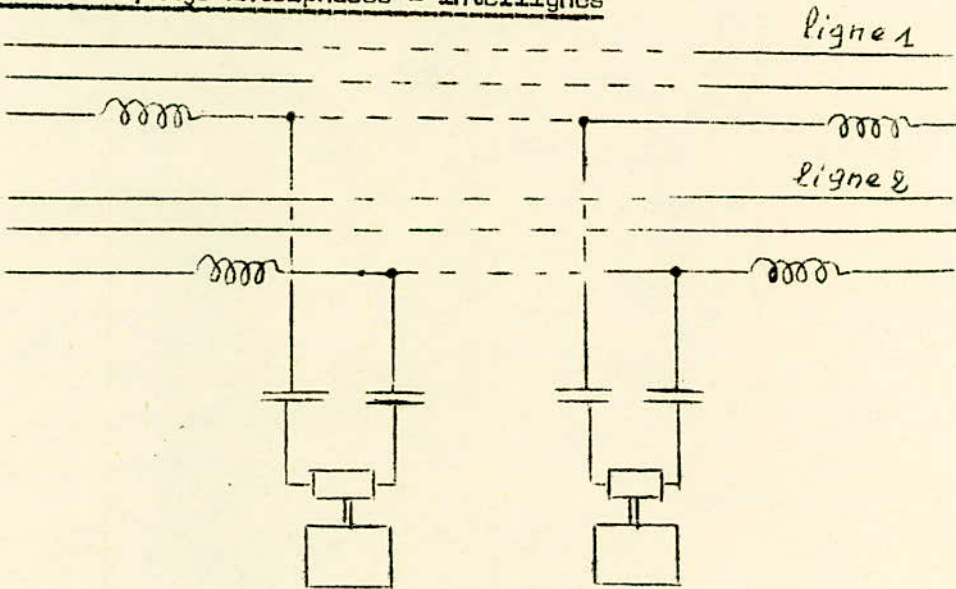
Les équipements à haute fréquence peuvent être raccordés de trois façons différentes à la ligne de transport d'énergie à haute tension.

1- Par couplage interphases



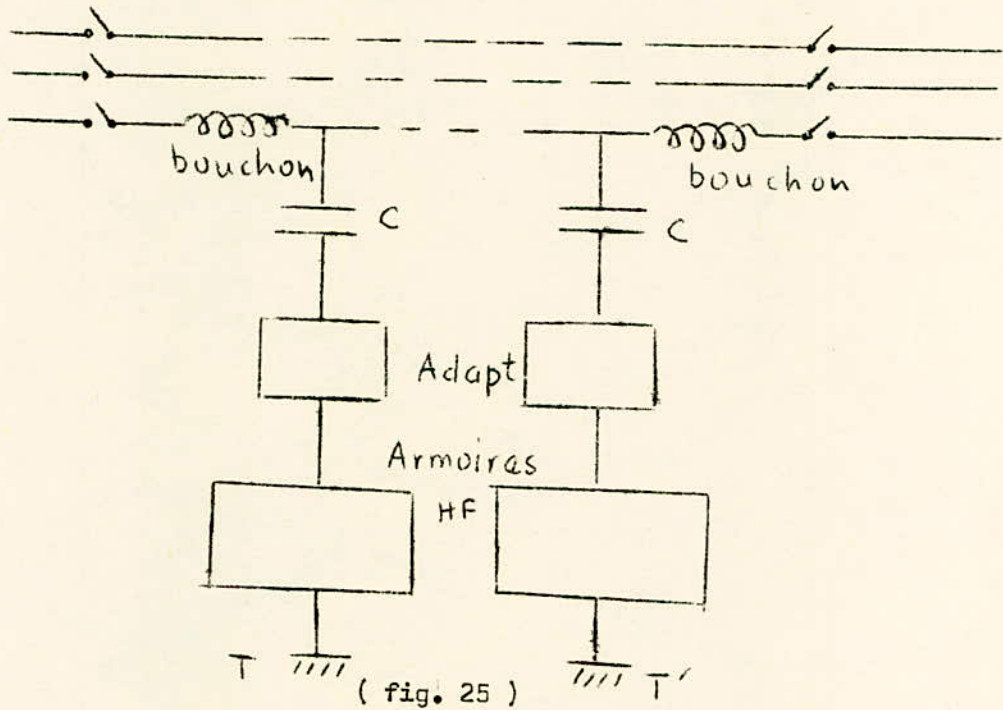
( fig. 23 )

2- Par couplage interphases - interlignes



( fig. 24 )

3- Par couplage entre phase et terre



Les considérations qui guident le choix de l'un ou l'autre de ces trois modes de couplage sont globalement :

- d'une part, d'ordre de sécurité de fonctionnement,
- d'autre part, d'ordre économique.

Nous dirons tout de suite que c'est le troisième mode de couplage qui est le plus utilisé.

En effet il présente un avantage certain du point de vue économique en ce sens que les organes de liaison, couplage, adaptation et équilibrage sont réduits.

De plus, comme nous le verrons par la suite, la résistance du sol aux M F utilisés, est très grande ce qui permet d'isoler efficacement les Terres T et T' par les quelles se ferment apparemment les circuits des postes P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>.

Ce qui revient à avoir effectué un circuit bifilaire de transmission, facile à étudier.

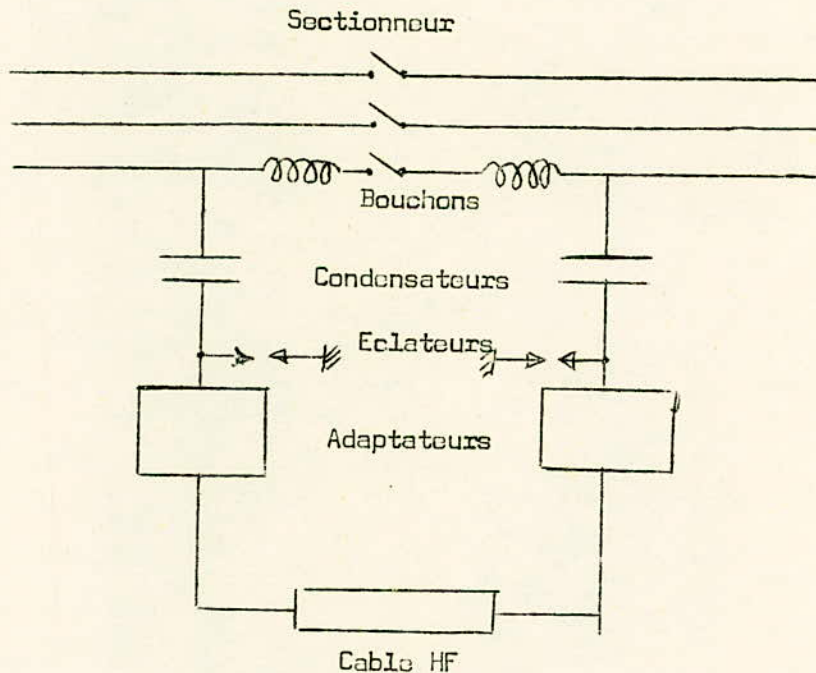


Mais l'affaiblissement augmente du fait des pertes d'extrémités supplémentaires qui apparaissent. Elles sont dues au trajet par le sol, au transport d'énergie. On a également des fuites dans les fils qui ne sont pas munis de bouchons.

L'avantage que présente le couplage interphases est plutôt d'ordre de sécurité de fonctionnement, car même en cas de rupture d'un fil de ligne la communication reste assurée. Par contre, le matériel de couplage et de ligne, relativement onéreux, est doublé.

Nous ne parlons pas du couplage interlignes car il est très peu ou pas du tout utilisé.

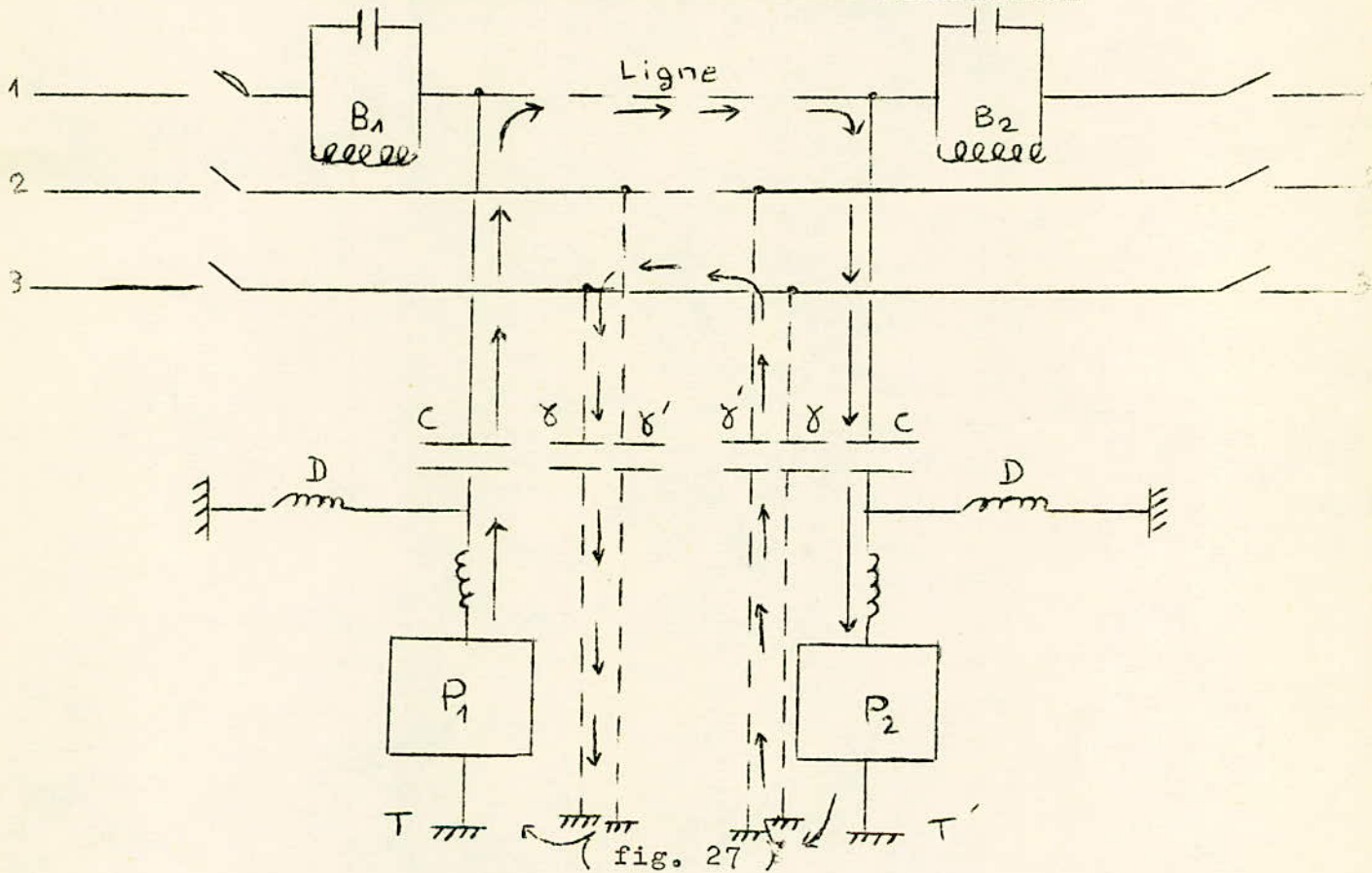
Une fois qu'on a établi une liaison entre deux points, par couplage phase-terre, par exemple, il peut se trouver en cours de route des points de sectionnement ou des dérivations. Comme la communication devra être établie quel que soit l'état de la ligne (sectionneurs ouverts ou fermés) il est nécessaire de ménager un passage aux courants de haute fréquence, d'où la création de ponts à haute fréquence. ( fig. 26 ).



( fig. 26 )

Pont à haute fréquence

Etude de la liaison en couplage phase-Terre



L'émetteur et le récepteur sont connectés par les mêmes organes auxiliaires déjà définis entre le fil 11' et la Terre. Du fait de l'existence des capacités parasites  $\gamma$  et  $\gamma'$  entre les phases T et T' ( la résistance du sol étant grande aux fréquences utilisées) le circuit se forme comme indiqué sur le schéma. ON peut alors considérer que le circuit effectif de transmission est un circuit unifilaire. En effet on peut considérer les capacités  $\gamma$  et  $\gamma'$  comme équivalentes et on peut prendre comme capa-

cité  $\gamma_1$  la somme des capacités  $\gamma$  et  $\gamma'$  côté  $P_1$ , et  $\gamma_2$  la somme des capacités  $\gamma$  et  $\gamma'$  côté  $P_2$ , on peut donc considérer que l'affaiblissement total de cette liaison est

$$A_c = A_f + 2P_a + A' \quad (27)$$

$A_f$  : affaiblissement du circuit trifilaire.

$P_a$  : pertes de transmission dues aux circuits <sup>d'accord</sup> condensateurs d'attaque, drainage, bouchons, elles sont évaluées à 2 dB, ce qui donne 4 dB pour  $2P_a$ .

$A'$  : pertes d'extrémité dues au trajet par le sol, au transfert d'énergie et aux fuites par les fils 22' et 33' qui ne sont pas munis de bouchons.

On peut considérer pratiquement que  $A' = A_f / 10$  pour une ligne de 100 km.

La détermination de  $A'$  se déduit des conditions d'essai, des caractéristiques de lignes et de celles des fils de terre.

On indiquera par la suite comment on parvient à la valeur de  $A'$  connaissant justement ces caractéristiques.

#### Détermination de $A'$

Si on considère

$V_A, V_B, V_C$  les chutes de tension le long des fils 11', 22', 33' et

$I_A, I_B, I_C$  les courants qui y circulent, on peut écrire

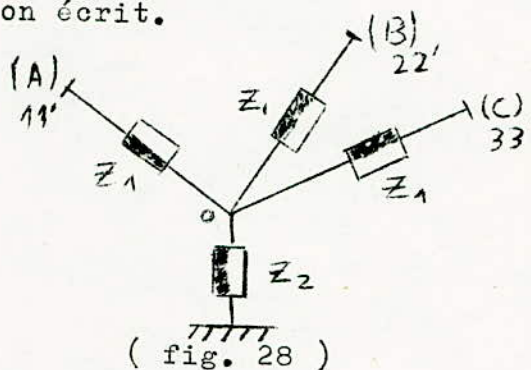
$$U_H = \frac{V_A + V_B + V_C}{3} \quad (28)$$

et 
$$I_H = I_A + I_B + I_C \quad (29)$$

$U_H$  et  $I_H$  étant la tension et le courant homopolaire définis comme suit: si l'on **intercale** un générateur (émetteur) entre la terre et les trois fils de la ligne réunis en parallèle, un conducteur équivalent peut être substitué à ces trois fils,

la propagation homopolaire s'effectuera donc comme entre un fil et un sol imparfaitement conducteur. L'impédance caractéristique étant  $Z_H$  et la constante de propagation  $p_H$  on pourra définir sur ce conducteur la différence de potentiel  $U_H$  et le courant  $I_H$ .

On pourra par suite définir une étoile d'impédances à quatre branches et on écrit.



$$\left. \begin{aligned} OA = OB = OC = Z_1 = Z_f \text{ (impédance d'un fil)} \\ OT = Z_2 = Z_H - Z_f/3 \end{aligned} \right\} ( 30 )$$

Si  $p_f$  est la constante de propagation sur 1 fil quelconque les équations de propagation sur la ligne donnent en un point M distant de x de l'origine pour la tension et le courant sur le fil 11'

$$\left. \begin{aligned} v_A &= U_H \exp(-p_H x) + (V_A - U_H) \exp(-p_f x) \\ i_A &= \frac{I_H}{3} \exp(-p_H x) + (I_A - \frac{I_H}{3}) \exp(-p_f x) \end{aligned} \right\} ( 31 )$$

Dans notre cas nous avons vu que le circuit effectif de transmission est une ligne unifilaire

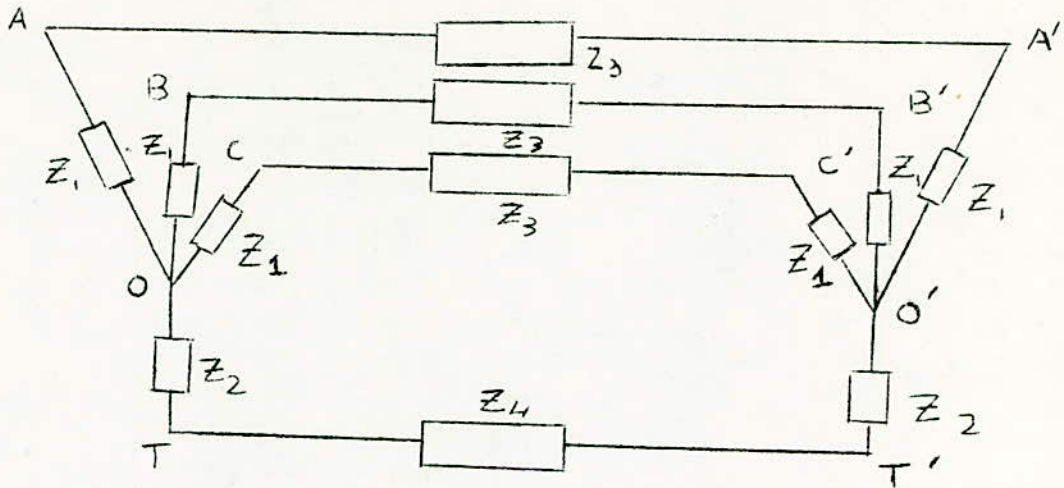
où  $I_B = I_C = - I_A/2$

et  $V_B = V_C = - V_A/2$

les calculs donnent alors

$$\left. \begin{aligned} v_A &= V_A \exp(-p_f x) \\ i_A &= I_A \exp(-p_f x) \end{aligned} \right\} ( 32 )$$

on a alors le schéma des impédances suivants :



( fig. 29 )

Ce réseau en est équivalent à un tronçon de longueur  $x$  caractérisé par les impédances et les exposants de propagation suivants :

$$Z_H \quad , \quad P_H = p_H x$$

$$Z_{2f} \quad , \quad P_f = p_f x$$

l'impédance de AA' est donc  $Z_3 = Z_f \operatorname{sh} P_f$  ,

l'impédance de BB' est donc  $Z_3 = Z_f \operatorname{sh} P_f$  ,

l'impédance de CC' est donc  $Z_3 = Z_f \operatorname{sh} P_f$  ,

par ailleurs on a

$$\left. \begin{aligned} Z_1 = OA = OB = OC = A'O' = B'O' = C'O' &= Z_f \frac{1}{\operatorname{th}(P_f/2)} \\ \text{et } Z_2 = OT = O'T' &= \frac{Z_H}{\operatorname{th}(P_H/2)} = \frac{1}{3} \frac{Z_f}{\operatorname{th}(P_f/2)} \\ Z_4 = TT' = Z_H &= Z_H \operatorname{sh} P_H - \frac{1}{3} Z_f \operatorname{sh} P_f \end{aligned} \right\} ( 33 )$$

$$\text{or } ( P_H/2 ) \rightarrow \infty \quad , \quad \operatorname{th}(P_H/2) \rightarrow 1 \quad ( 34 )$$

Ce qui donne

$$\left. \begin{aligned} Z_2 = Z_H - \frac{Z_f}{3} \frac{1}{\operatorname{th}(P_f/2)} \end{aligned} \right\} ( 35 )$$

or on sait que  $P_f = A_f + jB_f$

avec  $A_f = a_f x$  ,  $B_f = b_f x$   
 affaiblissement de la ligne      angle de la ligne

Dans le cas où la ligne est normale, on obtiendrait donc

$$\begin{aligned} Z_3 &= Z_f \operatorname{sh} P_f \\ Z_1 &= Z_f \frac{1}{\operatorname{th}(P_f/2)} \\ Z_2 &= Z_H - (Z_f/3) \frac{1}{\operatorname{th}(P_f/2)} \end{aligned} \quad (36)$$

On peut consigner les valeurs des différentes impédances dans un tableau en fonction de  $Z_f$  et  $P_f$ , or  $P_f$  est fonction de  $A_f$  et  $B_f$ . Comme  $Z_f$  et  $A_f$  sont des caractéristiques de la ligne, on aura finalement les différentes impédances en fonction de  $B_f$ .

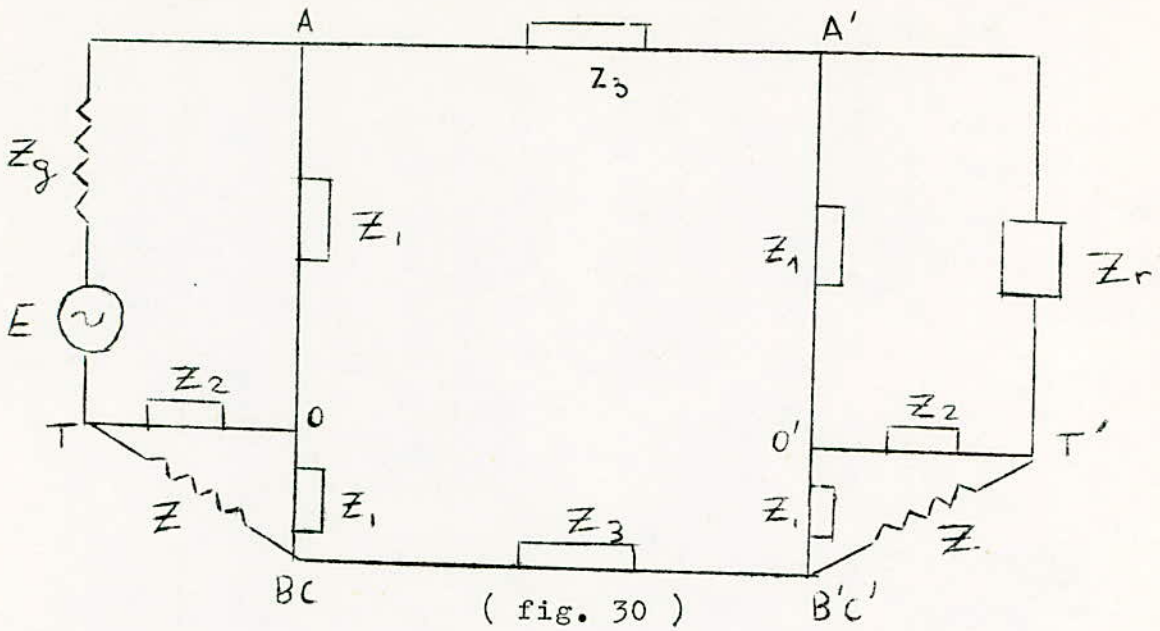
Si on prend par exemple :

$$\begin{aligned} Z_f &= 400 \Omega \\ l &= 100 \text{ km} \\ a_f &= 0,005 \text{ n/km} & A_f &= a_f l = 0,5 \text{ n} \end{aligned}$$

On aura :

$B_f$ (rd)	$Z_3$ ( $\Omega$ )	$Z_1$ ( $\Omega$ )	$Z_2$ ( $\Omega$ )
$K\pi$	208,4	1632,6	-344,2
$(2K+1)\frac{\pi}{2}$	451j	184,9 - 354j	138,3 + 118,2j

Pour le calcul de l'affaiblissement, on considère l'émetteur branché entre A et T, le récepteur entre A' et T' suivant la figure suivante. ( Les points B, C et T d'une part, B', C' et T' d'autre part, sont réunis par une impédance Z qui est infinie si la ligne est ouverte à ses 2 extrémités, nulle si celle ci est à la terre à ses 2 extrémités, et a une valeur bien déterminée en fonctionnement normal ).



Ici, les variations de l'affaiblissement  $A'$  avec le déphasage  $B_f$  se traduisent, pour une transmission téléphonique en modulation BLU p des oscillations dans la courbe des composantes audibles reçues.

En fait la différence de phase entre le courant d'entrée et de sortie n'est plus, pour une fréquence donnée,\* cela est dû aux différentes réflexions inhérentes à des adaptations défectueuses ou mal réglées. Les temps de propagation sont altérés pour les diverses fréquences de sorte que la transmission est affectée par des conditions incorrectes.

Le tableau précédent, et les calculs de l'affaiblissement composite à l'émission donnent les résultats suivants pour les trois cas de fonctionnement.

On sait par définition que d'après l'équation ( 22 )

$$A_c = \log \frac{E}{2V_r} + \log \sqrt{\frac{Z_r}{Z_g}}$$

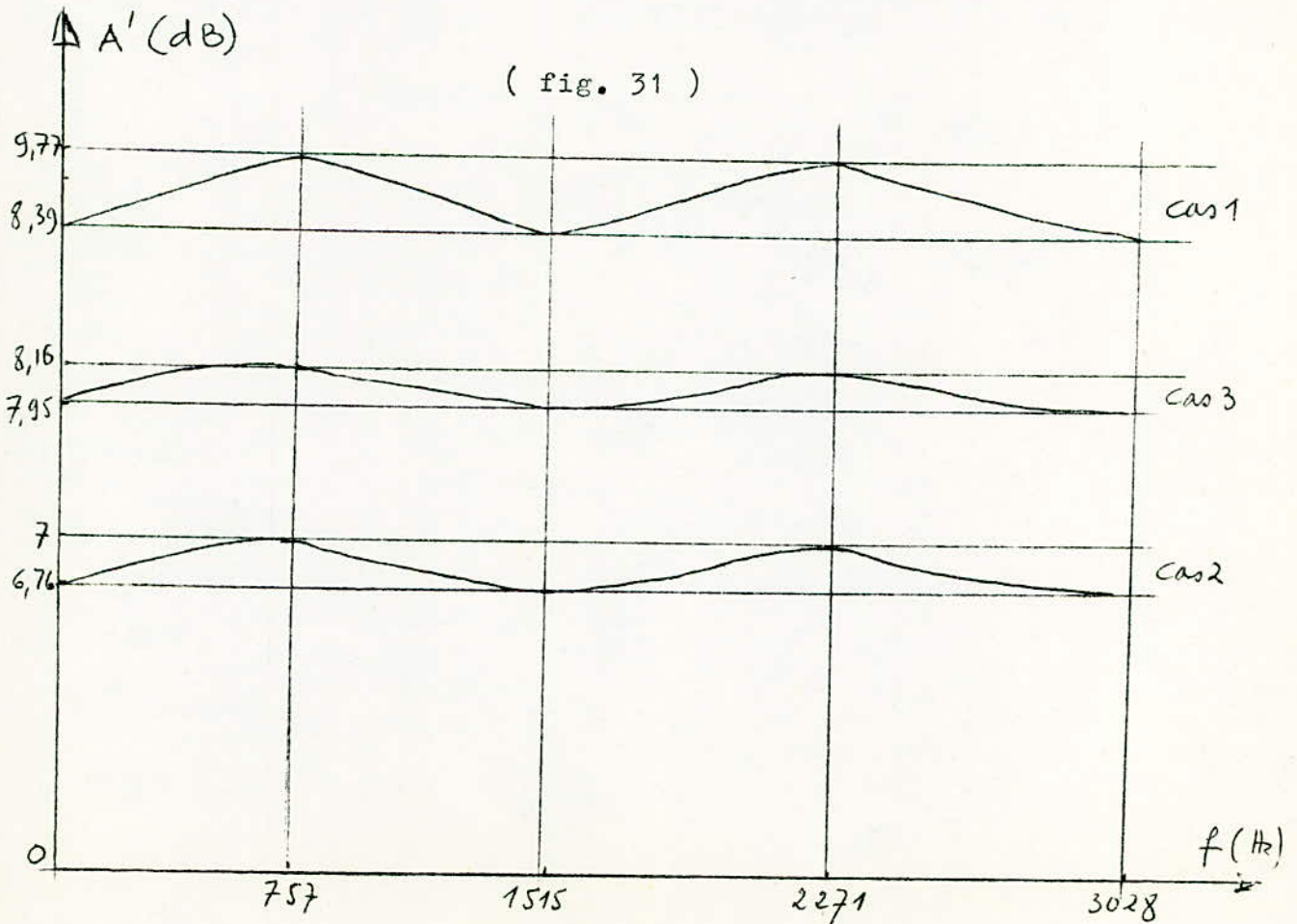
avec 
$$V_r = V_A - V_O = E \frac{Z_1}{Z_g + Z_1 + Z_2}$$

$$Z_{app} = Z_1 + Z_2$$

on considère  $Z_{app} = Z_g$  pour qu'il y ait adaptation.

\* celle qui correspond à l'exposant de déphasage  $B_f$

LIGNE	Cas 1		Cas 2		Cas 3	
	OUVERTE		A LA TERRE		FONCTION NORM.	
$Z_g = Z_r$ ( $\Omega$ )	307		450		151	
$B_f$ (rd)	$K\pi$	$(2K+1)\frac{\pi}{2}$	$K\pi$	$(2K+1)\frac{\pi}{2}$	$K\pi$	$(2K+1)\frac{\pi}{2}$
$Z_{app}$ ( $\Omega$ )	566	393	390	507	479	451
$A'$ (dB)	4,25	5,43	2,3	2,66	3,61	3,82





APPAREILS TRANSISTORISES POUR TRANSMISSION PAR  
COURANTS PORTEURS

Pour apporter des améliorations techniques : réduction des affaiblissements, des distorsions et diminuer les gabarits des installations en les rendant plus fonctionnelles, les constructeurs fabriquent de plus en plus maintenant des appareils transistorisés dont la technique est très poussée et dont les méthodes de détermination font appel à des connaissances très approfondies.

Ce sont notamment Brown Boveri et Secré qui sont avancées dans la construction de ces appareils. D'ailleurs un équipement Sedr  en Algérie pour la liaison entre le Khroub et Batna

Nous donnons dans ce qui suit la description de deux appareils à bande latérale unique types ETB et ZTA d'après Brown Boveri.

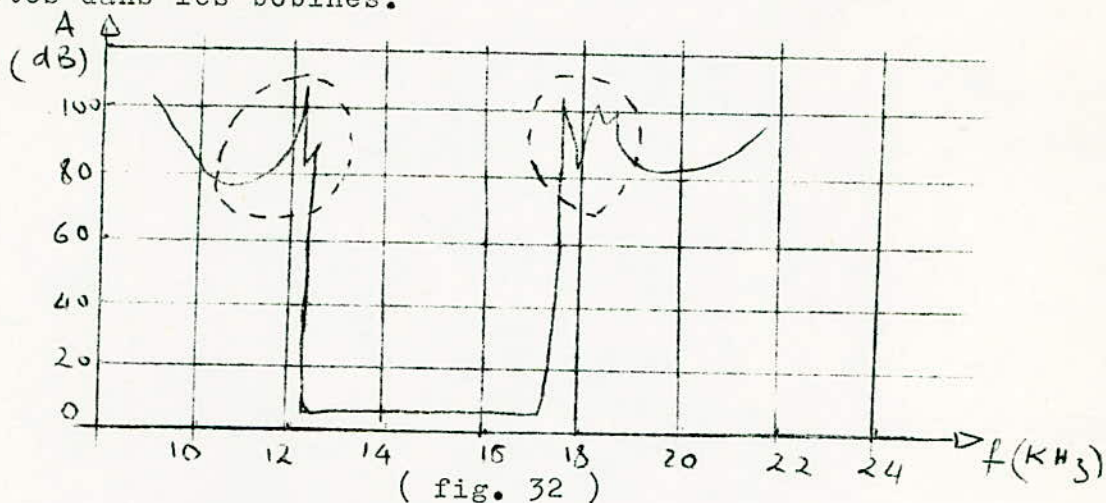
1) Type ETB

On a vu les raisons qui ont amené l'adoption de la modulation BLU par rapport aux autres modes de modulation.

Du point de vue de la fréquence, on juxtapose le canal d'émission et le canal de réception correspondant à la même liaison. On réalise ainsi l'utilisation optimale de la bande de fréquences dont on peut disposer dans un réseau.

Avec cette solution, ce sont principalement les filtres et les modulateurs qui doivent satisfaire à des  xigences très poussées. Tous les filtres sont calculés selon la méthode des paramètres de fonctionnement, d'ailleurs, les calculs nécessaires avec cette méthode ne peuvent être fait qu'à l'aide d'une calculatrice électronique. Gr ce à la méthode dite de la distorsion préalable, on a pu éviter l'accroissement de l'affaiblissement

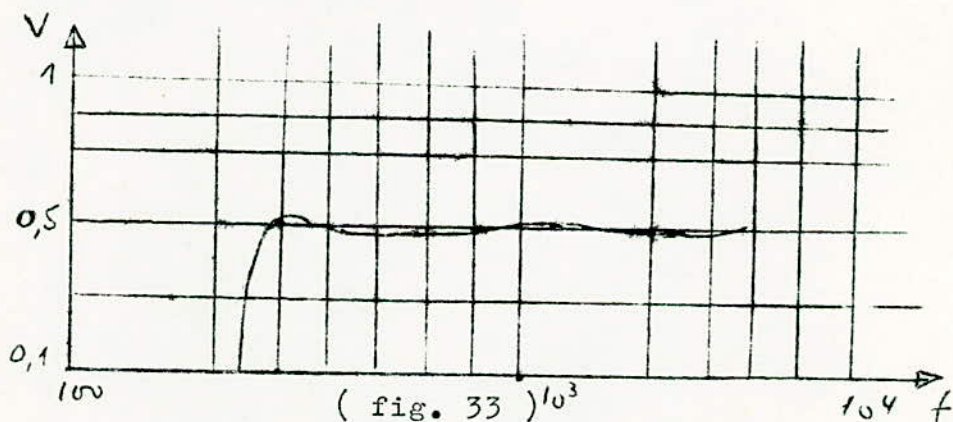
qui apparait aux extrémités de la bande passante, du fait des pertes dans les bobines.



Courbe d'affaiblissement du filtre MF

$$a_{ff} = \text{affaiblissement d'insertion} = \ln |I_o / I_r| = \ln |V_o / V_r|$$

Pour supprimer les produits de modulation indésirables, on fait travailler tous les modulateurs avec des signaux porteurs en forme de créneaux. Les " coupures " sont alors très franches pour la détermination des fréquences, on obtient alors la courbe de réponse BF suivante.



Grâce à l'introduction des circuits imprimés et à l'utilisation exclusive de semi-conducteurs, il a été possible de réaliser un appareil compact et sûr qui puisse convenir pratiquement pour tous les cas d'utilisation que se présentent.

Dans la technique Brown Boveri, les appareils sont réalisés à partir de plaquettes, sous-ensembles et châssis. Il est possible ainsi de combiner les différentes variantes selon le principe du jeu de construction.

## 2-) Type ZTA

L'utilisation des appareils à bande latérale unique, à performances élevées mais relativement onéreux, ne se justifie pas souvent dans les réseaux à courants porteurs où la densité de liaison est faible.

Pour cela Brown Boveri a réalisé un petit appareil transistorisé à double bande latérale qui, existant en plusieurs variantes, peut être adapté aux besoins les plus divers.

Avec les éléments quine dépendent pas de la fréquence et du mode d'utilisation, le châssis complètement câblé constitue l'appareil de base.

En enfichant des plaquettes convenables, on peut compléter l'équipement de base et réaliser <sup>les</sup> différentes variantes suivantes.

### a- Appareil à fréquence fixe

On utilise ici une paire de fréquences réglées une fois pour toute pour la transmission d'une liaison téléphonique par exemple.

### b- Appareil à croisement d'ondes

Dans les petits réseaux téléphoniques où la densité des conversations est faible, on peut renoncer à la possibilité de plusieurs liaisons simultanées. On peut alors utiliser les appareils à croisement d'ondes. Le grand avantage de ce système réside dans le fait que pour l'ensemble du réseau on n'occupe qu'une seule paire de fréquences, comme il a été vu précédemment.

Tous les récepteurs du réseau reçoivent les signaux d'appel émis sur la fréquence  $f_1$ , seule cependant réagit la station appelée, grâce au système d'appel sélectif. A la fin de la conversation, on revient automatiquement à l'état de repos.

c- Appareil mobile

L'appareil mobile couplé avec la ligne à haute tension par une antenne, est utilisé principalement comme moyen de liaison entre les patrouilles de ligne et les centrales ou postes situés aux extrémités de la ligne.

Comme en général il n'y a que des courts messages à transmettre, le système est simple c'est à dire que la fréquence d'émission et de réception est fixe.

Une seule fréquence est utilisée, sur laquelle l'émetteur et le récepteur sont accordés, dans un même équipement l'émetteur et le récepteur sont successivement connectés à la ligne, l'un des équipements étant émetteur, par exemple, pendant que l'autre équipement est récepteur, et inversement.

Les problèmes de l'antenne et de la manipulation de l'appareil sont de ce fait fortement simplifiés.

Même dans les régions montagneuses, la mise en place de l'antenne doit pouvoir se faire sans difficultés. Pour la station conjuguée fixe, on peut utiliser en général un dispositif de couplage déjà existant.

L'appareil mobile est monté dans un coffret en acier, où il est fixé avec des supports amortisseurs qui réduisent les chocs.

## V - C O N C L U S I O N

### UTILISATION DE LA TRANSMISSION PAR COURANTS PORTEURS EN HAUTE TENSION

En général, on utilise ce mode de transmission chaque fois que l'on possède une ligne de transport d'énergie en haute tension pour les besoins propres du service qui possède cette ligne ou pour une utilisation "commerciale"

Les raisons qui ont présidé à ce choix ont été exposées au début de cette étude.

C'est ainsi que tout le réseau E.G.A. utilise les lignes haute tension pour le transport de l'information : dispatching télécommande, téléprotection etc... soit entre les différentes centrales, soit entre une centrale et un dispatching régional ou national.

Il peut en être ainsi pour les chemins de fer qui ont des lignes électrifiées. Ce mode de transmission est utilisé par la S.N.C.F. dans la région minière d'Alsace-Lorraine où les lignes sont électrifiées.

La transmission des différents signaux de téléprotection ou de télécommande utilisée pour la commande des trains et l'exploitation plus rationnelle du trafic.

En Algérie, il existe également une ligne E.G.A. qui est utilisée pour la transmission par courants porteurs haute tension et exploitée par une compagnie pétrolière au Sahara.

D'ailleurs une modernisation des installations déjà existantes fait l'objet des préoccupations actuelles des services de l'E.G.A. C'est ainsi qu'un équipement entièrement transistorisé est en service dans la liaison Khroub - Batna ( matériel Secré ).

Pour les équipements nouveaux à installer, on utilise ces mêmes équipements, c'est le cas par exemple de la liaison Draa-Ben-Khedda - Tizi-Medden.

En résumé, on utilise la transmission par courants porteurs en haute tension chaque fois que l'on a à sa disposition une ligne haute tension où la solidité mécanique et l'entretien réduit présentent des avantages certains en sus du fait que l'on peut utiliser la ligne uniquement pour les besoins du réseau et que l'on a une réduction notable des frais d'installations des divers appareillages ( à cause de la faible valeur des puissances mises en jeu).

Pour donner une conclusion générale à cette étude, je dirai qu'il aurait été peut être plus profitable de voir d'abord les principes généraux de la transmission par courants porteurs en haute tension telle qu'elle est exploitée actuellement et de voir plus profondément les réalisations techniques actuelles. La transistorisation des appareillages et équipements est de plus en plus à l'ordre du jour dans ces dernières décades. Et on commence à arriver au point où presque partout le transistor remplace le tube. Les raisons de cette transposition ont déjà été expliquées.

En Algérie, déjà l'E.G.A. commence à démonter certaines anciennes installations pour les remplacer par des nouvelles. Et il est certain que les projets d'extension des réseaux ont pour base l'installation des équipements modernes.

Néanmoins l'étude que nous avons faite a été des plus profitables car en plus du fait qu'elle nous a permis d'avoir une vue globale des problèmes qui se posent à ce mode de transmission elle a été une sorte d'introduction à l'étude de l'amélioration des installations existantes.