

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT d'électronique



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

MISE AU POINT
D'UNE CHARGE FICTIVE POUR
L'IONOSONDE IPS42

Proposé par :

MEHENNI.M

Etudié par :

MANSOURI.A

Dirigé par :

MEHENNI.M

DEROUICHE.N

PROMOTION : Juin 1986

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT d'électronique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

MISE AU POINT
D'UNE CHARGE FICTIVE POUR
L'IONOSONDE IPS42

Proposé par :

MEHENNI.M

Etudié par :

MANSOURI.A

Dirigé par :

MEHENNI.M

DEROUICHE.N

PROMOTION : Juin 1986

//)EDICACES,

Je dedie ce tra-ail:

A mes parents

A mes frères et soeurs

A celle qui sera mienne pour le meilleur et pour le pire.

A BOB.

A tous mes amis et particulièrement:

KARIM , Ahmed Z, Ahmed C , LOULI.

A tous mes cousins.

Nadir DEROUICHE.

Dediacés

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je dedie ce travail:

A la memoire de mon Oncle et ma Tante

A la memoire de SABIA

A mes parents

A mes freres et sours

A tous mes amis

A DIDOU

A tous ceux que j'aime qu'il le sachent ou pas

Aboubaker Essedik MANSOURI

Remerciements:

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à:

- Notre promoteur Monsieur Mohamed MEHENNI qui à proposé le sujet de cette these, et dont le suivi, l'aide, les precieux conseils et le temps qui'il nous consacra. suscitent notre profonde reconnaissance.
- Monsieur K. SAADA pour son precieux concours.
- Monsieur M. CROCHET pour sa sincère collaboration
- Mesdemoiselles FADILA et ZOULIKHA, secrétaires à l'E.N.P.A.
- Tout le paersonnel de l'E.N.F.R. et on cite particulièrement

Mme: BENMECHTA

MOHAMED

ZAKIA

- Monsieur BRAZI FARIO - Medecin
- Monsieur ABDELKADER - Secretaire

Nous esperons que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'elaboration de ce memoire ainsi que tous les professeurs et responsables qui ont assuré notre formation, trouvent en ces lignes l'expression de notre profonde gratitude et reconnaissance.

N. DEROUICHE

A. MANSOURI

S O M M A I R E

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Generalités:

- I- Introduction
- II- Etude generale du radar
- III- L'equation du radar
- IV- Probabilité de detection

Chapitre I: Les differents types de radars

- I- Introduction
- II- Le radar Doppler
- IV- Le radar ST

Chapitre II: Le radar inospherique

- I- Etude Technique
- I- Introduction
- II- Caracteristiques generales d'un sondeur

Chapitre III: Transformation du radar inospherique en radar ST

- I- Introduction.
- II- Radars Coherents
- III- Etude de la coherence du radar inospherique
- IV- Critères de transformation

Chapitre IV: Charge fictive

- I- Introduction
- II- Sitennue fictive
- III- differents types d'antennes fictives.
- IV- Montage pratique - Blindage
- V- Cas des ondes très courtes
- VI- Comment choisir la ligne pour avoir l'adaptation.
- VII- Dispositifs d'adaptation
- VIII- Puissance disponible aux bornes du generateur.

Chapitre V: Traitement de l'echo par micro-ordinateur

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

I- Introduction

II- Recherche de la sortie impedance

III- Chainé d'acquisition de données.

III-1- Generalités

III-2- Etudes des differents blocs

III-3- Traitement de l'echo par micro-ordinateur

Conclusion:

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Généralités

- Généralités -I- INTRODUCTION:

Notre sujet rentre dans la structuration du laboratoire de télécommunication.

Le but essentiel attendu de notre travail est la mise au point d'une charge fictive pour le sondeur monosphérique, qui remplacera l'antenne réelle trop encombrante pour un sondage en laboratoire.

On a ensuite essayé de faire travailler le sondeur en radar ST, c'est à dire effectuer des sondages entre 0 et 50 Km au lieu de 50 à 800 Km. En fin une simulation de l'écho par micro-ordinateur a été envisagée. En effet, au lieu d'enregistrer l'écho sur film, on a jugé préférable (cause non abondance du film et prix élevé) de l'enregistrer sur cassette et de le traiter ultérieurement sur micro-ordinateur.

II- ETUDE GENERALE DU RADAR.II-1- Sens du mot radar:

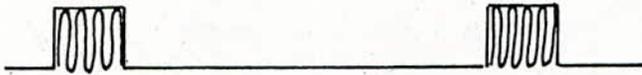
RADAR: Terme international, adopté par toutes les langues, conçu d'après l'expression anglaise "Radio Detecting And Ranging" qui veut dire en français découvrir situer une cible au moyen de la radio.

II - 2 Principe général:

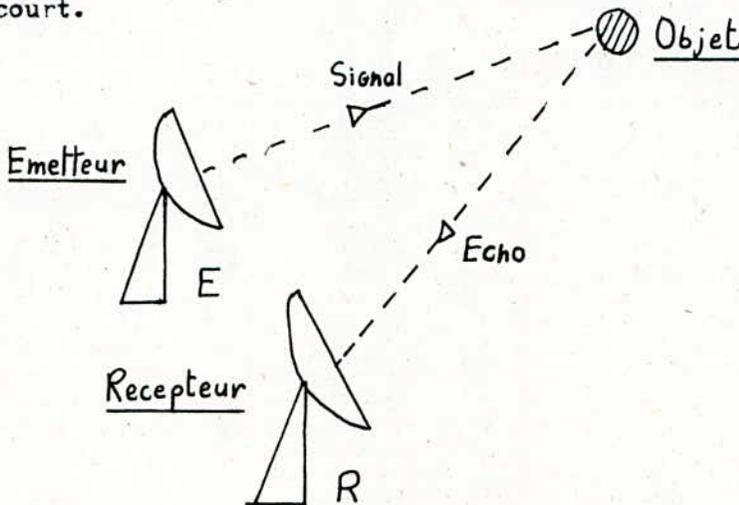
La méthode est la suivante : détecter la cible et la situer. Pour détecter la cible on émet grâce à E (émetteur) un faisceau d'ondes hertziennes. Dans les objets placés dans le champ de rayonnement de E, circule un courant HF de très faible amplitude. Ces objets se comportent alors comme des sources qui émettent un rayonnement qui n'est en fait que l'écho de l'onde émise. Il sera reçu par le récepteur R qui nous révélera

.../...

l'existence, et nous situera l'objet (determiner sa direction, mesurer sa distance). Pour terminer sa direction on rend l'antenne émettrice très orientable, ou concentre l'émission en un pinceau d'onde le plus délié possible. La direction de l'objet sera donnée par l'orientation du faisceau d'ondes. Plus le pinceau est délié meilleure est la précision. L'antenne receptrice R doit avoir les mêmes propriétés que E. En réception. Pour mesurer la distance il suffit de mesurer le temps mis par faisceau entre l'émission et la réception. Cette mesure est d'autant plus simple que le signal émis est bref: une impulsion. Car si l'impulsion est brève l'écho parviendra après la fin de l'émission.



Mais le problème n'est pas si simple que ça. Car des difficultés apparaissent lors de la réalisation: les échos sont très faibles, le faisceau émis doit être très délié, le repérage des objets assez petits nécessite des ondes très courtes, et le temps nécessaire pour la mesure de la distance est exactement court.



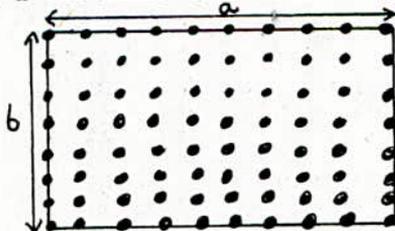
II-3 STRUCTURE GENERALE D'UN RADAR

L'organigramme standard de tous les types de radars classiques (on peut varier uniquement les caractéristiques pour obtenir un type qui nous convienne) est représenté dans la figure.

ETUDE DES DIFFERENTS BLOCS/

- 1°) une source d'alimentation
- 2°) un generateur de synchronisation qui delivre des impulsions très courtes c'est la partie la plus importante car elle fixe l'origine des temps et la cadence des interrogations radar.
- 3°) un modulateur qui fournit l'impulsion nécessaire à l'excitation de l'émetteur et à la cadence fixée par le "pilote". Il delivre une energie sous forme vidéo qui sera rayonnée par les éléments hyperfréquences. Cette energie est emmagazinée pendant T_r puis restituée pendant la durée de l'impulsion qui est très courte.
- 4°) un émetteur: les tubes de puissance les plus utilisées sont les magnetrons auto-oscillateurs de puissance, fournissant l'energie UHF à l'antenne au rythme des impulsions qui lui sont appliquées.
- 5°) Antennes: Elles sont disposées en reseau formant un aerien directif.

Soit le reseau d'antennes suivant:



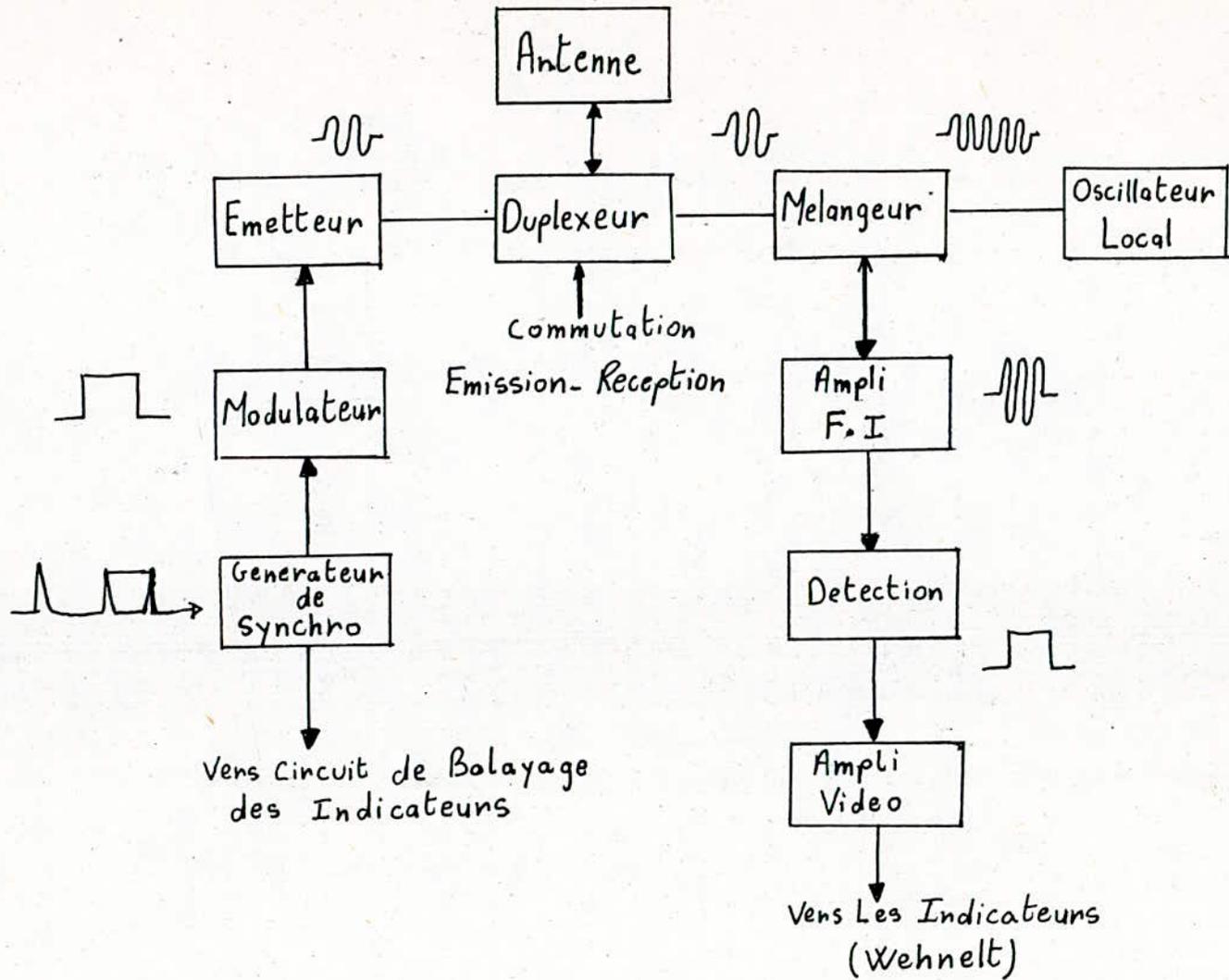
En supposant les antennes elementaires uniformement reparties, le gain de l'aerien peut s'exprimer comme suit:

$$G = 4\pi \frac{a \cdot b}{\lambda^2}$$

a.b: Surface apparente de l'aerien

Soit des antennes elementaires disposées regulierement sur une surface circulaire de rayon r . Le diamétre angulaire de revolution du lobe principal qui correspond au premier minimum serait proportionnelle à $1,22 \frac{\lambda}{r}$ ($20^\circ \sim 1,22 \frac{\lambda}{r}$)

$\frac{\lambda}{r}$: Coefficient de diffraction.



Schema Synoptique D'un Radar

Pratiquement ce principe est délaissé et remplacé par la mise au point d'une source d'énergie (cornet ou du pôle) au foyer d'un miroir à symétrie de révolution (fig 1)

On peut aussi trouver la fêle de source élémentaire sur la ligne focale d'un réflecteur cylindro-parabolique (fig 2).

On rencontre aussi la source située devant le volume réfléchissant constitué d'une section de réflecteur cylindro-parabolique et de 2 plans parallèles proches: fromage (fig 3a) et demi-fromage (fig 3b).

Dans tous ces cas l'homogénéité de la loi d'émission n'est pas réalisé mais ceci n'est pas un inconvénient en ce qui concerne l'importance des lobes secondaires.

6°) Duplexeur: c'est l'élément essentiel d'un radar à impulsion utilisant le même aérien pour l'émission et la réception, son rôle est de:

- a)-mettre le récepteur en court-circuit pendant l'émission de l'impulsion
- b)-retablir la connexion antenne-récepteur aussi rapidement que possible après la transmission de l'impulsion.

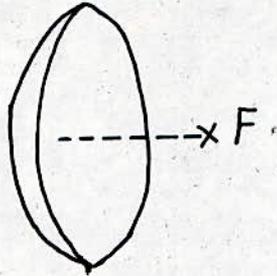


Fig: 1

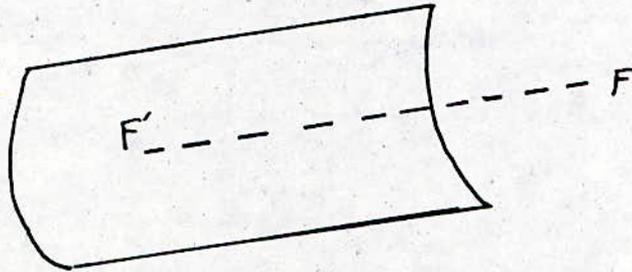


Fig: 2

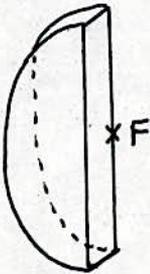


Fig: 3a

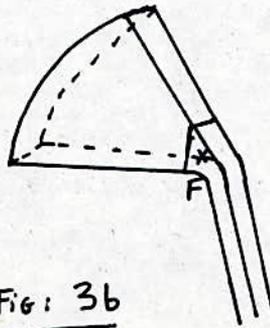


Fig: 3b

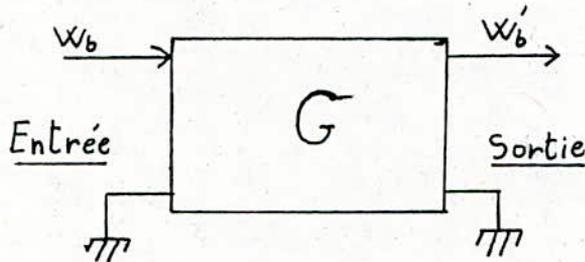
Les Différents Types D'aériens

7°) Recepteur

Sont du type superheterodyne. Ils ont pour fonction d'amplifier l'écho capté par l'antenne. Les puissances mises en jeu étant faibles, on doit veiller à ce que la sensibilité soit grande.

† Facteur de bruit:

Le bruit est présent toujours, quelque soit l'amplification on ne peut pas l'éliminer, mais on peut le réduire. Notre problème est de réaliser des récepteurs dont le bruit se rapproche de la valeur minimale théorique. On appelle facteur de bruit d'un ampli F_b le rapport entre le bruit à l'entrée par le bruit à la sortie.



$$F_b = \frac{W'_b}{W_b \cdot G}$$

G étant le gain en puissance.

$$W_b = K \cdot T \cdot B$$

K : Constante de Boltzman

T : Temperature absolue du récepteur

(300 °K)

B : Bande passante du récepteur

Un bon amplificateur donne à la sortie le même bruit qu'à l'entrée sans amplification : $F_b = 1$

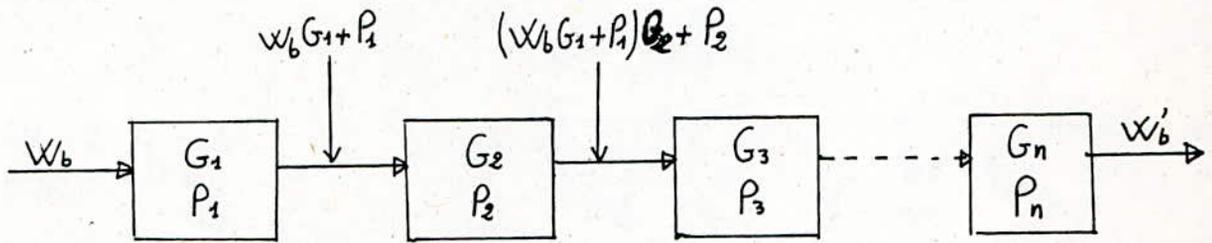
$$W'_b = W_b \cdot G$$

Il s'adjoint au bruit amplifié le bruit propre de l'amplificateur P, la puissance de bruit à la sortie devient:

$$W'_b = W_b \cdot G + P$$

et le facteur de bruit devient: $F_b = \frac{W'_b}{W_b \cdot G} = \frac{W_b \cdot G + P}{W_b \cdot G} = \frac{W_b + P/G}{W_b}$ (1)

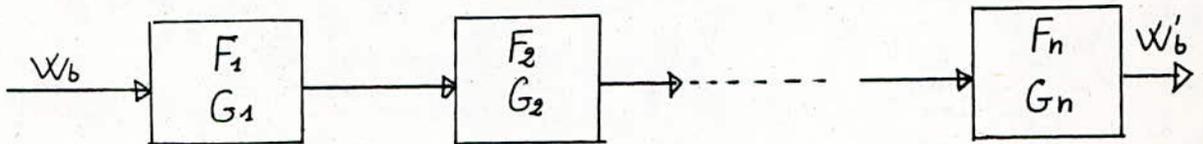
Généralement l'ampli est fait de plusieurs étages. On peut appliquer cette formule pour chaque étage.



$$F_b = \frac{W'_b}{W_b \cdot G_g}$$

Finalemnt ou a: $F_b = \frac{W_b + P_1/G_1 + P_2/G_2 \cdot G_1 + P_3/G_3 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \dots}{W_b}$ (2)

Il est plus commode d'utiliser les facteur de bruit de chaque étage.



de (1) on tire $F_b \cdot W_b = W_b + \frac{P}{G} \Rightarrow \frac{P}{G} = W_b [F_b - 1]$ (3)

Portons (3) dans (2) on aura finalement:

$$F_b = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{n-1}}$$

Si on avait 2 étages on aurait:

$$F_b = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}$$

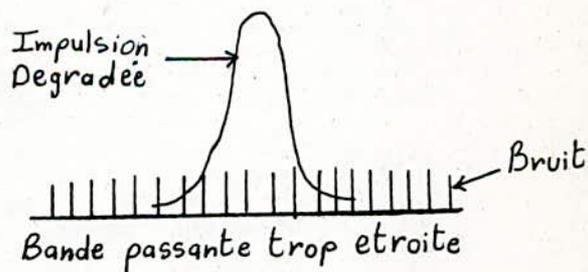
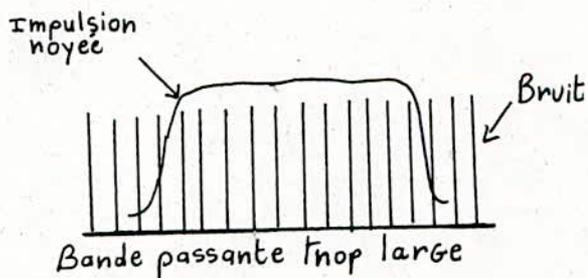
Généralement le changement de fréquence s'effectue dès l'entrée du récepteur (hyperfréquence). F_1 est le facteur de bruit du mélangeur et F_2 celui de la chaîne F.I. Dans ce cas $G_1 < 1$ (perte) d'où la nécessité d'avoir un ampli F.I dont le facteur de bruit est le plus faible possible.

* Bande Passante

La valeur du bruit propre du récepteur, qui est de même nature thermique que le bruit théorique est fonction de la bande passante. Donc la largeur de bande B doit être calculée de manière à avoir une amplification correcte des impulsions du signal radar.

Si B est trop large, le bruit sera trop important d'où une perte sur le rapport S/B .

Si B est trop petit, l'impulsion est dégradée, et la perte affecte la sensibilité.



On choisit généralement B entre $1,5/\tau$ et $2/\tau$

III- L'equation du radar

Les equations de base que determine les performances radar sont liés par l'equation du radar.

soit un radar ayant un emetteur de puissance crête P , et un objectif situé à une distance R.

Si l'antenne est multi- directionnelle, l'energie rayonnée à une distance R de la source , dans toutes les directions, est la même. Donc on aura une repartition spherique de la puissance totale P.

La densite de puissance en un point M de la sphere est :

$$\frac{P}{4\pi R^2}$$

$$S = 4\pi R^2 : \text{SURFACE DE LA SPHERE}$$

Mais l'antenne utilisée est directive, donc si le point se trouve dans la direction du gain maximal G, la densité de puissance unitaire en ce point devient:

$$\frac{P}{4\pi R^2} \cdot G$$

Supposons qu'au point M se trouve une cible isotrope de surface σ , l'energie reçue est reflechie omni-directionnellement par cette cible sera:

$$\frac{P \cdot G}{4\pi R^2} \cdot \sigma$$

A ce niveau il y aura inversion de rôle: la cible joue le rôle d'emetteur et le radar de recepteur. A une distance R de la cible la puissance totale diffusée se trouve repartie sur une surface spherique.

Au niveau de l'antenne de reception on applique le principe precedent on obtient pour l'energie de l'echo par unité de surface la formule suivante:

$$\frac{P.G.G}{4.\pi.R^2} \times \frac{1}{4.\pi.R^2}$$

Si la surface apparente de l'antenne est A l'énergie globale reçue par l'antenne sera:

$$\frac{P.G.G}{4.\pi.R^2} \times \frac{A}{4.\pi.R^2} = \frac{P.G.A}{(4.\pi)^2.R^4}$$

Sachant que le gain de l'antenne G dépend de la surface apparente de la manière suivante: $G = \frac{4.\pi.A}{\lambda^2}$

On aura: $A = \frac{G.\lambda^2}{4.\pi}$ et par conséquent :

$$S_{\text{Min}} = \frac{P.G^2.\lambda^2.G}{(4.\pi)^3.R^4} \quad S_{\text{min}}: \text{signal minimum detectable}$$

D'où l'on tire la portée maximale du radar R:

$$R = \sqrt[4]{\frac{P.G^2.\lambda^2.G}{(4.\pi)^3.S_{\text{min}}}}$$

Le signal minimum detectable S_{min} dépend du bruit à la réception et du rapport S/B.

À l'entrée la puissance de bruit est K.T.B. Connaissant le facteur de bruit F (récepteur) le bruit ramené à l'entrée est K.T.B.F.

Soit a la valeur minimale du rapport S/B ($a > 1$) pour laquelle on peut détecter facilement le rapport S/B $S_{\text{min}} = K.T.B.F.a$

En prenant $B = \frac{1.2}{\tau}$ comme valeur optimale on obtient :

$$S_{\text{min}} = \frac{1.2.K.T.F.a}{\tau}$$

et R devient alors.

$$R = \sqrt[4]{\frac{P.G^2.\lambda^2.\tau.G}{(4.\pi)^3.1.2.K.T.F.a}}$$

Cette expression est valable pour une impulsion.

généralement on a plusieurs impulsions qui se succèdent pour cela il faut tenir compte de plusieurs facteurs.

À la réception, on a des fluctuations dues:

- à la superposition du bruit au signal
- aux variations de la surface équivalente des cibles.
- aux interférences avec le sol.....etc.

Pour cela on introduit un facteur d'intégration S, qui englobe tous ces paramètres, dans la formule précédente

$$R = \sqrt[4]{\frac{P.G^2.\lambda^2.\tau.\sigma}{(4\pi)^3.1.2.K.T.F.a.S}}$$

Or l'atténuation atmosphérique entre en jeu on pourra valider l'équation du radar comme suit:

$$R^4 \cdot 10^{0,2\alpha.R} = \frac{P.G^2.\lambda^2.\tau.\sigma}{(4\pi)^3.1,2.K.T.F.a.S}$$

α : facteur d'atténuation due à l'atmosphère (dB/m)

Si R augmente, α diminue.

Remarque: S dépend du nombre d'impulsions reçues donc de la fréquence de récurrence Fr. On croit pouvoir augmenter la portée en augmentant Fr. mais il faut tenir compte de 2 paramètres: limites de la portée maximale théorique qui est:

a) inversement proportionnelle à Fr

$$P_m = \frac{C.Tr}{2} = \frac{C}{2.Fr}$$

b) Le facteur de forme du magnétron. Augmenter Fr revient à diminuer la durée de l'impulsion, ce qui n'est pas utile. En effet dans l'équation du radar,

τ est au numérateur et Smin au dénominateur.

Comme Smin varie en $1/\sqrt{n}$ (n: nombre d'impulsions)

On a:

$$R^4 = K.\tau.\sqrt{n}$$

n est proportionnel à Fr pour une même surface de cible, une même largeur du faisceau et une vitesse de rotation d'antenne.

IV- Probabilité de détection

La détection radar est aléatoire. En effet pour la chiffrer on utilise des probabilités s'appuyant sur des "Certitudes raisonnables".

a) Cible non fluctuante

L'écho radar peut être visualisé sur un indicateur si sa puissance est supérieure à celle du bruit. En supposant la surface de la cible non fluctuante, la puissance de l'écho deviendra fixe et bien définie par l'équation du radar; mais la puissance du bruit reste une variable aléatoire. La puissance du bruit instantané peut être soit supérieure soit inférieure à sa puissance moyenne (K.T.B.F.) donc l'écho ayant la puissance moyenne du bruit ne va pas être facilement détecté.

Si la puissance de l'écho augmente, la probabilité de détection de l'écho tend de plus en plus vers 100%.

Si on connaît les rapports S/B on pourra calculer la probabilité pour que la puissance moyenne du bruit soit supérieur à un certain niveau. L'agitation électronique dans un conducteur (régie par hasard) est l'objet d'un bruit thermique. La probabilité pour que la puissance (valeurs y et $y + dy$ est) du bruit à un instant donné soit comprise entre les valeurs y et $y + dy$ est:

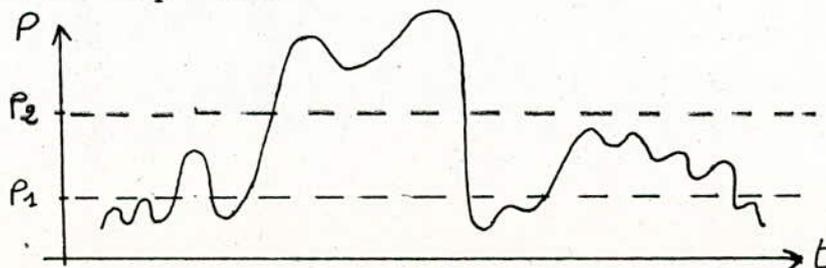
$$P(y) \cdot dy = \frac{1}{\sqrt{2\pi} P_m} \text{EXP} \left(-\frac{y^2}{2P_m} \right) dy$$

P_m : Valeur moyenne de la puissance du bruit (de y^2).

De cette formule on peut déterminer:

- La probabilité pour que la puissance de bruit dépasse une valeur donnée. Donc on peut fixer la probabilité de fausse alarme.
- La probabilité de détection en fonction du rapport S/B.

À l'instant donné, la courbe suivante donnera l'allure de la de la puissance à l'entrée de l'amplificateur vidéo:



Si on règle l'indicateur de façon à s'éclairer dès que le signal qu'il reçoit

Si on règle l'indicateur de façon à s'éclairer dès que le signal qu'il reçoit dépasse P1 il y aura 3 plots:

un correspond au signal et les 2 autres au bruit, constituants ainsi des "fausses alarmes"; On peut les supprimer en amenant le seuil à P2, et ceci en polarisant une grille (ébasage). Ainsi on diminue la probabilité de fausse alarme. Mais ceci peut influencer sur la probabilité de détecter un signal car en augmentant le seuil on se rapproche de plus en plus de la valeur cête du signal.

b) Cible fluctuante:

Dans le cas general l'écho est fluctuant, d'ou variation de la probabilité de detection, I.E.: quand le rapport S/B est élevé du fait de la fluctuation de la surface apparente de la cible, apparaîtra des valeurs faibles du signal et par consequent la probabilité de detection, diminuera. Pour les faibles probabilités de detection, les pointes de signal (qui n'existaient pas dans le cas des cibles non fluctuantes) augmenteront la probabilité de detection, ce qui n'est pas interessant pour nous car on ne considère que les probabilités de détection supérieures à 50%.

c) Echo comportant plusieurs impulsions:

l'écho peut-être formé par n impulsions successives; ou n est donné par
$$n = \frac{\theta \cdot Fr}{Vr} \cdot \frac{60}{360}$$
 si l'antenne du radar eclaire la cible en tournant

Fr: fréquence de recurrence (Hz)

θ : dimension angulaire du faisceau (degrés)

Vr : Vitesse de rotation (trs/mn)

Sur l'écran de l'indicateur on voit que toutes ces impulsions se situent au même endroit; On aura ainsi une integration de la puissance de chacune d'elles.

Malheureusement il ya aussi integration du bruit.

Pour un radar coherent (les amplitudes des impulsions s'ajoutent en phase) la puissance de l'écho est multipliée par n.

On peut calculer le rapport S/B en fonction de n de la même manière que dans le cas d'une seule impulsion.

De ce fait l'écho est supposé fluctuant selon la loi de Rayleigh, mais le bruit est Gaussien.

Si n est suffisamment grand on peut écrire que:

$$\varphi(n) = \sqrt{n}$$

Le calcul du rapport S/B d'une certaine probabilité de détection, pour une probabilité de fausse alarme connue, dépend de la loi de détection, la perfection de la méthode d'intégration des impulsions vidéo....

CHAPITRE 1

Les Différents Types De Radars

- Chapitre I --: - Les différents types de radars -: -I - Introduction:

Les éléments constitutifs d'un radar sont généralement: émetteur, antenne, récepteur...etc. Mais un radar n'est pas la juxtaposition de ces éléments, c'est un ensemble qui répond à un besoin bien déterminé, qui est utilisé pour assurer certaines fonctions. Mais généralement un radar est utilisé dans un cadre plus général de surveillance, de guidage d'un engin, de météorologie, d'observation du sol...etc.

II - Le radar de veille

Dans le but de l'exploration de l'espace, on utilise un radar ayant un aérien qui tourne et délivre des informations sur chaque cible, à chaque tour d'antenne. Pour pouvoir localiser chaque cible, il est nécessaire que la vitesse de rotation du radar soit faible. On peut trouver des cibles parasites dans l'espace à explorer, il faut donc les éliminer pour que les échos ne gênent pas l'exploration. Le radar de veille doit nous donner des informations d'existence et de position pour plusieurs cibles. Les problèmes spécifiques des radars de veille sont donc:

- La couverture à assurer.
- L'élimination des échos parasites
- L'exploitation des informations.

Pour que le radar de veille nous fournisse une bonne précision sur la position de la cible, il est nécessaire qu'il remplisse diverses exigences:

- * une grande puissance d'émission (quelques MW crête)
- * une antenne de grande surface (gain et précision élevés)

III - Le radar Doppler:

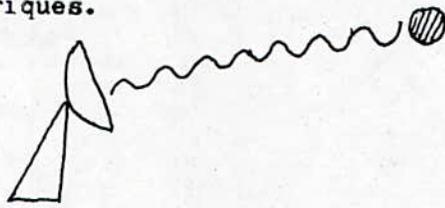
- 1 - L'effet Doppler: Pour illustrer cet effet, soit l'exemple suivant:

Lorsqu'on est dans une gare et que le train la traverse, on remarque que le son du sifflet du train semblé se modifier lorsque le train passe devant nous et s'eloigne. Une fois le train passé, la hauteur de la note baisse rapidement. On peut expliquer ce phénoméne de la manière suivante:

Lorsque le train s'approche (~~la fréquence de la note émise par le sifflet est~~
~~Par contre lorsque le train s'éloigne~~) la fréquence de la note entendue est supérieure à la fréquence de la note émise par le sifflet. Par contre lorsque le train s'éloigne, la fréquence de la note entendue devient inférieure à la fréquence de la note émise. ce phénoméne est appelé: effet "Doppler"

2- Ondes entretenues:

Comme leur nom l'indique les ondes entretenues sont un flux continu d'ondes radioélectriques.



3- Le radar Doppler:

Mise à part le fait qu'elles se propagent un peu vite, les ondes radioélectriques se comportent exactement comme les ondes sonores. Lorsque un objet se dirige vers le radar, la fréquence du signal réfléchi reçu par le récepteur sera supérieure à celle du signal émis; et inversement lorsque l'objet s'éloigne de l'antenne. Si on connaît exactement comment la vitesse d'un objet qui se déplace, modifié la fréquence d'une onde radio qu'il réfléchit, on peut, en se basant sur ce changement de fréquence (observé et mesuré) calculer la vitesse de l'objet par rapport à notre position.

Soient f_0 la fréquence émise; f_1 la fréquence émise après modification par l'effet Doppler, et f_d soit la différence entre ces 2 fréquences, alors

on a:
$$f_d = \frac{2V}{C} f_0$$

- avec: f_d = Variation de fréquence Doppler
- f_0 = fréquence émise
- V = vitesse de l'objet (Km/h)
- C = Celerité des ondes radio-électriques (Km/h)

En pratique les objets se déplacent dans n'importe quelle direction mais pas seulement vers ou en provenance de l'antenne. La variation de fréquence dépend de la vitesse de l'objet par rapport à l'antenne et non pas de sa vitesse effective, donc le vecteur vitesse sera toujours dirigé dans la direction de l'antenne. C'est la vitesse radiale.

L'effet Doppler peut être utilisé pour:

- * indiquer la présence d'objets qui se déplacent.
- * renseigner sur le vecteur vitesse
- * indiquer si l'objet s'approche ou s'éloigne. (fig 2)

Le schéma synoptique d'un radar Doppler (fig 2) utilise le principe du superhétérodyne. Dans le mélangeur 1, une partie du signal émis est mélangé avec le signal de l'oscillateur local, on a ainsi un signal moyenne fréquence.

$f_{mf} = f_0 - f_{10}$. Après amplification moyenne fréquence, ce signal est transmis au mélangeur 3 où f_{mf} et f_1 sont mélangées et produisent la fréquence Doppler.

Pour savoir si l'objet s'approche ou s'éloigne, il suffit de voir si la fréquence du signal réfléchi est supérieure ou inférieure à celle du signal émis. Pour cela on utilise un discriminateur de fréquence, dont l'introduction dans le schéma synoptique est réalisée dans la fig 3. Une partie de f_1 est transmise au discriminateur qui est réglé sur f_{mf} . Selon que f_1 est supérieure ou inférieure à f_{mf} , la sortie du discriminateur sera positive ou négative.

IV - Le radar ST

Dans le but d'étudier les phénomènes atmosphériques on a conçu le radar ST. C'est un radar atmosphérique. IE: la cible est constituée par l'atmosphère elle-même, et en particulier par des particules dont les dimensions ne sont pas négligeables devant la longueur d'onde radar (gouttes d'eau, grêle, flocons de neige, insectes, oiseaux...etc).

Les radars ST sont tridimensionnels, IE: ils effectuent une exploration en volume du milieu atmosphérique.

Lors d'un sondage dans la basse atmosphère (1936), en air clair, des échos ont été observés. On n'arrivait pas à expliquer ce phénomène. Plus tard grâce à des recherches basées sur les techniques d'analyse radar, on a pu trouver que ce phénomène était dû à :

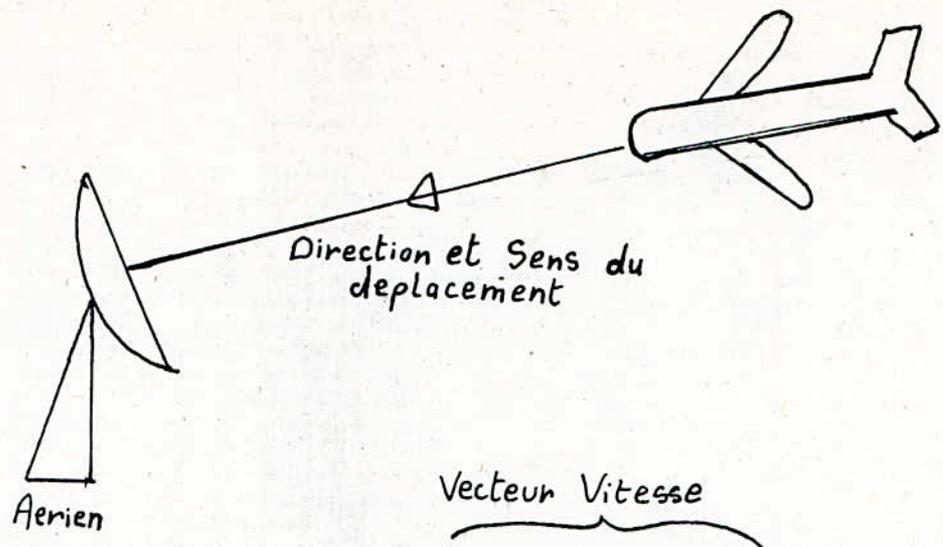


fig 1 a

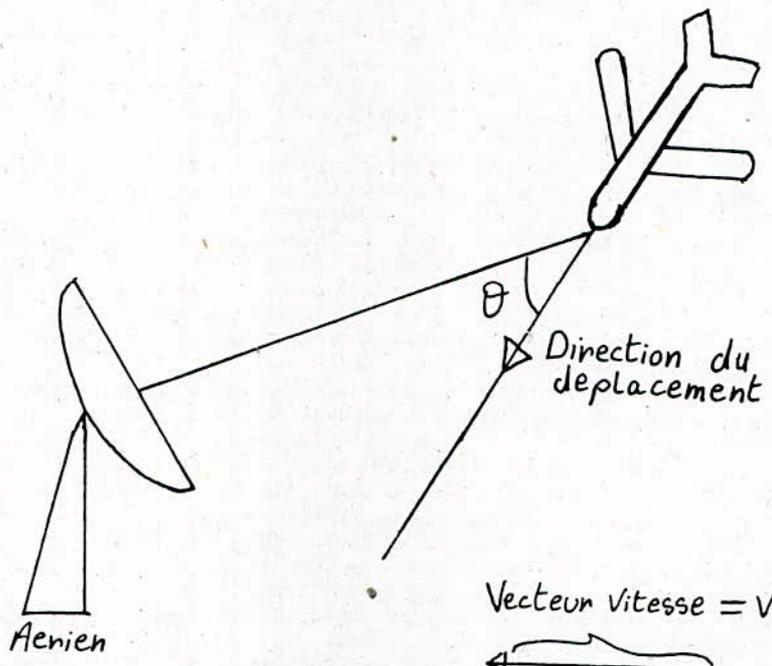


fig 1 b

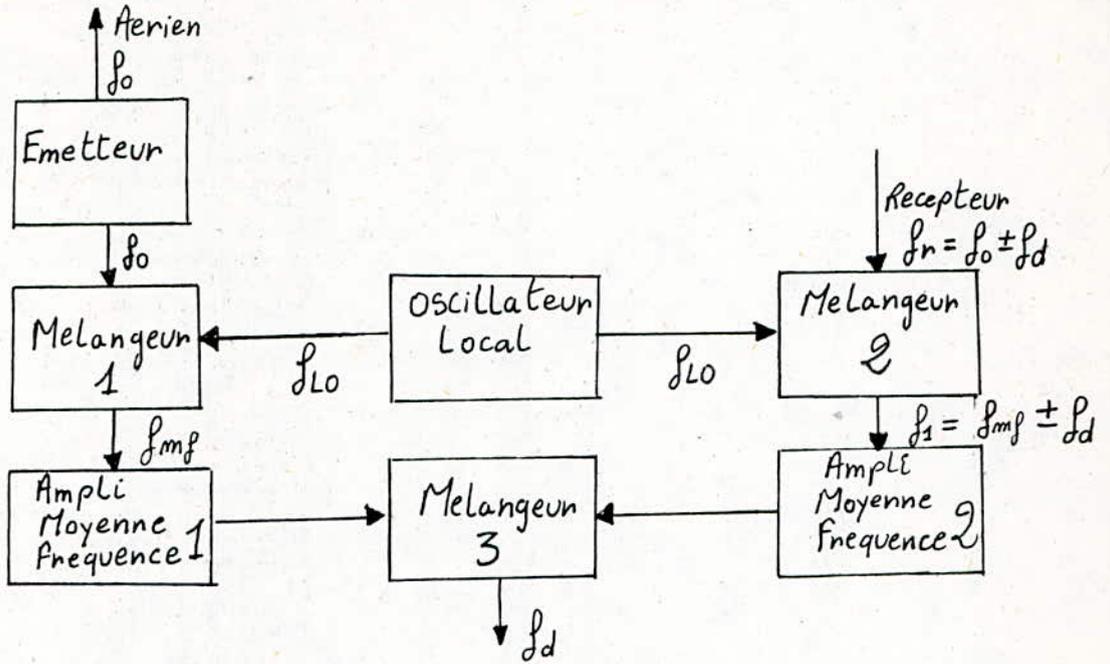


fig 2 : Schema Synoptique D'un Radar Doppler

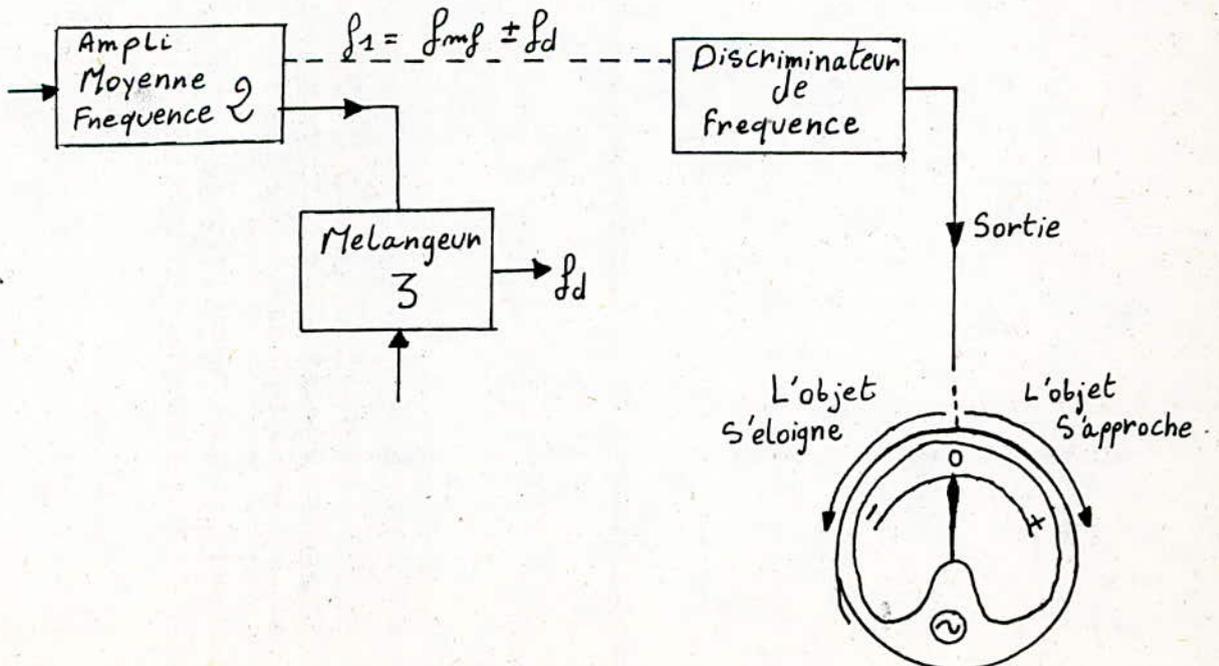


fig 3 : Introduction Du Discriminateur De Frequence

- La diffusion turbulents
- et la reflexion partielle.

Il existe d'autres moyens d'observation et de mesure atmospherique comme: l'avion laboratoire. les sondes vehiculées par fuseés...etc. Mais le sondage par radar ST est plus avantageux car:

- Le sondage se fait sans daplacer l'instrument, donc le milieu observé n'est pas perturbé.
- L'exploration est realisée dans les 3 dimensions et en fonction du temps dans des volumes importants.

IV -1) Presentation du radar ST

Les radars ST operent à des longueurs d'onde (30cm à 7m) superieures à celles utilisées en radarmeteorologieéclassique (8mm à 10cm). Ces ondes sont peu atténués par les nuages et les precipitations, et les echos correspondants sont alors faibles ou inexistantes. Par contre pour ces longueurs d'ondes il est possible de detecter la turbulence en air clair sur une large gamme d'altitudes. En effet la radar selectionne une longueur d'onde dans le milieu turbulent egale à la demi-longueur d'onde radar.

Le radar ST est un radar Doppler qui envoi dans l'atmosphère un signal BF modulé par une porteuse VHF et reçoit en même temps l'echo resultant. Trois directions de tir sont utilisées: 2obliques et une verticale. pour la mesure de la vitesse du vent et la discrimination entre les mecanismes responsables de l'echo. Le radar ST est constitué par 3 reseaux, un reseau par direction comportant chacun des dipôles demi-onde colineaires et uniformément espacés montés à base de cables coaxiaux. Chaque reseau rayonne dans sa direction avec un angle d'ouverture de 5° . L'angle de tir est choisi par le procédé de balayage electronique. La direction de tir oblique est inclinée d'un angle de 15° par rapport à la verticale.

- un angle plus faible ne permettrait pas de distinguer les projections des echos verticaux et horizontaux sur la direction du tir
- un angle plus grand ferait perdre l'homogecité spaciale du champ de vent requise en altitude .

Les directions Nord-Est et Nord-Ouest de 2 reseaux d'extremité ont été choisies conventionnellement à la direction des vents sur le globe terrestre.

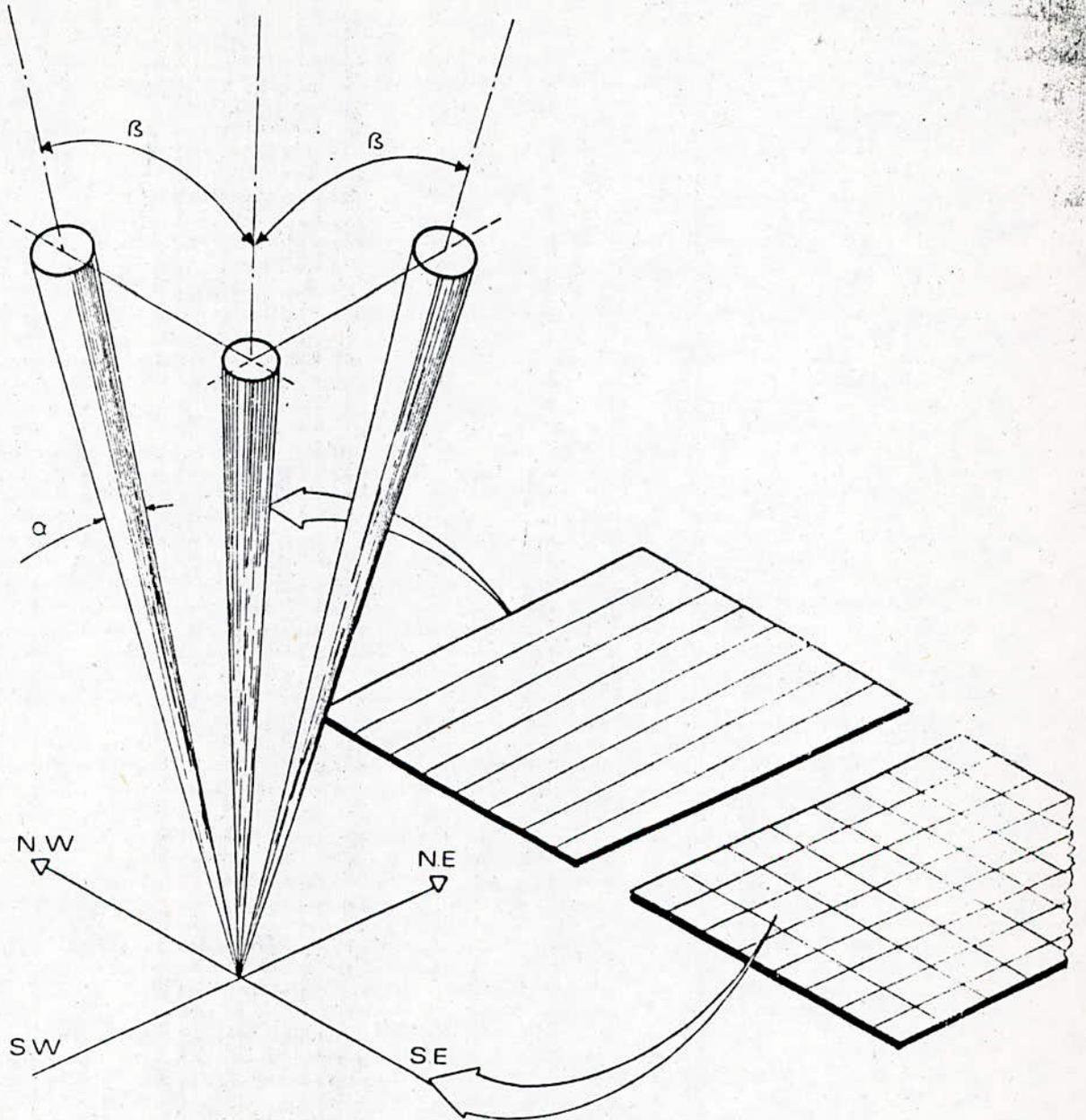


Fig 1.2 Les trois directions de tir du RADAR ST

IV- 2) Performances des radars ST

Les radars ST presentent des performances particulièrement originales:

- * Permanence des mesures (en air clair ou nuageux, avec ou sans precipitation).
- * Extension en altitude (de 500 à 25 Km)
- * Haute resolution temporelle (de quelques secondes à quelques minutes pour l'obtention d'un profil vertical).

De ces performances decoulent plusieurs domaines d'application des radars ST. On peut ainsi determiner plusieurs parametres meteorologiques: la vitesse horizontale du vent, la vitesse verticale du vent qui est par ailleurs difficilement mesurable, la turbulence en air clair ou nuageux, et la localisation des couches stables.

La haute resolution temporelle et la permanence des mesures sur une large gamme d'altitudes permettent:

- * L'obtention des profils de vent en routine
- * L'identification des regions de forts de vents ou de sailllements de vent ou la turbulence en air clair peut-être importante pour la navigation aerienne.
- * La localisation de la tropopause et de ces ruptures importante pour les echanges stratosphère-troposphère.
- * L'etude des fronts et des bandes de pluie associées.
- * L'etude de la dynamique des nuages et de leur environnement en air clair.
- * L'etude des ondes de gravité genérées par les reliefs, les cisaillements de vent et les phenomenes convectifs.

CHAPITRE 2

Le Radar Ionosphérique

Etude Technique

CHAPITRE II ;

LE RADAR IONOSPHERIQUE
ETUDE TECHNIQUE.I ETUDE GENERALE DE L'IONOSPHEREI.1/ INTRODUCTION:

DANS L'ATMOSPHERE NEUTRE EXISTE UNE REGION IONISEE QUI S'ETEND DE 50 A 2000 KM AU DESSUS DE LA SURFACE DE LA TERRE ET AYANT UNE DENSITE ELECTRONIQUE COMPRISE ENTRE 10 ET 10 ELECTRONS PAR METRE CUBE: C'EST L'IONOSPHERE.

ELLE JOUE UN ROLE TRES IMPORTANT DANS LES LIAISONS RADIO-ELECTRIQUES, ET CE EN SE COMPORTANT COMME UN MIROIR POUR LES ONDES COURTES; IL EST POSSIBLE DONC DE FAIRE DES TRANSMISSIONS ENTRE 02 POINTS DE LA TERRE TRES ELOIGNES L'UN DE L'AUTRE.

L'IONOSPHERE EST DIVISEE EN TROIS COUCHES:

D, E, ET F PAR ORDRE CROISSANT D'ALTITUDE ET D'INTENSITE D'IONISATION. DANS LA GAMME DECAMETRIQUE, POUR CE QUI EST DE LA PRAPAGATION DES ONDES RADIO-ELECTRIQUE, LES COUCHES E ET F JOUENT LE ROLE D'UN REFLECTEUR, ALORS QUE LA COUCHE D PROVOQUE UN AFFAIBLISSEMENT DES ONDES DECAMETRIQUES CAR C'EST UN MILIEU ABSORBANT.

II. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN SONDEUR :

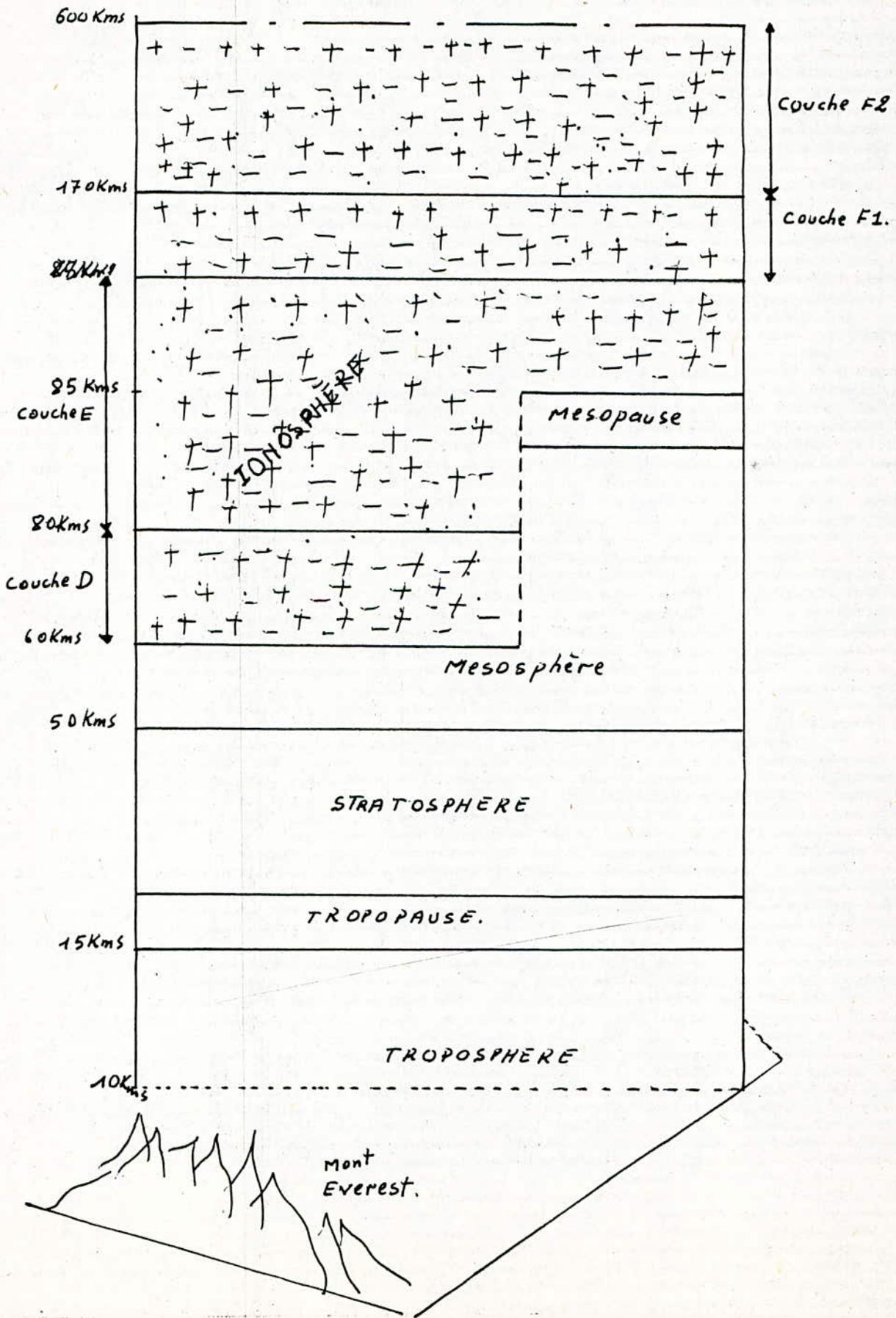
II.1/ BUT DU SONDEUR :

LE BUT ESSENTIEL DE CET EQUIPEMENT EST DE LOCALISER LES COUCHES IONOSPHERIQUES, A DES INTERVALLES DE TEMPS REGULIER SELON L'INCIDENCE VERTICALE, ET D'TABLIR UNE RELATION ENTRE LA HAUTEUR VIRTUELLE DES COUCHES ET LA FREQUENCE DES TRANSMISSIONS :

L'EMETTEUR UTILISE LA TECHNIQUE A IMPULSION ET COUVRE LA BANDE DE FREQUENCE COMPRISE ENTRE 1 ET 22,6 MHZ .

LE RECEPTEUR QUI DETECTE LES ECHOS RECUS EST ACCORDE AUTOMATIQUEMENT A LA MEME FREQUENCE QUE L'EMETTEUR .

LES ECHOS SUBISSENT UN TRAITEMENT AFIN DE LEUR SUPPRIMER LE BRUIT ET LES INTERFERENCES QUI PEUVENT LES ACCOMPAGNER, APRES QUOI ILS SERONT APPLIQUES A UN TUBE CATHODIQUE POURVU DE 02 AXES :



L'UN POUR L'ECHELLE DES HAUTEURS VIRTUELLES (ORDONNEES), L'AUTRE POUR LES FREQUENCES (ABSCISSES).

A CHAQUE IMPULSION EMISE, L'ECHO EST PHOTOGRAPHE AUTOMATIQUEMENT PAR UNE CAMERA. CECI CONSTITUE L'IONOGRAMME A PARTIR DUQUEL ON OBTIENT LES DONNEES NECESSAIRES DE L'IONOSPHERE UTILISEES DANS LES PREVISIONS ET LA RECHERCHE.

NB.: LES SIGNAUX SONT SUPPOSES EMIS A LA VITESSE DE LA LUMIERE CE QUI N'EST PAS VRAI : ON INTRODUIT ALORS LA NOTION DE HAUTEUR VIRTUEELE .

L'INTERVALLE SEPARANT 02 EMISSIONS CONSECUTIVES EST FONCTION DE LA HAUTEUR A LAQUELLE ON VEUT EFFECTUER UN SONDAGE, CAR APRES CHAQUE IMPULSION EMISE IL FAUT PERMETTRE A L'ECHO DE REVENIR POUR EMETTRE ENSUITE LA 2ème IMPULSION .

II.2/ DESCRIPTION GENERALE DU SONDEUR:

L'APPAREIL UTILISE UN SYNTHETISEUR DE FREQUENCE. IL EST TRES FIABLE CAR IL N'UTILISE PAS BEAUCOUP DE COMPOSANTS ELECTO-MECANQUES.

LA PROGRAMMATION, LES COMMANDES, LE CONTROLE, L'AFFICHAGE ET LE TRAITEMENT DU SIGNAL EMPLOIENT DES TECHNIQUES NUMERIQUES. L'APPAREIL TRAVAILLE EN BALLEAGE DE FREQUENCES. LES DIFFERENTES PARTIES DU SONDEUR SONT:

- L'EMETTEUR.
- LE RECEPTEUR.
- LE SYNTHETISEUR DE FREQUENCES.
- L'HORLOGE ET LE CONTROLE.
- LE TRAITEMENT DU SIGNAL.
- L'ENREGISTREUR
- LE CONTROLEUR.
- LA CAMERA.
- L'ALIMENTATION.

LA PUISSANCE CRETE DE SORTIE D'EMISSION EST DE L'ORDRE DE 5 KW. LE SYNTHETISEUR DE FREQUENCES EST FAIT DE MANIERE A COUVRIR LA BANDE DE 01 A 22,6 MGZ EN 576 PAS DE FREQUENCE LOGARITHMIQUES. UN CYCLE DE SONDAGE DURE 20 SECONDES ET L'EXCURSION COMPLETE DE LA GAMME DE FREQUENCE SE FAIT EN 12 SECONDES .

ON PEUT SELECTIONNER MANUELLEMENT L'UN DES 576 PAS DE FREQUENCE, ET LES VISIONNER SUR LE SCOPE (MONITOR) EN POSITION(SCANE), GRACE A UN GROUPE D'INTERROMPTEURS PLACES EN AVANT DU SONDEUR.

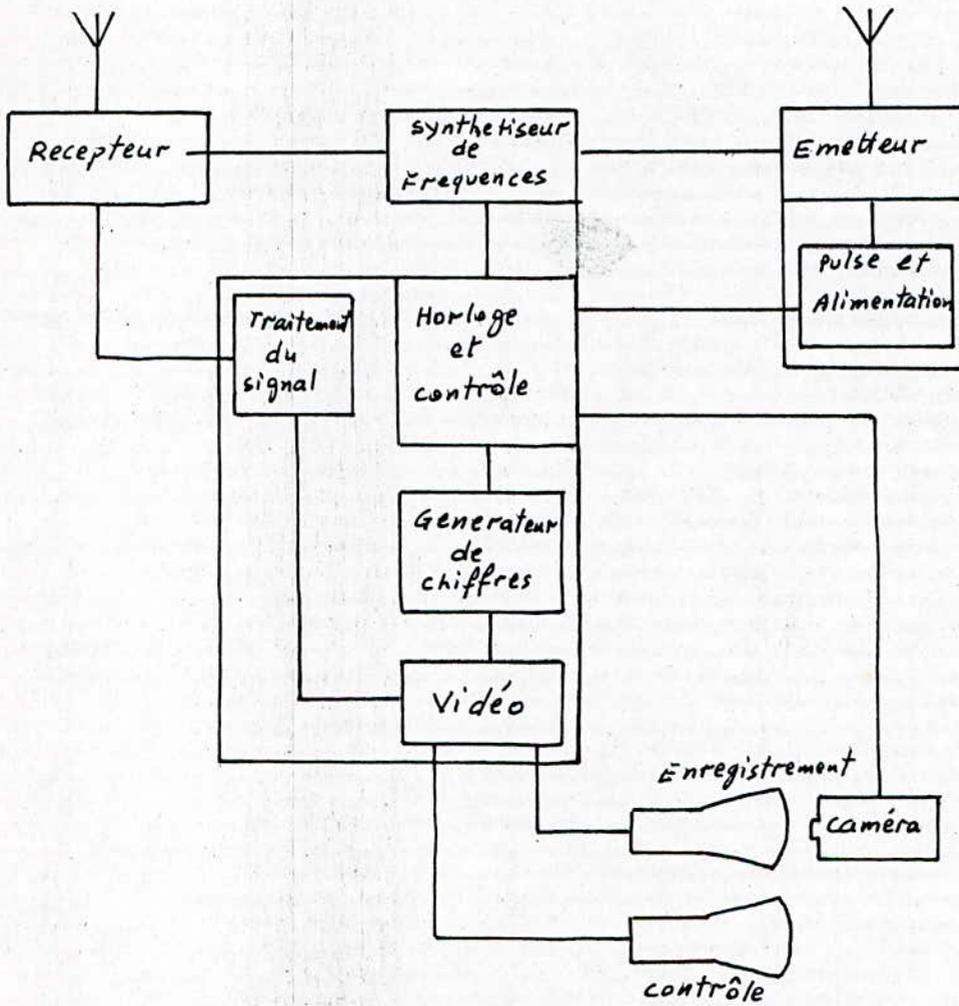


schéma synoptique du
sondeur ionosphérique.

ON PEUT FAIRE 04 TYPES DE PROGRAMMES DIFFERENTS:

- TOUTES LES 15MN (PROGRAMME NORMAL).
- TOUTES LES 05MN.
- TOUTES LES MINUTES.
- TROIS SONDAGE PAR MINUTE EN POSITION (CONTINUOUS).

POUR FAIRE VARIER CES PROGRAMMES AU COURS D'UNE PERIODE DE 24 H, ON UTILISE UNE CARTE AVEC MICRO-PROCESSEUR(PRESET PROGRAMM BOARD).

UN QUARTZ QUI SERT A COMMANDER L'AFFICHAGE DE L'HEURE, DE LA DATE, SUR LES AFFICHEURS 08 SEGMENTS DES DEUX TUBES CATHODIQUES, PILOTE TOUTES LES FONCTIONS DE COMMANDE ET DE CONTROLE. SUR L'IONOGRAMME, LE BRUIT ET LES INTERFERENCES QUI PROVIENNENT DES EMISSIONS HF, SONT SUPPRIMES A LA RECEPTION GRACE AU TRAITEMENT DU SIGNAL.

L'IONOGRAMME EST ENREGISTRE SUR UN FILM 16 mm, ON UTILISE 75 cm DE FILM PAR JOUR EN SONDANT TOUS LES 1/4 D'HEURE. L'APPAREIL CONSOMME ENVIRON 100W COMME PREVENTION DE TOUTE PANNE DE COURANT, ON UTILISE 02 BATTERIES DE 40A/H DE DUREE 10 HEURE. UN CHARGEUR INCORPORE PERMET DE LES MAINTENIR EN CHARGE.

II.2.1/ PRESENTATION DE L'IONOGRAMME:

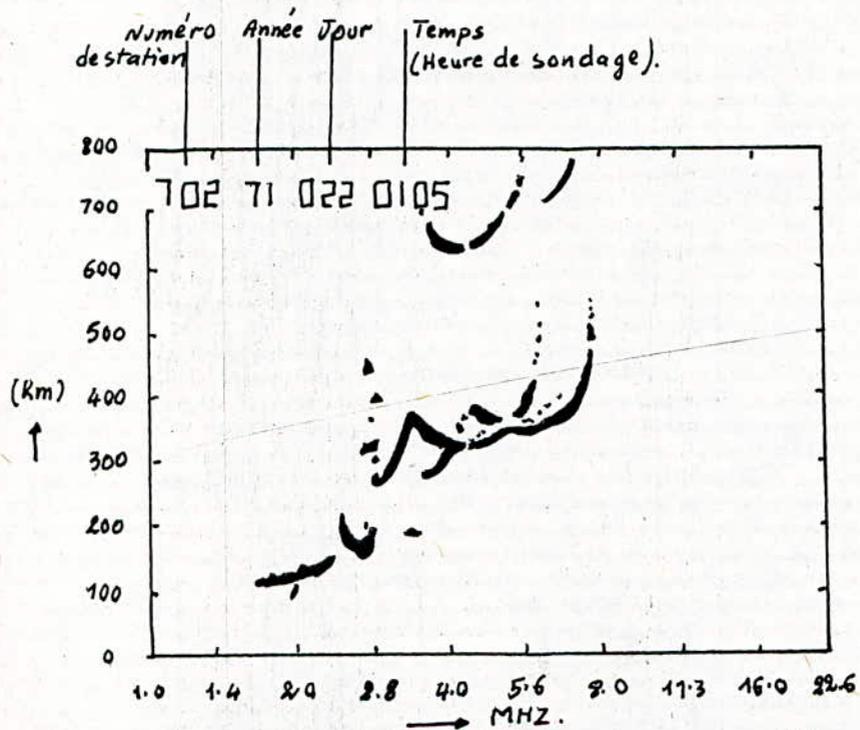
POUR OBTENIR UN IONOGRAMME, L'APPAREIL UTILISE LE PRINCIPE DU BALAYAGE LIGNE EN TELEVISION: LE BALAYAGE DEFILE LENTEMENT DE HAUT EN BAS DE L'ECRAN. L'ANALYSE EST FAITE DE 0 A 800 KM DE GAUCHE A DROITE, TOUT EN AUGMENTANT LA FREQUENCE.

L'OBTURATEUR DE LA CAMERA RESTE OUVERT, ET PENDANT TOUTE L'ECRITURE DE L'IONOGRAMME (Y COMPRIS L'AFFICHAGE ET L'ECHELLE DES HAUTEURS ET FREQUENCES) LE FILM EST IMMOBILE. QUAND L'OBTURATEUR SE FERME, LE FILM AVANCE.

II.2.2/ SUPPRESSION DU BRUIT:

POUR SUPPRIMER LES BRUITS PARASITES ON UTILISE LE PROCEDE SUIVANT: ON EMET 03 IMPULSIONS A CHAQUE FREQUENCE. LES PREMIERS ECHOS ET BRUITS DETECTES SONT MIS EN MEMOIRE DANS UN REGISTRE ET SONT ENSUITE COMPARES AVEC LES ECHOS DE LA 3eme IMPULSION EMISE.

A LA FIN DE CES COMPARAISONS, LES ECHOS A COINCIDENCE, VERITABLES ECHOS, SONT PRATIQUEMENT LES SEULS A RESTER ET A ETRE ENREGISTRES SUR L'ECRAN.



STYLE D'IONOGRAMME produit
 par L'IONOSONDE IPS 42.

II.2.3/ AFFICHAGE ET ECHELLE DES HF:

L'AFFICHAGE SE FAIT PAR DES CHIFFRES 8 SEGMENTS. IL EXISTE 13 AFFICHEURS:

-04 AFFICHEURS POUR L'IDENTIFICATION.

-04 " " POUR LES HEURES ET LES MINUTES.

-03 " " POUR LE JOUR.

-02 " " POUR L'ANNEE.

L'AXE DES HAUTEURS EST GRADUE DE 0 A 800 KM, ON Y TROUVE 08 MARQUEURS DISTANTS DE 100 KM.

LES MARQUES DE FREQUENCE SONT FAITES A PARTIR DE DIVISEURS. ELLES ONT LIEU A INTERVALLES REGULIERS LE LONG DE L'AXE DE FREQUENCES A 1; ~~2,4~~; 2; 2,8; 4; 5,6; 8,0; 11,3; 16,0; ET 22,6 MHZ. 19 MHZ ET 22,6 MHZ SONT AUX DEUX EXTREMITES DE L'AXE.

II.2.4/ GENERATEUR DE FREQUENCES:

LES FREQUENCES SONT GENEREES PAR UN SYNTHETISEUR DE FREQUENCES EPILOTE PAR UN NOMBRE BINAIRE DE 10 BITS QUI INCREMENTE PROGRESSIVEMENT ET LOGARITHMIQUEMENT LES 576 PAS DE FREQUENCES. LES FREQUENCES SONT CHOISIES MANUELLEMENT GRACE A DES INTERRUPTEURS PLACES SUR LA FACE AVANT DU SONDEUR. LE SYNTHETISEUR A UNE SORTIE QUI VA A L'EMISSION ET UNE AUTRE AU PREMIER CHANGEMENT DE FREQUENCE DU RECEPTEUR.

II.2.5/ LE RECEPTEUR :

LE RECEPTEUR A 03 CHANGEMENTS DE FREQUENCE QUI SONT : 70 MHZ, 10,7 MHZ ET 1,6 MHZ

LA BANDE PASSANTE DU DERNIER ETAGE MF QUI CORRESPOND A 1,6 MHZ ET DE 25 MHZ.

A L'AIDE DE CIRCUITS RESONNANTS L-C ON PEUT OBTENIR CETTE ETROITE BANDE PASSANTE QUI VA ETRE SELECTIVE AUSSI. LE GAM DU RECEPTEUR EST AUX ENVIRONS DE 90 .

POUR REDUIRE LA RECEPTION DE PARASITES ON UTILISE DES MELANGEURS A DIODE A CAUSE DE LEURS CARACTERISTIQUES. DU 1er MELANGEUR SONT APPLIQUES DIRECTEMENT LES SIGNAUX ARRIVANT DE L'ANTENNE. UNE SORTIE DU RECEPTEUR (SCAN) PERMET LA VISUALISATION, SOUS FORME LOGARITHMIQUE, DES ECHOS SUR LE SCOPE DE CONTROLE (MONITOR).

II.2.6/ L'EMETTEUR:

IL UTILISE UN AMPLIFICATEUR A LARGE BANDE PULSE DE MANIERE A COMMANDER L'AMPLI DE PUISSANCE, UTILISANT 04 TUBES UTILISES EN TV. CES TUBES ONT BESOIN DE 1500 V POUR LEURS ANODES ET LEURS ECRANS RECOIVENT DES IMPULSIONS

BESOIN DE 1500 V POUR LEURS ANODES, ET , LEURS ECRANS RECOIVENT DES 1000 V IMPULSIONS DE 40 US -500V.

II.2.7/ LES ANTENNES:

02 ANTENNES DE TYPE TYPE DELTA, DISPOSEES DE FACON ORTHOGONALE POUR REDUIRE LE COUPLAGE ENTRE ELLES, SONT UTILISEES POUR LE SONDEUR IONOSPHERIQUE: L'UNE POUR L'EMISSION ET L'AUTRE POUR LA RECEPTION. ELLES SONT MONTÉES EN UN SEUL MAT.

AU SOMMET DE L'ANTENNE ON A INSERE UNE RESISTANCE DE 600 Ω POUR AVOIR UN RAYONNEMENT ESSENTIELLEMENT VERTICAL SUR TOUTE LA GAMME DE FREQUENCES. L'ALIMENTATION DU DELTA SE FAIT AU MILIEU DE SA BASE. SACHANT QUE LES SORTIS EMETTEUR ET RECEPTEUR SE FONT EN 50 Ω , ON A PREVU 02 COAXIAUX DE 50 Ω POUR ALLER AUX ANTENNES.

LE PASSAGE DE 50 Ω A 600 Ω SE FAIT A L'AIDE D'UN TRANSFORMATEUR.

II.2.8/ LES TUBES CATHODIQUES:

IL EXISTE 02 TUBES CATHODIQUES IDENTIQUES : (MAIN) ET (MONITOR).

POUR QUE L'IONOGRAMME SOIT CORRECTEMENT ORIENTE SUR LE FILM IL FAUT QUE LE TUBE "MAIN" SOIT TOURNE DE 90° PAR RAPPORT AU TUBE "MONITOR".

CHACUN DE CES DEUX TUBES A SON SELECTEUR DE FONCTION A L'AVANT DU SONDEUR

CES 02 TUBES SONT INDEPENDANTS. " MONITOR " POSSEDE 10 FONCTIONS ALORS

QUE LE TUBE " MAIN " N'EN POSSEDE QUE 07 .IL EXISTE 07 FONCTIONS

IDENTIQUES AUX 02 ECRANS:

- * SET UP: APPARITION D'UNE GRILLE PERMETTANT DE REGLER L'INTENSITE LE FOCUS...AINSI QUE L'OBJECTIF DE LA CAMERA.
- * PRESET: LES PROGRAMMES DE SONDAGE CHOISIS SUR LA CARTE "PRESET" PROGRAMME BOARD" COMMANDE LE SONDEUR.
- * SINGLE: PERMET LE DEMARRAGE DE SONDAGE ET D'AVOIR UN SEUL SONDAGE.
- * 15 MIN : SONDAGE AUTOMATIQUE TOUS LES 1/4 D'HEURE.
- * 05 MIN : " " TOUTES LES 5 MINUTES.
- * 01 MIN : " " TOUTES LES MINUTES.
- * CONT : SONDAGE CONTINU : 03 SONDAGES/MINUTE.

VOICI LES 03 FONCTIONS PROPRES AU "MONITOR"

* N1 : "INDICATION NUMERIQUE" (LA DATE ET L'HEURE SONT VISUALISEES SUR L'ECRAN DE CONTROLE). ON Y OBSERVE MEME LES SECONDES.

* ASCAN : ON VISUALISE SUR L'ECRAN LES ECHOS RECUS SUR UNE FREQUENCE

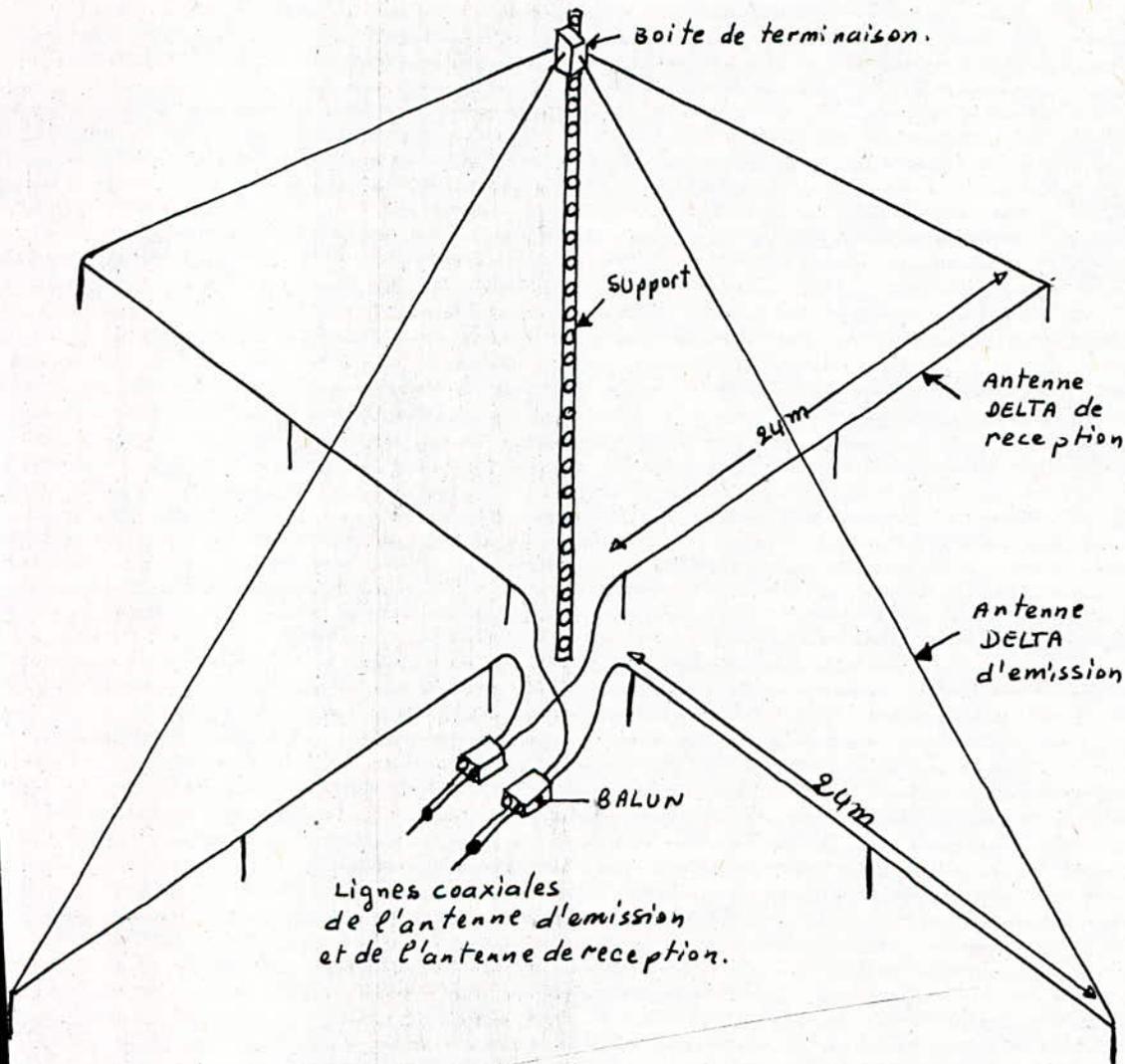


schéma d'une antenne verticale delta.
d'emission placée perpendiculairement
à une antenne delta de reception.

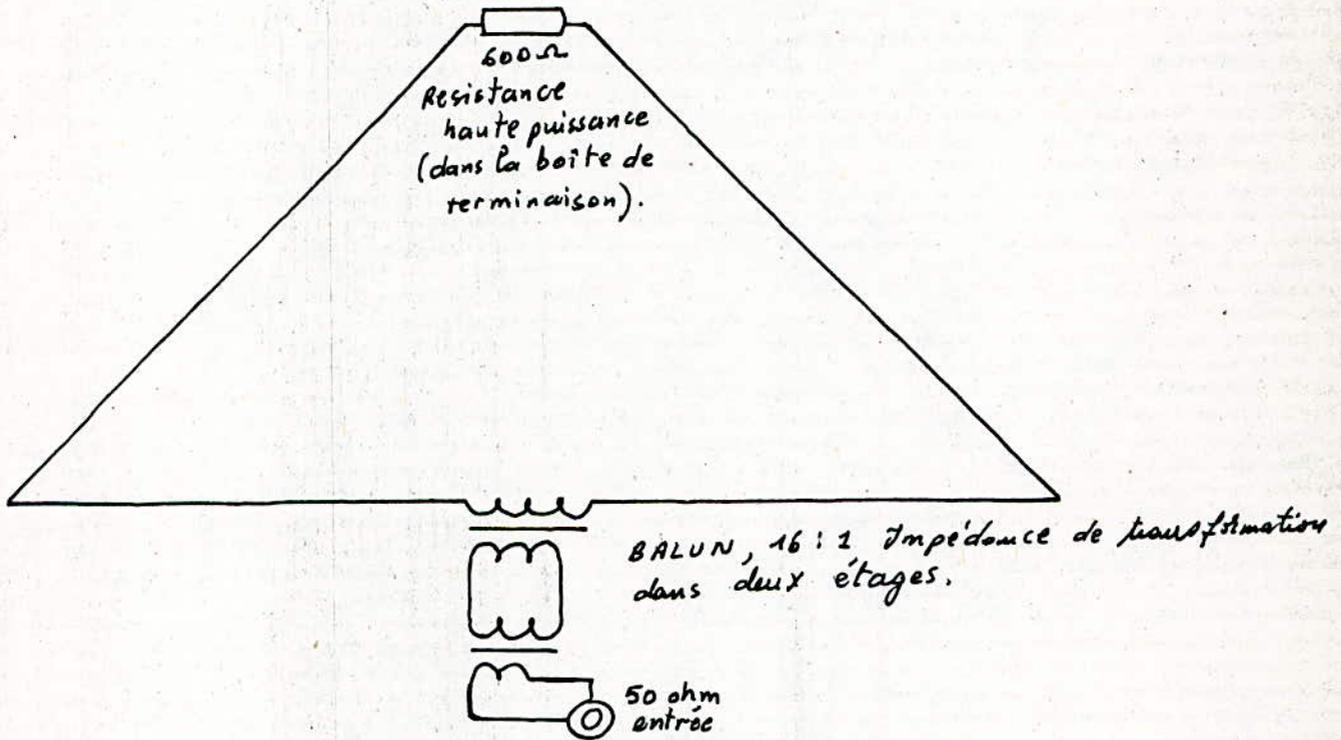


schéma montrant le circuit d'attaque
du récepteur ou l'émetteur, d'une
antenne DELTA.

OU SUR L'ENSEMBLE DES FREQUENCES.

* P.P SET : CETTE POSITION PERMET D'OBSERVER LES PROGRAMMES DE SONDAGE
CHOISIS SUR LA CARTE "PROGRAMM PREST BOARD";

II.2.9/ L'HORLOGE :

ELLE COMMANDE QUASI TOTALITE DES OPERATIONS DU SONDEUR : LA

LA PROGRAMMATION, L'EMETTEUR, L'ENREGISTREMENT, LA COMMANDE DE LA CAMERA
LE SYNTHETISEUR DE FREQUENCE ET LE TRAITEMENT DU SIGNAL.

ELLE COMPORTE 03 PARTIES PRINCIPALES:

- L'OSCILLATEUR PILOTE/DOVISEUR A QUARTZ OSCILLANT SUR 6144 KHZ.
- L'HORLOGE OPERATIONNELLE.
- LE CHRONOMETRE.

II.2.10/ TRAITEMENT DU SIGNAL:

DANS LE BUT D'AVOIR UN BON IONOGRAMME , ON EST AMENE A TRAITER LES ECHOS
DETECTES POUR SUPPRIMER LE PULSE DE DEPART ET LE BRUIT. ON DISTINGUE
03 PARTIES :

- a) LA SORTIE DU CIRCUIT DETECTION DU RECEPTEUR; PAR L'INTERMEDIAIRE
D'UN COMPARETEUR, ELLE EST COUPLEE A LA LOGIQUE TTL. CE
COMPARETEUR FAIT QUE LA SORTIE DU RECEPTEUR NE SOIT PAS AFFECTEE
PAR UNE BANDE DE BRUIT.
- b) LA SEQUENCE D'EMISSION QUI DURE 21,333 ms EST DIVISEE EN 04
PARTIES DE 5,33 ms. DANS CHAQUE PARTIE LES PREMIERES 333 us
SONT EFFACEES , CE QUI FAIT QUE LE PULSE DE DEPART ENTRE
0 ET 50 KM EST SUPPRIME.
- c) LE BRUIT EST SUPPRIME.

POUR QUE LES ECHOS NE GENENT PAS LA LECTURE, ON EFFACE, APRES LE DERNIER
TRAITEMENT, LA VIDEO ENTRE 700 ET 750 KM DURANT L'AFFICHAGE DE LA DATE
ET DE 1'HEURE.

II.2.11/ LA CAMERA :

SON ROLE EST DE PHOTOGRAPHIER LES ECHOS APPARAISSANT SUR LE TUBE
CATHODIQUE LORS D'UN SONDAGE.

UN PETIT MOTEUR ELECTRIQUE A COURANT CONTINU COMMANDE L'OBTURATEUR ET
L'AVANCE DU FILM , GRACE A DES ENGRENAGES. CEL MOTEUR EST COMMANDE PAR

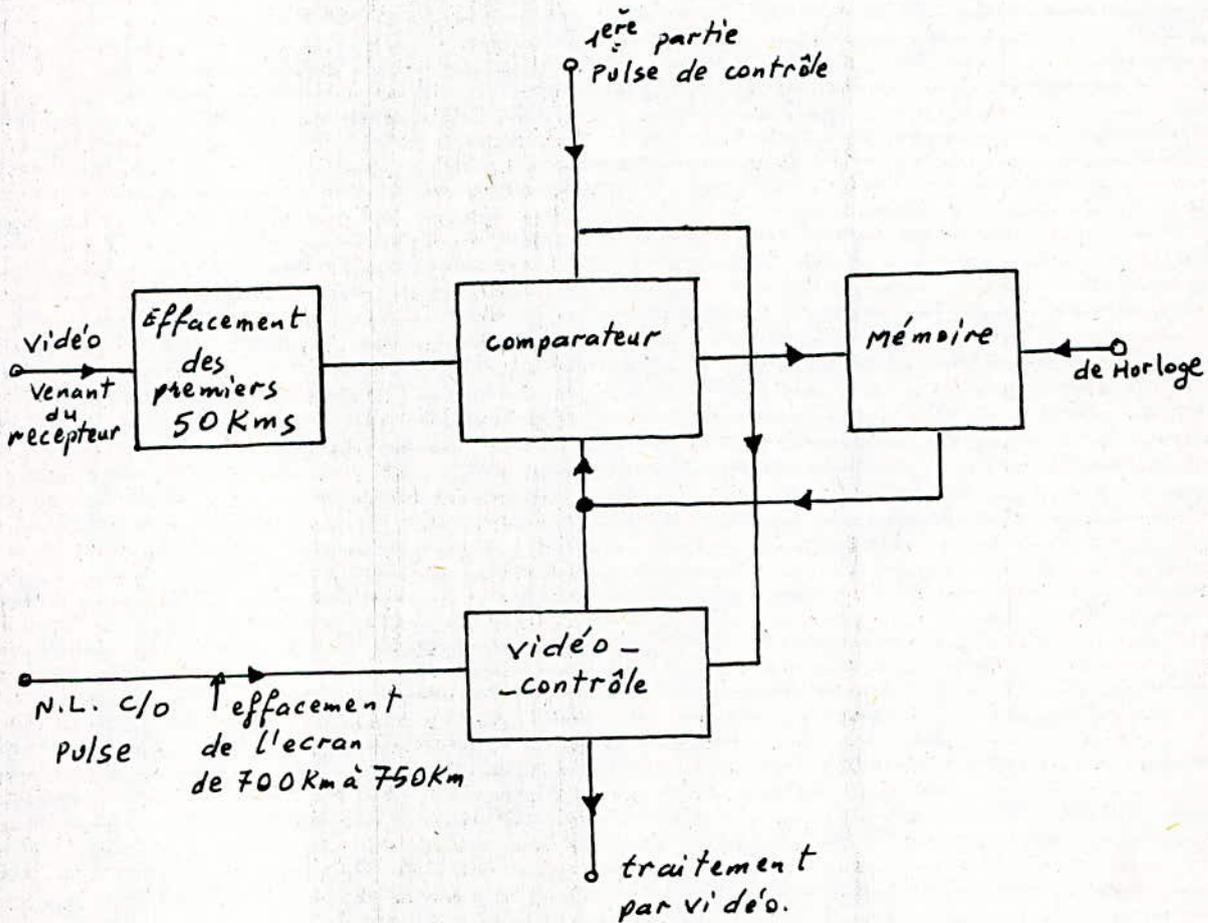


schéma synoptique du block de
Traitement de signal.

UN MONTAGE ELECTRIQUE QUI SE TROUVE A L'INTERIEUR DE LA CAMERA.
LE DIVISEUR DE SECONDES DONNE LES INSTRUCTIONS NECESSAIRES A CE
MONTAGE A TRAVERS UNE PARTIE DE L'ETAGE DE COMMANDE .

AU DEBUT DE CHAQUE SONDAGE L'OBTURATEUR EST OUVERT ET LE FILM
AVANCE TRES LENTEMENT. QUAND L'OBTURATEUR SE FERME, LE FILM AVANCE
TOUJOURS DE LA 18^{ème} A LA 23^{ème} SECONDE (DERNIERES SECONDES DE CHAQUE
SONDAGE) ET CECI PAR L'INTERMEDIAIRE D'UN BOUTON SIMILE A L'ARRIERE DE
LA CAMERA.

LE CHAGEMENT DU FILM S'EFFECTUE DANS UNE CHAMBRE NOIRE.

CHAPITRE 3

Transformation

Du Radar Ionosphérique

• En Radar ST

CHAPITRE III.

Transformation du radar
ionosphérique en radar S.T.

I - Introduction :

le receptrer reçoit un signal dont la fréquence peut s'écrire comme suite :

$$f_r = f_e + f_d$$

où f_e : fréquence VHF émise

f_d : fréquence doppler de la cible abservée, Le receptrer a pour rôle de donner à sa sortie la fréquence Doppler (f_d) seulement. donc il doit pouvoir compenser totalement la fréquence émise (f_e) et ses dérives. pour réaliser ceci le receptrer regénère à son niveau exactement la même fréquence qu'à l'émission (f_e), et puis par une opération de mélange on la supprime. sachant qu'avec deux oscillateurs différents, c'est-à-dire un à l'émission et l'autre à la réception, on ne peut jamais avoir, exactement la même fréquence, d'où l'on observe une différence des fréquences d'émission, quoique légères, mais pouvant s'interpréter comme une fréquence doppler et pourra fausser par la suite le résultat de l'observation.

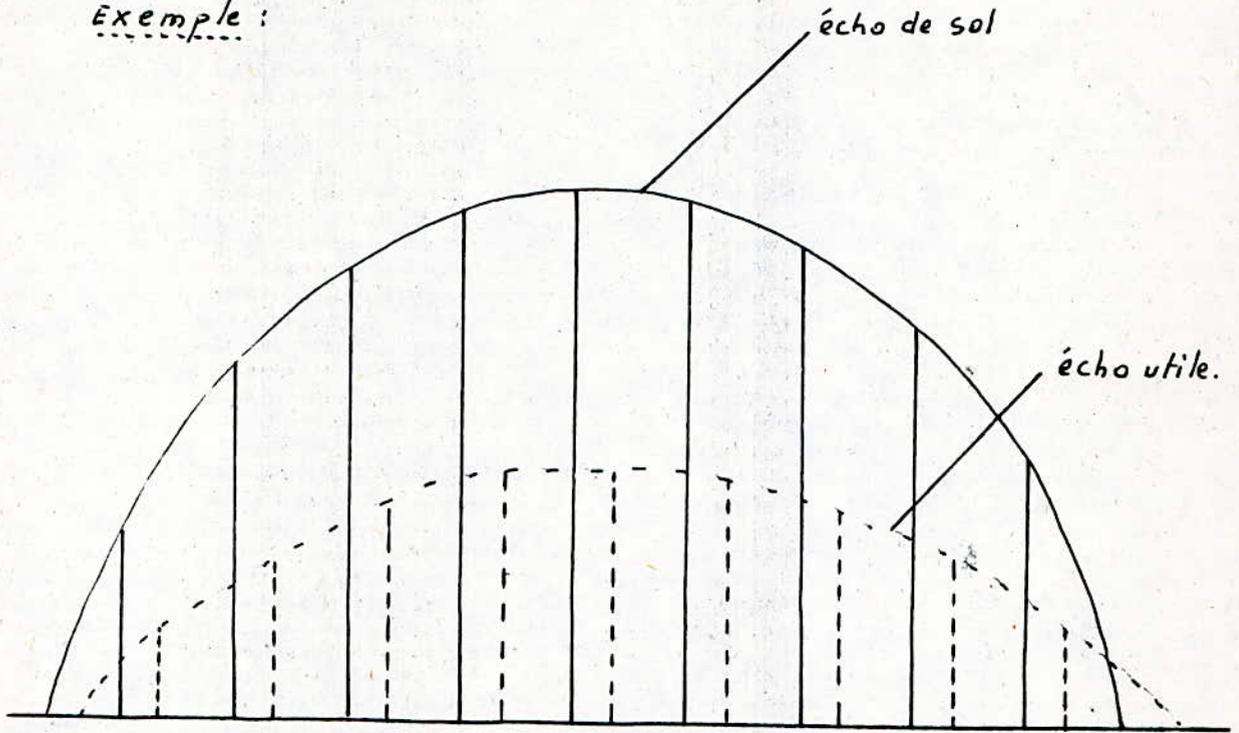
pour réaliser la cohérence en fréquence, on peut utiliser un seul oscillateur servant en même temps à l'émission et à réception, compenser cette même fréquence dans le receptrer, Pour pouvoir faire des sondages par effet doppler avec un radar ST il est nécessaire, que le système soit cohérent en fréquence, c'est-à-dire qu'il ne faut aucune dérivé de fréquence qui ne soit compensée. Tous les oscillateurs locaux utilisés à l'émission ou à la réception doivent être synthétisés à partir, du même oscillateur pilote ou accrochés en phase.

II - RADARS COHERENTS :II - 1. BUT DES RADARS COHERENTS :

dans le cas du radar classique à impulsions, on envoie une impulsion à une certaine fréquence UHF et on mesure le temps qui s'écoule entre le départ et le retour de l'énergie. si on n'utilise pas l'information fréquence contenue dans le signal, le radar n'atteint pas son fonctionnement optimal, pour pouvoir recueillir le maximum d'énergie utile, il faut que la largeur de bande du receptrer soit très grande, donc on peut recueillir le maximum de bruit et de brouillage affensifs, Le spectre du signal de reception n'est utilisé que pour son enveloppe totale et non pas par sa contexture fine, Si le radar est fixé et émet des impulsions de $1 \mu s$ à une fréquence de recurrence (f_r), l'énergie renvoyée par le sol est coucentrée autour de raies distantes de (f_r) dans un spectre de lobe principal de 2 MHz. L'écho utile affecté d'effet doppler,

(exemple : $\lambda = 10 cm$, $v = 300 m/sec$, $f_d = 6 KHZ$) est représenté par un spectre identique déplacé de f_d . On constate donc que le receptrer recueillera toute l'énergie nuisible de l'écho de sol, par contre s'il e'tait possible de recueillir l'énergie contenue dans chaque raie du spectre utile (filtre en peigne) ou même l'énergie d'une seule raie utile, ou obtiendrait le meilleur rapport signal/bruit possible. Donc le but des radars cohérents est de tendre vers le radar idéal en s'efforçant de réduire la bande de reception au minimum compatible avec le spectre du signal utile, On conçoit que pour positionner ce filtre idéal autour de la fréquence à recueillir, il faut avoir une connaissance très précise de la fréquence émise et conserver la mémoire de cette fréquence, A la reception, le travail consiste à comparer la fréquence du signal émis à cette du signal reçu ,

Exemple :



Représentation du spectre d'un
écho utile reçu en même temps
que les échos de sol.

et la différence nous donnera l'effet doppler de la cible. Ceci nous permet donc :

- de supprimer tout écho fixe nuisible
- de réduire la bande de réception au minimum

N.B : Nous avons parlé de mémoire et de comparaison de fréquence, il est possible d'obtenir un résultat parfaitement identique par une mémoire et une comparaison des phases entre le signal émis et l'écho. le signal émis s'écrit :

$$E = E_0 \cos \omega_0 t$$

l'écho reçu autemps T est :

$$= K E_0 \cos \omega_0 T \quad \text{pour un écho fixe}$$

$$= K E_0 \cos(\omega_0 + \omega_d) T \quad \text{pour un écho mobile.}$$

donc au temps T, la phase du signal mis en mémoire est : $\omega_0 T$

/// - 2 Radar idéal et radar réel :

le spectre du signal d'un écho mobile éclairé par une émission à fréquence pure n'est pas une raie simple, mais il est élargi par différentes causes :

- fluctuations dûs au scanning
- fluctuations de surface équivalente et de point brouillant.
- accélération de la cible et vibration de ses éléments
- élargissement du spectre dû au temps de passage limité de l'antenne.

les causes 1 et 2 dépendent du type de cible. la 3ème cause peut-être évaluée si on connaît la capacité de manoeuvre de la cible à détecter. si la cible a une accélération γ , l'augmentation de sa vitesse est : $\Delta V = \gamma \Delta t$

les valeurs de ΔV possibles sont importantes pour le temps d'intégration : $\Delta t \approx 1/\Delta f$. avec Δf : largeur du filtre cherché
d'où : $\Delta f = \sqrt{2\gamma/\lambda}$. Si on a parlé de recueillir l'énergie dans chaque raie du spectre de la cible, il faut bien comprendre que au tour de chaque raie, l'énergie utile est répartie dans un spectre d'une certaine largeur. Le filtre que l'on doit définir pour recueillir cette énergie a obligatoirement une largeur fine (en général plus grande que le filtre idéal qui correspond à une intégration complètement cohérente). Donc dans un radar réel la détection cohérente peut se limiter par la largeur Δf du spectre de l'écho qui correspond à un temps d'intégration cohérente : $\Delta t = 1/\Delta f$. si la cible reste longtemps dans le faisceau, il est nécessaire de détecter quadratiquement à la suite d'un filtre de largeur Δf , et d'intégrer de façon non cohérente ensuite pendant le temps d'intégration total ΔT . généralement une chaîne de réception radar est composée de :

- une partie en détection cohérente
- la détection quadratique
- l'intégration.

III - 3 RADARS COHERENTS ET RADARS AUTO - COHERENTS :

On peut mémoriser la fréquence émise à l'aide d'une ligne à retard faite par trajet aller-retour du signal émis.

Sur les obstacles fixes, celui-ci se réfléchit en conservant la fréquence, la comparaison (ou battement) avec lui-même permet d'extraire la fréquence doppler d'une cible mobile à même distance. On dit que la réception est auto-cohérente par comparaison aux radars cohérents qui conservent par eux-même la mémoire de fréquence.

L'avantage des radars auto-cohérents est leur simplicité ils ont de sérieuses limitations dont la plus évidente est de disposer d'un écho de cible fixe à même distance que la cible mobile.

III - 4 Moyens pour conserver la mémoire de fréquence au de phase dans un radar cohérent :

III - 4.1 Emetteur à chaîne pilote stable :

Un tel radar utilise une horloge interne conservant la fréquence émise avec une grande stabilité. cette horloge peut-être un quartz thermostaté oscillant à une fréquence fixe dont on élève la fréquence par multiplication jusqu'à l'obtention de la fréquence d'émission désirée, au lieu des klystrons asservis correctement en fréquence et phase.

à ce sujet ce qui importe n'est pas la dérive à long terme du quartz mentionnée par les fabricants (exemple : 2 4 Heures) mais sa dérive à très court terme (quelques millisecondes) la stabilité des quartz dépend de leur taille.

dans le cas d'un pilote à quartz, celui-ci fournit par différentes multiplications en fréquence (réalisées par des diodes varactors), les diverses fréquences nécessaires à la démodulation du signal.

III - 4.2. Utilisation d'une mémoire auxiliaire :

au lieu d'utiliser un émetteur stable, on peut coller en phase un oscillateur sur la phase de l'émission.

cet oscillateur est suffisamment stable pour conserver la mémoire de la phase initiale pendant une récurrence (par exemple : F.I = 60 MHz) or la fréquence de cet oscillateur est bien plus faible que la fréquence d'émission.

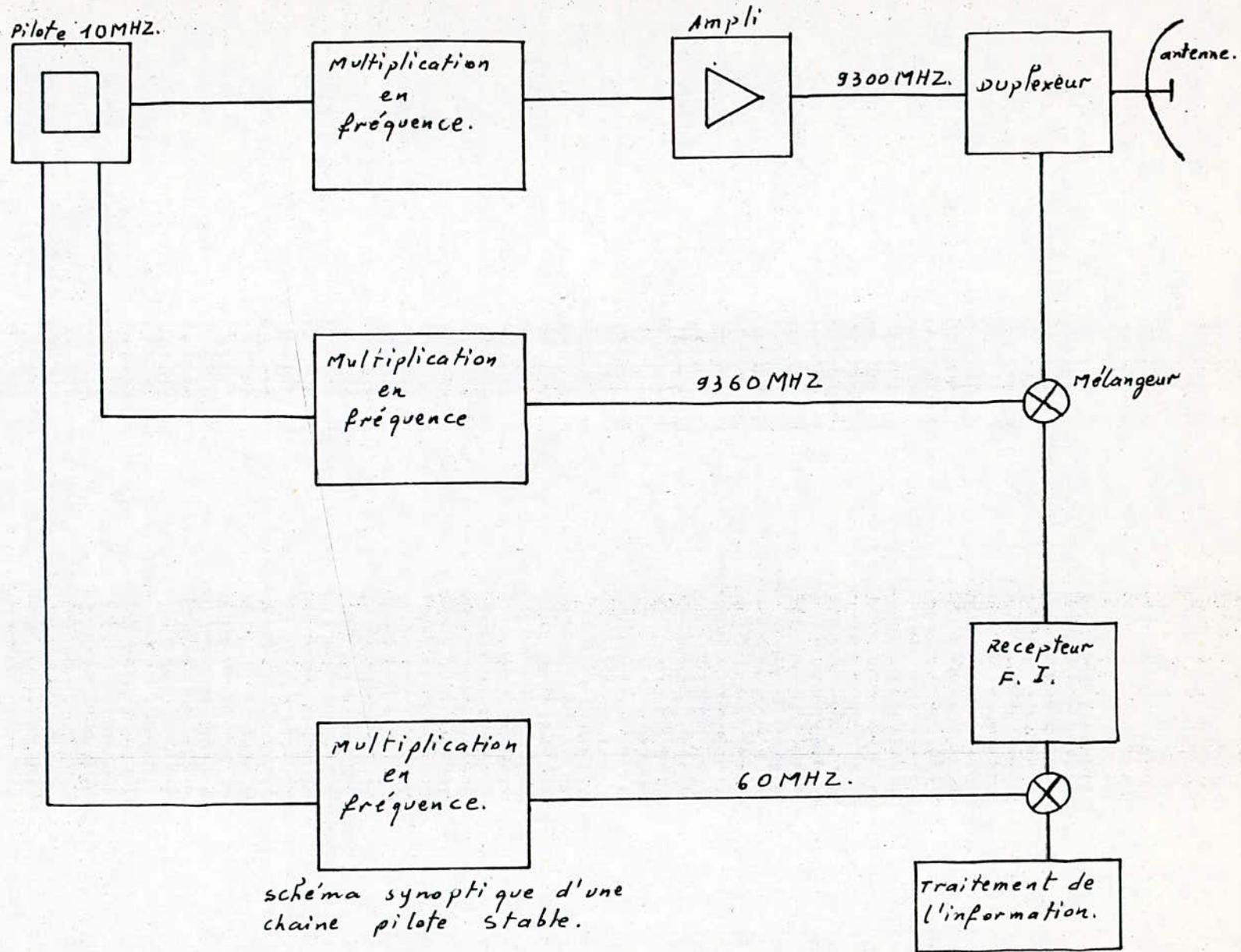
cet oscillateur s'appelle oscillateur cohérent ou " COHO", la comparaison de la phase de l'émission et de la phase de réception se fait dans un détecteur amplitude-phase (D.A.F.).

on constate que les problèmes de stabilité de fréquences ou de phases sont reportés sur l'oscillateur local " STALO", dont la fréquence ne doit pas varier pendant la récurrence du radar.

le problème est plus simple du fait que l'oscillateur n'est autre qu'un klystron thermostaté et compensé, délivrant une puissance très faible.

ce type d'émetteur est utilisé par plusieurs radars actuels.

Exemple : utilisation d'un émetteur à chaîne pilote stable :



utilisation d'une mémoire auxiliaire:

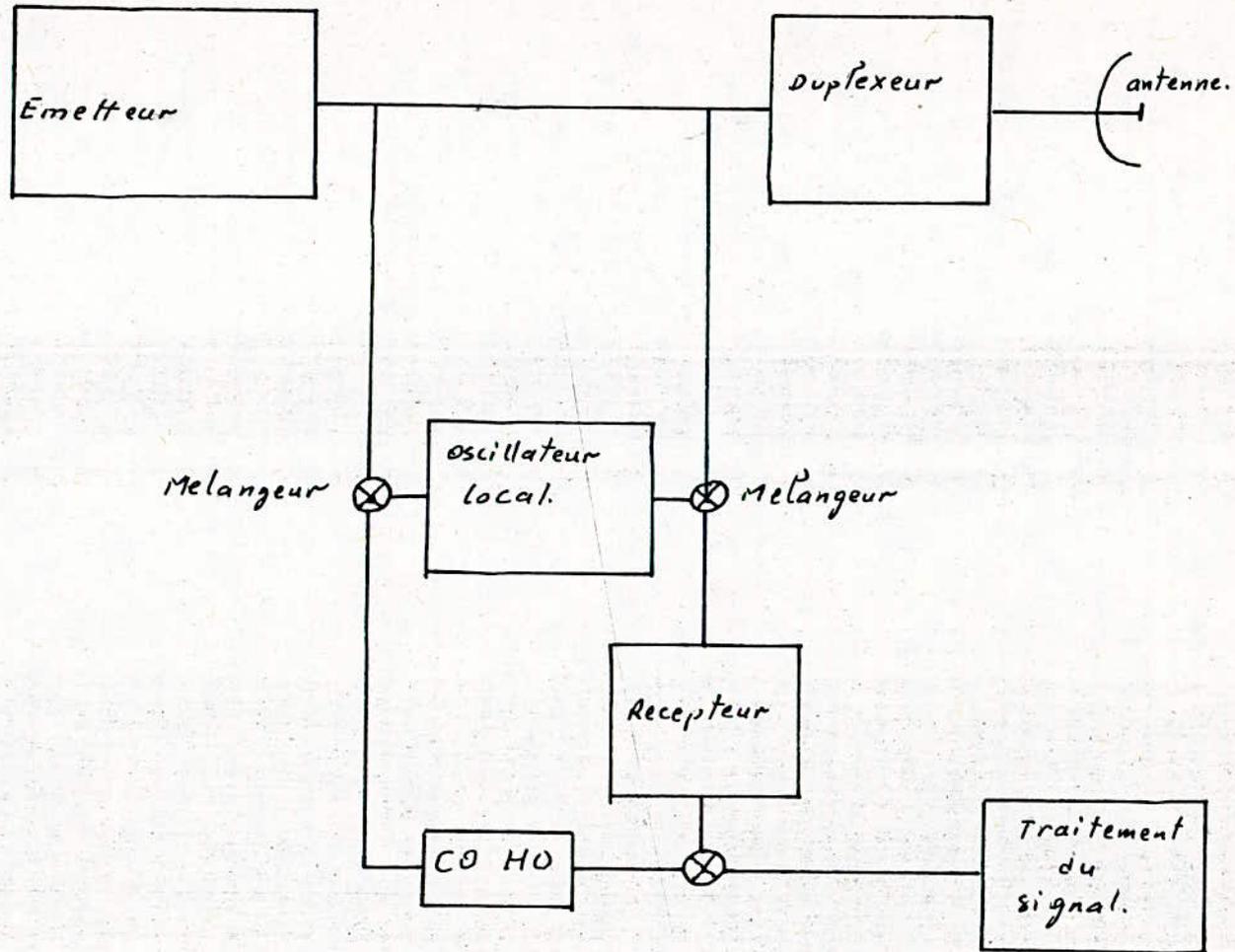


schéma d'une mémoire auxiliaire.

III - Etude de la cohérence du radar conosphérique :

Dans le schéma synaptique du sondeur ionosphérique on remarque l'existence d'un synthétiseur de fréquence qui fournit les fréquences nécessaires à l'émetteur et au récepteur du sondeur- il génère 576 pas de fréquences logarithmiques, couvrant la bande de fréquence de 1 MHz à 22,6 MHz le synthétiseur est contrôlé par un nombre binaire de dix bits permettant d'explorer pas à pas les 576 fréquences pendant un sondage, le synthétiseur est composé de trois parties :

- section digitale
- section R . F
- section V.F.O. : oscillateur variable de fréquences. le synthétiseur de fréquence joue le rôle d'un oscillateur servant en même temps à l'émission et à compenser les dérives de fréquence à la réception.

il peut y avoir instabilité en fréquence due à des dérives. ces dérives ne sont pas importantes devant la bande passante du récepteur, le synthétiseur est doté d'un comparateur qui sert à corriger les dérives du V F O , ceci étant, on peut conclure quant à la cohérence du sondeur ionosphérique.

44

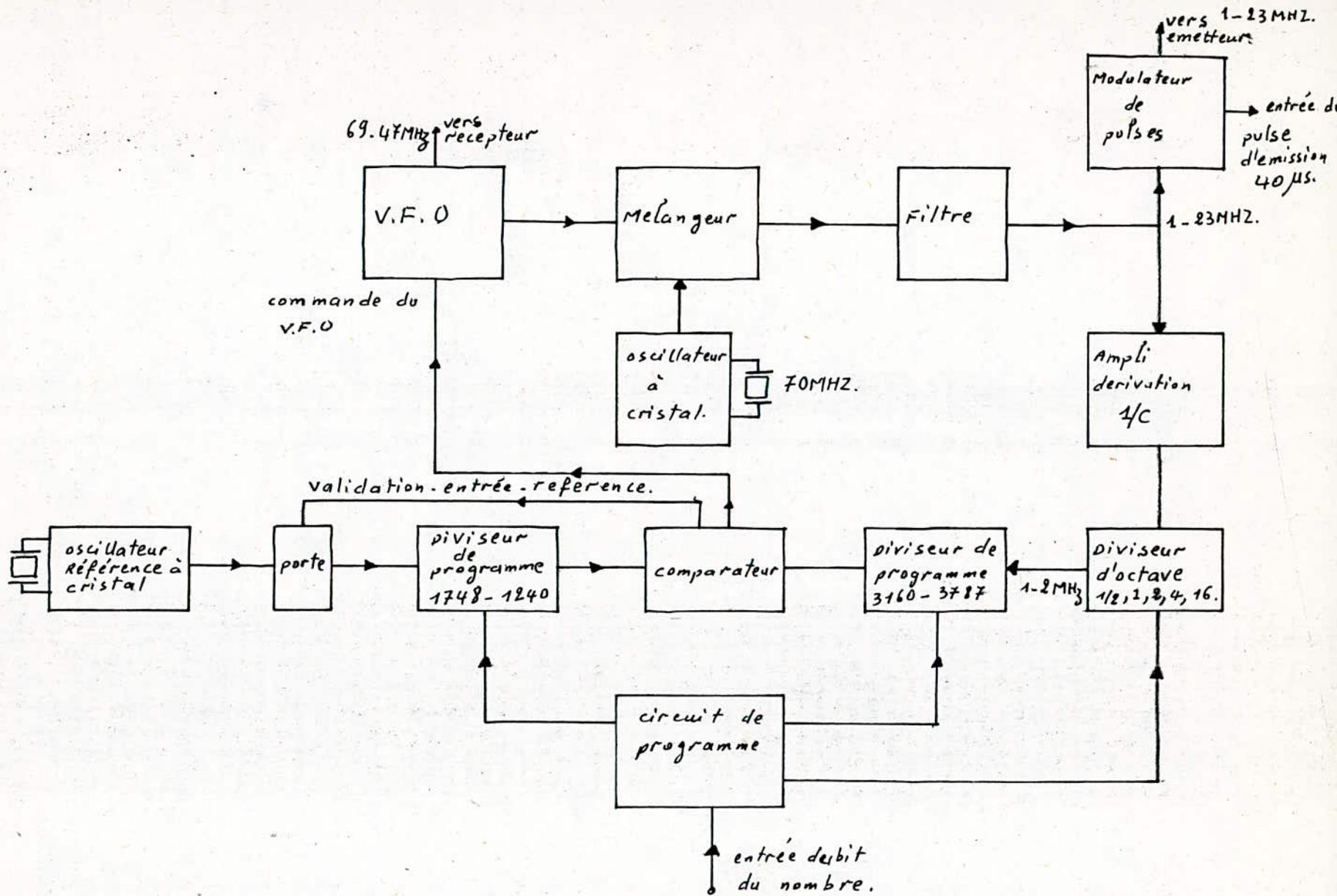


schéma synoptique du synthétiseur de fréquence.

3/1 CRITERES DE TRANSFORMATION :sondage entre 0 et 50 Km.

Dans le sondeur ionosphérique, les 50 premiers Kms sont effacés, comment ceci se produit : un diviseur opérationnel possédant quatre sorties A, B, C, D, qui constituent les entrées d'une porte NAND.

la sortie de cette porte NAND et la sortie vidéo du récepteur constituent les entrées d'une deuxième porte NAND.

la sortie de la première NAND à l'état bas pour les premières 333 micro-secondes de chaque période de 5,33 milli-secondes.

quand cette sortie est à l'état bas, la vidéo n'apparaît pas à la sortie de la deuxième NAND et efface ainsi la vidéo durant les premiers 50 Kms sur l'ionogramme.

quand la sortie de la première NAND est à l'état haut, la deuxième entrée de la deuxième NAND (VIDEO) sera à l'état haut, et la vidéo apparaît sous forme de pulses à la sortie de cette deuxième NAND.

notre but est d'effectuer un sondage S.T, c'est-à-dire entre 0 et 25 Kms. donc au lieu d'effacer les 50 premiers Kms comme décrit ci-dessus, on fait l'inverse, c'est-à-dire on effectue le sondage entre 0 et 50 Kms et on efface l'autre partie de 50 à 800 Kms, pour cela, il suffit de changer dans le circuit de suppression des 50 premiers Kms la deuxième porte NAND (I C 6) par une porte O.R.

on voit bien d'après les chronogrammes que les 50 premiers Kms sont sauvegardés et l'autre partie est effacée.

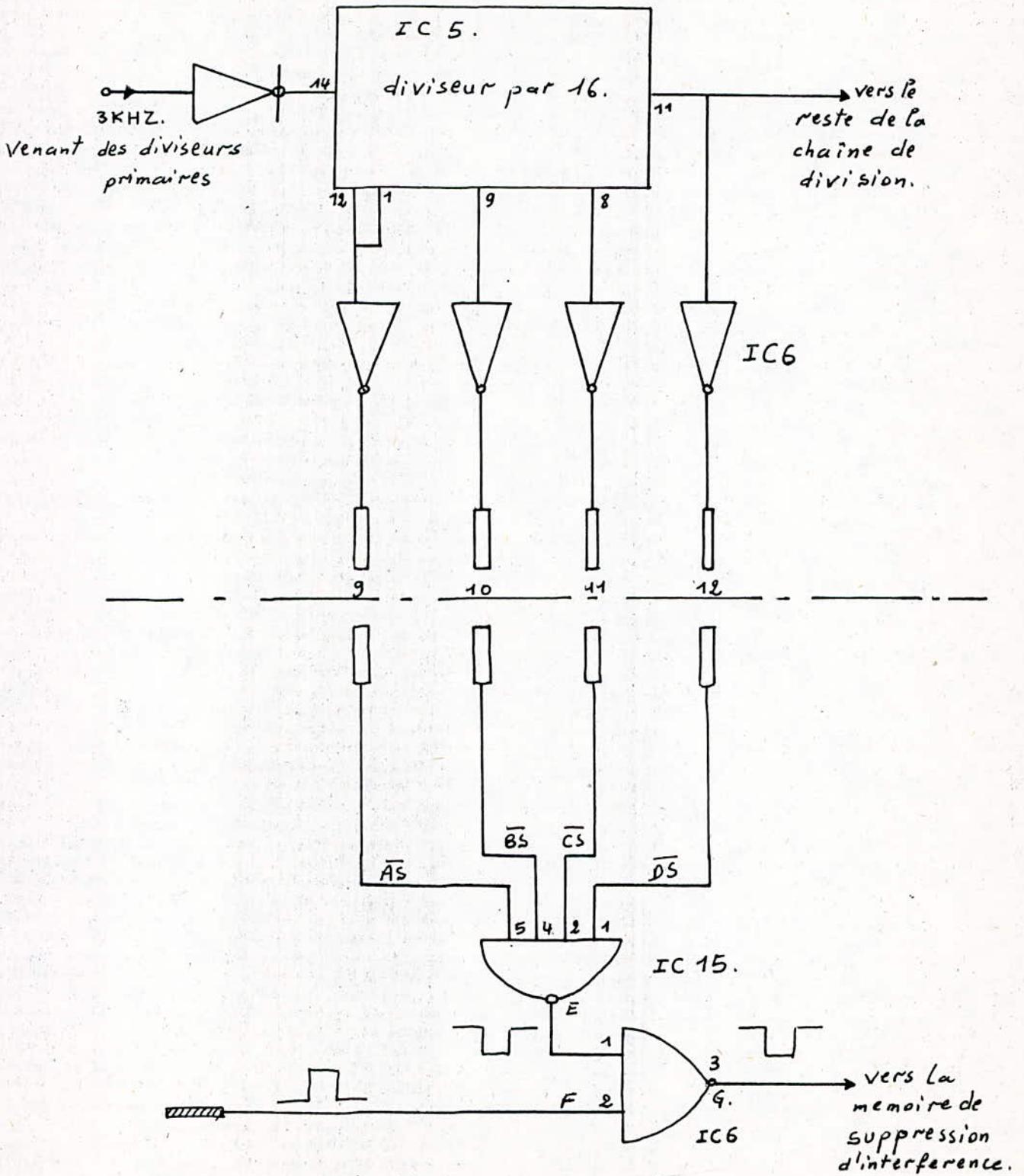
pour effectuer un sondage S.T, c'est-à-dire entre 0 et 25 Kms, il suffit de diviser les 333 micro-secondes par 2, on obtient ainsi 166,5 micro-secondes correspondant à 25 Kms.

pour cela, on divise la période du signal a 5 par 2, ce qui revient à diviser les autres signaux par 2 (B5, C5, D5).

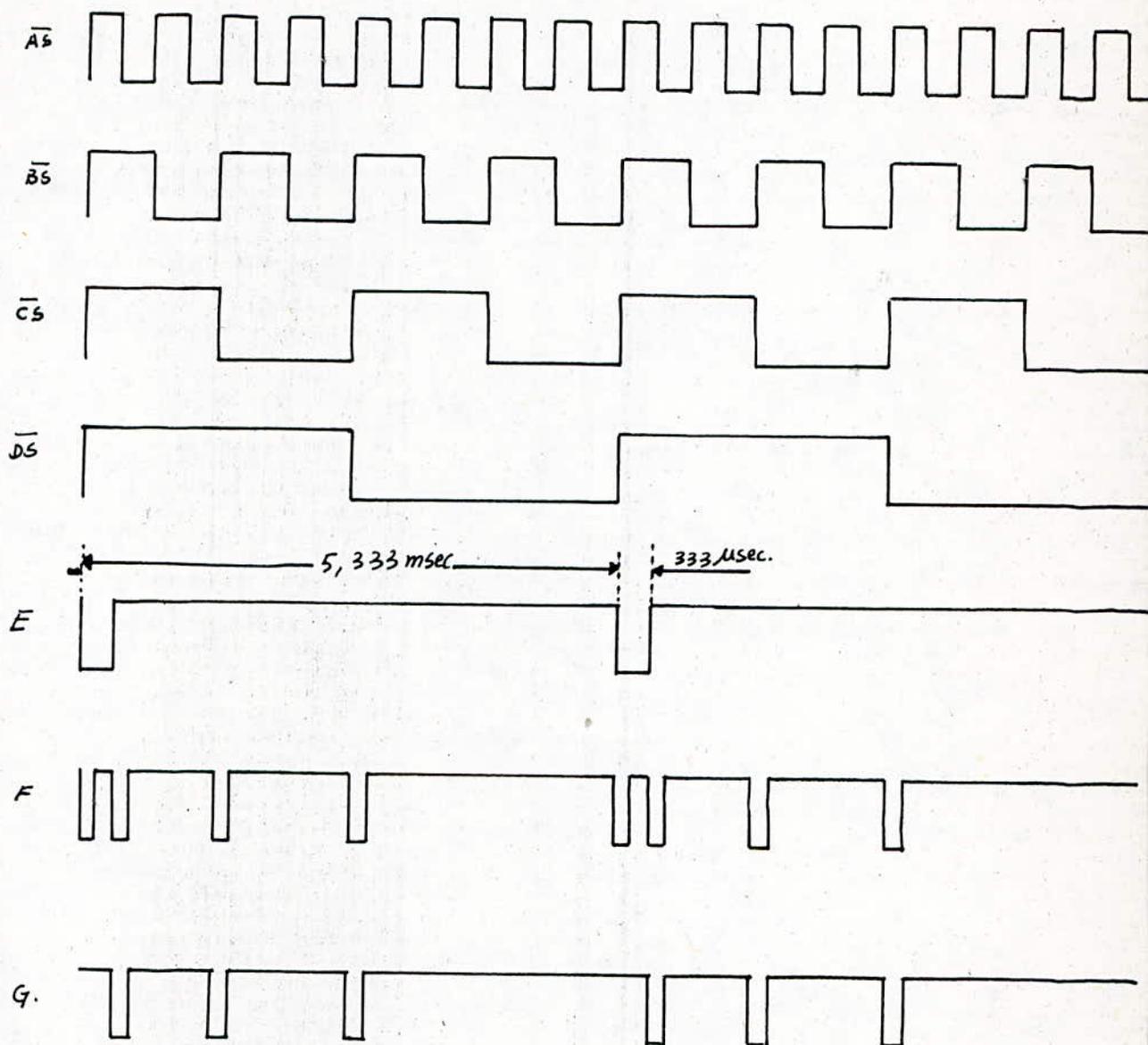
pour réaliser ça, deux solutions s'imposent :

- la première consiste à remplacer le diviseur par 16 par un diviseur par 8.
- la deuxième consiste à utiliser à l'entrée du circuit de suppression une fréquence de 6 KHZ, au lieu de 3 KHZ.

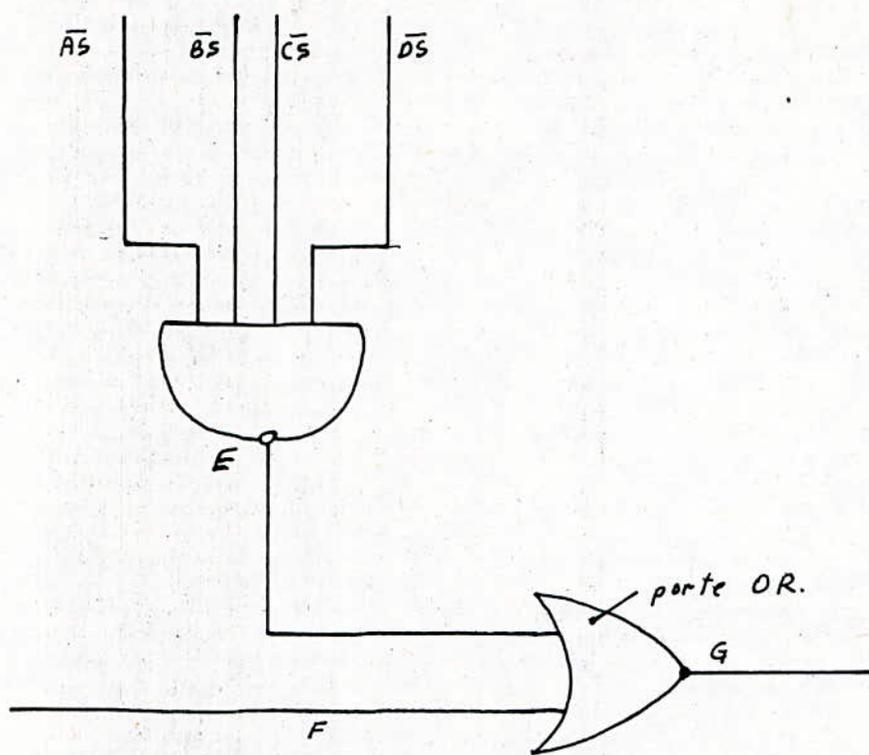
cette fréquence de 6 KHZ, est prélevée à partir des diviseurs de l'horloge. pour ne pas perturber le reste de la chaîne de division, on rajoute un diviseur par deux à la sortie 11 du diviseur par 16.



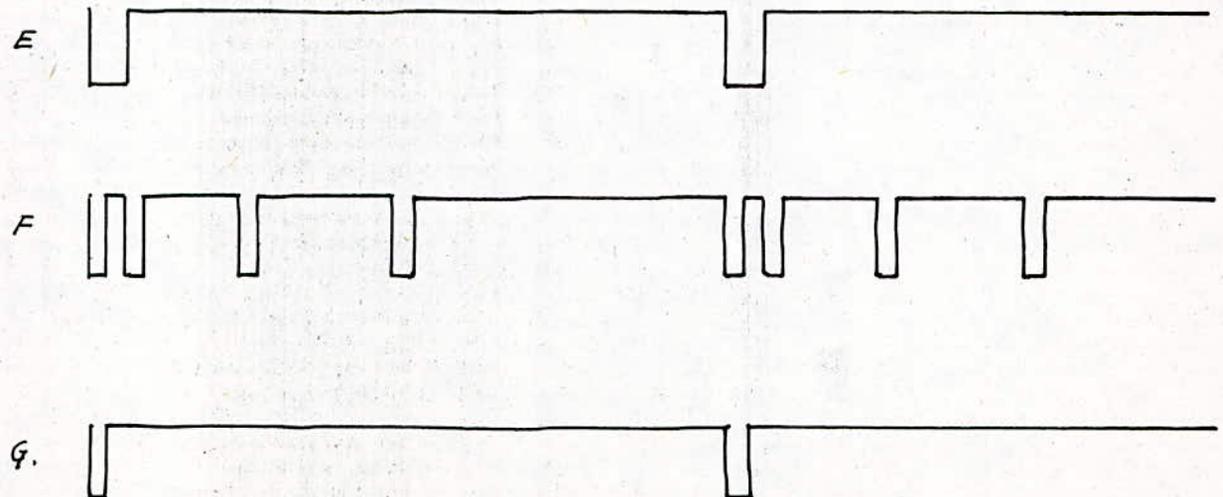
circuit de suppression des premiers 50 Kms premiers.



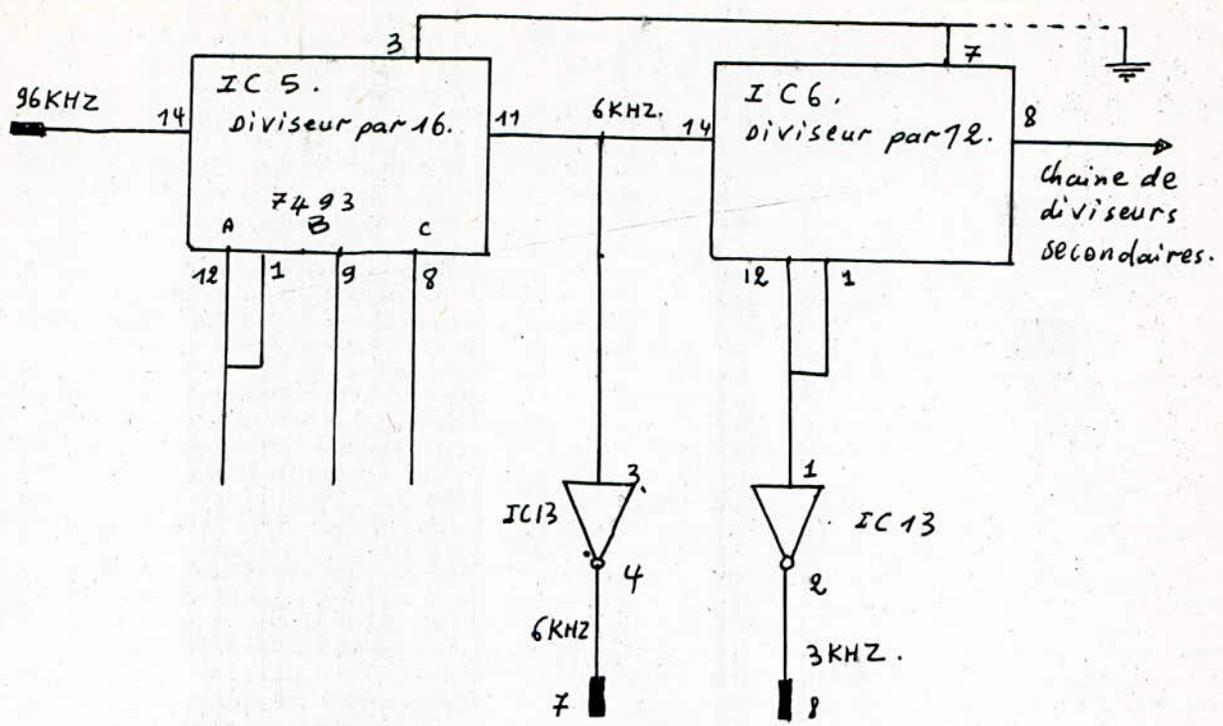
chronogrammes montrant la suppression
des 50Kms premiers.



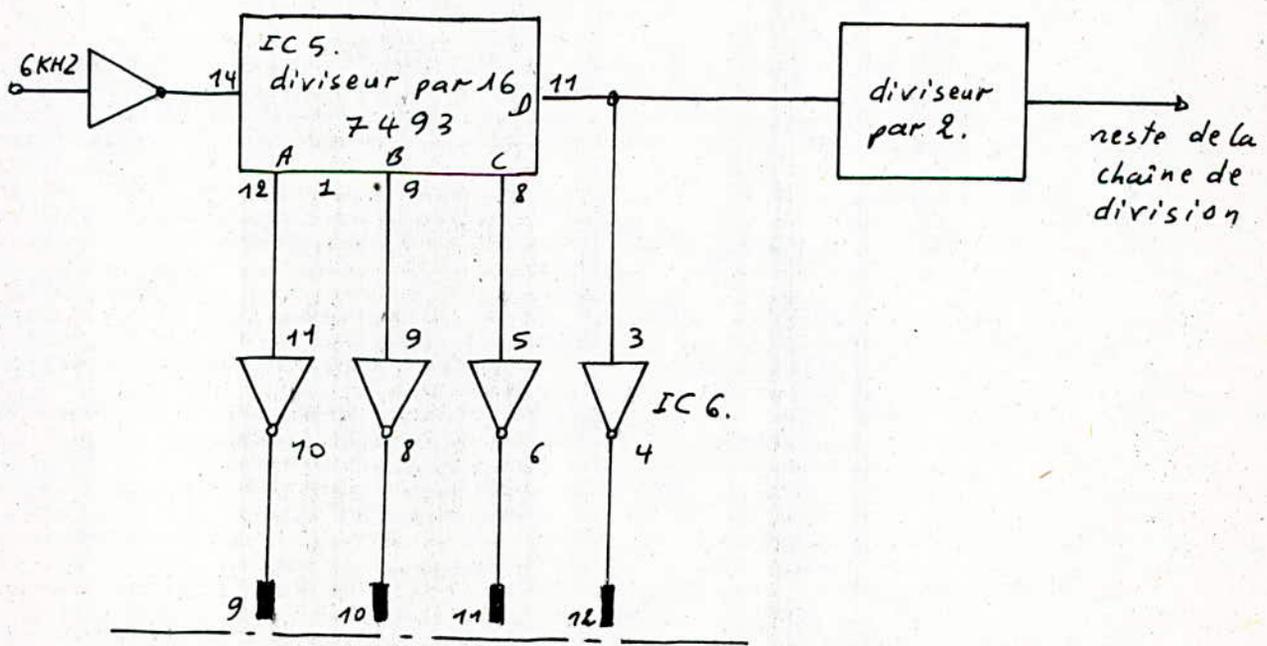
Changement de la deuxième porte "NAND" du circuit de suppression des 50 Kms premiers par une porte "OR."



chronogrammes montrant la conservation des 50 Kms premiers.



diviseurs primaires de l'horloge.
 ce schéma montre comment on aboutit
 à la fréquence 6KHZ pour attaquer le circuit
 de suppression des 50Kms premiers.



On ajoute un diviseur par 2 pour
 ne pas perturber la chaîne de
 division.

CHAPITRE 4

Charge Fictive

CHARGE FICTIVECHAPITRE IV.INTRODUCTION:

Généralement on construit un récepteur pour capter des signaux très faibles il faut au préalable connaître ses propriétés. Sur pouvoir aboutir à ceci en laboratoire, on est amené à faire à l'entrée de celui-ci un signal dont on connaît les caractéristiques, mais de niveau très faible.

On analyse par la suite l'effet produit par ce signal sur les divers circuits du récepteur.

Cette analyse est possible si et seulement si le signal connu agit seul sur le récepteur.

Cette condition n'est réalisable que si l'on supprime l'antenne réelle et on la remplace par une antenne fictive blindée à rayonnement nul.

I- Antenne fictive:I.1-Principe de l'antenne fictive:

Pour les essais en laboratoire, on ne peut utiliser une antenne réelle, trop encombrante, sensible aux parasites et brouillages éventuels,

On est conduit à la remplacer par un circuit fermé, appelé: antenne fictive ayant les propriétés suivantes:

i)-Son indépendance, vue des bornes du récepteur, doit être la même que celle de l'antenne réelle dans toute la gamme de fréquence utilisée, de manière à pouvoir faire une comparaison par rapport au fonctionnement avec antenne réelle.

ii)-L'antenne fictive doit permettre d'établir la liaison entre le générateur et le récepteur de manière à pouvoir évaluer plus ou moins exactement la valeur du signal à l'entrée du récepteur.

iii)-Ses dimensions doivent être réduites et tous ses éléments doivent être blindés pour éliminer toute induction parasite pouvant se superposer au signal utile fourni par le générateur, et perturber ainsi tout ce qui suit.

iv)-Ses caractéristiques doivent être définies avec rigueur et mesurables facilement pour pouvoir faire une normalisation.

I-2-Différents cas de montages possibles:

Normalement une antenne fictive est un simple circuit fermé ordinaire.

Ses caractéristiques sont variables en fonction des conditions expérimentales que l'on veut réaliser.

On connecte à l'antenne fictive en série, d'une part le générateur et d'autre part le circuit d'entrée du récepteur.



Il existe deux cas de montage, suivant le type du circuit d'entrée du récepteur.

I.2.1 Récepteur dissymétriques: (fig. 1)

Généralement, le circuit d'entrée du récepteur est dissymétrique et a un pôle à la masse.

L'entrée du récepteur s'effectue sur deux bornes (A et T), dont l'une est reliée à la masse du récepteur.

Dans ces conditions, l'antenne fictive et le circuit de sortie du générateur sont eux-mêmes dissymétriques.

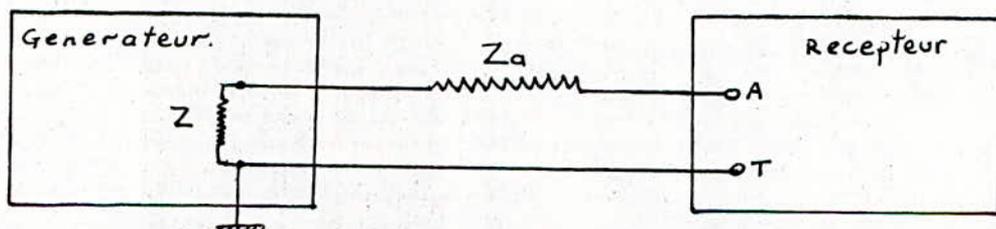


fig. 1.

Les caractéristiques de l'impédance Z_a sont choisies de telle manière que l'impédance équivalente: $Z+Z_a$ soit égale à l'impédance de l'antenne réelle dans toute la gamme de fréquence.

I.2.2 Récepteur symétrique: (fig. 2)

C'est le cas des récepteurs alimentés par ligne ou avec des récepteurs à ondes courtes: le circuit d'entrée du récepteur est symétrique et complètement isolé par rapport à la masse.

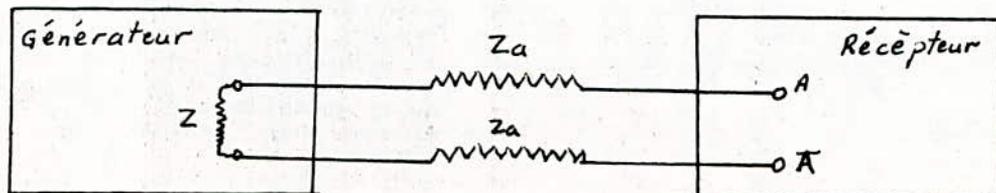


fig. 2.

Si l'antenne réelle est symétrique et que l'on veuille reproduire avec exactitude les conditions de fonctionnement, il faudrait utiliser une antenne fictive symétrique et un générateur à circuit de sortie symétrique.

Les impédances Z_a sont identiques et leurs caractéristiques sont de telles que l'impédance équivalente: $Z+2Z_a$ soit égale à l'impédance de l'antenne réelle symétrique entre les bornes d'entrée AA du récepteur.

II. Différents types d'antennes fictives:

L'antenne fictive doit reproduire les caractéristiques de l'antenne réelle.

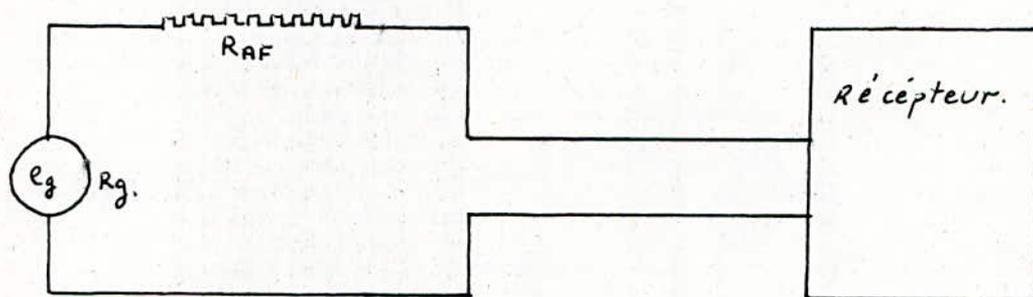
Il faut donc réaliser autant d'antennes fictives que d'antennes réelles.

Mais pour réduire le nombre et pour normaliser les conditions expérimentales on a été conduit à faire le choix de quelques cas d'utilisations les plus courants.

Tableau des différentes types d'antennes fictives:

Notre cas correspond à celui d'une antenne pour ondes très courtes. par

l'antenne fictive suivante:



couvre la gamme de fréquences de :

$$2 \text{ MHz à } 30 \text{ MHz. pour } R_g + R_{AF} = 200 \Omega.$$

III-Montage pratique -blindage:

Pour satisfaire aux conditions générales énoncées quant au bon fonctionnement de l'antenne fictive, les éléments qui la constituent doivent être mis sous blindage, pour éliminer les risques d'induction parasites et les variations d'impédance de l'antenne.

Les connexions qui relie le récepteur au éléments de l'antenne fictive doivent être aussi courtes que possible.

En tenant compte de toutes les considérations, on est conduit à aménager l'antenne fictive dans un boîtier métallique, disposé à côté des bornes (A - T) du récepteur. (fig. 1.)

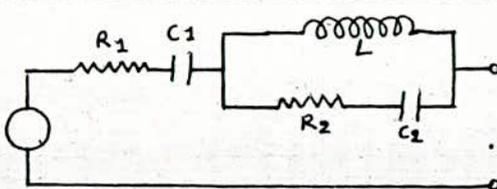
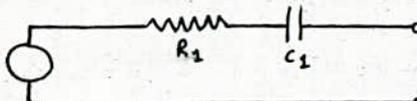
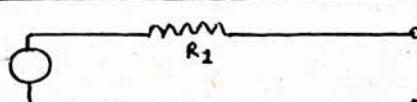
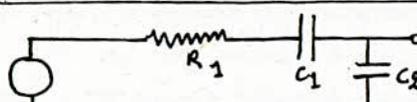
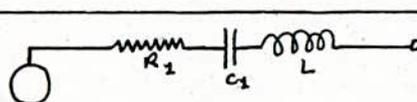
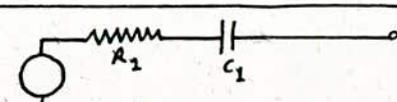
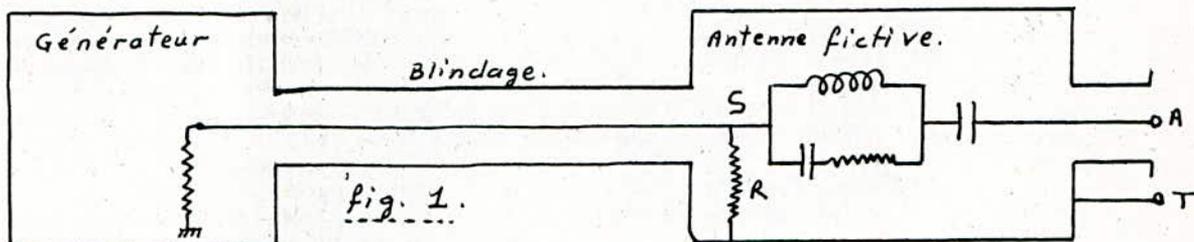
TYPES	GAMMÉS D'ONDES	SCHEMAS.	VALEURS				
			L (MH)	C ₁ (PF)	C ₂ (PF)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)
1. Extérieure ou normale universelle.	0,1 MHz à 30 MHz.		20	125	400	80	320
2. Intérieure	F < 2 MHz.			75		80	
3. Intérieure	2 MHz à 30 MHz.					200	
4. Fouet d'automobile.	Toutes fréquences.			15	60	80	
5. Fouet de 3 m.	F < 23 MHz.		1	50		80	
6. Fouet de 6 m.	F < 11,5 MHz.	„	2	100		80	
7. Fouet de 10 m.	F < 6,9 MHz.	„	3,5	150		80	
8. Antenne avion pendante de 50 m.	0,3 MHz à 20 MHz.			400		80	
9. Antenne fixe d'avion	„	„		250		200	

Tableau des différentes types d'antennes fixes :

Le générateur est disposé à une certaine distance du récepteur est faite par un câble blindé, fermé du côté de l'antenne par une résistance R , voisine de son impédance caractéristique pour éliminer les résonances possibles.

III.1. Générateur à circuit de sortie pour transformateur débitant dans une A.F. symétrique.

Le montage prend la forme de la figure suivante: voir fig. 2.

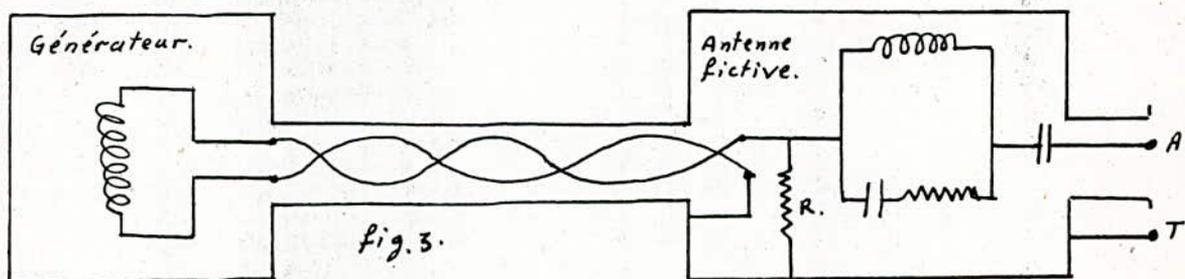


La liaison est réalisée par un câble symétrique qui est fait par une simple ligne à deux fils torsadés, disposée dans une gaine métallique, et fermée sur une résistance dont le point central est relié à la masse (blindage).

III.2. Générateur à sortie isolée: voir fig. 3.

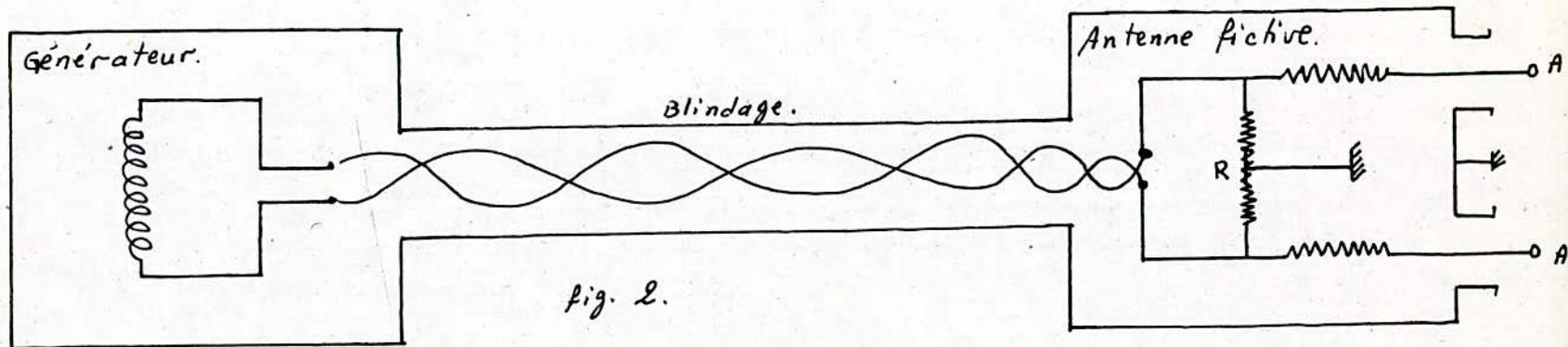
Pour réaliser une sortie dissymétrique a-e à un générateur à sortie isolée on peut mettre un des pôles du circuit de sortie à la masse dans le générateur même.

Dans le cas des ondes très courtes, pour éviter des circulations parasites entre les masses, il est préférable de conserver la liaison par câble en fils torsadés isolés et de faire la mise à la masse dans le boîtier contenant l'antenne fictive.



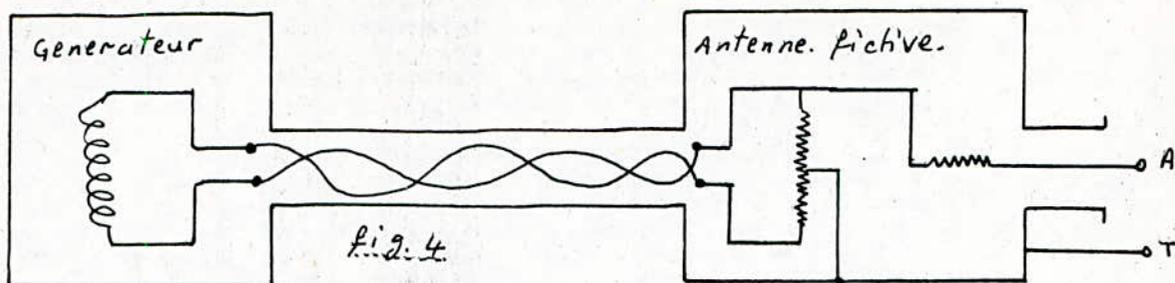
III.3. Sortie dissymétrique: voir fig. 4

Pour faire disparaître complètement les ondes stationnaires du câble (sur les ondes métriques avec un cordon blindé de l'ordre du mètre), la conservation de la symétrie complète du circuit de liaison est préférable



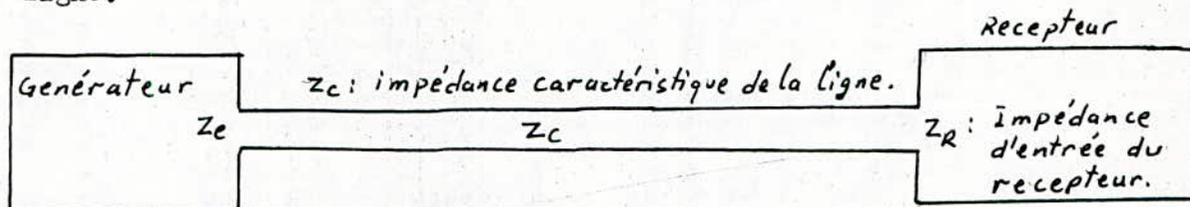
Générateur à circuit de sortie par transformateur
de bitant dans une antenne fictive symétrique.

On effectue la sortie en dissymétrie sur une moitié de la résistance de charge du câble.



IV - Cas des ondes très courtes:

Dans le cas des ondes très courtes, les récepteurs sont en général pré-us pour fonctionner sur des lignes de transmission adaptées, et l'antenne fictive est une résistance pure soit Z_c l'impédance caractéristique de la ligne.

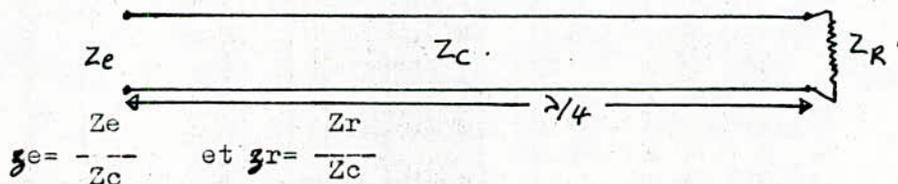


Si Z_r est l'impédance d'entrée du récepteur, il faut que $Z_r = Z_c$.

Le générateur utilisé d'impédance de sortie R_s placé en série avec la charge fictive constitué par une résistance R_c , forment une impédance d'entrée pour la ligne: $Z_e = R_s + R_c$, cette impédance d'entrée Z_e doit être égale à l'impédance caractéristique Z_c de la ligne.

Pour les essais en laboratoire $Z_e = Z_r = Z_c$ (coefficient de réflexion le plus bas possible).

On utilise alors une ligne quart-d'onde.



Pour une ligne 1/4 d'onde on a: $Z_r = \frac{1}{Y_r} = \frac{Z_c}{Y_r} = \frac{Z_c}{Z_e / Z_c} = \frac{Z_c^2}{Z_e}$

donc: $Z_c^2 = Z_r \cdot Z_e$

et comme $Z_r = Z_c$ (ligne adaptée)

Alors $Z_c = Z_e = Z_r$.

V-Comment choisir la ligne pour avoir l'adaptation, i.e: $Z_c = Z_r$.

ZR, l'impédance d'entrée du récepteur et constituant l'impédance de charge pour la ligne est fixe, donc il faut faire un choix judicieux de la ligne pour que l'impédance caractéristique Z_c de celle-ci coïncide avec ZR.

V.1. Ligne bifilaire à diélectrique air:

Elle est constituée par deux conducteurs en cuivre, souples ou rigides, de diamètre d , d'écartement D , d'axe en axe. D est maintenu aussi constant que possible au moyen d'entretoises isolantes d'épaisseur e et d'espacement l . En fonctionnement, les conducteurs sont parcourus par des courants égaux et de sens contraire; Cette ligne est symétrique et est équilibrée par rapport à la terre.

son impédance caractéristique est: $Z_c = 276 \log_{10} \left(\frac{D}{d} + \sqrt{\frac{D^2}{d^2} - 1} \right)$

Pour $D = 30 \text{ mm}$

$$d = 2,5 \text{ mm} \quad \text{on a: } Z_c \cong 365 \Omega$$

V.2- Ligne à quatre conducteurs:

Elle est constituée par 4 conducteurs en cuivre, souples ou rigides, réunis 2 à 2 à chaque extrémité. Elle permet d'avoir des impédances caractéristiques plus faibles que celles de la ligne bifilaire. Des conducteurs sont maintenant écartés d'une distance c et $D_1 = D_2$.

Son impédance caractéristique est: $Z_c = 138 \log_{10} \frac{2D_1}{d} - 20,7$

Pour $D_1 = D_2 = 4,3 \text{ mm}$

$$d = 1 \text{ mm} \quad \text{on a: } Z_c \cong 92 \Omega$$

V.3. Ligne coaxiale:

Elle est constituée par 2 conducteurs concentriques. Le conducteur intérieur de diamètre d est centré dans le conducteur extérieur de diamètre interne D au moyen d'un isolant homogène ou semi-aéré de constante diélectrique K .

Ce type de ligne n'est pas affecté par les agents atmosphériques.

On peut l'utiliser jusqu'à 300 MHz ($10 \text{ cm} = \lambda$). On peut avoir avec cette ligne des impédances caractéristiques de 35Ω à 250Ω .

Il existe deux types de lignes coaxiales: Souples et semi-rigides.

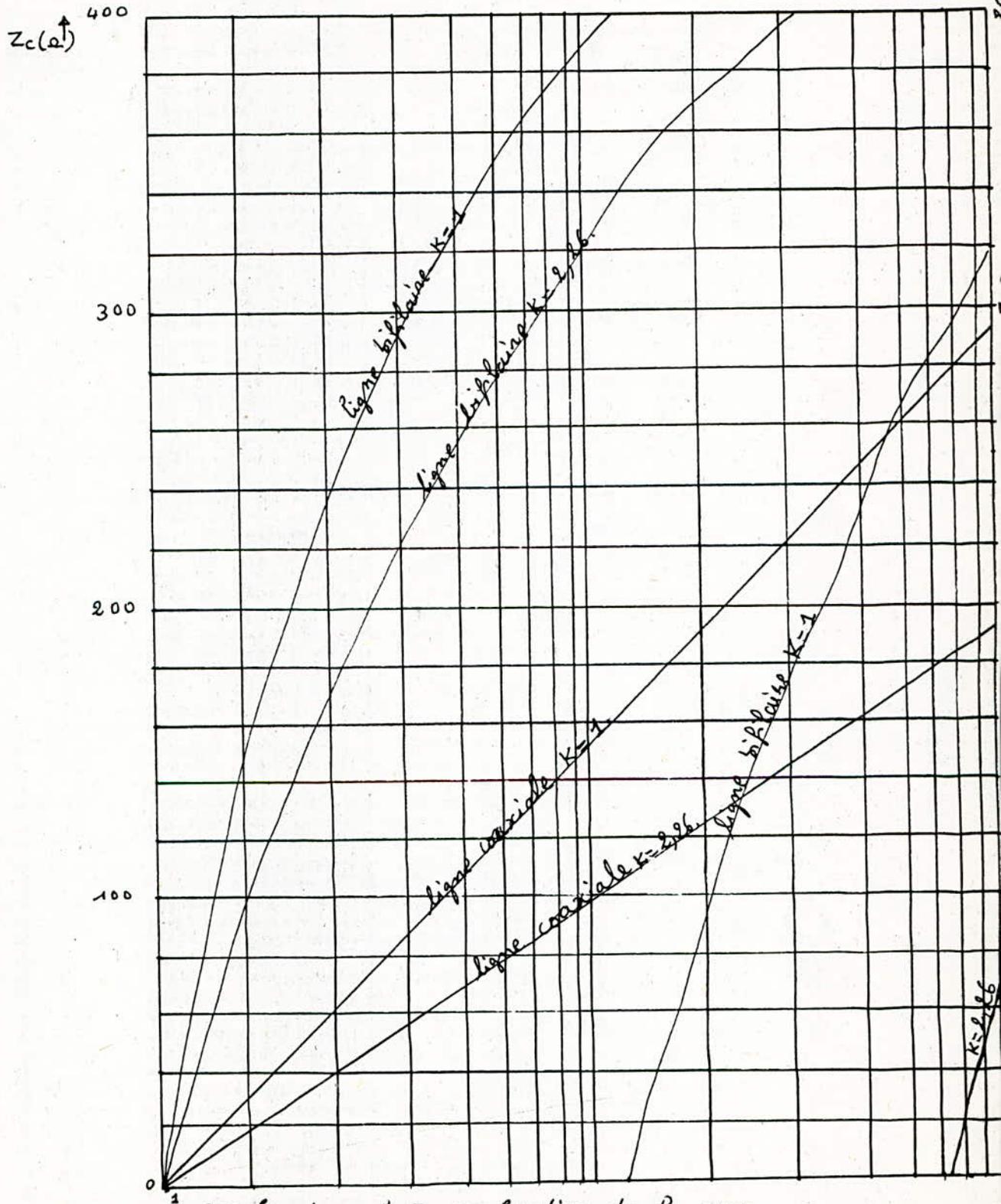
L'impédance caractéristique est donnée par:

$$Z_c = \frac{138 \log_{10} \frac{D}{d}}{\sqrt{K}}$$

Pour un isolant semi-aéré:

$$- D = 20 \text{ mm} \quad \text{on a: } Z_c = 150 \Omega$$

$$d = 1 \text{ mm}$$



Graphique donnant Z_c en fonction de $\frac{D}{d}$ pour $k=1$ (air) et $k=2,26$ (polyéthylène).

→ Rapport $\frac{D}{d}$

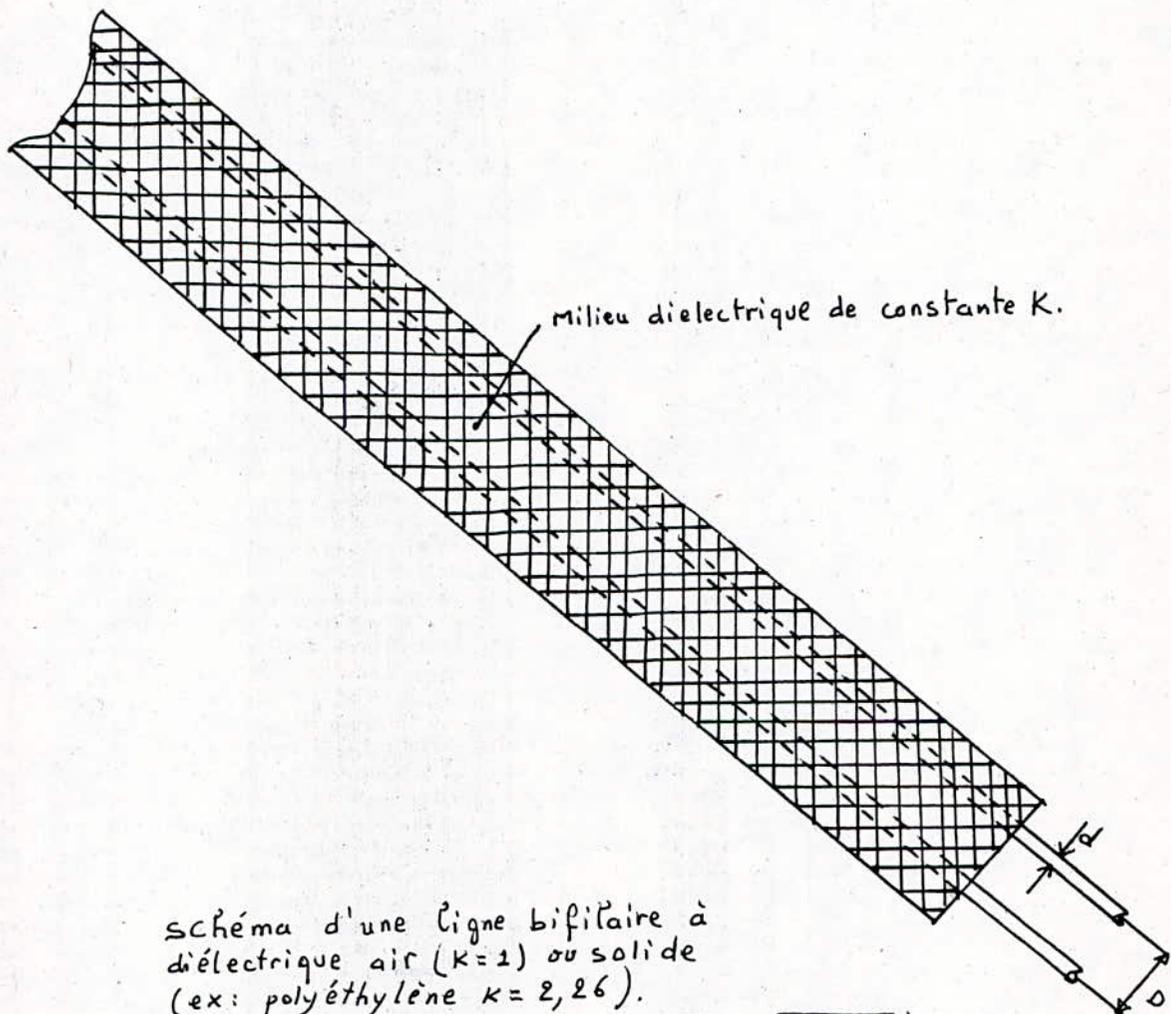
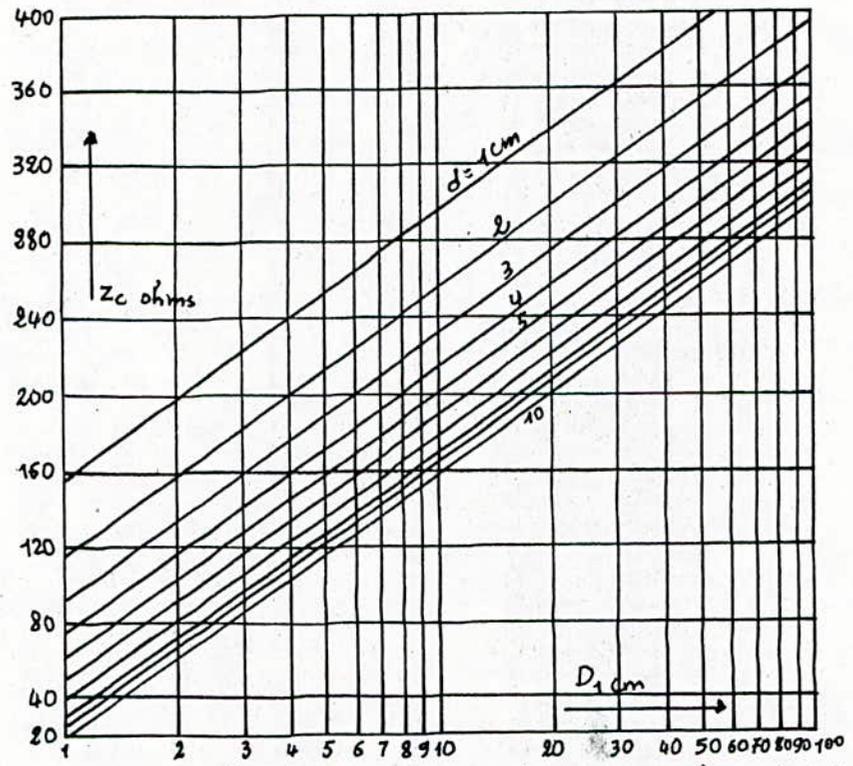
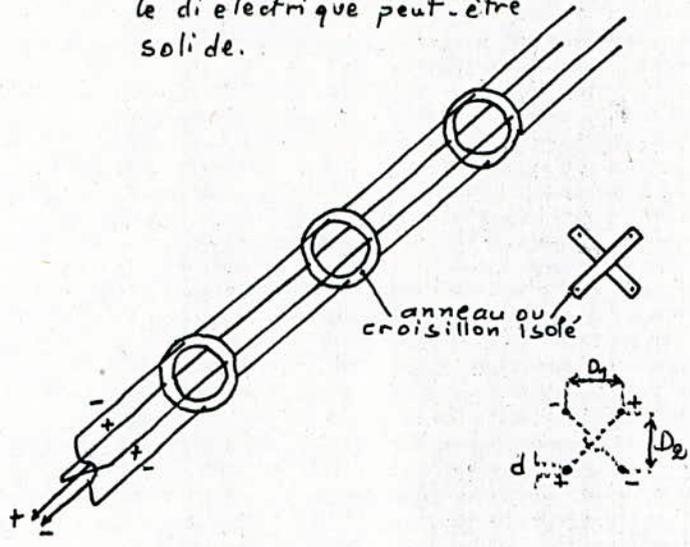


schéma d'une ligne bifilaire à diélectrique air ($K=1$) ou solide (ex: polyéthylène $K=2,26$).

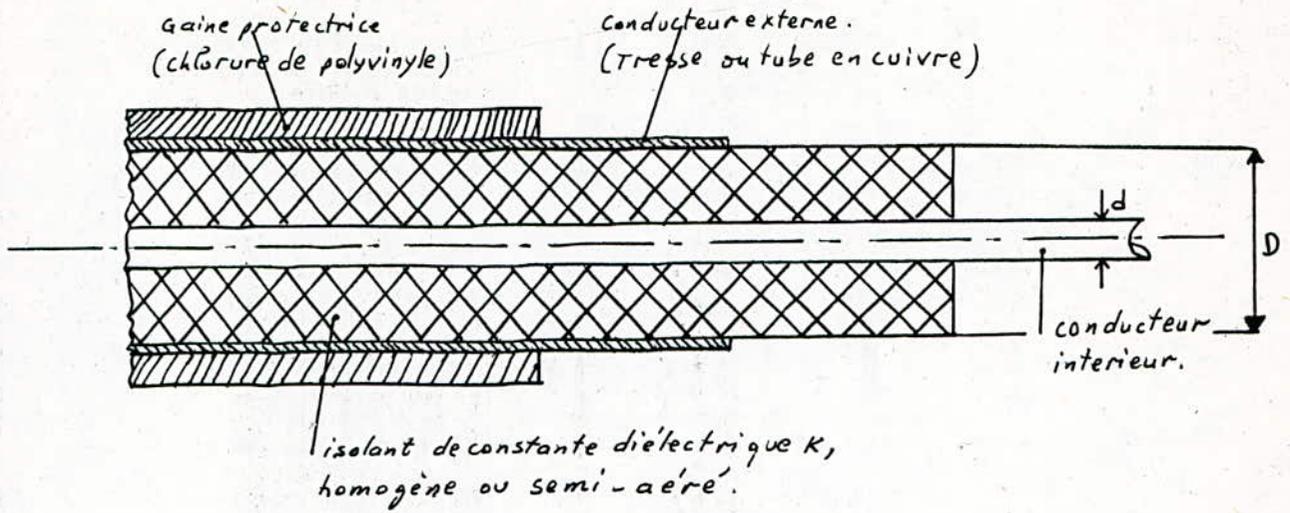
Pour $K \neq 1$,

$$Z_c = \frac{276 \log_{10} \left(\frac{D}{d} \sqrt{\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1} \right)}{\sqrt{K}}$$

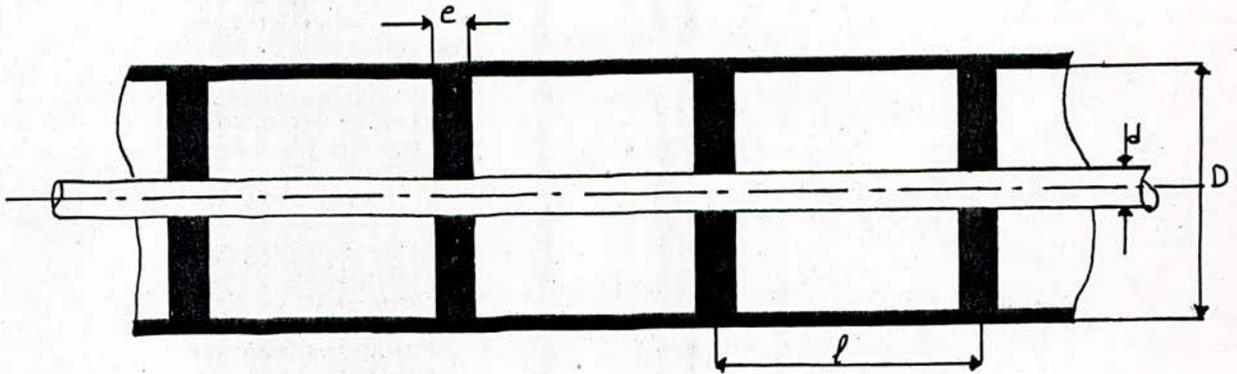
schéma d'une ligne à quatre conducteurs
à diélectrique air.
le diélectrique peut être
solide.



Pour différents diamètres d , le graphe suivant
donne l'impédance caractéristique Z_c en
fonction de D_1 .



coupe longitudinale d'une ligne coaxiale
à diélectrique solide ou air.



coupe longitudinale d'une ligne
coaxiale du type semi-rigide.

- D= 12mm on a: Zc = 75 Ω
- d= 2,5mm

V.4. Ligne coaxiale prismatique:

Elle est constituée par un conducteur de diamètre d entouré par un faisceau cylindrique de n fils de diamètre df réunis en // à leurs deux extrémités l'impédance caractéristique est:

$$Z_c = 138 \log_{10} \frac{D}{d}$$

D= diamètre intérieur du tube cylindrique homogène équivalent au faisceau cylindrique de diamètre D'

$$\text{Si } n \text{ df} < D' \Rightarrow D \simeq D' \sqrt[3]{n \times \frac{df}{D'}}$$

donc pour une impédance caractéristique donnée, un diamètre D' plus grand que D est fonction du nombre et du diamètre des fils.

V.5. Lignes diverses:

K = 1. (air) . ligne monofilaire parallèle au sol:

$$Z_c = 138 \log_{10} \frac{4h}{d}$$

. ligne à 3 fils de même diamètre:

$$Z_c = 207 \log_{10} 0,8 \frac{D}{d}$$

ligne à rubans parallèles:

$$Z_c = 377 \cdot \frac{D}{l} \text{ pour } \frac{D}{l} \ll 1$$

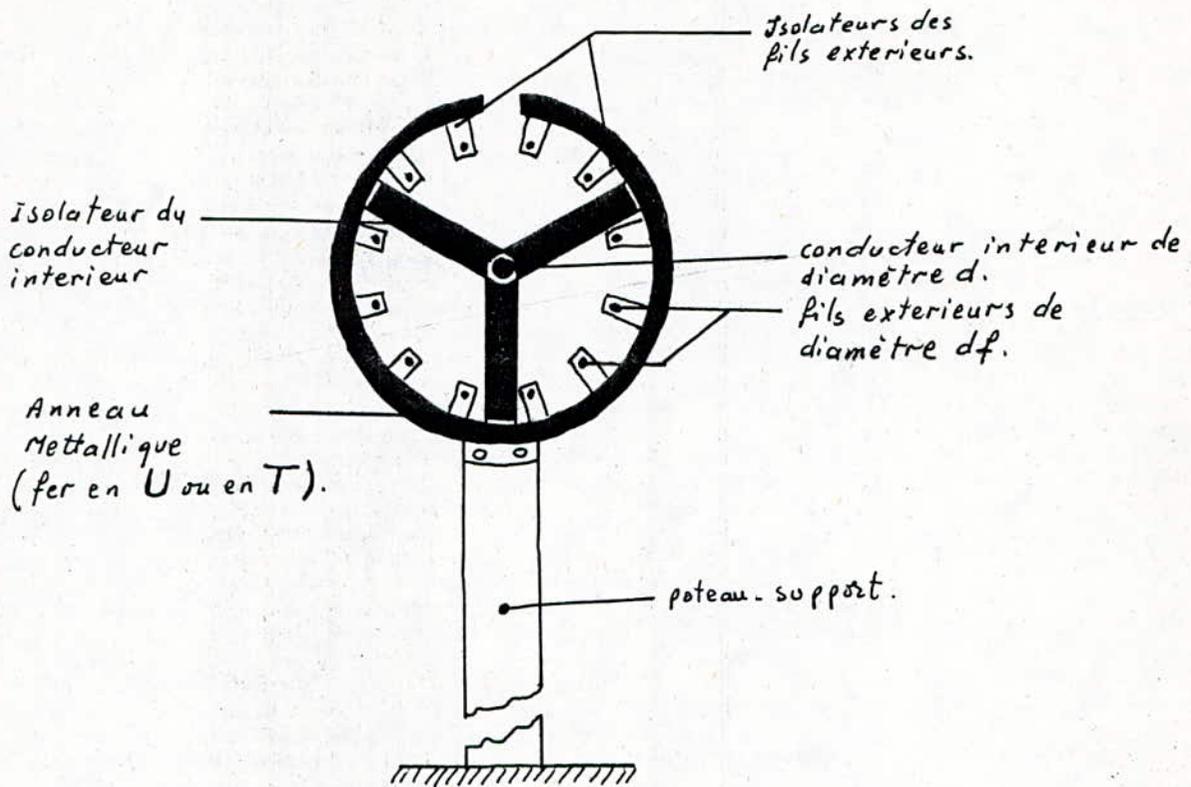
donc en ayant les différents types de ligne de transmissions, il faut faire un choix de façon que l'impédance caractéristique Zc de la ligne soit sensiblement égale à l'impédance de charge qui n'est autre que l'impédance d'entrée du récepteur ZR .

On a ainsi une ligne adaptée.

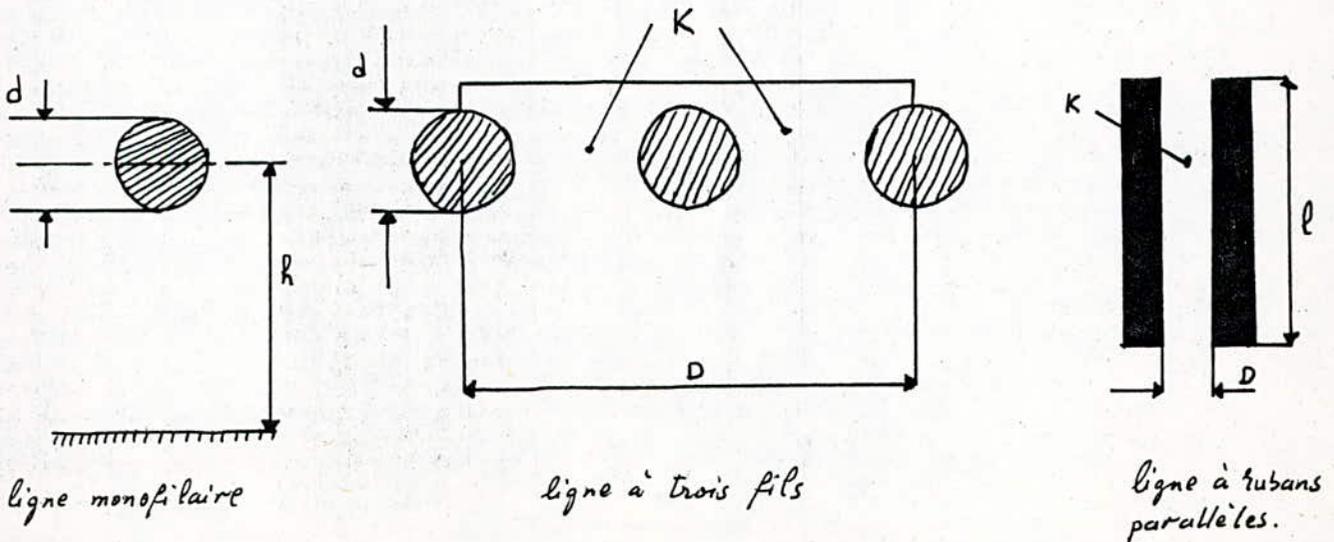
Le choix a porté sur l'impédance caractéristique Zc qui doit être égale à ZR ceci implique automatiquement, quelle que soit la longueur de la ligne l'égalité suivante:

$$Z_e = Z_c \text{ , car ayant } Z_R = Z_c \text{ et } Z_e = Z_c \frac{Z_R + j Z_c \text{tg Bl}}{Z_c + j Z_c \text{tg Bl}} \text{ , on voit que } Z_e = Z_c.$$

Cette adaptation a pour but de transformer une charge (résistance pure ou impédance complexe) de valeur plus petite ou plus grande que l'impédance caractéristique Zc en une charge pure égale à Zc de façon que la ligne



Exemple de réalisation d'une ligne coaxiale prismatique.



ligne monofilaire

ligne à trois fils

ligne à tubans parallèles.

fonctionne en onde progressive, le maximum de puissance est alors dissipé dans la charge, la puissance admissible dans la ligne est plus élevée et son impédance d'entrée est moins sensible aux faibles variations de la fréquence.

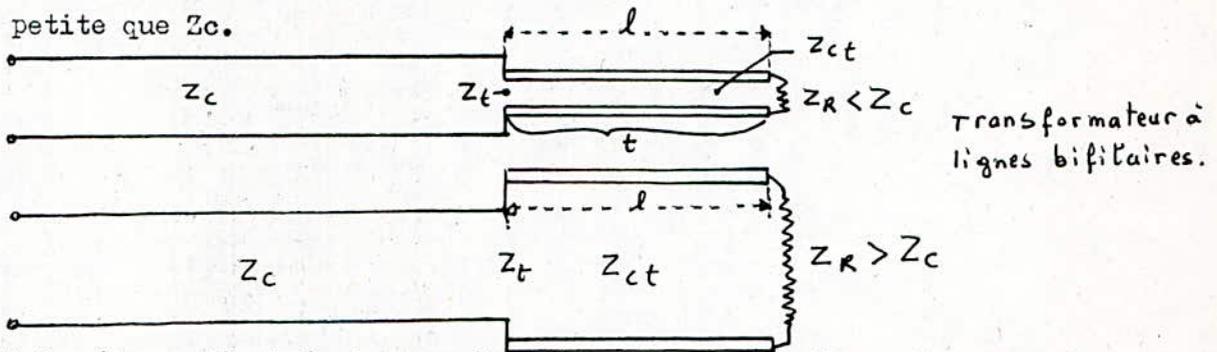
Les dispositifs d'adaptation sont courants.

N.B: On supposera que la ligne de transmission utilisée est sans pertes.

VI Dispositifs d'adaptation:

1°) Transformateur à ligne bifilaire ou coaxiale:

C'est un transformateur d'adaptation. Il est constitué par une section de ligne bifilaire ou coaxiale de longueur électrique $l = \frac{\lambda}{4}$ généralement et d'impédance caractéristique Z_{ct} , insérée dans la ligne de transmission entre la charge et le générateur. Il a pour but d'adapter l'impédance caractéristique Z_c à la charge Z_R lorsque celle-ci est plus grande ou plus petite que Z_c .



L'impédance d'entrée du transformateur Z_t est donnée par l'expression:

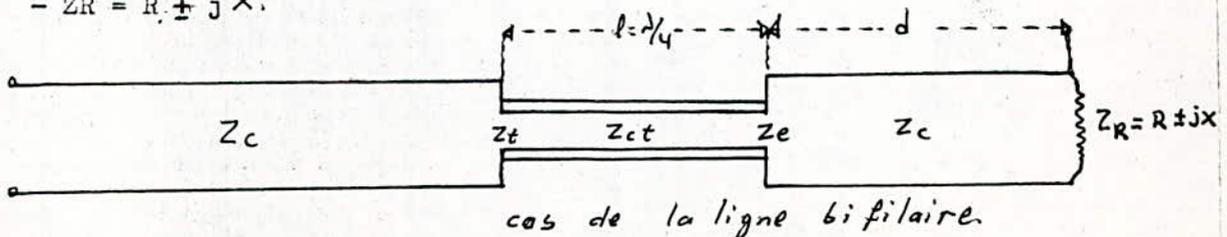
$$Z_t = Z_{ct} \frac{Z_R + jZ_{ct} \operatorname{tg} Bl}{Z_{ct} + jZ_R \operatorname{tg} Bl}$$

Pour qu'il y ait adaptation il faut que $Z_t = Z_c$.

- Z_R est une résistance pure sup. ou inf. à Z_c

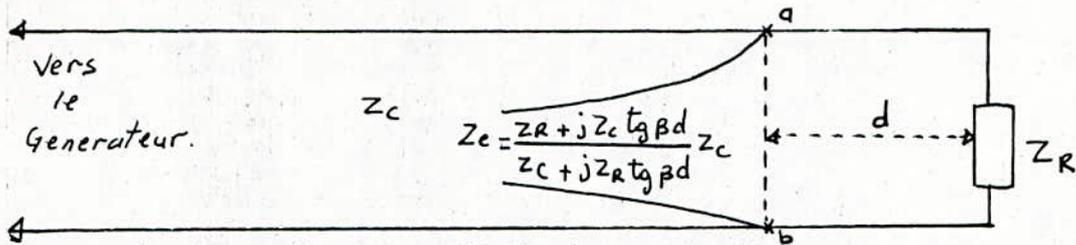
$l = \frac{\lambda}{4}$, on obtient $Z_{ct} = Z_c \times \sqrt{Z_c / Z_R}$. On a adaptation pour: $Z_{ct} = \sqrt{Z_c \cdot Z_R}$.

- $Z_R = R \pm jX$.



L'impédance caractéristique Z_0 est donnée par $Z_0 = \sqrt{Z_e \times Z_c}$.

Z_e est une résistance pure située en un point de la ligne à une distance d de la charge.



En regardant vers la charge Z_R , il y'a une impédance

$$Z_e = Z_c \frac{Z_R + jZ_c \operatorname{tg} \beta d}{Z_c + jZ_R \operatorname{tg} \beta d}$$

Il existe dans chaque section $\lambda/2$ de la ligne, deux points ou $R = Z_c$ et ou X est capacitif inductif et deux points à $\lambda/4$ l'un de l'autre ou Z_e est une résistance pure.

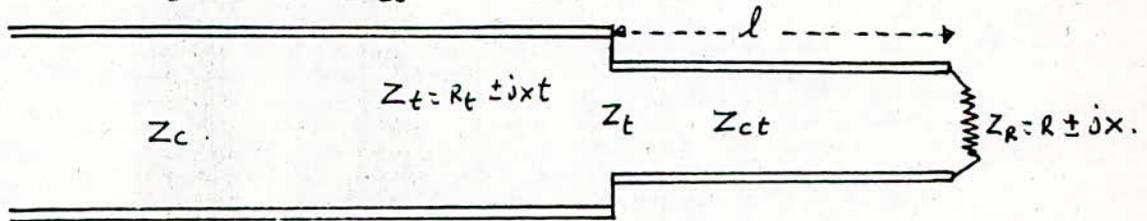
(X et R représentent ici la forme générale de $Z_e = R + jX$)
 X et R dépendent de d .

III y'a donc deux positions du transformateur, à la première on a:

$Z_e > Z_c$ et $Z_{ct} > Z_c$ et à la deuxième on a: $Z_e < Z_c$ et $Z_{ct} < Z_c$.

On choisit généralement la deuxième position qui est facilement réalisable pratiquement,

- Z_R est complexe: $Z_R = R + jX$



Le transformateur t de longueur $l_{\max} = \frac{\lambda}{4}$ est situé aux bornes de Z_R .

$$\text{Dans ce cas: } Z_{ct} = \sqrt{R R_t - X X_t + \frac{(R X_t + R_t X)(X_t - X)}{(R_t - R)}}$$

On transforme dans ce cas une impédance $Z_R = R + jX$ en une résistance pure $R_t = Z_c$.

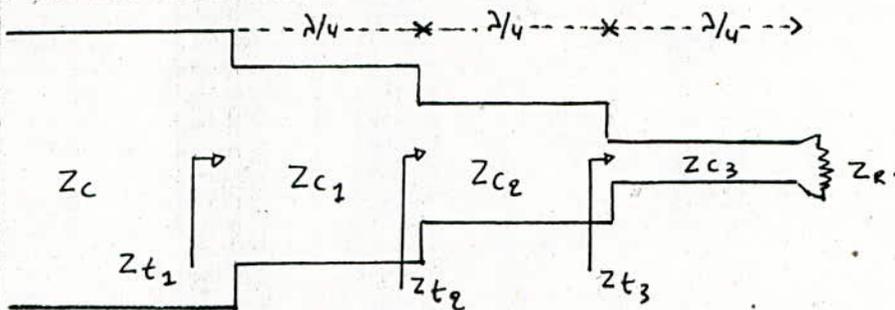
Remarque:

Les 3 cas d'adaptation présentent un caractère sélectif, i.e l'adaptation n'est réalisée que pour une fréquence définie ou, à la rigueur pour une bande de fréquence étroite (+5%) à cause de la longueur $l = \frac{\lambda}{4}$ de la section transformatrice.

Pour diminuer ce caractère sélectif, il faut réaliser celle-ci :

- Soit par l'intermédiaire de deux ou plusieurs sections $\frac{1}{4}$.

Par ailleurs ce dispositif est recommandé pour passer d'une impédance élevée à une impédance faible ou inversement.



- Soit par l'intermédiaire d'une section de ligne dont l'impédance caractéristique varie graduellement.



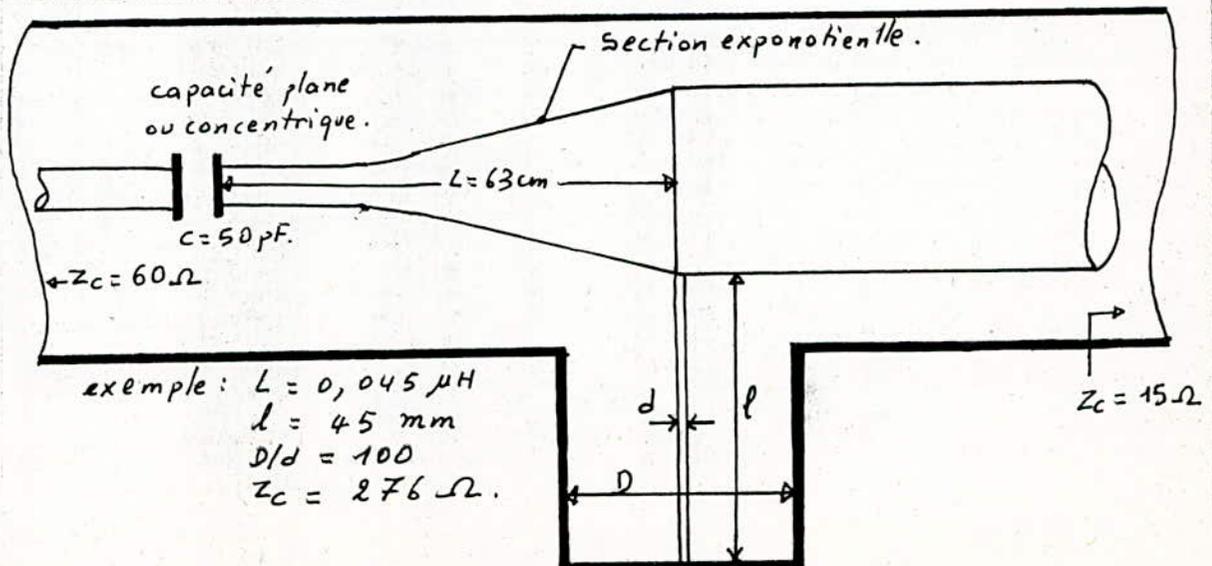
Si l est un nombre entier de $\lambda/2$ les réflexions peuvent être négligées, et la bande est d'autant plus large que l est plus grand.

Ce dispositif est recommandé lorsqu'il s'agit de passer une bande très large.

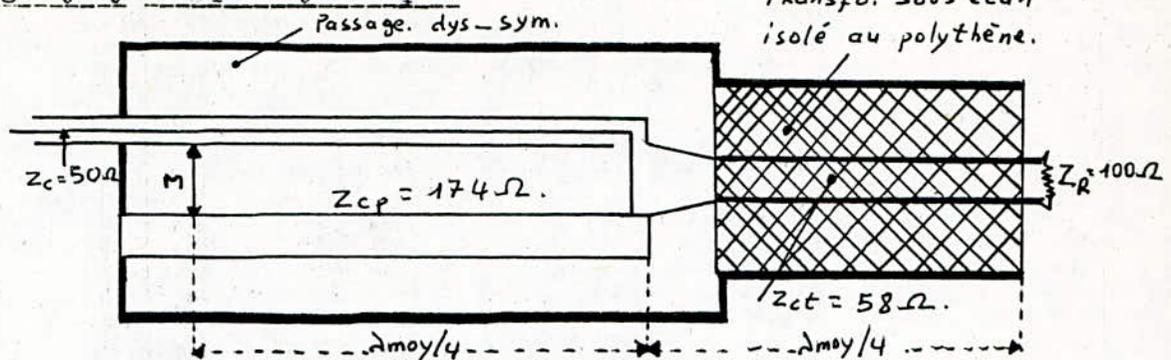
- Soit par l'intermédiaire d'une section exponentielle, pouvant fonctionner de 100 à 1667 MHz

- Soit par l'intermédiaire d'un passage dyssymétrique-symétrique associé à un transformateur $\frac{1}{4}$, prévus pour fonctionner dans la bande : 136 à 375 MHz

Section exponentielle:



Passage dyssymétrique -symétrique:



VII- Puissance disponible aux bornes du generateur:

On définit le signal de sortie comme suit:

Z_R : impédance d'entrée du recepetur.

Z_c : impédance caractéristique de la ligne, avec: $Z_r = Z_c$

Z_e : Résistance de l'antenne + résistance du generateur et telle que:

$$Z_e = Z_c.$$

La valeur du signal de sortie est E . La puissance absorbée par le recepetur supposé parfaitement adopté ($Z_r = Z_c$) a pour expression: $P = \frac{E^2}{4 Z_c}$;

Si le recepetur est mal adapté, il absorbe une puissance plus faible; la puissance $P = \frac{E^2}{4 Z_c}$ sera par ailleurs la valeur maximale de la puissance que le générateur puisse fournir au recepetur: dans le but d'obtenir une puissance disponible aux bornes du générateur pour avoir une adaptation parfaite.

Si on a une mauvaise adaptation, le recepetur utilise mal le signal disponible dans l'antenne, et le signal à la sortie est plus faible.

Dans le cas d'une ligne sans pertes, la puissance admissible dans celle-ci est donnée par l'expression.

$$P = \frac{U_{max} \times U_{min}}{Z_c}$$

Le courant I est en phase avec la tension U , et au point I_{min} correspond le point U_{max} , et l'on a:

$$P = U_{max} \times I_{min} \quad \text{avec} \quad I_{min} = \frac{U_{min}}{Z_c} \quad (\text{T.O.S} \neq 1).$$

Dans le cas où $\cos \phi = 1$, la puissance transmise dans la ligne est égale à U^2 / Z_c avec U : tension constante sur la ligne en onde progressive.

Pour Z_c donnée, la puissance transmise portée par la ligne augmente lorsque la tension à l'entrée augmente.

La puissance limite P_{\max} est atteinte lorsque la tension U sur la ligne atteint la tension de claquage U_G :

$$\text{Si } T.O.S. = 1, U_G = U \text{ et } P_{\max} = \frac{U_G^2}{Z_c} = \frac{U^2}{Z_c}$$

Pour $T.O.S. > 1$, le claquage se produit au point où la tension U est maximum,

$$U_{\max} = U_G \text{ et à } \lambda/4 \text{ de ce point } U_{\min} = \frac{U_{\max}}{T.O.S.} = \frac{U_G}{T.O.S.}$$

$$\text{ET } P_{\max} = \frac{U_G^2}{Z_c \cdot T.O.S.} \quad (1 \neq T.O.S.)$$

La présence d'ondes stationnaires réduit la puissance admissible dans la ligne dans le rapport $1/T.O.S.$

CHAPITRE 5

Traitement De L'écho

Par Micro-Ordinateur

- Chapitre V -

-:- Traitement de l'écho par micro-ordinateur -:-

Introduction :

L'inogramme est obtenu en plaçant une camera devant le tube photographique qui sera un axe à une échelle de hauteur et sur l'autre une échelle de fréquence. En faisant l'enregistrement d'un inogramme sur du film 16 mm, la camera utilise 75cm de film par jour et ceci pour un sondage toutes les 15 minutes ce qui constitue un inconvénient du point de vue utilisation des films, vu leur prix et leur indisponibilité. Pour pallier à ceci, on a été amené à utiliser une autre méthode pour traiter le signal: traitement par micro-ordinateur.

Le principe de cette méthode est d'enregistrer les échos reçus sur une cassette, et de la traiter ultérieurement sur micro-ordinateur. Pour réaliser ceci on utilise une chaîne d'acquisition de données.

I - Recherche de la sortie basse impédance:

Normalement l'écho est converti en un signal numérique accessible au traitement par un micro -processeur, à la sortie du récepteur. Mais pour répondre à certaines exigences du sondeur ionosphérique, qui sont: la suppression des 50 premiers Km, et la suppression du bruit, on est amené à choisir la sortie, après le bloc traitement de signal dans le schéma général du sondeur.

Si cette sortie n'est pas à basse impédance, il est nécessaire de mettre entre celle - ci et la chaîne d'acquisition un MOS - FET, pour que cette dernière ne perturbe notre système.

II - Chaîne d'acquisition de donnéesII - 1) Généralités.

Les systèmes d'acquisition de données et de conversion sont utilisés dans les domaines les plus divers, notamment dans les applications industrielles, médicales, spatiales, ... Etc. Ce sont des interfaces avec des ordinateurs ou avec des dispositifs d'enregistrement. Leurs principales

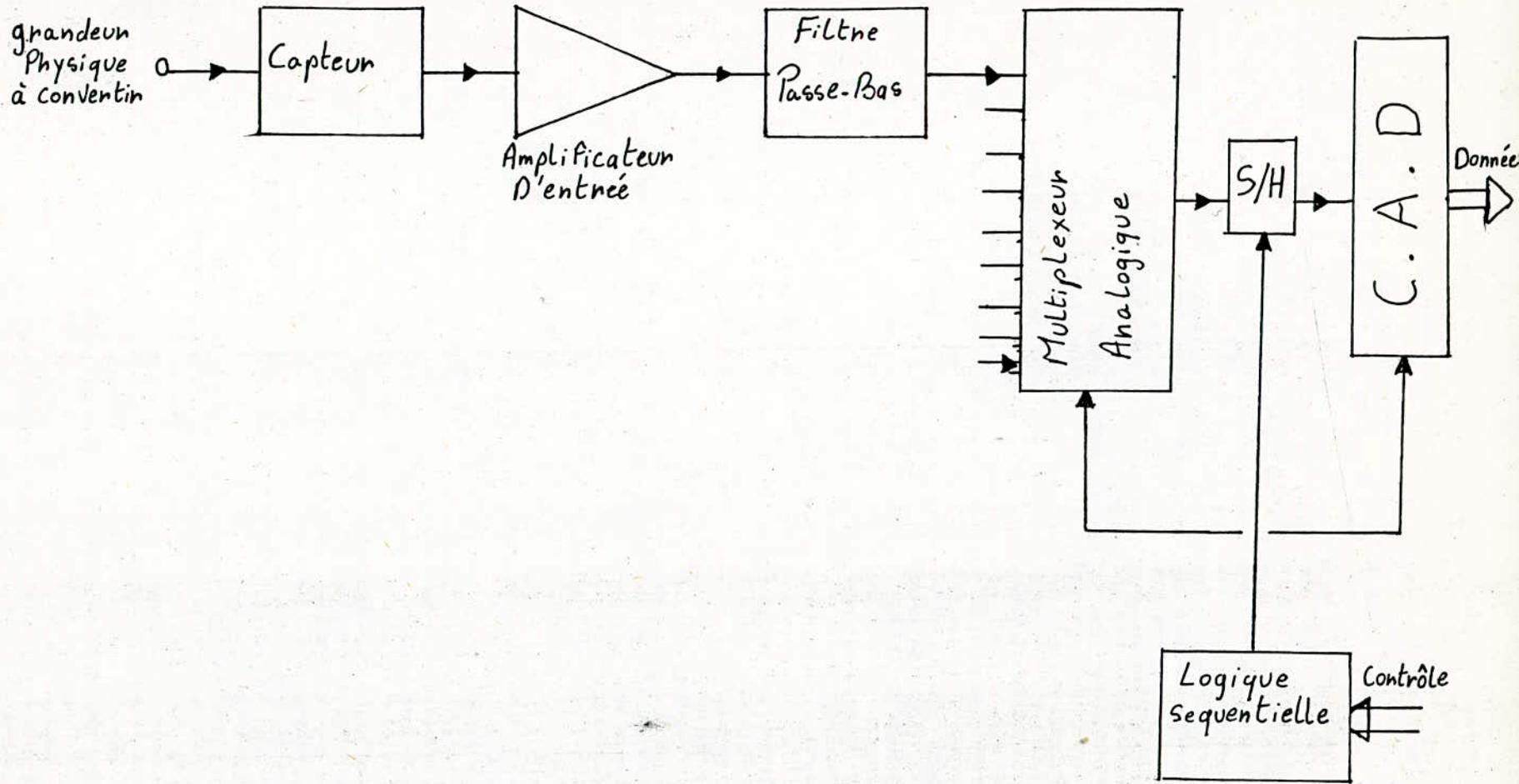


Fig 1: Systeme D'acquisition De Donnés

caracteristiques sont la vitesse et la precision des mesures effectuées, le nombre de canaux echantillonnés et leur isolement. La structure d'ensemble d'un système d'acquisition de données est représentée par la figure 1 .

On y trouve:

- Un capteur spécifique à chaque entrée suivant la grandeur physique à mesurer.
- Un preampli differentiel d'entrée propre à chaque canal.
- Une cellule de filtrage
- Un etage de multiplexage comportant "Y" voies groupées par 8 ou 16 .
- Un echantillonneur analogique - bloqueur (S/H)
- Un convertisseur analogique - digital et le dispositif de contrôle permettant la selection d'une voie déterminée la commande d'echantillonnage puis la connexion, le transfert du produit de la digitalisation vers un calculateur par exemple.

II -2) Etude des differents blocs

a) Preampli d'entrée

Il doit être conçu de façon à pouvoir remplir certaines fonctions qui sont les suivantes:

* Assurer la protection du système:

Les differents blocs qui suivent sont generalement à structure M.OS. Des signaux parasites permanants ou sous forme transitoire d'inplitude superieure à 15 V peuvent apparaître et endommager tout le système. Pour eviter les preamplis seront de rference du type à isolation galvanique, de sorte qu'une perturbation d'inplitude trop elevee ne puisse endommager le système

* Assurer une adaption d'impedance:

Plus la ligne de transmission qui est connectéé à la suite du preampli est longue. plus l'erreur dans la scrutation introduite par l'impedance de cette ligne est grande:

* Fixer la bande passante:

La fixation de la bande passante est necessaire pour pouvoire appliquer les techniques d'echantillonnage

* Amplifier les signaux différentiels utiles:

Cette amplification doit se faire avec une precision adequate de façon qu'à plané gamme les convertisseurs operent à des niveaux de ± 10 V qui sont les valeurs usuelles.

* Assurer la rejection des signaux de mode commun :

Des signaux donnent lieu à une erreur relative E.

Si A est le gain diffentiel, F_s la plané echelle à l'entrée pour les signaux differentiels, V_{cM} le signal de mode commun maximum, CMRR le taux de rejection en mode=commun, on peut ecrire:

$$\left| \frac{V_{cM}}{CMRR} \right| \leq \left| E_x \frac{(A.F_s)}{A} \right|$$

V_{cM} et $A.F_s$ ont le même ordre de grandeur ($\pm 10V$)

on aura alors:

$$CMRR_{min} \approx \frac{A}{E}$$

b) Les filtres:

Les signaux analogiques ne doivent pas dépasser la pleine échelle à l'entrée (limités à $\pm F_s$).

Sachant que le système procédera par échantillonnage, pour que le message contenu dans le signal soit récupérable après échantillonnage, il faut que ce dernier opère à une cadence au moins double de la composante fréquentielle la plus élevée du signal. Ceci se traduit par:

$$f_{\max} < \frac{1}{2T}$$

En admettant que le signal soit échantillonné séquentiellement sur une période T . Le spectre fréquentiel de ce signal doit être limité à $f_{\max} = 22,6 \text{ MHz}$. Ceci correspond à une cadence de scrutation: $\frac{1}{T} > 45,2 \text{ MHz}$, autrement dit sur une période $T \approx 22 \text{ ns}$.

On voit que le filtre d'entrée doit être introduit à l'entrée de la chambre pour limiter le spectre fréquentiel et également pour atténuer les signaux parasites susceptibles d'être captés dans les câbles d'amenée du signal utile. Cette limitation a tendance à augmenter la cadence de scrutation.

c) Echantillonneur bloqueur

Le convertisseur analogique digital réalise les traitements du signal d'entrée en un laps de temps déterminé dépendant de la méthode de conversion utilisée. La vitesse de conversion requise dans une application particulière dépend de la variation du signal d'entrée pendant que la conversion s'effectue. Dans le cas général le signal analogique V présente une forme quelconque d'évolution dans le temps $V(T)$.

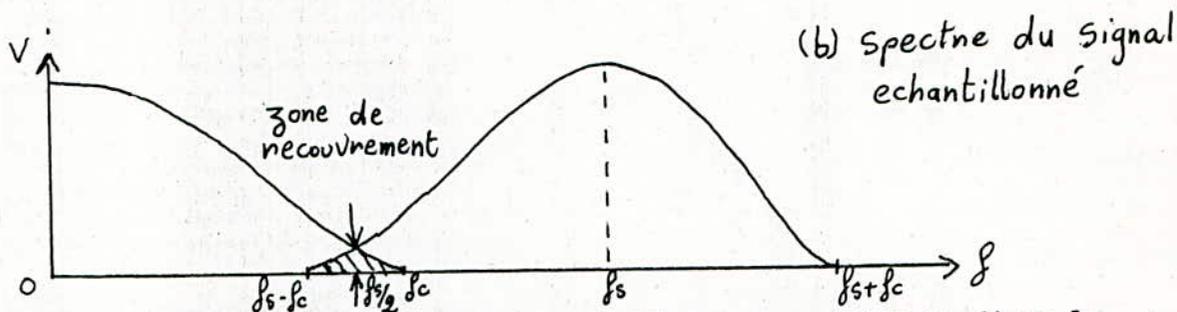
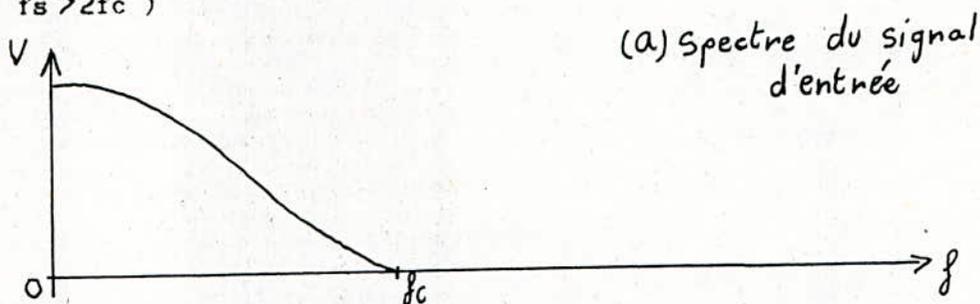
Il est composé d'un nombre plus ou moins grand de composantes sinusoïdales. Le temps requis pour effectuer les traitements du signal d'entrée s'appelle le temps d'ouverture.

Pendant ce temps on peut considérer que le signal à convertir produit une variation V que sera fonction du temps de montée de ce signal. Dans certains cas les variations du signal d'entrée sont très rapides, il est nécessaire d'utiliser un C.A.D ultra-rapide donc coûteux. Une solution économique consiste à l'emploi d'un dispositif d'échantillonnage à l'entrée d'un C.A.D de vitesse moyenne.

L'échantillonneur permet de réduire le temps d'ouverture du système, car son temps d'acquisition est relativement court. En outre il doit maintenir

constante la valeur échantillonnée pendant toute la durée de la conversion. Le temps T séparant 2 échantillonnages successifs sera choisi en fonction des plus hautes fréquences présentes dans le signal d'entrée. Ainsi on constate que si la fréquence d'échantillonnage est insuffisante, certaines composantes H.F du signal utile se recourent avec la zone inférieure du spectre de modulation. Ceci provoque l'apparition de distorsions ne pouvant pas être séparés ou distingués du signal d'origine.

En choisissant une fréquence d'échantillonnage $f_s - f_c > f_c$ (on peut imposer $f_s > 2f_c$)



Si la cadence de scrutation est imposée il est nécessaire de fixer la composante f_c au moyen d'un filtre adéquat.

d) Le convertisseur analogique digital.

La conversion du signal analogique issu de l'échantillonneur se fait par approximations successives plutôt que par intégration ou par comptage d'increments calibrés.

La durée de conversion fixe sera plus courte que dans les autres modes mentionnés et la résolution reste très bonne.

c) Le multiplexeur analogique.

Un multiplexeur de tension analogique doit présenter sur son unique sortie l'une des n tensions appliquées à ces n entrées. Cette transmission s'effectue avec une certaine qualité et la voie à sélectionner est désignée au moyen d'une adresse binaire. Un multiplexeur suivant :

un ensemble de n interrupteurs électromécaniques (lents) ou électroniques qui sont reliés à un même point (la sortie) à la suite duquel un ampli d'adaptation peut être éventuellement placé.

f) La logique de contrôle

Elle établit une séquence programmée destinée à la commande séquentielle de l'échantillonneur-bloqueur et du convertisseur analogique digital. Cette logique est elle-même gérée soit par un micro processeur soit par l'unité de traitement.

Les séquences réalisées par cette logique sont les suivantes :

- Prise de l'information analogique par l'échantillonneur-bloqueur. Ce temps d'acquisition est t_a (échantillonnage)
- Fin d'échantillonnage : début de la conversion analogique-digital, le temps de conversion est t_c .

L'échantillonneur est maintenant en position maintien jusqu'à la prochaine commande. Au bout de ce temps, le signal fin de conversion indique que l'information numérique est disponible et peut être transmise à l'unité de traitement ou de mémorisation. Le temps total de l'opération sera donc ou moins t_c .

II)-3) Traitement de l'écho par micro-ordinateur:

Pour pouvoir traiter l'écho par micro-ordinateur, il est nécessaire de l'enregistrer d'abord puis l'étudier ultérieurement sur un micro-ordinateur. Il existe plusieurs méthodes d'enregistrement: sur bande magnétique, sur carte, sur cassette de manetophone ordinaire.

Le but essentiel de ce traitement est l'obtention de l'inogramme qui est la représentation de la hauteur en fonction de la fréquence. Notre travail consiste donc à enregistrer pour chaque fréquence la hauteur correspondante. Pour cela on utilise une chaîne d'acquisition.

Deux cas sont à envisager/:

- * Soit la hauteur dépend de la tension de l'écho reçu
- * Soit elle dépend du temps de propagation de l'onde.

Notre étude n'a pas pu se faire sur le premier cas vu qu'on n'a pas une relation entre la hauteur et l'amplitude de l'écho. Par contre il existe une relation entre le temps de propagation de l'onde et la hauteur: $Hv = \frac{1}{2} C \cdot \tau$

C. τ : temps de propagation

C : vitesse de la lumière.

Or réellement, la vitesse de l'onde est différente de celle de la lumière, car dans l'ionosphère, l'indice de réfraction est inférieur à l'unité. Donc cette hauteur sera la hauteur virtuelle. L'existence d'une relation entre la hauteur réelle et la hauteur virtuelle nous permet d'établir un inogramme plus ou moins adéquat. Cette relation est donnée par:

$$Hv = \int_0^{H_r} u' (f, f_n, f_h, \theta) dH \quad (\text{II- 2- 1})$$

avec $u' = \frac{d}{df} [u(f)]$ (formule de Rayleigh)

u' : indice de réfraction du groupe

u : " " " de phase

D'après la théorie magnéto-ionique de Appleton- Hartree, et en négligeant l'effet de collision, u est donnée par:

$$u^2 = \left[1 - \frac{1}{1 - \frac{Y_t^2}{2(1-X)} \pm \left(\frac{Y_t^2}{4(1-X)^2} + Y_1^2 \right)^{1/2}} \right] \quad (\text{II-2-2})$$

Où $X = \frac{f_N^2}{f^2}$; $Y = \frac{f_H}{f}$, $Y_t = Y \cos \theta$; $Y_1 = Y \sin \theta$

f_N : fréquence du plasma = $8,98 \cdot 10^{-6} (\text{Ncm}^{-3})^{1/2}$

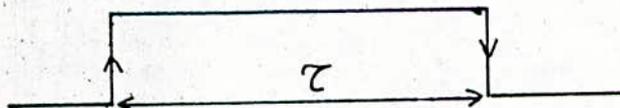
f_H : gyrofréquence $f_H = \frac{C \cdot B}{m} = 2,7993 B$ (Gauss)

f : fréquence de l'onde

θ : angle d'inclinaison magnétique

Le problème de la détermination de la hauteur réelle H_r à partir de la hauteur virtuelle H_v consiste à effectuer l'inversion de l'équation intégrale ci-dessus. Il existe plusieurs méthodes pour effectuer cette inversion : méthode de lamination, méthode de routine, méthode polynomiale de Titchard (pas à pas).

On sait que l'horloge commande le départ de l'onde et son retour. Donc on peut générer un signal de durée (temps de propagation) grâce à un circuit électronique. Le front montant de ce signal est déclenché par le départ de l'onde et le front descendant par son retour.



Ce signal n'étant pas exploitable par la chaîne d'acquisition on le convertit alors par un convertisseur temps-amplitude, ce qui peut être réalisé par un intégrateur par exemple qui va nous donner $A = f(\tau)$. Ce signal va ensuite attaquer la chaîne d'acquisition dont le schéma est représenté dans la figure 2.

À la sortie du convertisseur analogique numérique la donnée analogique (amplitude) est convertie en une donnée numérique. Pour le calcul de la hauteur, on a besoin du temps de propagation de l'onde. Donc cette donnée numérique doit être convertie en temps : $\tau = f^{-1}(A)$.

Le calculateur va ensuite, pour une fréquence f_i , nous calculer la hauteur virtuelle correspondante H_{vi} , grâce à la formule : $H_{vi} = \frac{1}{2} C \cdot \tau_i$

Et à partir de la formule (II-2-1), il va nous calculer la hauteur réelle

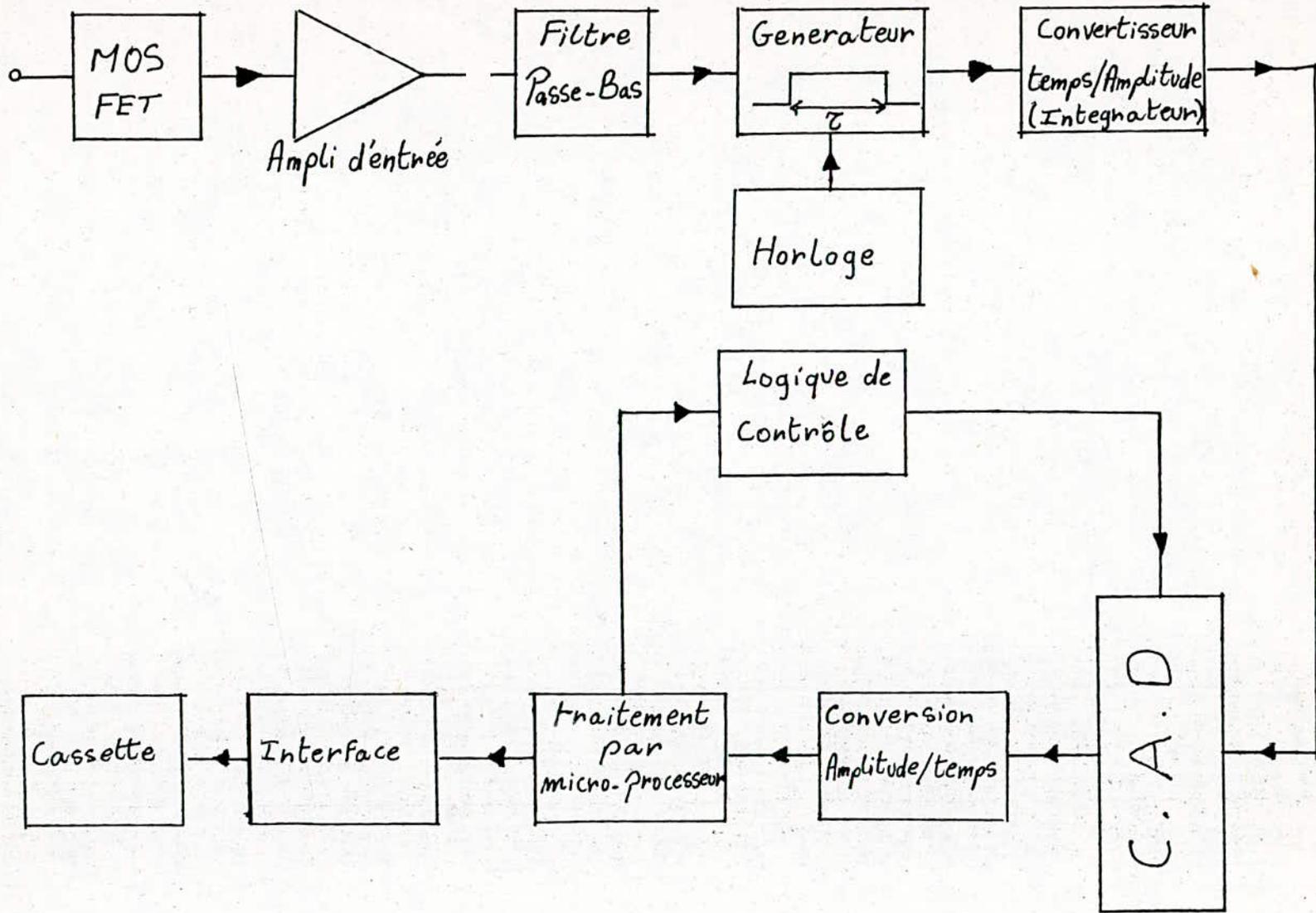


Fig 2: Chaine D'enregistrement De La Hauteur

correspondante Hri. Cette hauteur va être stockée dans la RAM pour être ensuite enregistrée par l'intermédiaire d'une interface dans une cassette de magnétophone ordinaire.

Ce schéma ne nous permet d'enregistrer que la hauteur. Or notre but est d'enregistrer la couple Hauteur-fréquence (Hi;Fi). Pour cela il suffit d'ajouter en parallèle à la chaîne étant précédant le schéma de la figure 3. La sortie étant la même que la précédente, c'est à dire après le bloc traitement de signal. A l'entrée de la chaîne on recueille une tension sinusoidale de fréquence F (l'écho). Après amplification et filtrage cette tension-fréquence, car notre but est d'enregistrer la fréquence. Cette fréquence attaque le C.A.N. La donnée numérique, après traitement par micro processeur, est enregistré sur une cassette.

Pour répondre au cahier de charge, qui est l'enregistrement de l'inogramme, c'est à dire le couple Hauteur - fréquence, sur une même cassette, on relie les 2 chaînes précédentes en un même schéma grâce à un multiplexeur (figure 4).

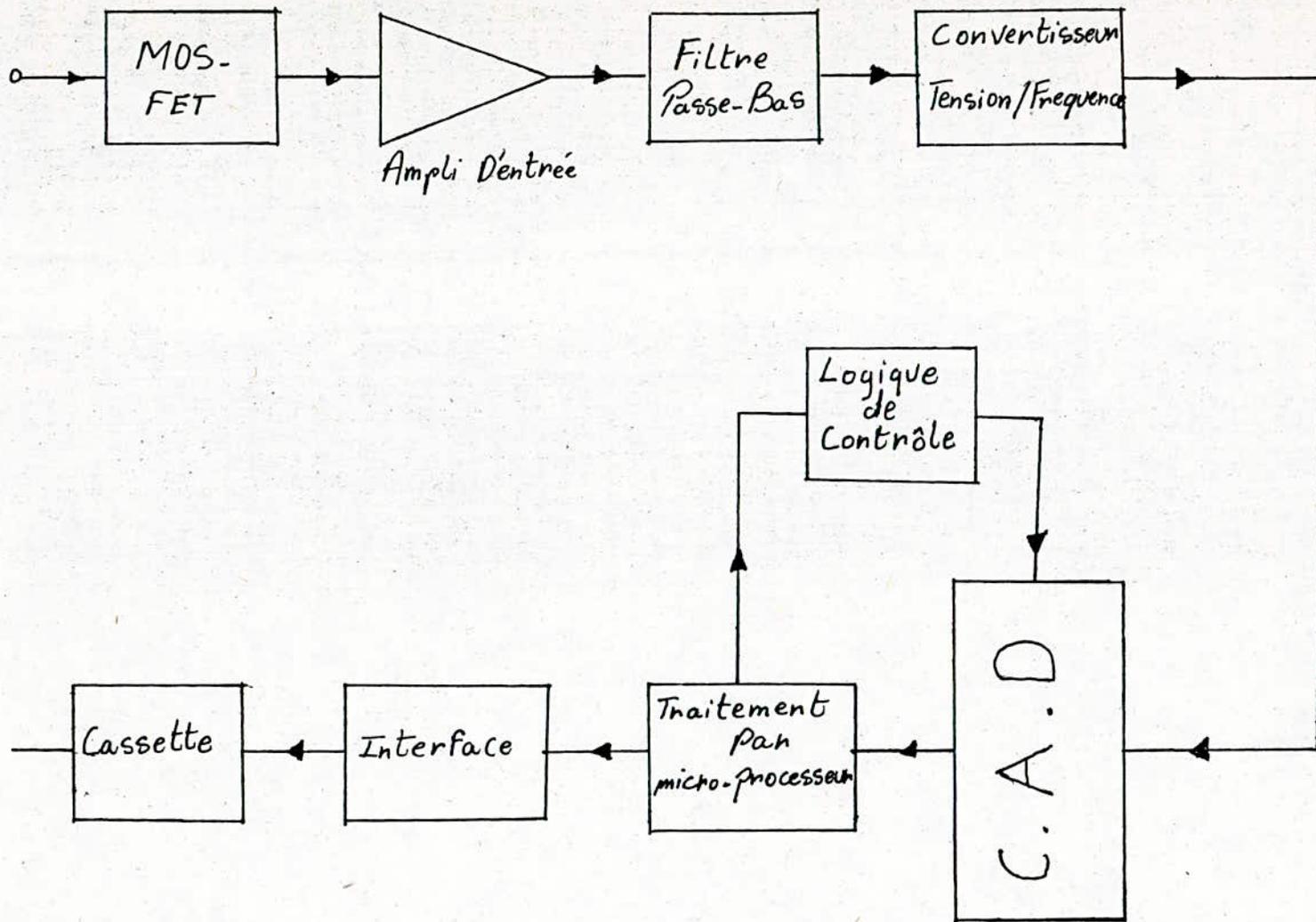


Fig3 : Chaine D'enregistrement De La Frequence.

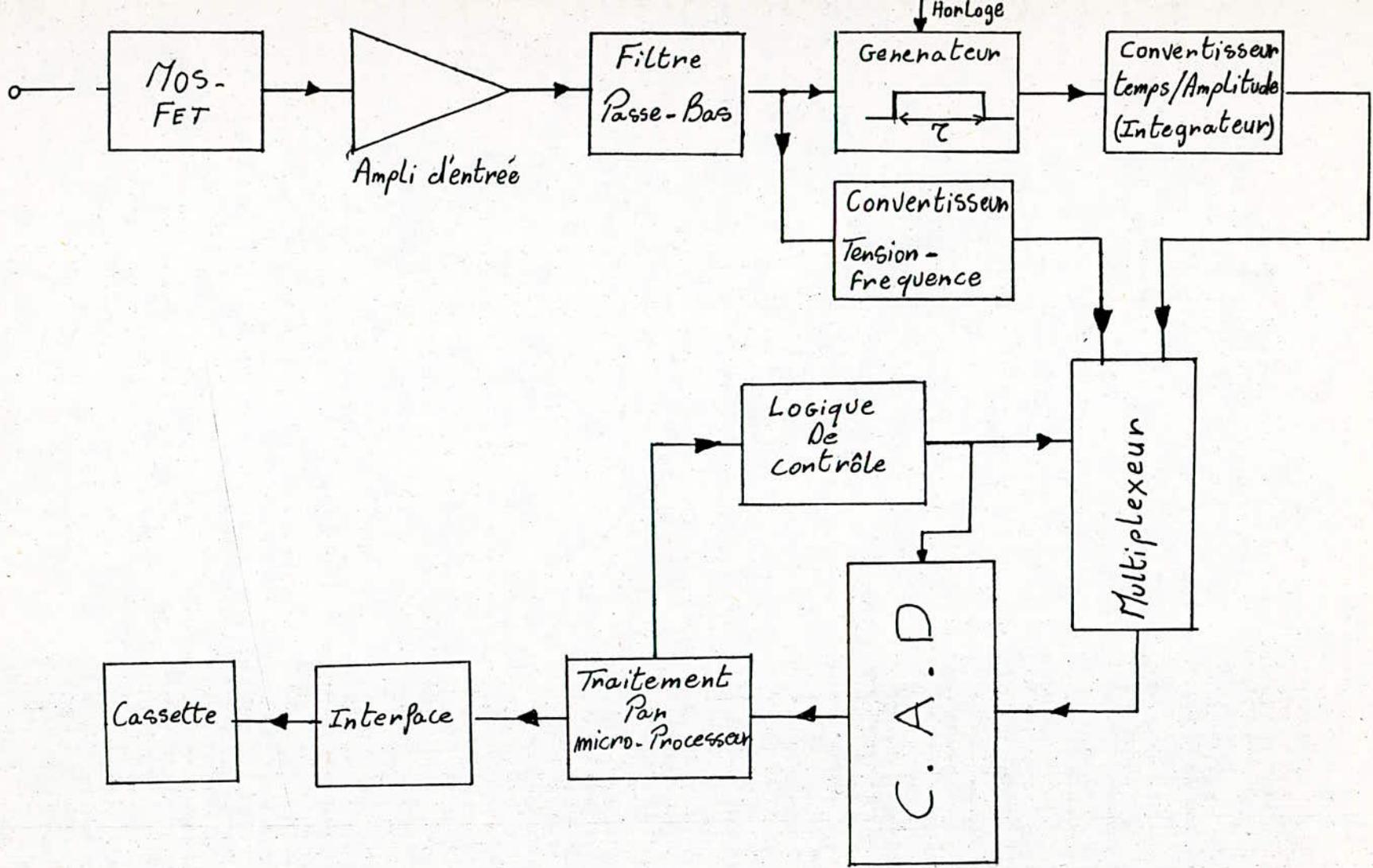


Fig 4: Chaîne D'enregistrement Du Couple Hauteur - Fréquence

CONCLUSION:

L'étude que nous a-ons faite, nous a permis de faire une connaissance très poussée, du sondeur ionosphérique I.P.S42; la propagation ionosphérique le sondage et le matériel nécessaire pour effectuer un sondage.

On a pu aussi, grâce à une étude théorique, faire des sondages en laboratoire et ceci grâce à la mise au point d'une antenne fictive qui remplace les antennes réelles trop encombrantes.

Par une modification apportée au sondeur ionosphérique, on a vu qu'on pourrait effectuer des sondages entre 0 et 25 Kms, c'est à dire le sondeur peut facilement travailler en radar S.T.

Enfin une simulation de l'écho par micro-ordinateur a été envisagée. En effet on a fait une étude permettant d'enregistrer l'ionogramme sur une cassette ordinaire de magnétophone pour pouvoir faire l'étude plus loin, vu que les films sont très coûteux et leur disponibilité.

Le but de notre étude reste purement théorique, et permettra sans faute aux étudiants en post-graduation de leur apporter beaucoup.

En l'acquisition par l'école d'un sondeur, nous espérons par cette étude, avoir une grande contribution qui facilitera sans doute la tâche de ses futurs utilisateurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Di Franco and Rubin : Radar detection
- Nathanson : Radar Design Principles
- Evans et Hagfors : Radar Astronomy
- Delacondre et Sondt : Conception et performances du radar classique.
- M. Carpentier : Radars. Concepts nouveaux.
- A. Violet : Radar
- M. Monpetit : Radars tome 1: Systèmes radar.
- M. Carpentier: - Eléments consicutifs du radar.
- Complements à la théorie du radar.
- - Eléments consicutifs du radar.
- Elimination du clutter.
- L. Chretien : Ce que le technicien doit sa-oir du radar.
- L. Thourel : Les radars de -eille modernes.
- L. N.Ridenour : Conception et realisation des dispositifs radar.
- A. Pommier : Radars T2 Systèmes radars.
- Van -alkenburgh : Radars : Principe et fonctionnement.
- K.Saada : thèse de Magister.
- S. Ferrat : thèse de Magister.
- Benahmed et kasmi : projet de fin d'etudes.
- Kel Derospace PTY .LTD : IPS 42 ionosonde.
 Technical Manual
- S. ALBAGLI : Cours de radio electricité generale 3.
- E. Fromy : Mesures en radiotechnique.
- Electronique Application : Juin - Juillet 1984.