

LA RÉCEPTION DES UHF EN TÉLÉVISION

NATURE DES CIRCUITS

L'ENCOMBREMENT des bandes de fréquences usuelles (41 à 225 MHz) et le désir de diffuser plusieurs programmes ont obligé à recourir à l'emploi de fréquences élevées. C'est ainsi

Pour obtenir une telle inductance, il faudrait avoir recours à une boucle de très faible diamètre et si l'on admettait la possibilité d'une telle réalisation, un autre aspect du problème en rendrait l'emploi impossible : la qualité du circuit ainsi constitué serait très fai-

L'existence de ces éléments de circuit sert non seulement à matérialiser le phénomène de résonance, mais aussi à établir la formule donnant l'impédance caractéristique de la ligne.

$$Z_c = \sqrt{\frac{l}{c}}$$

l et c étant déterminés par ces

égale à Z_c précédemment définie : tout dépend de la nature de la charge située en bout de ligne.

En branchant effectivement une charge identique à l'impédance caractéristique « Z_c » de la ligne, on retrouve « Z_c » à l'entrée (a).

Pratiquons maintenant un court-circuit : à l'autre extrémité de

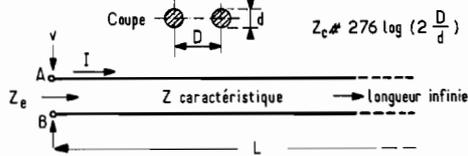


Fig. 1. — Caractéristique d'une ligne de 2 fils parallèles.

que furent allouées aux émetteurs de télévision les fréquences inférieures de la gamme des « Ultra-Hautes-Fréquences » — les U.H.F. de 470 à 862 MHz — lequel domaine se partage en deux bandes IV et V et en 48 canaux de 8 MHz de largeur et numérotés de 21 à 69.

Comme on le voit, ces bandes IV et V laissent aux services officiels un choix important de canaux de télévision et l'éventualité fort séduisante d'installer plusieurs chaînes en noir ou en couleur (2^e et 3^e chaîne de TV couleur). Ce domaine de fréquences ne présente pas toutefois que des avantages, car il nécessite des circuits spéciaux totalement différents de ceux habituellement rencontrés en télévision V.H.F. classique. Les circuits à constantes localisées ne peuvent plus être utilisés car ils obligeraient l'emploi de capacités et d'inductances « microfines ». Prenons un exemple précis et concret : Même en isolant les circuits accordés, il semble difficile d'imaginer des capacités parasites inférieures à 3 pF. Déjà, ce chiffre très réduit sous-entend des prouesses technologiques irréalisables actuellement. Considérons maintenant une fréquence moyenne d'accord dans les bandes U.H.F., par exemple 630 MHz. Pour cette fréquence, l'inductance qui devrait s'accorder avec la capacité de 3 pF s'éleverait à :

$$L \approx \frac{1}{40 \cdot 10^{16} \cdot 3 \cdot 10^{-12}}$$

$$L \approx 0,021 \mu\text{H}$$

ble, inférieure à $Q = 10$. Or, si en télévision on doit prévoir généralement une large bande passante, une bande de 63 MHz minimum (pour $Q \text{ max.} = 10$) s'avère tout de même trop large. Enfin, l'éventualité de nombreuses chaînes de télévision doit être envisagée pour l'avenir (3^e chaîne de TV couleur en particulier) et il faut donc imaginer une variation continue d'accords de fréquence, cela écarte définitivement l'emploi de circuits à constantes localisées. Or, on ne peut pas encore utiliser les cavités résonnantes des hyper-fréquences car cette fois leurs dimensions seraient prohibitives et leur sélectivité trop grande. Il nous reste donc les circuits en hélice, les circuits « papillons » ou les lignes. Les deux premières solutions se révèlent trop onéreuses pour être appliquées dans le domaine « grand public », nous choisissons donc le dernier système.

LA LIGNE DEMI-ONDE

Tous les fabricants de composants ou de Tuners U.H.F. utilisent actuellement le principe de la ligne résonnante accordée. Avant de décrire les lignes construites réellement, considérons le cas théorique de deux fils parallèles (Fig. 1). Aux fréquences élevées, on dit que cette ligne se compose de constantes réparties le long des fils et que, si l'on est amené à faire une équivalence avec des composants élémentaire « l » et « c », le nombre des cellules ainsi constituées est infiniment grand (Fig. 2).

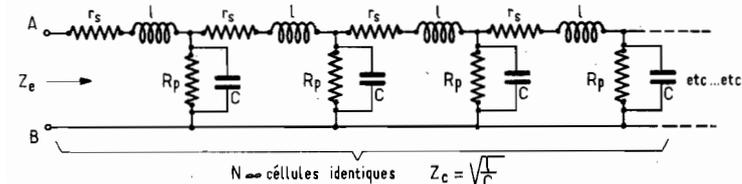


Fig. 2. — Circuit équivalent à une ligne électrique de longueur infinie.

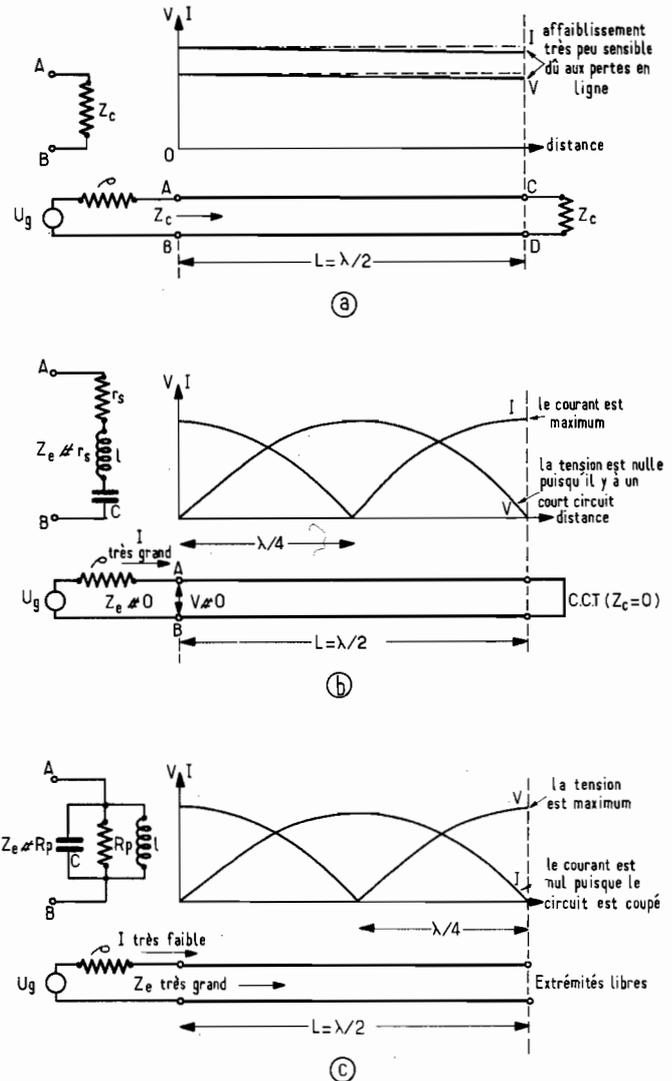


Fig. 3. — Comportement d'une ligne demi-onde selon la nature de la charge terminale. a) Cas de la ligne terminée sur son impédance caractéristique. b) Cas de la ligne demi-onde court-circuitée à une extrémité. c) Cas de la ligne demi-onde considérée à vide.

moyens de mesure appropriés (Q mètre).

En branchant une source à haute fréquence, la ligne se comporte différemment selon sa longueur. Ainsi, si cette longueur est rendue égale à la demi-longueur d'onde du signal appliqué (Fig. 3), l'impédance d'entrée de la ligne n'est pas forcément

la ligne $\lambda/2$, il apparaît également un court-circuit car la tension est nécessairement à chaque bout de ligne (b). contre si cette charge est nulle (ligne « ouverte »), la répartition du courant au long de la ligne est telle qu'il est nul à chaque extrémité ; la tension correspondante est alors maximale. Vue

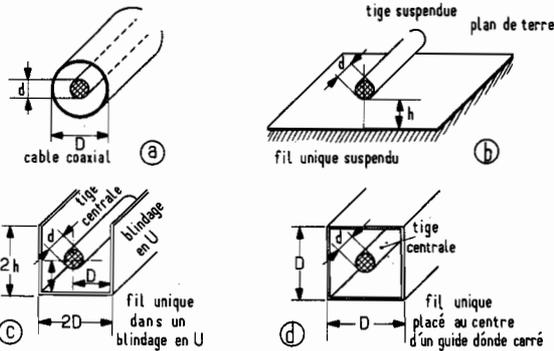


Fig. 4. - a) câble coaxial;
 b) fil unique suspendu;
 c) fil unique dans un blindage en U;
 d) fil unique placé au centre d'un guide d'onde carré.

de chaque extrémité et l'impédance est théoriquement infinie puisqu'en appliquant la loi d'Ohm

$$Z_{en} = \frac{V}{I}$$

...le dénominateur est nul (c).

Pratiquement, l'intensité absorbée par la ligne n'est pas entièrement supprimée, car il subsiste les pertes. Le circuit équivalent à cette ligne devient évident : il s'agit bel et bien d'un circuit bouchon. Ainsi, l'impédance d'entrée est grande et diminue lorsque la longueur d'onde varie de part et d'autre de la valeur critique :

$$\lambda_0 = 2L$$

La notion de sélectivité en dérive d'elle-même et par suite, celle de surtension. En effet, lorsque l'impédance vue de l'entrée de la ligne diminue de $\sqrt{2}$ (Aff. de 3 dB), le désaccord de fréquence correspond à la demi-bande passante; quant à la surtension, elle se détermine comme à l'habitude en effectuant le rapport entre la fréquence centrale et la bande passante à 3 dB.

$$Q = \frac{f_{centrale}}{B_p}$$

Pratiquement, on peut arriver à des surtensions de l'ordre de 50 à 100 ce qui correspond sensiblement aux besoins de la télévision.

REALISATION PRATIQUE

Il ne faut pas perdre de vue que nous devons couvrir la gamme des fréquences comprises entre 470 et 862 MHz. En principe, la variation de fréquence doit être progressive : la ligne demi-onde passe donc de 32 cm à 17,4 cm, ce qui obligerait à l'emploi d'un dispositif mécanique approprié pour raccourcir la longueur des tiges. Cette solution ne nous satisfait guère, à cause des mauvais contacts.

Par ailleurs, la structure symétrique de la ligne est gênante, car elle s'adapte difficilement à l'amplification à tubes ou à transistors.

On a donc recours à des formes asymétriques telles que la struc-

ture coaxiale (Fig. 4 a), le fil unique suspendu au-dessus de la masse (Fig. 4 b) ou placé dans une sorte de guide d'ondes ouvert ou fermé (Fig. 4 c et d).

Les impédances caractéristiques de ces lignes de transmission sont toutes différentes, mais peu nous importe cette particularité, puisque nous ne les adaptons pas. Ces trois formes sont toutes employées. Reste le problème du raccourcissement de la tige. Or, une étude approfondie des propriétés des lignes montre que dans le cas d'une ligne ouverte, c'est-à-dire avec ses extrémités, laissées libres, la présence d'un condensateur placé en tête ou en fin de ligne en modifie apparemment la longueur électrique. Cela s'explique aisément : un tronçon de ligne, lorsqu'il est suffisamment court devant la longueur d'onde, se comporte comme une petite capacité. Par conséquent, en réduisant la ligne demi-onde d'une

longueur « l », tout se passe comme si l'on avait ôté du câble ou de la ligne une petite capacité c de valeur telle qu'on vérifie la relation suivante :

$$\frac{1}{C\omega} = Z_0 \cotg 2\pi \frac{l}{\lambda}$$

La valeur de l'impédance caractéristique doit être parfaitement connue, ce qui implique, évidemment, une formulation appropriée à la structure de la ligne de transmission choisie (voir Fig. 4) ou des mesures très précises à la fréquence de travail qu'on s'est fixée. Une application pratique découle de ce principe : si l'on se reporte à la figure 5, on peut voir que la ligne « c », munie d'une capacité terminale équivalant au tronçon de ligne de longueur « l », se comporte exactement comme la ligne demi-onde « a », tout en étant, évidemment, plus courte. En dehors du gain de place, ce qui est déjà appréciable on a surtout la faculté d'allonger ou

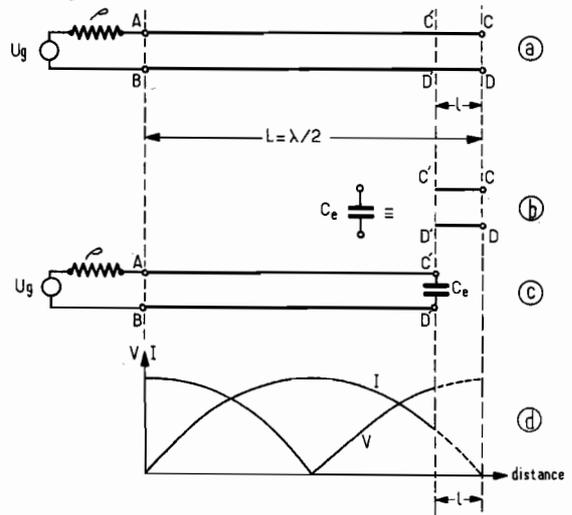


Fig. 5. - Raccourcissement d'une ligne demi-onde au moyen d'un condensateur équivalent au tronçon de ligne enlevé.

TOUTES LES MARQUES DE CONTROLEURS DISPONIBLES

LE MOINS CHER DE TOUS



PRIX : 120 F

- CAPACITE : 10 à 1 000 cm - 1 000 cm à 1 mF.
- Dimensions : 115 x 85 x 30 mm.

Livré avec cordons Jacks et pointes de touche.

CONTROLEUR UNIVERSEL CENTRAL Modèle 200-H

- Conçu pour professionnels, amateurs, laboratoires, etc.
 Il vous suivra partout.
 Prix imbattable - Qualité - Garantie.
 Cadran à grande visibilité gradué pour toutes mesures. Remise à zéro.
 20 000 ohms par volt en continu.
 10 000 ohms par volt en alternatif.
- INTENSITE en courant continu : 50 micro-ampères 2,5 mA et 250 mA.
 - TENSIONS en alternatif : 0 - 10 - 50 - 100 - 500 - 1000 V.
 - TENSIONS en continu : 0 - 5 - 25 - 50 - 250 - 500 V.
 - OHMMETRE : 0 à 6 000 - 0 à 6 Mg.
 - PRISE SPECIALE pour 2 500 V continu.
 - DECIBELMETRE - 20 + 22 dB.

CENTRAD

- 517 20 K Ω/V ; 214,00
 - 819 20 K Ω/V ; 262,00
 - VOC 10 10 K Ω/V ; 129,00
 - VOC 20 20 K Ω/V ; 149,00
 - VOC 40 40 K Ω/V ; 189,00
- ### METRIX
- 462 20 K Ω/V ; 219,00
 - MX 209 A 20 K Ω/V ; 204,00
 - MX 202 B 20 K Ω/V ; 300,00
- ### CdA
- CdA 21 20 K Ω/V ; 166,00
 - CdA 50 50 K Ω/V ; 257,00
 - CdA 10 M Ω 10 M Ω ; 363,00

RADIO M.J.

19, rue Claude-Bernard - PARIS-V^o

ET TOUTE LA PRODUCTION CHINAGLIA

- Electrotester VA 32 B avec étui et cordons 218,00
- Mignotester 300 avec cordons 119,00
- Mignotester 385 avec cordons 149,00
- Analyseur CORTINA avec coffret et cordons 205,00
- Analyseur CORTINA USI avec coffret et cordons 255,00
- Sonde H.T. 30 kV pour Cortina/Cortina USI 78,00
- Analyseur LAVAREDO avec étui et cordons 270,00
- Analyseur LAVAREDO USI avec étui et cordons 335,00
- Sonde H.T. 30 kV pour Lavaredo/Lavaredo USI 78,00
- Voltm. électr. DINOTESTER avec étui et cordons 345,00
- Voltm. électr. DINOTESTER USI avec étui et cordons 390,00
- Sonde H.T. 30 kV pour Dinotester/Dinotester USI 78,00
- Voltmètre électronique 1 001 avec cordons 490,00
- Sonde H.T. 30 kV pour voltmètre 1001 78,00
- Sonde H.F. 250 MHz pour voltmètre 1001 66,00

de raccourcir la ligne et de l'accorder sur la longueur d'onde voulue en rendant variable la capacité terminale. Prenons un exemple pratique concret (voir Fig. 6). Si l'on voulait accorder une ligne demi-onde sur 470 MHz, fréquence la plus basse de la gamme U.H.F., nous prendrions une ligne monotige de 30 à 35 cm de long suspendue à une hauteur imposée par l'impédance caractéristique qu'on s'est fixée (1).

être retenus pour accorder la ligne demi-onde ouverte.

Par contre, en utilisant un condensateur variable de 10 pF maximum placé en bout d'une ligne monotige de 5 cm environ (3), on peut très facilement couvrir la gamme des fréquences U.H.F.

Pour respecter la relation précédente, cette ligne doit présenter une impédance caractéristique

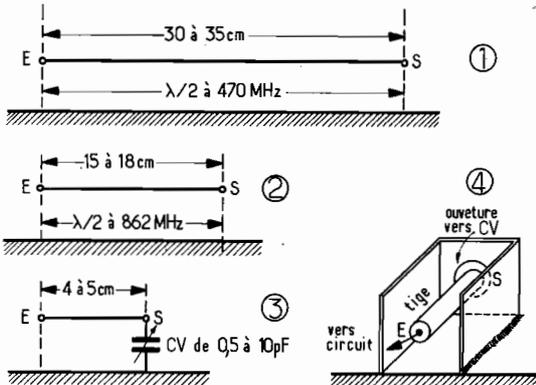


Fig. 6. — Dimensions des lignes demi-onde destinées à la réception des fréquences UHF
1° Cas de la fréquence la plus basse.
2° Cas de la fréquence la plus haute.
3° Cas d'une ligne terminée par un condensateur variable et qui peut couvrir sensiblement toute la gamme UHF.
4° Technologie d'une ligne mono-tige.

Si l'on voulait accorder cette ligne à l'autre extrémité de la bande V (vers 862 MHz), la longueur de la tige tomberait à 15 ou 18 cm (2). Pour les fréquences intermédiaires, il conviendrait de prévoir l'emploi d'un curseur pour boucher l'entrée E; encore faudrait-il supposer la non-influence du bout laissé libre, ce qui est logiquement impossible, puisqu'on aurait affaire alors à deux tronçons de ligne en parallèle.

donnée. Dans notre exemple — qui n'est pas forcément celui choisi par les constructeurs de tuners U.H.F. —, la ligne est constituée d'une tige de 15/10^e de millimètre placée au centre d'une sorte de caisson de 2 cm de côté formant compartiment; un des deux petits côtés comporte un fond percé d'un orifice suffisamment large ($\varnothing \approx 6$ mm) et supportant une rondelle isolante qui centre et maintient la tige; ce côté doit conduire en principe vers le condensateur variable.

Bref, ces moyens ne peuvent

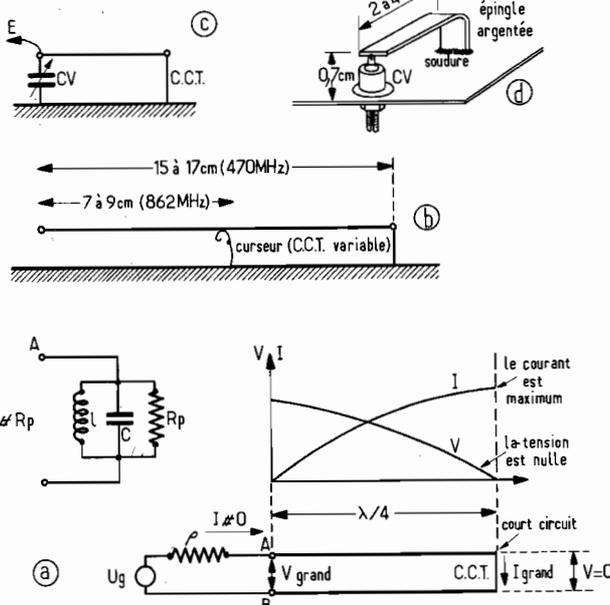


Fig. 7. — Analyse de la ligne quart d'onde accordée (a) et exemples de réalisations possibles; (b) ligne à court-circuit variable; (c) ligne courte accordable au moyen d'un condensateur variable; (d) réalisation pratique utilisant une lame argentée montée en « épine ».

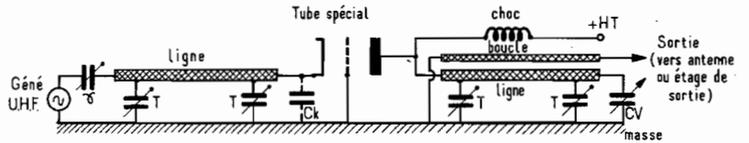


Fig. 8. — Schéma de principe d'un étage amplificateur UHF à lampe et à ligne demi-onde accordée.

LA LIGNE QUART-D'ONDE

De plus en plus, les tuners utilisent maintenant des lignes quart-d'onde comme circuits accordés. Dans ce cas, une extrémité est court-circuitée afin qu'à l'autre apparaisse une impédance élevée. En effet, pour ce tronçon de ligne, le courant est évidemment très grand dans le court-circuit, et très faible — sinon nul — à l'entrée; inversement, la tension est nulle au court-circuit et maximum à l'autre extrémité.

Dans ce type de ligne, l'accord est assuré par un condensateur variable placé en début de ligne (Fig. 7). Technologiquement, ce procédé d'accord U.H.F. est plus facile à réaliser; mais difficile à mettre au point car la longueur de la tige est difficile à calculer, compte tenu de la présence du C.V., pour assurer, d'une seule

C.V., on ajoute des trimmers presque à chaque extrémité. Ils ont pour effet d'ajuster les fréquences maximales et minimales correspondant respectivement à l'ouverture ou à la fermeture du C.V. A ces fréquences, il faut souligner, toutefois, que les trimmers n'interviennent plus, car ils se trouvent situés à des nœuds de tension (Fig. 9); leur action débute aussitôt que le nœud de tension quitte leurs positions. Ces capacités ajustables modifient donc seulement la course réelle du condensateur variable entre ses positions minimale et maximale, dilatant ou rétrécissant à volonté le Δf utilisable pratiquement.

Ces composants, du type tubulaire classique, ont, par ailleurs, l'avantage de supporter et de maintenir mécaniquement la ligne dans son compartiment, augmentant ainsi la rigidité de l'ensemble.

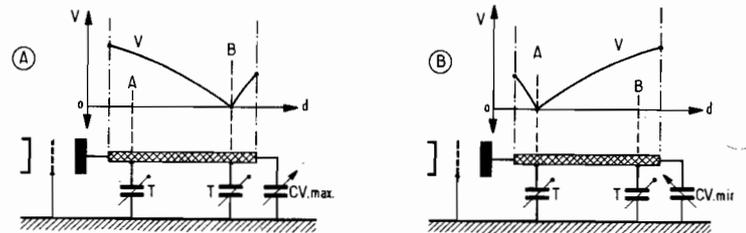


Fig. 9. — Action rétrécissante des trimmers et position des nœuds de tension pour les positions extrêmes du condensateur variable. Lorsque le C.V. tourne, le nœud se déplace le long de la ligne entre A et B.

rotation de ce dernier, la couverture de toute la gamme U.H.F.

COUPLAGE ET ADAPTATION D'IMPEDANCE

L'AMPLIFICATION U.H.F.

Il faut distinguer les montages à transistors des montages à lampes, non pas à cause de la structure du schéma, mais par les facteurs de bruit des semi-conducteurs qui se révèlent à l'expérience, bien meilleurs. Ainsi, avec des tuners à transistors, on peut facilement atteindre des valeurs de l'ordre de 3 dB à 470 MHz et de 10 dB à 862 MHz alors qu'il faut s'attendre à 6 à 8 dB de moins avec les anciens tuners à lampes. On rappelle pour mémoire, que plus le chiffre du facteur de bruit est faible plus le tuner se montre intéressant. Avec les tubes, utilisés seulement en émission, l'amplificateur est du type « grille à la masse » (Fig. 8). Généralement, on y adapte des lignes demi-onde accordées avec des condensateurs variables de l'ordre de 10 pF maximum. Comme il est très rare de couvrir parfaitement la bande prévue avec un seul et unique

Le couplage d'entrée ou de sortie peut s'effectuer au moyen de boucles ou en réalisant des prises sur la ligne. Cette dernière solution s'avère toutefois contestable car, par le truchement du condensateur variable, les nœuds de courant ou de tension se déplacent sur la ligne; en conséquence, il existe une ou plusieurs fréquences par lesquelles la tension prélevée peut s'annuler, ce qui produit non seulement des « trous » dans la bande, mais aussi des variations de gain non négligeables.

Le principe de la boucle doit donc être retenu; mais, pour les raisons précédentes, cette « boucle » doit s'étendre tout au long de la ligne accordée. Elle présente donc comme une tige une lame de même nature que celle de la ligne, et parallèle à cette dernière (Fig. 8). La distance entre la ligne accordée et celle capteuse d'énergie réagit indirectement sur l'amortissement et,

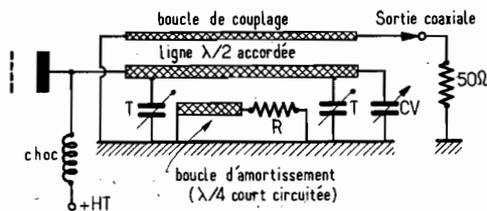


Fig. 10. — En dehors de la boucle de couplage qui s'étale parallèlement à la ligne accordée, on peut placer une boucle supplémentaire chargée par une résistance R qu'on approche plus ou moins de la ligne pour l'amortir dans certaines régions de la bande de fréquences couverte et éviter les variations trop importantes de gain.

par conséquent, sur la bande passante du système. On met à profit ce résultat pour ajuster la largeur de la bande de fréquence transmise, en ajoutant au besoin une seconde « boucle ».

Comme le gain du montage varie nécessairement au long de la gamme U.H.F., une boucle terminée sur une résistance et placée en certains points seulement de la ligne accordée, peut, si sa position est judicieusement choisie (Fig. 10), stabiliser dans une certaine mesure, l'amplification des fréquences trop favorisées. Enfin, l'adaptation d'impédance peut s'opérer de la même manière en recherchant une structure appropriée pour la boucle de couplage.

En ce qui concerne l'attaque d'un tube ou d'un transistor, comme elle a lieu à basse impé-

les performances des lignes changeant avec la fréquence. De plus, la sélectivité pour un gain convenable risque d'être trop grande à un bout de la bande, si elle est jugée normale à l'autre extrémité. En somme, on retrouve avec les tuners U.H.F., les mêmes problèmes qu'on a pu rencontrer autrefois avec les récepteurs à amplification directe en radio comme en télévision.

Evidemment, la solution consiste, pour les fréquences normales, à employer la technique des circuits couplés deux à deux. Bien qu'un rapprochement avec les lignes accordées semble difficile, cette technique est aussi recommandée en U.H.F.

La réalisation d'un ensemble de deux lignes accordées U.H.F. est schématisée figure 11 A : les lignes sont disposées dans deux compartiments blindés, communiquant toutefois entre eux au moyen de « fenêtres » pratiquées

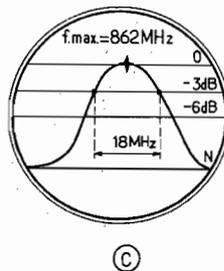
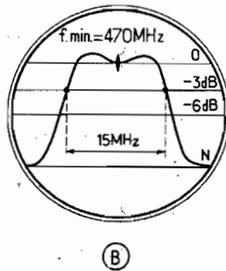
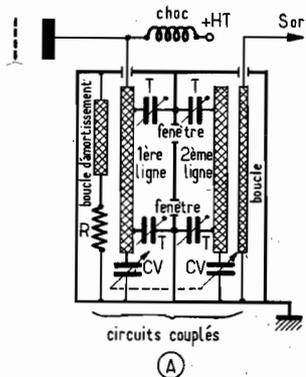


Fig. 11. — Schéma de deux circuits couplés équipés de lignes accordées. Le couplage d'une ligne à l'autre s'effectue au moyen de deux fenêtres pratiquées dans les blindages (A). Leurs emplacements ont été choisis de telle sorte que la bande passante reste sensiblement constante entre (B) et (C).

dance, on fait précéder ces composants d'un filtre passe-bas de structure en π , constitué soit d'éléments accordés traditionnels, soit par une ligne demi-onde comme le montre la figure 8 : cette ligne est accordée avec C.K. au milieu de la bande à recevoir et centrée avec l'aide des trimmers T; point n'est besoin d'en assurer l'accord variable au moyen d'un C.V., car l'amortissement est suffisant pour couvrir la gamme entière de télévision en U.H.F. La fréquence de coupure est, de toute façon, située au-dessus de la bande V.

CIRCUITS COUPLES

En n'utilisant à chaque fois qu'un seul circuit accordé (ligne + C.V.), la bande passante et l'amplification varient nécessairement lorsqu'on passe de 470 à 862 MHz,

dans le blindage et dont les dimensions conditionnent directement le couplage. Une ouverture est placée en haut de ligne pour assurer le couplage aux fréquences élevées, tandis qu'une seconde disposée plus bas, rattrape le degré de couplage à l'autre extrémité de la bande.

Cet ajustement des « fenêtres », allié à l'action des boucles d'amortissement ou de couplage, permet

de rendre sensiblement constante la bande passante des circuits couplés (voir courbes B et C); cela sous-entend toutefois, puisqu'il y a « accord variable », la possibilité d'un surcouplage possible

montage base à la masse est employé et l'on attaque le semi-conducteur par l'émetteur (Fig. 12), donc à basse impédance.

En général, comme la capacité d'entrée perturbe également l'adap-

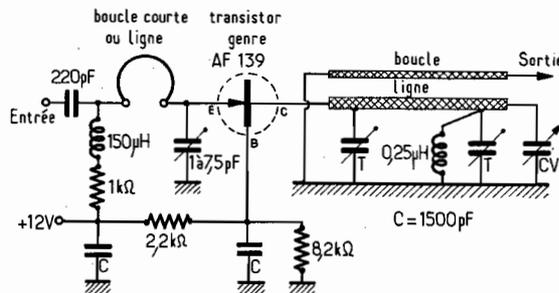


Fig. 12. — Schéma d'un amplificateur à transistors équipé d'une ligne demi-onde accordée.

à l'une des extrémités de la gamme U.H.F. couverte; les deux bosses ne doivent pas entraîner malgré tout de rotations de phase excessives. C'est la mise au point des trimmers qui finalement, arrange assez bien les choses, et le gain du tuner ne varie que de quelques décibels, de 470 à 862 MHz. Technologiquement, ces lignes sont réalisées dans des guides d'ondes carrés avec du fil de cuivre argenté. Les boucles font appel également au même matériau sans toutefois présenter nécessairement les mêmes dimensions. Les sources de pannes possibles

tation d'impédance, on intercale entre l'antenne et l'émetteur un filtre passe-bas (L.C.); l'inductance est généralement constituée par une boucle de petit diamètre (2 à 5 mm). Avec les transistors, il n'est pas nécessaire de prévoir de boucle d'amortissement car les impédances d'entrée et de sortie se prêtent bien à l'adaptation des lignes accordées.

Il semble qu'actuellement, les constructeurs utilisent avec les semi-conducteurs, des lignes quart-d'onde. Celles-ci sont court-circuitées en bout, l'accord étant réalisé en tête. Dans ce cas, l'adaptation se fait plus aisément en disposant simplement d'une prise sur la ligne $\lambda/4$.

La figure 13 donne un exemple de réalisation utilisant un transistor genre MM139 Motorola prévu pour fonctionner correctement jusqu'à 1 000 MHz environ. La ligne $\lambda/4$ est constituée d'un ruban argenté de 25 mm de longueur, de 2 mm de largeur et de $5/10^3$ de millimètre d'épaisseur : la prise est située au tiers de la longueur. Les valeurs sont calculées pour avoir un maximum de performances vers le haut de la bande V.

Le tout est disposé dans un blindage sans ouverture; l'entrée et la sortie du transistor sont également séparées par un blindage, ce dernier n'étant traversé que par des condensateurs tubulaires fixés au châssis ou par des perles isolantes de faible diamètre.

(à suivre)

R.-Ch. HOUZE
Professeur à l'E.C.E.

MONTAGES AMPLIFICATEURS A TRANSISTORS

Les schémas utilisant les transistors se rapprochent beaucoup de ceux à lampes : en effet, le

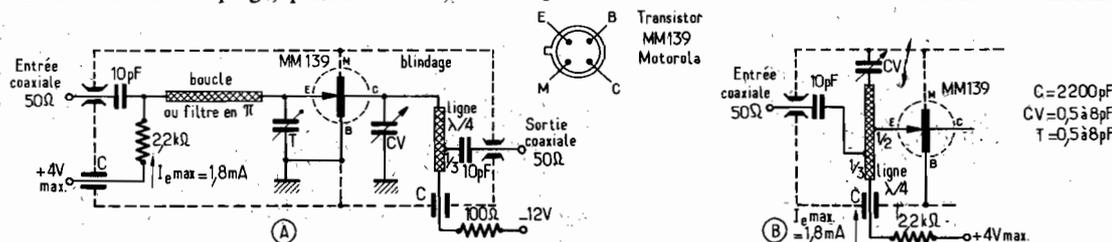


Fig. 13. — Montages équipés de lignes $\lambda/4$ A Voir figure. B Voir figure.