



THEORIE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

CONTRE-REACTION

Dans cette leçon, nous allons étudier le comportement d'un amplificateur BF, lorsqu'une partie du signal de sortie est reportée à son entrée.

Dans ces conditions, on dit qu'il y a REACTION, car le signal, après avoir agi une première fois sur l'amplificateur, est appliqué de nouveau à l'entrée, où il agit une seconde fois.

Quand le signal renvoyé à l'entrée est en OPPOSITION DE PHASE, avec le signal d'entrée d'origine, on a une REACTION NEGATIVE, appelée aussi CONTRE-REACTION.

La tension et le courant de sortie ayant la même forme que le signal d'entrée, on peut utiliser l'une ou l'autre pour obtenir la contre-réaction.

Si l'on utilise la tension, on obtient une CONTRE-REACTION DE TENSION. Si au contraire, il s'agit du courant, on obtient une CONTRE-REACTION D'INTENSITE.

Nous allons maintenant étudier séparément les deux circuits qui se présentent de façon très différente.

I - CONTRE-REACTION DE TENSION

On obtient la contre-réaction de tension en prélevant une partie de la tension de sortie d'un amplificateur et en la renvoyant à son entrée, de façon à ce qu'elle soit en opposition de phase avec la tension du signal d'entrée.

Pour comprendre les raisons de ce procédé, reprenons l'étude d'un étage final (voir figure 1).

Nous savons que la tension V_e appliquée à l'entrée fait varier le courant anodique qui circule dans le primaire du transformateur de sortie.

Si l'on suppose que la tension V_e est de forme sinusoïdale, comme indiqué figure 1, la composante alternative I_a du courant anodique aura la forme reportée sur cette même figure.

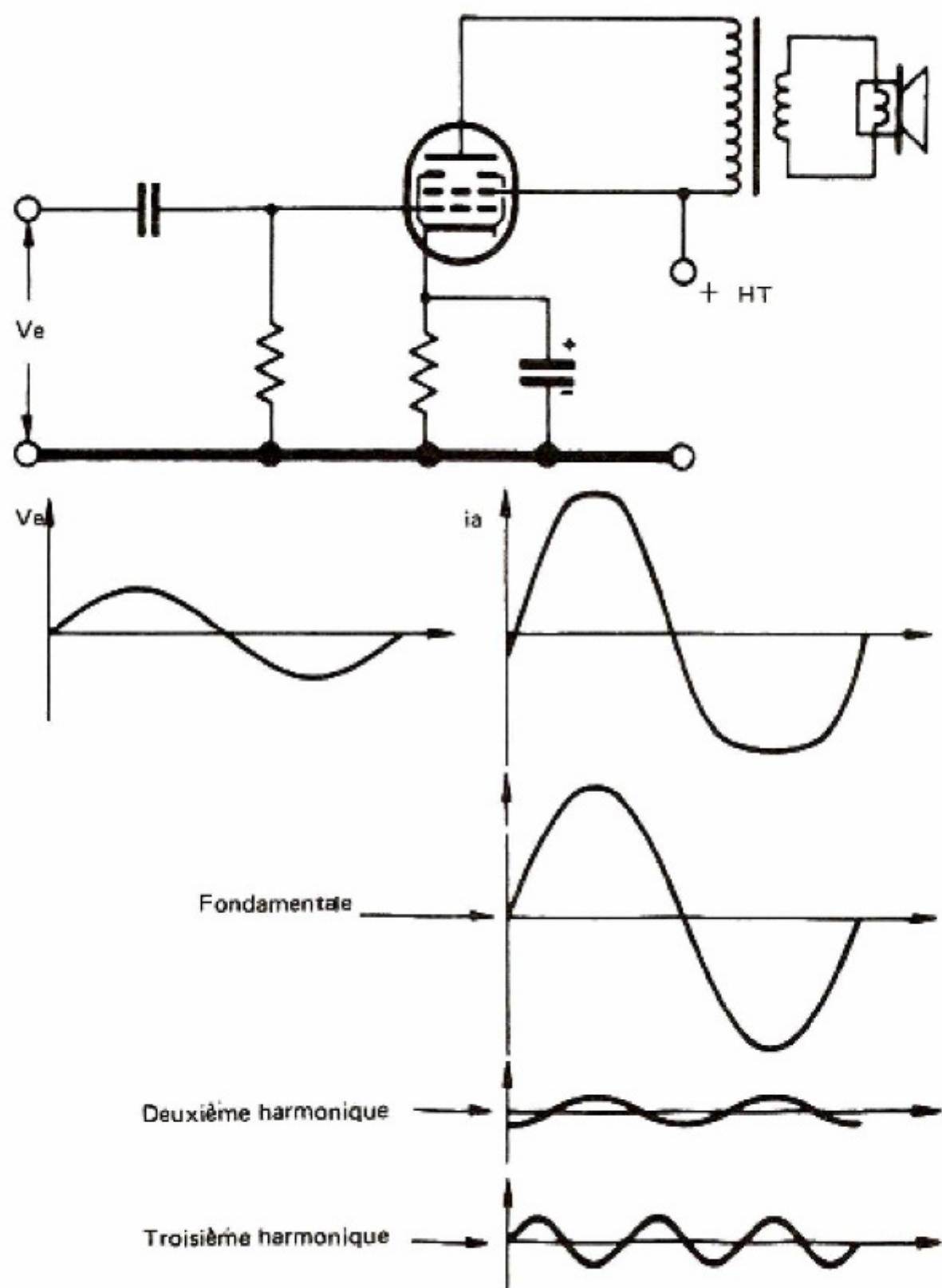
On constate que l'allure de la composante alternative I_a n'est plus sinusoïdale, en raison de la distorsion produite par le tube.

Comme nous l'avons appris, cette distorsion est due aux harmoniques qui accompagnent la fréquence fondamentale dans la composante alternative du courant anodique.

Pour simplifier les explications, on ne mentionne sur la figure 1 que la deuxième et la troisième harmonique, en plus de la fondamentale.

Tout ce qui est dit à propos de ces deux harmoniques, est évidemment valable pour les autres harmoniques de fréquence supérieure.

Etant donné que les distorsions sont dues à la présence des harmoniques, il faut éliminer au maximum celles-ci, pour avoir un signal de sortie d'allure identique à celle du signal d'entrée.



DISTORSION PRODUITE PAR UN ETAGE FINAL

Figure 1

Cette élimination est possible, si à l'entrée de l'amplificateur, on applique, en même temps que la tension V_e , deux autres tensions de même amplitude et même fréquence que les composantes alternatives dues aux harmoniques, mais en **OPPOSITION DE PHASE** avec celles-ci.

Pour bien comprendre ces explications, étudions la figure 2.

Dans la partie gauche de cette figure, on a représenté les tensions d'entrée, et dans la partie droite, les composantes alternatives correspondantes du courant anodique obtenu.

La tension V_e qui constitue le signal à amplifier, produit la composante alternative I_a qui comprend la fondamentale, la deuxième et la troisième harmonique (déjà vues figure 1).

En même temps que la tension V_e , sont aussi appliquées les tensions V_e' et V_e'' .

La tension V_e' a la même fréquence que la deuxième harmonique, et la tension V_e'' la même fréquence que la troisième harmonique.

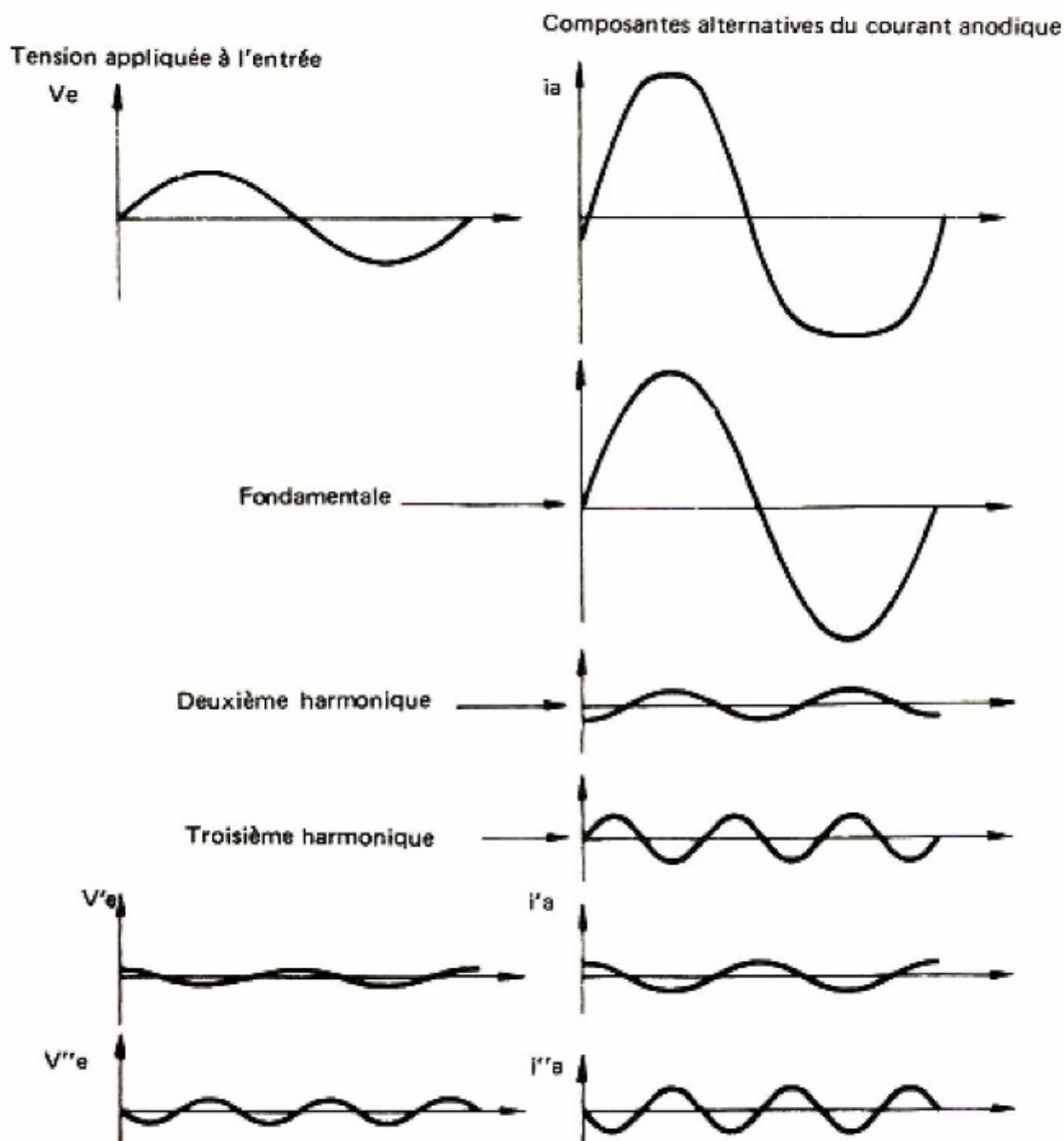
Etant donné que ces deux tensions ont une amplitude très faible, elles ne sont pas déformées par le tube, et chacune d'elles produit une seule composante du courant anodique.

La tension V_e' produit la composante I_a' et la tension V_e'' la composante I_a'' .

On voit que la composante I_a' est en **OPPOSITION DE PHASE** avec la composante due à la deuxième harmonique.

D'autre part, puisque ces deux composantes ont une amplitude égale, il est évident qu'elles s'annulent réciproquement.

Le haut-parleur ne reproduit donc pas la deuxième harmonique.



ELIMINATION DES HARMONIQUES

Figure 2

Cette explication est valable pour la composante due à la troisième harmonique, qui est en **OPPOSITION DE PHASE**, avec la composante V_a .

Au secondaire du transformateur de sortie, n'est donc transférée que la fondamentale qui a la même allure sinusoïdale que le signal V_e .

Celui-ci sera donc reproduit sans distorsion. Nous devons voir maintenant la façon de procéder, pour obtenir les deux tensions V_e' et V_e'' de fréquences égales au double et au triple de celle du signal V_e , pour pouvoir éliminer les harmoniques.

Rappelons-nous à ce sujet que les harmoniques ont précisément des fréquences égales au double et au triple de celle du signal V_e .

Lors de l'étude des amplificateurs, nous avons vu que le transformateur de sortie avec le haut-parleur relié au secondaire, présente une résistance dynamique déterminée pour la composante alternative du courant anodique.

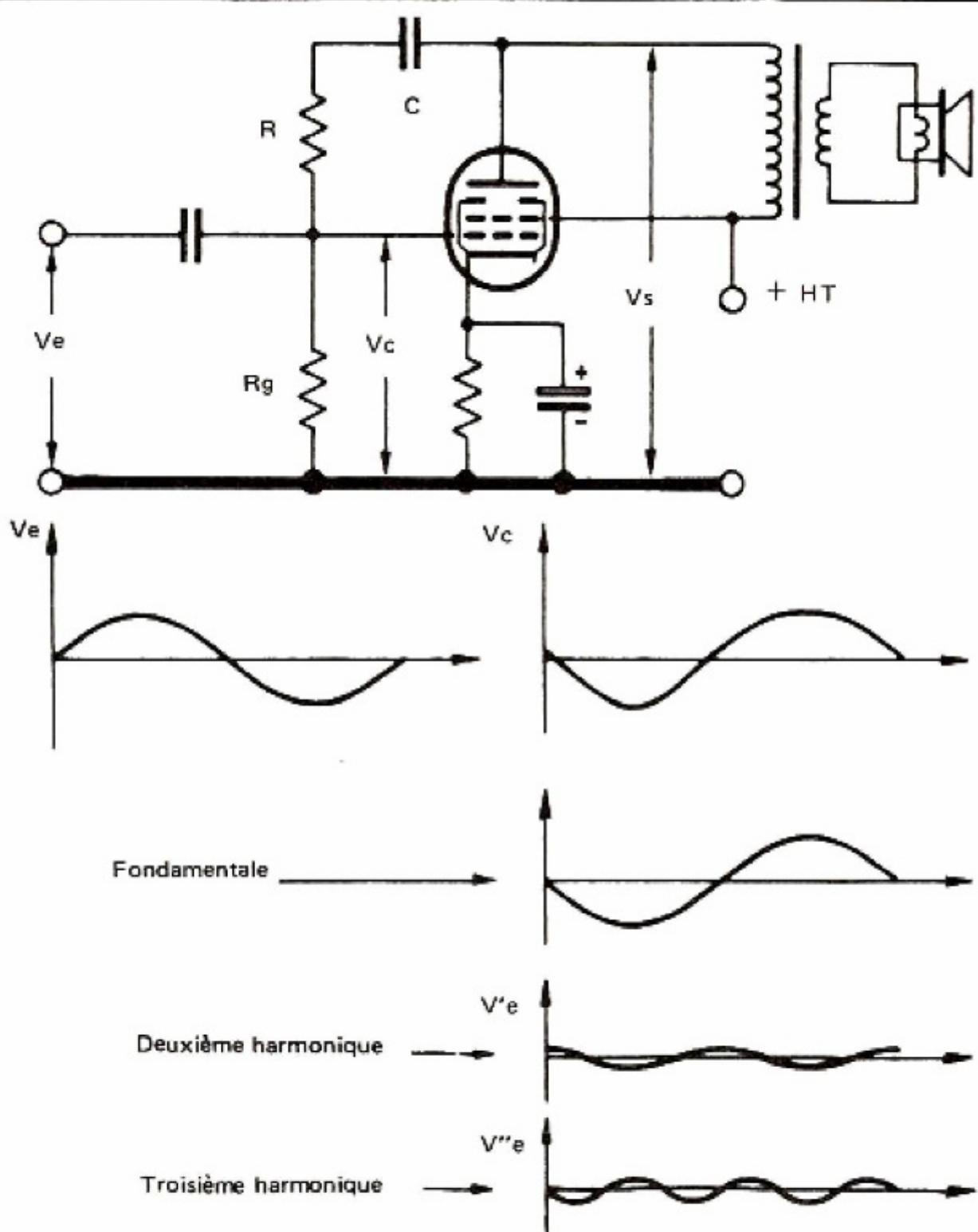
Cette composante produit une chute de tension aux extrémités du primaire du transformateur de sortie.

En conséquence, la tension entre l'anode du tube et la masse varie.

Il est donc possible d'obtenir une tension alternative V_s entre l'anode et la masse (voir figure 3) QUI REPRESENTE LA TENSION DE SORTIE DE L'ETAGE.

On peut donc prélever la tension **DE CONTRE-REACTION**, directement de l'anode du tube (c'est-à-dire appliquer à l'entrée de l'étage une partie de la tension V_s).

La réalisation pratique d'un circuit de **CONTRE-REACTION** est représentée figure 3.



TENSIONS APPLIQUEES A L'ENTREE D'UN ETAGE FINAL
AVEC CONTRE-REACTION DE TENSION

Figure 3

Ce circuit est constitué par un condensateur C et une résistance R, reliés en série.

L'ensemble RC est connecté entre l'anode et la grille de commande du tube.

Par l'intermédiaire du condensateur, on n'applique à la grille de commande que la composante alternative de la tension anodique.

Si la réactance du condensateur utilisé est pratiquement négligeable, la tension V_s existant entre l'anode et la masse, est entièrement appliquée aux extrémités des résistance R et R_g .

Cette tension se partage entre les deux résistances, et aux extrémités de R_g , on obtient ainsi une partie de la tension de sortie V_s . Cette tension présente entre la grille de commande et la masse est désignée par l'abréviation V_c sur la figure 3.

En choisissant correctement la valeur de la résistance R, on peut obtenir aux bornes de R_g une tension V_c de la valeur désirée.

Puisque la tension V_s provient de la composante alternative du courant anodique, il est évident qu'elle en a la même forme, c'est-à-dire qu'elle est déformée comme cette composante.

D'autre part, la tension V_s est en opposition de phase avec la tension V_e , comme nous l'avons déjà vu lors de l'étude du fonctionnement des amplificateurs de tension.

Ces deux remarques sont valables pour la tension V_c constituée par une partie de la tension V_s .

Ainsi, connaissant la forme de la tension V_e , il est possible de tracer la forme de la tension V_c (voir figure 3).

On doit remarquer que cette tension V_c est en opposition de phase avec la tension V_e , et qu'elle présente en outre la même distorsion que le signal de sortie.

Cela signifie que V_c comprend non seulement la fondamentale, mais aussi les différentes fréquences harmoniques.

Sur la figure 3, on voit que la deuxième et la troisième harmonique de la tension V_c sont identiques par rapport aux tensions V_e' et V_e'' de la figure 2, et qu'elles servent donc, comme ces deux tensions, à éliminer les harmoniques du signal de sortie.

Pour cette raison, les harmoniques de la tension V_c ont été désignées par les abréviations V_e' et V_e'' sur la figure 3.

En pratique, il n'est pas nécessaire d'éliminer complètement les harmoniques.

Il suffit de les réduire, car comme nous le savons, l'oreille humaine ne perçoit pas les distorsions inférieures à 5%.

Nous voyons donc que, pour réduire les harmoniques du signal de sortie créées par le tube, on utilise celles-ci, en les renvoyant à l'entrée de l'étage au moyen du circuit de contre-réaction.

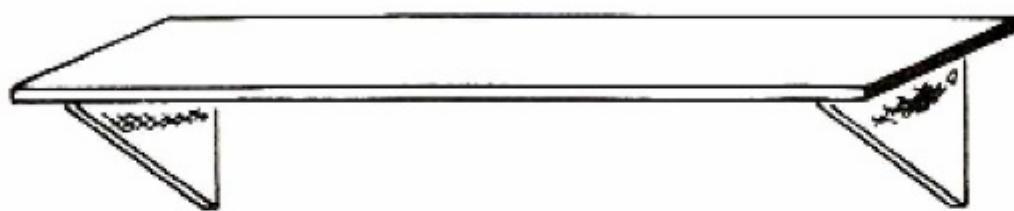
La présence des harmoniques dans le signal appliqué à l'entrée, signifie que ce signal est également déformé.

Mais, étant donné que le signal d'entrée est déphasé par rapport au signal de sortie, la distorsion produite par le retour des harmoniques sur le signal d'entrée, est en **OPPOSITION DE PHASE** avec la distorsion du signal de sortie.

Ainsi, les deux déformations s'annulent en partie réciproquement, et le signal de sortie présente une distorsion beaucoup moins importante.

Pour mieux comprendre ce phénomène, examinons la figure 4.

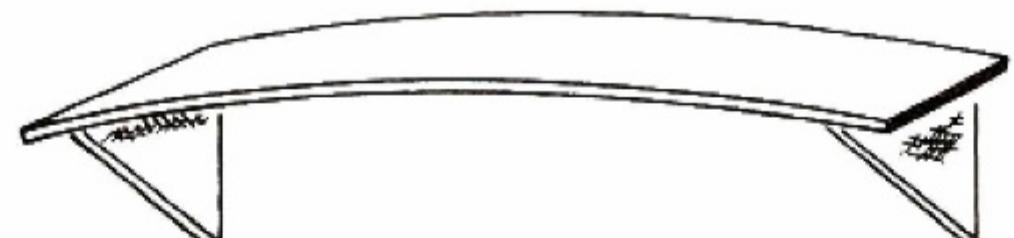
a)



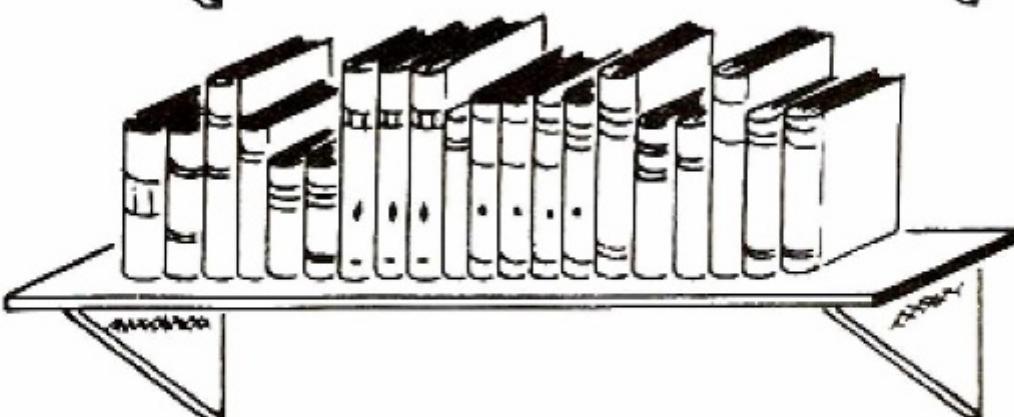
b)



c)



d)



COMPARAISON AVEC LA CONTRE-REACTION DE TENSION

Figure 4

On suppose que l'on a une console constituée par une planche posée simplement sur deux supports fixés dans le mur, comme on le voit sur la figure 4-a.

Quand on pose sur la console plusieurs livres, ceux-ci déforment la planche en raison de leur poids, en la courbant vers le bas, comme on le voit sur la figure 4-b.

Si l'on veut que la planche reste plate, il suffit d'enlever les livres et de la tourner de façon à ce qu'elle soit courbée vers le haut, comme on le voit sur la figure 4-c.

La planche a ainsi une déformation opposée à celle produite par le poids des livres, et c'est pour cette raison que, quand on remettra ceux-ci sur la console, la planche sera plate, comme on le voit sur la figure 4-d. Maintenant, en effet, la déformation due au poids des livres qui courbe la planche vers le bas, est compensée par la déformation de la planche courbée vers le haut.

Un procédé analogue est adopté dans le cas de la contre-réaction, car la déformation du signal produite par le tube est compensée par la déformation introduite spécialement dans le signal d'entrée.

Repronons maintenant la figure 3 pour signaler un point important.

Comme on le voit sur cette figure, la tension V_c reportée à l'entrée de l'étage comprend non seulement les harmoniques, mais aussi la fondamentale de la tension V_s .

Celle-ci est évidemment en opposition de phase avec la tension V_e qui constitue le signal à reproduire.

L'amplificateur fonctionne donc, comme si à son entrée, on appliquait une tension d'une valeur maximum égale à la différence entre les valeurs maximales de la tension V_e et de la fondamentale de la tension V_c .

Sur la figure 3, on voit que ces deux valeurs maximales sont à peu près égales, et on comprend pourquoi la tension effectivement appliquée à l'entrée de l'amplificateur a une amplitude très faible.

Puisque la puissance de sortie d'un étage final dépend de l'amplitude du signal appliquée à l'entrée, il est évident que dans ces conditions, la puissance de sortie est très réduite.

Pour éviter cette réduction de la puissance de sortie, il faut appliquer à l'entrée de l'étage une tension supérieure, de façon à compenser la diminution causée par la contre-réaction.

Pour nous fixer les idées, étudions l'exemple de la figure 5.

Supposons que quand l'amplificateur fonctionne sans contre-réaction, (figure 5-a) la tension V_e ait la valeur maximum de 10 V, et que la tension V_s ait la valeur maximum de 200 V. En divisant la deuxième valeur par la première, nous pouvons savoir de combien de fois est amplifiée la tension d'entrée V_e . Le résultat de la division indique le gain G de l'amplificateur qui est :

$$G = 200 : 10 = 20$$

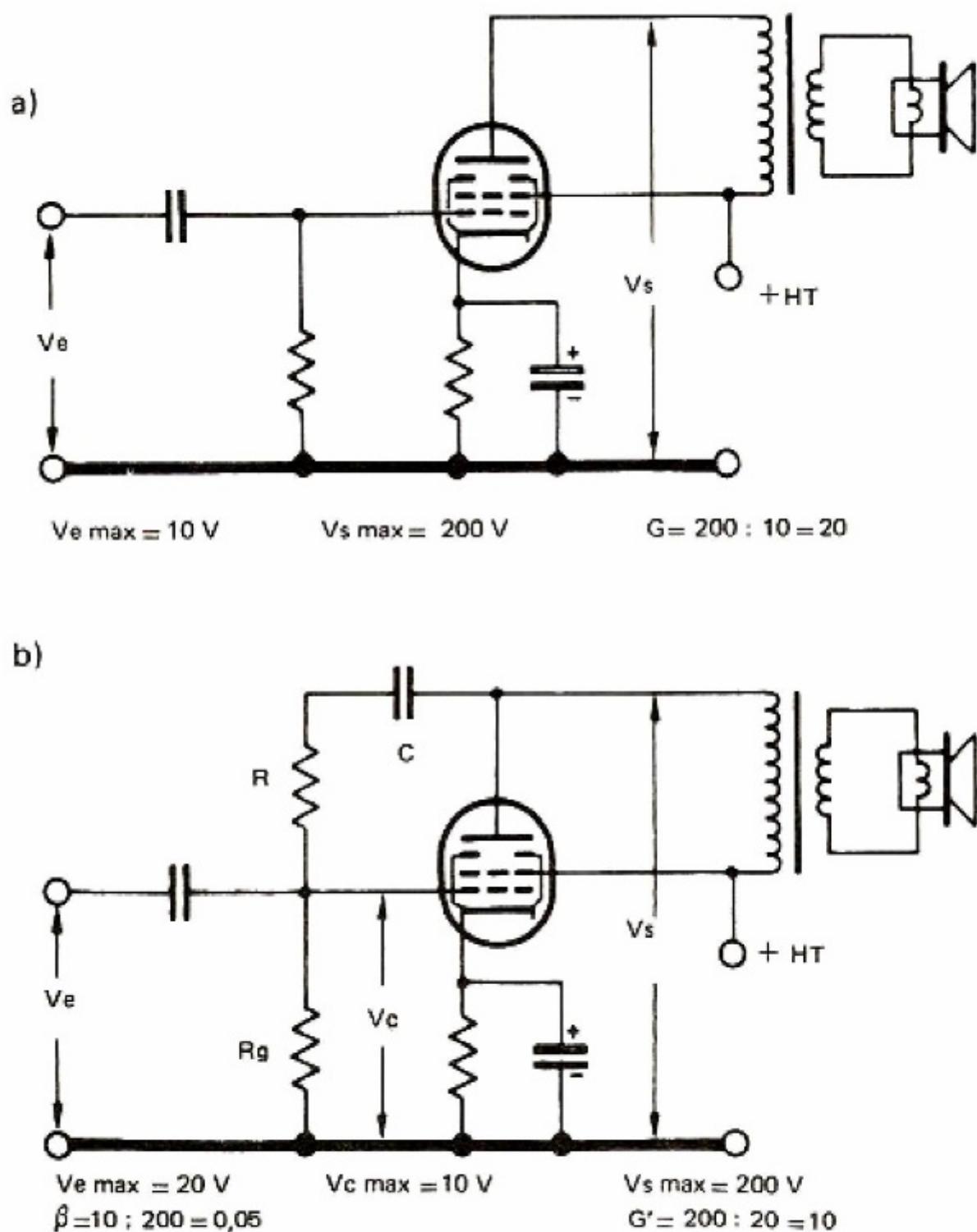
Supposons maintenant que l'on ajoute à l'étage le circuit de contre-réaction (figure 5-b) dans lequel nous avons une résistance R d'une valeur telle que la tension V_c ait la valeur maximum de 10V.

En divisant la tension V_c par la tension de sortie V_s , on peut savoir dans quelle proportion cette tension est renvoyée à l'entrée de l'étage. Le résultat de la division est appelé COEFFICIENT DE CONTRE-REACTION et on l'indique généralement par la lettre grecque β (béta).

Dans le cas de la figure 5-b, le coefficient de contre-réaction est :

$$10 : 200 = 0,05$$

Ce résultat signifie que pour chaque volt de la tension de sortie, une tension de 0,05 V est renvoyée à l'entrée.



REDUCTION DU GAIN DUE A LA CONTRE-REACTION

Figure 5

A l'entrée de l'étage seraient donc appliquées les tensions V_E et V_C qui ont toutes les deux la valeur maximale de 10V, mais qui, étant en opposition entre elles, s'annuleraient réciproquement.

Pour que, même avec la contre-réaction, la tension appliquée à l'entrée de l'étage, ait encore la valeur maximum de 10 Volts, il faut que la tension V_E ait une valeur maximum de 20 volts.

Dans ce cas en effet, la tension d'entrée sera égale à la différence entre la tension V_E et la tension V_C (soit $20 - 10 = 10$ Volts).

Dans ces conditions, on obtient toujours à la sortie de l'amplificateur une tension V_s de 200 volts, comme en l'absence de contre-réaction.

La détermination du gain de l'amplificateur en présence de la contre-réaction s'obtient en divisant la valeur maximum de la tension de sortie par la valeur maximum de la tension totale appliquée à l'entrée de l'amplificateur, soit :

$$G = 200 : 20 = 10$$

Nous voyons que le gain est réduit de moitié, par rapport au gain de l'amplificateur sans contre-réaction.

En général, LE GAIN G D'UN AMPLIFICATEUR AVEC CONTRE-REACTION SE CALCULE A L'AIDE DE LA FORMULE SUIVANTE :

$$G_{CR} = \frac{G}{1 + G \times \beta} \text{ avec :}$$

G_{CR} = gain de l'amplificateur avec contre-réaction

G = gain de l'amplificateur sans contre-réaction

β = coefficient de contre-réaction

Cette méthode de calcul peut être démontrée par des opérations complexes qui sortent du cadre de ce cours. Cependant, nous pouvons en

vérifier l'exactitude en prenant comme exemple l'amplificateur représenté figure 5.

Nous avons $G = 20$ et $\beta = 0,05$. En appliquant la formule donnée, nous aurons :

$$G_{CR} = \frac{20}{1 + (20 \times 0,05)} = \frac{20}{1 + 1} = \frac{20}{2} = 10$$

Nous voyons ainsi que pour éviter la diminution de la puissance de sortie d'un étage final équipé d'un circuit de contre-réaction, il faut augmenter l'amplitude du signal d'entrée.

Pour cela, on peut soit utiliser un étage préamplificateur à gain supérieur, soit deux étages préamplificateurs au lieu d'un seul.

La nécessité d'augmenter le niveau du signal d'entrée, constitue un inconvénient de la contre-réaction.

Toutefois, celle-ci est très fréquemment adoptée, car elle présente en plus de la réduction du taux de distorsion, d'autres avantages.

Parmi ceux-ci, il faut noter l'augmentation de la bande passante de l'amplificateur, qui peut ainsi reproduire les signaux avec une plus grande fidélité.

Précédemment, en nous référant à l'amplificateur de la figure 5, nous avons supposé que le gain était égal à 20. Il faut toutefois se souvenir que ce gain diminue pour les fréquences les plus basses et pour les fréquences les plus élevées, comme le démontre la courbe de réponse d'un amplificateur (rappelons que celle-ci indique la valeur du gain en fonction des fréquences du signal d'entrée).

La courbe de réponse de l'étage final sans contre-réaction (figure 5-a) est donnée sur la figure 6-a.

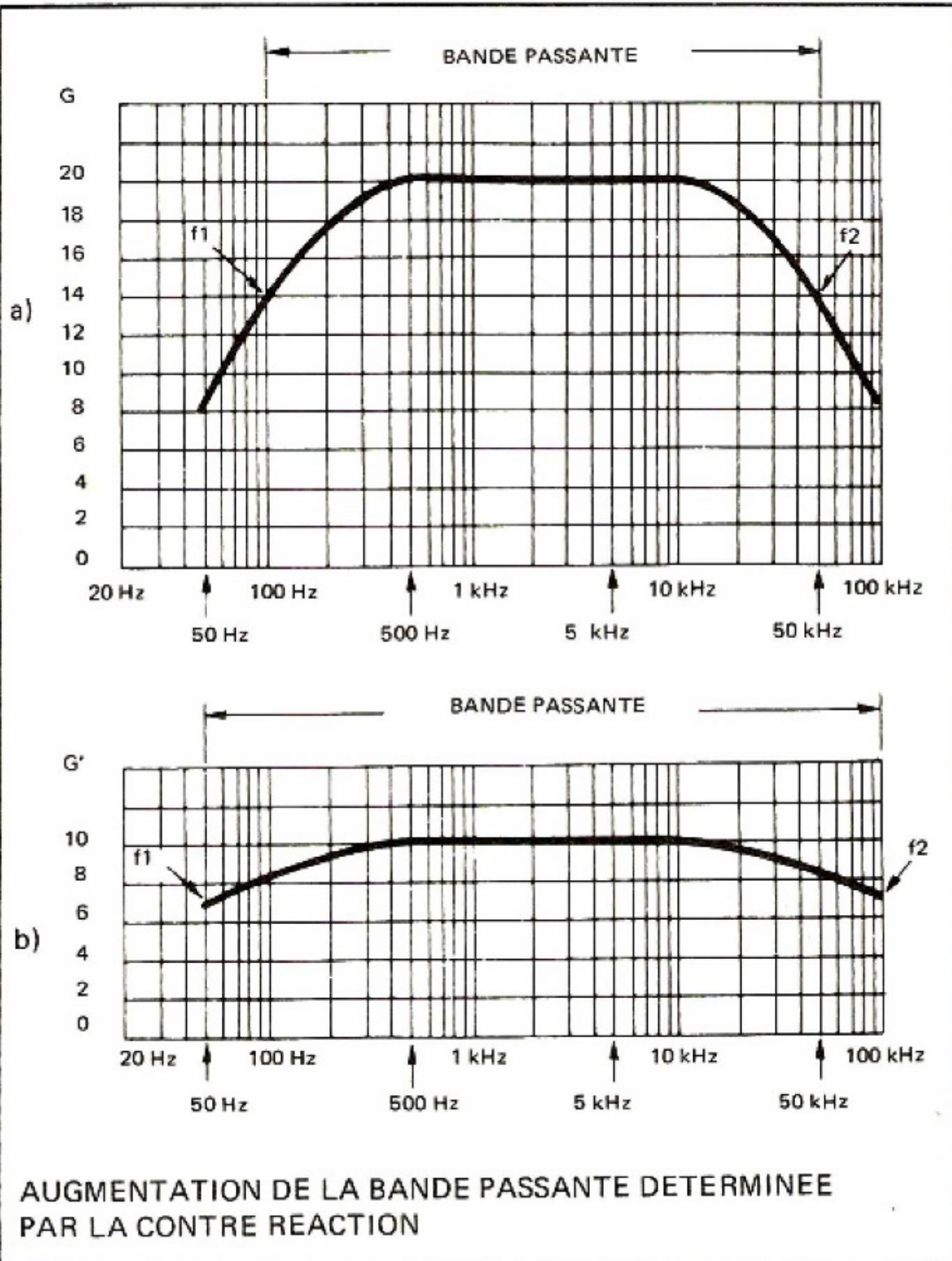


Figure 6

Sur l'axe vertical du diagramme ont été indiquées directement les valeurs du gain G.

On s'aperçoit que ce gain n'est pas constant pour toutes les fréquences, il diminue dans les basses et les hautes fréquences.

Rappelons que la bande passante est comprise entre la fréquence de coupure inférieure à f_1 et la fréquence de coupure supérieure f_2 , pour lesquelles le gain se réduit à 70 % du gain maximum.

Etant donné que le gain maximum est égal à 20, les fréquences de coupures correspondent à 14 soit :

$$\frac{20 \times 70}{100} = 14$$

Nous voyons maintenant, en examinant la figure 6-b, la nouvelle allure de la courbe de réponse (donc la bande passante) quand l'amplificateur fonctionne avec une contre-réaction.

Sur la figure 6-b, on considère que le coefficient de contre-réaction est de 0,05.

Dans ces conditions, le gain de l'amplificateur se réduit de moitié et passe donc de 20 à 10.

Cette réduction ne se produit cependant que pour les fréquences dont le gain était précédemment de 20. Pour toutes les autres fréquences, la réduction du gain est inférieure à la moitié.

En effet, pour ces fréquences, le circuit de contre-réaction détermine des déphasages qui font que la tension V_c appliquée à la grille n'est plus en opposition de phase avec la tension V_e .

Ainsi, l'amplitude de cette tension (V_e) est moins réduite que si la tension V_c était en opposition de phase.

Il en résulte donc une diminution moins importante du gain.

Pour déterminer le gain G , il n'est donc plus possible d'utiliser le procédé indiqué précédemment, et on doit recourir à une autre méthode qui tient compte des déphasages.

Cette nouvelle méthode est très complexe et ne sera pas exposée. Cependant, on en étudiera les résultats obtenus.

La courbe de réponse prend l'allure indiquée sur le diagramme de la figure 6-b. Sur l'axe vertical de celui-ci, ont été indiquées les valeurs du gain G de l'amplificateur avec contre réaction.

Pour déterminer la bande passante, il faut voir pour quelles fréquences le gain se réduit à 70 % du gain maximum.

Puisque le gain est maintenant égal à 10, les fréquences de coupures correspondent aux points où le gain est de 7 :

$$\frac{10 \times 70}{100} = 7$$

Comme on le voit sur la figure 6-b, ces fréquences sont :

$$f_1 = 50 \text{ Hz} \text{ et } f_2 = 100 \text{ kHz.}$$

La bande passante est donc plus large que dans le cas de la figure 6-a où nous avions :

$$f_1 = 100 \text{ Hz} \text{ et } f_2 = 50 \text{ kHz.}$$

Il faut se souvenir qu'on appelle **LARGEUR DE BANDE** la différence entre la fréquence de coupure supérieure f_2 et la fréquence de coupure inférieure f_1 .

Dans le cas d'un amplificateur BF, la fréquence de coupure inférieure a toujours une valeur assez basse, comme on le voit, par exemple sur la figure 6, où elle est de 100 Hz sans contre-réaction et à peine 50 Hz avec contre-réaction.

On ne commet donc pas une grave erreur si l'on prend pour largeur de bande d'un amplificateur BF, la fréquence de coupure supérieure, sans soustraire la petite valeur de la fréquence de coupure inférieure.

Ainsi, nous pouvons dire que l'amplificateur sans contre-réaction (figure 6-a) a une largeur de bande de 50 kHz environ, et que l'amplificateur avec contre-réaction de la figure 6-b a une largeur de bande de 100 kHz environ.

Nous voyons que dans ce dernier cas, la contre-réaction réduit de moitié le gain maximum qui passe de 20 à 10, tandis que la largeur de bande est doublée, passant de 50 à 100 kHz.

Si on multiplie le gain maximum de l'amplificateur sans contre-réaction, (20) par la largeur de bande relative (50kHz), on obtient :

$$20 \times 50 = 1000.$$

On obtient le même résultat, si on multiplie le gain maximum de l'amplificateur avec contre-réaction (10) par la largeur de bande relative (100kHz) :

$$10 \times 100 = 1000.$$

On vérifie cette égalité entre les produits dans tous les cas, quelle que soit la valeur du coefficient de contre-réaction.

CONCLUSION - Pour un amplificateur BF, LA VALEUR DU PRODUIT DU GAIN MAXIMUM PAR LA LARGEUR DE BANDE, EST TOUJOURS LA MEME, SANS CONTRE-REACTION et AVEC CONTRE-REACTION.

On doit donc retenir que LA CONTRE-REACTION AUGMENTE LA LARGEUR DE BANDE D'AUTANT PLUS QU'ELLE DIMINUE LE GAIN MAXIMUM.

Ainsi, en déterminant la diminution du gain maximum, on peut également connaître l'augmentation de la bande passante.

Un autre avantage de la contre-réaction consiste dans le fait que le gain de l'amplificateur est d'autant plus indépendant du tube que la contre-réaction est plus importante.

En effet, quand l'amplificateur fonctionne avec contre-réaction, on sent moins les variations du gain qui peuvent être causées par l'épuisement progressif du tube ou bien par la diminution de ses tensions d'alimentation.

Supposons par exemple qu'en raison de l'épuisement du tube, le gain de l'amplificateur sans contre-réaction se réduise de 20 à 15.

Si le même amplificateur fonctionnait avec contre-réaction, et si le coefficient de contre-réaction avait la valeur de 0,05, les deux gains seraient de 10 à 8,57, comme on peut le vérifier en les calculant avec la méthode indiquée précédemment.

Ainsi, on voit que, en l'absence de contre-réaction, l'épuisement du tube réduit d'un quart le gain qui passe de 20 à 15, alors qu'avec la contre-réaction, le gain passe de 10 à 8,57. La réduction du gain est maintenant bien inférieure à un quart.

Le même phénomène se produit dans le cas d'une augmentation du gain, à la suite du remplacement du tube épuisé par un tube neuf, ou à la suite d'une augmentation des tensions d'alimentation.

En effet, à chaque variation du gain de l'amplificateur, correspond une variation analogue de la tension reportée à l'entrée, et l'action de la contre-réaction sur l'étage, varie proportionnellement.

Il en résulte que si le gain tend à augmenter, la contre-réaction (qui réduit le gain) augmente aussi.

Si le gain tend à diminuer, la contre-réaction diminue également, donc réduit moins le gain, ce qui se traduit en définitive par une augmentation qui compense dans une certaine mesure la diminution d'origine.

CONCLUSION - LA CONTRE-REACTION TEND A COMPENSER LES VARIATIONS DU GAIN ET, PROCURE AINSI UN FONCTIONNEMENT PLUS STABLE.

En raison de ces avantages de la contre-réaction, on utilise celle-ci non seulement sur l'étage final, mais aussi sur les étages qui le précédent.

Dans tous les cas, il faut éviter que la tension renvoyée à l'entrée soit en phase avec celle qui constitue le signal appliqué à la grille de commande.

Dans ce cas en effet, il n'y aurait plus une REACTION NEGATIVE (ou CONTRE-REACTION) mais une REACTION POSITIVE. Celle-ci agit de façon contraire à la contre-réaction, c'est-à-dire rend instable l'amplificateur et ce fait se traduit par un siflement aigu dans le haut-parleur.

Sur la figure 7, on voit par exemple, le schéma d'un amplificateur sur lequel se produit une REACTION POSITIVE.

Là encore, le circuit est constitué par une résistance et un condensateur en série. Ces deux éléments sont reliés entre l'anode du tube final V" et la grille de commande du tube préamplificateur V'.

La tension de réaction n'est plus envoyée sur la grille de l'étage final, mais sur l'entrée de l'étage précédent.

LA TENSION V_e QUI CONSTITUE LE SIGNAL D'ENTREE EST APPLIQUEE AU TUBE V'. A LA SORTIE DE CELUI-CI, ON OBTIENT LA TENSION V QUI EST EN OPPOSITION DE PHASE

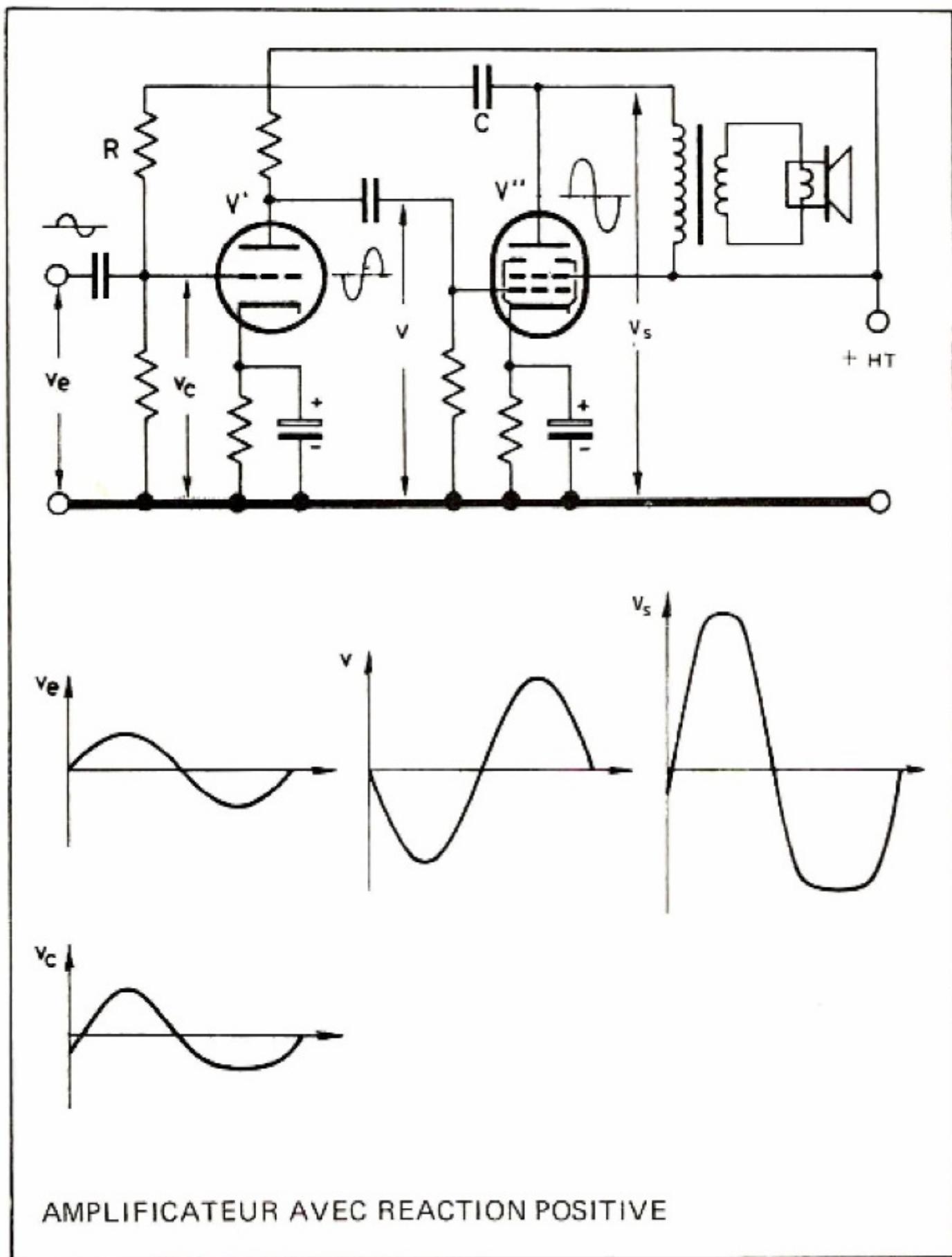


Figure 7

AVEC V_e . EN APPLIQUANT LA TENSION V AU TUBE V'' , ON OBTIENT A LA SORTIE DE CELUI-CI, LA TENSION V_s QUI, A SON TOUR, EST EN OPPOSITION DE PHASE AVEC LA TENSION v , MAIS QUI EST EN PHASE AVEC LA TENSION V_e (voir diagramme de la figure 7).

La tension V_c qui est une partie de la tension V_s , est donc EN PHASE avec la tension V_e .

En comparant la forme des tensions V_e et V_c avec la forme de ces mêmes tensions de la figure 3, on comprend que maintenant, le signal d'entrée est déformé par le signal de réaction. Celui-ci est en phase avec V_e , et la distorsion de V_s est reportée à l'entrée, où elle est alors amplifiée.

Cependant, l'inconvénient le plus grave consiste dans le fait que l'amplitude du signal d'entrée, au lieu d'être réduite par le signal de réaction, est au contraire augmentée.

Ainsi, chaque variation des conditions de fonctionnement de l'amplificateur sera augmentée, ce qui entraîne son instabilité.

Il est cependant possible d'appliquer sur l'étage préamplificateur une contre-réaction provenant de l'étage final.

Il suffit pour cela d'appliquer la tension V_c (prélevée sur l'anode du tube final) non plus sur la grille du tube préamplificateur mais sur la cathode (voir figure 8).

Dans ce cas, la tension V_s se partage entre les deux résistances R et R_k et en choisissant une certaine valeur pour la résistance R , on peut obtenir aux extrémités de R_k , une tension V_c de la valeur voulue.

Notons que le condensateur C_k a été éliminé, car maintenant, il faut que la tension V_c fasse varier la tension entre la cathode et la masse, pour pouvoir obtenir la contre-réaction.

Avec ce circuit, on obtient effectivement une REACTION NEGATIVE.

En effet, les tensions V_e et V_s (figure 7) sont en phase entre elles.

Donc, pendant la demi-période positive de la tension V_e , la grille devient positive par rapport à la masse, mais la cathode devient aussi plus positive, en raison de la tension V_c qui lui est appliquée.

Ainsi, la tension entre grille et masse, et la tension entre cathode et masse varient de la même façon.

Or, le fonctionnement du tube dépend de la tension qui existe entre la grille et la cathode.

Dans ce cas, il fonctionne comme si la cathode était maintenue à une tension constante, et comme s'il était appliqué à la grille une tension égale à la différence entre les tensions V_e et V_c .

IL S'AGIT DONC BIEN D'UNE CONTRE-REACTION.

En utilisant pour la contre-réaction, le signal prélevé entre l'anode et la masse, on réduit les distorsions introduites par le tube. Il faut cependant se souvenir que le signal peut être déformé par le transformateur de sortie.

Si celui-ci n'est pas d'excellente qualité, son flux d'induction ne varie pas sinusoïdalement comme le courant primaire. En conséquence, le courant induit dans le secondaire présente des distorsions.

Ces dernières ne peuvent pas être éliminées ou réduites par les circuits de contre-réaction décrits jusqu'à présent.

Pour agir sur les distorsions dues au transformateur de sortie, il faut prélever le signal de contre-réaction sur le secondaire de ce transformateur (voir figure 9-a).

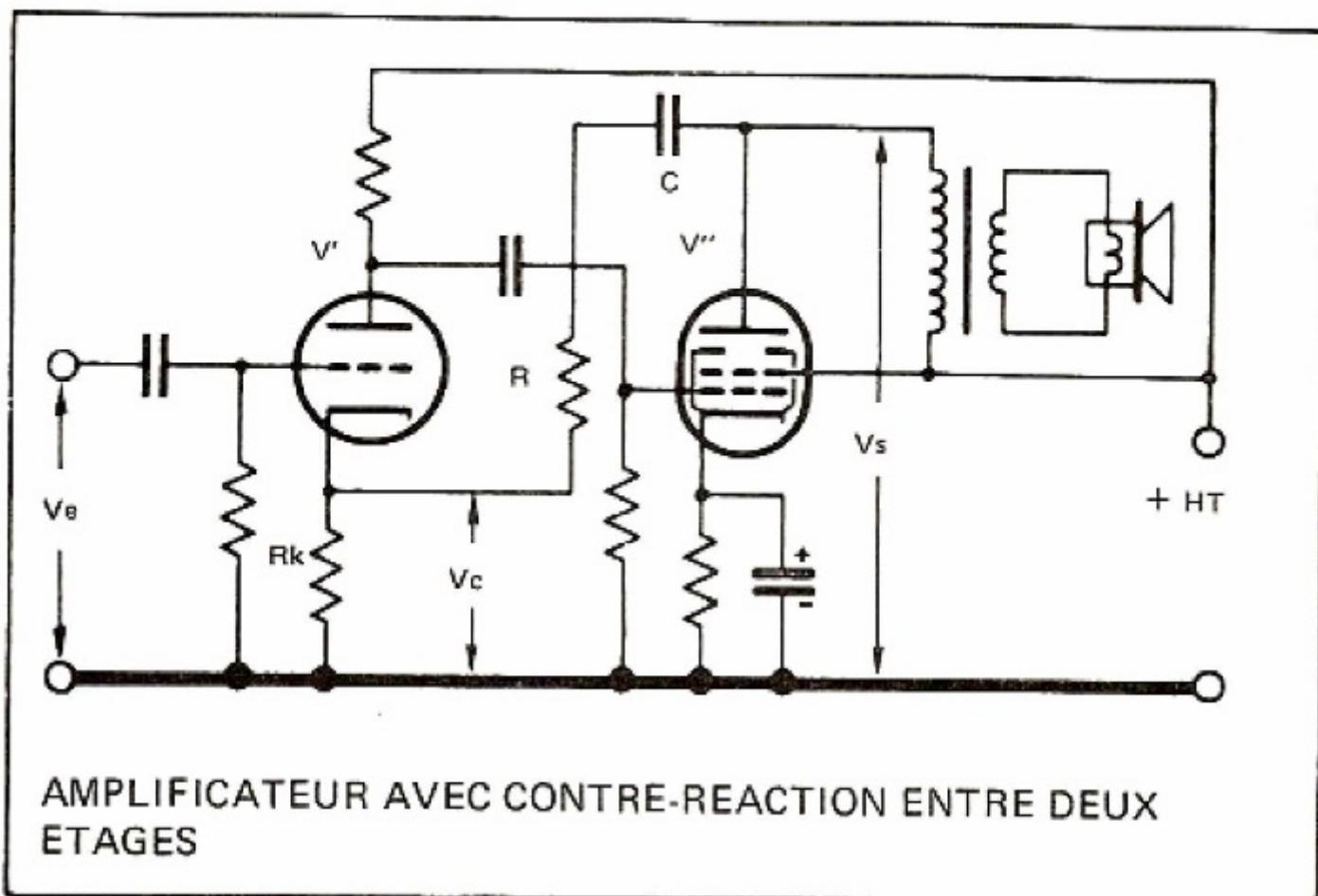


Figure 8

La tension présente aux extrémités du secondaire du transformateur de sortie, qui a encore été indiquée par V_s sur la figure 9-a, doit être appliquée aux extrémités des deux résistances en série R et R_k . Puisque la résistance R_k a une extrémité reliée à la masse, une extrémité du secondaire est aussi reliée à la masse, tandis que l'autre extrémité est reliée à la résistance R .

Comme précédemment, la tension V_s se partage entre les deux résistances, et l'on obtient aux extrémités de R_k , la tension V_c de contre-réaction.

Parfois, lorsque la tension V_s n'est pas très élevée, elle est appliquée toute entière aux extrémités de la résistance R_k , et dans ce cas, il n'y a pas de résistance R , car la cathode est reliée directement au secondaire.

En pratique, la tension V_c peut être en phase ou bien en opposi-

tion de phase avec la tension V_e , selon les liaisons effectuées aux extrémités du secondaire du transformateur de sortie. Si la tension V_c est en phase avec la tension V_e la réaction positive se produit, avec pour conséquence, le fonctionnement instable de l'amplificateur, qui est généralement signalé par un siflement audible dans le haut-parleur, même en l'absence de signal à l'entrée de l'amplificateur.

Pour éliminer cet inconvénient et obtenir la contre-réaction, il suffit d'inverser les liaisons aux extrémités du secondaire, c'est-à-dire, relier à la masse l'extrémité du secondaire qui est câblée à la résistance R , et relier à cette résistance l'extrémité qui est connectée à la masse.

Sur les schémas de la figure 8 et de la figure 9-a, il faut encore observer que le condensateur cathodique du tube V' n'existe pas.

Ainsi, la tension entre la cathode et la masse varie non seulement en fonction de la tension V_c , mais aussi en fonction de la chute de tension dans la résistance R_k (chute de tension provenant de la composante alternative circulant dans cette résistance).

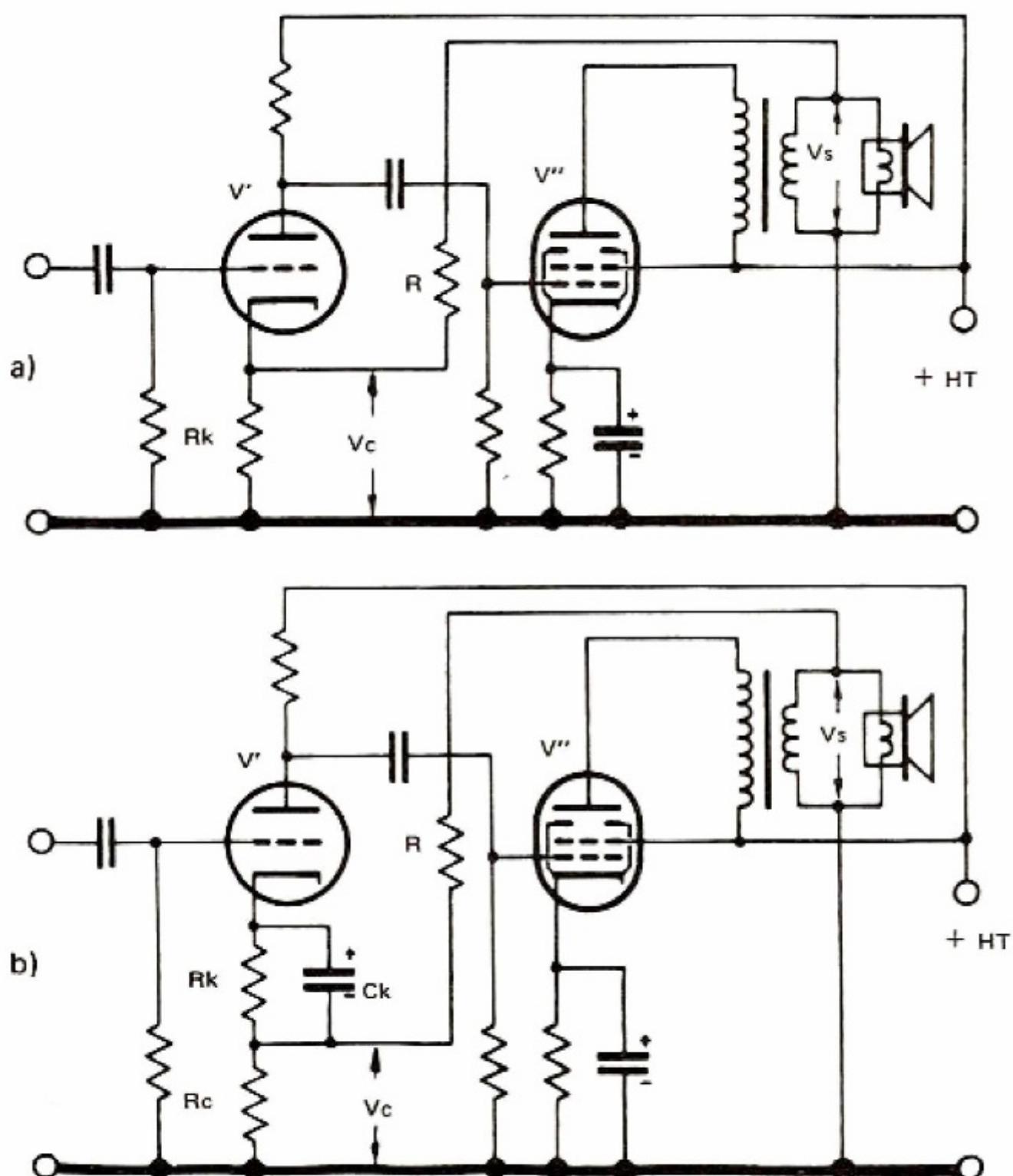
Pour que la tension, entre la cathode et la masse, ne varie qu'en fonction de la tension V_c , on peut adopter le circuit de la figure 9-b.

La tension V_c est obtenue aux extrémités de la résistance R_c reliée en série avec la résistance de polarisation R_k .

Le condensateur C_k est relié en parallèle sur R_k , comme dans un circuit de polarisation normal.

Ce condensateur maintient la tension constante aux extrémités de la résistance R_k , et la variation de tension entre cathode et masse provient uniquement de la tension V_c (tension qui existe aux extrémités de la résistance R_c).

Toutefois, le courant anodique circule aussi dans la résistance R_c .



CONTRE-REACTION OBTENUE DU SECONDAIRE DU
TRANSFORMATEUR DE SORTIE

Figure 9

Aussi, pour éviter que la composante alternative de ce courant ne puisse faire varier la tension (aux extrémités de R_c), il faut adopter pour cette résistance, une valeur ohmique très petite.

De cette façon, la tension due au courant anodique sera négligeable par rapport à la tension V_c .

La tension V_c étant obtenue en partageant la tension V_s entre la résistance R et la résistance R_c (la valeur de celle-ci devant être très petite), il est nécessaire que la valeur de R soit également assez réduite pour obtenir la tension V_c voulue.

Il en résulte que le circuit de contre-réaction, constitué par les résistances R et R_c en série, ne présente pas une résistance très élevée.

Pour cette raison, ce circuit ne peut être adopté que quand la tension de contre-réaction est obtenue à partir du secondaire du transformateur de sortie, comme cela se produit dans le cas de la figure 9.

En effet, le secondaire du transformateur de sortie est relié au haut-parleur qui présente une résistance basse, inférieure à celle du circuit de contre-réaction. Donc bien que ce circuit soit relié en parallèle au secondaire, il ne peut pas en influencer sensiblement le fonctionnement, car il ne fait pas beaucoup varier sa résistance.

On ne peut pas adopter le circuit de la figure 9-b dans le cas de la figure 8, car dans celui-ci, la tension de contre-réaction est obtenue à partir de l'anode du tube, et entre elle et la masse, il y a la résistance de charge du tube, dont la valeur est de quelques milliers d'ohms.

Evidemment si le circuit de contre-réaction venait à se trouver en parallèle avec cette résistance de charge, cela ferait varier sensiblement sa valeur, en perturbant par conséquent le fonctionnement du tube final.

Il faut rappeler enfin que la contre-réaction est aussi utilisée pour

les amplificateurs avec étage final push-pull. En effet, bien que ces amplificateurs aient la particularité d'éliminer les distorsions dues aux harmoniques paires, il est pourtant toujours utile de pouvoir réduire aussi les distorsions dues aux harmoniques impaires.

D'autre part, si on préleve la tension de contre-réaction sur le secondaire du transformateur de sortie, on réduit les distorsions introduites par cet élément

Un dernier avantage de la contre-réaction réside dans le fait que son circuit peut être réalisé de façon à la rendre plus efficace pour certaines fréquences.

Ainsi, le gain de l'amplificateur est inférieur pour ces fréquences et supérieur pour certaines autres.

II - CONTRE-REACTION DE COURANT.

Le courant de sortie de l'amplificateur (de même que la tension de sortie) a la même forme que le signal d'entrée.

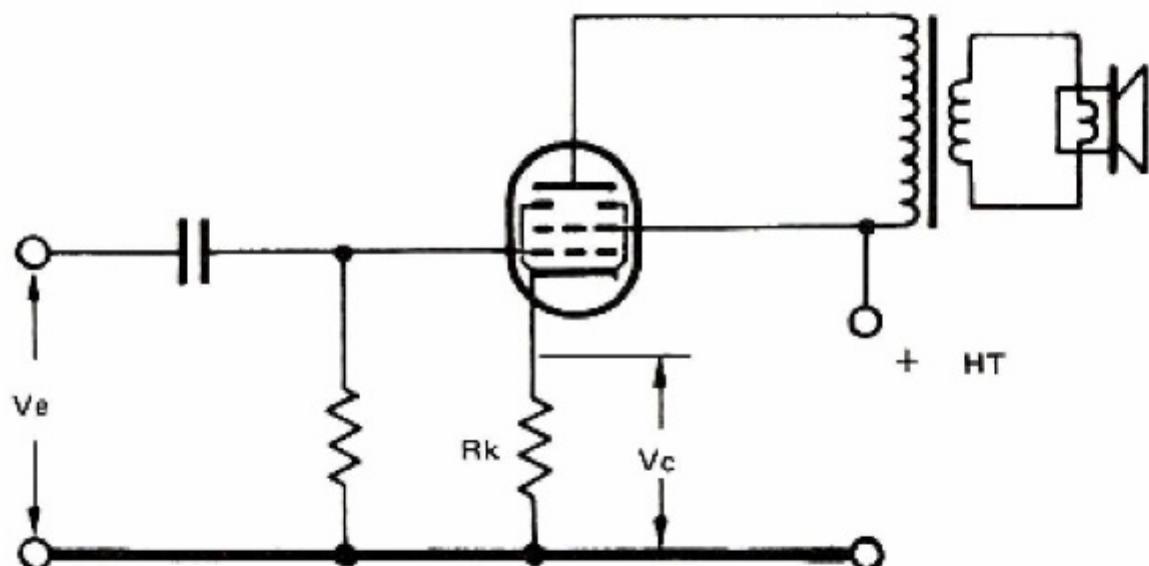
On peut donc utiliser ce courant pour obtenir la contre-réaction.

Deux courants ont d'ailleurs la même forme que le signal d'entrée : le courant anodique et le courant qui circule dans le secondaire du transformateur de sortie.

Ce dernier n'est pourtant pas utilisé pour la contre-réaction, car le courant anodique du tube final fournit d'une façon plus simple le résultat voulu.

Il suffit en effet de se souvenir que ce courant parcourt non seulement le primaire du transformateur de sortie, mais aussi la résistance cathodique.

Ainsi, si on supprime le condensateur qui découplle cette résistance (voir figure 10), la tension aux extrémités de R_k , variera de la même façon que le courant anodique.



ETAGE FINAL AVEC CONTRE-REACTION DE COURANT

Figure 10

Comme ce courant est en phase avec la tension Ve appliquée à l'entrée, la tension Vc produite est aussi en phase avec la tension Ve , ET EN OPPOSITION DE PHASE AVEC LA TENSION V_s .

Le tube fonctionne donc dans les mêmes conditions que le tube V' de la figure 8.

Selon le montage adopté, on peut avoir une contre-réaction de tension et une contre-réaction d'intensité (ou contre-réaction de courant) comme dans le cas des figures 8 et 9-a.

On peut aussi avoir une contre-réaction de tension seule (figure 9-b) ou au contraire, une contre-réaction d'intensité seule (figure 10).

En pratique, la contre-réaction de courant est moins souvent utilisée que la contre-réaction de tension, car celle-ci permet une plus grande variété de circuits.

Nous avons dit plusieurs fois que si la tension renvoyée à l'ENTREE DE L'AMPLIFICATEUR EST EN PHASE avec la tension d'entrée d'origine, il se produit une REACTION POSITIVE, rendant instable le fonctionnement du montage.

IL EXISTE CEPENDANT DES CIRCUITS, OU LE SIGNAL DE SORTIE DOIT ETRE REPORTÉ EN PHASE SUR LE CIRCUIT D'ENTREE.

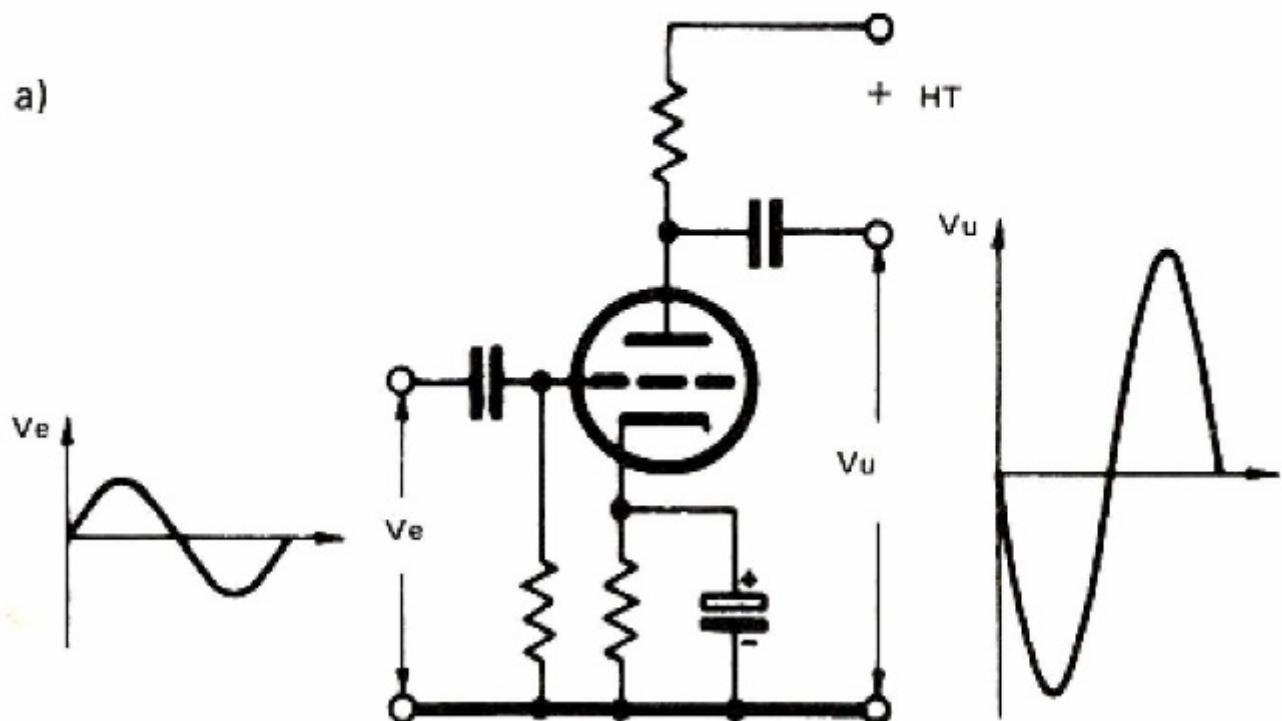
Dans ces conditions, les circuits ne fonctionnent plus en AMPLIFICATEURS mais en OSCILLATEURS.

Voyons en conséquence comment obtenir la REACTION POSITIVE, plus simplement appelée REACTION.

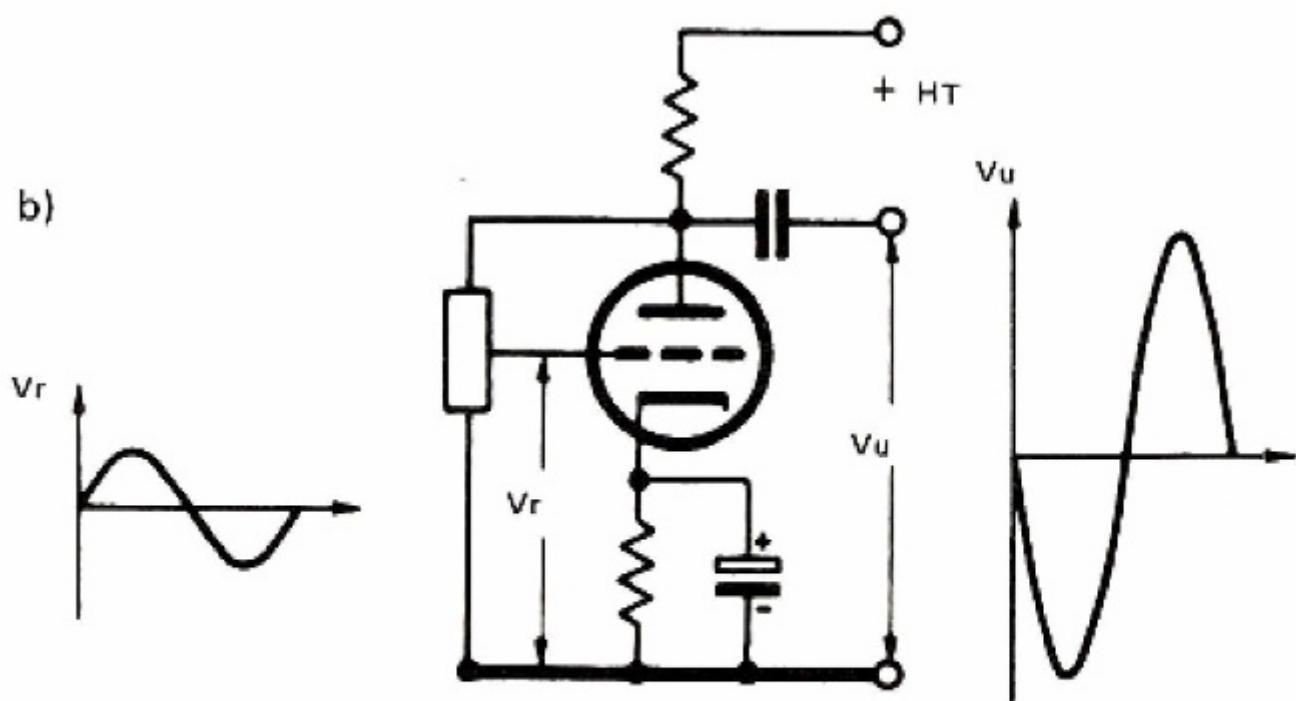
III - REACTION

Pour comprendre le fonctionnement du circuit de REACTION, examinons le schéma de l'amplificateur représenté figure 11.

a)



b)



TRANSFORMATEUR D'UN AMPLIFICATEUR DE TENSION EN OSCILLATEUR

Comme nous le savons, en appliquant une tension V_e à l'entrée de l'étage, on obtient en sortie une tension V_u de même fréquence, mais d'amplitude plus importante (l'abréviation V_u signifie "tension d'utilisation" ; cette tension est souvent désignée également par l'abréviation V_s qui signifie "tension de sortie").

Il convient de rappeler encore une fois que la tension de sortie du tube EST EN OPPOSITION DE PHASE par rapport à la tension d'entrée (voir figure 11-a).

Observons maintenant que le fonctionnement de l'amplificateur ne change pas si au lieu d'appliquer à l'entrée la tension V_e , provenant de l'extérieur, on applique une tension V_r prélevée sur la sortie de l'amplificateur.

Ce prélèvement peut être effectué par l'intermédiaire D'UN CIRCUIT DE REACTION, qui, pour l'instant, est représenté simplement par un rectangle (voir figure 11-b).

Evidemment, pour que le fonctionnement de l'amplificateur ne soit pas perturbé, il faut que ce circuit fournisse une tension V_r de même amplitude et de même fréquence que la tension V_e , et qu'elle soit EN PHASE avec celle-ci.

Dans ce cas en effet, la tension V_r étant identique à la tension V_e , sera amplifiée comme cette dernière, et on obtiendra encore en sortie du tube, une tension V_u identique à celle fournie par l'amplificateur de la figure 11-a.

Les deux montages de la figure 11 fonctionneront donc de la même façon.

Il faut toutefois remarquer que dans le cas de l'amplificateur de la

figure 11-b, la tension V_u sera due à l'amplification de la tension V_r , obtenue de l'amplificateur lui-même.

Le montage aura engendré son propre signal d'entrée, c'est-à-dire qu'il fonctionnera en **OSCILLATEUR**.

Nous pouvons donc dire que le fonctionnement d'un oscillateur est basé sur le principe suivant : une partie de la tension V_u présente à la sortie, est reportée à l'entrée et amplifiée de façon à obtenir en sortie la même tension V_u , dont une partie est de nouveau reportée à l'entrée pour être amplifiée et ainsi de suite.

A la différence de ce qui se produit dans un amplificateur où la tension V_u est obtenue à partir de la tension V_e provenant de l'extérieur, **AUCUN SIGNAL DE L'EXTERIEUR N'EST APPLIQUE A LA GRILLE DE COMMANDE DE L'OSCILLATEUR**.

On peut donc se demander de quelle façon est engendrée la tension V_u au démarrage de l'oscillateur.

En effet, dès la mise sous tension de celui-ci, on ne devrait avoir dans son circuit anodique que la composante continue du courant anodique.

Mais il faut se rappeler que la tension (HT) n'est jamais parfaitement continue.

Ainsi, une très petite variation du courant anodique produit une variation correspondante de la tension anodique.

Cette variation (même si elle est très petite) est reportée sur la grille du tube par l'intermédiaire du circuit de réaction. Elle provoque donc une variation plus grande, qui est de nouveau reportée sur la grille et ainsi de suite.

Il convient également de préciser que, même dans le cas d'une tension rigoureusement continue, on peut enregistrer une très faible variation du courant anodique, en raison par exemple de l'émission électronique de la cathode qui n'est jamais absolument régulière.

D'autre part, lors de la mise sous tension de l'oscillateur, le courant anodique ne s'établit pas brusquement.

En effet, l'émission cathodique qui était nulle lorsque l'oscillateur n'était pas alimenté, augmente progressivement jusqu'à ce que la cathode ait atteint sa température normale de fonctionnement.

CETTE AUGMENTATION DE L'EMISSION CATHODIQUE PROVOQUE DONC UNE VARIATION DU COURANT ANODIQUE, QUI, D'UNE VALEUR NULLE, ATTEINT RAPIDEMENT UNE CERTAINE VALEUR.

Cette variation est reportée sur la grille, et le montage peut alors commencer à osciller.

On comprend ainsi que, dès la mise sous tension de l'oscillateur, il se produit spontanément dans son circuit anodique, des variations de la tension anodique, qui prennent très vite la forme sinusoïdale de fréquence voulue grâce au CIRCUIT DE REACTION que nous étudierons dans la prochaine leçon.

En examinant les diagrammes de la figure 11-b, nous devons remarquer que le circuit de réaction doit accomplir plusieurs tâches :

a) Réduire l'amplitude de la tension V_u de façon à fournir la tension V_r qui sera appliquée sur la grille de commande.

b) Inverser la phase de façon à ce que le signal V_r soit en opposition de phase avec le signal V_u .

c) Fixer la fréquence du signal engendré par l'oscillateur.

Les différents types d'oscillateurs diffèrent entre eux par le CIRCUIT DE REACTION adopté, comme nous le verrons dans les leçons théorique 21 (oscillateurs BF) et 25 (oscillateurs HF).

IV - CAS PARTICULIER D'EMPLOI DE LA REACTION.

Comme nous venons de le dire, la REACTION est à la base du fonctionnement des OSCILLATEURS, appareils engendrant eux-mêmes une TENSION de valeur et de fréquence déterminées.

Il existe cependant un cas particulier où la REACTION est utilisée pour AUGMENTER la SENSIBILITE D'UN AMPLIFICATEUR, c'est-à-dire rendre celui-ci, APTE à amplifier de façon notable, un SIGNAL D'ENTREE excessivement faible.

On trouve ainsi une application de la REACTION, dans un type particulier de récepteurs : LES RECEPTEURS A REACTION.

Le schéma électrique se présente comme sur la figure 12.

Comment fonctionne ce montage ?

Le tube triode est monté en DETECTEUR par CARACTERISTIQUE DE GRILLE et en AMPLIFICATEUR BF. Voyons en détails ces deux fonctions.

Les signaux HF modulés (provenant des différents émetteurs), sont captés par l'antenne.

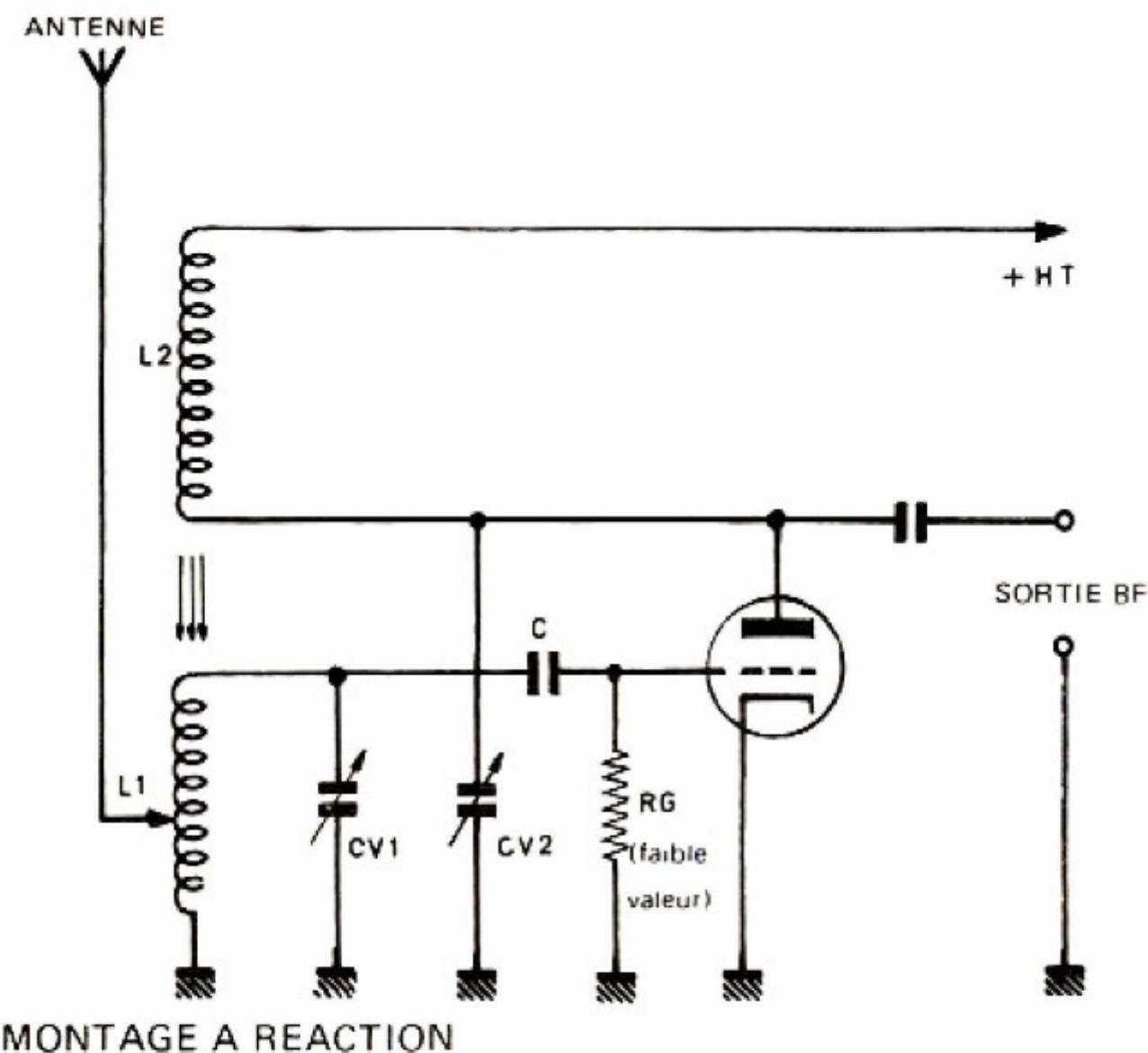
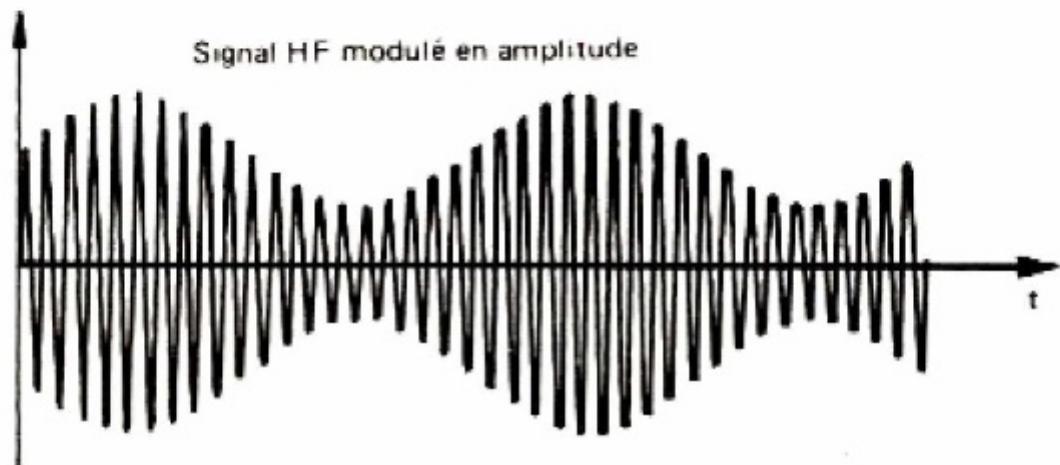


Figure 12

L'ensemble L1 - CV1 permet de sélectionner l'émetteur à recevoir. En effet en agissant sur CV1, on ACCORDE le circuit sur une fréquence déterminée, donnée par la formule :

$$F = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

Ainsi, sur la grille, on trouve un seul signal dont la forme est celle représentée figure 13.



SIGNAL APPLIQUE SUR LA GRILLE

Figure 13

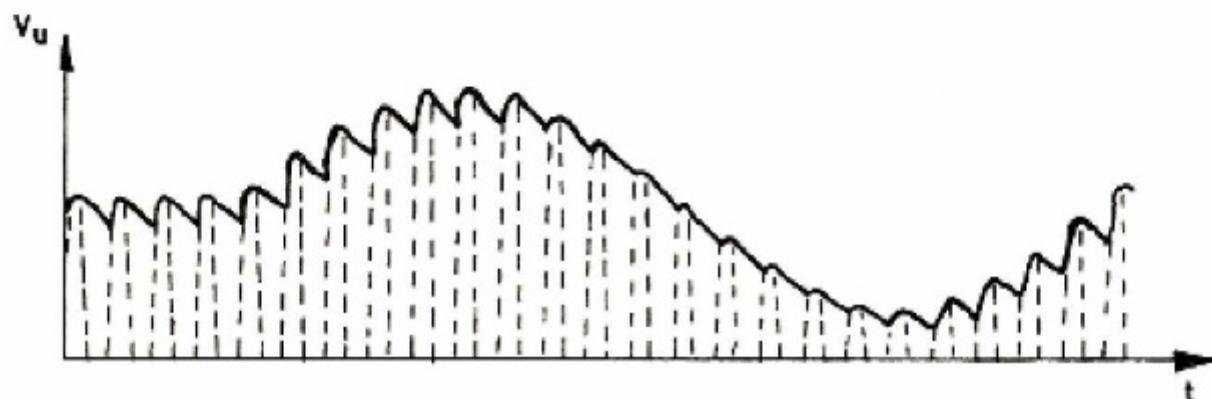
Or, dans le circuit de la figure 12, LA GRILLE est au même potentiel que la CATHODE. De ce fait PENDANT LES ALTERNANCES POSITIVES du signal, la GRILLE DEVIENT POSITIVE par rapport à la CATHODE.

Il y a donc un COURANT GRILLE.

Au contraire, PENDANT LES ALTERNANCES NEGATIVES aucun courant ne circule, LA GRILLE ETANT NEGATIVE PAR RAPPORT A LA CATHODE.

Nous voyons ainsi que LA PARTIE GRILLE-CATHODE DE LA TRIODE, SE COMPORTE COMME UNE DIODE DETECTRICE.

De ce fait et grâce aux éléments $R_G \cdot C$, on obtient entre la grille et la masse un signal de forme illustrée figure 14.



TENSION DETECTEE

Figure 14

Ce signal est AMPLIFIE par le tube dont la charge est constituée par L_2 .

En sortie, on obtient ainsi un signal BF qui après une amplification suffisante, peut actionner un haut-parleur.

Un circuit de ce type fonctionne donc correctement mais présente le défaut d'une FAIBLE SENSIBILITE.

En effet, le signal capté par l'antenne est très faible (quelques microvolts) et le récepteur ne peut que recevoir les émetteurs les plus proches.

Cependant dans le circuit de la figure 12, nous voyons QUE LA CHARGE (L2) EST COUPLEE MAGNETIQUEMENT A L1.

Il en résulte que le signal déjà amplifié, est réinjecté sur la grille.

Pour mieux comprendre ce qu'il advient prenons un exemple numérique.

Supposons par exemple que la tension appliquée sur la grille (tension provenant du signal capté par l'antenne) soit de $100 \mu V$ et que le coefficient d'amplification du tube soit de 50.

Dans ces conditions, en sortie nous aurons une tension de :

$$100 \times 50 = 5000 \mu V = 5mV.$$

Cette tension qui apparaît dans L2 est reportée sur L1 et le SENS DES ENROULEMENTS est tel que la TENSION INDUIITE DANS L1 EST EN PHASE AVEC LA TENSION D'ENTREE.

Le signal d'origine ($100 \mu V$) est donc amplifié une première fois et sa valeur est portée à $5mV$. Par induction de L2 sur L1 ces $5mV$ sont réinjectés sur la grille, amplifiés une seconde fois et en sortie on obtient alors :

$$5 \times 50 = 250 mV.$$

LE MEME PHENOMENE SE POURSUIT..... ET NE S'ARRETE QUE LORSQUE LA TENSION D'ENTREE EST SUFFISANTE POUR AMENER LE TUBE A LA SATURATION.

A partir de ce moment, LE COURANT CONSERVANT UNE VALEUR CONSTANTE, il n'y a plus de variation de tension dans L2, donc plus d'induction de L2 sur L1.

Le tube revient donc à SON POINT DE FONCTIONNEMENT NORMAL et le phénomène recommence.

UN TEL CIRCUIT n'est donc pas en mesure de fonctionner correctement, l'amplificateur passant d'un régime normal à la SATURATION, revenant en régime normal pour repasser à la saturation et ainsi de suite.

La figure 15 illustre ces conditions de fonctionnement.

QUE FAUT-IL AJOUTER pour obtenir un fonctionnement normal de l'amplificateur, c'est-à-dire l'empêcher d'osciller, tout en conservant le PRINCIPE DE LA REACTION.

Il est clair que pour éviter L'ACCROCHAGE (on désigne par ce mot la condition de travail où l'amplificateur va commencer à osciller), il faut LIMITER LE TAUX DE REACTION et plus exactement se trouver JUSTE AU-DESSOUS DES CONDITIONS D'ACCROCHAGE.

En effet, pour passer de la fonction AMPLIFICATEUR à la fonction OSCILLATEUR, il faut un certain couplage de L2-L1.

A ce couplage correspond un certain coefficient d'induction mutuelle M, connue sous le nom de CONDITION EOLIENNE ou plus simplement CONDITION D'ACCROCHAGE.

Ces conditions sont atteintes lorsque :

$$M = \frac{1}{k} (L + CR\rho) \text{ avec}$$

M = coefficient d'induction mutuelle

k = coefficient d'amplification

L = self induction du circuit

C = capacité du circuit

R = résistance totale du circuit oscillant

ρ = résistance interne du tube

Ainsi, quand par un réglage approprié, on limite M , on n'atteint jamais les conditions de travail de la courbe 3 (figure 15).

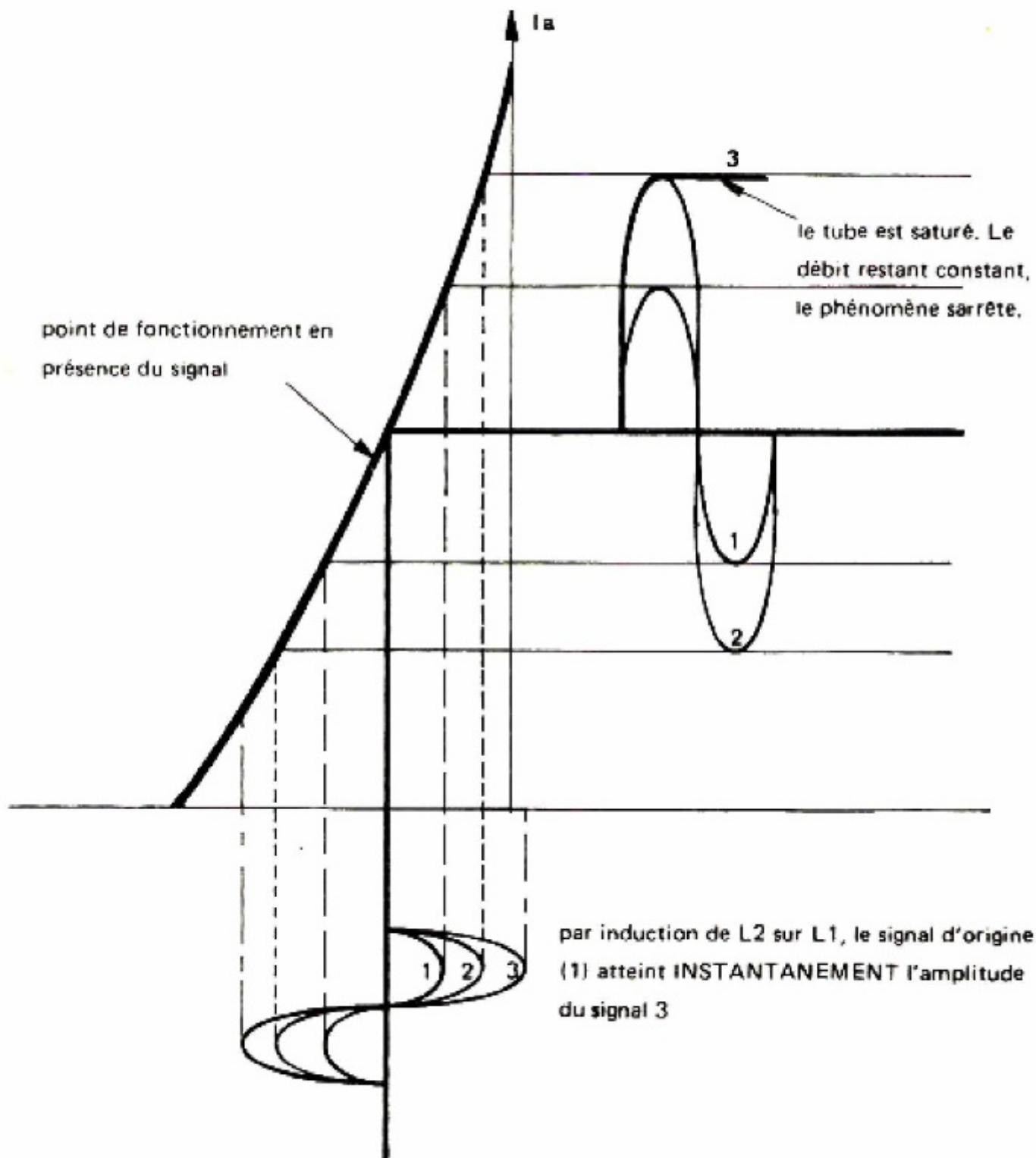


Figure 15

A cet effet, il suffit d'agir sur CV 2 (figure 12), permettant de faire varier le couplage L2-L1.

De cette façon on peut ajuster la REACTION de façon à se trouver JUSTE EN DESSOUS des conditions d'accrochage (pratiquement dans les conditions de la courbe 2 de la figure 15).

La REACTION permet donc ici, D'AUGMENTER L'AMPLITUDE D'UN SIGNAL D'ENTREE.

Le RECEPTEUR A REACTION, de conception très simple, est cependant relativement sensible, c'est-à-dire capable de capter une émission assez faible, qui resterait inaudible avec un montage détecteur et amplificateur normaux.

Ce montage présente cependant deux défauts :

a) Nécessité d'agir simultanément sur 2 réglages, pour obtenir l'accord en fréquence.

b) Réglage de la réaction très critique. On n'obtient en effet un accord parfait qu'en un point précis du réglage de CV2. Au-dessous de ce point l'amplification reste faible et au-dessus de ce point, le récepteur ACCROCHE, en d'AUTRES termes devient un oscillateur. Le haut-parleur émet alors un "siflement" strident.

Dans le montage ILLUSTRE figure 12, le réglage de la REACTION se fait, comme nous venons de le voir, à l'aide d'un condensateur variable.

Il est possible cependant d'adopter d'autres systèmes de réglage.

En effet, la formule :

$$M = \frac{1}{k} (L + CR \rho)$$

permet de voir que PRATIQUEMENT, on peut agir non seulement sur C, mais aussi sur L (système mécanique permettant d'écartez plus ou moins L2 de L1) ou sur R (potentiomètre dans le circuit de la réaction).

IV - 1 - SUPER-REACTION.

La SUPER-REACTION est une amélioration du récepteur à réaction que nous venons de voir.

En effet, avec la SUPER-REACTION, on règle le TAUX de REACTION de façon à obtenir des OSCILLATIONS, c'est-à-dire que l'on fait fonctionner le tube au MAXIMUM D'AMPLIFICATION.

Cependant, comme les OSCILLATIONS rendent TOUTE RECEPTION IMPOSSIBLE, on provoque une interruption de celles-ci un grand nombre de fois par seconde, afin que le tube ne puisse osciller normalement et en permanence.

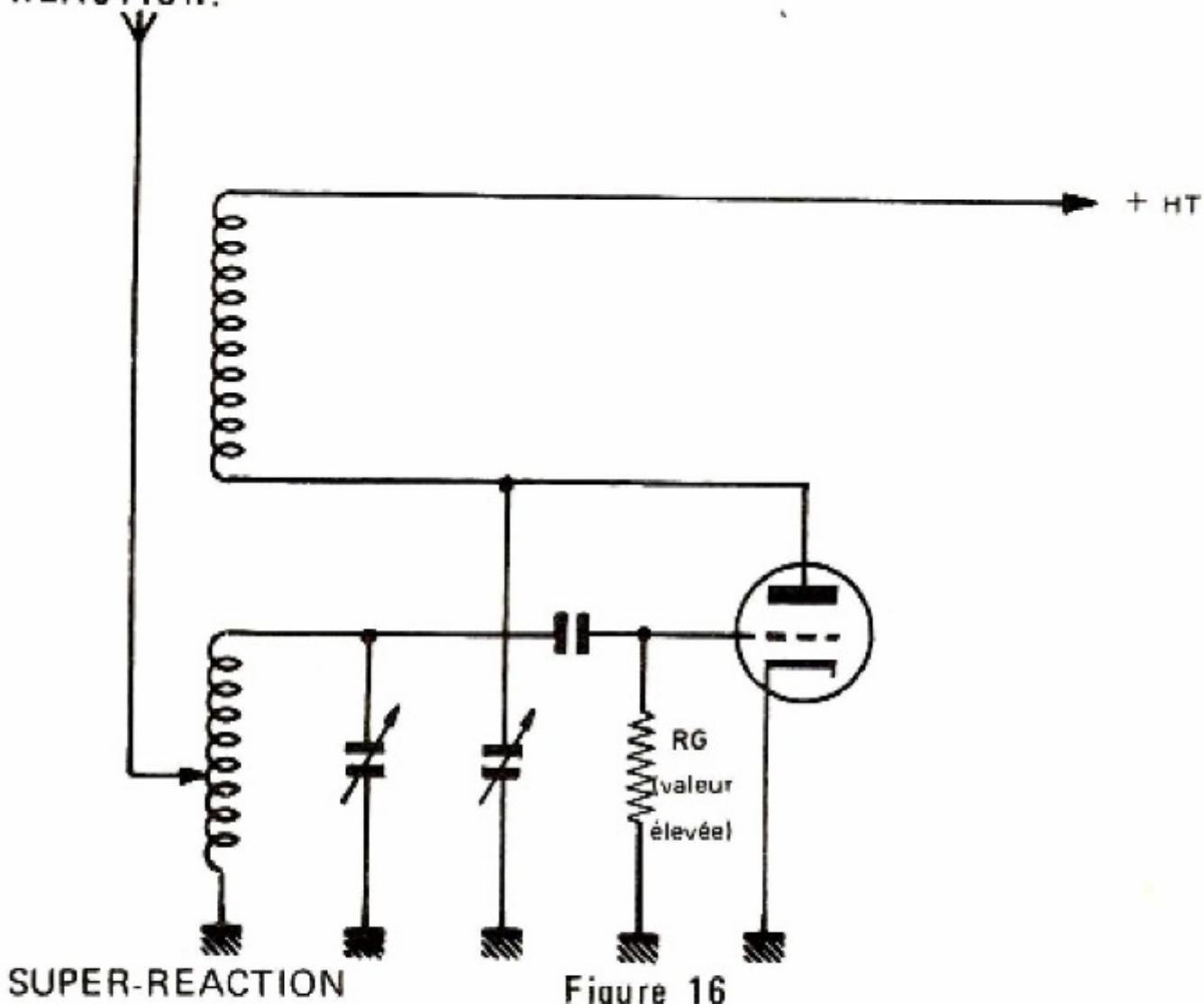
Autrement dit, dès que le tube commence à produire des oscillations, son fonctionnement est interrompu un TEMPS TRES COURT, puis ce tube recommence à osciller et ainsi de suite.

L'INTERRUPTION DES OSCILLATIONS DOIT SE PRODUIRE AU MOINS 20 000 FOIS PAR SECONDE, c'est-à-dire à la fréquence minimum de 20 kHz.

Cette fréquence est appelée FREQUENCE D'EXTINCTION.

Il ne faut pas adopter une fréquence d'extinction plus basse, car dans ce cas il y aurait un SON AUDIBLE superposé au signal BF à reproduire (l'oreille humaine ne perçoit pas les fréquences supérieures à 15 kHz environ et par sécurité on fixe la fréquence d'extinction à 20 kHz).

Le schéma de la figure 16 représente un montage à SUPER-REACTION.



On voit qu'il ne diffère pratiquement pas du montage de la figure 12.

La seule modification réside dans la valeur de RG. Cette valeur est très faible dans le cas d'un montage à réaction alors qu'elle est très élevée dans le montage à SUPER-REACTION.

Dans ce dernier, on utilise en effet une résistance RG de l'ordre de $10M\Omega$, de façon à obtenir une tension de polarisation, assez forte pour PORTER LE TUBE à L'INTERDICTION (CUT-OFF).

De cette façon le fonctionnement du montage est interrompu.

Lorsque celui-ci ne fonctionne plus, le condensateur C, qui s'était chargé à la valeur de la tension existant aux bornes de RG, se décharge dans celle-ci.

Etant donné la valeur élevée de cette résistance, il faut un certain temps pour que la tension de polarisation, redevienne assez faible pour que le tube puisse fonctionner de nouveau.

A ce moment il y a de nouveau un courant grille, reprenant très vite une valeur capable de reporter le tube à l'interdiction et ainsi de suite.

C'est ce phénomène qui se reproduit 20 000 fois par seconde et étant donné cette fréquence élevée, les interruptions de fonctionnement ne sont pas perçues par l'oreille.

Les récepteurs à Super-Réaction sont particulièrement utilisés en VHF et en U.H.F, dans les montages simples d'amateurs.

Dans la version moderne, ces appareils utilisent évidemment, non plus les tubes électroniques mais DES TRANSISTORS ET DES CIRCUITS INTEGRES.

A titre d'exemple, nous vous donnons un schéma de récepteur à Super-Réaction, extrait de la revue "le Haut-Parleur" de novembre 1973.

La partie BF de cet appareil est constituée par un CIRCUIT INTEGRÉ (SL.630C) provenant de la firme PLESSED-FRANCE - 16 Rue PETRARQUE - PARIS 16ème (renseignement donné à titre d'information pour ceux qui seraient tentés par ce montage).

Bien entendu, n'importe quel autre étage BF peut convenir.

RECEPTEUR A SUPER-REACTION

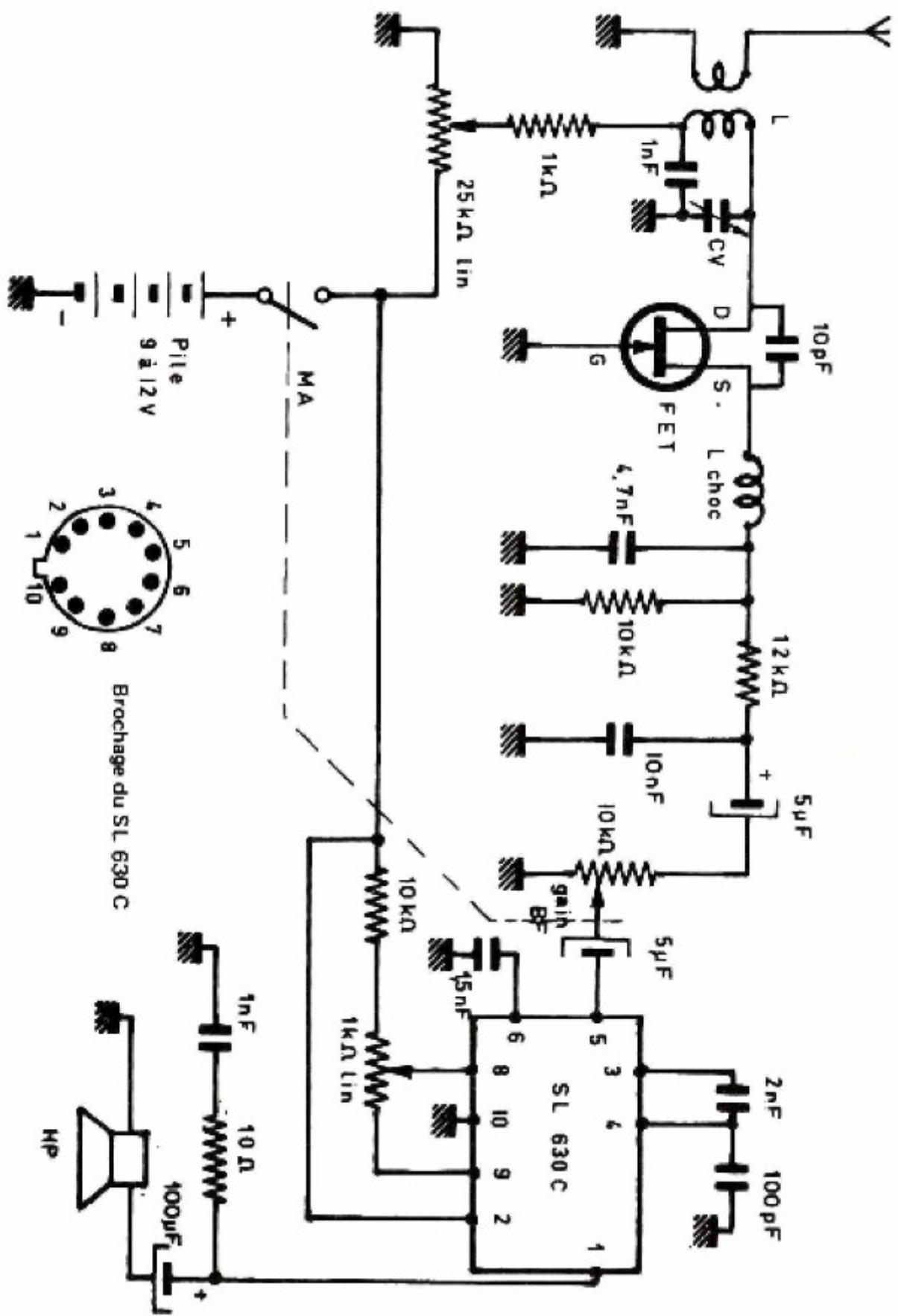


Figure 17

Quant à la partie DETECTION-AMPLIFICATION qui nous intéresse, elle est équipée d'un TRANSISTOR FET 2N 3819 ou 2N 3823 ou encore MPF 102 (tout autre type équivalent peut évidemment convenir).

Le CIRCUIT DE REACTION est constitué par le condensateur de 10 pF, placé entre les électrodes D et S du transistor (D = DRAIN S = SOURCE) et le réglage de la réaction s'effectue par le potentiomètre de 25 k Ω LINEAIRE, (on agit donc ici sur la résistance totale du circuit oscillant, pour l'ajustage du TAUX de Réaction).

La self de choc a pour rôle de bloquer la composante VHF, afin que celle-ci ne puisse pas perturber le fonctionnement de l'étage BF.

Pour un fonctionnement dans la gamme de 125 à 160 MHz nous avons :

L = 3 spires en fil de cuivre de 1 mm, bobinées en l'air (diamètre du bobinage 8 mm).

L = couplage antenne = 1 spire.

L choc = une vingtaine de spires en fil de cuivre de 6 à 8/10 mm, bobiné sur une résistance par exemple en guise de support.

Pour la gamme de 160 à 200 MHz nous avons :

L = 2 spires

L = couplage antenne = 1 spire

L choc = comme ci-dessus.

Le condensateur variable est dans les deux cas un condensateur variable sur STEATITE de 12 à 25 pF.

Précisons que la gamme VHF de 160 à 200 MHz comprend les émetteurs TV (1ère chaîne).

Ce petit montage permet donc l'écoute du SON de la télévision.

NOTIONS A RETENIR.

- On dit qu'il y a **REACTION** dans un montage lorsque le signal de sortie est réinjecté sur l'**ENTREE**.
- Si le signal réinjecté est en **OPPOSITION DE PHASE** avec le signal d'entrée d'origine, on a une **REACTION NEGATIVE** appelée aussi **CONTRE-REACTION**.
- Par contre si le signal réinjecté est en **PHASE** avec le signal d'entrée d'origine, on a une **REACTION POSITIVE** (on dit plus simplement **REACTION**).
- La **CONTRE-REACTION** diminue le **GAIN** d'un **AMPLIFICATEUR** mais **AUGMENTE LA BANDE PASSANTE**.
- La **REACTION** est à la base de fonctionnement des **OSCILLATEURS** (que nous verrons dans la prochaine leçon) mais est aussi utilisée dans certains montages, pour augmenter la sensibilité de ceux-ci.
- Un **RECEPTEUR A REACTION** est un appareil simple, où le signal détecté est réinjecté dans le circuit d'entrée jusqu'à la limite de l'**ACCROCHAGE**.

Dans ce type de montage, tout se passe comme si le signal capté par l'antenne avait une valeur relativement élevée.

- Pour obtenir un bon fonctionnement du récepteur à réaction il faut régler le taux de réaction, de façon à se trouver juste au-dessous des conditions d'accrochage.

- On se trouve dans les conditions d'accrochage lorsque :

$$M = \frac{1}{k} (L + CR\rho)$$

Ainsi, pour le réglage du taux de réaction on peut pratiquement agir sur L ou sur C ou sur R.

- Dans un récepteur à SUPER-REACTION on règle le taux de réaction de façon à faire entrer le tube en oscillations. On obtient ainsi l'AMPLIFICATEUR MAXIMUM.

Cependant étant donné que les oscillations interdisent toute réception, on polarise la GRILLE assez fortement, pour que les oscillations cessent immédiatement après avoir pris naissance.

Ce régime de fonctionnement par INTERRUPTIONS se fait à la fréquence minimum de 20 kHz.

Cette fréquence étant au-dessus de la gamme des fréquences audibles, n'est pas perçue par l'oreille humaine et la BF détectée est ainsi normalement reproduite (du moins sans distorsion trop gênante).



EXERCICE DE REVISION SUR LA
THEORIE 20

- 1) Qu'indique le coefficient de **CONTRE-REACTION** ?
- 2) Qu'indique le **TAUX DE REACTION** ?
- 3) Le gain d'un amplificateur est-il supérieur ou inférieur en présence d'une contre-réaction ?
- 4) Que devient la bande passante d'un amplificateur, si la contre-réaction de tension réduit l'amplification de celui-ci de moitié ?
- 5) Qu'appelle-t-on **CONDITIONS D'ACCROCHAGE** ?
- 6) Sur quelles grandeurs peut-on facilement jouer pour régler la **REACTION** ?
- 7) Dans un récepteur à Réaction peut-on utiliser conjointement la **REACTION** et la **CONTRE-REACTION** ?
- 8) Pourquoi le régime oscillatoire d'un récepteur à Super-Réaction reste-t-il inaudible ?



REPONSES A L'EXERCICE DE REVISION
SUR LA THEORIE 19

- 1) Le couplage par transformateur n'est plus très employé, car il s'agit d'un composant volumineux, lourd et coûteux.
- 2) Le rôle d'un ETAGE INVERSEUR ELECTRONIQUE est de fournir deux signaux en OPPOSITION DE PHASE.
- 3) Un étage PUSH-PULL est déséquilibré, lorsque la grille de l'un des deux tubes est attaquée par un signal d'amplitude différente de celle qui attaque l'autre tube.
- 4) Sur un INVERSEUR CATHODYNE, les tensions de sortie sont prélevées d'une part entre ANODE et MASSE et d'autre part entre CATHODE et MASSE.
- 5) Un transformateur accordé est un transformateur comportant en parallèle sur le PRIMAIRE (ou le SECONDAIRE) un condensateur. De ce fait ce transformateur travaille sur une fréquence déterminée, donnée par la formule :

$$F = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

- 6) Dans un montage CATHODE A LA MASSE, le signal de sortie est prélevé sur l'ANODE.
- 7) Dans un montage GRILLE A LA MASSE, on applique le signal d'entrée entre la CATHODE et la masse.
- 8) Dans un montage ANODE A LA MASSE, on applique le signal d'entrée entre la GRILLE et la masse.

- 9) Sur ce même montage, on prélève le signal de sortie entre CATHODE ET MASSE.
- 10) Le montage ANODE A LA MASSE se comporte en ATTENUATEUR (l'amplification est inférieure à 1).

