

Dans notre précédent numéro (pages 103 à 106), nous avons, en préambule, effectué quelques rappels sur la modulation d'amplitude, ses aspects temporel et spectral, les procédés de contrôle liés à ces deux aspects et nous avons donné enfin un aperçu des procédés d'obtention et de réception de l'A.M.

Nous entrons à présent dans le vif du sujet de cette analyse, à savoir la B.L.U.

La B.L.U. Bande Latérale Unique

Vers la B.L.U. : supprimons la porteuse

Des conclusions que nous avons tirées précédemment, il apparaît intéressant de supprimer la porteuse dans une émission A.M. afin de mieux profiter des possibilités de puissance de l'étage de sortie. On obtient alors une modulation dite « double bande latérale sans porteuse » ou « double sideband suppressed carrier » : D.S.B.S.C. ou plus couramment D.S.B.

1) Aspect spectral et aspect temporel

Le spectre d'une telle émission est représenté sur la **figure 9** (cas d'une téléphonie). On peut également, comme nous l'avons fait pour l'A.M., considérer l'aspect temporel en passant de la présentation spectrale à la présentation temporelle grâce au diagramme vectoriel de Fresnel (voir **fig. 10 et 11**). La **figure 10A** donne le cas général : les deux bandes latérales émises se composent vectoriellement pour donner le vecteur \vec{V} . Sur la **figure 10B**, on se trouve dans un cas particulier : les deux vecteurs \vec{BLI} et \vec{BLS} sont en phase avec la porteuse, absente mais prise comme référence. Le vecteur \vec{V} a alors un module maximum : cette situation correspond au point « M » de la **figure 11**.

Sur la **figure 10C**, les vecteurs \vec{BLI} et \vec{BLS} sont en opposition. Le vecteur résultant est nul : on se trouve au point « Z » de la **figure 11**. Enfin sur la

figure 10D, les vecteurs \vec{BLI} et \vec{BLS} sont encore en phase mais cette fois-ci en opposition avec la référence. Le vecteur résultant a encore un module maximal mais est en opposition de phase par rapport au vecteur résultant de la **figure 10B** ; on se trouve au point « N » de la **figure 11**.

On peut remarquer qu'il y a discontinuité lors du passage du cas de la **figure 10B** au cas de la **figure 10D** : au point « Z » de la **figure 11**, il y a un changement de phase de 180° du signal émis (détail encadré grossi sur la **fig. 12**).

Ce qui vient d'être dit pour une modulation par un signal sinusoïdal pur peut évidemment se généraliser, comme pour l'A.M., au cas du signal modulant complexe.

2) Procédés de contrôle

• liés à l'aspect temporel

– l'oscilloscope dont la voie Y est attaquée par le signal D.S.B. fournit des images semblables à celles de la **figure 11** si le signal modulant est sinusoïdal pur. Une suppression imparfaite de la porteuse fournit des images du type de celle de la **figure 13**.

– l'oscilloscope utilisé selon la méthode du trapèze fournit, pour une modulation parfaite, l'image de la **figure 14A**, comme sous le nom de « nœud-papillon », la **figure 14B** dénote une mauvaise rejection de porteuse ou une dissymétrie du modulateur ; sur la **figure 14C** on voit l'effet de non-linéarités, etc. Comme pour

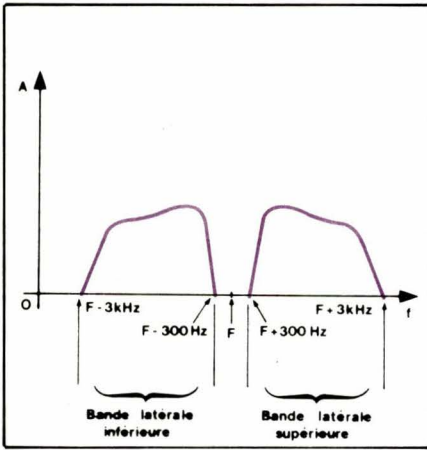


Fig. 9 - Spectre d'une émission en D.S.B. (signal modulant complexe ; ici, cas de la parole). La flèche F indique l'emplacement de la porteuse si elle existait.

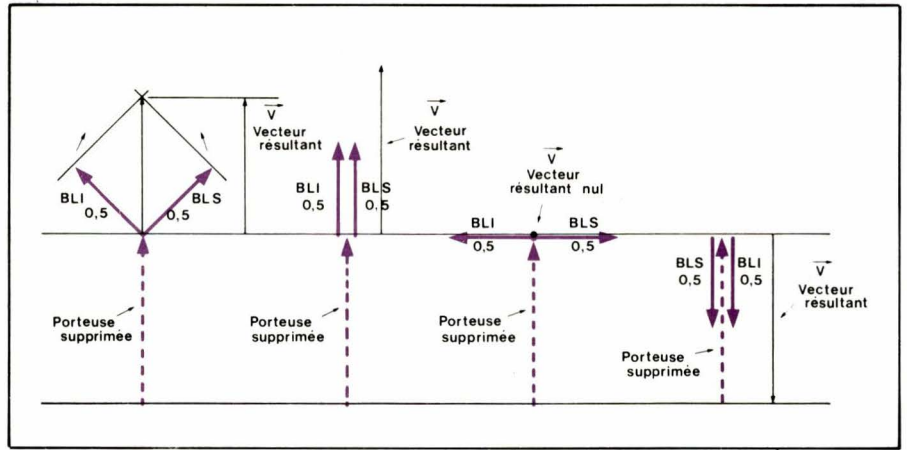


Fig. 10. - Représentation de Fresnel en D.S.B. permettant le passage à la représentation temporelle (modulation par un signal sinusoïdal pur).

- A : Cas général
- B : Cas correspondant au point M de la figure 11
- C : Cas correspondant au point Z de la figure 11
- D : Cas correspondant au point N de la figure 11.

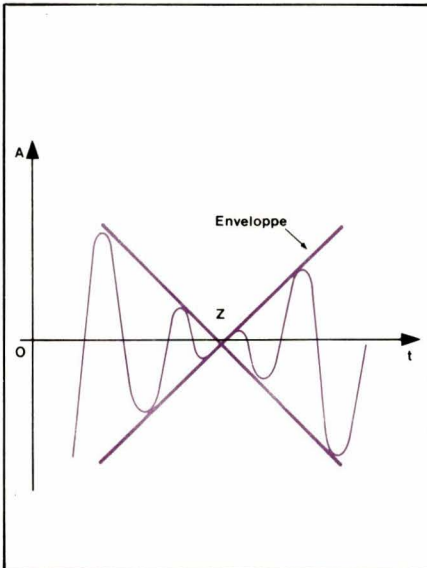


Fig. 12 - Détail du point Z de la figure 11 (détail cerclé agrandi).

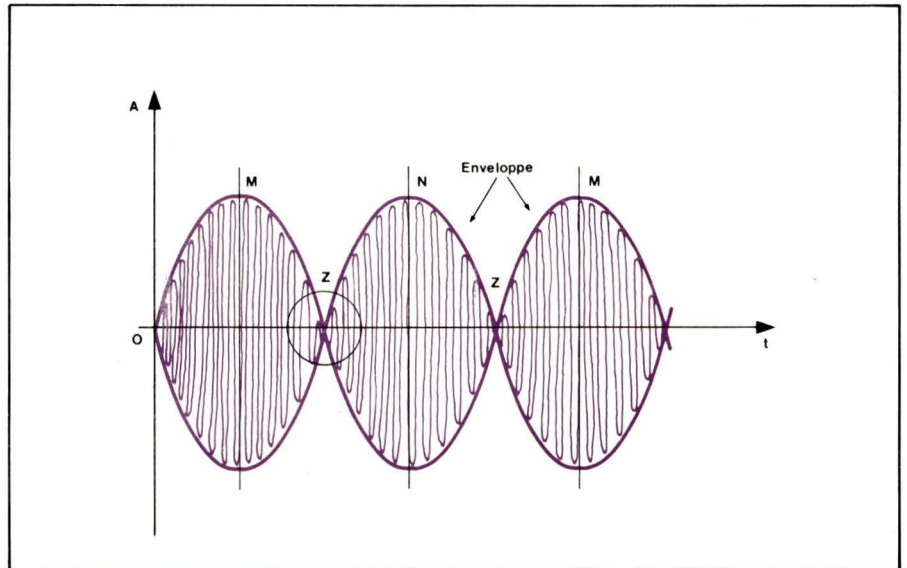


Fig. 11. - La D.S.B. : représentation temporelle (modulation par un signal sinusoïdal pur).

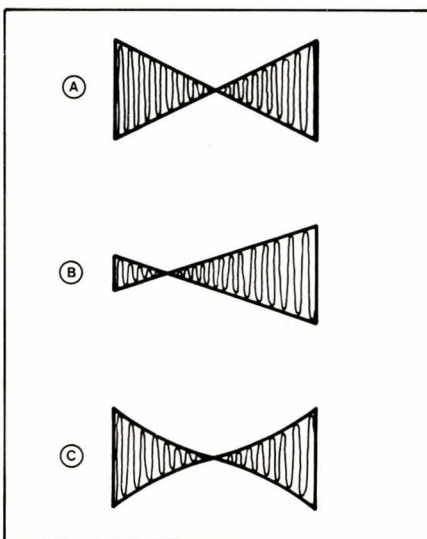


Fig. 14 - La méthode du trapèze en D.S.B. (réalisée avec un signal modulant sinusoïdal).
 A : modulation parfaite
 B : mauvaise réjection de porteuse (cas de la fig. 13)
 C : non linéarité de modulation mais bonne réjection de porteuse.

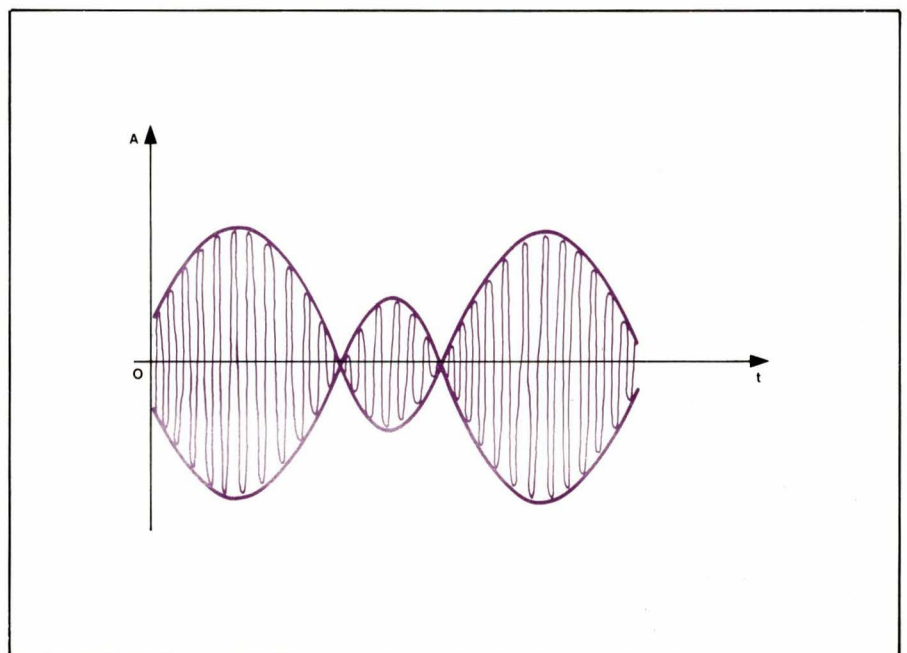


Fig. 13 - Suppression imparfaite de la porteuse dans une D.S.B.

l'A.M., les deux méthodes ci-dessous sont complémentaires et permettent une étude complète.

● *liés à l'aspect spectral :*

– ces procédés s'apparentent tous à l'analyse de spectre. Ils fournissent des images du type de celle de la **figure 9** (si le signal modulant est complexe : téléphonie).

La qualité de la réjection de porteuse apparaît immédiatement.

La dissymétrie des bandes latérales fournit des indices précieux sur la symétrie de la modulation.

3) Aperçu des procédés d'obtention et de réception

● *procédés d'émission :* on obtient la D.S.B. grâce à des **modulateurs équilibrés**, circuits symétriques qui permettent d'éliminer en sortie la porteuse, tout en conservant les bandes latérales, avec des atténuations de l'ordre de 45/50 dB. Ces modulateurs peuvent fonctionner à bas niveau et être suivis d'amplificateurs linéaires ou à fort niveau. Ils peuvent même à la limite constituer l'étage final de l'émetteur (voir **fig. 21** quelques exemples).

● *procédés de réception :* il est nécessaire, à la réception, de reconstituer la porteuse absente avec une amplitude et une phase correcte. Ceci se réalise à l'aide d'un oscillateur de battement (B.F.O. : beat frequency oscillator). On peut alors procéder à une détection d'enveloppe classique (détection diode) comme pour la modulation d'amplitude. On peut également effectuer le produit entre le signal reçu et le signal fourni par le B.F.O. : ce montage s'appelle « détecteur de produit » et est réalisé avec des circuits multiplieurs. On se ramène alors un peu au cas de la détection synchrone de la modulation d'amplitude : simplement, la tension continue en sortie de détection, qui correspondait à la porteuse et qui pouvait actionner un C.A.G., n'existe plus.

Il est utile d'insister sur l'impérieuse nécessité, en D.S.B., de reconstituer la porteuse très précisément. Cette précision de fréquence impose l'emploi de récepteurs d'une stabilité exemplaire. Une solution à ce problème consiste à l'émission à transmettre « un peu de porteuse » et, à la réception, à remplacer le B.F.O. par un oscillateur P.L.L. (Phase Locked Loop) asservi à la porteuse reçue. Ce type d'émission est parfois appelé : « A.M. à porteuse atténuée ».

4) Conclusions sur la D.S.B.

● Si l'on reprend les remarques faites précédemment sur l'A.M., on peut constater que la D.S.B. apporte un

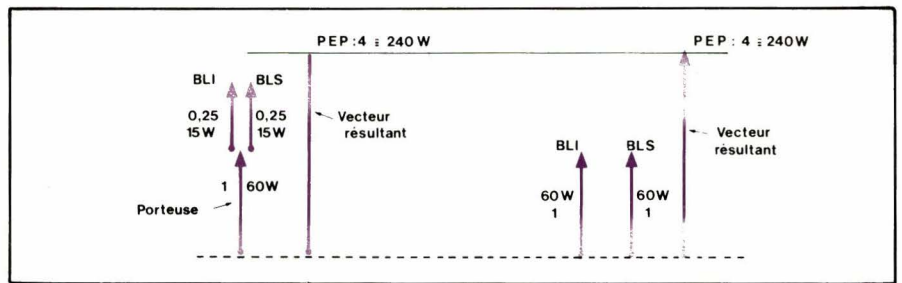


Fig. 15. – Comparaison A.M./D.S.B. à puissance P.E.P. (Peak Envelope Power) égales, grâce aux représentations de Fresnel.
A : A.M. 100 % en crête de modulation (cas B de la figure 6).
B : D.S.B., même puissance crête que pour l'A.M. (cas B de la figure 10).

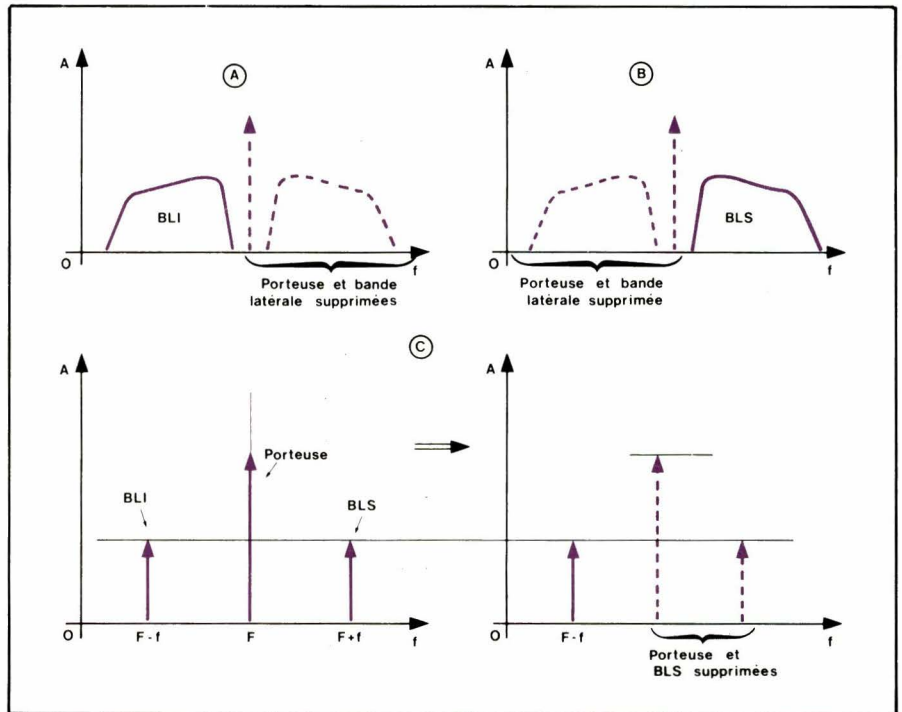


Fig. 16. – Aspect spectral d'une B.L.U. Pour le cas C, la représentation de gauche correspond à la modulation d'amplitude d'une porteuse F par une fréquence f (sinusoïde pure) et la représentation de droite à l'émission B.L.U. correspondante.

avantage du point de vue « efficacité » de l'étage final de l'émetteur qui n'émet que de l'information utile : les bandes latérales. Le même étage final, capable de fournir en A.M. 240 W en crête de modulation sans distorsion pourra bien sûr fournir 240 W crête en D.S.B. soit 60 W dans chaque bande latérale, totalement efficaces du point de vue télécommunication. **Le gain D.S.B./A.M. est donc : $10 \log 120/30 = 6 \text{ dB}$.** Ce gain théorique est en fait à minorer pratiquement : en effet, l'étage final doit fonctionner pour la D.S.B. en mode « linéaire », la D.S.B. étant en général produite à bas niveau. Le rendement pratique d'un tel étage est de l'ordre de 50 % au lieu de 60 % pour un étage en classe C. Le gain pratique D.S.B./AM est donc de l'ordre de 5 dB.

● L'encombrement spectral d'une D.S.B. est par contre identique à celui d'une A.M. ; les deux bandes latérales sont toujours semblables et inversées : il y a toujours gaspillage de place... !

La bande passante nécessaire du récepteur n'est pas modifiée : 6 kHz comme dans le cas de la téléphonie A.M. Le facteur de bruit du récepteur est donc inchangé. Par contre, le procédé de réception est plus complexe et nécessite une stabilité en fréquence à toute épreuve aussi bien à l'émission qu'à la réception ou l'emploi des dispositifs du type P.L.L.

En résumé :

● La D.S.B. fournit 5 dB de gain par rapport à l'A.M. en permettant une meilleure exploitation des possibilités de l'étage final de l'émetteur (gain établi en prenant comme base l'égalité des puissances crêtes A.M. et D.S.B.).
● La D.S.B. n'offre pas d'avantage au point de vue encombrement spectral et suppose des procédés de détection assez élaborés.

● Le gain sur un canal de communication au passage AM/DSB provient uniquement de l'extrémité « émetteur ».

Comme nous venons de le voir, la

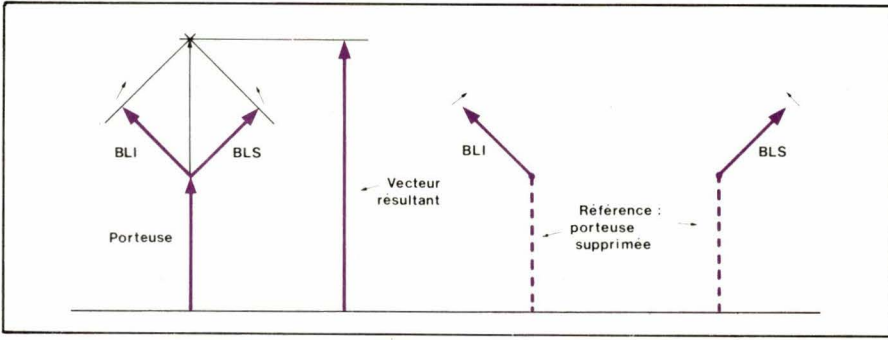


Fig. 17. - Représentation de Fresnel d'une B.L.U. permettant le passage à la représentation temporelle (voir fig. 18). Les diagrammes représentent de gauche à droite l'A.M. modulée à 100% (cas général), la B.L.I. et la B.L.S. correspondantes.

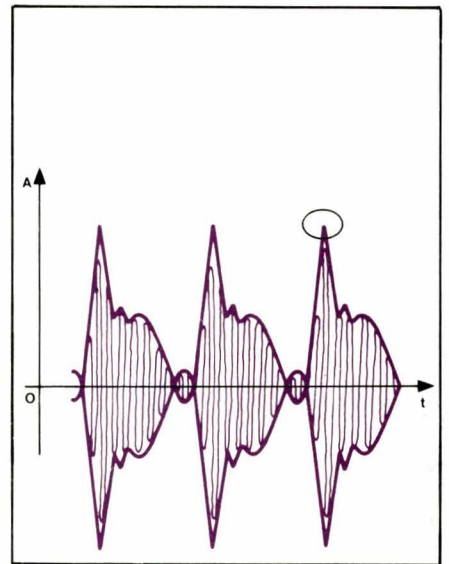


Fig. 20. - Aspect d'une B.L.U. avec un signal complexe, ici la parole (un « oohhh » soutenu est prononcé devant le microphone).

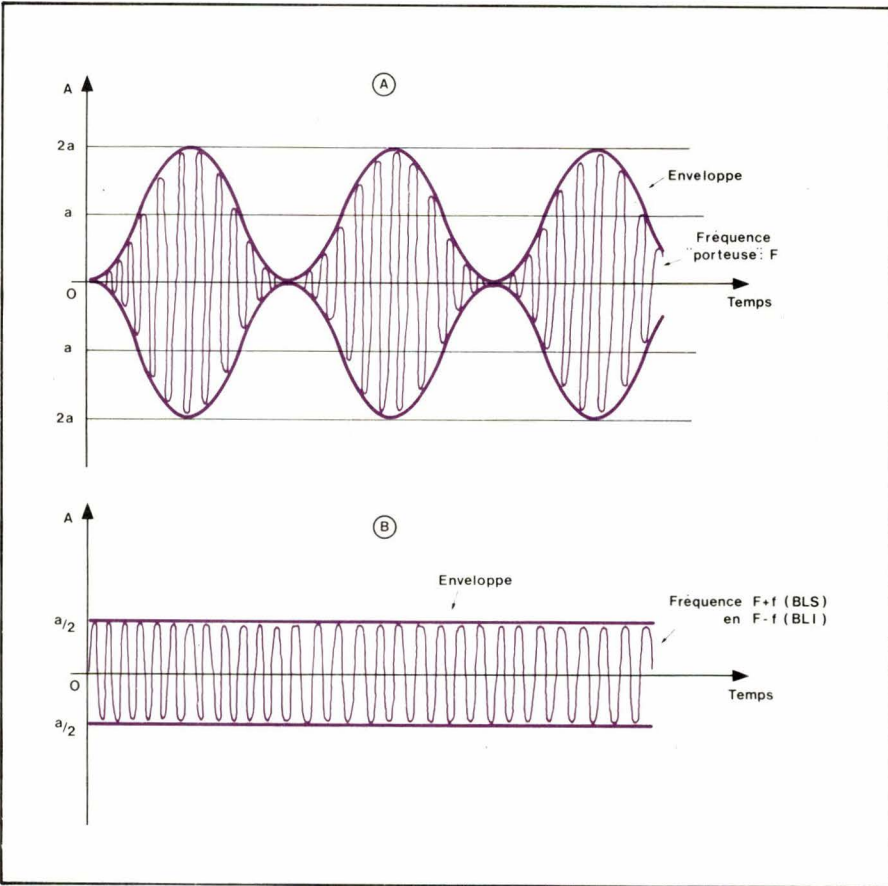


Fig. 18. - En A, A.M. modulée à 100% ; en B, aspect temporel d'une B.L.U.

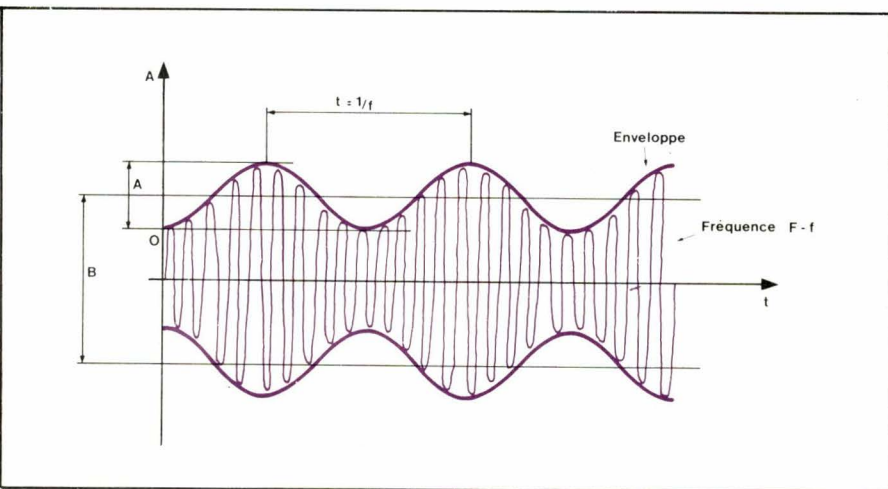


Fig. 19. - Mesure de la réjection de porteuse sur une émission en B.L.U. (B.L.I. dans le cas de l'exemple). Le rapport A/B donne la réjection de porteuse par exemple :
 $A/B = 0,1$; suppression 20 dB
 $A/B = 0,05$; suppression 26 dB
 $A/B = 0,01$; suppression 40 dB.

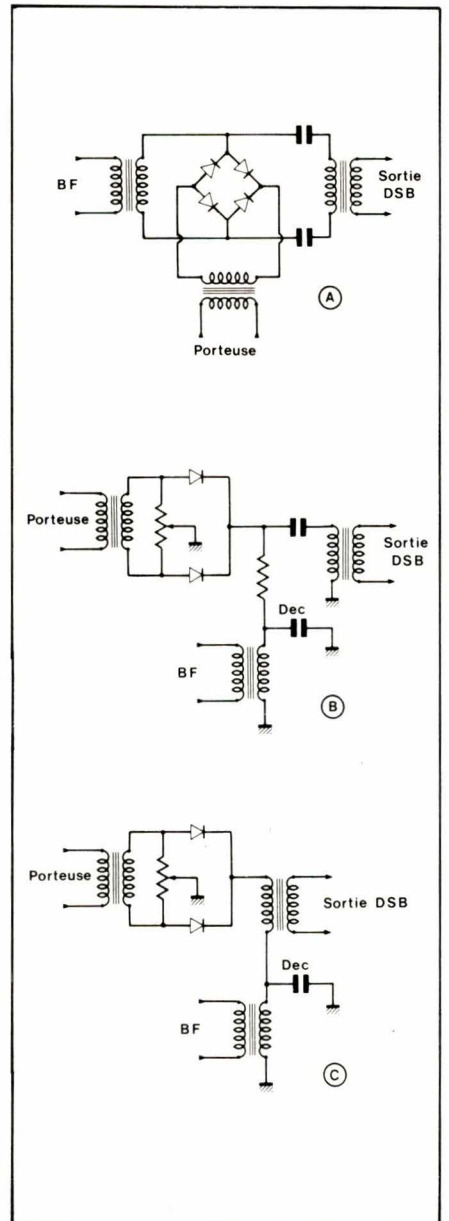


Fig. 21. - Modulateurs équilibrés à diodes.
 A : en anneau
 B : shunt
 C : série

D.S.B. offre déjà un progrès considérable par rapport à l'A.M. : en évitant un gaspillage de puissance à l'émission, on parvient à gagner 5 dB, au prix, il est vrai, d'une complication des circuits d'émission et de réception.

On peut aller plus loin dans la voie de l'économie : on a remarqué à deux reprises déjà (conclusions sur l'A.M. et conclusions sur la D.S.B.) que les deux bandes latérales de ces types de modulation contiennent la même information : leur spectre est celui du signal modulant. Il y a redondance et l'on peut à priori se permettre de supprimer l'une de ces bandes latérales à l'émission. Si l'on supprime également la porteuse, on dit que l'on réalise une émission en bande latérale unique à porteuse supprimée. Comme en D.S.B., on peut transmettre, aux fins d'aider à la réception, une porteuse atténuée ; on parle alors d'émission en « bande latérale unique et porteuse atténuée ».

Selon que l'on supprime la bande latérale supérieure ou la bande latérale inférieure, on dit que l'on émet respectivement en B.L.I. (bande latérale inférieure) ou B.L.S. (bande latérale supérieure).

Les termes anglo-saxons correspondants sont :

- B.L.U. : S.S.B. : single side band,
- B.L.S. : U.S.B. : upper side band,
- B.L.I. : L.S.B. : lower side band,
- B.L.I.P.A. : L.S.B.A.C. : lower side band attenuated carrier.
- B.L.S.P.A. : U.S.B.A.C. : upper side band attenuated carrier,
- B.L.U.P.A. : S.S.B.A.C. : single side band attenuated carrier,
- B.L.U.P.S. : S.S.B.S.C. : single side band suppressed carrier, etc.

1) Aspect spectral et aspect temporel

Le spectre d'une émission en B.L.U. est représenté par la figure 16 ; en A : spectre d'une B.L.I., en B : spectre d'une B.L.S. (cas d'une téléphonie). Dans le cas où le signal modulant est un signal sinusoïdal pur de fréquence f , on peut de suite remarquer que l'émission B.L.U. se ramène à l'émission d'une fréquence pure de fréquence $F - f$ ou $F + f$ selon la bande latérale retenue (fig. 16C).

On peut, comme nous l'avons fait précédemment, lier l'aspect spectral et l'aspect temporel par la représentation de Fresnel (fig. 17).

On retrouve bien le fait que l'émission en B.L.U. d'une fréquence f à l'aide d'une porteuse F , se ramène à l'émission d'une fréquence pure $F + f$ ou $F - f$ (fig. 18).

2) Procédés de contrôle

● *Liés à l'aspect temporel* : Si le signal modulant est un signal sinusoïdal pur, on obtient en attaquant la voie y de l'oscilloscope par le signal modulé un oscillogramme du type de celui de la figure 18B.

Si la suppression de porteuse est imparfaite, on voit apparaître un battement entre la bande latérale transmise (par exemple B.L.I., à la fréquence $F - f$)

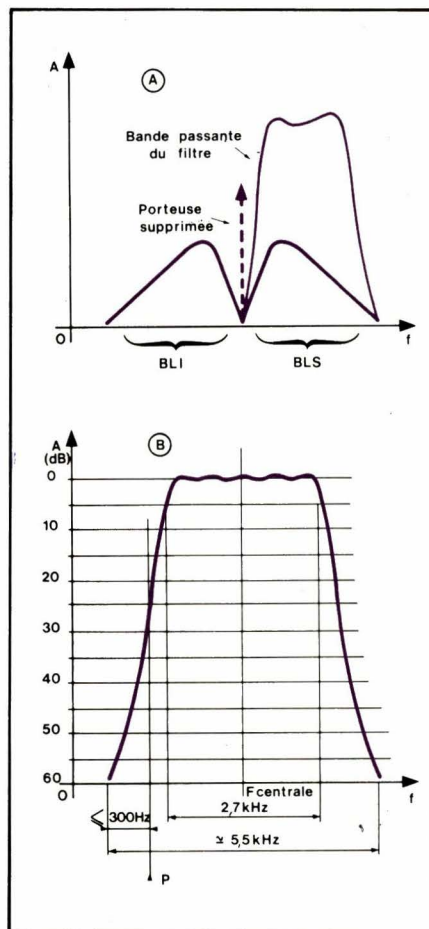


Fig. 22. - Sélection de la bande latérale par filtrage : dans notre exemple, émission en B.L.S.
A : principe
B : détail de la bande passante du filtre nécessaire. Le point P à -25 dB est celui où l'on pontonne la porteuse. Le facteur de forme 6 dB/60 dB est égal à $5,5/2,7 \text{ kHz} \approx 2$.

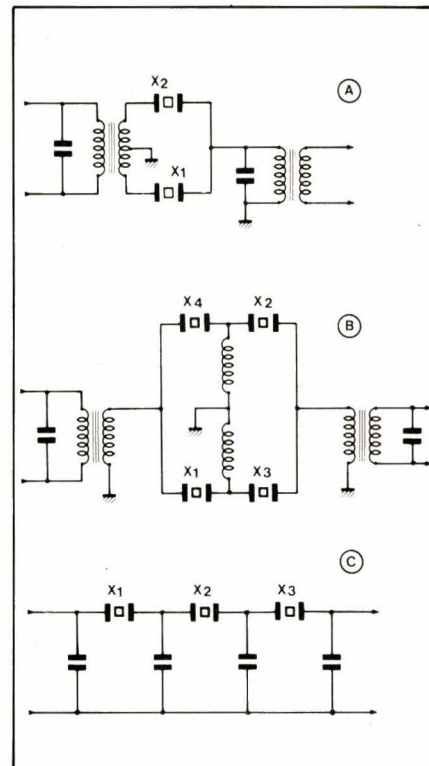


Fig. 23. - Schémas de principe de quelques types de filtres à quartz.
A : demi-trellis
B : treillis
C : en échelle

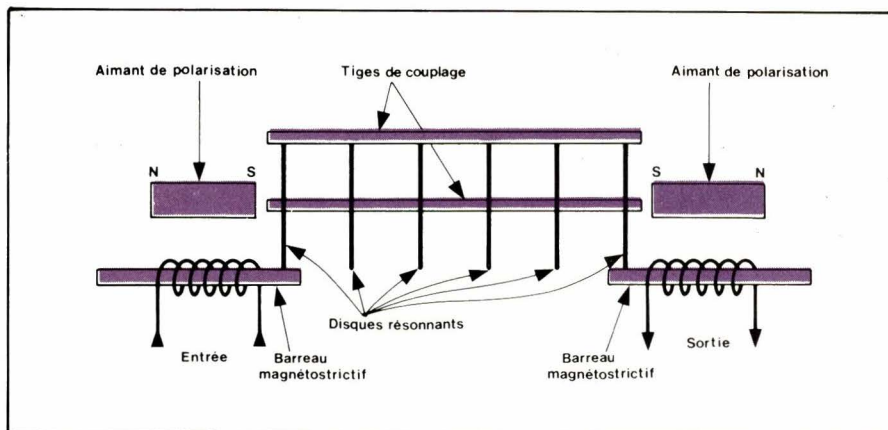


Fig. 24. - Constitution schématique d'un filtre mécanique ; il peut y avoir jusqu'à neuf disques résonnants afin d'améliorer la verticalité des flancs de la bande passante du filtre.

et la porteuse. Ce battement apparaît comme une modulation d'amplitude à la fréquence f , de la fréquence $F - f$.

Plus le taux de modulation apparent est important, moins la suppression de porteuse est bonne. On dispose là d'un moyen de mesure simple de la réjection de porteuse (voir fig. 19).

Si le battement qui apparaît est à la fréquence $2f$, on peut déduire que c'est la réjection de la bande latérale indésirée qui est insuffisante. La mesure du rapport A/B donne la réjection de bande latérale non désirée.

Bien sûr, si l'on observe une émission

entachée de tous les maux, les deux phénomènes peuvent apparaître simultanément.

Si le signal modulant est un signal complexe (parole par exemple) l'oscillogramme a l'allure de la figure 20. Il faut bien prendre garde d'éviter la confusion avec une modulation d'amplitude : si le signal modulant disparaît, l'amplitude du signal modulé se réduit à zéro alors que dans le cas de l'A.M., l'amplitude devient celle de la porteuse (voir les diagrammes de la fig. 17). Par ailleurs, la fréquence « remplissant » l'enveloppe varie en fonction du signal modulant pour la B.L.U. alors qu'elle

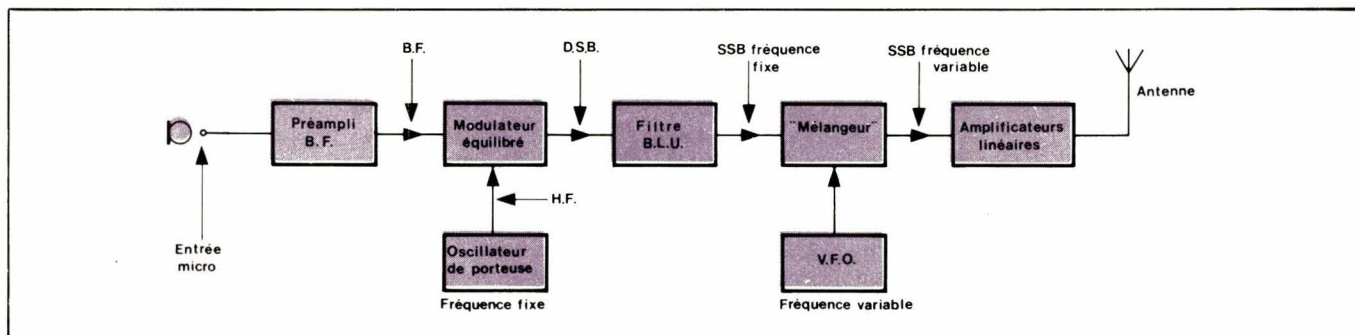


Fig. 25. - Schéma synoptique d'un émetteur B.L.U. permettant l'émission sur diverses fréquences grâce à un V.F.O. et à un « mélangeur ».

est constante et égale à celle de la porteuse pour l'A.M.

On peut alors dans ce cas vérifier la qualité de la modulation et en particulier l'absence d'écrêtage des pointes (voir fig. 20 - détail cerclé) qui traduirait une surmodulation ou un mauvais fonctionnement des étages d'amplification linéaire.

Un autre procédé de contrôle consiste à appliquer simultanément au modulateur deux signaux sinusoïdaux purs, de fréquences légèrement différentes et d'amplitudes rigoureusement identiques : c'est le « Two Tones Test » (T.T.T.) ou « méthode deux tons ». On obtient alors des oscillogrammes tout à fait comparables à ceux de la D.S.B. (fig. 11), la périodicité du phénomène étant alors $t = 1/f_1 - f_2$ ou f_1 et f_2 sont les fréquences des deux « tons ». Ce type d'essais est surtout employé pour vérifier la linéarité des circuits suivant le modulateur (mélangeurs, amplificateurs linéaires, etc.), et met également en évidence la mauvaise réjection de porteuse.

● *Liés à l'aspect spectral* : L'analyse spectrale fournit des images du type de la figure 16. Les réjections de bande latérale non désirée et de porteuse sont immédiatement mesurables, tous les analyseurs étant directement étalonnables en décibels.

3) Procédés d'obtention de la B.L.U.

Deux techniques très différentes permettent de passer de la D.S.B. à la B.L.U. :

- *le filtrage* : technique la plus évidente, qui consiste à éliminer par filtrage la bande latérale non désirée.

- *Le « phasing »* : procédé plus subtil dans lequel la bande latérale est supprimée grâce à la réinjection de son « double » en opposition de phase.

● **Le filtrage** : On élabore tout d'abord un signal D.S.B. : la fréquence porteuse est modulée par la sortie d'un amplificateur basse fréquence dans un étage dit « modulateur équilibré ». Ce circuit permet l'élimination quasi-totale de la porteuse en ne fournissant en sortie que les deux bandes latérales. Diverses réalisations sont possibles : modulateur à diodes ; modulateur en anneau ; modulateur shunt ; modulateur série (voir fig. 21) ; multiplieurs constitués par des « paires différentielles » (disponibles actuellement sous forme de circuits intégrés : MC 1496, SL 640C...) ; certains appareils emploient encore des

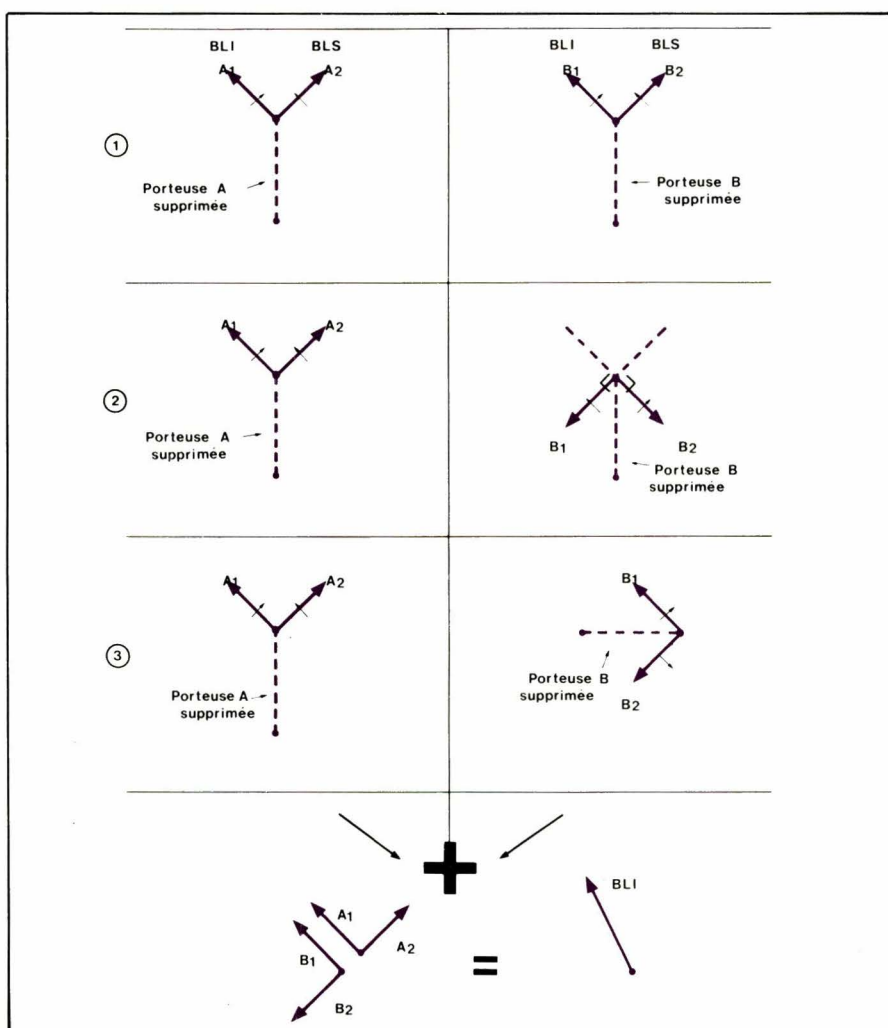


Fig. 26. - Principe du « phasing » :
2 droite : on voit un retard de phase de 90° du signal BF par rapport au cas 1 gauche.
3 droite : on voit un déphasage de -90° de la porteuse B avant modulation en plus du déphasage du signal BF.

tubes et en particulier les tubes à déviation de faisceau type 7360 qui permettent d'obtenir des résultats remarquables (60 dB de réjection de porteuse).

On procède ensuite à l'élimination de la bande latérale non désirée à l'aide de filtres de bandes à très fort coefficient de surtension et à très forte sélectivité (fig. 22). L'atténuation obtenue est déterminée uniquement par les caractéristiques du filtre, qui doivent bien sûr être très stables (dans le temps, en fonction de la température, etc.). On utilise le plus fréquemment des filtres à quartz (demi treillis, treillis, en échelle, etc.) (voir fig. 23) qui assurent les caractéristiques nécessaires même pour des fréquences relativement élevées (domaine d'utilisation : de quelques centaines de kilohertz

à dix mégahertz), des filtres mécaniques qui exploitent des phénomènes de magnétostriction et de résonance mécanique au lieu de résonance électrique (domaine d'utilisation : 50 kHz à 1 MHz) (voir fig. 24). Parfois, on cascade plusieurs filtres afin d'améliorer les performances de réjection. On notera en observant la figure 22 que le filtre participe à la réjection globale de la porteuse et améliore les performances des modulateurs équilibrés. La figure 25 donne le schéma synoptique d'un émetteur B.L.U. employant la technique du filtrage et permettant l'émission sur diverses fréquences grâce à un V.F.O. (Varying Frequency Oscillator) et à un circuit de changement de fréquence (appelé à tort, de façon courante

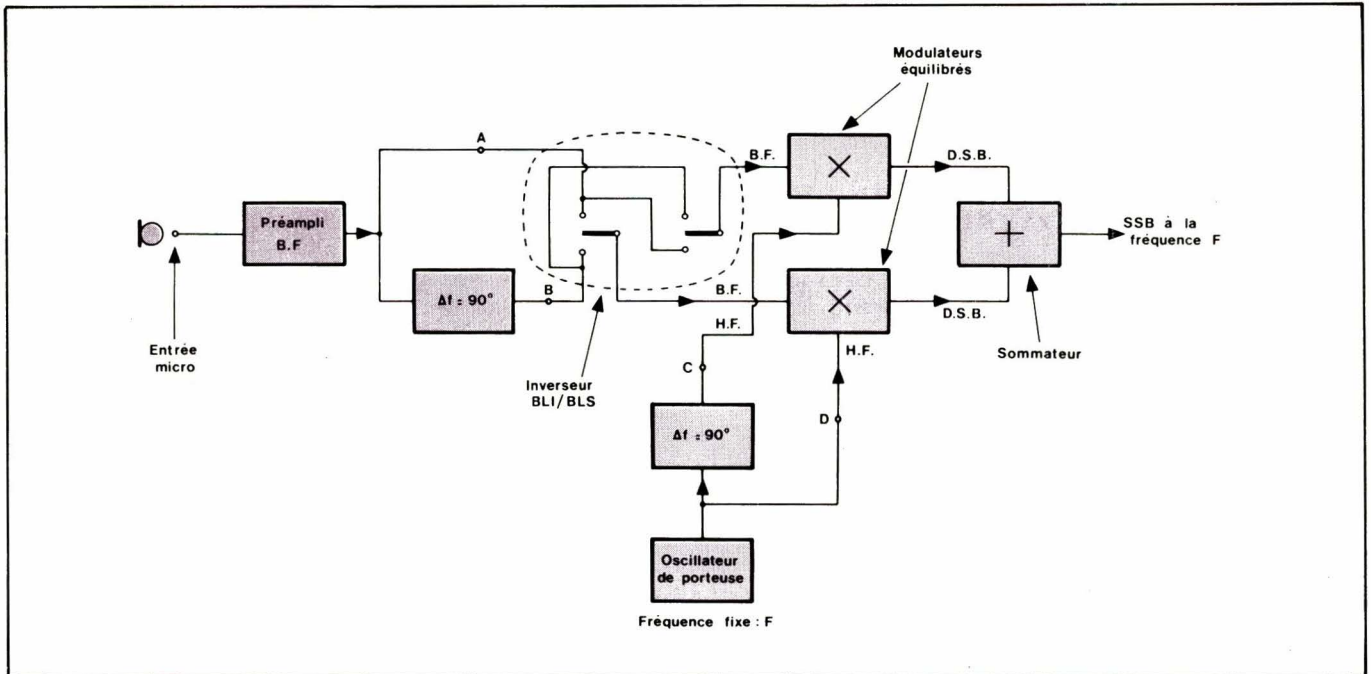


Fig. 27. - Schéma synoptique d'un générateur B.L.U. utilisant la technique du phasing. Pour constituer un émetteur, ce générateur peut être complété par des étages de changement de fréquence, un V.F.O. et des étages d'amplification linéaire (voir fig. 25).

« mélangeur ». Il s'agit en fait d'un multiplicateur).

La technique du filtrage présente de nombreux avantages, nous le verrons plus loin, sur la technique du « phasing ».

● **Le « phasing » :** La figure 26 permet de comprendre facilement le principe du « phasing » : considérons deux porteuses A et B, de même fréquence et de même phase ; si chacune d'elles est modulée dans un modulateur équilibré par un même signal basse fréquence, on obtient les signaux D.S.B. de la figure 26.1. Supposons maintenant que le signal basse fréquence de modulation subisse un déphasage de 90° avant de moduler la porteuse B ; on obtient alors les bandes latérales de la figure 26.2 (sens de déphasage choisi arbitrairement). Si de plus nous faisons subir à la porteuse B, avant modulation, un déphasage de 90° (sens de déphasage choisi arbitrairement), nous obtenons les signaux de la figure 26.3.

Si l'on fait alors l'addition des deux signaux modulés, on constate :

- que les bandes latérales A_1 et B_1 sont en phase et s'ajoutent,
- que les bandes latérales A_2 et B_2 sont en opposition de phase et s'annulent.

Le résultat cherché est atteint ! On obtient bien une B.L.U. Selon le sens du déphasage de la porteuse, ou du déphasage du signal basse fréquence, on peut donc, avec ce principe, éliminer l'une ou l'autre des bandes latérales et réaliser une émission en B.L.I. ou en B.L.S.

Ce que nous venons d'expliquer en prenant pour signal modulant un signal sinusoïdal pur reste bien sûr valable pour des signaux complexes tels ceux de la voix. On voit cependant surgir le problème majeur du « phasing » : il va falloir déphaser de 90° toutes les composantes du signal de modulation, c'est-à-dire

que le circuit employé devra donner un déphasage de 90° précisément pour des fréquences comprises, dans le cas de la téléphonie, entre 300 et 3 000 Hz, ce qui pose quelques problèmes technologiques... !

La figure 27 donne le schéma synoptique d'un émetteur B.L.U. type « phasing ». La figure 28 représente les principes de quelques déphaseurs B.F. et H.F. susceptibles d'être employés dans cette technique.

Comparaison filtrage/phasing, discussion

L'intérêt du « phasing » est assez évident : le dispositif est relativement simple et économique. Ce principe permet d'autre part la génération de signaux B.L.U. sur une fréquence quelconque (pas d'impératif de disponibilité de filtres à quartz ou de filtres mécaniques sur la fréquence choisie). Ces avantages sont de peu de poids devant un inconvénient majeur : la stabilité des résultats (réjections de porteuse et de bande latérale désirée) est étroitement liée à la stabilité des déphasages fournis par les deux réseaux déphaseurs (H.F. et B.F.).

Par ailleurs le déphaseur basse fréquence pose un problème technologique : s'il est en effet très simple d'obtenir, à une fréquence donnée, deux signaux déphasés de 90° , il est difficile de maintenir ce déphasage, disons à 1° près, sur une plage de fréquence allant de 300 à 3 000 Hz. Le réseau déphaseur assurant ces performances est le cœur du système « phasing ».

Ce déphaseur doit bien sûr être précédé d'un amplificateur basse fréquence passe-bande très efficace établi de façon à ce qu'aucune fréquence pour laquelle le déphasage ne serait pas parfait ne parvienne au réseau déphaseur. La figure 29 donne un exemple de caractéristique phase/fréquence d'un

réseau déphaseur commercial de hautes performances.

On pourrait démontrer qu'une erreur de phase de 1° dans l'un des deux déphaseurs ramène la suppression de bande latérale non désirée à 40 dB, une erreur de 2° à 35 dB, une erreur de 3° à 30 dB. Dans le même ordre d'idée, on pourrait montrer que les amplitudes des signaux B.F. déphasés et H.F. déphasés doivent être ajustées avec autant de précision que les phases : un écart de 1 % entre les deux tensions B.F. réduit la suppression à 45 dB, un écart de 2 % à 40 dB, une erreur de 4 % à 35 dB.

Ces chiffres, comparés aux critères minimaux d'une bonne B.L.U., (40 dB de suppression de bande latérale) montrent combien les réglages d'un « phasing » sont délicats et peuvent être influencés par diverses 1

C'est la raison essentielle qui fait préférer le filtrage au « phasing », tout au moins tant que seul l'aspect « efficacité » de la liaison téléphonique est envisagé.

Inversement, si l'on songe à la radiodiffusion et à la transmission de programmes musicaux, le « phasing » redevient roi : le réseau de la figure 29 permet 35 dB de suppression de bande latérale sur la plage 100 Hz - 12 kHz. Un dispositif à filtre (à quartz ou mécanique) permettrait mieux que 40 dB mais sur une plage plus restreinte (300 - 3 000 Hz). Peut-être verrons-nous bientôt des émetteurs de radiodiffusion en B.L.U. Ceci serait une solution aux problèmes actuels d'encombrement du spectre... !

4) Procédés de réception

La démodulation (ou détection) de signaux B.L.U. suppose la régénération locale, dans le récepteur, de la porteuse absente à l'émission. Cette fonction est confiée à un oscillateur local, dit oscilla-

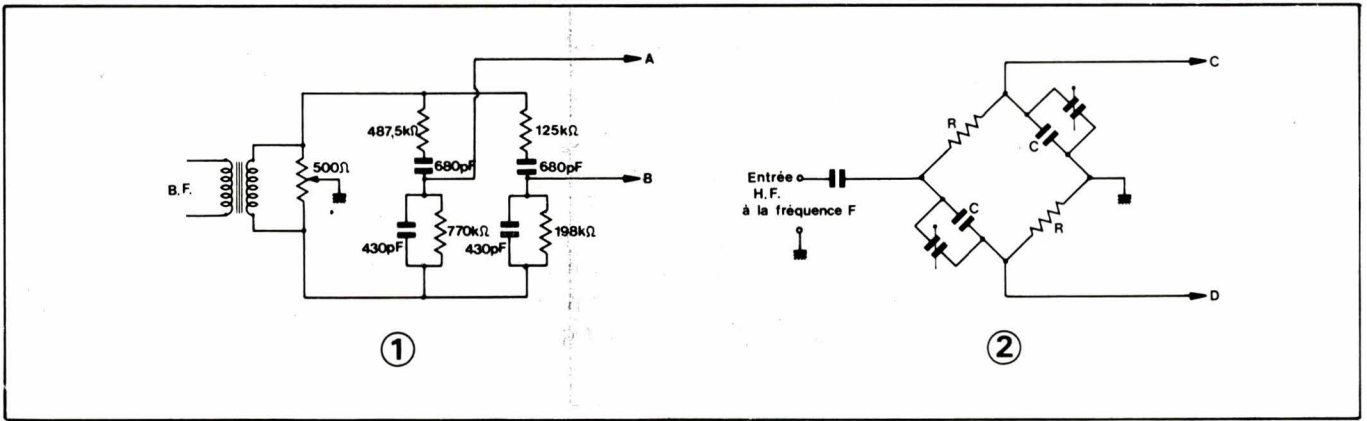


Fig. 28. - Quelques schémas de déphaseurs :
 1 - déphaseur B.F. 300/3000 Hz ; les points A et B doivent attaquer un circuit à haute impédance d'entrée.
 2 - déphaseur H.F. à cellules R.C. ($f = 1/2 \pi RC$).
 3 - déphaseur H.F. à circuits couplés.
 4 - déphaseur B.F. à circuit RLC.
 5 - déphaseur B.F. à circuits actifs capable de tenir un déphasage de $90^\circ \pm 2^\circ$ de 100 Hz à 10 kHz. Les fréquences indiquées sont celles pour lesquelles le déphasage de chaque cellule est de 90° .

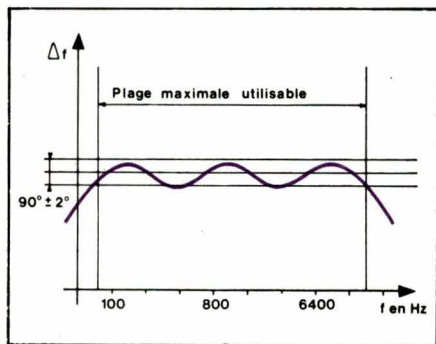
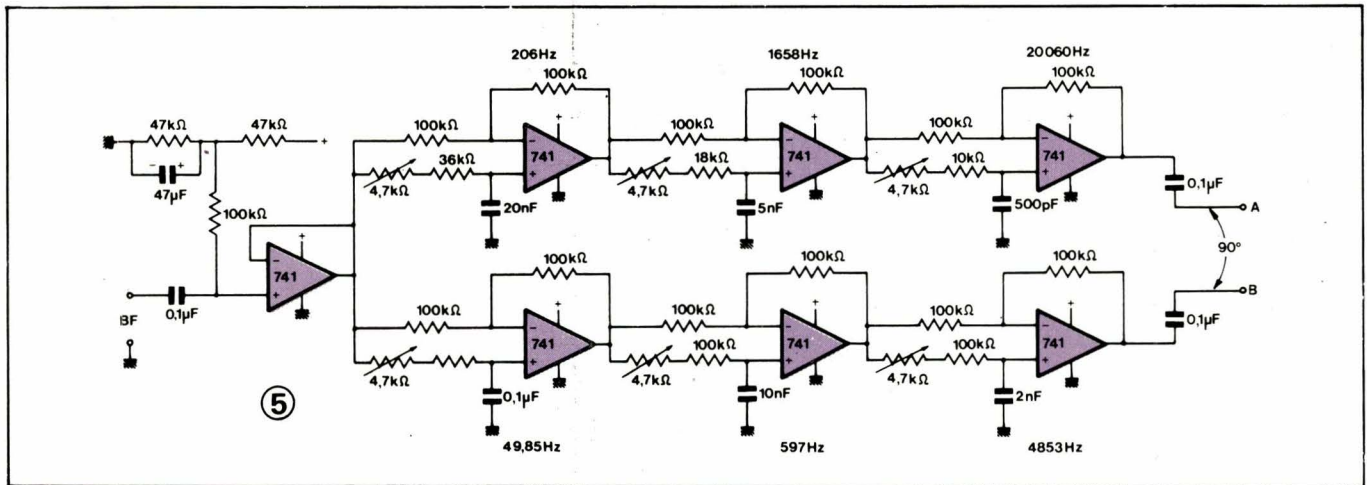
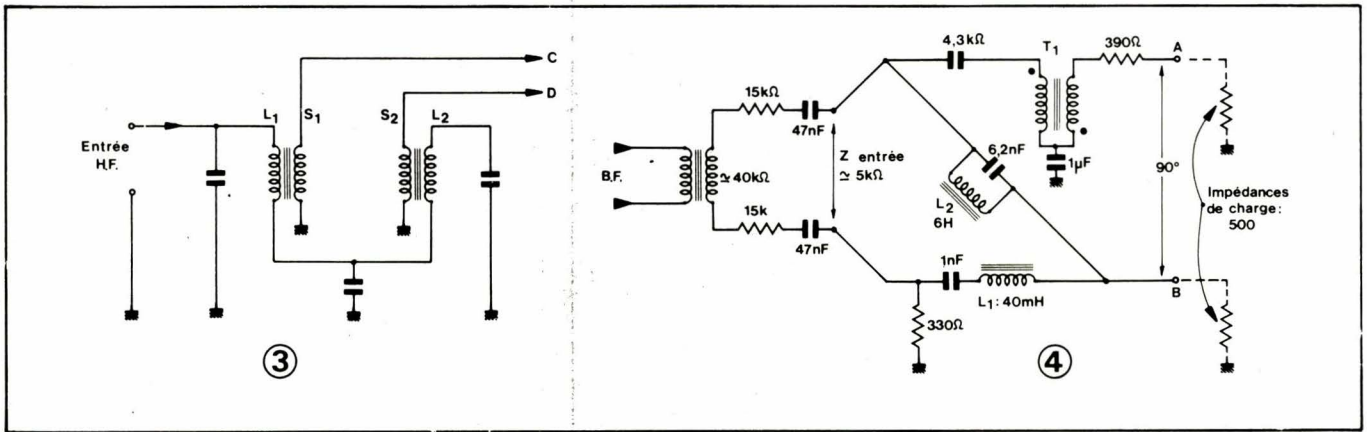


Fig. 29. - Diagramme phase/fréquence d'un réseau déphaseur commercial de hautes performances.

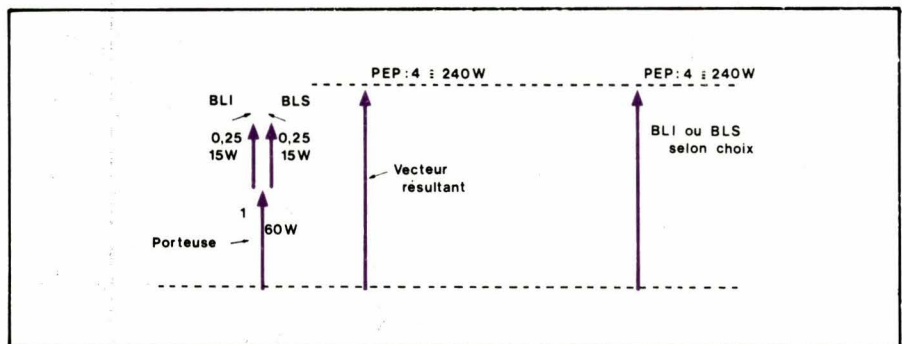


Fig. 30. - Comparaison A.M./S.S.B. à puissances P.E.P. égales, grâce aux représentations de Fresnel. A gauche, A.M. modulée à 100% (cas B de la fig. 6) ; à droite, S.S.B. à même puissance crête que l'A.M.

teur de battement (B.F.O) qui attaque un étage multiplicateur. Cet étage effectue le produit entre le signal reçu et la porteuse régénérée localement et restitue donc le signal basse-fréquence de modulation. Cet étage est par conséquent baptisé « détecteur de produit ».

On comprend la nécessité d'employer des émetteurs et des récepteurs à haute stabilité de fréquence. Tout décalage entre la fréquence de la porteuse et la fréquence du B.F.O. (au décalage de la valeur de la moyenne fréquence près dans le cas de la réception superhétérodyne) se traduit par une translation vers les fréquences supérieures ou vers les fréquences inférieures du spectre du signal basse fréquence détecté.

Les techniques actuelles permettent de s'affranchir de ces problèmes. Par ailleurs, il est toujours possible de transmettre quand-même une porteuse atténuée destinée à piloter un dispositif « phase lock » dans le récepteur.

5) Conclusions sur la B.L.U.

Comme la D.S.B., la B.L.U. permet de mieux exploiter les possibilités de l'étage final de l'émetteur qui n'a à transmettre que de l'information utile : la bande latérale choisie.

Si nous reprenons notre exemple, l'étage final capable de fournir en A.M. 240 watts en crête de modulation sans distorsion pourra fournir 240 watts en crête en B.L.U., totalement efficaces du point de vue télécommunication (voir fig. 30).

Côté émission, le gain théorique B.L.U./AM est donc :

$$10 \log 240/30 = 9 \text{ dB}$$

Par ailleurs, le spectre du signal émis est deux fois moins large que le spectre du signal A.M. ou d.s.b. correspondant. On peut donc réduire d'un facteur de la bande passante du récepteur, ce qui permet de gagner 3 dB sur le bruit. Ce faisant, si l'on écoute encore le signal A.M. pris comme référence (240 watts pep), on constaterait une diminution du niveau B.F. détecté de -3 dB (on ne reçoit plus alors qu'une des deux bandes latérales).

Le gain global B.L.U./A.M., sur tout le canal de communication est donc 9 dB + 3 dB - 3 dB = 9 dB

$$\text{B.L.U.} = +9 \text{ dB... !}$$

Pour obtenir ces 9 dB, il faudrait utiliser un émetteur A.M. huit fois plus puissant ! En fait, on considère le chiffre de 8 dB puisque, comme pour la D.S.B., les circuits amplificateurs de puissance, du type linéaire, ont un moins bon rendement que les étapes classe C utilisables en A.M.

Le tableau de la figure 5 résume totalement la comparaison que nous venons de faire pas à pas.

Signalons un troisième avantage de la B.L.U., corollaire du précédent : la B.L.U. est beaucoup moins sensible que l'A.M. aux distorsions dues aux phénomènes de propagation (« fading » sélectif par exemple).

En résumé :

- La B.L.U. permet globalement 8 dB de gain par rapport à l'A.M. (gain établi en prenant comme base l'égalité des puissances crête).
- La B.L.U. permet un gain de 50 % de largeur du spectre du signal émis.
- La B.L.U. suppose l'emploi de procédés de réception assez élaborés mais est moins sensible que l'A.M. aux distorsions de propagation (fading, « multipath », etc.).

Conclusion

Malgré notre long exposé, il y aurait encore énormément à dire sur la B.L.U. : les filtres à quartz ou les filtres mécaniques pourraient à eux seuls constituer des sujets d'articles. Nous espérons avoir intéressé le lecteur et répondu aux questions « pourquoi » et « comment » la B.L.U. ?

Nous pensons consacrer un prochain article à la description d'une « 3^e méthode » d'obtention de la B.L.U., différente du filtrage et du phasing ainsi qu'à l'exposé de procédés dérivés, plus ou moins complexes actuellement en cours d'élaboration.

L'auteur se tient à la disposition des lecteurs pour leur fournir tout renseignement complémentaire.

D. HEYDEN

UN OUVRAGE UNIQUE DIFFUSÉ EN FRANCE PAR **E.T.S.F.**

HENRI
LILÉN
ET
PIERRE
MORVAN

MICRO-INFORMATIQUE MICRO-ELECTRONIQUE DICTIONNAIRE DE DEFINITIONS AVEC LEXIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS

MICRO-INFORMATIQUE
MICRO-ELECTRONIQUE
dictionnaire de définitions
avec lexique anglais-français

PRIX
92^F

Le dictionnaire
que vous attendiez
en français

S'inspirant de l'ouvrage « MICROCOMPUTERS and MICROELECTRONICS Dictionary and Guide » mais tenant compte des acquis de la langue française et de la législation, ce dictionnaire en français regroupe environ un millier de mots, sigles et expressions utilisés en micro-électronique et en micro-informatique, avec leurs définitions françaises et leur traduction (français-anglais). Il comporte également un lexique de rappel anglais-français. Nombreux sont les mots, sigles ou expressions qui y figurent et que l'on ne trouvera dans aucun autre dictionnaire publié à ce jour. 352 pages. Format 13,5 x 21.

En vente chez votre libraire habituel ou à la
LIBRAIRIE PARISIENNE DE LA RADIO
43, rue de Dunkerque - 75010 Paris

(Aucun envoi contre remboursement. Ajouter 15% pour frais d'envoi à la commande. En port recommandé + 3 F).

Pistolet Soudeur



MINI-30 ENGEL

30 watts 220 volts
bi-tension 110/220 volts

Longueur : 250 mm (sans panne : 180 mm)
Largeur : 24 mm - Hauteur : 26 mm.

Modèle 60 W - Modèle 100 W

Pistolet soudeur

à transformateur incorporé, basse tension de sortie 0,4V.

Contrôle de fonctionnement à voyant lumineux.

Indispensable pour les travaux fins de soudage. Sécurité des circuits et des composants (0,4 volts). Fin, robuste, précis, rapide, économique et c'est un soudeur ENGEL.

en vente chez vos grossistes

Renseignements : **DUVAUCHEL**

3 bis, rue Castérès 92110 CLICHY Tél. 737.14.90

RAPY