SOURCES DE BRUIT A GRANDE PUISSANCE

J. Arnaud + M. Progent ++ W. Sobotka ++ L. Teyssier ++

0. SOMMAIRE

Au cours de ces dernières années, la C.S.F. a développé une nouvelle classe de tubes hyperfréquences : les générateurs de bruit de puissance.

Ces tubes ont une structure analogue aux tubes microondes classiques, mais ils ont été étudiés en vue de donner un niveau de bruit maximal. L'expérience a montré l'efficacité du brouillage anti-radar suceptible d'être obtenu avec de tels tubes, le signal se rapprochant en effet davantage du bruit gaussien classique que le signal fourni par un carcinotron modulé par du bruit. En outre, ces tubes ne nécessitent pas de modulation extérieure et de ce fait, utilisent une alimentation simple. Cet exposé sera limité aux générateurs du type à champs croisés.

1. INTRODUCTION

L'origine du bruit dans les sources de bruit à grande puissance réside dans l'émission thermoionique de la cathode, ce bruit est ensuite amplifié par le mécanisme classique d'interaction onde-faisceau. Nous définirons donc les principes du canon et ceux du circuit d'interaction. L'exposé se terminera par quelques résultats obtenus dans les bandes hyperfréquences variant de 200 MHz à 3400 MHz.

2. LE CANON

Il a été observé depuis de nombreuses années qu'un canon en champs électriques et magnétiques croisés peut délivrer un niveau de bruit très supérieur au bruit d'une diode classique s'il est correctement dimensionné. La Figure 1 donne l'aspect du canon qui comprend une cathode, une plaque accélératrice et une sole auxiliaire dont nous verrons le rôle un peu plus tard.

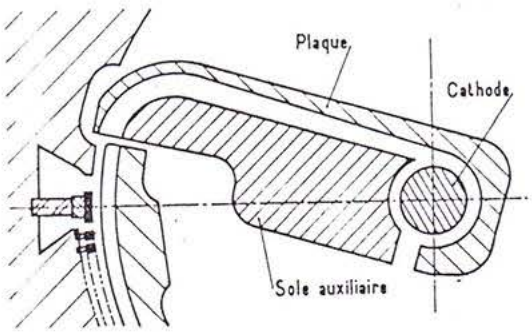

Fig.1 _ Canon des sources de bruit à champs croisés.

Le canon par lui-même peut présenter des résonances et des oscillations par suite des résistances négatives dues aux courants de sole auxiliaire et de plaque accélératrice. Ces phénomènes parasites peuvent être éliminés, si la longueur de la cathode dans la direction de la vitesse électronique est assez grande ou si le champ magnétique est assez élevé, le facteur critique paraissant être le

+ BELL Telephone Laboratories - Holmdel - New-Jersey.

++ C.S.F. Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil - Centre de Physique Electronique et Corpusculaire - Domaine de Corbeville - 91 Orsay - FRANCE.

nombre de cycloïdes le long de la cathode. Le bruit anormal apparaît pour une longueur voisine d'une demi cycloïde, mais un bruit intense, régulier, à large bande et libre de toute oscillation parasite ne peut être obtenu qu'avec une longueur d'une dizaine de cycloïdes. Dans le cas de tubes basse fréquence, on peut réduire le diamètre de la cathode, en créant un champ magnétique dans le canon plus intense que dans l'espace d'interaction. Remarquons enfin que la nature de la cathode ne paraît pas jouer un rôle essentiel, son choix étant déterminé par des considérations technologiques car la cathode - de même que les autres électrodes - est soumise à un bombardement intense dû à la présence même du bruit. Ainsi une cathode imprégnée de 6 mm de diamètre et de 20 mm de large peut fournir un faisceau bruyant de 5 kW continu, de façon stable, tandis qu'au niveau de 500 W, une cathode à oxyde peut être utilisée.

3. LE CIRCUIT D'INTERACTION

Le circuit d'interaction est en général dispersif, afin que la bande de fréquence dans laquelle le bruit est amplifié puisse être modifiée en faisant varier la tension sole-masse, le champ magnétique restant fixe. La bande de bruit amplifié obtenue pour des tensions fixées est en fait voisine de la bande d'amplification de l'amplificateur à champs croisés équivalent; le bruit fourni par le canon ayant un spectre de fréquence beaucoup plus large. Cette bande de bruit amplifié correspond à une variation de taux de retard de ± 5 %. L'expérience a montré que l'accord électronique de ces tubes par la tension sole-cathode seule permet d'obtenir une puissance de sortie presque constante, l'accord électronique pouvant être égal à 4 fois la bande de bruit.

Les problèmes de poids et d'encombrement constituent également un aspect essentiel compte-tenu de l'application principale de ces générateurs de bruit. Dans ce sens, l'utilisation de structures supportées par un diélectrique bon conducteur de la chaleur, l'oxyde de béryllium, a permis de réaliser des tubes beaucoup plus légers que ne l'auraient permis les circuits classiques.

Aux basses fréquences, la largeur du circuit et l'entrefer sont considérablement réduits par l'emploi de circuits à constantes localisées. Le problème des pertes et de la régularité devient alors important, en particulier dans les circuits dispersifs permettant d'obtenir de grandes densités de puissance. La figure 2 indique la dispersion théorique d'une structure utilisée dans les générateurs de bruit à bande étroite. Les problèmes d'adaptation à la sortie et d'absorption à l'entrée sont un peu plus difficiles à résoudre que pour les circuits classiques, en raison de l'impédance élevée du circuit (300 ohms environ). Plusieurs cellules d'adaptation sont parfois nécessaires.

Aux fréquences élevées, la ligne à retard est constituée par une structure en méandre supportée par des barrettes d'oxyde de béryllium. La Figure 3 montre la dispersion du méandre. Les problèmes d'adaptation et d'absorption évoqués ci-dessus sont résolus d'une façon classique puisque l'impédance du circuit est

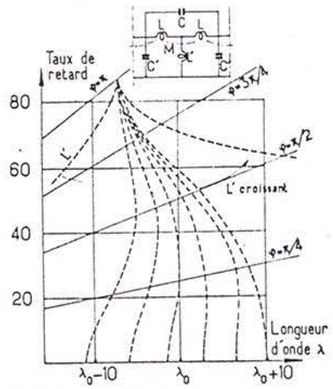

Fig.2_Dispersion d'un circuit à constantes localisées.

normale et que, de plus, il existe une absorption à l'entrée extérieure au tube.

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

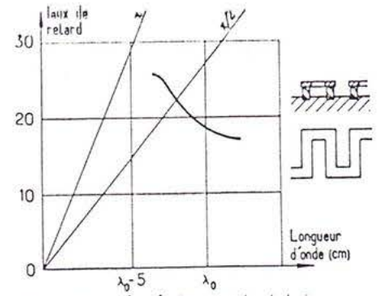

Fig.3_Dispersion d'un méandre pour tube de bruit.

Le premier tube générateur de bruit à grande puissance a été réalisé dans les laboratoires de la C.S.F. en 1963 autour de 300 MHz. Depuis, d'autres tubes ont permis de couvrir le domaine hyperfréquence jusqu'à la bande S. La régularité du spectre de bruit est un facteur essentiel car l'efficacité du brouillage dans une bande déterminée est liée à la densité de puissance minimale dans cette bande. Le spectre idéal serait donc de forme rectangulaire, (figure 4); cette forme peut être atteinte approximativement dans le cas de carcinotrons modulés en fréquence par la superposition d'un bruit gaussien et d'un signal sinusoïdal. Dans le cas de générateurs de bruit, le spectre a généralement une forme en cloche (figure 5) à laquelle se superposent des variations rapides. La forme en cloche paraît inévitable. Par contre, les études faites ont permis de réduire dans la plupart des cas les variations rapides aux environs de 1 dB. Ces variations sont dûes principalement à l'action de la haute fréquence sur le canon; le rayonnement direct de la sortie H F sur le canon a été rendu négligeable par un blindage entourant soit le canon (basse fréquence), soit la sortie elle-même (bande S) et par l'introduction dans les deux cas d'une sole auxiliaire indépendante de la sole. Les réflexions aux extrémités du circuit peuvent également jouer un rôle; cependant, une charge ayant un T O S aussi élevé que 2 n'entraîne pas de variations excessives. Une amélioration supplémentaire de la stabilité a été obtenue en insérant des atténuations d'une vingtaine de décibels directement sur les connexions continues et hors de l'enceinte à vide, cette atténuation évitant tout effet des connexions sur la forme du spectre.

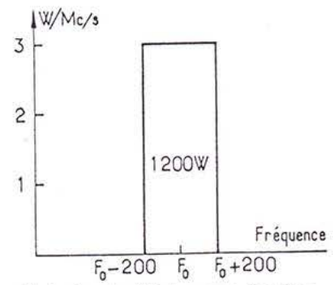

Fig.4_Spectre idéal pour un brouillage éfficace.

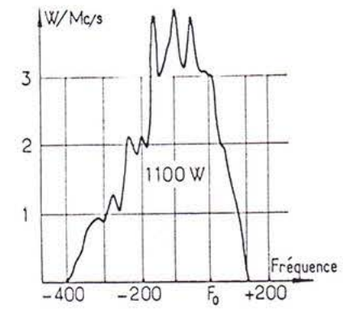

Fig.5_Spectre "en cloche"

Au point de vue rendement, l'interaction en champs croisés avec une onde directe permet d'obtenir la valeur typique de 30 %. Il s'agit là du rendement moyen. Le bruit étant modulé en amplitude, le rendement crête est de l'ordre de 70 %.

Quelques chiffres permettent de préciser les performances obtenues actuellement.

Bande	Largeur du spectre (tensions fixes) %	Largeur du spectre (variation de tension sole) %	Puissance continue minimum dans la bande Watts	Poids (aimant inclus) Kg	Diamètre maximum cm	Rendement minimum %
VHF	60	120	40	3	12	10
UHF	10	100	100	2	12	30
UHF	5	fréquence fixe	100	1,5	12	30
UHF	3	12	100	1,5	12	30
L	10	60	100	2	12	15
S	10	45	1000	6	18	20

5. CONCLUSIONS

Les développements effectués ces dernières années ont abouti à la réalisation de générateurs de bruit de puissance répondant à des conditions sévères de poids et d'environnement. Le principe de l'injection du faisceau dans l'espace d'interaction caractéristique de cette classe de générateurs de bruit à champs croisés a permis d'analyser les différentes sources d'instabilité et d'y porter remède. Grâce à l'emploi d'oxyde de béryllium dans le circuit à retard, le poids du tube est minimal et ne dépend pratiquement que de la puissance requise de 200 MHz à 4000 MHz environ 1 Kg pour 100 Watts continu, 6 Kg pour 1 kW continu.