

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 10 (1957)  
**Heft:** 6: Colloque Ampère

**Artikel:** Atténuateur coaxial à ferrite à commande électronique pour la bande S  
: application à un asservissement de puissance  
**Autor:** Munier, J. / Sermet, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-738772>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Atténuateur coaxial à ferrite à commande électronique pour la bande S Application à un asservissement de puissance**

par J. MUNIER et P. SERMET

Laboratoire de Haute-Fréquence, Faculté des Sciences de Grenoble

---

## 1. RÉGULATION ET ASSERVISSEMENT DE PUISSANCE EN HYPERFRÉQUENCES.

Il n'existait pas, jusqu'ici, d'autre procédé de régulation de la puissance de sortie des générateurs d'hyperfréquences, ou encore d'asservissement de cette puissance à toute autre grandeur, que celui qui consiste à agir sur l'une des tensions d'alimentation du tube oscillateur. Nous n'insisterons pas sur ses inconvénients évidents.

Le problème ne peut être résolu de manière vraiment satisfaisante qu'au moyen d'un *atténuateur à commande électronique*, qui pourrait même avantageusement présenter, dans certains cas, des propriétés de non-réciprocité.

Th. Miller<sup>1</sup> décrivait en 1949 un atténuateur de ce type, pour guide d'onde 3 cm, à poudre de fer noyée dans du polystyrène et soumise à un champ magnétique statique de quelques kilogauss maximum. Une atténuation variable de 10 db à 20 db pouvait être obtenue par un contrôle électronique du courant de l'électro-aimant inducteur.

Toutefois, ce n'est que depuis l'utilisation des *ferrites* en hyperfréquences qu'il a été possible d'atteindre des performances intéressantes.

Divers systèmes ont été proposés, basés soit sur la variation d'absorption dans le ferrite en fonction de la composante du champ magnétique appliqué normale au champ magnétique HF, soit encore sur la rotation du plan de polarisation de l'onde, phénomènes liés à la résonance ferromagnétique des ferrites dans le domaine des micro-ondes hertziennes.

---

<sup>1</sup> *Journ. Appl. Phys.*, XX, 9 (sept. 1949), pp. 878-883.

## 2. L'ATTÉNUATEUR COAXIAL A FERRITE.

F. Reggia et R. W. Beatty<sup>2</sup> posaient, en 1953, le principe d'un atténuateur à ferrite de *type coaxial*, dans lequel l'atténuation est contrôlée par l'intermédiaire d'un champ magnétique statique appliqué transversalement à la direction de propagation sur la ligne.

Les résultats de mesures obtenus par les auteurs sur un assez grand nombre de matériaux tels que poudres de fer agglomérées et ferrites-céramiques mettent en évidence l'intérêt de ce genre d'atténuateur *pour la bande S*.

En nous basant sur ce principe, nous avons expérimenté, dès 1955, un certain nombre de matériaux en vue de réaliser un atténuateur susceptible d'être utilisé dans un asservissement de puissance. Un de nos premiers résultats a été signalé dans une communication présentée par J. Benoit<sup>3</sup>.

Rappelons tout d'abord que l'atténuation subie par une onde plane à l'intérieur d'un échantillon de ferrite de longueur donnée varie généralement en fonction du champ magnétique statique transversal appliqué selon une loi dont l'allure est indiquée figure 1, où l'on a représenté la fonction pour diverses valeurs de la fréquence dans un cas typique.

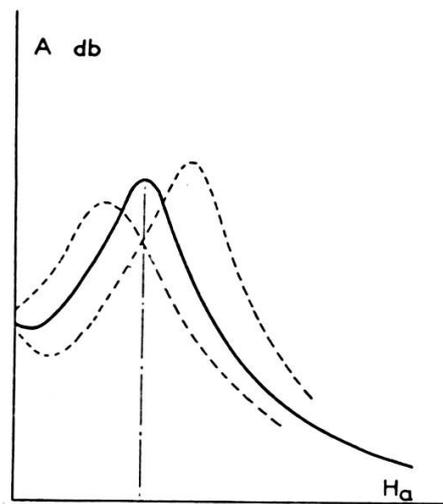


Fig. 1.

On sait que le maximum d'absorption dans le milieu ferro-magnétique se produit, à une fréquence donnée, pour une valeur déterminée du champ statique *interne*  $H_0$ ; c'est le phénomène de résonance ferro-magnétique.

<sup>2</sup> *Proc. I.R.E.*, vol. 41, Jan. 1953, pp. 93-100.

<sup>3</sup> *Onde électrique*, juin 1956, pp. 499-507.

En pratique, le champ interne résulte de la composition du champ appliqué  $H_a$ , du champ d'anisotropie cristalline et du champ démagnétisant. Il est possible notamment que le champ interne, pour un champ appliqué nul, soit déjà supérieur à la valeur  $H_0$ ; ceci peut se produire en particulier aux fréquences basses du domaine des micro-ondes, où l'on ne pourra donc observer le maximum de la courbe de résonance.

Il en résulte que, dans la bande S, on ne peut guère espérer utiliser que la partie à *pente négative* de la fonction, le maximum d'absorption se produisant en général pour des valeurs assez faibles du champ appliqué et l'atténuation à champ nul étant toujours assez élevée.

Le problème consiste donc à trouver un matériau qui, d'une part, présente un phénomène de résonance marquée, de manière à obtenir une gamme étendue d'atténuation, d'autre part, entre en résonance pour un champ appliqué voisin de zéro.

La figure 2 représente la courbe d'étalonnage en décibels, en fonction du courant continu magnétisant, de l'atténuateur que nous avons mis au point pour la bande 8 cm.

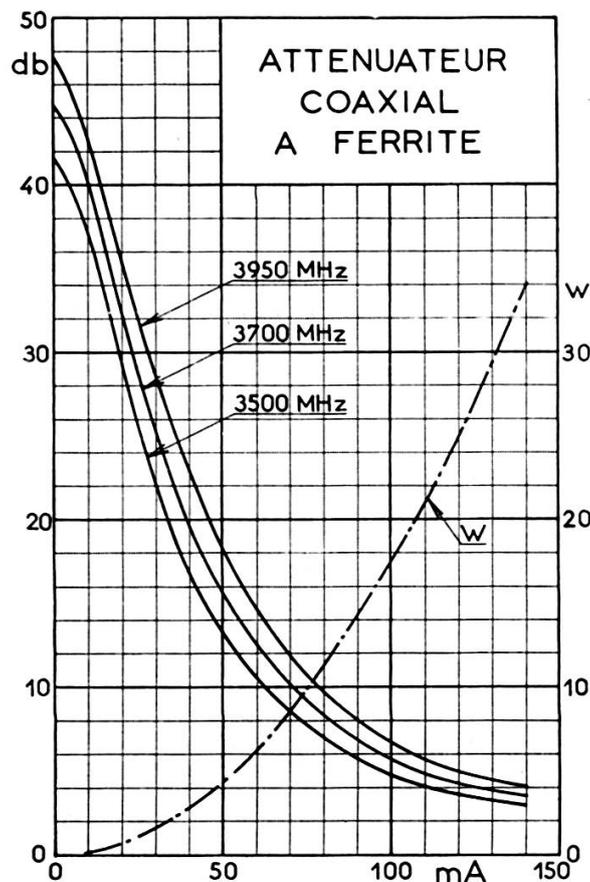


Fig. 2.

La ligne coaxiale employée a un diamètre externe de 9 mm et présente une impédance caractéristique dans l'air de 50 ohms (diamètres des conducteurs: 7,4 et 3,2 mm). Elle est engagée entre les pôles d'un petit électro-aimant qui épousent sa forme. L'échantillon de ferrite remplit la ligne sur une longueur de 44 mm; il est en entier soumis au champ statique, les pièces polaires ayant une longueur de 48 mm. Le matériau est un ferrite de fer, nickel et zinc en poudre frittée à 1200°, noyée à fort pourcentage dans la paraffine et comprimée à 1,5 T/cm<sup>2</sup>.

La gamme d'atténuation réalisable avec cet appareil est assez étendue, puisqu'elle couvre de 3,5 à 45 db en moyenne.

Les caractéristiques de l'électro-aimant sont les suivantes:

amp. tours max.: 3300;

induction max. dans l'entrefer: 0,37 weber/m<sup>2</sup> sans échantillon de ferrite, 0,4 weber/m<sup>2</sup> environ, avec échantillon;

densité de courant max. dans les bobines: 3,3 A/mm<sup>2</sup>;

puissance dissipée max.: 34 w;

constante de temps: 14 msec.

La résistance totale de l'enroulement a été choisie égale à 1750 ohms; le courant maximum nécessaire est alors de 140 mA et peut être fourni par deux pentodes de 12 W.

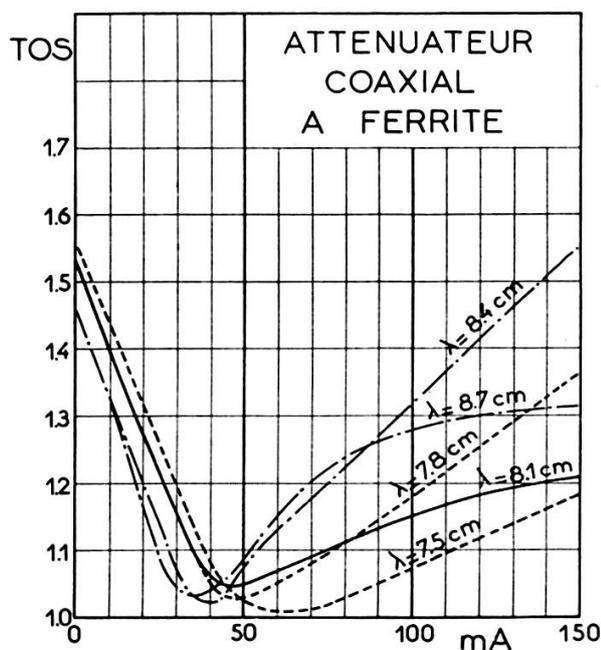


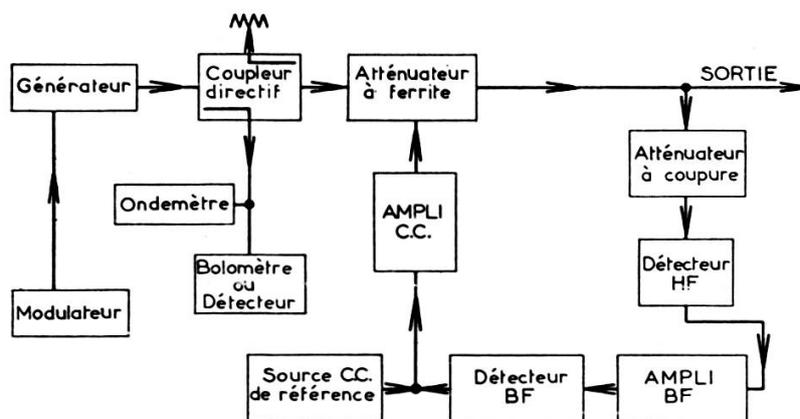
Fig. 3.

Enfin il importait d'adapter au mieux les impédances d'entrée et de sortie du tronçon de ligne à ferrite, car le T.O.S. sans adaptation est compris entre 2,1 et 2,5. La difficulté réside en ce que cette impédance varie sensiblement avec le champ magnétisant et avec la fréquence. On ne pouvait donc guère espérer réaliser qu'une adaptation moyenne: les courbes de T.O.S. de la figure 3 montrent les résultats obtenus à diverses fréquences après adjonction à chaque extrémité de l'échantillon de ferrite d'un transformateur quart-d'onde (en l'occurrence un élément de ligne composite, partiellement rempli d'ébonite).

Notons enfin que l'échantillon de ferrite a supporté pendant plus de cent heures une puissance HF de 3 watts sans que les caractéristiques de l'appareil s'en trouvent modifiées.

### 3. APPLICATION A UN ASSERVISSEMENT DE PUISSANCE.

La figure 4 représente le montage que nous avons réalisé au moyen de l'atténuateur à ferrite à commande électronique.



Générateur avec moniteur de puissance et atténuateur asservi

Fig. 4.

Le problème consistait, d'une part à réguler la puissance du signal délivré par un klystron de 3 watts, d'autre part à obtenir des atténuations étalonnées variables, dans une gamme de 40 db, avec une atténuation d'insertion de quelques décibels seulement.

Pour ce faire, l'atténuation  $A$  introduite directement sur le feeder de sortie par l'atténuateur à ferrite est asservie à l'atténuation  $A_0$  affichée sur

un atténuateur de précision à coupure (linéaire en db), couplé lâchement au feeder. Cet asservissement est tel que la somme  $A + A_0$  soit constante.

A cette fin, l'amplificateur C.C. qui contrôle l'atténuateur à ferrite est commandé par *le signal d'erreur* résultant de la comparaison d'une tension continue proportionnelle au signal détecté à la sortie de l'atténuateur étalon avec une tension continue de référence.

Les performances que nous avons obtenues sont les suivantes:

pente de la caractéristique de commande de grille de l'amplificateur à C.C.: 6 db/volt;

taux de régulation de la puissance: supérieur à 70;

précision de l'asservissement: écart de 0,55 db sur  $A + A_0$  pour une variation de 40 db de  $A_0$ .

On remarquera que le système, outre qu'il régule la puissance de sortie, cumule les avantages d'un atténuateur à coupure (précision et linéarité en db) et ceux d'un atténuateur du type dissipatif (faible atténuation d'insertion, bonne adaptation, dissipation de puissance éventuellement élevée).

En version guide d'onde, on peut en outre envisager de lui conférer des propriétés de non-réciprocité et le transformer en élément unidirectionnel présentant une atténuation constante dans un sens, variable dans l'autre.

---