Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 13 (1960)
Heft: 9: Colloque Ampère

Artikel: Amélioration de la sensibilité des spectromètres video par réduction du bruit de fond

Autor: Gozzini, A. / Iannuzzi, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738568

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

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

Amélioration de la sensibilité des spectromètres video par réduction du bruit de fond

par A. Gozzini et M. Iannuzzi

Istituto di Fisica dell' Università, Pisa

---

1. La sensibilité du simple spectromètre video a été traitée par plusieurs auteurs, en raison de l'intérêt que ce type de spectromètre présente du fait de sa simplicité et du fait qu'il donne directement sur l'écran d'un oscilloscope la reproduction fidèle de la courbe d'absorption.

Le plus petit coefficient d'absorption détectable résulte de

$$\alpha_{gas}\,(\min) = 2\,e\alpha_0 \sqrt{\frac{2\,k\,T\,\Delta\nu\,F}{P_0}} \qquad (1)$$

où α_0 est le coefficient d'absorption de la cellule d'absorption, P_0 la puissance envoyée dans la cellule, $\Delta\nu$ la bande de l'amplificateur connecté au cristal, F le facteur de bruit du système cristal-amplificateur. On a négligé le bruit de la source de radiation, il est en général négligeable par rapport au bruit engendré par le processus de rectification et amplification. Pour un bon spectromètre video, dans la bande K, F est de l'ordre de 1000, et la sensibilité résultant est de l'ordre de 10^{-7} cm^{-1}.

Considérons le spectromètre dont le schéma est donné en figure 1.

L'énergie micro-onde délivrée par un klystron est partagée entre N cellules d'absorption identiques, de longueur optimum, chacune terminée par un cristal accordé suivi d'un amplificateur basse fréquence. Chaque système: cellule d'absorption-cristal-amplificateur, constitue un spectromètre video. Le spectromètre est donc constitué par N spectromètres video identiques, alimentés par le même oscillateur.

La tension à la sortie du $i^{ème}$ amplificateur sera

$$V_i = V_{si} + V_{ni}$$

V_s étant la tension de signal, V_n la tension de bruit engendré par le $i^{ème}$ système cristal-amplificateur.

Les sorties de tous les amplificateurs sont amenées aux entrées d'un circuit « de somme », dont la sortie est une tension proportionnelle à la somme des tensions aux entrées.

On a donc pour la tension finale

$$V = k\,(\Sigma\, V_s + \Sigma\, V_n)\ .$$

Les systèmes étant égaux, on a:

$$\Sigma\, V_s = NV_s\ ; \qquad \overline{\Sigma\, V_n} = \sqrt{N}\ \overline{V}_n$$

les V_n étant des fonctions aléatoires indépendantes.

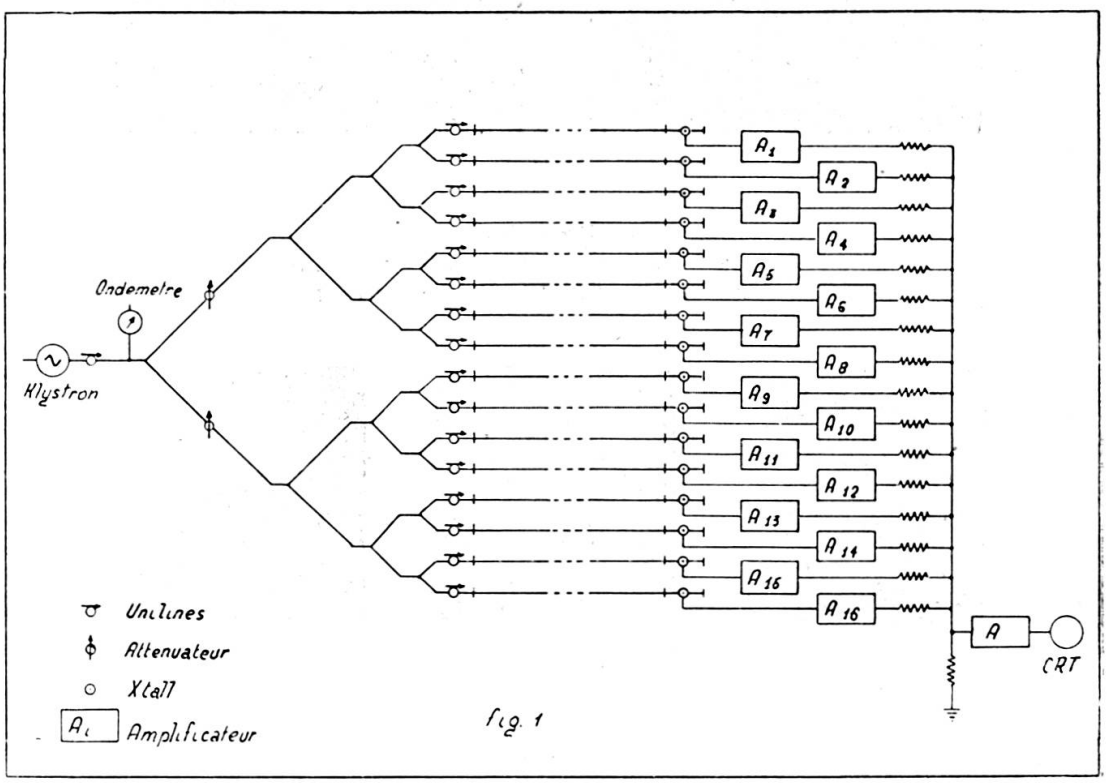
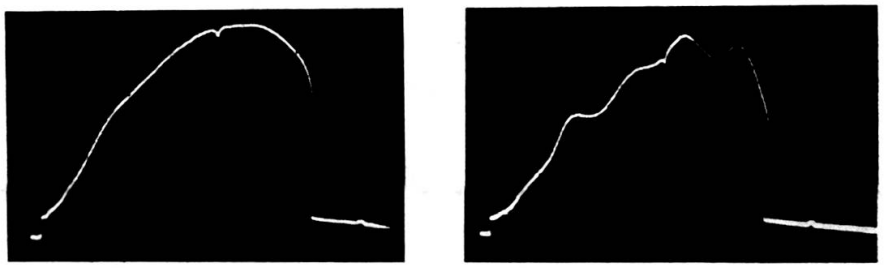


fig. 1

On a obtenu ainsi une amélioration du rapport signal/bruit de $N^{1/2}$.

2. De (1) on déduit que l'on peut augmenter la sensibilité d'un spectromètre video en réduisant α_0 et en augmentant P_0. Si la cellule d'absorption est très surdimensionnée par rapport à la longueur d'onde à laquelle on travaille, on réalise les deux conditions, car l'absorption du guide diminue (et on peut utiliser des cellules plus longues), et la densité de l'énergie qui se propage dans le gaz diminue aussi (et on peut utiliser des puissances plus élevées sans avoir saturation).

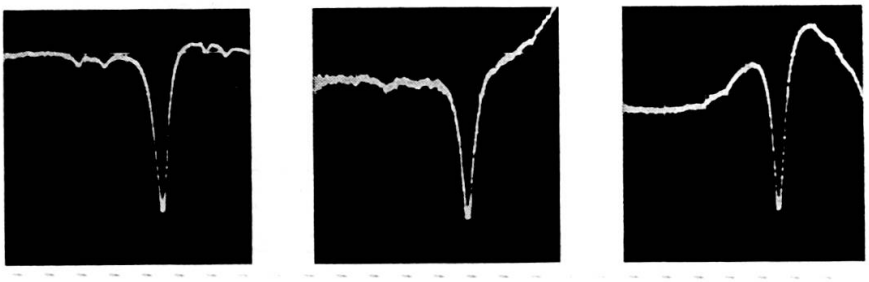
En pratique, à cause des réflexions inévitables, une longue cellule d'absorption se comporte comme une cavité, qui résonne aux fréquences qui satisfont à la relation $n\lambda g = 2l$, l étant la longueur de la cellule et λg la longueur d'onde dans le guide. Si la cellule est longue et son absorption faible, les fréquences de résonance sont très voisines et aigues, et on ne peut pas observer les résonances du gaz.



a) *b)*

Fig. 2.

Mode du klystron:
a) Observé à la sortie du circuit de somme;
b) Observé à la sortie d'un amplificateur.



a) *b)* *c)*

Fig. 3.

Une raie du spectre de NH_3:
a) Observée à la sortie du circuit de somme;
b), *c)* Observée à la sortie de deux amplificateurs.

Dans le spectromètre utilisant plusieurs cellules, on peut varier la position des résonances de chacune des cellules en variant sa longueur.

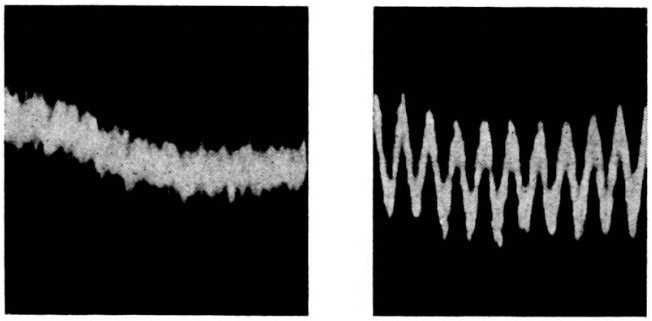
On peut ainsi obtenir l'interférence des résonances dans le circuit de somme et rendre le système apériodique aussi avec des cellules d'absorption très surdimensionnées.

2. *c)* On a réalisé un spectromètre du type décrit avec N = 16 et on a vérifié les considérations précédentes. A la sortie de chacun des amplifi-

cateurs, la puissance transmise dépend de la fréquence. A la sortie du circuit mélangeur, les résonances des guides sont presque éliminées et on a un rapport signal/bruit quatre fois meilleur (fig. 2 et 3).

3. *Conclusions.*

L'emploi de plusieurs cellules d'absorption et plusieurs détecteurs améliore considérablement les performances des spectromètres video. La même technique peut d'ailleurs être employée dans d'autres types de spectromètres. Dans le cas où la source de bruit réside essentiellement dans l'amplificateur basse fréquence (détection par bolomètres, par exemple), et où l'adaptation d'impédance entre la source et l'amplificateur n'est pas possible, on peut réaliser des amplificateurs basse fréquence à très faible bruit en constituant le premier étage de l'amplificateur de N amplificateurs indépendants dont on somme les sorties. La résistance équivalente d'un tel amplificateur est de $\frac{1}{N}$ celle du même système avec un seul amplificateur dans le premier étage. En réalisant le premier étage d'amplification avec les N tubes en parallèle, on doit, théoriquement, obtenir la même amélioration, car la transconductance du tube équivalent est N fois celle d'un tube. Pratiquement, on n'obtient pas d'amélioration en plaçant les tubes en parallèle, à cause des différences inévitables entre les différents tubes.



a) Fig. 4. *b)*

Dans la figure 4*b)* nous montrons un faible signal hyperfréquence, modulé à 500 cycles, détecté par un bolomètre suivi d'amplificateur. Le signal est détecté avec un amplificateur dont le premier étage est formé de 50 triodes (25 tubes 12AX7) constituant 50 amplificateurs indépendants, dont les sorties alimentent un circuit de somme à résistances.

La figure 4 *a)* montre le signal obtenu dans les mêmes conditions, mais avec une seule triode comme premier étage d'amplification.

Si on a le soin d'isoler mécaniquement les différents amplificateurs qui constituent le premier étage, on obtient aussi une presque totale élimination des effets microphoniques et une grande stabilité de l'amplificateur, car le système ne répond qu'aux signaux en phase.

DISCUSSION

M. Conard. — Le choix de 16 voies est-il limité seulement par des raisons financières ? N'y a-t-il pas d'autres raisons secondaires qui empêchent d'augmenter indifiniment le nombre de cellules montées en parallèle.

M. Gozzini. — En principe, le nombre des canaux est limité seulement par la puissance à disposition, mais, l'amélioration du rapport signal/bruit étant proportionel à la racine du nombre des canaux, il ne convient pas d'augmenter beaucoup ce nombre.

M. Jelenski. — Est-ce qu'on peut considérer dans le cas des différentes fréquences de résonance des canaux, les signaux à la sortie comme corrélés.

M. Gozzini. — La tension à la sortie du ime canal peut être représentée comme du bruit V_{in}, du signal dû au gaz V_{igaz} et du signal dû au guide V_{iguide}. Celles-ci ne dépendent que de la fréquence et, par conséquence, sont totalement correlées.

M. Tchao. — Le signal détecté pourrait-il être déformé par de légères différences d'impédance des guides et des circuits R C des B F en parallèle ?

M. Gozzini. — Au contraire les distorsions des différents canaux se compensent et on obtient une reproduction plus fidèle.

M. Sheridan. — In which way can be achieved the exact phase difference between the resonances on the various guides ?

M. Gozzini. — When only few cells are employed, the resonances of one cell can be shifted with respect that of another by changing the electrical length of a cell by means of a squeeze section. In the case of many cells the resonances are averaged in the mixing circuit, and thereby a reduction is produced, as in the case of the noise, even without regulating the lengths of the cells.