

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin technique de la Suisse romande
<b>Band:</b>	90 (1964)
<b>Heft:</b>	19: Association amicale des anciens élèves de l'École polytechnique de l'Université de Lausanne, Congrès mondial, Lausanne, 18-22 septembre 1964
<b>Artikel:</b>	Générateur de fonction aléatoire à très basses fréquences
<b>Autor:</b>	Eskinazi, M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-67005">https://doi.org/10.5169/seals-67005</a>

### **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:** 27.01.2026

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

une fréquence de travail élevée pour que cette impédance soit faible. D'autre part, la capacité  $C$  est avantageusement remplacée par un circuit résonant série compensant également la capacité interne des diodes.

Une adaptation optimum du circuit expérimental a été réalisée pour une résistance de charge  $R_L$  d'environ 180 ohms. (Tension continue d'entrée  $< 20$  mV; tension HF  $\sim 100$  à 130 mV à 1 MHz; température ambiante de 20°C.) Nous avons obtenu un gain de puissance maximum de 30 000, soit environ 45 db. On peut donc considérer ce dispositif comme un amplificateur paramétrique.

3.5 *Caractéristiques logarithmiques* : Le courant continu d'entrée variant pratiquement exponentiellement avec la tension d'entrée, on obtient une caractéristique tension de sortie-courant d'entrée logarithmique dans un domaine de 5 à 6 décades (fig. 2).

#### 4. Conclusions

Ce dispositif paramétrique présente de l'intérêt en raison de sa sensibilité aux très faibles courants continus et de sa très grande résistance d'entrée. Il présente une faible dérive de tension mais une relativement forte dérive de courant en fonction de la température. Cependant, l'apparition récente sur le marché de transistors à effet de champ, et particulièrement d'éléments à grille isolée, simplifiera probablement à l'avenir le problème de la réalisation d'électromètres transistorisés.

Ce travail a été effectué avec l'aide du Fonds national de la recherche scientifique.

## GÉNÉRATEUR DE FONCTION ALÉATOIRE A TRÈS BASSES FRÉQUENCES

par M. ESKINAZI, Chaire d'Electronique de l'EPUL

Nous avons construit un générateur de fonction aléatoire à très basses fréquences (0-20 Hz), dans le but d'étudier la réponse des servomécanismes à une excitation quelconque. Le principe utilisé s'inspire d'un article de Bennett & Fulton paru dans le *Journal of Applied Physics* en septembre 1951. Tout l'ensemble, à l'exception du thyratron, bien entendu, est transistorisé.

La figure 1 indique le schéma bloc de ce générateur.

La source de bruit est un tube à décharge gazeuse (thyratron alimenté en courant continu). Ce thyratron est placé dans un champ magnétique afin d'empêcher la création d'oscillations parasites.

Une solution que nous n'avons pas retenue consiste à amplifier directement la bande de fréquences produites entre 0-20 Hz. Plusieurs inconvénients s'opposent au choix de cette solution :

1. Le spectre de bruit entre 0-20 Hz n'est pas constant.
2. La valeur moyenne de la tension de décharge subit une dérive au cours du temps qui se traduirait par une valeur moyenne non nulle du signal de sortie.
3. Difficultés inhérentes à l'amplification des signaux de très basses fréquences, nécessitant l'emploi d'un amplificateur en courant continu.

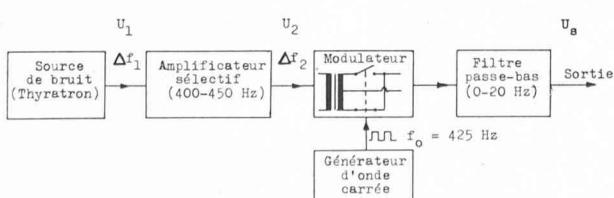


Fig. 1. — Schéma bloc du générateur de fonction aléatoire.

Ces inconvénients sont éliminés en adoptant le système décrit ci-dessous, qui utilise la partie du spectre située au-delà de 100 Hz. Dans cette région, le spectre peut être considéré comme constant. Cette méthode nous conduit à amplifier des signaux alternatifs, ce qui ne pose aucun problème particulier.

Nous avons choisi une bande de 50 Hz de large avec pour fréquence centrale  $f_0 = 425$  Hz. Dans ce but, nous avons employé un amplificateur dont la bande passante (400-450 Hz) est déterminée par trois circuits oscillants à accords décalés.

La tension efficace  $U_1$  du bruit à la sortie du thyratron et la tension efficace  $U_2$  à la sortie de l'amplificateur sélectif peuvent s'exprimer, en supposant que le spectre est constant, par les relations suivantes :

$$(1) \quad U_1 = K \sqrt{\Delta f_1}$$

$$(2) \quad U_2 = A \cdot K \sqrt{\Delta f_2}$$

$A$  = rapport d'amplification.

$\Delta f_1$  = largeur de bande du bruit à la sortie du thyratron shunté par des capacités à l'entrée de l'amplificateur sélectif.

$\Delta f_2$  = largeur de bande à la sortie de l'amplificateur.

De (1) et (2) on tire :

$$(3) \quad A = \frac{U_2}{U_1} \sqrt{\frac{\Delta f_1}{\Delta f_2}}$$

Pour  $U_1 = 7$  mV,  $U_2 = 5,6$  V,  $\Delta f_1 \cong 1000$  Hz,  $\Delta f_2 = 50$  Hz, nous devons avoir :  $A = 3500$ .

La bande passante de 50 Hz ainsi amplifiée est modulée (inversion périodique du signal) par un générateur d'onde carrée de fréquence  $f_0 = 425$  Hz. Il résulte à la sortie du modulateur une fonction dont le spectre contient les fréquences  $|2n+1|f_0 \pm f|$  ( $400 < f < 450$  Hz et  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ). Les

composantes qui nous intéressent sont celles de fréquences  $|f_o - f|$  comprises entre 0 et 25 Hz. Un filtre passe-bas les transmet à la sortie et élimine toutes les autres composantes. Le filtre passe-bas avant la sortie réduit la bande passante à environ 18 Hz.

Les circuits accordés de l'amplificateur sélectif, ainsi que celui du générateur d'onde carrée utilisent des selfs à coefficient de température positif et des capacités en polystyrène à coefficient de température négatif, ce qui nous donne une bonne stabilité de fréquence en fonction de la température.

Le modulateur est constitué de deux « interrupteurs » utilisant chacun deux transistors. L'onde carrée pour la commande du modulateur est un oscillateur à circuit accordé suivi d'un étage limiteur.

La courbe de réponse expérimentale du système en fonction de la fréquence est donnée dans la figure 2 ci-contre. Le spectre de la tension de bruit à l'entrée étant supposé constant, cette courbe caractérise aussi le spectre du signal de sortie.

Nous envisageons par la suite de déterminer expérimentalement la distribution de l'amplitude du signal produit et de vérifier son spectre. Les équipements nécessaires sont encore en voie de développement.

Ce travail a été effectué dans le cadre de travaux de recherches sur les servomécanismes entrepris grâce à l'aide du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

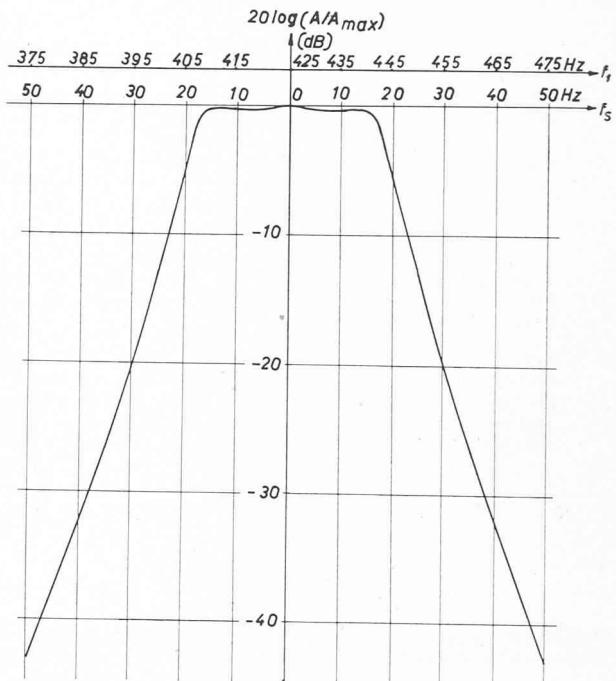


Fig. 2. — Courbe de réponse du générateur de fonction aléatoire.

$A = U_s/U_1$

$U_1$  = Tension à l'entrée de l'amplificateur sélectif.

$U_s$  = Tension à la sortie du filtre passe-bas.

$f_1$  = Fréquence d'entrée.

$f_s$  = Fréquence de sortie.

## DIVISEUR DE FRÉQUENCE À TRÈS FAIBLE CONSOMMATION DE PUISSANCE

par DANIEL MANGE, Chaire d'électronique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL)

### 1. Introduction

Il peut être intéressant dans certaines applications — tels la montre entièrement électronique ou les équipements de satellites — de disposer de circuits logiques à très faible consommation de puissance. C'est dans cet esprit qu'ont été étudiés les diviseurs de fréquence des deux types suivants :

1. Multivibrateur bistable classique ou flip-flop.
2. Diviseur de fréquence en anneau.

### 2. Multivibrateur bistable classique

#### 2.1 Généralités

Les piles miniatures qui seraient utilisées dans une montre fourniraient un courant de l'ordre de quelques  $\mu\text{A}$  sous une tension de 1 volt environ. Il s'ensuit qu'un diviseur unique devrait consommer un courant de quelques dixièmes de  $\mu\text{A}$ .

En choisissant  $V_{cc} = +1,5 \text{ V}$  et  $R_C = 10 \text{ M}\Omega$ , on détermine le courant maximum :

$$I_C \cong \frac{V_{cc}}{R_C} = 0,15 \mu\text{A}.$$

Cette valeur très basse de  $I_C$  implique l'emploi de transistors dont le gain  $h_{FE}$  est encore supérieur à l'unité dans ce domaine de courant, et dont le courant inverse  $I_{CBO}$  est extrêmement faible — de l'ordre de grandeur de quelques nA ; le transistor 2N1711, qui répond parfaitement à ces deux exigences, a donc été choisi pour ces essais.

La résistance de base  $R_B$  est indispensable pour assurer à l'état logique 1 (transistor bloqué) une valeur de  $u_s$  proche de celle de  $V_{cc}$  :  $u_{s1} \cong V_{cc}$ . Avec  $R_B = 44 \text{ M}\Omega$ , on obtient  $u_{s1} \cong 1,2 \text{ V}$ , tandis qu'avec  $R_B = 0$ , on aurait au collecteur de l'un des transistors la tension de base de l'autre, à savoir :  $u_{s1} \cong 0,4 \text{ V}$ . Cette valeur serait théoriquement assez grande pour différencier les deux états logiques 0 et 1 ; par contre — l'attaque d'un second diviseur étant obtenue par une liaison capacitive — il est indispensable d'avoir une différence de tension de l'ordre de grandeur du volt entre les deux états. On choisira donc définitivement :  $R_B = 44 \text{ M}\Omega$ .

#### 2.2 Commande par les collecteurs

Ce dispositif de commande — illustré par la figure 1 — montre l'attaque du diviseur par des impulsions dirigées