

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 28 (1955)
Heft: II-III

Artikel: Diviseur de fréquence à la large Bande
Autor: Favre, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-112606>

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: 15.03.2025

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

Diviseur de fréquence à la large Bande

par **R. Favre** (Lausanne).

(26 II 1955.)

Sommaire. Constitué d'un tube à émission secondaire générateur d'impulsions cathodiques et d'un tube de charge, le dispositif décrit se caractérise par la gamme de fréquences utiles s'étalant pratiquement de 0 à 25 MC, par la précision des impulsions de sortie dont le temps de montée n'excède pas 20 m μ sec quelle que soit la fréquence, par sa faible consommation, inférieure à 1 mA par décade jusqu'à 1 MC et proportionnelle à la fréquence au-delà de cette valeur et enfin par sa simplicité.

1. Introduction.

Cet article est le premier que nous consacrons à l'une des nombreuses applications du tube à émission secondaire utilisé comme générateur d'impulsions cathodiques¹). Nous avons signalé la possibilité d'accumuler sur le circuit cathodique d'un tube à émission secondaire des groupes d'un certain nombre d'impulsions dont la dernière de chacun d'eux déclenche une réaction régénératrice de décharge. Comme il l'a été fait par d'autres moyens²), cette propriété peut être appliquée à réduire une fréquence primaire en mettant à profit l'extrême rapidité de la réaction et la souplesse du dispositif.

2. Diviseur à haute fréquence.

Cette catégorie comprend la bande de fréquences primaires de 1 à 25 MC. Le circuit fondamental (¹), fig. 3) ne se distingue pas essentiellement d'une forme de générateur d'impulsions cathodiques¹). La fréquence primaire est appliquée à la grille de commande du tube de charge (T1) sur l'anode duquel elle donne lieu à une succession d'impulsions de courant dont l'amplitude peut être ajustée par un potentiomètre de grille écran. Le condensateur d'accumulation, chargeant le circuit cathodique du tube à émission secondaire (T2), se réduit aux capacités parasites des électrodes intéressées et du câblage.

Pour être complet, rappelons succinctement le fonctionnement :

Les impulsions de courant chargent le circuit cathodique du tube à émission secondaire (T2) jusqu'au cut-off selon une courbe en

escalier. L'apparition d'un courant anodique déclenche alors la réaction régénératrice du tube à émission secondaire, réaction selon laquelle le potentiel de dynode s'élève brusquement, sous l'effet du courant secondaire, entraînant, par l'intermédiaire de la grille de commande, un intense courant cathodique. Pour la dynode et la grille de commande, ce front positif est immédiatement suivi d'un retour à la tension initiale sous l'action du courant de rappel d'une self de quelques μh , amortie par une faible résistance ⁽¹⁾, fig. 4d).

La durée totale de réaction cathodique n'excède pas 30 $\text{m}\mu$ sec. Cette valeur limite à environ 25 MC la fréquence primaire maximum. La dissipation d'énergie sur les électrodes et le courant cathodique moyen, fixent d'autre part la fréquence maximum des réactions à environ 5 MC en régime continu. Pour la sécurité du fonctionnement, il est convenable de limiter à 5 le nombre d'impulsions primaires par cycle. La fréquence maximum est donc à ce point de vue également de 25 MC environ.

Les impulsions de fréquence réduite peuvent être obtenues sur la cathode ou sur la dynode. Elles serviront, au besoin, à l'attaque d'un étage suivant.

La consommation de courant des étages à haute fréquence est proportionnelle à la fréquence des réactions, à leur amplitude et à la capacité de charge cathodique du tube à émission secondaire.

3. Diviseur à basse fréquence.

En raison des inévitables fuites de courant, notamment entre la cathode et l'organe de chauffage, le dispositif précédemment exposé n'est applicable, au-dessous de 1 MC, qu'en augmentant la capacité cathodique du tube à émission secondaire. En d'autres termes, le courant utile doit rester élevé par rapport au courant de fuite. Cette condition est convenablement satisfaite par un courant utile de 100 à 200 μA .

La capacité cathodique supplémentaire ou «condensateur d'accumulation» ne saurait être relié directement à la masse sans compromettre la rapidité du front positif de réaction. Cette capacité est donc placée en série avec une impédance, réduite en général à une résistance pure de 3 à 4 $\text{K}\Omega$. Cette disposition exclut, pour des raisons évidentes, la charge impulsive appliquée dans le diviseur à haute fréquence. Il faut utiliser ici un système de charge continue, les réactions étant synchronisées par les impulsions de fréquence primaire.

Le retour de la dynode à sa tension de polarisation peut s'effectuer dans un délai beaucoup plus long que précédemment ce qui

autorise une impédance de rappel élevée d'où une amplitude accrue des impulsions.

La durée de la réaction ne se limite pas à celle du front positif mais se prolonge jusqu'à la décharge complète du condensateur d'accumulation à travers l'impédance additionnelle. Des précautions particulières doivent être prises pour éviter un «glissement» exagéré de la tension de grille par rapport à celle de dynode au cours de cette réaction prolongée.

Dans le dispositif schématisé par la figure 1, la polarisation des électrodes est assurée sous une impédance élevée par une chaîne

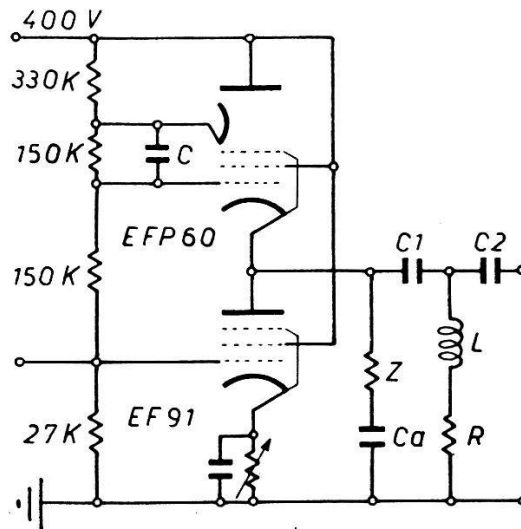


Fig. 1.

Diviseur basse fréquence.

potentiométrique d'un débit inférieur à 1 mA. Cette manière d'opérer introduit un couplage continu entre la dynode et la grille de commande, évitant le «glissement» exagéré des tensions relatives dont il est fait mention plus haut.

La réaction élève la tension de dynode à une valeur voisine de celle de l'anode aussi longtemps qu'il y a compensation entre le courant secondaire et le courant de rappel. Ce dernier n'excédant pas une fraction de mA, la décharge ne se termine, pratiquement, qu'avec la disparition du courant cathodique. Durant cette opération, la tension de rappel de la grille de commande s'élève également, grâce au couplage continu, ce qui permet de maintenir pour les fréquences les plus basses (1 C/sec) un condensateur de couplage (C) de petite dimension et faible capacité parasite, facteur important pour une réaction très rapide.

La charge continue du condensateur d'accumulation est assurée par une pentode, permettant: un courant constant, un réglage facile et la superposition des impulsions de synchronisation. Ces dernières,

de signe positif, sont «injectées» sur la grille de commande et se manifestent sur l'anode du tube de charge par de brèves impulsions négatives (fig. 2a).

Le réglage consiste à ajuster la résistance variable, insérée dans le circuit cathodique du tube de charge, de manière à synchroniser la réaction avec la dixième impulsion, par exemple, de chaque cycle.

En raison de l'amplitude plus grande des réactions, le diviseur basse fréquence autorise des cycles comprenant un nombre d'impulsions primaires plus élevé que dans le diviseur haute fréquence.

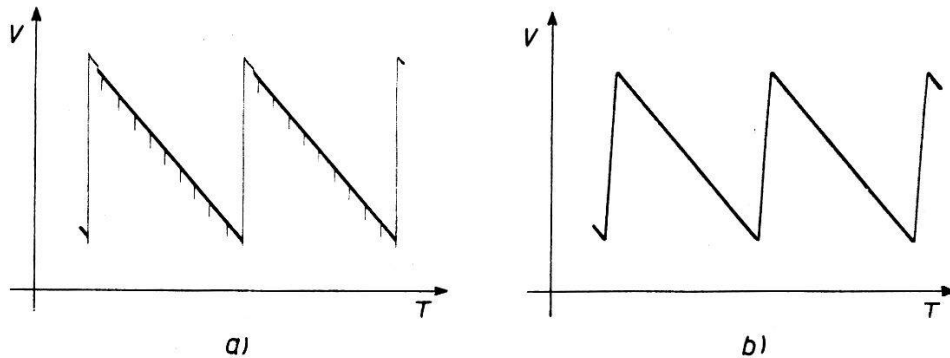


Fig. 2.

a) Onde cathodique; b) Onde sur le condensateur d'accumulation.

Le système de polarisation du tube de charge à partir de la chaîne potentiométrique, introduit d'autre part un léger couplage continu entre le courant de charge et la tension d'alimentation, permettant à cette dernière d'importantes variations sans perturber le fonctionnement ($\pm 20\%$ pour une décade).

Les impulsions de sortie, affinées par le filtre C 1 — L — C 2, sont prises sur le circuit cathodique ou de dynode du tube à émission secondaire.

L'onde de fréquence réduite affecte, sur le condensateur de charge (Ca), l'allure en «dent de scie» de la figure 2b.

La consommation de courant totale d'un étage, comprend environ $600 \mu\text{A}$ pour la chaîne potentiométrique et 100 à $200 \mu\text{A}$ de courant cathodique pour la charge du condensateur d'accumulation, soit au total environ 1 mA de courant anodique, compte tenu du courant secondaire.

Deux tubes électroniques se trouvant en cascade, la tension d'alimentation doit être assez élevée (environ 400 volts) à moins que l'on dispose d'une tension négative. Il n'est pas indispensable de stabiliser cette tension.

Le spectre de fréquences très élevées qui caractérise les réactions, implique de bonnes précautions de découplage des différents étages et de la tension d'alimentation.

Il n'y a pas à proprement parler de limite inférieure à la fréquence de fonctionnement si ce n'est que l'encombrement du condensateur d'accumulation peut dépasser une valeur raisonnable. Pour une fréquence réduite de 1 C/sec, un courant de charge de 100 μ A et une amplitude de 100 volts, la capacité du condensateur d'accumulation doit être de 1 μ F soit d'une dimension et d'un prix parfaitement abordables.

4. Les conditions optima de fonctionnement.

Sans aborder ici la théorie des «réactions», nous discuterons quelques conditions optima concernant strictement les tensions de polarisation respectives des différentes électrodes.

Considérons comme satisfaite la condition d'alimentation du tube de charge, consistant à le maintenir dans le domaine linéaire des caractéristiques, tout en limitant sa tension anodique au minimum.

Sur la base des caractéristiques, il est convenable d'adopter, pour le tube à émission secondaire EFP 60, une tension anodique et d'écran de 300 volts par rapport à la tension de cathode considérée au cut-off.

L'expérience montre directement que la tension de polarisation de dynode du diviseur haute fréquence trouve sa valeur optima à 100 volts environ au-dessus de celle de la grille de commande.

Le problème est plus complexe pour le diviseur basse fréquence qui, à cet égard, donne lieu à un compromis. Il est en effet particulièrement avantageux pour la stabilité du dispositif de travailler avec une amplitude maximum, condition qui est remplie au mieux lorsque la tension de dynode est très basse. Malheureusement le déclenchement de la réaction est moins rapide dans ces conditions qu'avec une tension de dynode plus élevée. Pour conserver toute la rapidité de la réaction il faut se borner à une amplitude de 80 volts tandis que celle-ci peut atteindre 160 volts lorsque des conditions favorables lui sont réservées. Nous avons cherché à échapper à ce compromis par un dispositif permettant l'accès simultané à ces deux conditions optima de fonctionnement.

5. Forme améliorée du diviseur basse fréquence.

La grille supprimeuse du tube à émission secondaire EFP 60 est elle-même douée d'un pouvoir d'émission secondaire élevé. Cette propriété nous a permis d'éviter, d'une manière satisfaisante, le

compromis signalé ci-dessus. La fig. 3 donne le schéma du dispositif qui fait appel à la supprimeuse comme dynode auxiliaire, polarisée en vue d'une amplitude maximum tandis que la dynode régulière remplit les conditions de rapidité optima de la réaction.

On pourrait objecter que la grille supprimeuse n'est pas disposée de manière à assurer la conservation de son pouvoir émissif. Cette

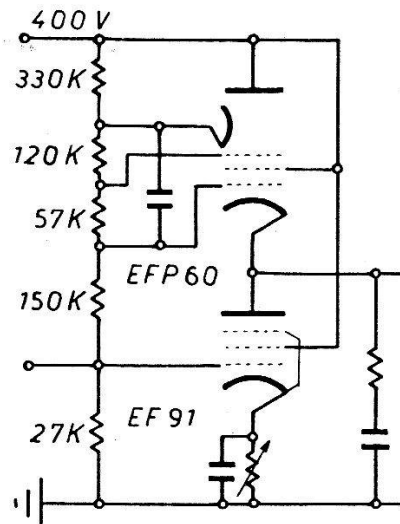


Fig. 3.

Forme améliorée du diviseur basse fréquence.

question ne peut être résolue que par une expérience prolongée, actuellement en cours.

6. Conclusions.

Trois caractéristiques essentielles se dégagent de l'exposé qui précède:

1° La gamme de fréquences utiles s'étalant pratiquement de 0 à 25 MC.

2° La précision des impulsions de sortie dont le temps de montée n'excède pas 20 m μ sec.

3° La consommation de courant particulièrement faible, voisine de 1 mA par décade jusqu'à 1 MC et au-delà, proportionnelle à la fréquence.

On pourrait ajouter à cette énumération la simplicité d'un dispositif qui ne comporte que deux tubes électroniques pourvus d'un modeste câblage.

Le diviseur de fréquence est essentiellement appliqué à diverses formes de chronométrie dans lesquelles il joue le rôle de générateur d'impulsions horaires, asservies ou non à un temps initial.

Les fluctuations de position des impulsions de sortie (jitter) résultant de la variation inévitable des paramètres de fonctionnement sont réduites au minimum par un temps de montée très rapide. Pour une raison analogue, la fréquence de l'onde pilote doit être aussi élevée que possible.

La précision que l'on peut espérer d'un circuit chronométrique faisant appel au diviseur de fréquence, est fonction des deux caractéristiques fondamentales mentionnées ci-dessus. Cette remarque situe le rôle que l'on attend du dispositif exposé dans les lignes qui précèdent. En chronométrie oscilloscopique, son application peut être envisagée à la technique du radar et en physique nucléaire. La possibilité d'abaisser la fréquence jusqu'à 1 c/sec permet de préconiser son emploi à l'émission des signaux de seconde des observatoires chronométriques et à la détermination de l'unité de temps dans les fréquencesmètres ou autres appareils de grande précision.

Laboratoire de Recherches Nucléaires
de l'École polytechnique, Lausanne

Références:

- 1) R. FAVRE, Le tube à émission secondaire, générateur d'impulsions cathodiques. Dans ce fascicule, p. 167.
 - 2) CHANCE, HUGHES, MAC NICHOL, SAYRE, WILLIAMS, Waveforms, collection du M.I.T. n° 19, Mac Graw-Hill, 1949.
-