

50376
1962
68

50376
1962
68



U N I V E R S I T E D E L I L L E

FACULTE DES SCIENCES - INSTITUT DE PHYSIQUE

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES

MESURE PRECISE DE LA FREQUENCE

D'UN OSCILLATEUR LOCAL 5 MHz

JURY : PRESIDENT : M. ROIG

EXAMINATEURS : M. WERTHEIMER
Mlle LENOBLE

Présenté à LILLE, en Juin 1962

par André S P E C Q

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'Institut de Physique de Lille sous la direction de Monsieur WERTHEIMER, Maître de Conférences, à qui je tiens à exprimer mes sentiments de vive gratitude.

Je remercie également le Personnel Technique du Laboratoire et en particulier Monsieur ROSSELS dont les conseils m'ont été précieux.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
<u>PRINCIPE DE LA MESURE</u>	2
1. Causes d'erreur	3
2. Durée de la mesure	3
3. Matériel utilisé	3
 <u>DIVISION BASSE FREQUENCE : DECADES</u>	4
1. Etude d'une bascule	5
2. Obtention de signaux d'entrée carrés	6
3. Décade	7
4. Alimentation	10
 <u>IMPULSIONS A LA SECONDE</u>	11
1. Principe	11
2. Réalisation	13
3. Alimentation	18
 <u>RESULTATS</u>	20

Le laboratoire de spectroscopie hertzienne possède un oscillateur à quartz dont la fréquence F_0 est voisine de 5 M Hz. Elle pilote une chaîne de multiplication de fréquences allant jusqu'à 810 MHz.

Les harmoniques du 810 MHz permettent de mesurer les fréquences des raies d'absorption des gaz, raies obtenues par la spectroscopie hertzienne.

Le but de notre travail est de mesurer la fréquence de l'oscillateur local avec une précision de l'ordre de 10^{-8} .

PRINCIPE DE LA MESURE

=====

Le schéma en est donné fig. 1

Un récepteur capte une émission de fréquence étalon, M.S.F. ou F.F.H. par exemple.

Ces émetteurs envoient des signaux à la seconde que nous appliquons aux plaques de déflexion verticale d'un oscillographe cathodique dont le balayage horizontal est déclenché par des impulsions provenant d'une division par 5 millions de la fréquence de l'oscillateur local. La fréquence f de ce déclenchement étant très voisine de 1 on observe un léger déplacement des signaux sur l'écran de l'oscillographe.

Fixons l'origine des temps à l'instant où le signal de l'horloge locale coïncide avec celui de l'horloge étalon et mesurons le décalage de temps Δ qui existe entre les 2 signaux au bout d'un temps t . Appelons p le nombre de coïncidences pendant le temps t . Si l'on suppose que la période T de l'horloge locale est plus longue que la seconde, nous aurons

$$(t - p) T = t + \Delta$$

$$\text{d'où } T = \frac{t + \Delta}{t - p}$$

1. CAUSES D'ERREUR

La seule erreur qui intervient est due aux conditions de propagation des impulsions émises par l'émetteur étalon.

PRINCIPE DE LA MESURE DE FREQUENCE

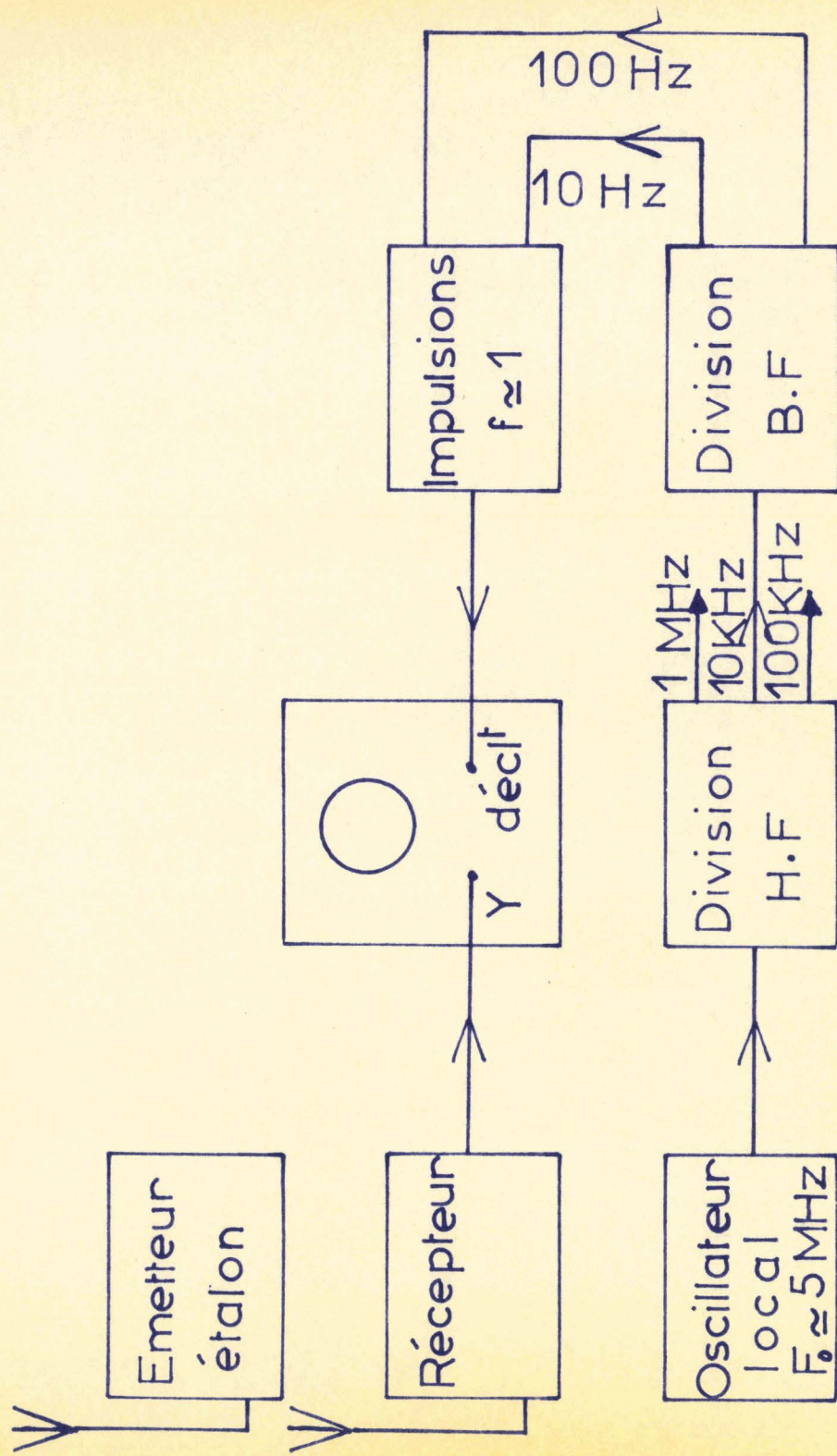


Fig. 1

On suppose qu'elles sont rigoureusement émises à la seconde et que les conditions de propagation introduisent une fluctuation qui se traduit par une erreur d'appréciation de la coïncidence.

On fait donc une erreur $d \Delta$ sur Δ

$$\left| d T \right| = \left| \frac{d \Delta}{t} \right|$$

2. DUREE DE LA MESURE

Si l'on désire une précision relative de 10^{-8} et compte tenu du fait que T est voisine de 1 s il faut

$$\left| \frac{d \Delta}{t} \right| = 10^{-8} \quad \text{c'est-à-dire} \quad t = 10^8 \left| d \Delta \right|$$

Quel que soit le temps t on peut considérer que

$$\left| d \Delta \right| \leq 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

On en déduit $t = 2 \cdot 10^4 \text{ s} \simeq 6 \text{ heures}$

Le temps t est forcément un nombre entier de secondes.

On mesure $(t - p)$ à l'aide d'un compteur déclenché par les impulsions issues de l'oscillateur local.

3. MATERIEL UTILISE

La mesure nécessite

- 1 - Une division haute fréquence (cf. D.E.S. Messelyn)
- 2 - Une division basse fréquence du 10 K Hz obtenu
- 3 - Un système donnant des impulsions à la seconde que l'on peut retarder par centièmes de période.

Les 2 derniers appareils constituent la partie pratique du D.E.S.

DIVISION BASSE FREQUENCE

D E C A D E S

=====

Nous avons le choix entre deux procédés

1. Une division par tube compteur à gaz (ou décatron). Nous avons rejeté cette méthode qui présente l'inconvénient du tube à gaz; la position de l'impulsion de sortie n'est pas rigoureusement fixée.

2. Une division par tubes à vide.

C'est ce procédé que nous avons adopté à cause de sa plus grande fidélité.

La construction de 3 décades nous a permis de diviser la fréquence de sortie du diviseur H.F. par 10, 100 et 1000.

PRINCIPE D'UNE DECADE

La décade que nous utilisons est constituée de 4 bascules avec réactions intermédiaires.

Une bascule divisant la fréquence par 2, si les 4 bascules étaient simplement en série on aurait un système de division binaire qui diviserait donc par $2^4 = 16$. L'introduction de réactions intermédiaires permet d'obtenir un signal à la sortie pour dix à l'entrée.

Nous allons d'abord étudier l'élément constitutif d'une décade : la bascule.

1. ETUDE D'UNE BASCULE (fig. 2 a)

La bascule comporte 2 triodes qui sont reliées entre elles de façon telle que le courant plaque de l'une est à sa valeur maximale quand le courant plaque de l'autre est nul.

Quand on envoie une impulsion convenable sur la grille ou la plaque de l'une d'elles, celle qui initialement conduisait se bloque et l'autre se met à conduire, produisant ainsi des signaux carrés aux plaques.

Le passage du tube d'un état à l'autre est très rapide à cause de la liaison par capacité entre les deux.

Supposons qu'après l'application de la haute tension V_1 conduise et V_2 soit bloqué. Les tubes resteront dans cet état jusqu'à ce qu'une impulsion soit appliquée au circuit.

Le point A étant relié à la H.T., une impulsion négative appliquée aux cathodes des diodes D_1 et D_2 est appliquée à la plaque de V_2 à travers D_2 , mais n'apparaît pas à la plaque de V_1 puisque du fait de la chute de tension dans R_1 l'anode de D_1 est à un potentiel inférieur à celui de sa cathode, à condition que l'amplitude de l'impulsion négative ne soit pas trop grande.

L'impulsion apparaissant à la plaque de V_2 est couplée à la grille de V_1 par C_2 . Ceci réduit le courant plaque de V_1 , faisant ainsi croître son potentiel de plaque. Cet accroissement est transmis à la grille de V_2 par C_1 et R_2 faisant circuler un courant plaque dans V_2 et baisser davantage la tension plaque de V_2 .

Ainsi V_1 se bloque et V_2 conduit.

BASCULE

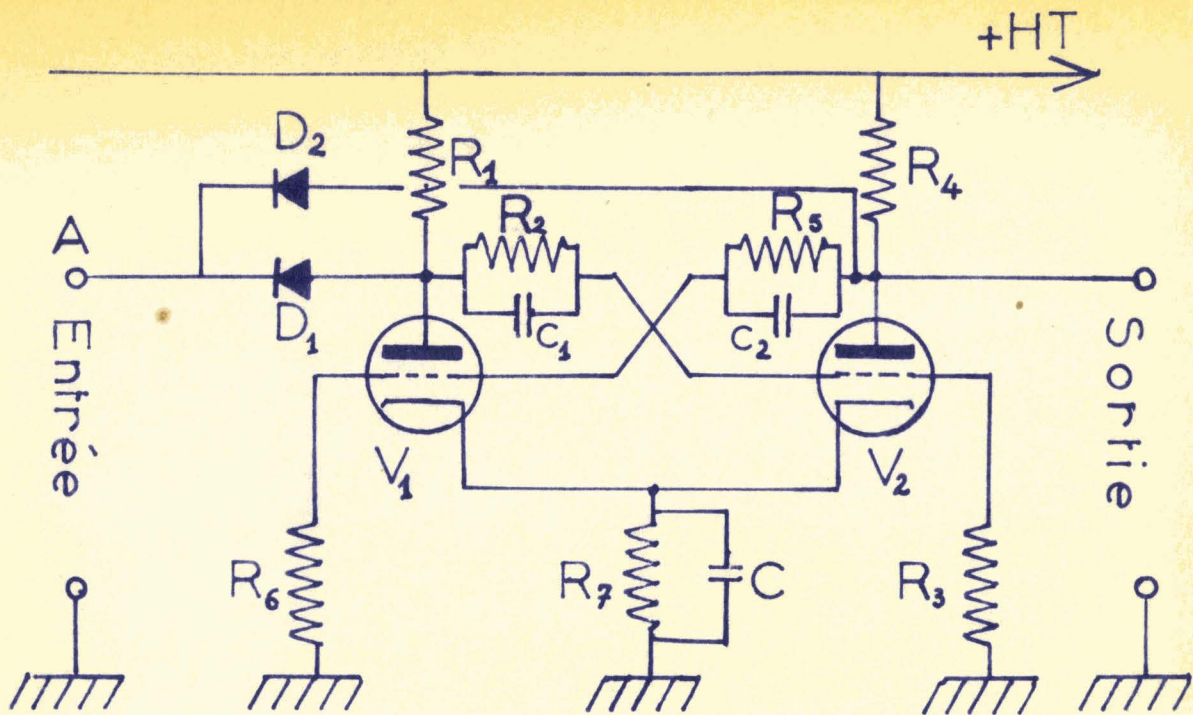


Fig. 2-a

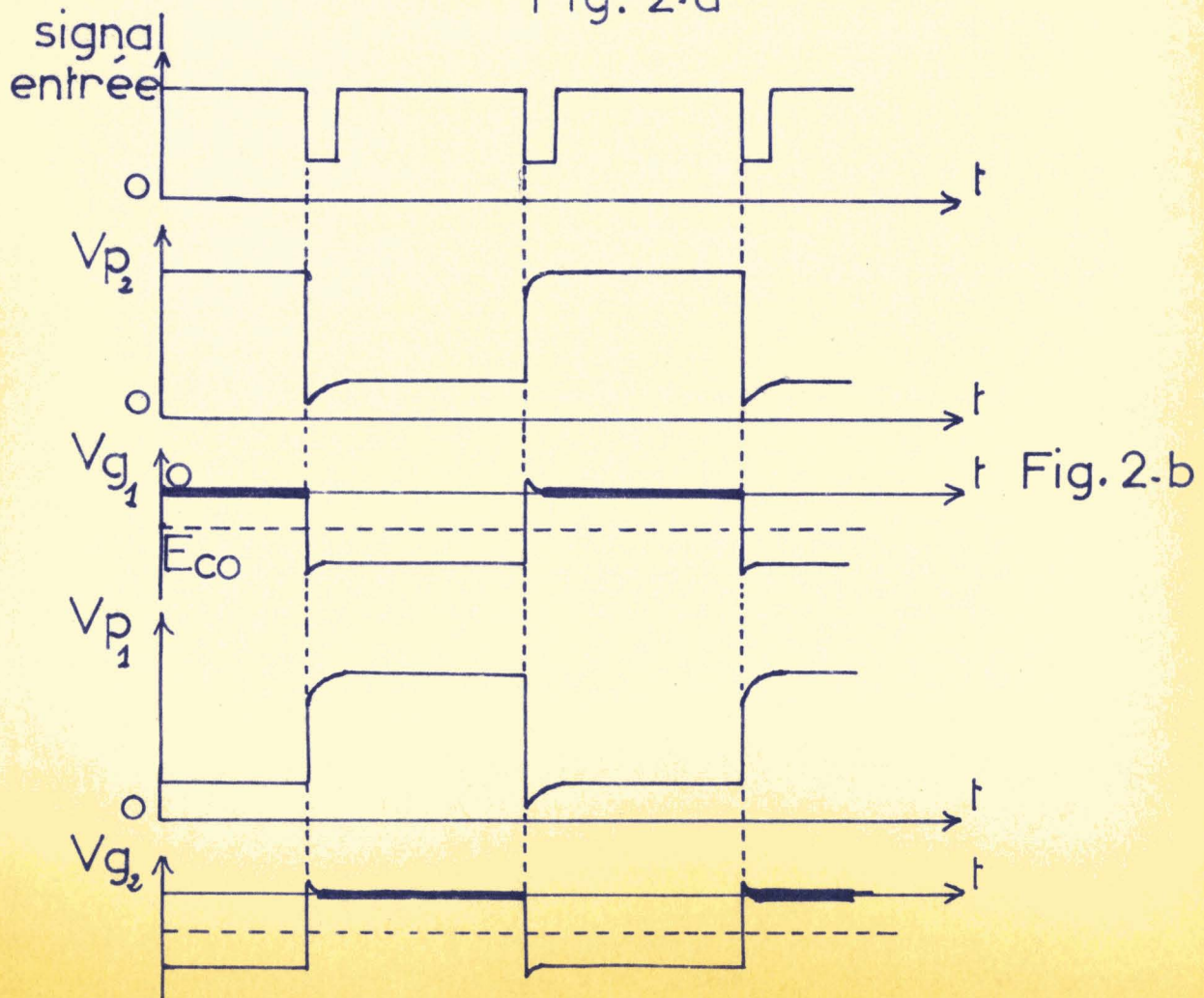


Fig. 2-b

Les tubes resteront dans cet état jusqu'à ce qu'une impulsion soit à nouveau appliquée.

On pourra voir les tensions des plaques et grilles des tubes en fonction du temps sur la fig. 2, b). On notera que 2 signaux à l'entrée donnent un seul signal à la sortie.

Cette étude montre que pour attaquer une bascule, et par conséquent une décade, il faut une impulsion ou un signal carré. Le signal issu du diviseur haute fréquence étant sinusoïdal il faut le transformer en signal carré.

Une bascule de Schmitt donne ce résultat.

Le signal de sortie du diviseur H.F. ayant une amplitude de 6 V environ crête à crête, il est nécessaire de l'amplifier d'abord.

2. OBTENTION DE SIGNAUX D'ENTREE CARRÉS.

Le schéma en est donné par la fig. 3 a

a) Etages amplificateurs

Nous avons utilisé les deux moitiés d'une double triode 12 A U 7 qui a un grand recul de grille. Notre signal est cependant légèrement écrêté, mais ceci n'a aucune importance puisque la bascule de Schmitt va donner des signaux carrés.

Le schéma équivalent (fig 3 b) montre que la valeur du gain pour un étage amplificateur est de l'ordre de 6

$$g = \frac{k V_g \times \frac{R}{R + \frac{\rho}{V_g} + (k+1) r}}{R + \frac{\rho}{V_g} + (k+1) r} = - \frac{k R}{R + \frac{\rho}{V_g} + (k+1) r}$$

$$g = \frac{15 \times 27}{27 + 7 + 16 \times 2,2} = 6$$

Obtention de signaux d'entrée carrés

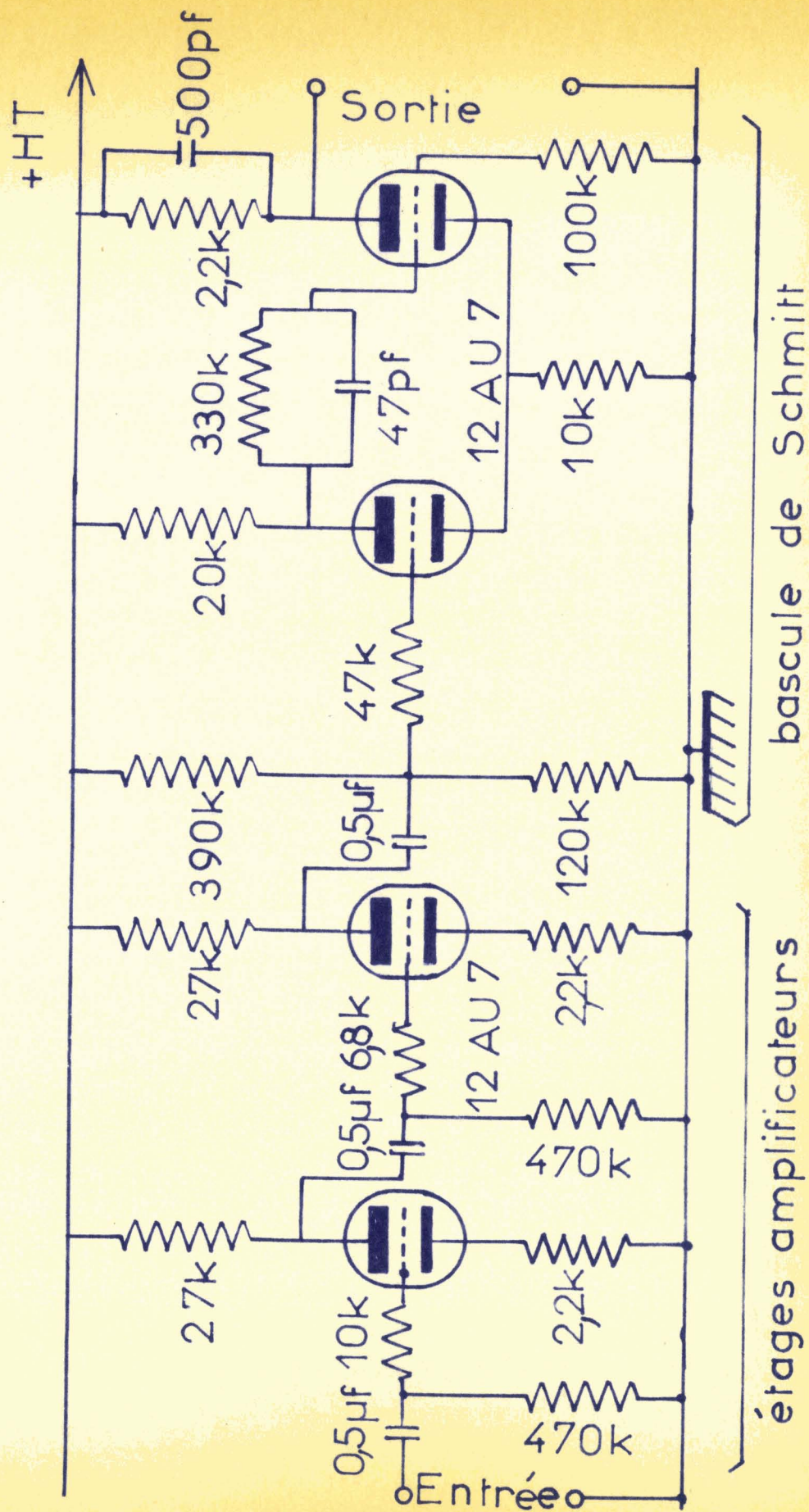


Fig. 3-a

AMPLIFICATEUR

Schéma équivalent

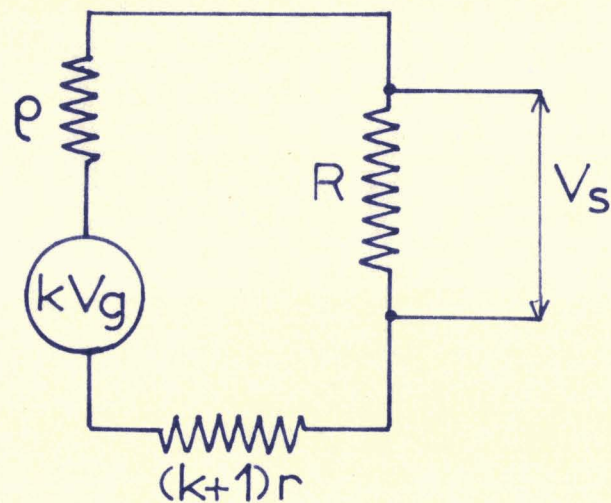
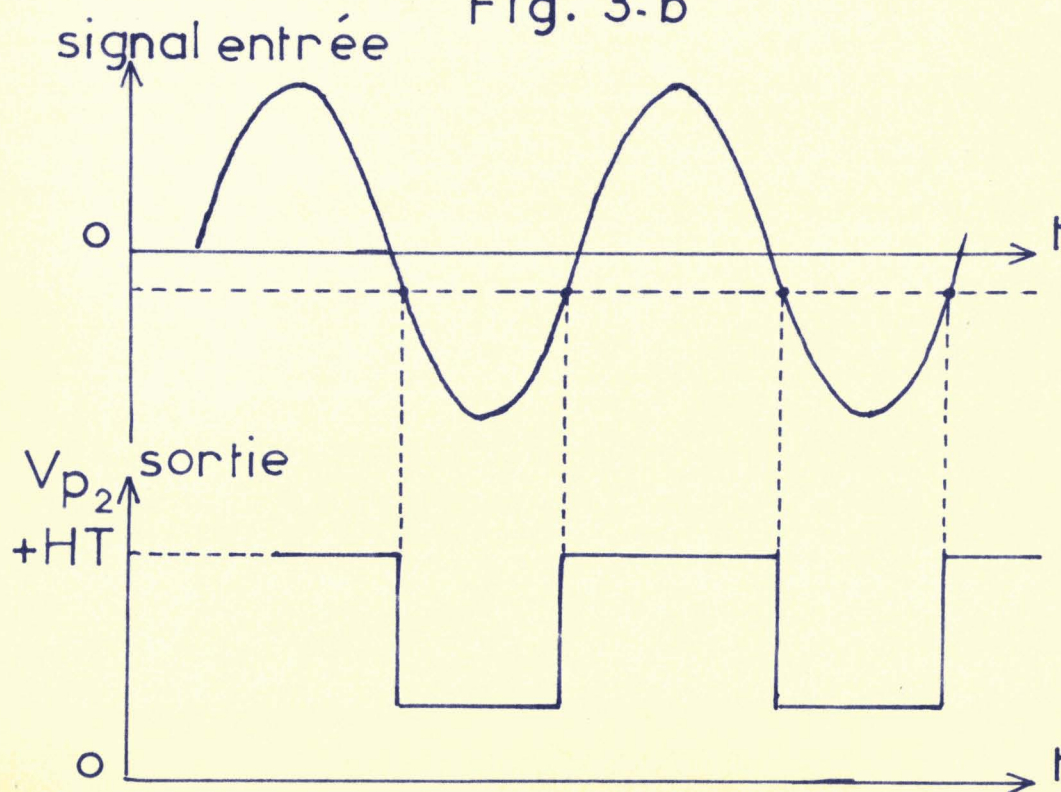


Fig. 3.b



Bascule de Schmitt : signaux

Fig. 3.c

b) Bascule de Schmitt

Le potentiel de grille du tube de gauche est fixé par le diviseur de tension de façon à ce qu'en l'absence de signal ce tube conduise.

Quand on envoie un signal sinusoïdal à l'entrée, sur la grille du tube qui conduit, la partie positive ne joue aucun rôle puisque le tube conduit. Quand le signal devient négatif le potentiel de grille diminue ce qui a pour effet de bloquer le tube qui conduisait et de faire conduire celui qui était bloqué, l'augmentation de la tension plaque de la 1ère triode se répercutant grâce à la liaison par le condensateur et la résistance sur la grille de l'autre (voir les signaux d'entrée et de sortie fig. 3 C)

Remarque

Les parties négative et positive du signal en forme de créneau obtenues à la sortie n'ont pas exactement la même durée comme l'indique la figure. C'est que le tube qui conduit ne se bloque que lorsque le potentiel de sa grille est en dessous du cut-off.

3. DECADE : (fig. 4)

a) Principe du fonctionnement de la decade

Nous avons étudié le fonctionnement d'une decade en plaçant des lampes témoins au néon en parallèle avec les charges de plaque.

Nous faisons d'autre part basculer artificiellement la 1ère bascule et nous observons la répercussion sur les autres étages grâce aux lampes au néon.

Pour suivre avec facilité la suite des explications on se reportera à une représentation schématique de la decade. Chaque tube est représenté par un cercle, vide quand il est bloqué et traversé par une flèche quand il conduit (fig. 5)

DECADE

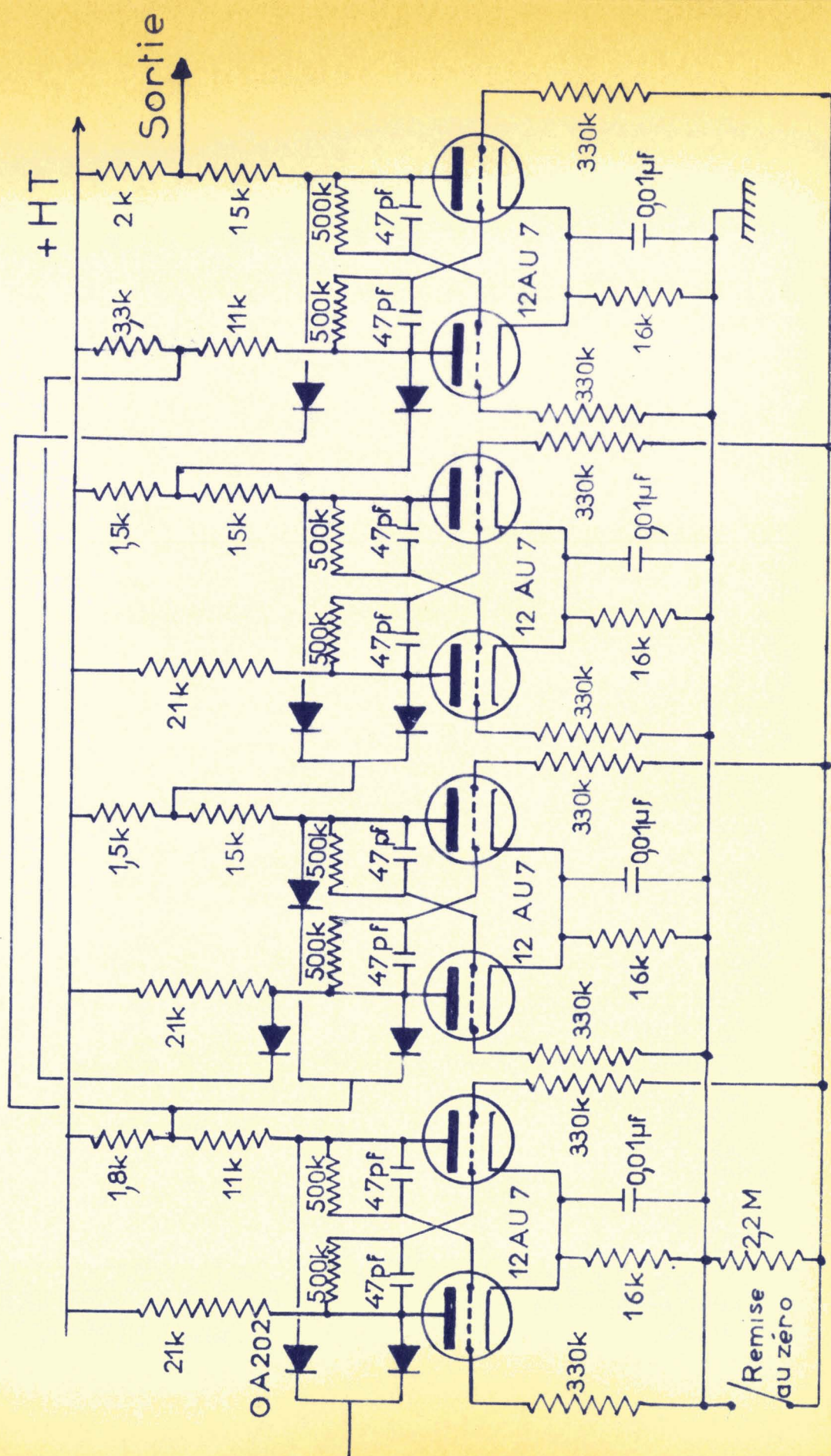


Fig. 4

DECADE

Représentation schématique du Fonctionnement

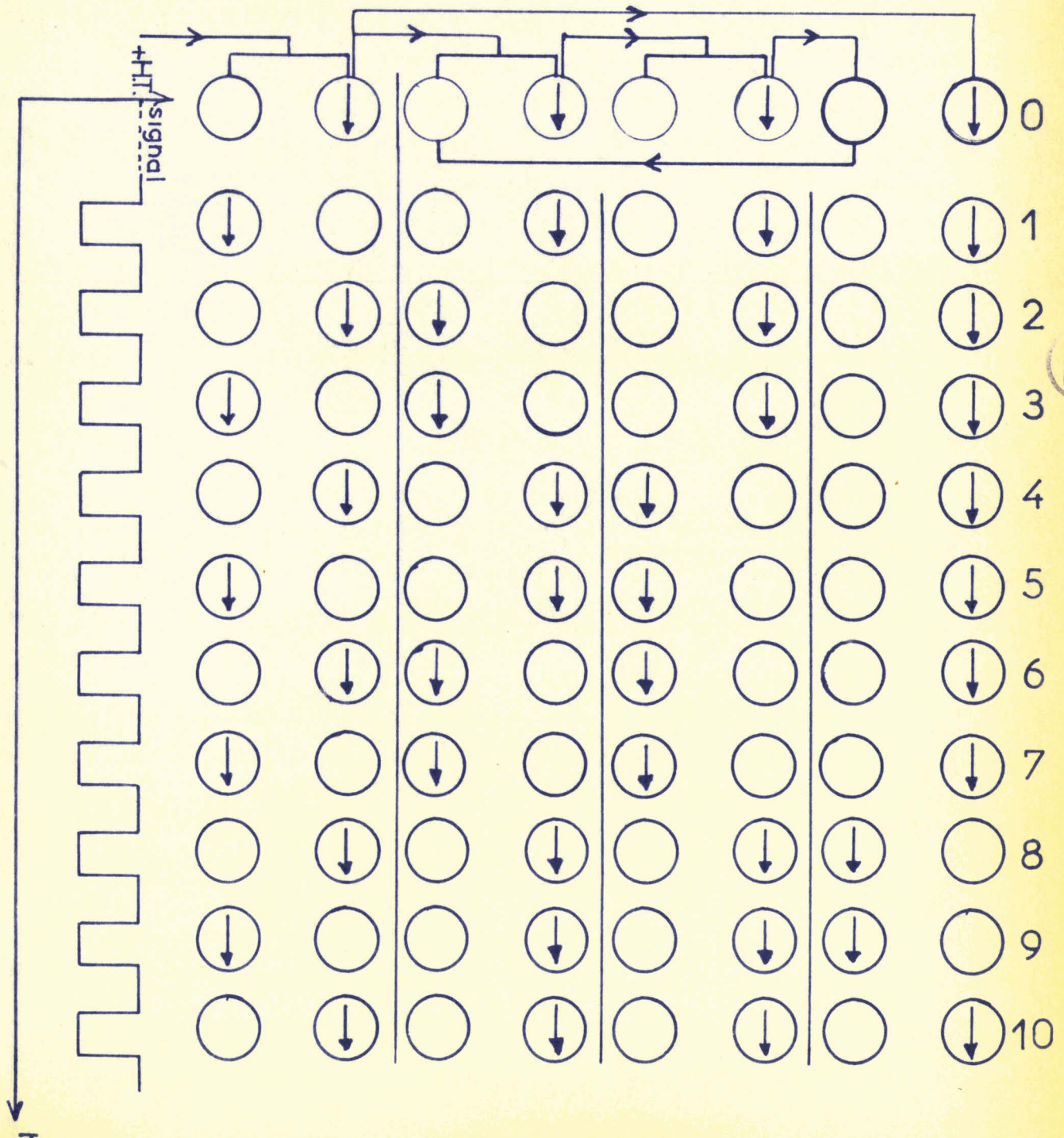


Fig. 5

Le système de remise au zéro permet de prendre comme état initial celui où tous les tubes de droite conduisent.

Le 1er signal négatif appliqué à l'entrée fait basculer la 1ère bascule. A la sortie de celle-ci le signal est positif, il est sans influence sur la suite.

Il en sera de même pour les 3ème, 5ème, 7ème et 9ème signaux.

Le 2ème signal négatif ramène la 1ère bascule dans son état initial en donnant à la sortie de celle-ci un signal négatif qui, à cause des diodes, est appliqué à la plaque du tube 3, mais n'est pas transmis aux plaques des tubes 4 et 8 qui conduisent.

Le tube n° 3 se met à conduire et le 4 se bloque.

Le 4ème signal en faisant conduire la triode n° 2 provoque le basculement de la 2ème bascule, dont le tube de droite se met à conduire, faisant basculer la 3ème bascule.

Le 6ème signal fait basculer la 1ère et la 2ème bascule.

Le 8ème signal amène les tubes de droite des trois premières bascules à conduire, le tube n° 6 a ainsi une chute de tension plaque qui est transmise à la plaque du tube n° 7, celui-ci se met à conduire et le tube n° 8 (sortie de la décade) se bloque, provoquant une augmentation de sa tension plaque.

C'est le début du signal de sortie. Pendant le signal n° 9, la tension plaque du tube de sortie garde la valeur de la H.T.

Le 10ème signal fait conduire le tube n° 2, dont l'impulsion négative de sortie est couplée directement à la plaque du tube N° 8 qui se met à conduire, provoquant une chute de sa tension plaque. Le signal positif de sortie est terminé, il a la durée de deux périodes du signal d'entrée.

Le système est revenu à l'état initial. On a recueilli un signal à la sortie pour 10 à l'entrée. La fréquence est divisée par dix.

b) Réalisation pratique

Pour une meilleure maniabilité nous avons construit les trois décades sur des plaquettes indépendantes en tôle étamée permettant la soudure à la masse.

Nous avons utilisé des doubles triodes courantes, des 12 A U 7. Les diodes de liaison sont des diodes au Silicium O A 202.

Le bon fonctionnement nécessitant des valeurs précises de résistances nous les avons mesurées au pont de Wheatstone, et nous avons choisi des vitrohm dont la stabilité est bonne.

c) Sortie

La sortie s'effectue sur un étage à charge cathodique (fig. 6 a) qui donne une amplification de puissance tout en réduisant quelque peu la tension. Elle agit comme un transformateur d'impédance, qui prend une tension développée aux bornes d'une impédance relativement élevée et l'applique, réduite quelque peu en amplitude à une impédance de sortie beaucoup plus faible. Cette impédance de sortie est approximativement égale à l'inverse de la pente du tube, donc relativement basse. La charge cathodique permet de délivrer de la puissance à des charges d'impédance faible.

Remarque

A la sortie d'une décade, la partie négative du signal comporte encore quelques petits pics provenant des signaux originaux. La charge cathodique nous a permis de couper cette partie. Pour cela, nous avons, grâce à un diviseur de tension, amené la cathode à un potentiel positif par rapport à la grille. La triode est bloquée pendant toute la partie négative du signal, et ne se débloque que pour laisser passer le signal positif (fig. 6 b).

CHARGE CATHODIQUE

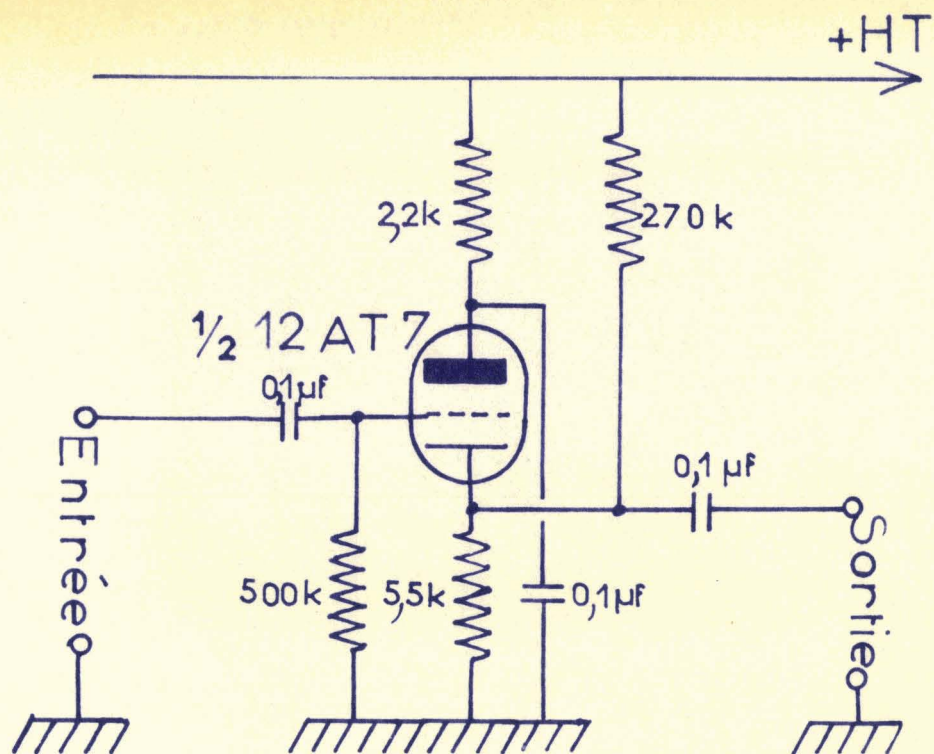


Fig. 6.a

SIGNAUX

Entrée

Sortie

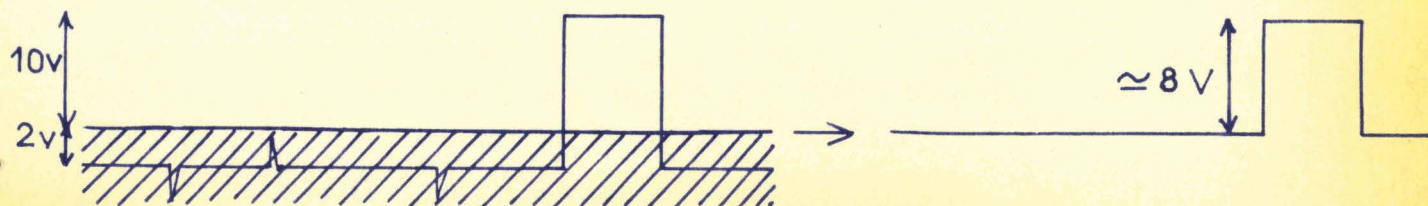


Fig. 6-b

Nous avons utilisé une 12 AT7 dont le recul de grille est d'environ 3 V pour une haute tension de 250 V. Le diviseur de tension est formé d'une résistance de 5,5 K Ω et d'une de 270 K Ω ce qui donne

$$V_K \simeq \frac{5,5}{270} \times 250 \text{ V} \simeq 5 \text{ Volts.}$$

Tout signal n'ayant pas une amplitude supérieure à 2 Volts ne passe pas.

C) RESULTATS

Les 3 décades que nous avons réalisées fonctionnent dans la bande de fréquence s'étalant de 0 à 130 K Hz

On vérifie le bon fonctionnement de l'appareil en appliquant le signal de sortie sur les plaques de déflexion verticale d'un oscillo modulé sur le Whenelt par le signal d'entrée. Les reproductions de la fig. 7. donnent quelques exemples de ce que l'on obtient.

4. ALIMENTATION (fig. 8)

Le débit des lampes de l'ensemble : mise en forme des signaux plus trois décades est d'environ 150 m A. Nous désirons d'autre part une H.T. d'environ 250 V.

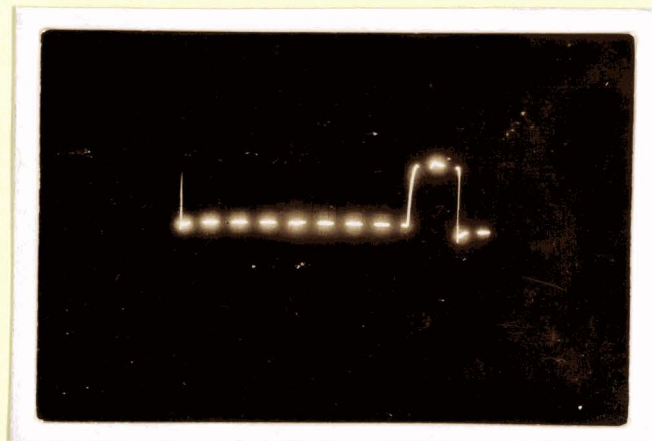
Nous avons utilisé un transformateur 210 m A - 2 x 360 Volts. Le courant est redressé à 2 alternances par une G Z 32. Le filtre est à self en tête pour diminuer la H.T. Nous la diminuons d'autre part par une chute dans une résistance de 400 Ω (dissipation 15 W) entre le point milieu et la masse.

SORTIE DES DECADES

EXEMPLES DE SIGNAUX



$N = 100 \text{ KHz}$: division par 100



$N = 100 \text{ KHz}$: division par 10
(modulation de Wheneit)

FIG. 7

ALIMENTATION

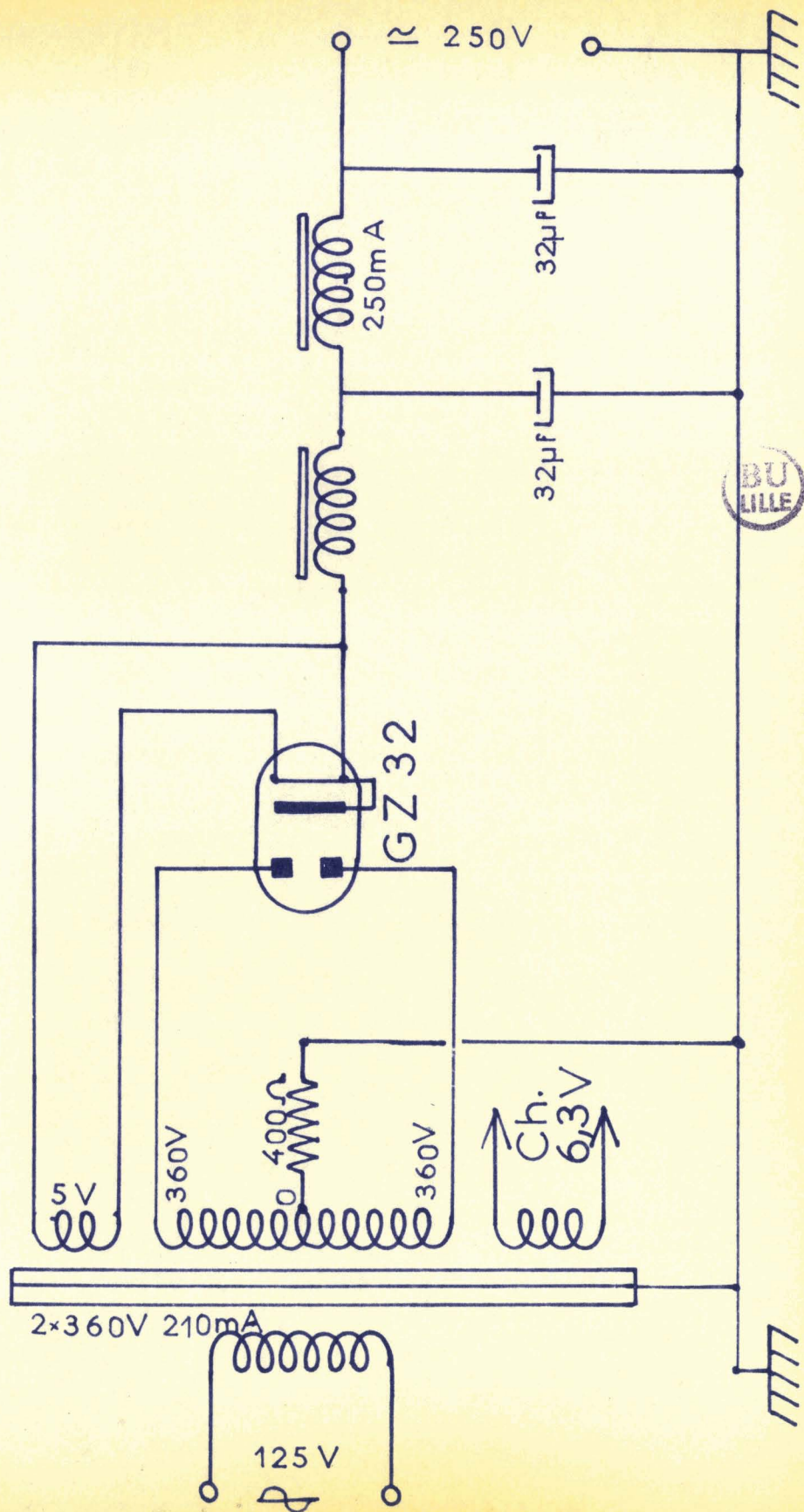


Fig. 8

IMPULSIONS A LA SECONDE

=====

Ces impulsions sont destinées à déclencher le balayage de l'oscillographe cathodique. Elles proviennent d'une division par 5 millions de la fréquence de l'oscillateur local.

Ainsi qu'il a été expliqué dans la 1ère partie il s'agit de construire un appareil donnant ces impulsions de fréquence voisine de 1 et tel qu'on puisse les décaler dans le temps par centièmes de période.

A. Principe

La fréquence de sortie de la 2^e décade est très voisine de 100 Hz, c'est-à-dire que si nous raisonnons sur un temps de 1 s, il sort 100 signaux de la 2^e décade.

Pour déclencher l'oscillographe une fois par seconde, et pouvoir décaler l'instant de déclenchement par centièmes de période, il suffit de pouvoir choisir une impulsion quelconque parmi les 100 dont nous disposons à l'intérieur de la seconde.

Nous allons d'abord étudier comment on obtient une impulsion par seconde (en réalité c'est un peu moins d'une impulsion par seconde puisque nous savons que F_0 est très légèrement inférieure à 5 M Hz), et ensuite nous verrons comment on peut décaler cette impulsion.

1. Obtention d'impulsions à la seconde

=====

La division du 100 Hz par la 3^e décade donne du 10 Hz. Un décatron divise cette fréquence par 10 donnant ainsi un signal par seconde.

Remarque

L'inconvénient que nous avons signalé auparavant concernant le décatron n'a aucune importance ici car ce n'est pas le signal de sortie du décatron qui va directement déclencher l'oscillographe.

2. Choix d'une impulsion parmi cent

La fig. 9 aidera à mieux comprendre.

1. Considérons les 100 signaux de sortie de la 2^e décade dans une seconde

2. La 3^e décade donne 10 signaux à la sortie, divisant l'intervalle de temps de 1 s en 10.

3. La système différentiateur donne une impulsion positive et une impulsion négative pour chaque signal précédent.

4. L'impulsion positive déclenche le basculement d'une bascule de Schmitt dont le signal négatif a par conséquent la même fréquence que le signal de sortie de la 3^e décade, soit approximativement 10.

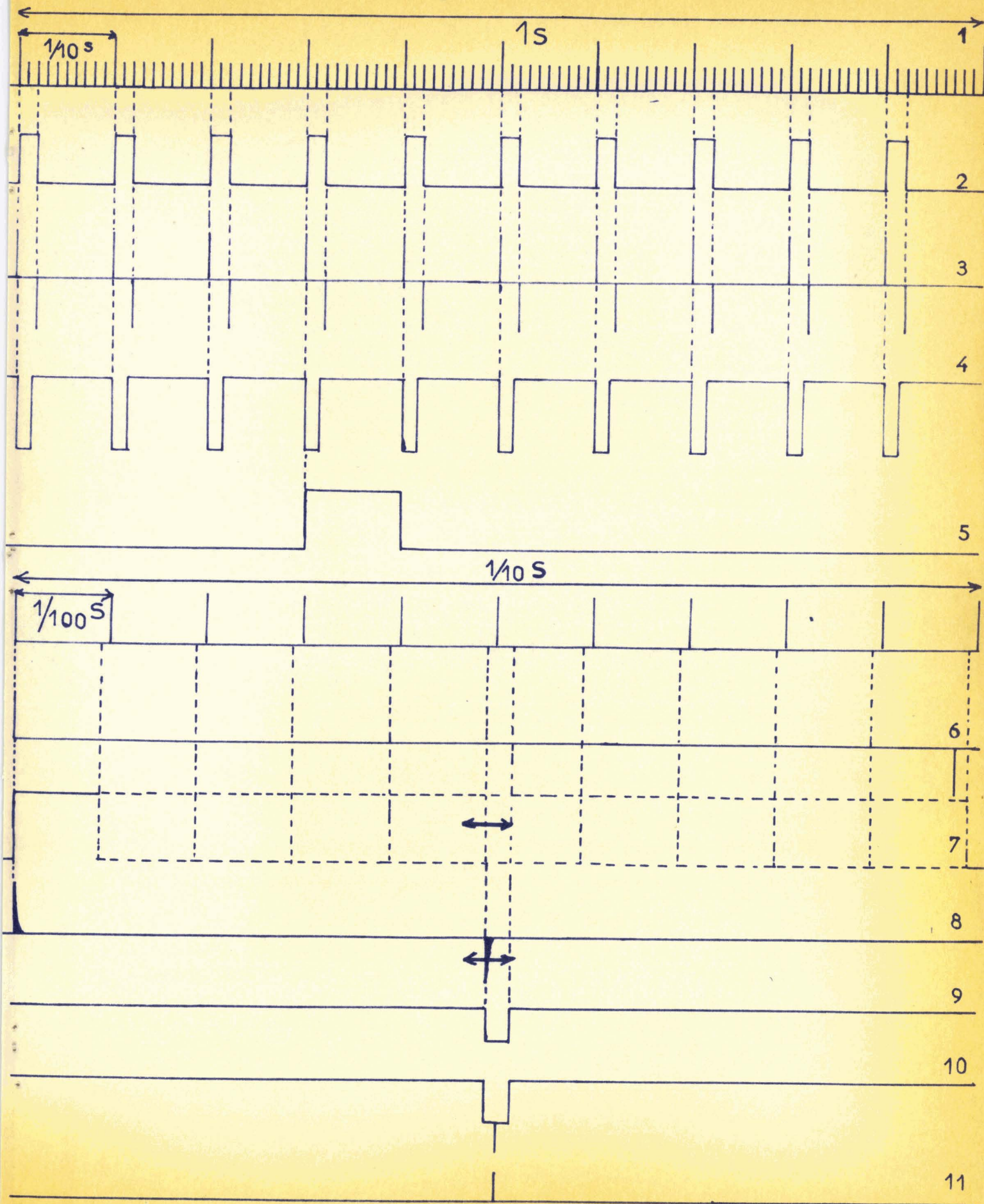
5. Le passage dans un décatron divise cette fréquence par 10. Un contacteur à 10 plots permet de prendre la sortie de l'une quelconque des 10 cathodes du décatron, et par conséquent de se décaler par $1/10$ s dans notre intervalle de 1 s.

Il reste à sélectionner une impulsion au choix parmi les 10 que contient cet intervalle de $1/10$ s;

6. Un système différentiateur donne du signal de sortie du décatron deux impulsions, dont la positive seulement nous intéresse. Elle correspond approximativement au temps 0 de l'intervalle de $1/10$ s.

7. Elle déclenche le basculement d'un multivibrateur monostable. Un contacteur à 10 plots permet de donner 10 valeurs différentes à la constante de temps. Ces valeurs sont inférieures à 10, 20, 30, ... 100 ms de 1 ms environ.

Fig. 9



Nous choisissons comme signal de plaque de sortie, le signal positif.

8. La différentiation donne de ce signal une impulsion positive dont la position est fixe et ne nous intéresse pas et une impulsion négative dont la position peut prendre les 10 valeurs ci-dessus: 9, 10, 19, ... 99 ms.

9. Cette impulsion déclenche le basculement d'une bascule de Schmitt. Celle-ci est telle que le signal de sortie ait une largeur d'environ 25 ms, c'est-à-dire qu'il couvre assez largement l'impulsion au 1/100 s qui suit son début.

Ce signal constitue ce qu'on appelle une porte.

10. Un système mélangeur reçoit la porte négative d'une part et les impulsions au 1/100 s d'autre part. Il ne laisse passer une impulsion que lorsqu'elle tombe dans la porte. Par conséquent sur les 100 signaux contenus dans la seconde un seul peut passer.

11. Un amplificateur à faible gain rend le signal positif.

La sortie se fait sur charge cathodique, et on polarise la cathode positivement de telle sorte que seule l'impulsion passe à l'exclusion de la porte.

Ce système permet donc de choisir une impulsion parmi cent et grâce aux 2 contacteurs à 10 plots on peut choisir n'importe laquelle.

B. REALISATION

1. Bascule de Schmitt et décatron (fig. 10)

La bascule de Schmitt est analogue à celle que nous avons étudiée à propos des décades.

BASCULE DE SCHMITT ET DECATRON

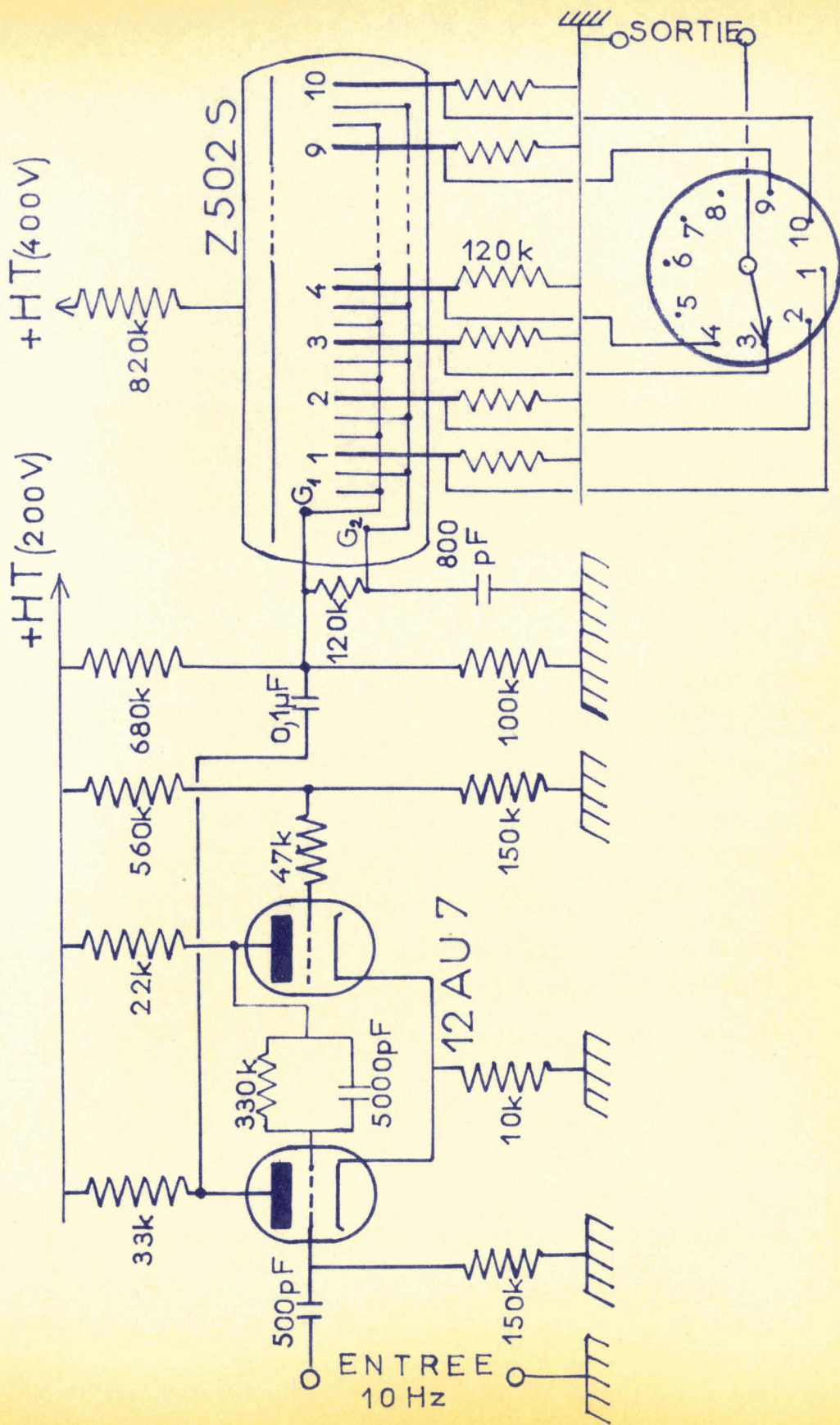


Fig.10

Le but de cet étage est d'obtenir un signal négatif de 100 Volts environ d'amplitude qui servira à l'attaque des cathodes intermédiaires du décatron. Le flanc raide du début de ce signal doit de plus coïncider avec l'impulsion positive du signal différentié de sortie de la 3^è décade.

Nous avons donc attaqué la Bascule de Schmitt par la grille du tube normalement bloqué.

L'impulsion positive crée le basculement, et à la plaque de ce même tube on recueille le signal négatif. La largeur de ce signal (environ 0,250 ms) a été réglée par l'ensemble résistance-capacité de liaison de façon à convenir à l'attaque du décatron qui est du type Z 502 S.

Celle-ci nécessite deux signaux négatifs d'amplitudes approximativement égales et tels que l'un soit légèrement décalé par rapport à l'autre.

Celui qui est en avance est appliqué au guide G_1 et celui qui est en retard au guide G_2 .

C'est un système intégrateur R C qui détermine le retard. Au guide G_1 on applique le signal qui est aux bornes du système R C, et au guide G_2 on applique celui qui est aux bornes du condensateur de 800 p F.

Les reproductions de la fig. 14 montrent le décalage entre les deux.

Les dix cathodes principales du décatron sont reliées à la masse par une résistance de 120 K Ω aux bornes de laquelle on prend la tension de sortie.

Puisque le signal d'entrée a une période voisine de $1/10$ S celle du signal de sortie est voisine de 1 s.

Le ~~contracteur~~ à 10 plots permet de recueillir le signal de sortie de n'importe laquelle des 10 cathodes et de se décaler dans le temps par dixièmes de période.

Ce signal carré positif de 30 volts environ d'amplitude est différentié par le système R C constitué par un condensateur de 5000pF et une résistance de 270 K Ω de constante de temps

$$T = R C = 270. 10^3 \times 5. 10^{-9} = 1350. 10^{-6} \text{ s}$$

qui est très inférieure à $1/10$ s (largeur du signal de sortie du décatron).

L'impulsion positive résultant de cette différentiation sert à attaquer un multivibrateur monostable.

2. Multivibrateur monostable à période variable (FIG 11)

Le multivibrateur monostable a comme l'indique son nom un seul état stable, c'est-à-dire qu'en l'absence de signal c'est l'un des tubes qui conduit. On réalise ceci en reliant l'une des grilles à la H.T. par l'intermédiaire d'une forte résistance, l'autre grille étant maintenue à un potentiel fixe grâce à un diviseur de tension entre la H.T. et la masse. Cette tension est telle que ce tube est normalement un peu en dessous du cut-off lorsqu'aucun signal n'est appliqué.

Sur la fig. 11 il apparaît que le tube de droite V_2 conduit. Supposons qu'on applique une impulsion positive sur la grille de V_1 , le potentiel de celle-ci augmente brusquement faisant conduire V_1 . La tension plaque de V_1 chute, et cette chute est transmise à la grille de V_2 par le condensateur.

Multivibrateur monostable à période variable

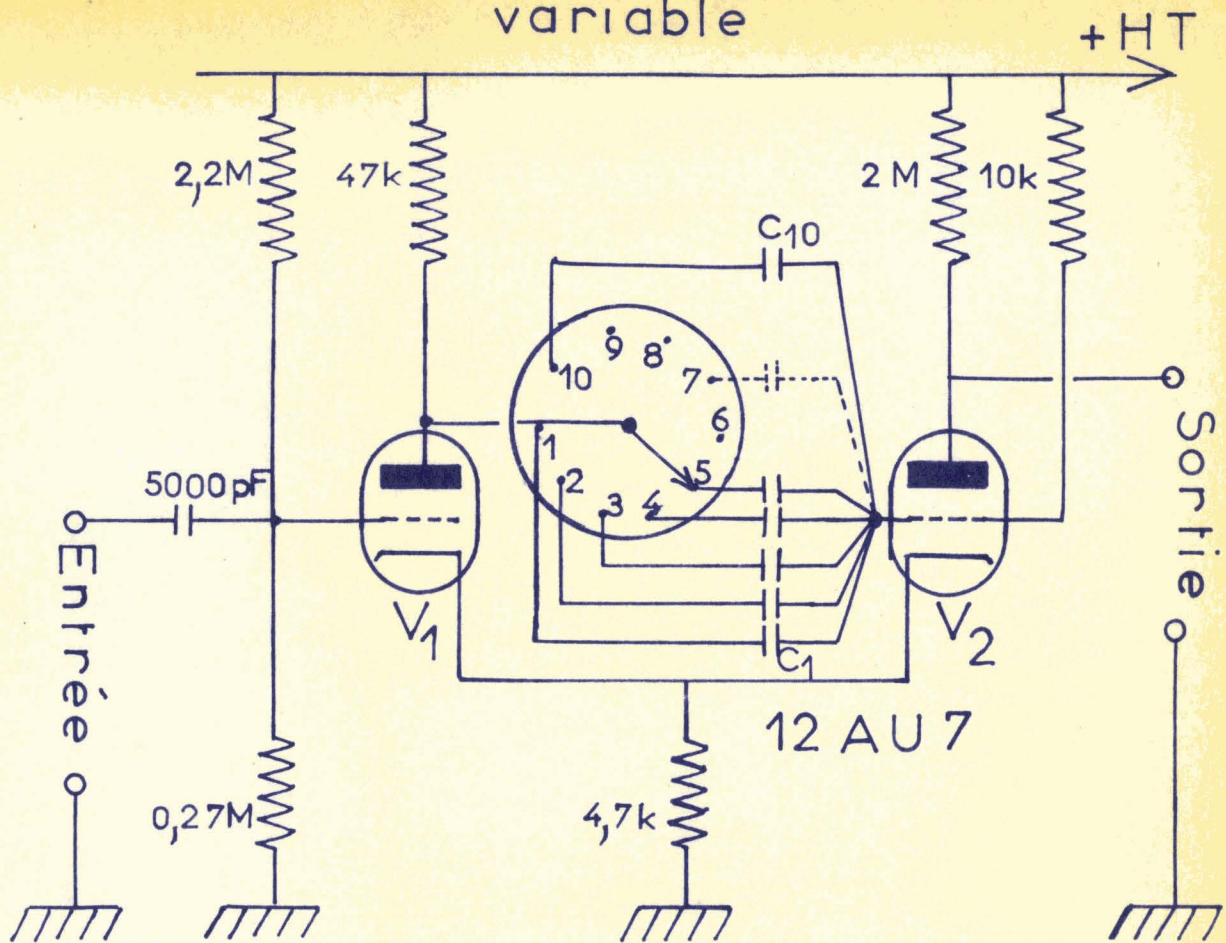


Fig. 11-a

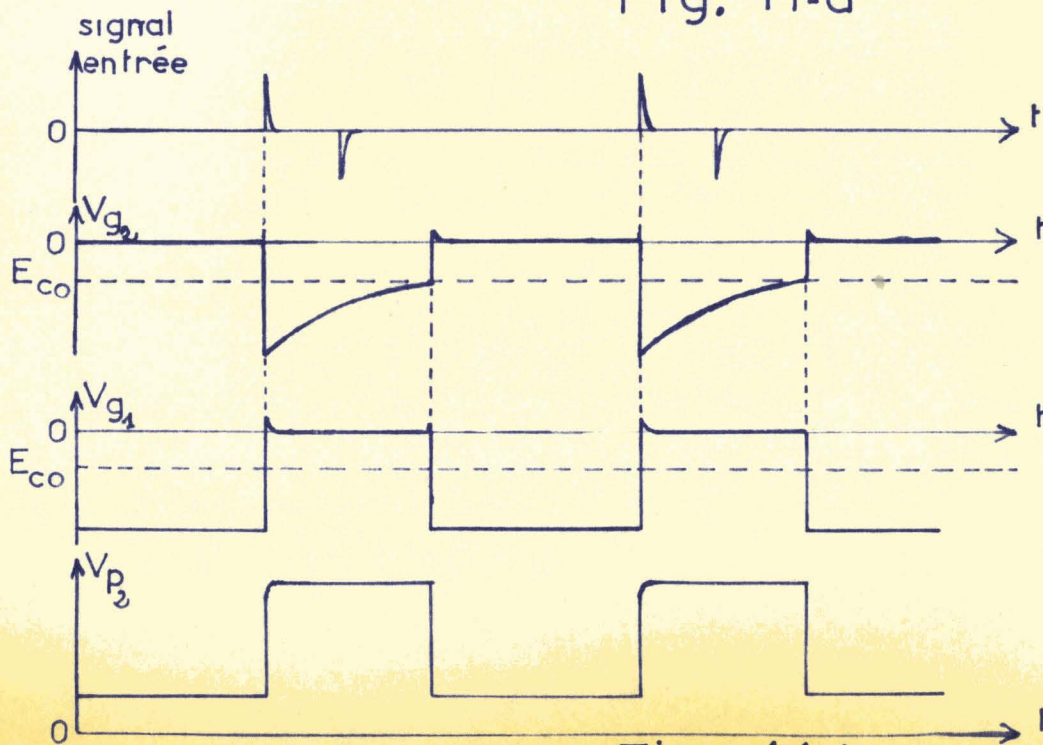


Fig. 11-b

La durée de l'intervalle de temps pendant lequel V_1 conduit est donnée par (Electronic Designers' Handbook Formule 8-26)

$$T = R_3 C \text{ Log } \frac{V_1 + V_{k2} - 2 V}{V_{k1} + E_{co} - V}$$

V_1 = tension plaque de V_1 quand il conduit

E_{co} = recul de grille du tube à la haute tension considérée

V = haute tension

V_k = polarisation de cathode

On a donné à C 10 valeurs différentes qui donnent à la période les valeurs désirées, c'est-à-dire aux environs de 9 ms, 19 ms,..... 99 ms.

3. Obtention de la porte par une bascule de Schmitt (fig. 12)

Le signal positif de sortie du multivibrateur est différencié par un système RC: ($C = 50 \text{ pF}$ et $R = 150 \text{ K } \Omega$) de constante de temps.

$$T = 150 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-12} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Nous obtenons donc 2 impulsions très étroites, et la position de la 2^e qui est négative peut varier grâce au contacteur à 10 plots.

Cette impulsion négative est appliquée sur la grille du tube qui conduit dans la bascule de Schmitt, celui ci se bloque et l'autre se met à conduire accusant une chute de tension à la plaque. C'est cette chute de tension de 80 volts environ d'amplitude qui constitue la porte.

Générateur de Porte

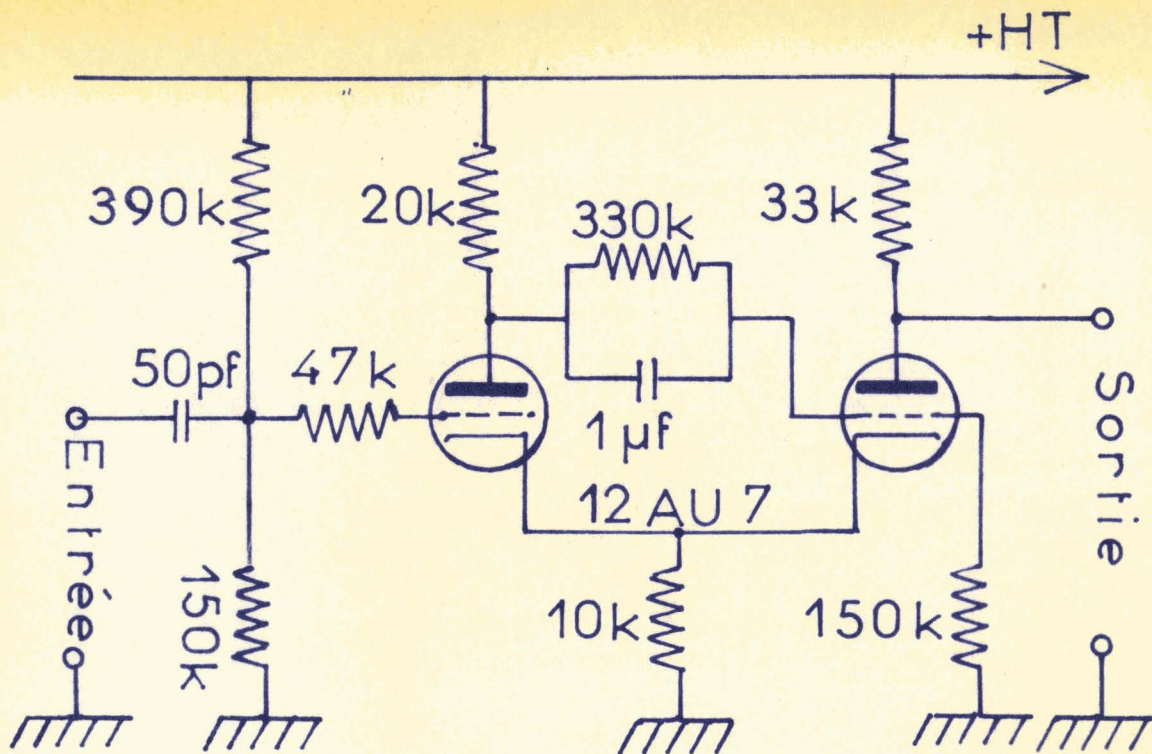


Fig. 12

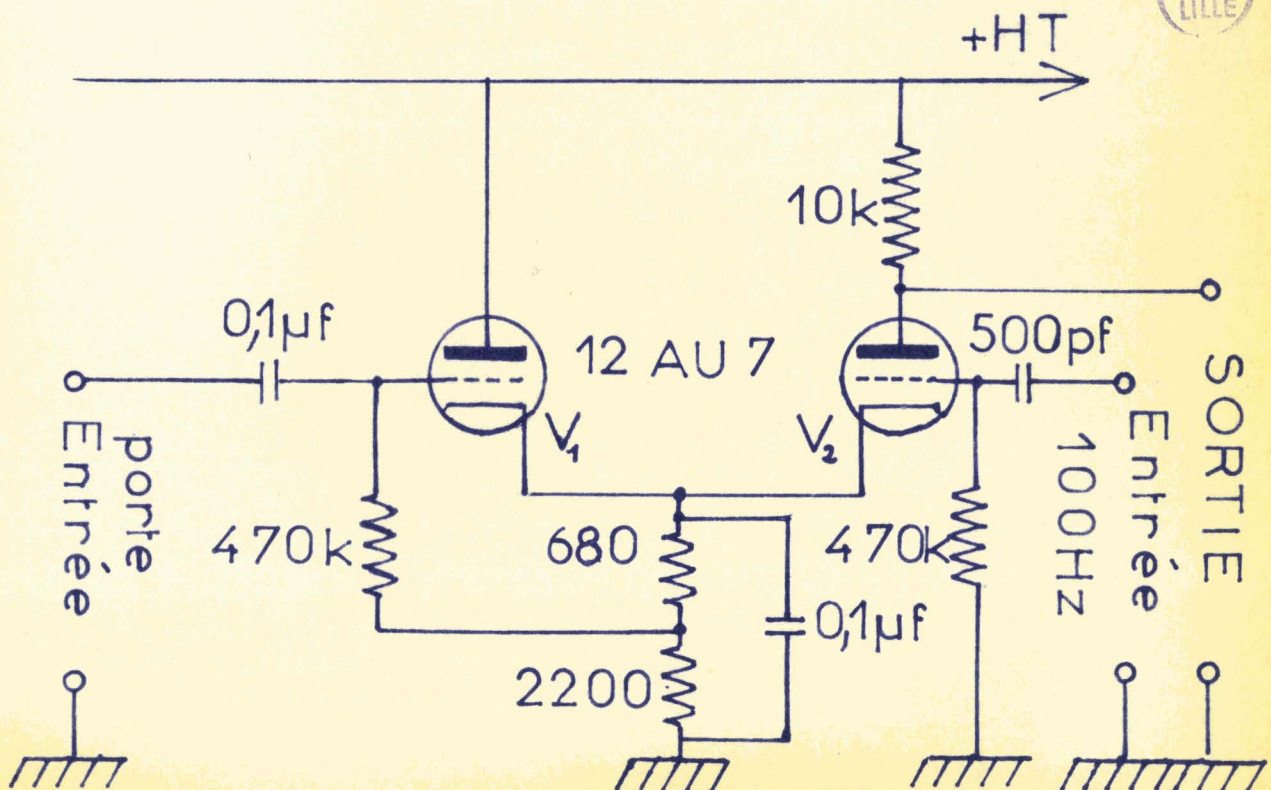


Fig. 13

Nous avons donné à la résistance et au condensateur de liaison entre les 2 tubes des valeurs telles que la largeur de la porte soit de l'ordre de 5 ms.

4. Système laissant passer une impulsion quand elle coïncide avec la porte : (fig. 13)

Ce système est constitué de 2 triodes à cathodes reliées. La polarisation automatique de l'un des tubes se fait par une résistance de 680 Ω et celle de l'autre par une résistance de 2,9 K Ω de sorte que le 1er conduit en l'absence de signal.

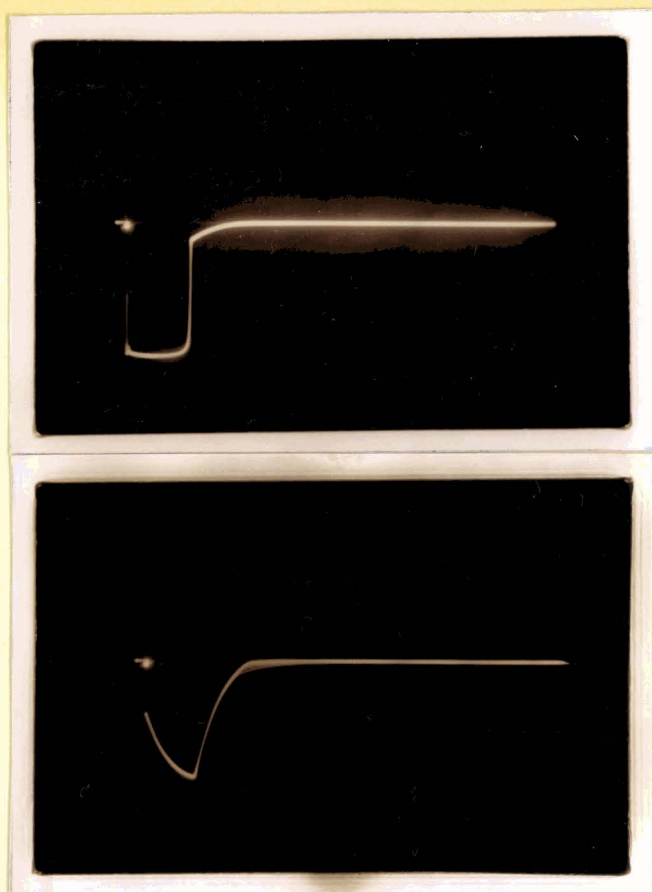
Sur la grille du tube qui conduit (V_1) nous appliquons le signal précédent que nous avons appelé porte. La liaison se fait par un condensateur de valeur suffisamment grande pour que la constante de temps du système R C constitué par ce condensateur et la résistance de fuite de grille soit grande devant la largeur de la porte

$$T = R C = 500 \times 10^3 \times 0,1 \times 10^{-6} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 50 \text{ ms}$$

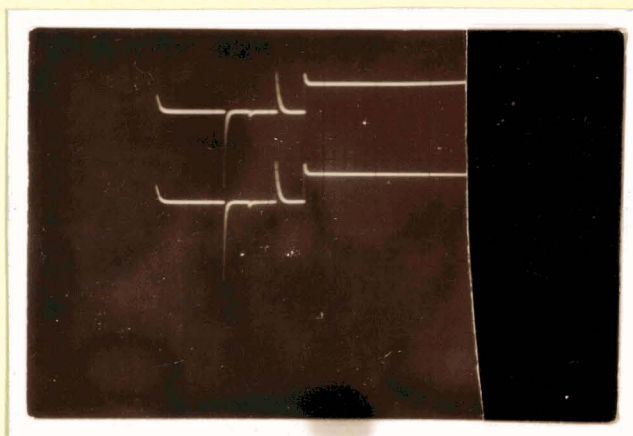
$$T \gg 5 \text{ ms}$$

L'amplitude de la porte étant d'environ 80 Volts V_1 se bloque et V_2 se met à conduire. Sur la plaque de V_2 on peut recueillir un signal carré négatif.

Mais, nous appliquons simultanément sur la grille de V_2 (après différentiation) le signal issu de la 2^e decade. L'amplitude de ce signal étant de l'ordre de 7 Volts, il est trop faible pour faire conduire V_2 quand la porte n'est pas appliquée sur la grille de V_1 . Par contre quand une de ces petites impulsions positives coïncide avec la porte, elle passe et on la retrouve amplifiée à la sortie dans le signal carré négatif vu précédemment. La photographie de la fig. 14 montre cette impulsion en coïncidence avec la porte.



Signaux appliqués aux guides G_1 et G_2 du décatron



Impulsion dans la porte

Amplificateur et charge cathodique de sortie

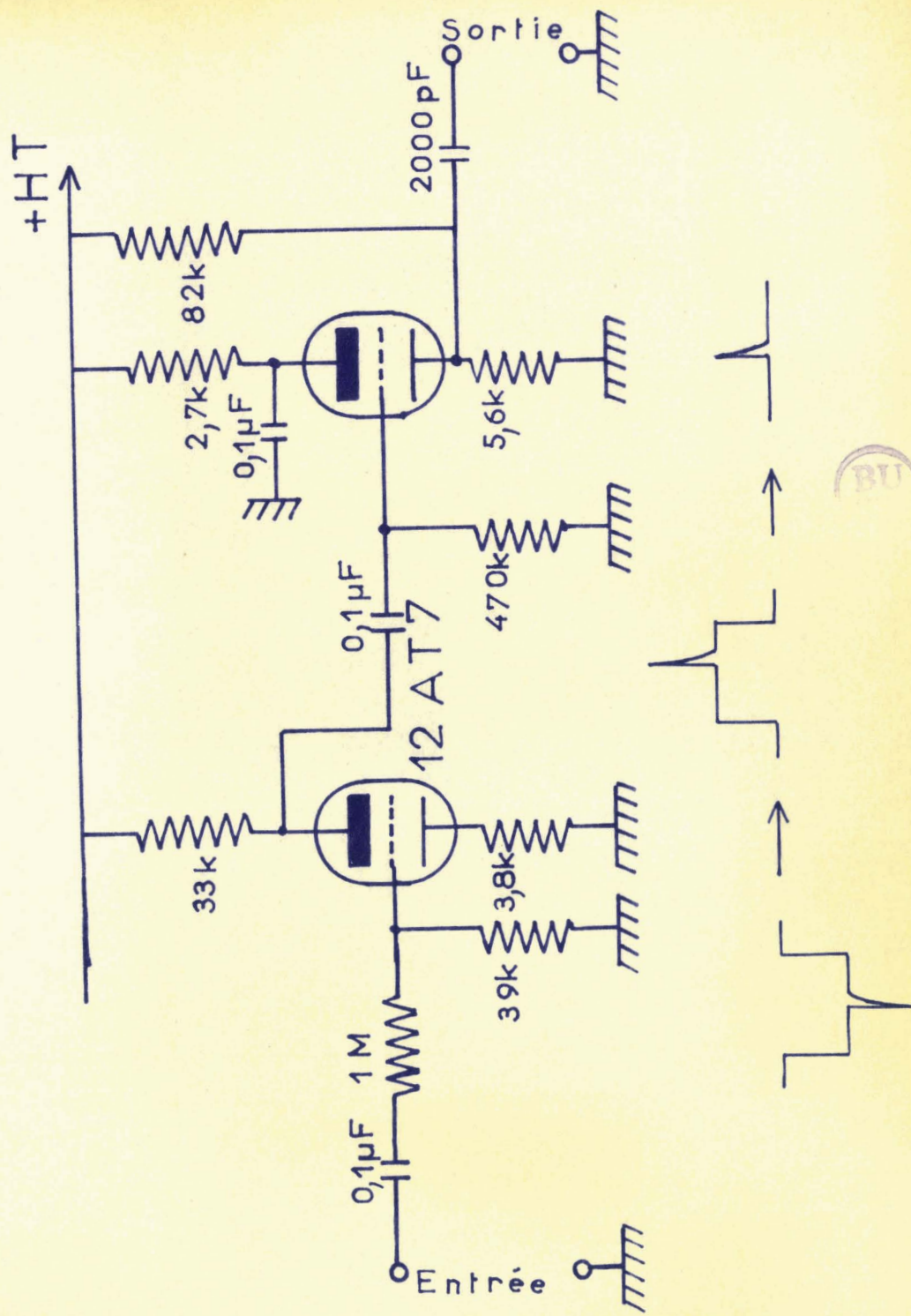


Fig.15

5. Amplificateur et cathode follower de sortie (fig. 15)

Le but de l'amplificateur est d'obtenir un signal positif.

Nous avons utilisé une demi 12 AT7 , l'autre moitié servant pour la charge cathodique.

Pour éviter l'écrêtage du signal nous l'avons d'abord réduit en amplitude par un pont diviseur de tension constitué par deux résistances de 1 M Ω et 39 K Ω . L'amplitude qui était d'environ 100 V est donc réduite à 4 volts aux bornes de la résistance de 39 K

Le signal recueilli à la sortie de l'amplificateur est positif, il a une amplitude d'une quinzaine de volts et a encore la même forme que celui représenté fig. 14.

La charge cathodique a un double but.

- réaliser une sortie sur faible impédance
- supprimer ce qui est en dessous de l'impulsion grâce à une polarisation adéquate de la cathode.

Nous obtenons ainsi une impulsion très étroite dont le temps de montée est de l'ordre de la microseconde et qui coïncide strictement avec l'une des 100 impulsions issues de la 2^e décade. Elle a une amplitude de 10 Volts.

C. ALIMENTATION

L'alimentation de ce montage nécessite 2 valeurs différentes de haute tension

1. une haute tension de 400 V environ pour le décatron
2. une haute tension de 200 V pour les autres tubes.

Nous avons obtenu les 2 valeurs avec la même alimentation.
Nous avons par ailleurs stabilisé celle de 200 Volts.

Le schéma complet en est donné Fig. 16

a) Redressement et filtrage

Le transformateur utilisé est un 90 m A 2 x 360 V

Les 2 alternances sont redressées par une $2 E Z$ 80

Cette tension redressée est filtrée par un filtre en π

La tension de 400 V est obtenue à la sortie de ce filtre.

b) Stabilisation

Pour le multivibrateur monostable, ainsi que pour les bascules de Schmitt il était nécessaire d'avoir une tension stabilisée aux environs de 200 V.

Nous avons construit une stabilisation électronique qui assure une variation de la tension de sortie inférieure à 1 V pour une variation de 40 V du secteur (90 V à 130 V), et une variation de 40 m A du débit (10 m A à 50 m A).

Nous avons placé à la sortie de cette alimentation un condensateur de 16 μF qui joue le rôle de réservoir et évite les fluctuations quand on demande un débit par impulsions.

ALIMENTATION STABILISÉE

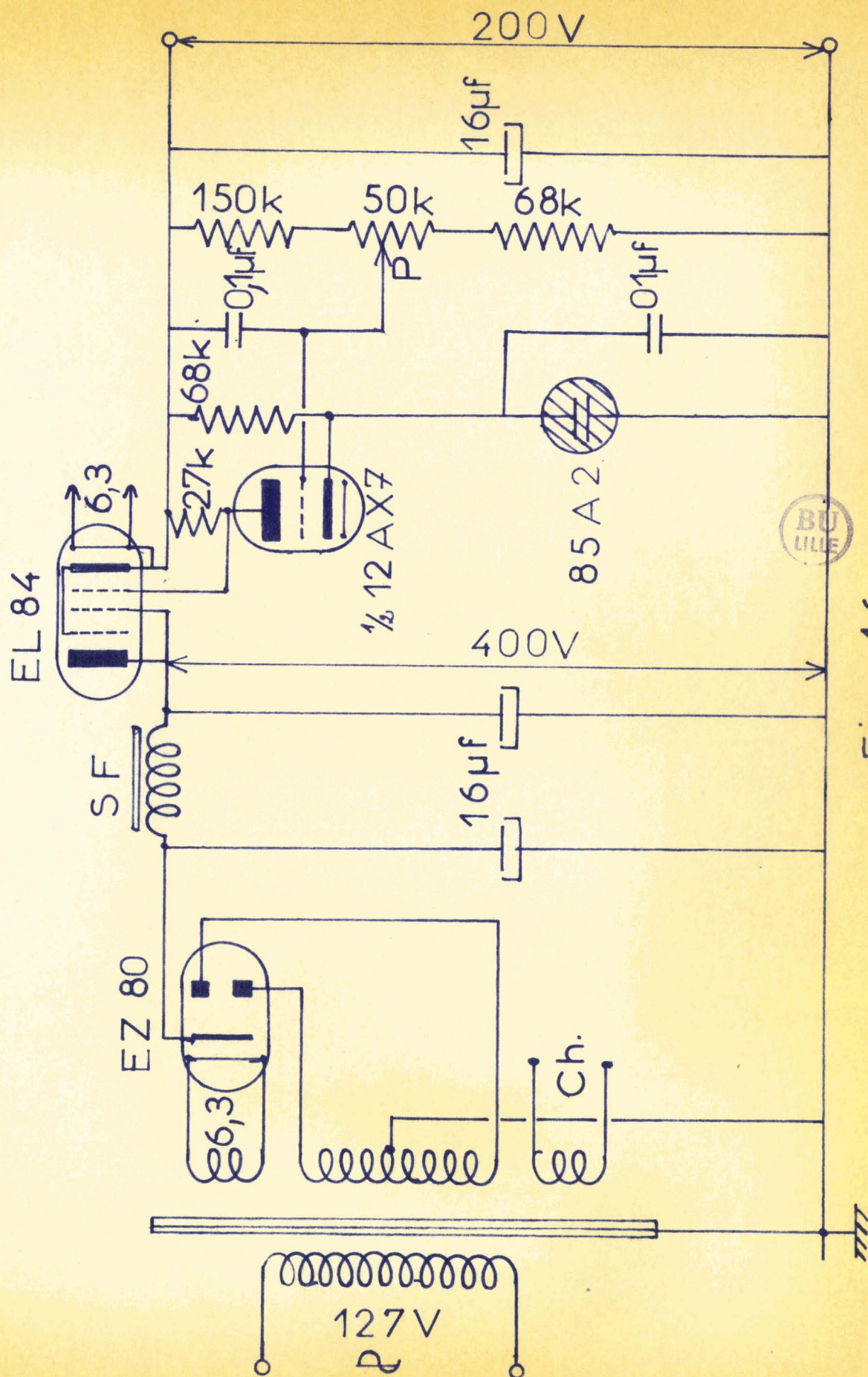


Fig. 16

R E S U L T A T S

=====

Nous n'avons pas eu le temps d'effectuer une série de mesures et de tracer la courbe des valeurs de la fréquence en fonction du temps. Toutefois nous avons fait une mesure d'essai sur un peu plus d'une journée qui nous a permis de constater le bon fonctionnement de l'ensemble des appareils.

La fig. 17 montre deux oscillogrammes de la réception de l'émetteur étalon M.S.F. (sur 5 M Hz) sur lesquels on distingue nettement les 5 sinusoïdes des signaux horaires.

Sur le premier nous avons décalé verticalement les signaux successifs durant le temps de pose, alors que sur le 2^e nous les avons laissés se superposer.

La mesure effectuée a duré environ 30 heures. Nous avons noté plusieurs valeurs du temps autour de la 6^e coïncidence

p = 5	Δ = 0,98 s	t - p = 110 085 s	N = 4 999 728,40 Hz
p = 5	Δ = 0,99 s	t - p = 110 275 s	N = 4 999 728,42 Hz
p = 6	Δ = 0,06 s	t - p = 111 557 s	N = 4 999 728,40 Hz

RECEPTION DE L'ÉMETTEUR ÉTALON



Signaux consécutifs décadrés verticalement



Signaux consécutifs superposés

FIG. 17



B I B L I O G R A P H I E

=====

CHANCE. Wave Forms. (Mc Graw Hill) tome 19

LANDEE - DAVIS - ALBRECHT

Electronic Designers' Handbook (Mc Graw Hill)