

12/68

UNIVERSITÉ D'ALGER

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

lex

Département : Télécommunications

TUBÉ

PROJET FINAL



GENERATEUR

D'IMPULSIONS



Proposé par M^r SANSAL

Etudié et réalisé par

L. TOUCHEN

PROMOTION 1968

S O M M A I R E

Département

Télécommunications

Reçu, le 17/6/68
M. L. M.

- I. INTRODUCTION
- II. PROBLEME
- III. SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA SOLUTION
 - III.1 Rôle de chaque étage
- IV. ETUDE THEORIQUE DE CHAQUE ETAGE
 - IV.1 Etude de l'astable
 - IV.2 Etude du circuit différentiateur
 - IV.3 Etude de l'inverseur de phase
 - IV.4 Etude du circuit de liaison
 - IV.5 Etude du monostable
- V. ETUDE DE L'ALIMENTATION
 - V.1 Schéma
 - V.2 Réalisation pratique de l'alimentation
- VI. REALISATION PRATIQUE DU GENERATEUR D'IMPULSIONS
 - VI.1 Problème
 - VI.2 Schéma général
 - VI.3 Calcul des éléments de l'astable
 - VI.4 Mesures pratiques.
 - VI.5 Calcul de la cellule dérivatrice
 - VI.6 Mesures pratiques
 - VI.7 Calcul de l'inverseur de phase
 - VI.8 Mesures pratiques
 - VI.9 Calcul du monostable et mesures
- VII CONCLUSION

1°/ Calcul de la tension aux bornes du condensateur C₂

On a l'équation différentielle suivante à résoudre :

$$V_o = Ri + V_c \quad i = \frac{dq}{dt} = c \frac{dV_c}{dt}$$

$$RC \frac{dV_c}{dt} + V_c = V_o$$

$$\text{d'ou } V_c = V_o + K \cdot e^{-t/RC}$$

Détermination de la constante K

Avant le blocage la capacité était chargée à un potentiel

$$V_1 = \frac{-V_o \rho}{\rho + R_{p1}} \quad \text{d'ou : } t = 0 \quad V_c = V_1 = V_o + K$$

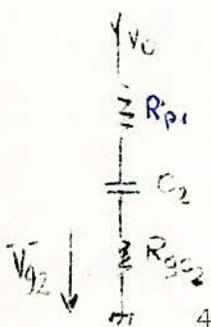
$$K = V_1 - V_o = \left[\frac{\rho}{\rho + R_{p1}} - 1 \right] V_o = \frac{-V_o R_{p1}}{\rho + R_{p1}}$$

$$V_c = \left[1 - \frac{R_{p1}}{\rho + R_{p1}} e^{-t/RC_2} \right] V_o$$

2°/ Calcul du courant de charge ic₂

$$i_{c2} = c \frac{dV_c}{dt} = \frac{R_{p1} V_o}{R(\rho + R_{p1})} e^{-t/RC_2}$$

3°/ Calcul de V_{g2}



$$V_{g2} = R_{gc2} i_{c2} = V_o \frac{R_{p1} R_{gc2}}{R(\rho + R_{p1})} e^{-t/RC_2}$$

4°/ Calcul de U₁

Au temps t = 0 on a

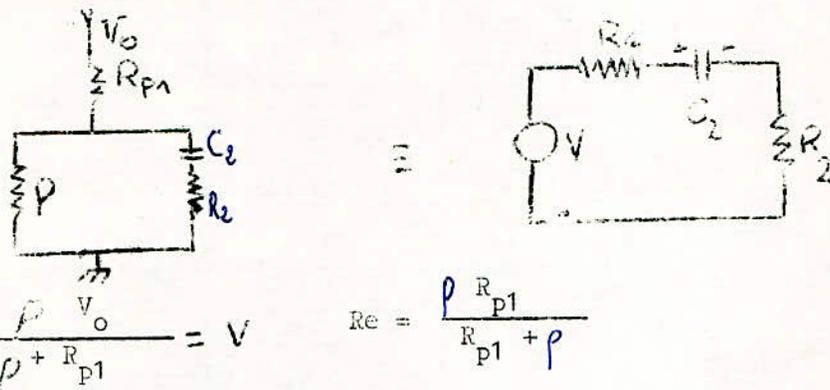
$$V_{g2} = \frac{-V_o R_{p1} R_{gc2}}{R(\rho + R_{p1})} = U_1$$

Remarque

- En général R_{gc2} est faible devant R_{p1}
- De plus c₂ se charge très vite à la tension V_o avec une constante de temps $\tau = RC_2 R_{gc2}$ amenant ainsi la tension V_{g2} à zéro.

b) Supposons maintenant que T_1 conduit, la tension

aux bornes de C_2 est de : $V_c = V_o \left[1 - R_{p1} \frac{e^{-t/R_{p1} C_2}}{R_{p1} + R_{p1}} \right] \neq V_o$
Reprenons le circuit équivalent



$$\frac{R_p V_o}{R_p + R_{p1}} = V \quad R_e = \frac{R_p R_{p1}}{R_{p1} + R_p}$$

Posons $R_3 = R_e + R_2$
 on a : $R_3 C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} + V_{C2} = V$

$$V_{C2} = V + K e^{-t/R_3 C_2}$$

Détermination de la constante K

A l'état initial $t = 0$ le tube étant bloqué on avait :

$$V_{C2} \neq V_o = V + k. = k = V_o - V$$

$$V_c = V + (V_o - V) e^{-t/R_3 C_2}$$

Calcul du courant de décharge

$$i_{C2} = C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} = \left(\frac{V_o - V}{R_3} \right) e^{-t/R_3 C_2}$$

5°/ Calcul de V_{g2}

$$V_{g2} + R_2 i_{C2} = 0 \quad V_{g2} = R_2 i_{C2} = - (V_o - V) \frac{R_2}{R_3} e^{-t/R_3 C_2}$$

$$V_{g2} = - (V_o - V) \frac{R_2}{R_3} e^{-t/R_3 C_2}$$

6°/ Calcul de u_2

$$t = 0 \quad V_{g2} = u_2 = - (V_o - V) \frac{R_2}{R_3}$$

Les tensions V_2 et V_4 ne sont point intéressantes pour être calculées.

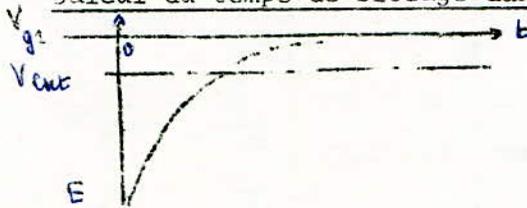
De la même manière on peut calculer V_{g1} et l'on aura :

$$V_{g1} = - (V_o - V) \frac{R_1}{R_3} e^{-t/R_3 C_1}$$

7°/ Calcul de la période de l'astable

Posons $E = (V_o - V) \frac{R_1}{R_3}$

Calcul du temps de blocage du tube T_1



$$V_{g1} = - E e^{-t/R_3 C_1} \quad V = - E e^{-T_1/R_3 C_1}$$

$$- \frac{V_{cut}}{E} = + e^{\left(\frac{-T_1}{R_3 C_1}\right)} = - \frac{T_1}{R_3 C_1} = \text{Log}_e \left(\frac{V_{cut}}{E} \right)$$

d'où $T_1 = R_3 C_1 \log_e \frac{E}{V_{cut}}$

de la même manière on a le temps de blocage de T_2

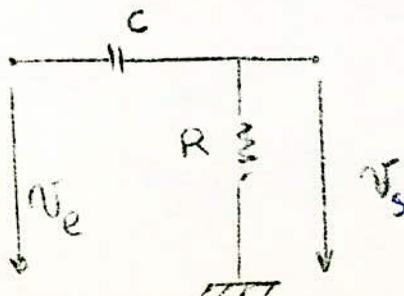
$$T_2 = R_4 C_2 \log_e \frac{E}{V_{cut}} \quad \text{avec } R_4 = R_e + R_1$$

d'où la période $T = T_1 + T_2 = (R_3 C_2 + R_4 C_2) \log_e \frac{E}{V_{cut}}$

Remarque : $R_3 = R_2 + \frac{R_p R_1}{R + R_p} \neq R_2$ et $R_4 \neq R_1$

d'où $T = (R_2 C_2 + R_1 C_1) \log_e \frac{E}{V_{cut}}$

4.2 Le circuit RC différentiateur



Le filtre RC passe-haut est souvent appelé différentiateur lorsque la constante de temps RC est petite. Devant la durée d'impulsion la réponse se rapproche de la dérivée par rapport au temps du signal d'entrée.

Calculons la tension v_s aux bornes de R.

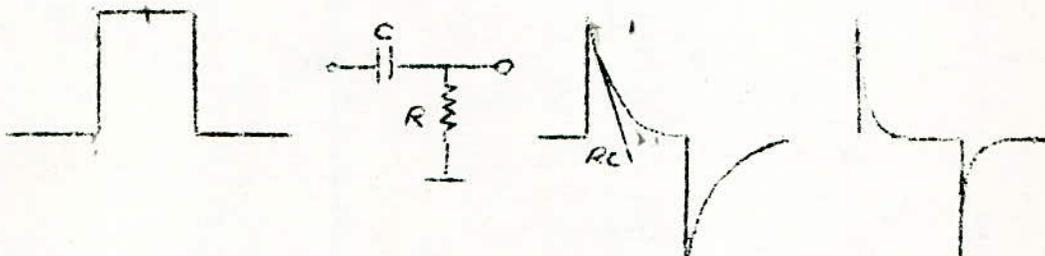
$$v_s = Ri$$

$$V = \frac{1}{C} \int i dt + Ri \Rightarrow 0 = \frac{i}{e} + R \frac{di}{dt}$$

$$i = k e^{-t/RC} \text{ au temps } t = 0 \quad i = \frac{V_e}{R}$$

$$\text{d'ou } \underline{v_s = V_e e^{-t/RC}}$$

Dans notre cas l'astable fournit des signaux rectangulaires. on aura donc à la sortie :



$$v_s = \frac{V_e}{e} e^{-t/RC} \text{ pour le début de l'impulsion}$$

$$v_s = -V_e e^{-t/RC} \text{ pour la fin de l'impulsion.}$$

Le produit RC est appelé $c = \tau$ de temps.

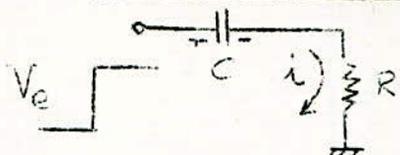
En effet la tg à l'origine est : $\frac{dv_s}{dt}_0 = -\frac{1}{RC}$ (le produit RC est un temps.)

à $t = 0$ $v_s = V_e$ Cela s'explique en remarquant que la tension aux bornes d'un condensateur ne peut pas en général changer instantanément. Elle ne peut varier que si la charge change; et cela se fait en général progressivement lorsqu'un courant traverse un condensateur. Donc les variations rapides sont transmises sans atténuation par un condensateur. Cela signifie que le condensateur peut être considéré comme un court-circuit pour les variations rapides.

Dans le cas présent le front abrupt de l'impulsion est intégralement transmis par le condensateur aux bornes de R.

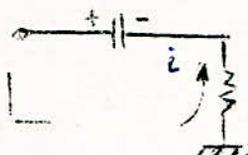
Dés que le condensateur commence à se charger avec une cte de temps RC la tension aux bornes de R décroît exponentiellement et devient nulle quand le condensateur est chargé à E. On remarque que cela se fait au bout de cinq fois la constante de temps.

Circuit de charge du condensateur



A t_1 lorsque la tension V_e retombe à zéro le condensateur se décharge.

Circuit de décharge



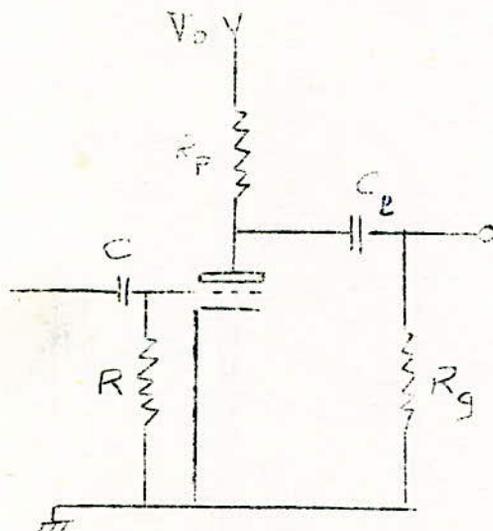
Il y a changement de signe du courant qui entraîne aux bornes de la résistance une tension de polarité opposée à la précédente. Le processus est le même que celui décrit ci-dessus. V_s décroît exponentiellement de $-V_e$ à zéro au bout de cinq $R.C$ environ.

Remarque : La durée des pointes ou pipes aux bornes de R est d'autant plus courte que la constante de temps RC du circuit différentiateur est brève.

4.3 Inverseur de phase

Ayant besoin d'impulsions positives d'amplitude assez élevée, il est nécessaire d'intercaler un inverseur de phase entre l'astable et le monostable.

Schéma



Ce n'est qu'un amplificateur simple saturé. L'impulsion négative bloque le tube et engendre une impulsion positive sur la plaque du tube.

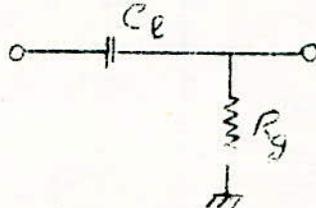
Tandis que l'impulsion positive est court-circuitée par la résistance grille cathode.

Donc à la sortie nous aurons des impulsions positives de fortes amplitudes.

4.4 Circuit de liaison

Il suffit de mettre un circuit RC ayant une très grande constante de temps.

Schéma

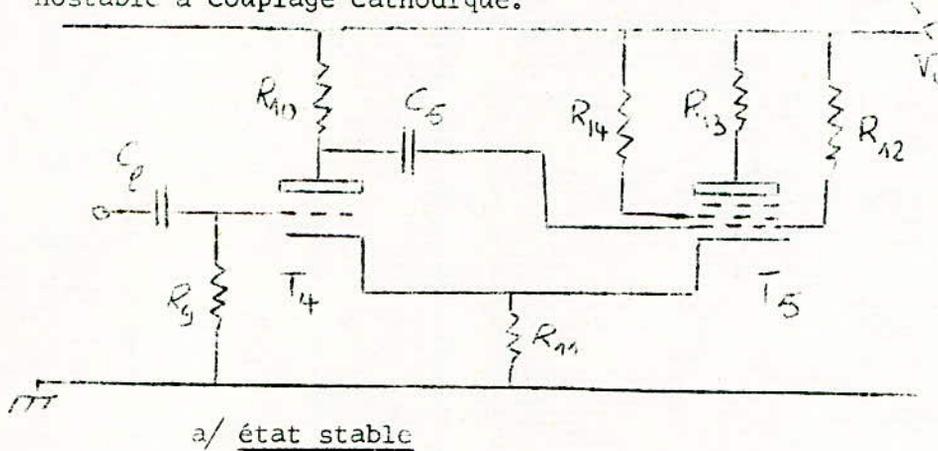


4.5 Etude du monostable

On appelle ce type de circuits univibrateurs ou monostables par suite de son fonctionnement avec retour à son état d'équilibre chaque fois qu'il en est écarté sous l'action d'une commande extérieure.

Schéma

Pour ne pas avoir de problème de polarisation, on réalise le monostable à couplage cathodique.



a/ état stable

L'état stable est obtenu lorsque le tube T4 est bloqué et le tube T5 conducteur.

b/ état instable

T4 conducteur T5 bloqué.

4.5.1 Fonctionnement du monostable

En absence d'impulsion de commande le tube T5 conduit et le tube T4 est bloqué.

La résistance R_{14} est choisie de telle manière que la tension

de grille du tube T5 par rapport à la cathode soit nulle.

La grille du tube T4 est négative par rapport à la cathode; car R_9 est ramenée directement à la masse tandis que la cathode se trouve à un potentiel supérieur à celui de la masse du fait de la circulation du courant du tube T5 à travers R_{11} .

La résistance R_{11} doit être choisie de telle façon que la tension développée à ses bornes soit suffisante pour bloquer le tube T4. Lorsque une impulsion positive d'amplitude convenable est appliquée à l'entrée, la tension de grille de T4 croît et dépasse la valeur de la tension de blocage. Le tube T4 conduit; il apparaît un courant I_{p4} qui provoque une diminution de la tension anodique. Cette diminution de tension est transmise à la grille G1 du tube T5 grâce à la capacité C_5 . Cette grille qui était initialement portée à un potentiel sensiblement nul sera polarisée négativement.

Le courant plaque de T5 va diminuer, ce qui entraîne que la tension aux bornes de R_{11} va également diminuer. Or la tension de la grille du tube T4 est égale à $-R_{11} I_{p5}$; ce qui entraîne que la tension grille augmente; ce qui fait augmenter encore le courant I_{p4} .

Conclusion de cette première phase :

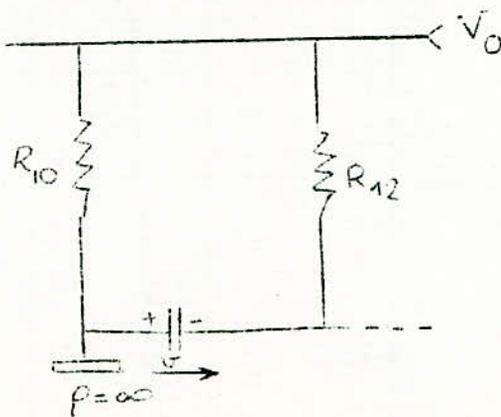
Le courant I_{p4} ira en croissant tandis que le courant I_{p5} ira en diminuant jusqu'au moment où il s'annulera.

Ces phénomènes étant très rapides, le tube T5 sera bloqué instantanément.

La capacité C_5 qui était préalablement chargée va se décharger à travers le tube T5; ce qui rend la tension de grille G1 du tube T5 de plus en plus positive. Lorsque cette tension atteint la tension de cut-off le tube T5 conduira de nouveau, un courant (I_{p5}) apparaîtra qui ira en augmentant tandis que le courant I_{p4} ira en diminuant jusqu'au moment où il s'annulera. Ainsi on revient à l'état stable initial. Il suffira d'une autre impulsion positive pour rompre cet état d'équilibre.

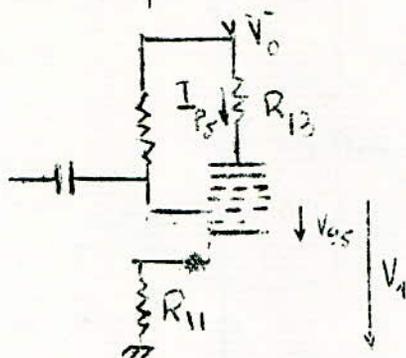
4.5.2 Etude de la Répartition des tensions

a) En l'absence d'impulsion



4.5.2.1. Charge du condensateur C₅

Le condensateur C₅ est chargé à la tension :
 $v = V_0 - V_1$



$$V_{g5} + R_{11} I_{p5} - V_1 = 0$$

$$V_{g5} = V_1 - R_{11} I_{p5} \quad \text{or} \quad V_{g5} = 0 = \underline{V_1 = R_{11} I_{p5}}$$

d'ou la charge de C₅ est égale à : $v : \underline{V_0 - R_{11} I_{p5}}$

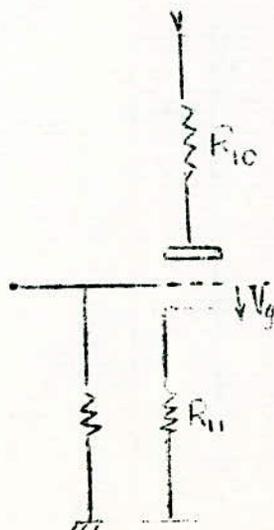
4.5.2.2. Tension plaque du tube T₅

$$V_{p5} = V_0 - R_{13} I_{p5} - R_{11} I_{p5}$$

$$I_{p5} = \frac{V_0}{\rho + R_{13} + R_{11}} = V_{p5} = V_0 \left[1 - \frac{(R_{11} + R_{13})}{\rho + R_{11} + R_{13}} \right]$$

$$\underline{V_{p5} = V_0 \frac{\rho}{\rho + R_{11} + R_{13}}}$$

4.5.2.3. Tension grille du tube T₄



$$\underline{V_g = - R_{11} I_{p5}}$$

4.5.2.4 Conditions pour que le tube T4 ne débite pas

Soit ($V_{\text{cut-off}}$) la tension de cut-off correspond à la tension plaque $V_{p4} = V_0 - R_{11} I_{p5}$ la condition pour que le tube T4 ne débite pas sera :

$$V_0 - R_{11} I_{p5} \leq (V_{\text{Cut-off}})$$

a) Etats des potentiels lorsque l'impulsion est appliquée

L'application d'une impulsion positive convenable à pour effet de faire disparaître I_{p5} au bout d'un temps pratiquement nul.

2.5 Tension de plaque de T5

La tension de plaque de T5 remonte à V_0 .

2.6 Courant du tube T4 et tension grille V_g

Le tube T4 conduit, son point de fonctionnement sera déterminé par :

$$\rho I_{p4} = \mu V_g + V_{p4}$$

$$V_g = -R_{11} I_{p4} \quad V_{p4} = V_0 - (R_{11} + R_{10}) I_{p4}$$

$$\rho I_{p4} = -\mu R_{11} I_{p4} + V_0 - (R_{11} + R_{10}) I_{p4}$$

$$I_{p4} [\rho + (1+\mu) R_{11} + R_{10}] = V_0$$

$$I_{p4} = \frac{V_0}{\rho + (1+\mu) R_{11} + R_{10}}$$

De plus $V_g = -R_{11} I_{p4}$

2.7 Potentiel de la cathode

$$U_c = R_{11} I_{p4} = R_{11} \frac{V_0}{\rho + (1+\mu) R_{11} + R_{10}}$$

2.8 Potentiel de la plaque T4 par rapport à la masse

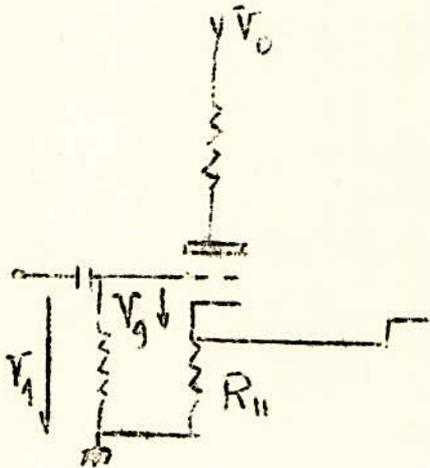
$$V_{p4} = V_0 - R_{10} I_{p4} = V_0 \left[1 - \frac{R_{10}}{\rho + (1+\mu) R_{11} + R_{10}} \right]$$

$$\frac{V_0 [\rho + R_{11} (1 + \mu)]}{\rho + (1 + \mu) R_{11} + R_{10}} = V_{p4}$$

2.9 Chute de tension transmise à la grille du tube T5

Cette chute de tension est égale à $V_0 - V_{p4}$

2.10 Condition pour que le tube T4 débite



$$V_g + R_{11} I_{p5} - V_1 = 0$$

$$V_g = V_1 - R_{11} I_{p5}$$

La condition sera :

$$V_1 - R_{11} I_{p5} \geq (V \text{ Cut-off}) T_4.$$

La durée de l'impulsion est approximativement égale à :

$$t = R_{12} C_5 \log \frac{a + b}{a + \frac{1}{\mu}}$$

t = durée de l'impulsion

a = étant le rapport de la tension d'alimentation négative de grille de T₅ à la tension V₀

b = rapport de l'excursion négative de grille de T₅ à V₀

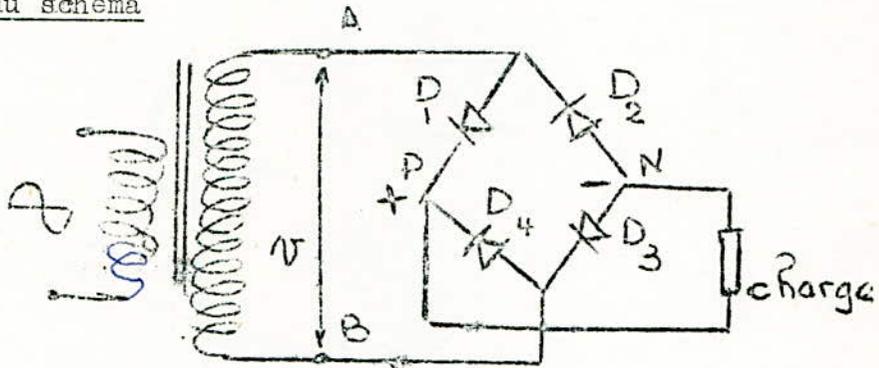
Redressement bi-alternance par pont de GRAËTZ5.1 Etude du schéma

Fig 1

Quatre diodes montées en pont redressent les 2 alternances d'une tension monophasée.

Les diodes sont disposées suivant les côtés d'un quadrilatère l'une des deux diagonales du pont contient la source, l'autre la charge.

Deux diodes opposées conduisent simultanément, pendant une alternance sur deux. (Elles sont en série avec la charge de dont on tient compte pour le calcul de la chute de tension).

Le pôle positif P du redresseur est le seul sommet du quadrilatère relié à 2 cathodes, le pôle négatif N est le seul sommet relié à deux anodes.

La charge est soumise à une tension ininterrompue et de sens constant.

Supposons, pour simplifier l'étude, une charge purement résistive R et un redresseur idéal.

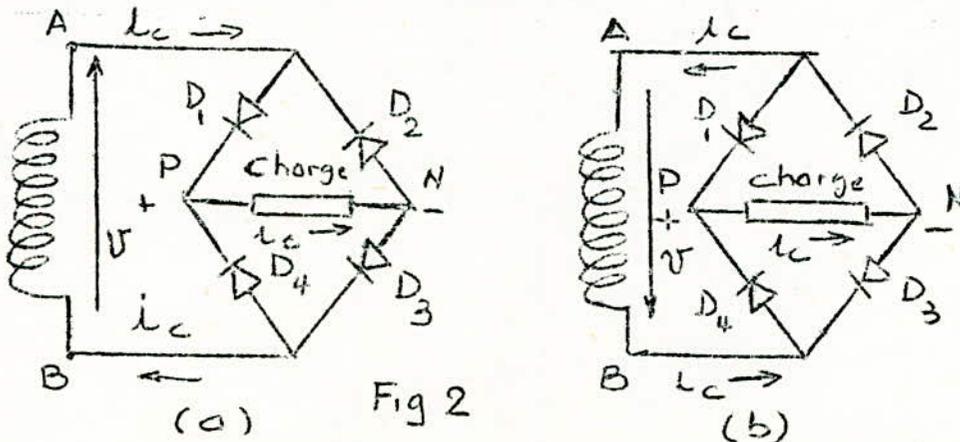


Fig 2

Le circuit en trait gras de la figure 2 indique le trajet du courant lorsque la tension d'alimentation v a le sens indiqué par la flèche.

- (c'est-à-dire . A positif par rapport à B 2 (a)
- . B positif par rapport à A 2(b)

La charge est alors soumise de P vers N à la tension v (figure 2(a), les diodes D_1 et D_3 conduisent, D_4 et D_2 bloquées.

Pendant l'alternance opposée de v , les diodes D_1 et D_3 sont bloquées tandis que D_4 et D_2 sont conductrices (2b), la charge est soumise à la tension v , toujours de P vers N .

La tension redressée est donc égale à la valeur absolue de la tension d'alimentation.

Si $v = V_m \sin t$., la tension redressée U_c est de la forme de la figure (3)

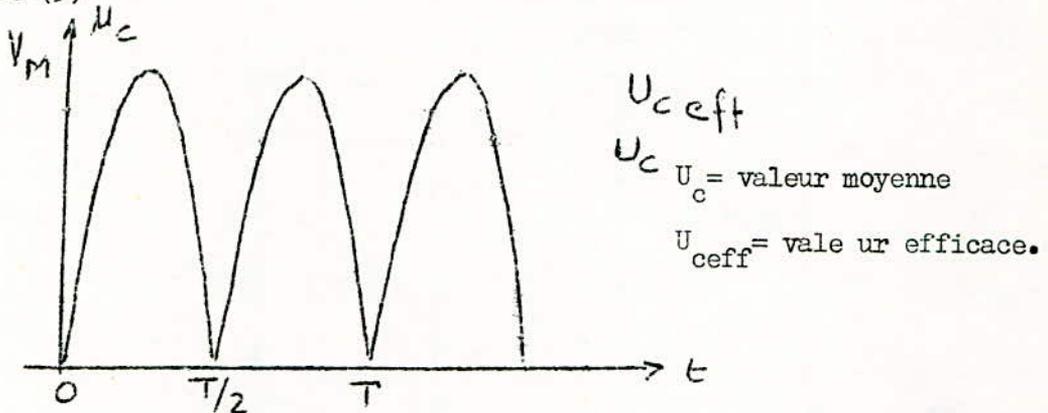


Fig. 3 : Tension redressée instantanée U_c

II Tension redressée moyenne U_c , et tension redressée efficace. U_{ceff} .

- a) Cas du redresseur idéal. { Résistance R_d directe nulle
 Résistance R_i inverse nulle

Calcul de la valeur instantanée u de la tension redressée

$v = V_m \sin t = (2 R_d + R) i_c$ pendant l'alternance de conduction.

$$u = R i_c.$$

$$i_c = \frac{V_m}{2R_d + R} \sin \omega t \quad \text{avec } V_m = V \sqrt{2}$$

$$u = \frac{R V_m \sin \omega t}{2 R_d + R}$$

Calcul de la tension moyenne U_c

$$u_c = \frac{1}{T} \int_0^T u_i dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u_i dt$$

$$u_c = \frac{2R V_m}{T(2R_d + R)} \int_0^{T/2} \sin \omega t dt$$

$$u_c = \frac{2R V_m}{T(2R_d + R)} \times \frac{1}{\omega} \left[-\cos \omega t \right]_0^{T/2}$$

$$u_c = \frac{2R V_m}{T(2R_d + R)} \times \frac{1}{\omega T} \left[\cos \frac{\omega T}{2} - \cos 0 \right] \text{ or } \omega T = 2\pi$$

$$U_c = \frac{2R V_m}{(2R_d + R)\pi} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V \cdot R}{\pi (2R_d + R)}$$

* donc si $R_d \neq 0$

$$U_c = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V$$

Dans ce cas U_c est égale à la valeur moyenne de la tension d'alimentation.

Remarque I

Pour une même valeur de crête, la tension redressée moyenne est 2 fois plus grande que dans le redressement monophasé simple alternance ($U_c = \frac{\sqrt{2} V}{\pi}$)

Tension redressée efficace : U_{ceff}

De même la tension redressée efficace est égale à la valeur efficace de la tension d'alimentation.

$$V_{ceff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V$$

Remarque II

Pour une même valeur de crête, la tension redressée efficace est $\sqrt{2}$ fois plus grande que dans le redressement monophasé simple alternance ($V_{ceff} = \frac{V_m}{2}$)

b) La résistance R_d d'une diode n'est pas négligeable devant la charge.

On obtiendra U_c et U_{ceff} en divisant simplement les résultats précédents par : $(1 + \frac{2R_d}{R})$

$$\text{soit : } V_c = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{V_m}{(1 + \frac{2R_d}{R})} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V}{1 + \frac{2R_d}{R}} \quad (1)$$

$$U_{\text{ceff}} = \frac{V_m}{\sqrt{2} \left(1 + \frac{2R_d}{R} \right)} = \frac{V}{1 + \frac{2R_d}{R}} \quad (2)$$

La relation (1) s'écrit encore :

$$U_c = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V - 2 R_d \frac{U_c}{R} \quad \text{ou} \quad \frac{U_c}{R} = I_c$$

$$U_c = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} - 2 R_d I_c$$

$$U_c = 0,90 V - 2 R_d I_c$$

c) Facteur de forme.

On appelle facteur de forme F, le rapport de la tension redressée efficace sur la tension redressée moyenne.

$$F = \frac{U_{\text{ceff}}}{U_c} = \frac{V}{2\sqrt{2}} \frac{\pi}{V} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$

III Courant redressé

On déduit son expression de celle de la tension par la loi d'Ohm, par exemple lorsque la charge est une résistance pure et les diodes des redresseurs secs; on a :

$$\text{Courant redressé instantané} \left\{ i_c = \frac{U_c}{R} = \frac{V_m}{R + 2R_d} |\sin \omega t| \right.$$

$$\text{Courant redressé moyen} \left\{ i_c = \frac{U_c}{R} = \frac{2 V_m}{\pi (R + 2 R_d)} = \frac{2 \sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V}{(R + 2 R_d)} \right.$$

$$\text{Courant redressé efficace} \left\{ I_{\text{ceff}} = \frac{U_{\text{ceff}}}{R} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_m}{R + 2R_d} = \frac{V}{R + 2R_d} \right.$$

Remarque: Si la résistance du transformateur n'est pas négligeable, on l'ajoute à $2R_d$.

$$R_{tr} = R_p n^2 + R_s \quad \text{avec } R_p \text{ résistance du I aire} \\ R_s \text{ résistance du IIaire} \\ \text{rapport de transformation.}$$

Le taux d'ondulation

$$\tau = \sqrt{F^2 - 1}$$

Pour avoir une tension continue il faudra faire :

$$\tau = 0 \text{ et } F = 1$$

5.2 REALISATION PRATIQUE DE L'ALIMENTATION

La valeur continue de la tension aux bornes de R est :

$$V_r = \frac{V R}{R + R_{eq} + 2 R_d}$$

Si $R_{eq} = 0$ et $2 R_d = R$ on a :

$$V_2 = V_0$$

$$V_r = \frac{2 V_{max}}{\pi} = \frac{2 V_2 V_{eff}}{\pi}$$

On a besoin de deux tensions :

a) $V_{R1} = 250 \text{ V}$

b) $V_{R2} = 150 \text{ V}$

Dans le cas (a) on calcul V_{eff} à l'entrée puis on réalise une chute de tension qui nous donnera les 150 V.

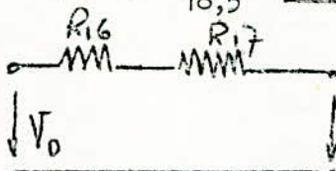
a) $V_{R1} = 250 \text{ V}$

$$V_{eff} = \frac{V_r \pi}{2\sqrt{2}}$$

$$V_{eff} = \frac{250 \cdot 3,14}{2 \cdot 1,414} = \frac{785}{2,828} = 280 \text{ V}$$

b) Pour avoir 150 Volts on a réalisé une chute de tension de 100 V. Le débit des lampes est de 18,5 mA.

$$\text{d'où } R = \frac{100}{18,5} = 5,4 \text{ K}\Omega$$



$$R_{16} = R_{17} = 2,7 \text{ K}\Omega$$

Pratiquement on obtient :

$$V_0 = 280 \text{ V au lieu de 250}$$

$$V_0' = 160 \text{ V.}$$

Remarque: Pour avoir un taux d'ondulation très petit, on a mis des capacités de filtrage de $500 \mu\text{F}$ $C_7 = C_8 = 500 \mu\text{F}$

$$\text{En pratique on trouve } = \frac{0,04}{200} = 0,02 \%$$

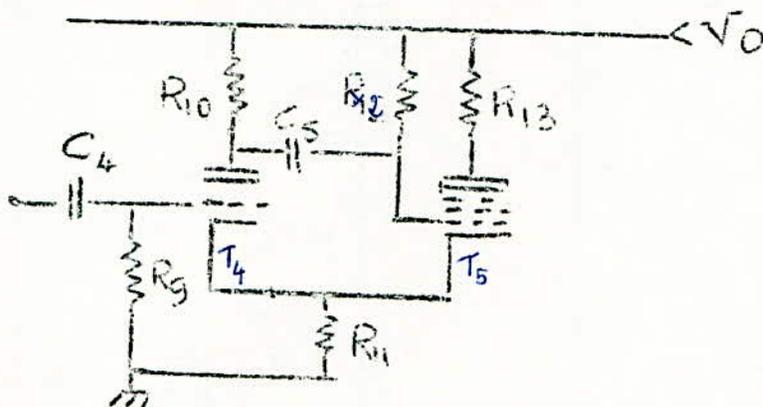
6. REALISATION PRATIQUE

6.1 Problèmes

Pour pouvoir obtenir des impulsions correctes, c'est à dire un temps de montée et un temps de descente faible il faut :

1°/ Trouver des tubes ayant des capacités parasites faibles

2°/ Trouver des tubes ayant une pente élevée; en effet reprenons le montage du monostable.



Le temps pendant lequel T_5 reste bloqué est approximativement égal à :

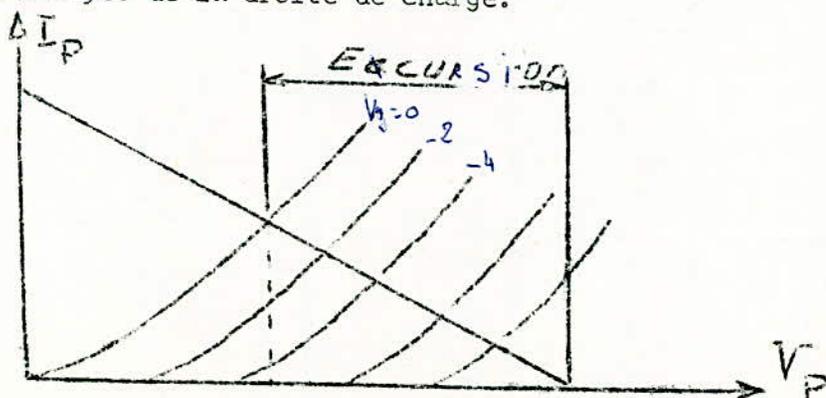
$$t = R_{12} C_5 \log \frac{a+b}{a + \frac{1}{\mu}}$$

t = temps de blocage de T_5

a = étant le rapport de la tension d'alimentation négative de grille de T_5 à la tension V_0

b = rapport de l'excursion négative de grille de T_5 à μV_0

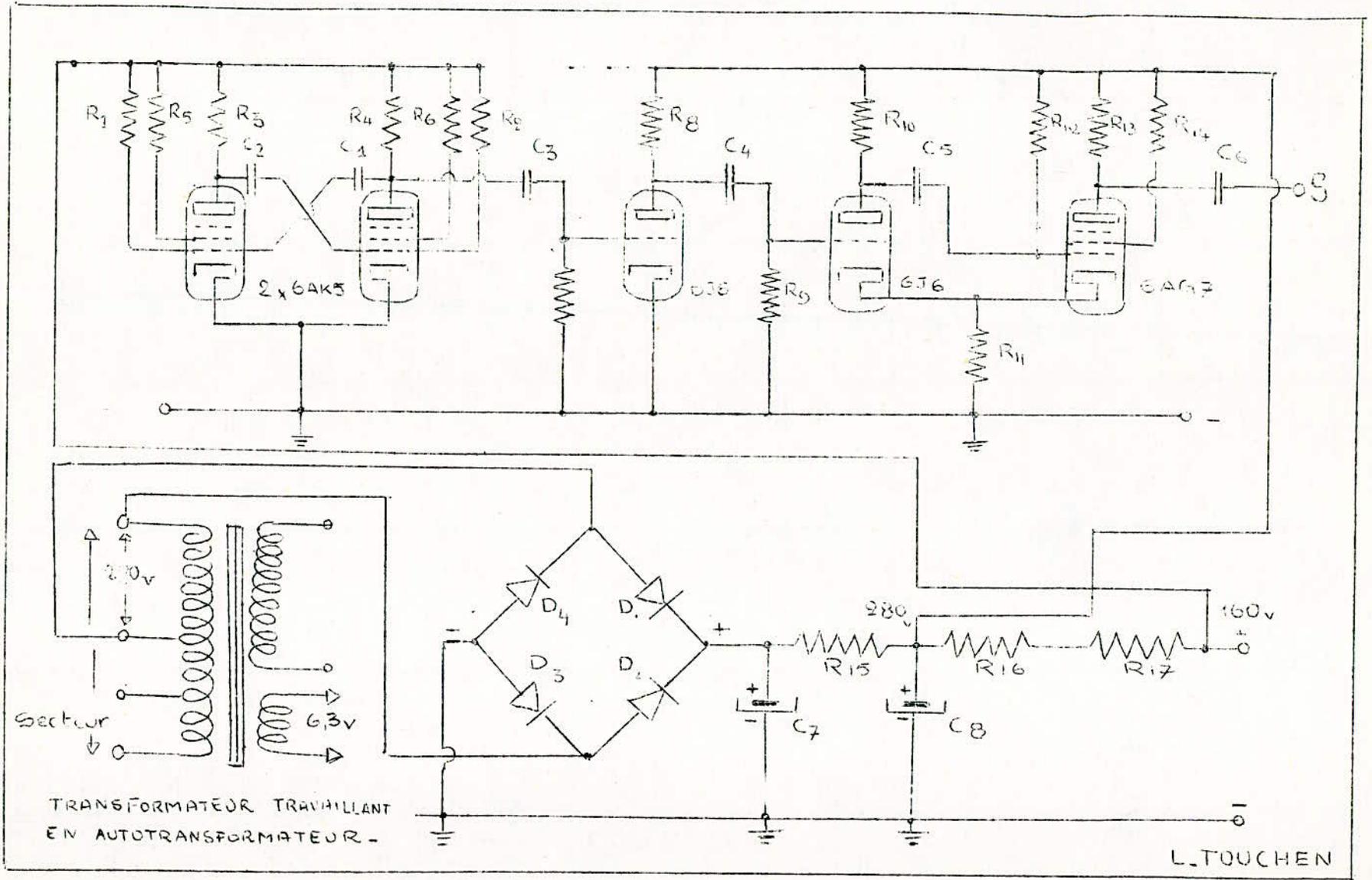
Dans le cas présent R_2 est relié à la HT donc $a = 1$, b est obtenu par l'analyse de la droite de charge.



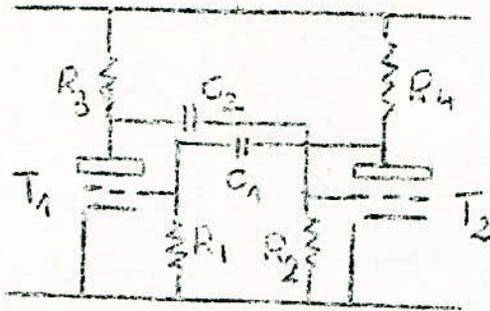
Condition : $R_{12} \gg R_{10}$

Dans notre cas on désire une impulsion de courte durée on peut diminuer la durée de l'impulsion en agissant soit sur R_{12} ou bien par C_{12} , or :

- La réduction de C_{12} est limitée par la capacité parasite d'entrée du tube T_3 .
- Si C_{12} est trop petit il n'y a pas de commutation et le circuit est perpétuellement stable.
- La réduction de R_{10} est limitée par le courant de grille de T_3 et par la valeur de b lorsque R_{12} est voisin de R_{10} .
- En diminuant le temps de conduction de T_4 on réduit le rapport de transition au temps de conduction. Lorsque ces deux durées sont à peu près égales, les temps de montées et de descente des impulsions représentent une fraction appréciable de la longueur des impulsions.
- Pour réduire le temps de transition il faut employer des tubes ayant une forte pente et une capacité interélectrode faible.



6.3 Calcul des éléments de l'astable



$$T_1 \text{ et } T_2 = 6AK5$$

Les tubes employés sont des 6.A.K.5 ces tubes ont des capacités parasites faibles.

6.3.1 Choix du temps de charge des capacités.

Temps de charge des capacités.

Le temps de charge des capacités ainsi que le temps de montée n'étant pas imposés, on peut prendre le dixième de la durée d'impulsions, donc :

$$t_{ch} = \frac{T_1}{10} = \frac{T_2}{10}$$

car

$$T = T_1 + T_2 = R_1 C_1 \log \frac{E}{U} \Rightarrow t_{ch} = \frac{500 \mu s}{10} = 50 \mu s$$

$$\text{on } t_{ch} = 5 R_p C = 5 R_3 C_2 = 50 \mu s$$

d'où $R_4 C_1 = R_3 C_2 = 10 \mu s$

6.3.2 Détermination de la tension cut-off

D'après les caractéristiques $V_{cu} \neq 8 \text{ V}$.

6.3.3 Choix des résistances R_3 . R_4

(Voir graphique des tubes 6 AK5)
tubes T1 et T2

Ce qui donne une charge de :

$$I_p \neq 20 \text{ mA}$$

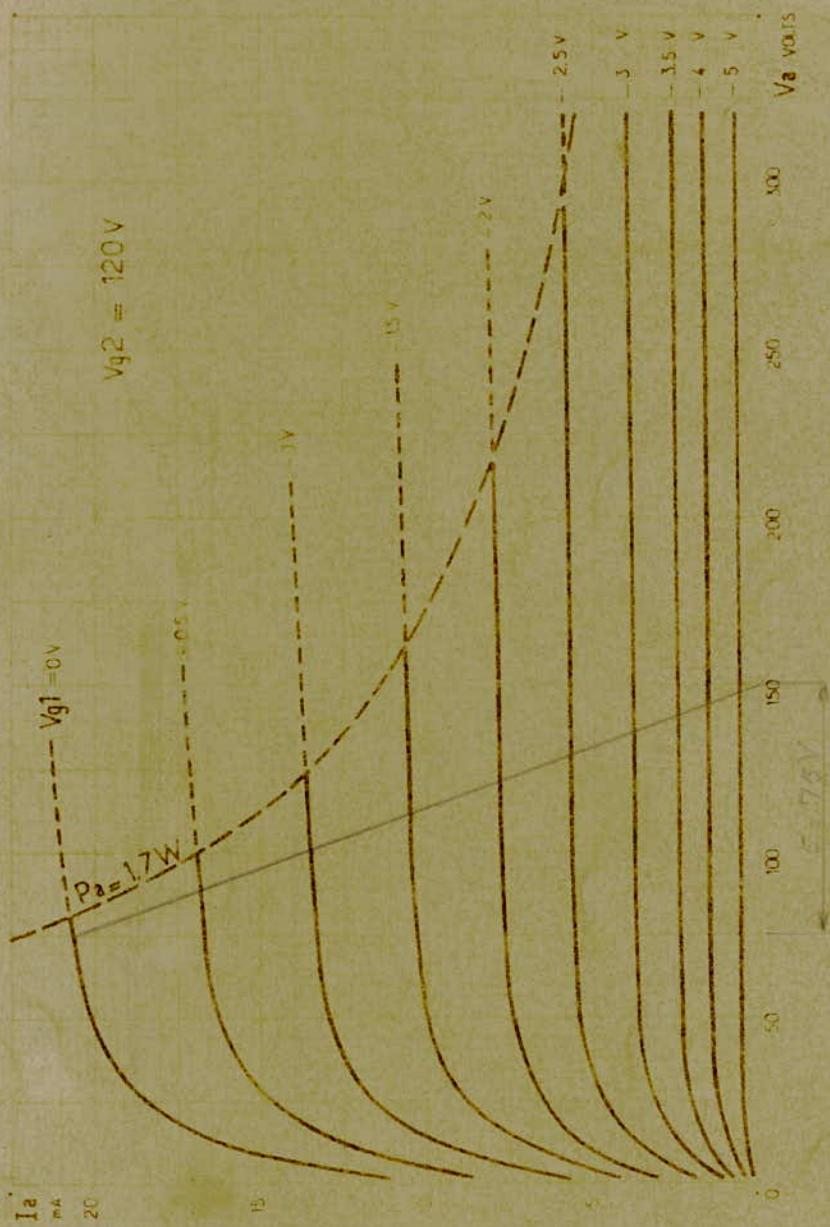
$$V_p = V_o - R_p I_p = \quad R_p = \frac{V_o - V_p}{I_p}$$

$$R_3 = R_4 = \frac{150 - 90}{20 \cdot 10^{-3}} = \frac{60}{20 \cdot 10^{-3}} = 3 \text{ K}\Omega$$

En pratique on prendra $R_3 = R_4 = 3,3 \text{ K}\Omega$

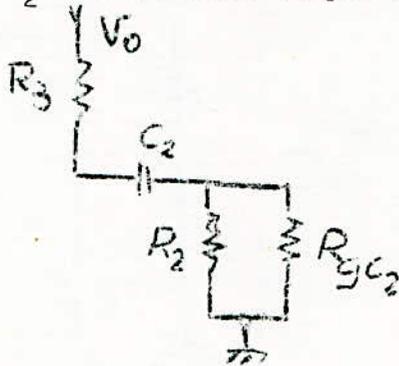
6AK5

PENTODE AMPLIFICATEUR DE TENSION POUR TRÈS HAUTES FRÉQUENCES



6.3.4 Calcul des capacités C_1 et C_2

Si l'on veut être un peu plus précis pour le temps de charge de C_1 et C_2 il faut tenir compte de : R_{gc_2} et de R_2 en //



Remarque : $R_{gc_2} < R_2$ et $R_{gc_2} < R_3$ on a avec une approximation :

$$t_{ch} = 5 R_3 C_2$$

$$d'où C_2 = C_1 = \frac{10}{10^6 \cdot 3,3 \cdot 10^3} = \frac{1}{10^8 \cdot 3,3} = \frac{0,33}{10^8} = \underline{3300 \text{ pf}}$$

N'ayant pas pu obtenir des capacités de 3300 pf on peut prendre des capacités de 2200 pf.

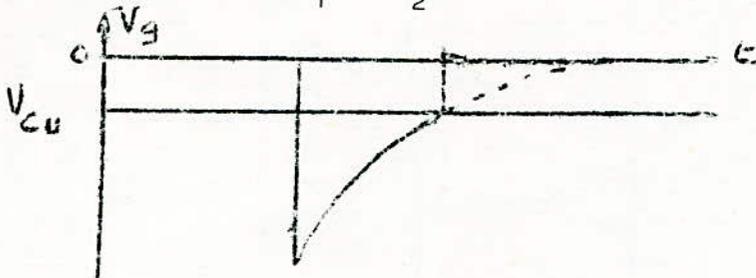
6.3.5 Calcul de R_1 et R_2

En reliant R_1 et R_2 à la masse on obtient :

$$T_1 = R_2 C_2 \log \frac{E}{V_{cut}}$$

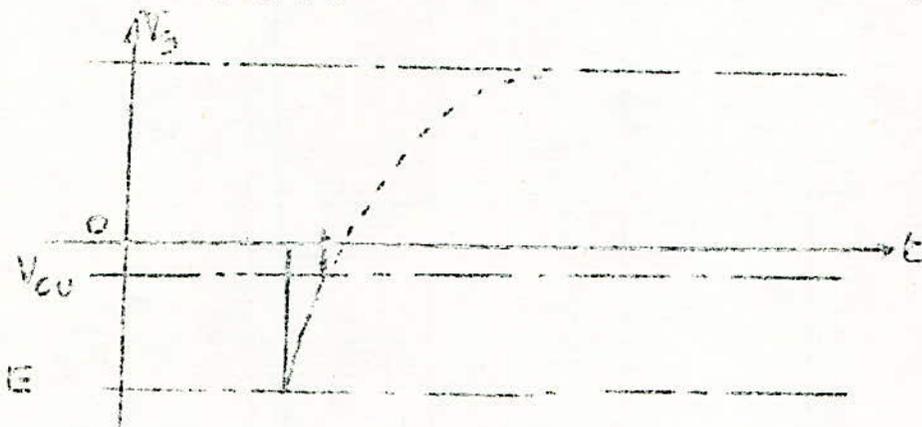
$$d'où \boxed{R_2 = \frac{T_2}{C_2 \log \frac{E}{V_{cut}}}}$$

Remarque Lorsque R_1 et R_2 sont reliées à la masse on a :



La croissance exponentielle de V_g se fait en direction du potentiel zéro jusqu'au moment où la courbe coupe l'horizontale correspondant à la tension de blocage. Le tube commence alors à conduire et le condensateur cesse de se décharger. On a décrit une forte portion de la courbe de décharge. Avant d'atteindre le point de blocage et la variation de la tension grille en fin de charge est lente. Une faible variation des caractéristiques du tube entraîne une variation importante du temps nécessaire à atteindre la tension de blocage, de sorte qu'une telle courbe ne permet pas d'obtenir une bonne stabilité en fréquence, ou en durée d'impulsion.

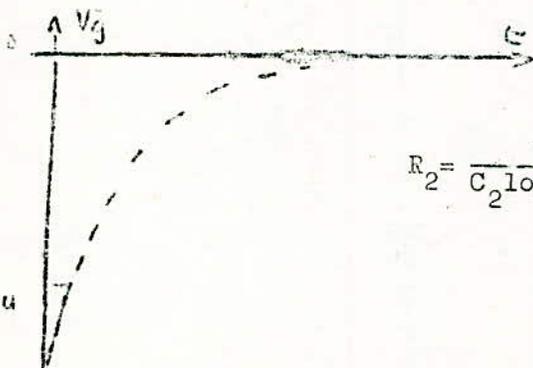
Pour éviter cet inconvénient on relie R_1 et R_2 à V_0 , dans ces conditions on a :



Dans ces conditions le condensateur C_2 ne s'est que peu déchargé avant d'atteindre la tension de blocage. La courbe de décharge est plus abrupte et pratiquement linéaire.

Une faible variation des caractéristiques du tube ne perturbe que faiblement le temps de décharge du condensateur jusqu'à la tension de blocage, et la stabilité du circuit se trouve notablement accrue.

Calcul de R_2 dans ces conditions



$$\left. \begin{array}{l} V_0 = 120 \text{ V.} \\ E = 70 \end{array} \right\} V_0 + E = 190 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{T_2}{C_2 \log \frac{E}{V_{cut}}} = \frac{5 \cdot 10^{12}}{10^3 \cdot 2 \cdot 200 \cdot 3,2} = 820 \text{ K}$$

En pratique on mesure $R_2 = R_1 = R = 750 \text{ K}$

6.4 Mesures

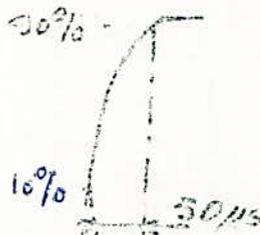
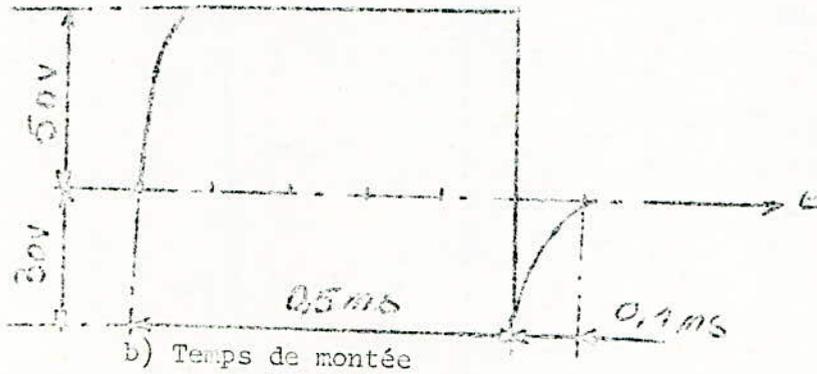
1/ Statiquement:

$$V_o = 120 \text{ V}$$

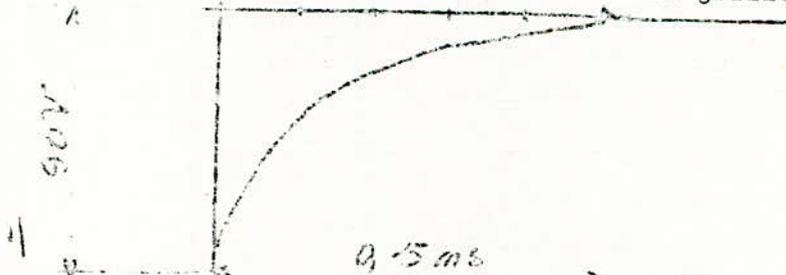
$$V_{po} = 75 \text{ V}$$

2/ Dynamiquement :

a) Hauteur des impulsions rectangulaires - formes de ces impulsions :



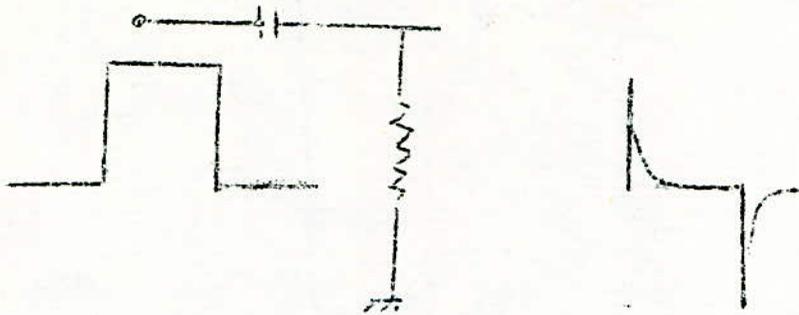
c) Formes des signaux sur les grilles



Remarque importante

En analysant la forme des impulsions rectangulaires il est préférable d'utiliser le temps de descente pour le circuit différentiateur; car le temps de descente est très faible par rapport au temps de montée.

6.5. Calcul de la cellule dérivative



1°/ Problème

Pour pouvoir obtenir à la sortie des impulsions de durée $5\mu s$, il faut nécessairement déclencher le monostable avec des impulsions inférieures à $5\mu s$.

2°/ Calcul de R_7 et C_3

Prenons comme durée d'impulsions - $2\mu s$
Or nous savons qu'au bout d'un temps égal à $5 RC_3$ le condensateur est déchargé.

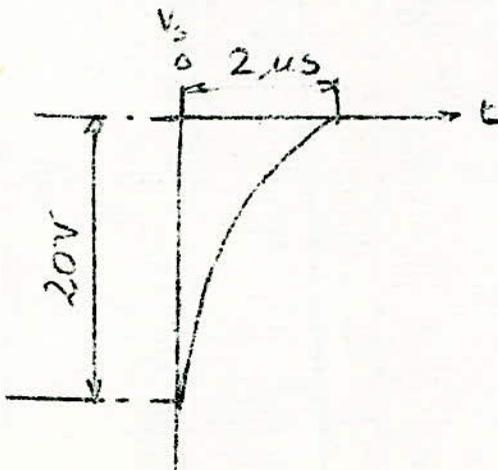
Donc posons : $2,2 R_7 C_3 = 2\mu s$

En prenant $C_3 = 100 \text{ pf}$.

On a $R_7 = \frac{2,2 \cdot 10^{12}}{100 \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \underline{0,9 \cdot 10^4 \Omega} = \underline{9 \text{ k}\Omega}$

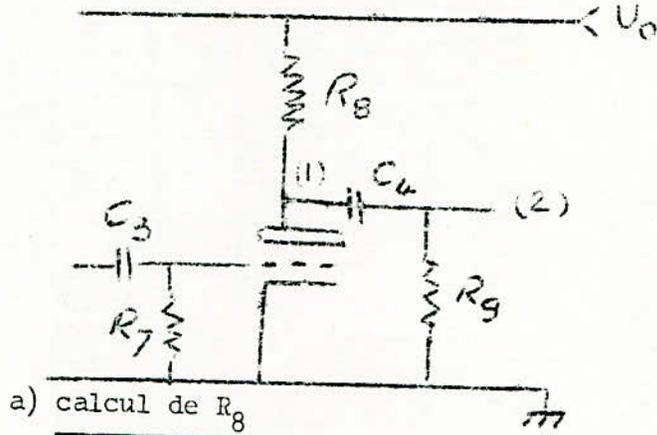
6.6 Mesures pratiques

a) Forme de l'impulsion



6.7 Calcul de l'inverseur de phase

Schéma



a) calcul de R₈

(Voir graphique 6 J6 Tube T3)

$$V_p = V_o - R_p I_p \quad \text{lorsque } V_p = 0 \quad V_o - R_p I_p = 0$$

$$R_p = \frac{V_o}{I_p}$$

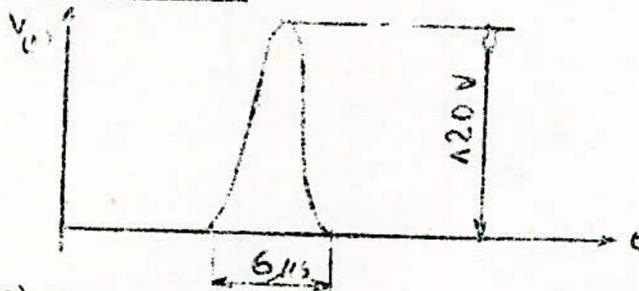
On choisira un courant plaque de 16 m A.

$$\text{d'ou } R_p = \frac{250}{16 \cdot 10^{-3}} = \underline{15 \text{ K}\Omega}$$

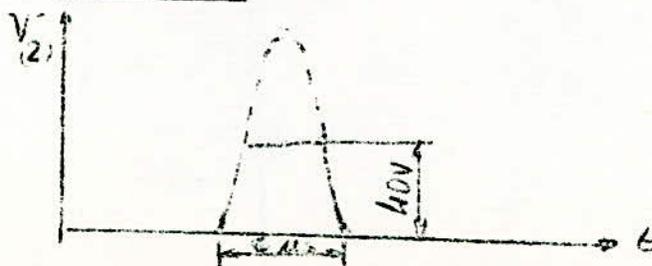
En bloquant le tube on peut obtenir des impulsions positives de 170 Volts d'amplitudes.

6.8 Mesures pratiques

1) Sans liaison

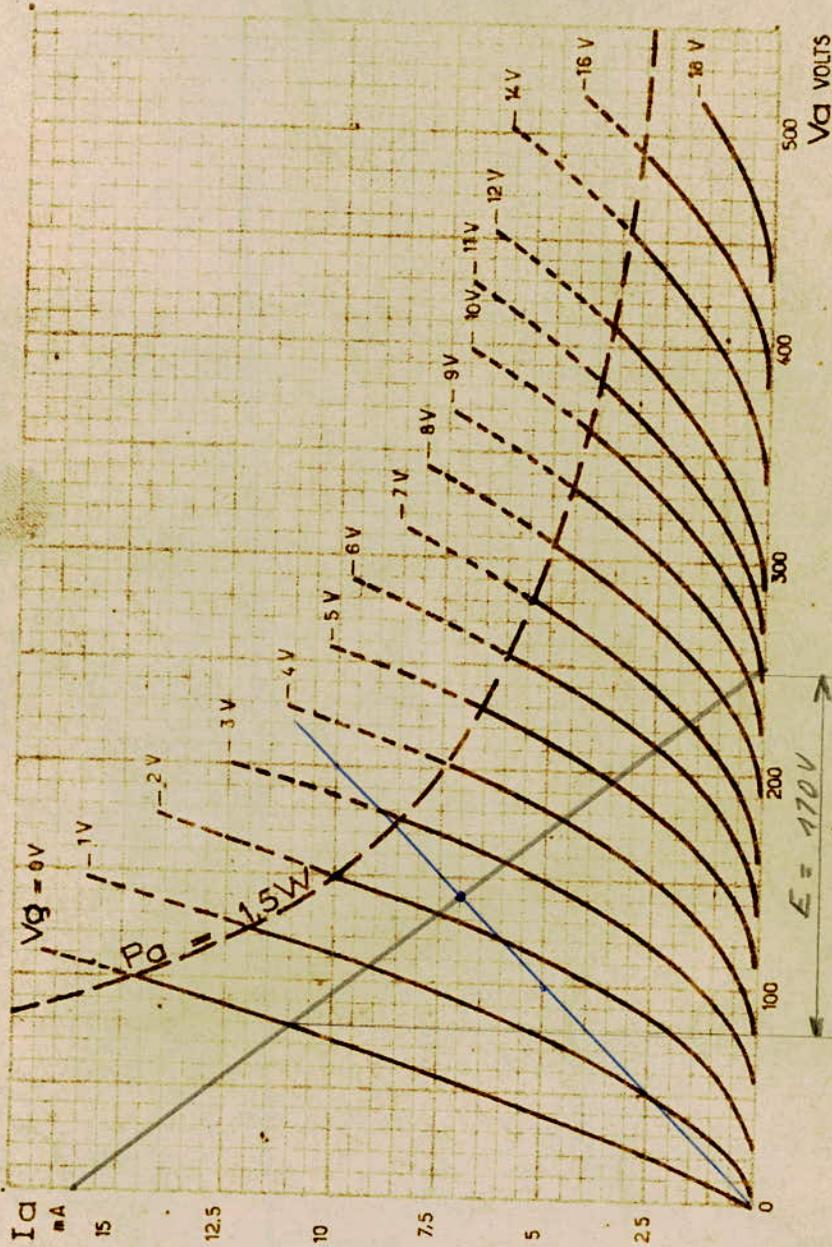


2) Avec liaison



6J6

DOUBLE TRIODE A CATHODE COMMUNE POUR TRÈS HAUTES FRÉQUENCES

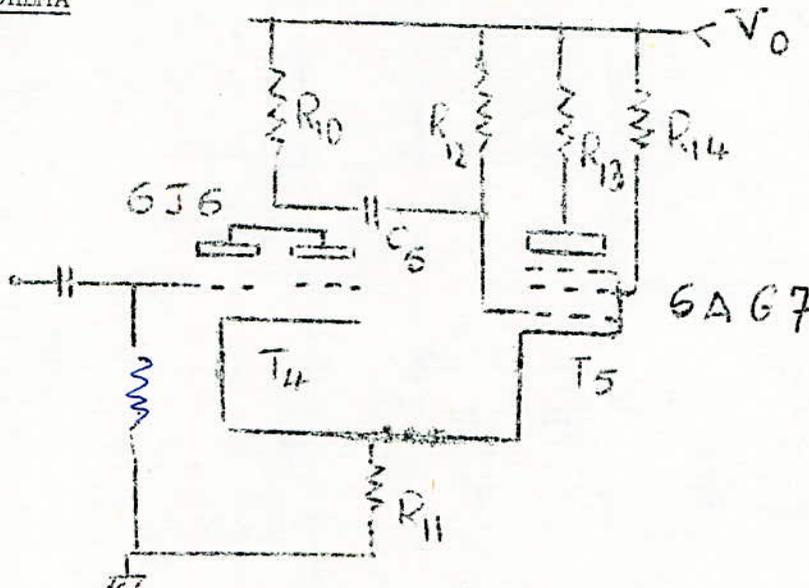


LA RADIOTECHNIQUE

On obtient des signaux beaucoup plus courts à cause de la grille du tube suivant qui court-circuite une partie de l'impulsion lorsque la grille devient positive par rapport à la cathode.

6.9 Calcul du MONOSTABLE

SCHEMA



6.9.1 Etude en absence du signal

- Le tube T_4 doit être bloqué
- Le tube T_5 doit être saturé.

a) Tube T_5 saturé

Pour saturer le tube il faut avoir un potentiel grille cathode nulle, pour cela un choix pratique de R_1 assure cela, une résistance de 750 $K\Omega$ convient parfaitement en pratique.

Choix de R_{13}

(Voir graphique 6A G7 . Tube T5)

Pour avoir un temps de montée et un temps de descente très faible il faut avoir une charge aussi faible que possible. Une résistance de 1 $K\Omega$ convient parfaitement.

Graphiquement on obtient:

6AG7
POWER PENTODE
SINGLE-ENDED METAL TYPE

GENERAL DATA

Electrical:

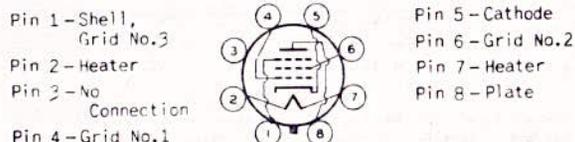
Heater, for Unipotential Cathode:
 Voltage 6.3 ac or dc volts
 Current 0.65 amp
 Direct Interelectrode Capacitances:
 With Pin No.1 and Pin No.3 connected to Pin No.5
 Grid No.1 to Plate 0.06 max. $\mu\mu\text{f}$
 Input 13 $\mu\mu\text{f}$
 Output 7.5 $\mu\mu\text{f}$

Characteristics, Amplifier Class A₁

Plate Voltage	300	volts
Grid-No.2 Voltage	150	volts
Grid-No.1 Voltage	-3	volts
Peak AF Grid-No.1 Signal Voltage	3	volts
Zero-Signal DC Plate Current	30	ma
Max.-Signal DC Plate Current	30.5	ma
Zero-Signal DC Grid-No.2 Current	7	ma
Max.-Signal DC Grid-No.2 Current	9	ma
Plate Resistance (Approx.)	0.13	megohm
Transconductance	11000	μmhos
Load Resistance	10000	ohms
Total Harmonic Distortion	7	per cent
Max.-Signal Power Output	3	watts

Mechanical:

Mounting Position Any
 Maximum Overall Length 3-1/4"
 Seated Length 2-19/32" \pm 3/32"
 Maximum Diameter 1-5/16"
 Bulb Metal Shell, MT-8
 Base Small-Wafer Octal B-Pin (JETEC No.88-21)
 Basing Designation for BOTTOM VIEW 8Y



AMPLIFIER - Class A₁

Maximum Ratings, Design-Center Values:

PLATE VOLTAGE	300 max.	volts
GRID-No.2 (SCREEN) VOLTAGE	300 max.	volts

← Indicates a change

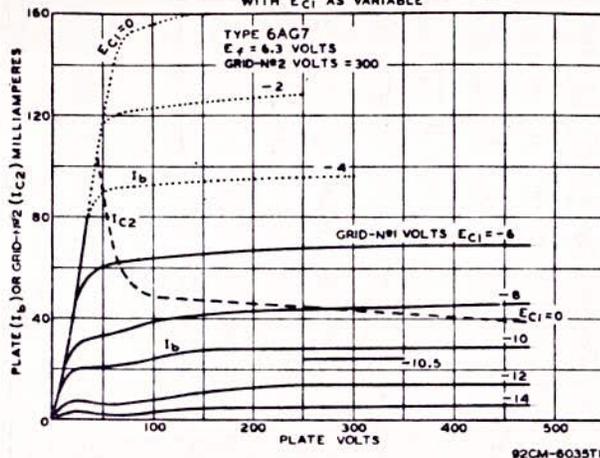
NOV. 1, 1952

TUBE DEPARTMENT
RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

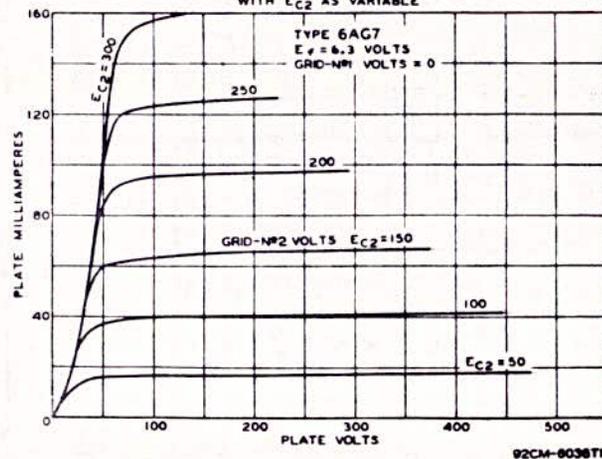
DATA 1

6AG7
POWER PENTODE

**AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS
WITH E_{C1} AS VARIABLE**



**AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS
WITH E_{C2} AS VARIABLE**



NOV. 1, 1952

TUBE DEPARTMENT
RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

CE-6035T1
CE-6036T1

6AG7

POWER PENTODE

GRID-No.1 (CONTROL-GRID) VOLTAGE:

Positive bias value 0 max. volts
 PLATE DISSIPATION 9 max. watts
 GRID-No.2 INPUT 1.5 max. watts

PEAK HEATER-CATHODE VOLTAGE:

Heater negative with respect to cathode 90 max. volts
 Heater positive with respect to cathode 90 max. volts

Typical Operation in 4-Mc Bandwidth Video Amplifier

Circuit of Fig. 1:

With Grid-Resistor Bias

Used where dc restoration is accomplished in grid-No.1 circuit of the 6AG7

Plate Supply Voltage	300	volts
Grid-No.2 Voltage†	115	volts
Zero-Signal Grid-No.1 Voltage	0	volts
Grid-No.1 Resistor	0.25 to 0.5	megohm
Grid-No.1 Signal Voltage (Peak to Peak)	4	volts
Zero-Signal Plate Current	45	ma
Zero-Signal Grid-No.2 Current	13	ma
Load Resistor	3500	ohms
Voltage Output (Peak to Peak)	135	volts

With Cathode-Resistor Bias

Plate Supply Voltage	300	volts
Grid-No.2 Voltage‡	125	volts
from series resistor of	25000	ohms
Grid-No.1 Voltage	-2	volts
Cathode Resistor (Bypassed with capacitor of 250 μ f, approx.)	57	ohms
Grid-No.1 Signal Voltage (Peak to Peak)	4	volts
Zero-Signal Plate Current	28	ma
Zero-Signal Grid-No.2 Current	7	ma
Load Resistor	3500	ohms
Voltage Output (Peak to Peak)	140	volts

Maximum Circuit Values:

Grid-No.1-Circuit Resistance:
 For fixed-bias operation 0.25 max. megohm
 For cathode-bias operation 1.0 max. megohm

† obtained from supply having good regulation.

‡ obtained preferably from 300-volt plate supply through resistor of value shown.

→ indicates a change

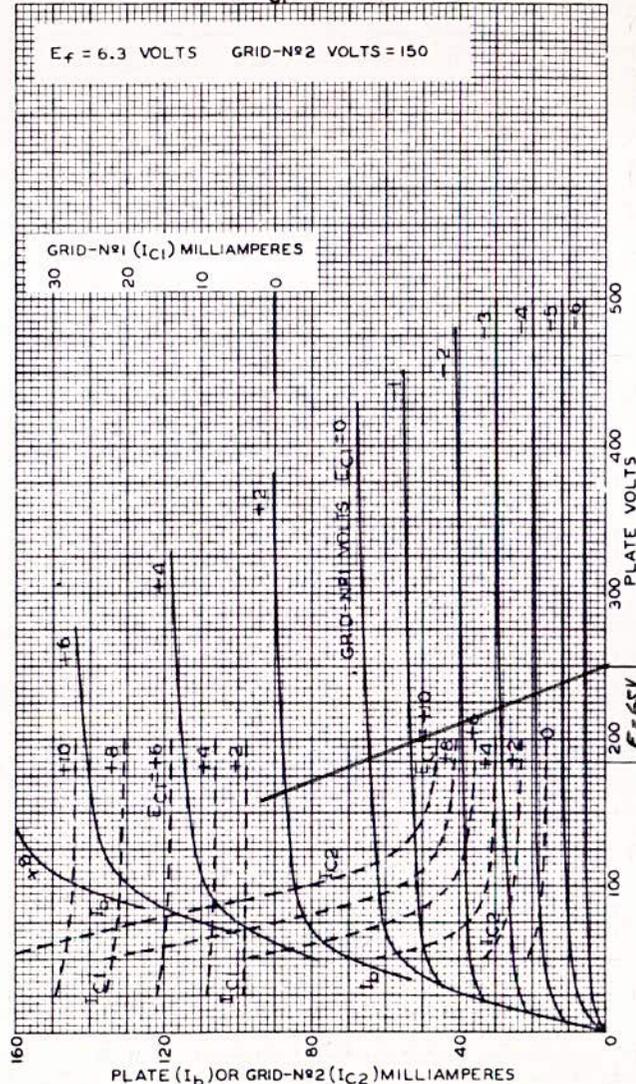
NOV. 1, 1952

TUBE DEPARTMENT

RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

DATA 1

6AG7

AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS
WITH E_{C1} AS VARIABLE

OCT. 2, 1952

TUBE DEPARTMENT

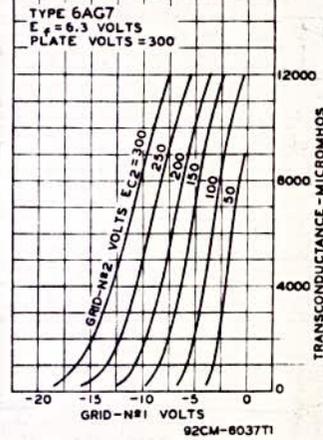
RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

92CM-6034R2

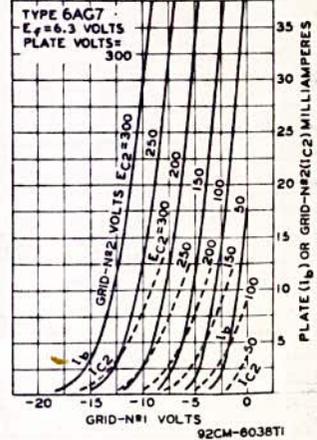
6AG7

POWER PENTODE

AVERAGE CHARACTERISTICS



AVERAGE CHARACTERISTICS



NOV. 1, 1952

TUBE DEPARTMENT

RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

$$\text{Pour } V_{g2} = 150 \text{ V}$$

$$V_{gk} = 0 \text{ V}$$

$$R_{13} = 1 \text{ K}\Omega$$

Département Télécommunications

$$\text{On obtient } V_p = 205 \text{ Volts}$$

$$I_p = 55 \text{ m A.}$$

Or pratiquement il est plus intéressant de réaliser :

$$V_{g2} = 120 \text{ V}$$

$$V_{gk} = 0 \text{ V}$$

$$R_{13} = 1 \text{ K}\Omega$$

$$\text{On obtient: } V_p = 230 \text{ V}$$

$$I_p = 60 \text{ m A.}$$

Puissance à dissiper par R_{13} en régime stable

$$P = RI^2 = 10^3 \left(\frac{60}{10^3} \right)^2 = \frac{3600}{10^3} = 3,6 \text{ W}$$

b) Tube T_4 bloqué

Pour bloquer T_4 il faut avoir une tension aux bornes de R_{11} supérieure à $V_{\text{Cut-Off}}$. Or la tension de cut-off de 6 J6 étant -12 V donc en mettant $V_{R11} = 20 \text{ V}$ on est sûr de bloquer T_4 .

Calcul de R_{11}

$$R_{11} = \frac{V_{R11}}{I_{k11}} = \frac{20}{60 \cdot 10^{-3}} = 330 \Omega$$

Calcul de R_{10}

La plus faible résistance que l'on peut prendre est donnée par la tg à courbe de dissipation anodique et le point V_{p0}

- Graphiquement on obtient :

$$R_{10} = \frac{290}{17,5 \cdot 10^{-3}} = 16,5 \text{ K}\Omega$$

- On prendra une résistance de 15 K Ω

En résumé :

$$R_{10} = 15 \text{ K}$$

$$R_{11} = 330 \text{ } \Omega$$

$$R_{12} = 750 \text{ K} \Omega$$

$$R_{13} = 1 \text{ K} \Omega$$

$$R_{14} = 5,6 \text{ K } \Omega$$

On obtient :

	Grille	Plaque
Tube T4	- 20 V	290 V
Tube T5	0 V	230 V

b) En régime impulsionnel

Pour débloquer T4 il faut donc appliquer sur sa grille des impulsions positives d'amplitude supérieure à 20 V.

Sous l'effet d'une telle impulsion T4 conduit il apparaît un courant d'anode (I_{p4}) qui provoque une chute de potentiel de plaque. Grâce à C_5 cette chute de potentiel est transmise à la grille de T5 qui était initialement à un potentiel V_{gk5} se polarise négativement. Le courant I_{p5} diminue, la cathode devient moins positive ce qui entraîne une nouvelle augmentation de I_{p4} qui à son tour provoque une nouvelle chute de potentiel de plaque de T4 la grille de T5 devient plus négative. Ce phénomène est cumulatif jusqu'à ce que T5 se bloque et T4 conduit.

Détermination graphique de la polarisation du tube T4

Problème

- T4 conduit ou se trouve le point de fonctionnement, pour cela :

- On trace la droite de charge ($R_{10} + R_{11}$); ensuite on donne 2 Valeurs à I_{p4} et on calcul V_{R11} qui nous donne V_{gk} .

Par exemple :

$$I_{p4} = 5 \text{ m A}$$

$$V_{R11} = 1,65 \text{ V}$$

$$I_{p5} = 10 \text{ m A}$$

$$V_{R11} = 3,3 \text{ V}$$

Ce qui correspond à des polarisations (- 1,65 V) et (-3,3 V). Nous déterminons ainsi deux points A.B. (voir graphique), joignons-les par une droite qui coupe la droite de charge, ce qui donne $V_{gk} = - 3V$,

donc le tube T_4 conduit et restera conducteur avec :

$$V_{gk} = - 3 \text{ V}$$

$$V_p = 170 \text{ V}$$

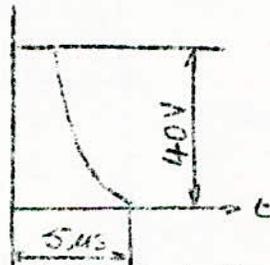
$$I_p = 8 \text{ m A}$$

Ainsi dès que T_4 cesse de conduire le potentiel aux bornes de la cathode passe brusquement de 20 V à 3 V.

- Le potentiel de plaque de (T_4) à donc varié de 290 volts à (170 + 3) = 173 Volts, le potentiel de grille de T_5 est par conséquent bien négatif. En effet le potentiel de plaque a valu de - 117 Volts

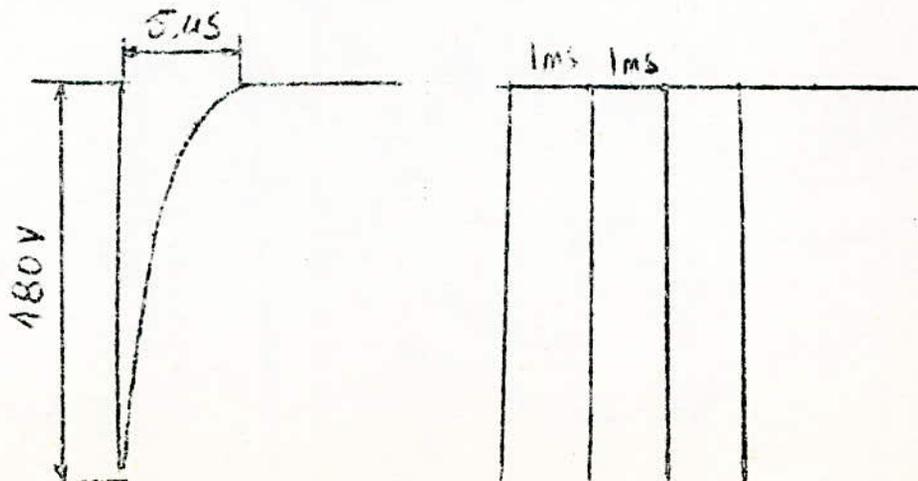
Pratiquement on obtient en régime impulsionnel

a) Sur la grille de T_4

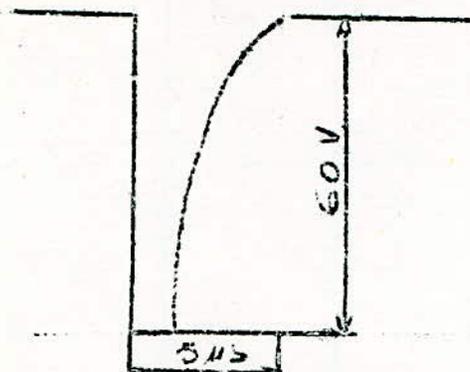


On voit bien qu'il faut une impulsion supérieure à 12 V pour faire basculer le monostable.

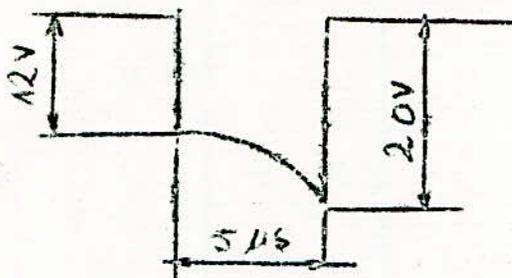
b) Sur la plaque de T_4



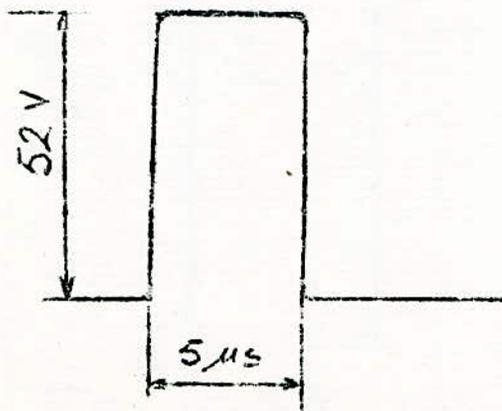
Sur la grille de T₅



Aux bornes de la cathode



Sur la plaque de T₅



Temps de montée : 0,2 μs
temps de descente : 0,25 μs.

CONCLUSION:

Si l'on veut obtenir des impulsions de durée inférieure à $5\mu\text{s}$
il est possible d'améliorer le montage et arriver à obtenir des
impulsions de durée $1\mu\text{s}$.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé à réa-
liser ce projet.

EL-HARRACH, le 20 Juin 1968

Larbi TOUCHEN

Touchen