

Activités du CRSPJ

(CENTRE ACADEMIQUE DE RESSOURCES EN SCIENCES PHYSIQUES

SITUE A JACQUARD)

par J.C. FROMONT et J.Y GANCEL
Lycée Technique Jacquard, 75019 Paris

1. PRESENTATION DU CENTRE :

Pour répondre à la demande de nombreux collègues, le bureau de la section académique de l'UDP (Paris) a entrepris, au début de l'année scolaire 87-88, des démarches auprès des autorités de tutelle afin d'obtenir la création d'un centre académique de ressources.

L'action conjuguée de l'Inspection Pédagogique Régionale, de Madame le Proviseur du LT Jacquard et de l'UDP a permis l'ouverture de ce centre à la rentrée 88-89 dans les locaux du LT Jacquard. Les crédits nécessaires à l'équipement et au fonctionnement du centre ont été dégagés par la MAFFEN de Paris et par la Région Ile-de-France.

Le centre est ouvert aux professeurs des collèges et des lycées de Paris ainsi qu'aux agents de laboratoire :

- les Lundi et Vendredi de 15 h à 18 h pour les collèges,
- les Mardi et jeudi de 14 h à 18 h pour les lycées.

Les séances «collège» sont animées par Monsieur Michailidis, assisté de Madame Dubourg (aide de laboratoire) et les séances «lycée», par les auteurs de cet article assistés de Monsieur Hallier (aide technique).

Trois types d'actions ont été proposés aux professeurs des collèges au cours du premier semestre :

- actions de formation en électricité et électronique,
- actions destinées à l'équipement des laboratoires et à l'illustration expérimentale des programmes d'électricité et d'électronique,
- actions «à la demande».

L'objet de cet article est de diffuser le travail réalisé par les professeurs des lycées, au cours de ce premier semestre.

La finalité de ces travaux est la mise au point de maquettes utilisables au niveau des cours ou des TP de la classe de 1^{re} S et E, pour enseigner la partie électronique du programme.

Deux de ces maquettes sont analysées ci-dessous et montrent la chronologie qui a été suivie par les professeurs, à savoir :

- la recherche d'un schéma illustrant une partie du cours, sa représentation fonctionnelle puis structurelle,
- le calcul des éléments du schéma structurel à partir d'un cahier des charges préétabli,
- une réflexion approfondie sur la manière de présenter la maquette aux élèves, (sérigraphie),
- la réalisation du typon,
- la réalisation du circuit imprimé,
- le soudage et le montage sur support en plexiglas,
- les mesures et les essais,

Envisageons maintenant en détail la présentation de ces deux maquettes.

2. MAQUETTE «CONDENSATEUR»

Pour concevoir cette maquette qui doit être conforme aux instructions du nouveau programme et doit être utilisée en travaux pratiques, nous nous sommes imposés les objectifs suivants:

- observation à l'oscilloscope de la charge linéaire du condensateur en fonction du temps,
- mesure de la tension et du temps à l'oscilloscope,
- mesure de l'intensité du courant de charge avec un ampèremètre.

Il nous fallait donc réaliser une source de courant pour charger le condensateur et un système permettant de le décharger automatiquement et rapidement lorsque la tension a atteint une valeur fixée U_m ; $u_c(t)$ est une tension périodique en «dents de scie».

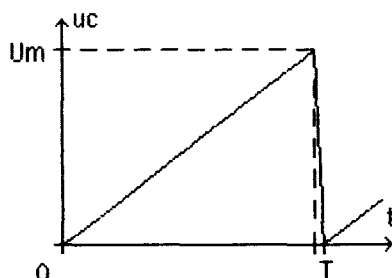


Fig. 1

On aboutit ainsi au schéma fonctionnel ci-dessous :

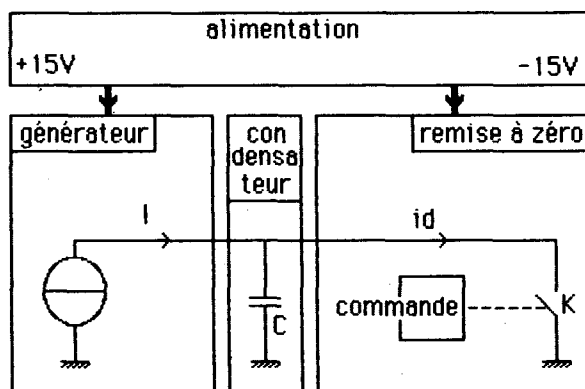


Fig. 2

En ce qui concerne la source de courant, nous avons le choix entre plusieurs possibilités :

réalisation autour :

- d'un régulateur intégré,
- d'un transistor PNP et d'une diode zéner,
- d'un amplificateur différentiel intégré (A O),
- d'un transistor à effet de champ.

Dans un premier temps, nous avons choisi la première solution (le régulateur intégré est au programme de Première).

Pour la «remise à zéro», nous avons pensé qu'il serait intéressant d'utiliser un amplificateur différentiel intégré monté en comparateur à hystérésis (trigger de Schmitt).

Ce comparateur commande l'état (bloqué ou saturé) d'un transistor NPN à travers lequel se décharge le condensateur.

Un montage suiveur joue le rôle de tampon entre le condensateur et le comparateur.

Cette remise à zéro est une illustration des deux régimes (linéaire et non linéaire) de fonctionnement de l'amplificateur différentiel intégré.

Ceci nous a amené au schéma structurel suivant :

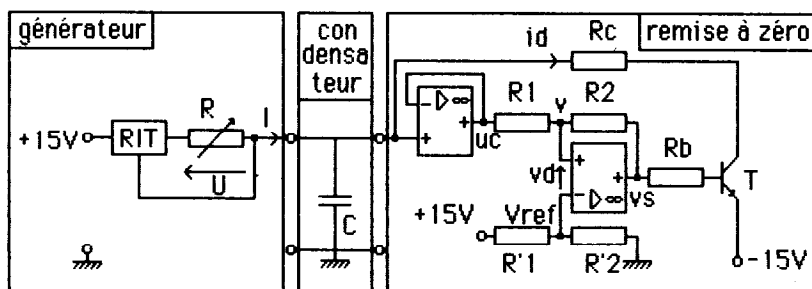


Fig. 3

Nous sommes ensuite passés à l'analyse du fonctionnement et au choix des composants : A priori, nous avons opté pour l'alimentation (+15 V ; -15 V) «pH mètre».

En choisissant un régulateur intégré de tension du type 7805, nous avons la possibilité de charger le condensateur jusqu'à 10 V ; en effet, à chaque instant, on a :

$$u_C(t) = +15 - (U + u_{RIT})$$

avec : $U = 5 \text{ V}$ pour un 7805
et : $0 < u_{RIT} < 10 \text{ V}$

$$I = U/R + I_0$$

avec $I_0 \approx 1 \text{ mA}$ selon le fabricant

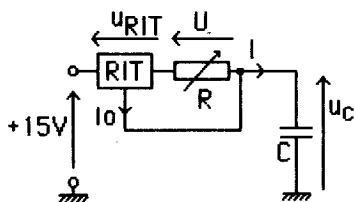


Fig. 4

Si $I > 5 \text{ mA}$, on peut négliger I_0 devant U/R et le montage devient un générateur de courant constant d'intensité $I = U/R$ avec $U = 5 \text{ V}$.

En fixant la limite $I_{\max} = 20 \text{ mA}$, on a donc :

$$R_{\min} = 5/20 = 0,25 \text{ k}\Omega$$

En fixant la limite $I_{\min} = 5 \text{ mA}$, on a donc :

$$R_{\max} = 5/5 = 1 \text{ k}\Omega$$

Dans le circuit pratique, on montera donc une résistance «talon» de 220Ω (valeur normalisée) en série avec une résistance ajustable de $1 \text{ k}\Omega$. (potentiomètre logarithmique pour plus de souplesse de réglage).

Les caractéristiques de ce générateur de courant sont ainsi résumées sur le graphe ci-dessous :

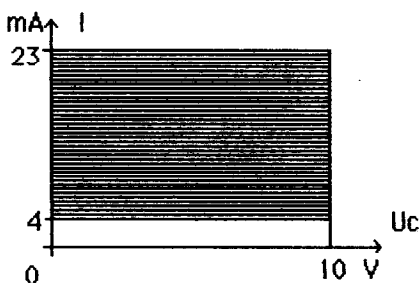


Fig. 5

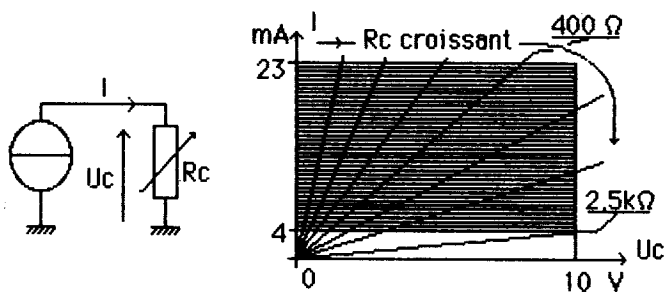


Fig. 6

Remarques :

- il est possible de vérifier ce réseau de caractéristiques en remplaçant le condensateur par une boîte de résistances à décades R_c : $(\times 100) + (\times 1000) \Omega$.
- cette manipulation hors programme pourrait faire l'objet d'un TP préparatoire à l'étude du condensateur, si l'horaire le permet.

Nous sommes ensuite passés au choix du condensateur :

En adoptant 1 kHz comme valeur typique de la fréquence des dents de scie, on obtient :

$$C = 1 \mu\text{F} \quad (C = I.T/U \text{ avec } I = 10 \text{ mA et } U = 10 \text{ V})$$

Les condensateurs "céramique" non polarisés de capacité inférieure ou égale à $1 \mu\text{F}$ conviendront donc très bien pour l'étude à l'oscilloscope.

Par contre, si nous voulons faire une étude avec chronométrage manuel, en se basant sur un temps de charge de l'ordre de 100 s, une capacité de 0,1 F est nécessaire, ce qui suppose un condensateur électrochimique de coût élevé.

Il serait possible de revenir à une valeur plus courante de l'ordre de $1\,000 \mu\text{F}$ (c'est-à-dire 100 fois plus faible) à condition de charger le condensateur sous une intensité elle-même 100 fois plus faible, soit de l'ordre de $100 \mu\text{A}$.

Certains collègues voulant se réserver cette possibilité de charge «manuelle», nous avons donc été amenés à mettre en œuvre la seconde source de courant construite autour d'un transistor PNP.

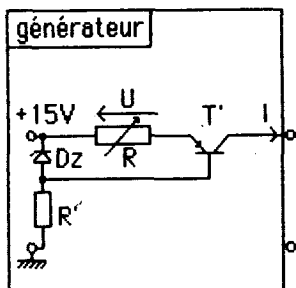


Fig. 7

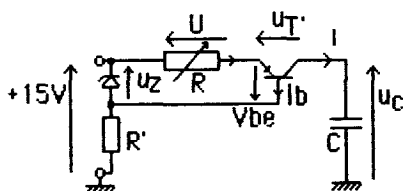


Fig. 8

On a donc dans ce cas :

$$u_c(t) = +15 - (U + u_{T'})$$

$$\text{avec : } U = U_z + V_{be} \approx 4,4 \text{ V}$$

$$(U_z = 5 \text{ V pour une diode Zéner BZX87C5V2})$$

$$(V_{be} \approx -0,6 \text{ V pour un PNP 2N2905 à l'état passant})$$

$$\text{et : } 0 < u_{T'} < 10,6 \text{ V}$$

$$I = U/R - I_b$$

avec $I_b = I/\beta \ll 1$ dans la plage de fonctionnement linéaire

On peut alors négliger I_b devant U/R et le montage devient un générateur de courant constant d'intensité $I = U/R$ avec $U \approx 4,4 \text{ V}$.

En fixant la limite $I_{\max} = 20 \text{ mA}$, on a donc :

$$R_{\min} = 4,4/20 = 0,22 \text{ k}\Omega$$

En fixant la limite $I_{\min} = 10 \mu\text{A}$, on a donc :

$$R_{\max} = 4,4/10 = 0,44 \text{ M}\Omega$$

Dans le circuit pratique, on montera donc une résistance «talon» de 220Ω (valeur normalisée) en série avec une résistance ajustable de $470 \text{ k}\Omega$ (potentiomètre logarithmique pour plus de souplesse de réglage).

Restait à calculer les composants de la «remise à zéro» :

Le montage suiveur ne présentant pas de difficulté, nous sommes passés au comparateur à hystérésis :

On veut que le condensateur se décharge lorsque la tension à ses bornes u_c atteint le seuil U_m et dès que cette tension devient nulle, la charge doit reprendre.

Théoriquement, U_m peut prendre la valeur 10 V mais l'expérience montre que la fin de la charge n'est plus très linéaire ; aussi a-t-on pris une bonne marge de sécurité en adoptant $U_m = 7,5 \text{ V}$.

La tension de sortie du comparateur qui commande l'état (passant ou bloqué) du transistor doit donc suivre le chronogramme ci-dessous.

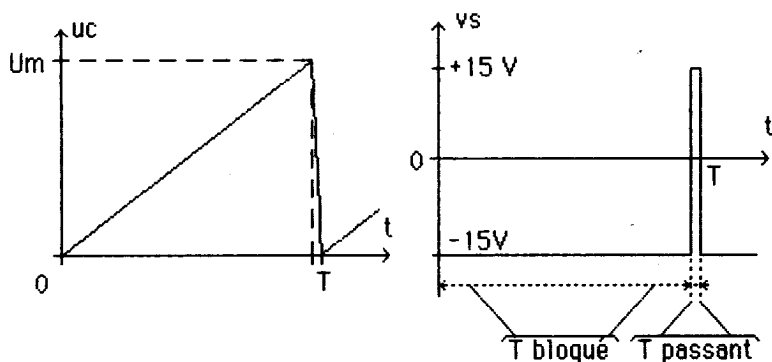


Fig. 9

Le basculement de la tension v_s a lieu lorsque la tension différentielle d'entrée v_d s'annule.

On a $v_d = v - V_{ref}$ (voir Fig. 3)

avec $v = u_c + (v_s - u_c) \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$

En fin de charge, juste avant le basculement, on a :

$v_s = -15 \text{ V}$ et $u_c = 7,5 \text{ V}$

Ce premier basculement permet donc d'écrire l'équation :

$V_{ref} = 7,5 - 22,5 R_1 / (R_1 + R_2)$

En fin de décharge, juste avant le basculement, on a :

$v_s = +15 \text{ V}$ et $u_c = 0$

Ce deuxième basculement permet donc d'écrire l'équation :

$V_{ref} = 15 R_1 / (R_1 + R_2)$

De ces deux relations on tire : $R_2 = 4 R_1$

On peut donc choisir :

$R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 68 \text{ k}\Omega$ (valeurs normalisées).

Ce qui donne : $V_{ref} \approx 3 \text{ V}$

Cette tension de référence est obtenue à l'aide du pont diviseur R'_1 ; R'_2 .

On peut choisir : $R'_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ et $R'_2 = 1,5 \text{ k}\Omega$.

Remarque :

Nous avons également obtenu des résultats satisfaisants avec les couples de valeurs $R'_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$; $R'_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 22 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 68 \text{ k}\Omega$.

En ce qui concerne le transistor, nous avons choisi un modèle courant : le 2N1711.

L'émetteur est relié au -15 V de manière à obtenir une décharge rapide quasiment linéaire.

En effet, le transistor étant saturé, le circuit de décharge est un circuit RC et, en toute rigueur, la décharge est exponentielle.

(Il apparaît clairement sur le graphe ci-dessous que le branchement de l'émetteur à la masse ne répond pas à notre souci de rapidité).

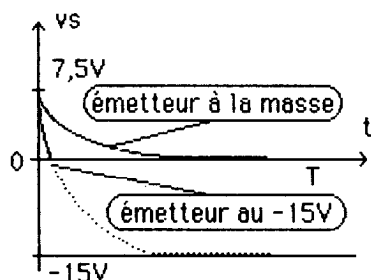


Fig. 10

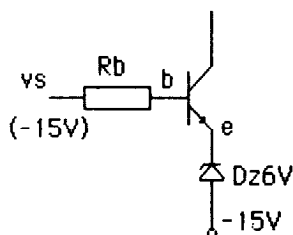


Fig. 11

Dans la pratique, nous avons ajouté une diode Zéner 5 ou 6 V entre l'émetteur et le -15 V. Cette diode est absolument nécessaire pour élever le potentiel de l'émetteur et bloquer à coup sûr le transistor lorsque la tension v_s de sortie du comparateur est à l'état bas (-15 V).

Nous avons ensuite calculé R_b et R_c :

Nous avons toujours, comme idée directrice, la rapidité de la décharge mais il nous fallait aussi tenir compte des possibilités de débit du comparateur construit autour d'un TL 081 ou (TL 082) dont le courant de sortie est de l'ordre de 10 mA au maximum.

Sans tenir compte de la résistance d'entrée du transistor, on arrive donc à :

$R_b \approx [15 - (-15 + 6)]/10 = 2,4 \text{ k}\Omega$ que nous avons majoré à 2,7 ou 3,3 k Ω .

Le transistor devant être saturé, R_c doit être supérieure ou égale à R_b/β ; nous avons choisi $R_c = 33 \text{ }\Omega$ ce qui donne un courant de pointe dans le circuit de décharge :

$I_{d\max} \approx [7,5 - (-15 + 6)]/33 \approx 0,5 \text{ A}$, courant supporté par le transistor.

Les composants ont ensuite été assemblés sur une plaque d'essai du type «LAB» et nous avons pu vérifier que notre montage fonctionnait correctement.

A ce stade, il était intéressant de faire quelques essais «hors cahier des charges» :

Si on augmente R_b , R_c restant égale à $33\ \Omega$, le transistor n'est plus saturé mais en régime linéaire ($I_c = \beta I_b$) lors de la décharge.

Si on augmente R_c , R_b restant égale à $3,3\ k\Omega$, on peut observer l'allure exponentielle de la décharge.

Venait ensuite la recherche d'une présentation de la maquette qui allie simplicité d'utilisation, aspect pédagogique, faible coût et robustesse.

Les plaques pour circuit imprimé sont prédécoupées selon des dimensions standard et nous avons constaté que, chez notre fournisseur, la plaque la plus avantageuse était celle de $20 \times 15\ cm$. Nous avons donc fixé les dimensions de notre maquette à : $20 \times 7,5\ cm$. Tous les éléments du montage, sauf le condensateur, sont soudés.

Ce dernier, monté sur un support (type support de résistance avec fiches mâles de diamètre $4\ mm$ espacées de $19\ mm$ et éventuellement douilles de reprise arrière), doit pouvoir s'enficher sur la maquette. Nous avons choisi pour cela des rivets creux de $4\ mm$ de diamètre et de $15\ mm$ de longueur qui remplacent avantageusement les bornes femelles habituelles. En effet, ces rivets sont environ de 4 à 5 fois moins chers et on peut les souder sur le circuit imprimé. Toutes les bornes de repiquage - ampèremètre, oscillographe, résistances en série avec R_b ou R_c - seront ainsi réalisées. (Il peut y en avoir jusqu'à 20 par maquette). Autre avantage de ces rivets : ils servent d'entretoise entre le circuit imprimé et le support en plexiglas et confèrent une robustesse appréciable à l'ensemble.

Tous les composants, sauf les circuits intégrés, seront soudés «côté cuivre», ce qui permet d'avoir une face supérieure nette sur laquelle on peut réaliser, sous forme d'étiquette autocollante, une sérigraphie de type fonctionnel ou structurel explicite (voir Annexe 1). Ce procédé sérigraphique nous a été communiqué par notre collègue Chalvet du LEP Jacquard et nous l'en remercions.

A ce moment de nos recherches, trois versions se sont dégagées :

- 1^{ère} version «structurelle» avec RIT et AO séparés (2 TI081),
- 2^e version «fonctionnelle» avec transistor PNP et double AO (TL082),
- 3^e version «mixte» avec transistor PNP et AO séparés.

Par la suite, suivant l'option qu'il avait choisie, chaque professeur a été amené à réfléchir à l'implantation des composants et à la réalisation du typon.

Auparavant, nous avons décidé de protéger, à l'aide de deux diodes, les circuits intégrés contre une inversion des liaisons à l'alimentation. De plus, nous avons prévu l'implantation de deux LED, une rouge pour le +15 V et une verte pour le -15 V.

Dans l'Annexe 2, nous présentons les typons auxquels nous sommes arrivés, ainsi que le schéma d'implantation des composants et la sérigraphie correspondants.

Encore quelques remarques au sujet de cette maquette :

Les bornes notées «b» sur le schéma d'implantation des composants (Annexe 2) sont en fait des rivets creux de diamètre 1 mm qui permettent, soit d'implanter des composants non montés sur support, soit de tester certains points «névralgiques» du circuit.

Les repères notés «v» sur ce même schéma représentent les trous des vis d'assemblage de la maquette. (vis en laiton de diamètre 3 mm et de longueur 20 mm).

On peut encore remarquer la présence de deux condensateurs de filtrage ($C = 10 \text{ nF}$) au niveau des arrivées des alimentations pour parer aux éventuelles oscillations parasites.

De même, sur le schéma de la première version, une diode de protection pour le RIT est prévue.

La plaque support en plexiglas (épaisseur 3 mm) est coudée à angle droit sur ses côtés les plus longs, ce qui donne plus de rigidité à la maquette.

La maquette est alimentée en (+ 15 V ; 0 ; - 15 V) par l'intermédiaire des bornes femelles de diamètre 4 mm disposées comme indiqué sur le croquis de la Fig. 12. Ces bornes sont elles-mêmes reliées au circuit par des fils soudés aux emplacements repérés par la lettre f sur le schéma d'implantation des composants.

Pour terminer :

- prix de la maquette : environ 75 F, non montée.
- adresses de quelques fournisseurs :

ATEL

114, avenue des Bouleaux - 91170 VIRY CHATILLON
Tél. : (1) 45.06.04.04

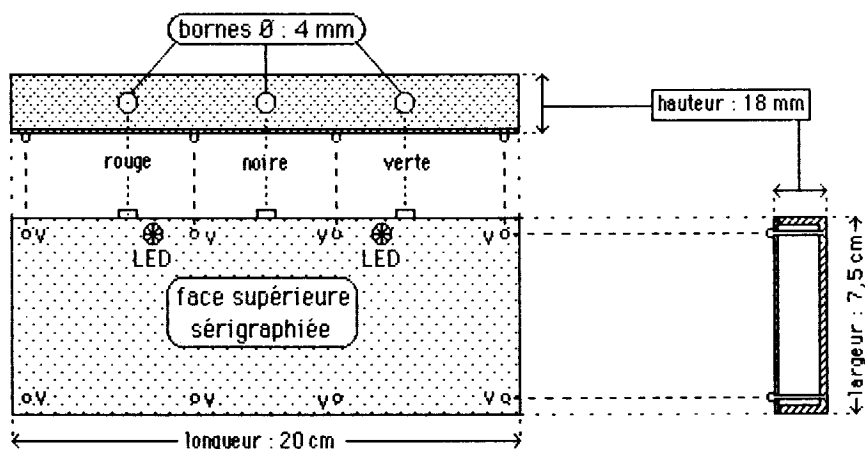


Fig. 12

CES

101 à 103, boulevard Richard Lenoir - 75011 PARIS

Tél. : (1) 47.00.80.11

AFRAME

60, rue de l'Est - 92100 BOULOGNE - Tél. : (1) 46.05.25.44

DIMACEL

11, rue Jeanne d'Asnières - 92113 CLICHY - Tél. : (1) 47.30.15.15

Plastiques ABM

50, rue de l'Ourcq - 75019 PARIS - Tél. : (1) 40.36.44.21

3. MAQUETTE «ALIMENTATION STABILISEE»

L'idée générale qui a conduit à l'étude de cette maquette est la fabrication d'un système modulaire, permettant non seulement de satisfaire au programme de première, mais aussi de réaliser différents types d'alimentations utilisables au laboratoire :

- alimentation positive (ou négative) fixe,
- alimentation positive (ou négative) réglable,
- alimentation symétrique (fixe).

Ceci nous imposait d'entrée un transformateur à deux enroulements secondaires séparés. Ici, nous nous intéressons plus précisément aux possibilités offertes par ce système quant à l'illustration du programme de première.

Le transformateur à deux enroulements secondaires séparés permet le schéma fonctionnel suivant :

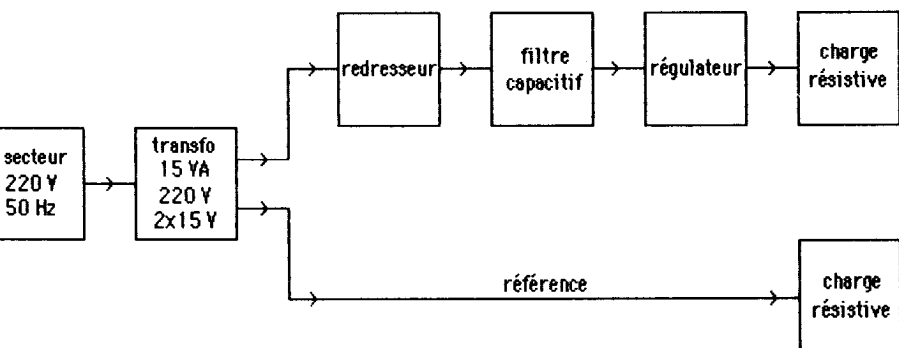


Fig. 13

Ce système possède, à notre avis, trois avantages :

- observation permanente de la «sinusoïde» de référence sur l'une des voies de l'oscilloscope, la seconde voie servant à l'étude du signal traité (redressé - redressé et filtré - redressé, filtré et régulé).
- synchronisation du balayage de l'oscilloscope grâce à cette «sinusoïde».
- observation des «imperfections» du transformateur, ce qui permet, sans entrer dans les détails, de montrer que le choix de ce dernier est essentiel pour obtenir une alimentation performante.

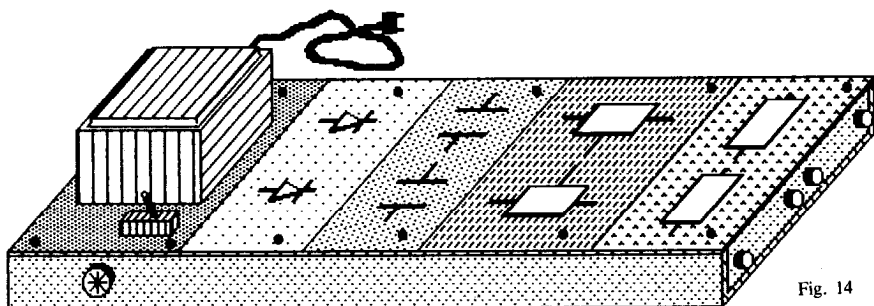


Fig. 14

La «platine support» (25×10 cm) est construite sur le même principe que celle de la maquette «condensateur». Sa face supérieure est sérigraphiée de manière à bien mettre en évidence la position des différents modules «fonctions», modules qui viennent s'enficher sur des rivets creux de 4 mm de diamètre. L'espacement de ces rivets a été étudié de telle sorte qu'il n'y ait pas de risque d'erreur de montage (détrompeur). Par exemple, ceci peut s'avérer fort utile pour le branchement des condensateurs électrochimiques.

Le transformateur moulé (pour circuit imprimé) est soudé sur la face supérieure de cette platine. La plaque de plexiglas est repliée côté transformateur, ce qui procure un maximum de sécurité pour l'utilisateur qui est protégé de tout contact avec le 220 V.

Un cordon d'alimentation avec prise moulée, un interrupteur, un porte-fusible, et un voyant lumineux complètent l'équipement de cette platine.

Les modules «fonctions» sont réalisés, soit sur circuit imprimé jouant le rôle de support, soit sur support en plexiglas pour les plus simples et pour les cavaliers de liaison.

En Annexe 3, vous trouverez les typons de la maquette et de quelques-uns de ces modules.

En ce qui concerne le «calcul» et le choix des composants, il n'y a pas de difficulté particulière :

La puissance du transformateur choisi ($220/2 \times 15$ V ; 15 VA) autorise un courant maximal de 500 mA par enroulement secondaire.

Un pont de diodes, moulé ou non (1 A : 50 V), les régulateurs 78M15 (positif) et 79M15 (négatif), sans radiateur conviennent parfaitement.

En effet, dans le cas d'un filtrage idéal sur charge maximale, la puissance calorifique à dissiper par le régulateur, $P = (U_{in} - U_{out}) \times I$, n'est que de 3 W environ.

$(U_{in} = 15 \sqrt{2} ; U_{out} = 15 \text{ volts} ; I = 0,5 \text{ A}).$

La charge (résistive) maximale autorisée est de 30Ω ; 7,5 W. On peut, bien sûr, utiliser un rhéostat de charge mais cela risque d'être très encombrant et il semble préférable de faire les frais d'une résistance bobinée ou mieux d'une ampoule (15 V ; 7,5 W). A l'instant où nous écrivons cet article, nous n'avons pas encore fait de recherche à ce sujet mais nous avons essayé une lampe (14 V ; 2,7 W) récupérée sur une ancienne guirlande de Noël. La souplesse d'utilisation et le renseignement visuel immédiat qu'elle fournit

sur le fonctionnement de la régulation nous semblent particulièrement intéressants. Peut-être qu'une lampe 12 V, plus facile à trouver, supporterait la surtension imposée ? A essayer...

Le condensateur de filtrage peut être calculé de la manière suivante :

Lorsqu'il fournit de l'énergie à la charge, à travers le régulateur, nous pouvons assimiler le phénomène à une décharge linéaire (à courant constant : $I \approx 0,5$ A en charge maximale).

Pour que la régulation soit correcte la tension à l'entrée du régulateur doit toujours rester de 2 volts supérieure à sa tension de sortie, soit 17 V dans notre cas.

Au maximum de sa charge, le condensateur a une tension à peu près égale à 21 V ($15\sqrt{2}$).

La décharge linéaire s'effectue donc à peu près de 21 V à 17 V en un temps t que nous pouvons évaluer de la manière suivante :

En prenant le début de la décharge comme origine des temps, il suffit de rechercher la date à laquelle :

$u(t) = -15\sqrt{2} \cos(2\pi t/T) = 17$; on trouve ainsi $t \approx 8$ ms.

En reportant cette valeur de 8 ms dans l'équation de la décharge linéaire du condensateur :

$$u_c(t) = u_c(0) - \frac{I t}{C}$$

avec $u_c(0) \approx 21$ V ; $u_c(8) \approx 17$ V ; $I = 0,5$ A

On obtient ainsi :

$$C = \frac{0,5 \times 8}{4} = 1 \text{ mF}$$

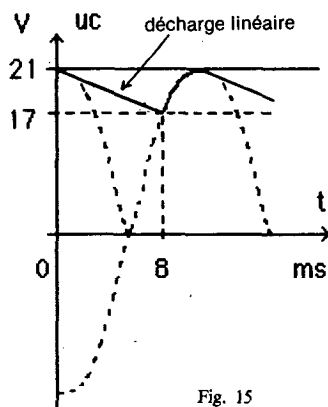


Fig. 15

On en conclut qu'un condensateur de capacité 1 mF (1 000 μ F) doit permettre un filtrage correct.

Bien sûr, si on diminue la charge, on peut diminuer aussi la valeur de la capacité tout en conservant le même filtrage.

Remarque :

Le condensateur de filtrage doit évidemment supporter la tension maximale, soit 21 volts dans notre cas (un condensateur de 25 V sera parfait).

A l'heure où nous écrivons cet article, nous n'avons pas effectué tous les essais, mais nous vous proposons malgré tout, les idées de manipulations que nous allons tenter de mettre en œuvre sur notre maquette :

- Observation simultanée, à l'oscillographe des tensions secondaires du transformateur à vide ou très faiblement chargé. Nous pourrions ainsi vérifier si les deux enroulements sont bien identiques et si la tension délivrée est bien sinusoïdale.
- En chargeant suffisamment un enroulement, on devrait observer, d'une part une diminution de l'amplitude et d'autre part une distorsion de la sinusoïde. En effet le transformateur n'étant pas parfait, loin de là, nous devons ainsi pouvoir mettre en évidence la chute de tension due à sa «résistance» interne ($u = e - ri$) et la non linéarité du noyau de fer (hystérésis). De plus la courbe correspondant à l'enroulement non chargé devrait également être perturbée, ce qui montrerait que si les deux secondaires sont bien isolés du point de vue galvanique, ils ne sont pas indépendants du point de vue magnétique.
- En enfichant le module redresseur (pont de diodes), on observera le redressement bialternance sur l'une des voies, la seconde étant conservée en référence et pour déclencher et synchroniser le balayage.
- En branchant le filtre capacitif, on devrait vérifier la validité de nos calculs prévisionnels, et, sur la deuxième voie, on devrait voir une «cassure» significative à l'instant où le condensateur devient générateur, prenant ainsi le relais sur le transformateur qui ne débite plus.
- Avec le régulateur, si le filtrage est suffisant, on doit avoir une tension continue aux bornes de la charge.

Si on regarde attentivement (sur la position AC, avec une plus grande sensibilité si besoin est) la tension aux bornes du condensateur, avec et sans régulateur, on doit percevoir la décharge linéaire dans le premier cas et exponentielle dans le second.

- Avec un filtrage insuffisant, on s'apercevra que le régulateur ne joue plus son rôle correctement.
- On pourra aussi remarquer qu'un redressement monoalternance nécessite un filtrage plus performant pour obtenir une régulation équivalente.
- Ces observations pourront bien sûr être complétées par des mesures de tensions :
 - tension moyenne à l'oscillographe (par commutation AC-DC) ou au voltmètre magnétoélectrique ou numérique.
 - tension efficace au voltmètre ferromagnétique ou numérique (RMS : Root Mean Square).
 - valeur efficace de l'ondulation au voltmètre numérique.
(Certains voltmètres numériques permettent la mesure des trois types de tension).

On peut alors vérifier que le carré de la tension efficace est égal à la somme des carrés de la tension moyenne et de la valeur efficace de l'ondulation.

- En disposant un shunt ($1\ \Omega$ environ) entre le transformateur et le redresseur, entre le redresseur et le filtre, entre le filtre et le régulateur, nous espérons pouvoir observer à l'oscillographe la forme des courants en ces différents endroits de la maquette. (Sur le typon actuel de l'Annexe 3, l'emplacement de ces shunts n'est pas matérialisé).
- Enfin, si nous utilisons une lampe comme charge, nous ne résisterons pas à l'envie de faire les deux expériences suivantes :
 - En déconnectant la lampe de la maquette et en la branchant rapidement aux bornes d'un ohmmètre, on pourra observer la décroissance de la résistance du filament au fur et à mesure qu'il se refroidit.
 - En rebranchant la lampe sur la maquette, interrupteur ouvert, nous observerons un éclair dû à l'énergie emmagasinée par le condensateur avant coupure du circuit.

4. CONCLUSION

Nous espérons que se dégagera de cet article, l'état d'esprit dans lequel nous travaillons au CRSPJ «basé», nous le rappelons, non pas au Quai des Orfèvres mais à Jacquard.

Au second semestre, nous pensons continuer par la mise au point de maquettes sur :

- oscillateur à inverseurs logiques,
- générateur de fonctions,
- étude de dipôles (en classe de Seconde)
- etc... à la demande des participants et dans la mesure de nos compétences !

Nous ne pourrons pas tout réaliser cette année et nous espérons que cette action sera reconduite l'année prochaine.

Nous espérons également qu'un poste supplémentaire de technicien sera créé à Jacquard afin de satisfaire à la demande des collègues en matière de maintenance des appareils de laboratoire.

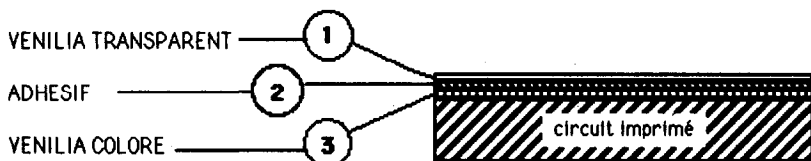
Nous voudrions également formuler le souhait que s'établisse un contact sinon permanent, du moins périodique, entre les différents centres de ressources.

Il ne nous reste plus qu'à remercier Monsieur HALLIER, aide technique pour sa compétence et sa disponibilité constante.

ANNEXE 1

SERIGRAPHIE

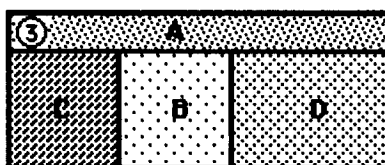
Réalisation d'une étiquette autocollante



La sérigraphie est réalisée par photocopie d'un support document original sur un support spécial : «adhésif protecteur de transparent».



Le Vénilia coloré est en quatre parties dans la maquette ici étudiée : «Charge d'un condensateur à courant constant».

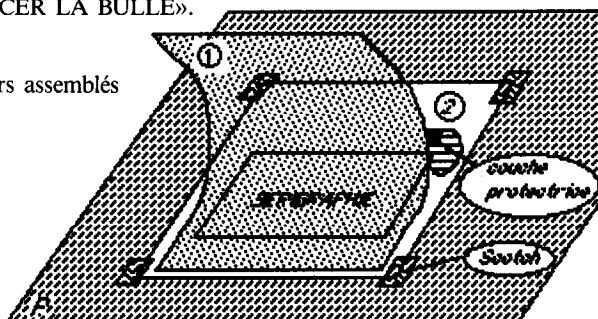


Technique de fabrication :

- 1) Etaler et fixer l'adhésif (face imprimée au-dessus) sur un support parfaitement plan.
- 2) Coller le VENILIA transparent sur l'adhésif.

Utiliser une règle plate ou un rouleau pour repousser progressivement la couche protectrice et appliquer la feuille de VENILIA «SANS COINCER LA BULLE».

① et ② sont alors assemblés



3) Préparer les quatre bandes de VENILIA COLORE :

Les bords communs à A, B, C, D doivent être parfaitement jointifs sans chevauchement, ce qui suppose un prédécoupage rectiligne de ces bords communs.

Les bords extérieurs seront arasés seulement lorsque l'assemblage sera terminé.

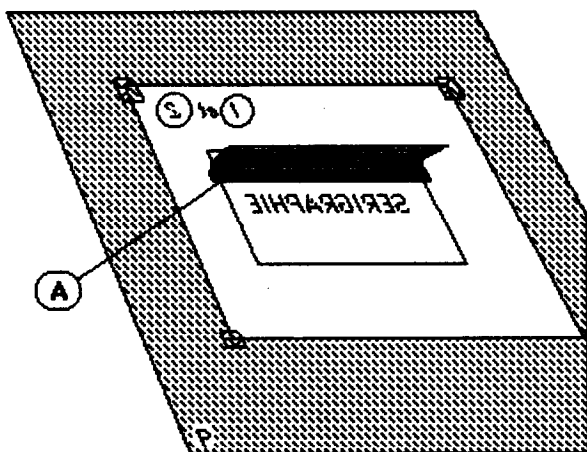
4) Coller chaque bande de VENILIA COLORE sur l'ensemble 1-2 précédemment assemblé en inversant la technique précédente : Retirer le transparent situé au dos de l'adhésif 2.

Etaler, fixer l'ensemble 1-2 sur le plan de travail.

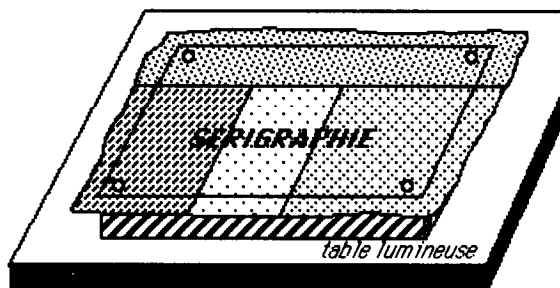
ATTENTION aux poussières ou cheveux qui risquent de se coller sur l'adhésif.

Fixer d'abord la bande A en alignant précisément le bord commun.

Fixer ensuite B puis C et D toujours en évitant de «coincer la bulle».



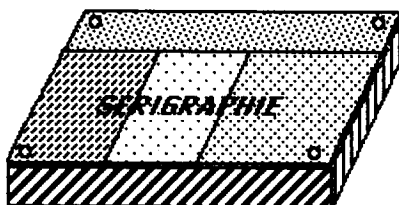
- 5) Coller l'étiquette sur le circuit imprimé : La plaque d'époxy est préalablement percée à l'emplacement des vis d'assemblage de la maquette.



Disposer la plaque sur une table lumineuse ou sur un rétroprojecteur.

Retirer la bande protectrice de l'étiquette.

Coller l'étiquette en s'alignant sur les trous repères.

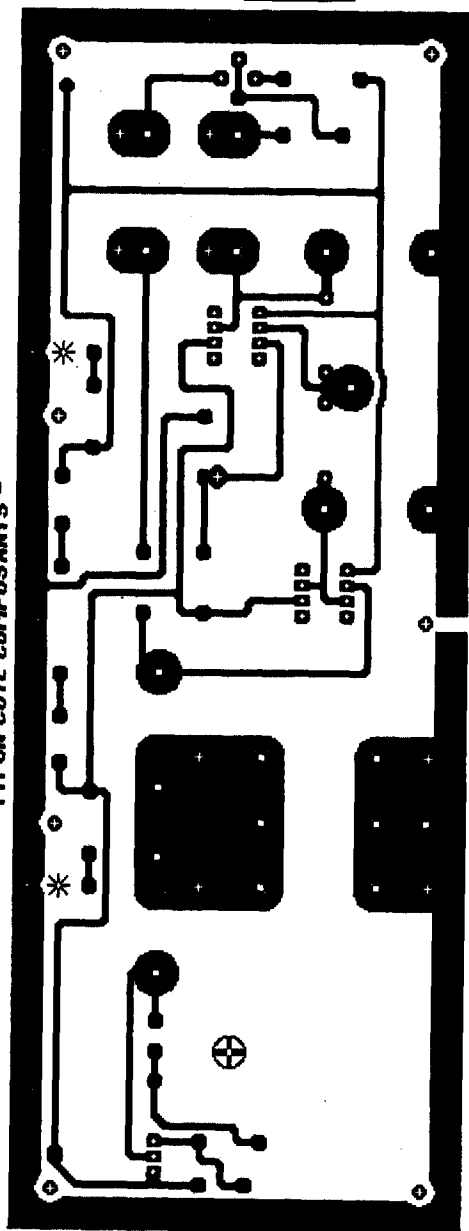


- 6) Araser les bords de l'étiquette au cutter.

ANNEXE 2

1^{re} version

- TYPON COTE COMPOSANTS -

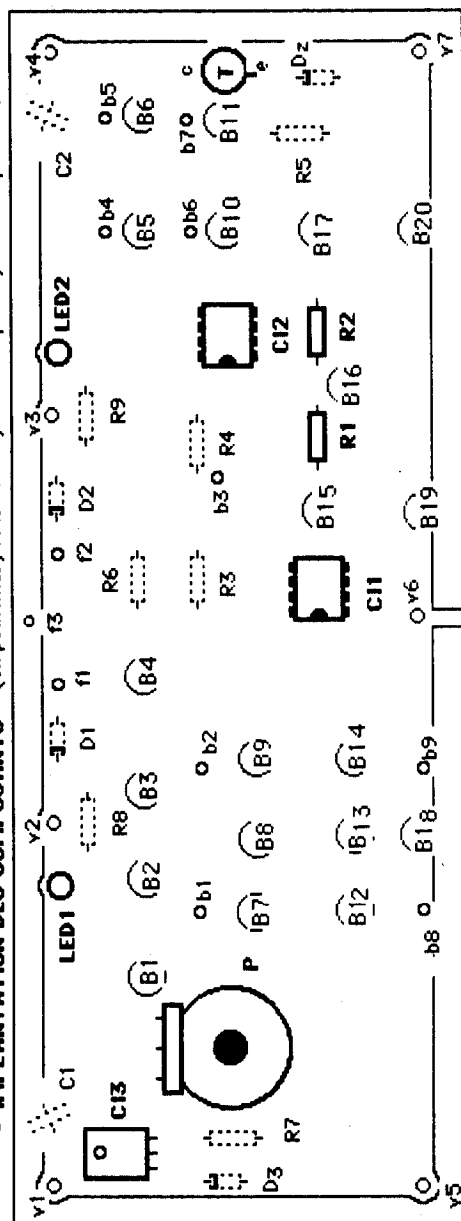


Pour être à l'échelle 1

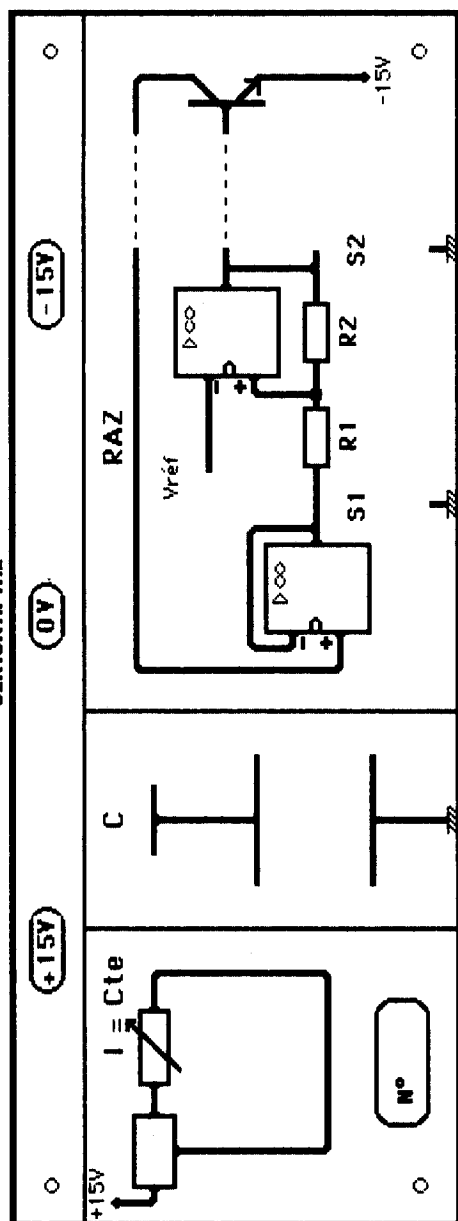
agrandir à 100 mm

IDEM pour les pages 245 à 252

- IMPLANTATION DES COMPOSANTS - (en pointillés, côté cuivre; en traits pleins, côté composants)

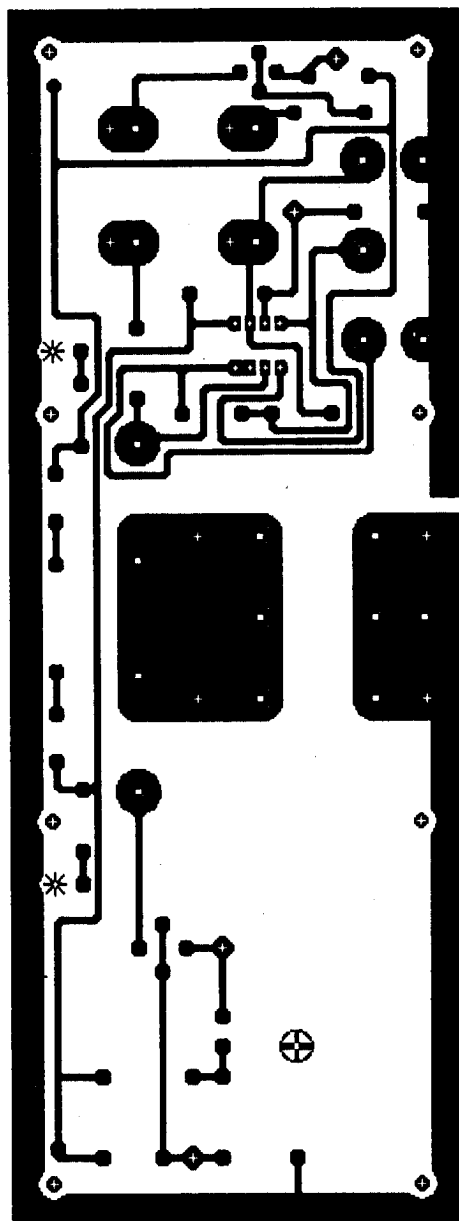


- SERIAGRAPHIE -

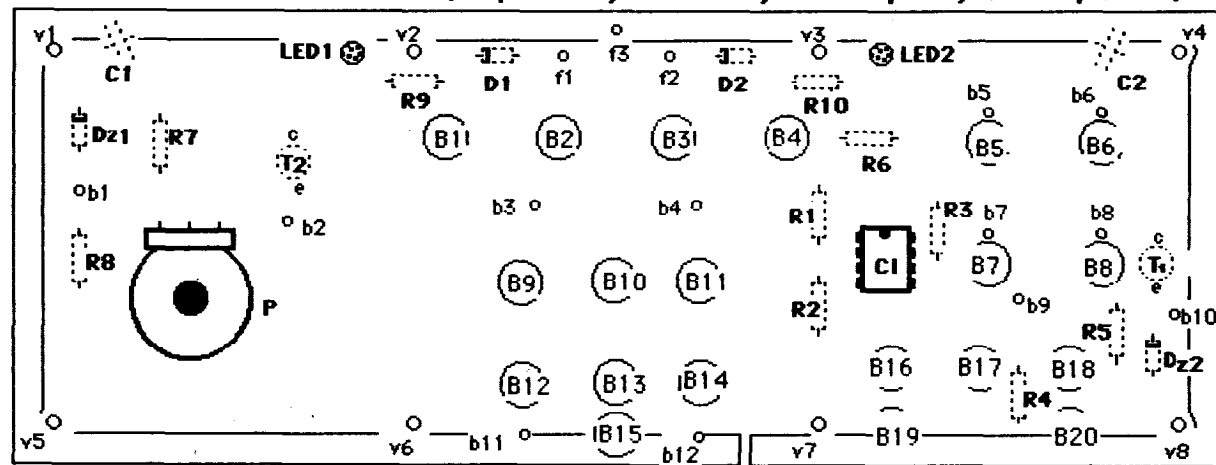


2^e version

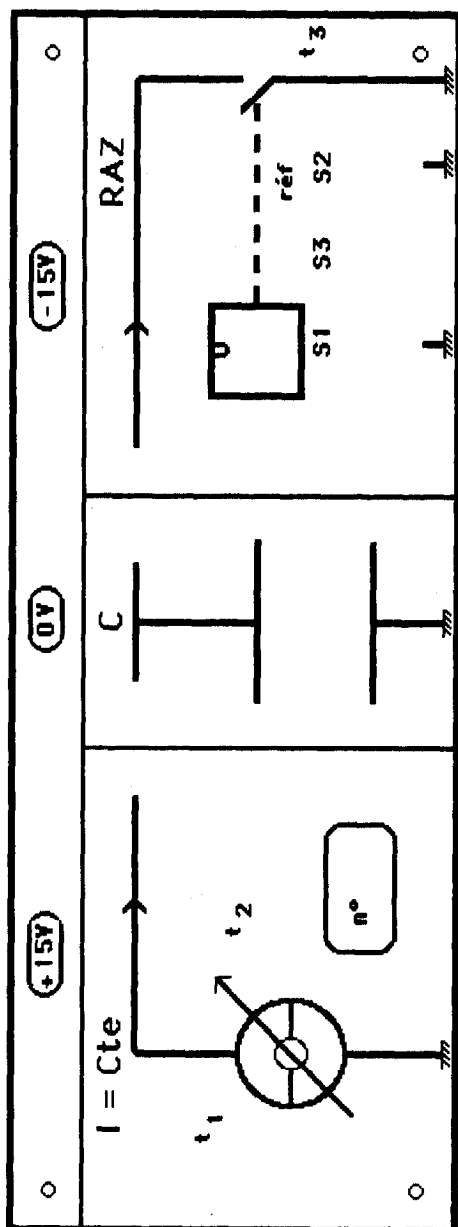
- TYPON COTE COMPOSANTS -



-IMPLANTATION DES COMPOSANTS- (en pointillés, côté cuivre; en traits pleins, côté composants) -

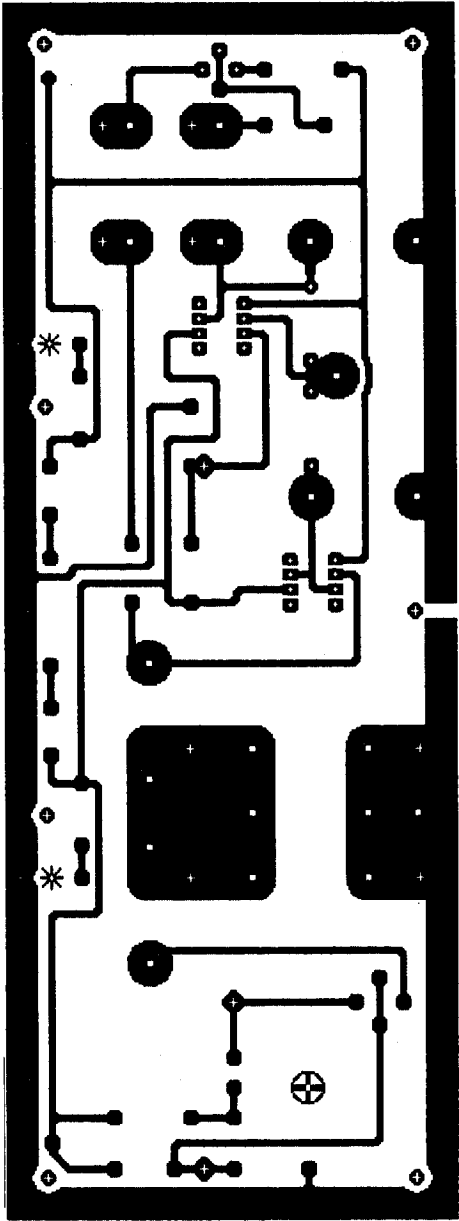


- SERIGRAPHIE -

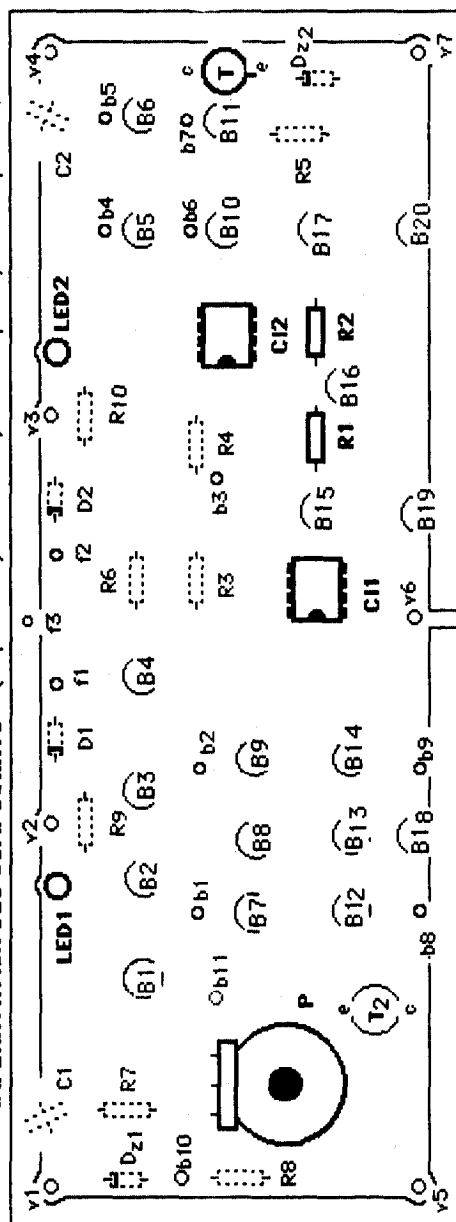


3^e version

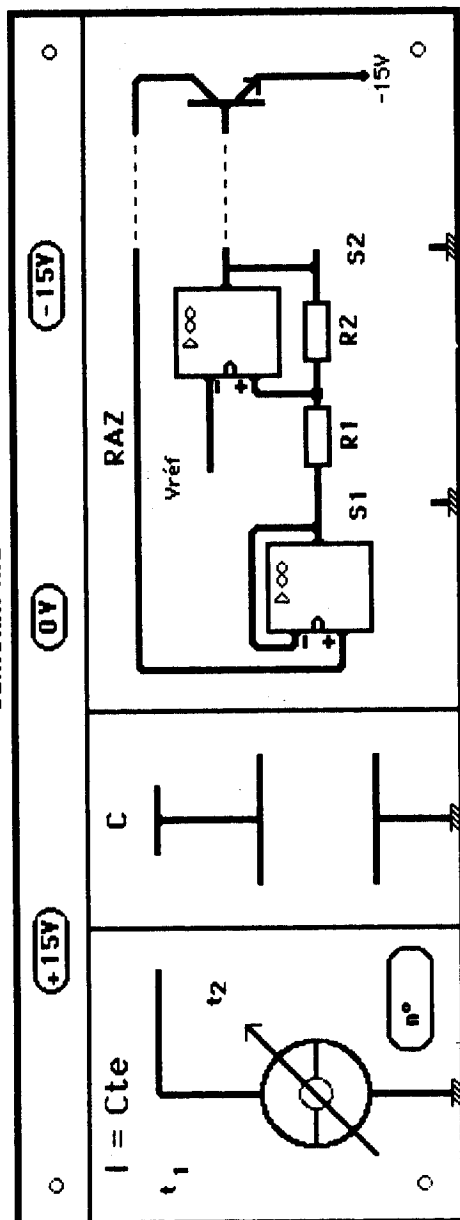
- TYPON COTE COMPOSANTS -



- IMPLANTATION DES COMPOSANTS - (en pointillés, côté cuivre; en traits pleins, côté composants)



- SERIGRAPHIE -



ANNEXE 3

