

BES/510

THÈSE

PRÉSENTÉE A

L'UNIVERSITÉ DE POITIERS

UNITÉ d'ENSEIGNEMENT et de RECHERCHE
SCIENCES FONDAMENTALES et APPLIQUÉES

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR INGÉNIEUR EN ELECTRONIQUE

PAR

Jean-Claude BESSE
Ingénieur INSA - TOULOUSE

ST4/3809

Contribution à l'étude d'un dispositif de visualisation
électroluminescent en structure matricielle

Soutenue le 15 Décembre 1971, devant la Commission d'Examen

MM. VAUTHIER *Président*
CHANTREAU }
DUMAS } *Assesseurs*
BATAILLER }

BES/510

THÈSE

PRÉSENTÉE A

L'UNIVERSITÉ DE POITIERS

UNITÉ d'ENSEIGNEMENT et de RECHERCHE
SCIENCES FONDAMENTALES et APPLIQUÉES

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR INGÉNIEUR EN ELECTRONIQUE

PAR

Jean-Claude BESSE
Ingénieur INSA - TOULOUSE

ST4/3809

Contribution à l'étude d'un dispositif de visualisation
électroluminescent en structure matricielle

Soutenue le 15 Décembre 1971. devant la Commission d'Examen

MM. VAUTHIER *Président*
CHANTREAU }
DUMAS } *Assesseurs*
BATAILLER }

A mes parents,

A Annick,

A Christophe,

UNIVERSITE de POITIERS

UNITES D'ENSEIGNEMENT et de RECHERCHE
"Sciences Exactes et Naturelles"
"Sciences Fondamentales et Appliquées"

-:-:-:-

Doyens honoraires et anciens Doyens

MM. A. GRUMBACH	Professeur de Physique
E. PATTE	Professeur de Paléontologie
P. BROUSSE	Professeur de Mécanique
N. MANSON	Professeur de Physique
J. FORT	Professeur de Mathématiques

Professeurs honoraires

MM. FRECHET	Professeur honoraire à la Sorbonne Membre de l'Institut
GARNIER	Professeur honoraire à la Sorbonne Membre de l'Institut
BOULIGAND	Professeur honoraire à la Sorbonne Correspondant à l'Académie des Sciences
GRUMBACH	Professeur de Physique
SOLFILLET	Professeur à la Sorbonne
ABELOOS	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille
PONCIN	Professeur à la Sorbonne Directeur honoraire de l'E.N.S.M.A.
AMIEL	Professeur à la Sorbonne
Mme DUBREIL-JACOTIN	Professeur à la Sorbonne
MM. MAZET	Professeur à la Sorbonne
LESIEUR	Professeur à la Sorbonne
CORABOEUF	Professeur à la Sorbonne
ZOUCKERMANN	Professeur de Physique
BROUSSE	Professeur à la Sorbonne
PATTE	Professeur de Paléontologie.

Directeurs des Unités d'Enseignement et de Recherche

MM. E. GRAY	U.E.R. Sciences Exactes et Naturelles
J. FORT	U.E.R. Sciences Fondamentales et Appliquées.

Professeurs et Maîtres de Conférences

MM. VALENSI Gabriel	Professeur de Chimie
CHARTIER Charles	Professeur de Physique
GAVAUDAN Pierre	Professeur de Botanique
TABOURY Félix	Professeur de Chimie
LEGRAND Jean-Jacques	Professeur de Biologie Animale
MATHIEU Gilbert	Professeur de Géologie et Minéralogie
GRAY Elie	Professeur de Physique
RIVault René	Professeur de Physique
ROSENBERG Albert	Professeur de Chimie Biologique
LAURENT Paul	Professeur de Mécanique
DOLBEAULT Pierre	Professeur de Mathématiques
MANSON Numa	Professeur de Physique
THOMASSIN René	Professeur de Chimie
VAUTHIER René	Professeur de Physique
GARGOUIL Yves-Michel	Professeur de Physiologie Animale
CORDIER Henri	Professeur de Mécanique
MATHURIN Claude	Professeur de Mécanique
EZRA Jacques	Professeur de Mathématiques
DASTE Philippe	Professeur de Microbiologie
GUTH Christian	Professeur de Paléontologie
GUICHARDET Alain	Professeur de Mathématiques
BOSCHER Jean	Professeur de Mécanique
GOETHALS Raymond	Professeur de Mécanique
MAUREL Raymond	Professeur de Chimie
LAGARDE Alexis	Professeur de Mécanique
BERNARD Michel	Professeur de Chimie
de FOUQUET Jacques	Professeur de Physique - E.N.S.M.A.
BATAILLER Gilles	Professeur de Physique - I.U.T.
BLANCHARD Christian	Professeur de Chimie - I.U.T.
FORT Jacques	Professeur de Mathématiques
CAISSO Jules	Professeur de Physique
BOUROT Joseph	Professeur de Mécanique
DUPUIS Jacques	Professeur de Pédologie
PEUBE Jean-Laurent	Professeur de Mécanique
PEYRE Antoine	Professeur de Physiologie Animale
LUNC Michel	Professeur Associé de Mécanique -E.N.S.M.A.
Mlle POUSSEL Hélène	Professeur sans chaire - Physiologie Cellulaire
M. PIMENTA Jean	Professeur sans chaire - Géologie
Mme DOLBEAULT Simone	Professeur sans chaire - Mathématiques

MM. MICHON Jean	Professeur sans chaire - Biologie Animale
DEVRIES André	Professeur sans chaire - Géologie
JACQUESSON Jean	Professeur sans chaire - Physique
BERNAT Pierre	Professeur sans chaire - Mathématiques
HARDY Antoine	Professeur sans chaire - Chimie
Mme MIGINIAC Léone	Professeur sans chaire - Chimie
MM. PAYEN DE LA GARANDERIE Hugues	Professeur sans chaire - Physique
GALAND Gérard	Professeur sans chaire - Physiologie Animale
MORIN Henri	Professeur sans chaire - Physique I.U.T.
RENAULT Guy	Professeur sans chaire - Mathématiques
MARTINET Jean	Maître de Conférences - Mécanique
MIGINIAC Philippe	Maître de Conférences - Chimie
CAUBET Jean-Pierre	Maître de Conférences - Mathématiques
NAYROLES Bernard	Maître de Conférences - Mécanique I.U.T.
GRILHE Jean	Maître de Conférences - Physique
LUBOCHINSKY Bernard	Maître de Conférences - Chimie Biologique
GOMEL Maurice	Maître de Conférences - Chimie
Mlle CORCUFF Yvonne	Maître de Conférences - Physique
GASC Claude	Maître de Conférences - Mécanique I.U.T.
JACQUESY Jean-Claude	Maître de Conférences - Chimie I.U.T.
COINTOT André	Maître de Conférences - Chimie
MOINE Pierre	Maître de Conférences - Physique
SCHREVEL Joseph	Maître de Conférences - Zoologie
LE ROY Alain	Maître de Conférences - Physique
Mlle MOULIS Nicole	Maître de Conférences - Mathématiques
MM. CHANTREAU Jean	Maître de Conférences - Génie électrique I.U.T.
SOUCHET René	Maître de Conférences - Mathématiques E.N.S.M.A.
ALZIARY de ROUEFORT Thierry	Maître de Conférences - Informatique et Mécanique Appliquée
Mme BARTHELEMY Marie-Claire	Chargée d'enseignement - Mathématiques
Mme PAGE Annie	Chargée d'enseignement - Mathématiques
MM. RACHMAN	Maître de Conférences associé - Physique
SOLOMON Livu	Maître de Conférences associé - Mécaniques
LOC Nguyen Xuan	Maître de Conférences associé - Mathématiques.

Maitres-assistants_docteurs

MM. AUZANNEAU Max	Chimie
BERNARD Claude	Physiologie Animale
BESSON Jacques	Botanique
BOUYER Roger	Physique
BRISSON Paul	Zoologie
Mme COUTANCEAU Madelcine	Mécanique
M. COUVERTIER Pierre	Mécanique
Mme DAUNAY Jacqueline	Physique
MM. DORE Marcel	Chimie
DUPUY Pierre	Botanique
Mme GUILLAUME Irène	Chimie
Mme GUILLOT Jane	Physique
M. GUISEFT Michel	Chimie
Mme LECLERCO Ginette	Chimie
M. MANGIN Claude	Physique
Mle MARCHAND Claudette	Physiologie Cellulaire
MM. SOUIL François	Chimie
TROTET Gérard	Biologie Végétale.

Assistants_docteurs

M. ODEIDE René	Chimie Biologique.
----------------	--------------------

-:-:-:-

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

<u>CHAPITRE I.-</u> Considérations générales sur l'électroluminescence du sulfure de zinc et les structures matricielles électroluminescentes.	1
<u>I.1.</u> Lois générales de l'électroluminescence pour le Zns (Cu,Cl) sous excitation sinusoïdale	2
I.1.1. Loi luminance-tension à fréquence constante	2
I.1.2. Loi luminance-fréquence à tension constante	5
I.1.3. Temps d'établissement de la luminescence sous excitation sinusoïdale.	7
<u>I.2.</u> Cas d'une structure matricielle électroluminescente	12
I.2.1. Constitution d'une matrice électroluminescente	12
I.2.2. Répartition théorique des tensions sur ce modèle de matrice électroluminescente	13
I.2.3. Contraste théorique dû à cette répartition de tension	16
<u>I.3.</u> Conséquence pour l'exploitation d'une matrice électroluminescente.	21
<u>CHAPITRE II.-</u> Electronique associée au balayage d'une matrice de cellules électroluminescentes	23
<u>II.1.</u> Principe du balayage d'une matrice électroluminescente	24
II.1.1. Généralités	24
II.1.2. Schéma fonctionnel du dispositif de balayage	25
<u>II.2.</u> Rappels sur les circuits intégrés logiques (TTL)	26
II.2.1. Généralités	26
II.2.2. Les fonctions logiques de base	27
a) la fonction NON-ET (NAND)	27
b) la fonction NON-OU (NOR)	29

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Luminescence 1 de l'Unité d'Enseignement et de Recherche "Sciences Fondamentales et Appliquées" de l'Université de POITIERS, sous la direction de Monsieur le Professeur BATAILLER.

Je tiens à exprimer ici ma respectueuse gratitude à Monsieur le Professeur VAUTHIER qui a bien voulu accepter la présidence du Jury chargé d'examiner le présent travail, ainsi qu'à Messieurs les Professeurs CHANTREAU, DUAS et BATAILLER qui me font l'honneur de faire partie de ce jury.

Je tiens aussi à remercier vivement Monsieur DESCHAMPS de la Société Anonyme des Télécommunications (S.A.T.) qui a très aimablement confié au Laboratoire la matrice électroluminescente, support du présent travail, ainsi que Monsieur MARTIN de l'Electricité de France (E.D.F. Ile de France) pour l'aide matérielle qu'il m'a apportée.

Mes remerciements vont également à Madame HEYNEMANN du Service Technique Aéronautique (S.T.A.E.) pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail.

Je remercie aussi Monsieur TRAN de l'Equipement et la Construction Electrique (E.C.E.) ainsi que tout le personnel du Laboratoire pour les conseils qu'ils m'ont donnés et, en particulier, Monsieur BOISSEAUX, technicien au Laboratoire pour son aide efficace.

II.2.3. La conception des circuits à partir de ces fonction de base	30
a) les circuits combinatoires - le décodage	30
b) les circuits séquentiels	31
c) association d'une décade de comptage et d'un décodeur : registre à décalage bouclé	37
<u>II.3.</u> Electronique de commande	38
II.3.1. Commutateurs lignes et colonnes ou interface	38
II.3.2. Système de commande des commutateurs	40
II.3.3. Horloge	45
<u>II.4.</u> Alimentation de la matrice	48
II.4.1. Oscillateur interne	48
II.4.2. Amplificateur H.T.	50
II.4.3. Modulateur d'amplitude	51
<u>CHAPITRE III.</u> - Etude expérimentale de la répartition des ten- sions et du contraste sur la matrice électro- luminescente	55
<u>III.1.</u> Montage expérimental	56
<u>III.2.</u> Etude expérimentale du fonctionnement quasi-statique de la matrice	57
III.2.1. Relevé des tensions ligne et colonne	57
III.2.2. Relevé des ondes de luminance en un point de la matrice - Contraste observé	59
<u>III.3.</u> Schéma équivalent modifié de la matrice	67
<u>III.4.</u> Répartition effective des tensions sur la matrice et conséquences.	69
III.4.1. Calcul de la tension réelle appliquée sur le point excité suivant sa position sur la matrice	69
III.4.2. Evolution de la tension parasite créant la "croix"	74
a) Point de mesure A (tension en α)	74
b) Point de mesure B (tension en β)	76

<u>III.5.</u> Etude expérimentale du fonctionnement dynamique de la matrice	81
III.5.1. Relevé des tensions parasites	81
III.5.2. Explication du caractère discontinu de ces tensions	83
III.5.3. Etude du contraste dynamique	84
a) Luminance du point excité	84
b) Luminance parasite	87
III.5.4. Conséquences pour l'utilisation de la matrice	87
<u>CHAPITRE IV.-</u> Affichage de caractères alpha-numériques sur la matrice électroluminescente	92
<u>IV.1.</u> Etude de l'affichage sur un écran cathodique	93
IV.1.1. Visualisation d'un caractère	93
IV.1.2. Visualisation de plusieurs caractères	101
<u>IV.2.</u> Etude de l'affichage sur matrice électroluminescente	102
IV.2.1. Visualisation d'un symbole en utilisant la modulation de brillance	103
IV.2.2. Visualisation de plusieurs caractères	107
IV.2.3. Visualisation d'un caractère par coïncidence de balayage	108
<u>CONCLUSION.-</u>	113
<u>BIBLIOGRAPHIE.-</u>	

I N T R O D U C T I O N

La vitesse à laquelle les techniques de visualisation se développent à l'heure actuelle et pour lesquelles les fabricants se battent afin d'arriver aux prix de revient les plus faibles, tout en gardant des luminosités convenables, nous a suggéré le sujet du travail faisant l'objet de ce mémoire, à savoir la visualisation sur écran matriciel électroluminescent de signaux mémorisés.

Si, il y a encore peu de temps, la visualisation se résumait à des panneaux publicitaires ou à des jeux de lumière, elle a de nos jours envahi de nombreux domaines avec l'avancement prodigieux de l'électronique et de l'informatique. Nous voyons couramment de nos jours des appareils de mesure à affichage numérique, des panneaux lumineux annonçant les horaires des trains ou des avions, des pupitres de signalisation de trafic pour ne citer que les exemples les plus importants. Cependant, ces exemples doivent tous leur existence aux progrès faits dans le domaine de l'automatique et de l'informatique ces dernières années.

C'est d'ailleurs pour cette raison que notre travail comportera deux chapitres plus spécialement liés à l'électronique et à l'automatique, car il n'est pas concevable de parler de visualisation sans électronique. En fait, après avoir rappelé les propriétés générales des produits électroluminescents composant la structure matricielle dont nous disposons et certaines caractéristiques

particulières de cette matrice elle-même, travail faisant l'objet du chapitre I, nous nous sommes penchés dans le chapitre II sur le problème de l'animation de cette structure et en particulier nous avons décrit un dispositif électronique utilisant des composants récents et capable de balayer la matrice d'une façon analogue à celle observée en télévision. Nous y avons également décrit les dispositifs d'alimentation permettant d'obtenir un système indépendant.

Le chapitre III traite des effets du balayage sur la luminance des points et des conséquences que nous pouvons en tirer pour un affichage ; plus spécifiquement, nous y analysons le contraste quasi-statique et dynamique résultant de ces deux types de balayage (lent et rapide) avec les conséquences que cela entraîne.

Quant au chapitre IV, il permet de comparer l'affichage sur écran cathodique et celui réalisé pour la matrice mais traite surtout des solutions électroniques apportées à ces deux problèmes particuliers. Cependant un montage simple d'affichage de schémas sur structure matricielle y est donné.

Enfin, une conclusion générale situe notre travail par rapport au contexte actuel, et précise la voie que nous poursuivons actuellement sur ce sujet.

C H A P I T R E I

--:--:--:--

CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'ELECTROLUMINESCENCE
DU SULFURE DE ZINC ET
LES STRUCTURES MATRICIELLES ELECTROLUMINESCENTES .

--:--:--:--

L'utilisation d'une cellule électroluminescente en structure matricielle dont le constituant électroluminescent est le sulfure de zinc dopé au cuivre et coactivé au chlore, nous conduit à rappeler certains résultats déjà classiques de l'électroluminescence du type Destriau avant d'examiner ce qui se passe pour une structure matricielle électroluminescente.

I.1. Lois générales de l'électroluminescence pour le ZnS (Cu,Cl) sous excitation sinusoïdale.

Bien des travaux ont été faits sur l'électroluminescence du sulfure de zinc et les résultats de ces recherches sont désormais bien connus. Nous rappellerons cependant ici ceux qui nous intéressent pour la suite de notre étude et en particulier la loi luminance-tension qui conditionne en partie le contraste sur matrice et le temps d'établissement de la luminescence qui est fonction de la fréquence du signal d'excitation, mais qui conditionnera la vitesse de balayage de la matrice.

I.1.1. Loi luminance-tension à fréquence constante.

Une poudre électroluminescente, soumise à un champ alternatif intense émet de la lumière. Cette émission est due à la recombinaison radiative de centres ionisés, ionisation qui a été provoquée par les chocs avec les électrons accélérés par le champ lors de l'alternance précédente.

La loi, couramment admise, qui donne l'intensité de la lumière émise en fonction de la tension appliquée est :

$$L = \alpha \exp - \beta V^{-1/2}$$

où L représente la luminance, V la tension appliquée aux bornes de la cellule et α et β deux termes dépendant de la fréquence du signal d'excitation, de la forme de la cellule, de sa composition, etc...

La figure I.1. donne l'évolution de la luminance d'un point de la matrice, excité par une tension sinusoïdale polarisée en continu en fonction de l'amplitude crête à crête de cette tension. La figure I.2. prouve que la loi générale énoncée n'est pas altérée par la polarisation continue imposée.

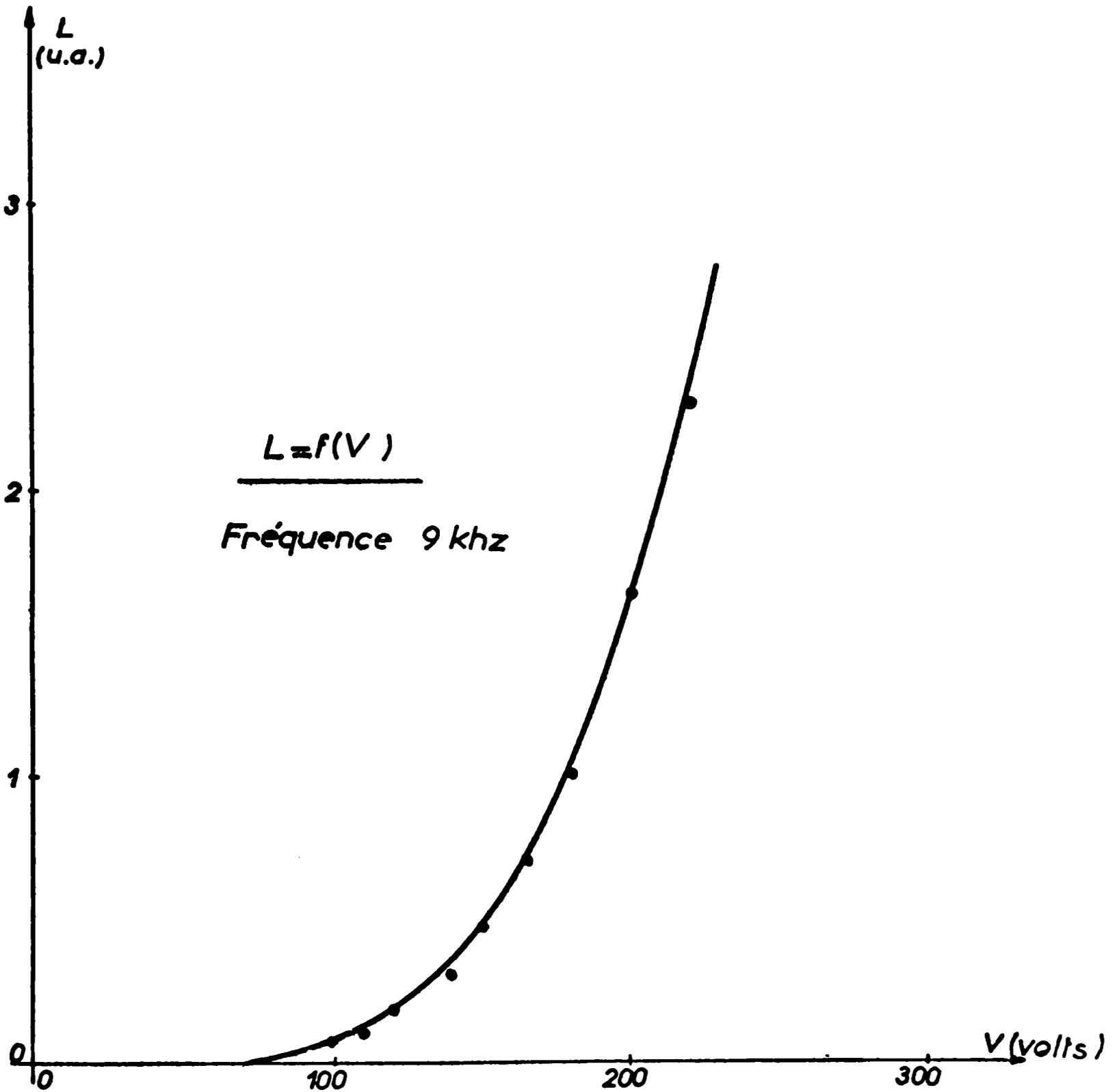


Figure I.1.

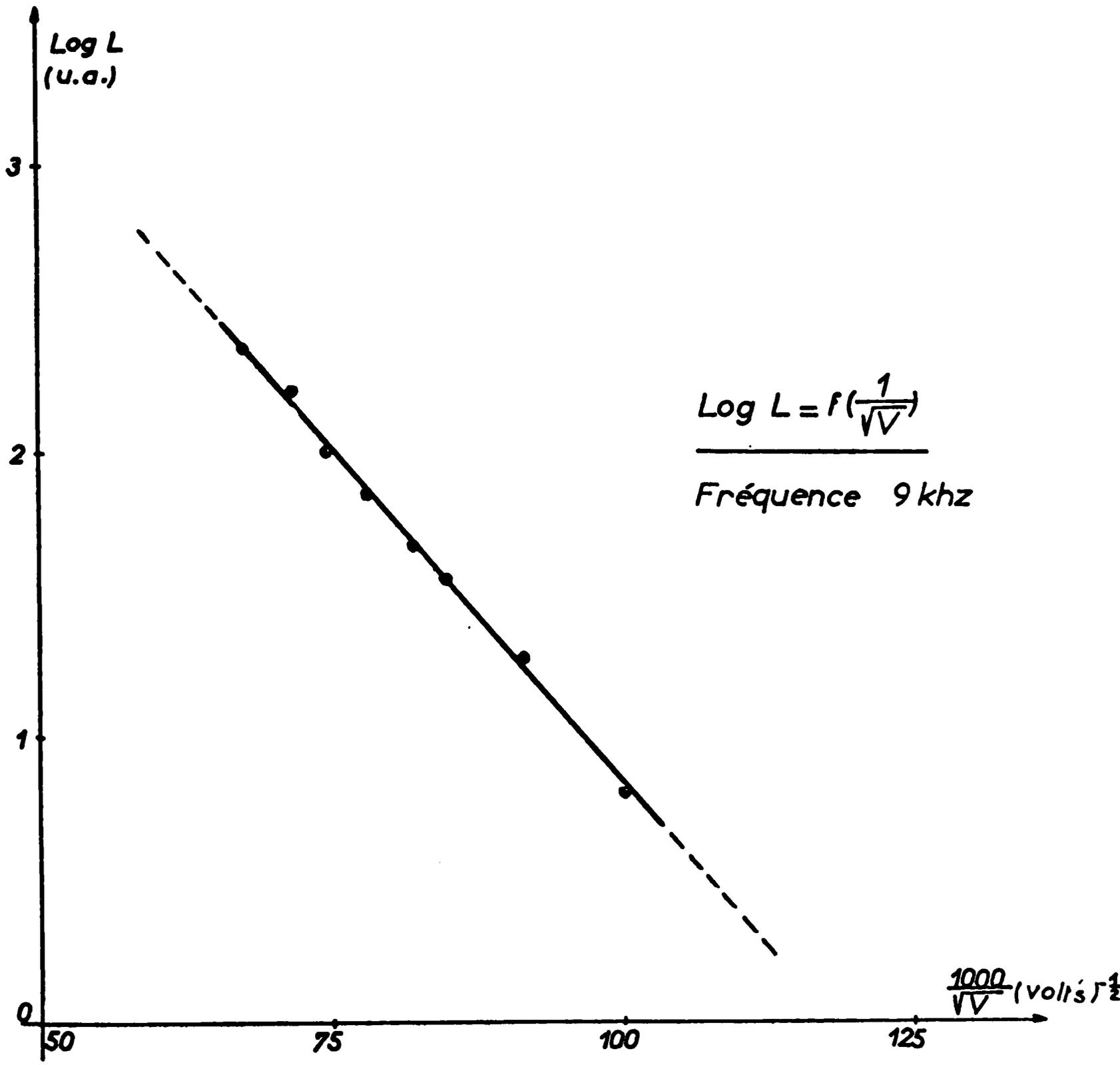


Figure I.2.

La courbe de la figure I.1. présente une courbure très marquée entre les faibles et les hautes tensions, courbure qui aura pour effet d'imposer la tension d'alimentation V à une certaine valeur pour obtenir un contraste convenable sur une structure matricielle, ce que nous verrons par la suite.

I.1.2. Loi luminance-fréquence à tension constante.

La courbe représentant la variation de la luminance en fonction de la fréquence du signal d'excitation présente généralement deux parties, l'une où la luminance est sensiblement proportionnelle à la fréquence (fréquence basse), l'autre où cette luminance dépend peu de la fréquence et tend même à devenir constante (haute fréquence).

Nous expliquerons cette constatation en utilisant la relation donnant les concentrations de centres luminescents en régime établi :

$$N_L(\infty) = \frac{N_0 \tau_0 f \alpha}{1 + \alpha \tau_0 f}$$

relation donnée par Henisch [1] et que nous allons préciser dans le paragraphe suivant.

Nous constatons qu'une telle relation présente bien les caractéristiques que nous avons annoncées pour la luminance.

En supposant que la luminance émise à un instant donné est proportionnelle au nombre de centres luminescents, lorsque f sera suffisamment faible, $N_L(\infty)$ se comportera comme $N_0 \alpha \tau_0 f$ et par conséquent L sera proportionnelle à f ; lorsque f sera grande, $N_L(\infty)$ sera équivalent à N_0 et L sera alors constante.

Par ailleurs, cette relation présente l'aspect bien connu de la fonction de transfert d'un réseau semi-dérivateur $\frac{Kp}{1+Tp}$ dont la représentation semi-logarithmique est donnée par la figure I.3.

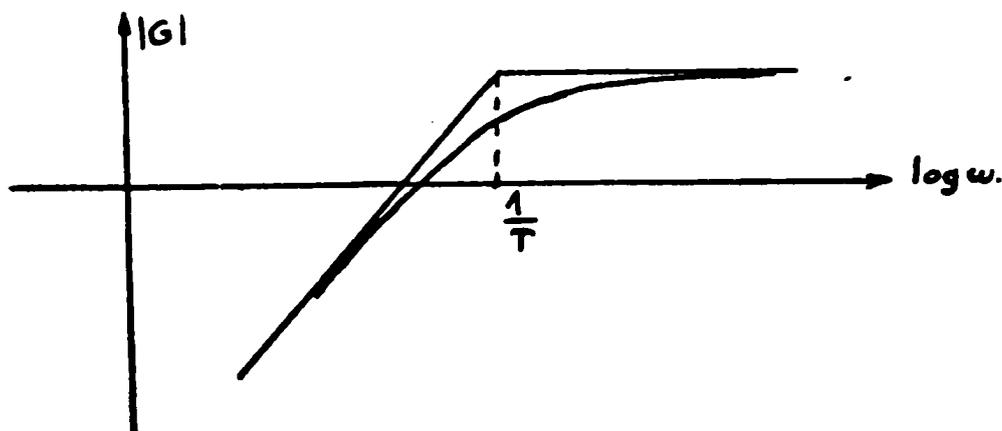


Figure I.3.

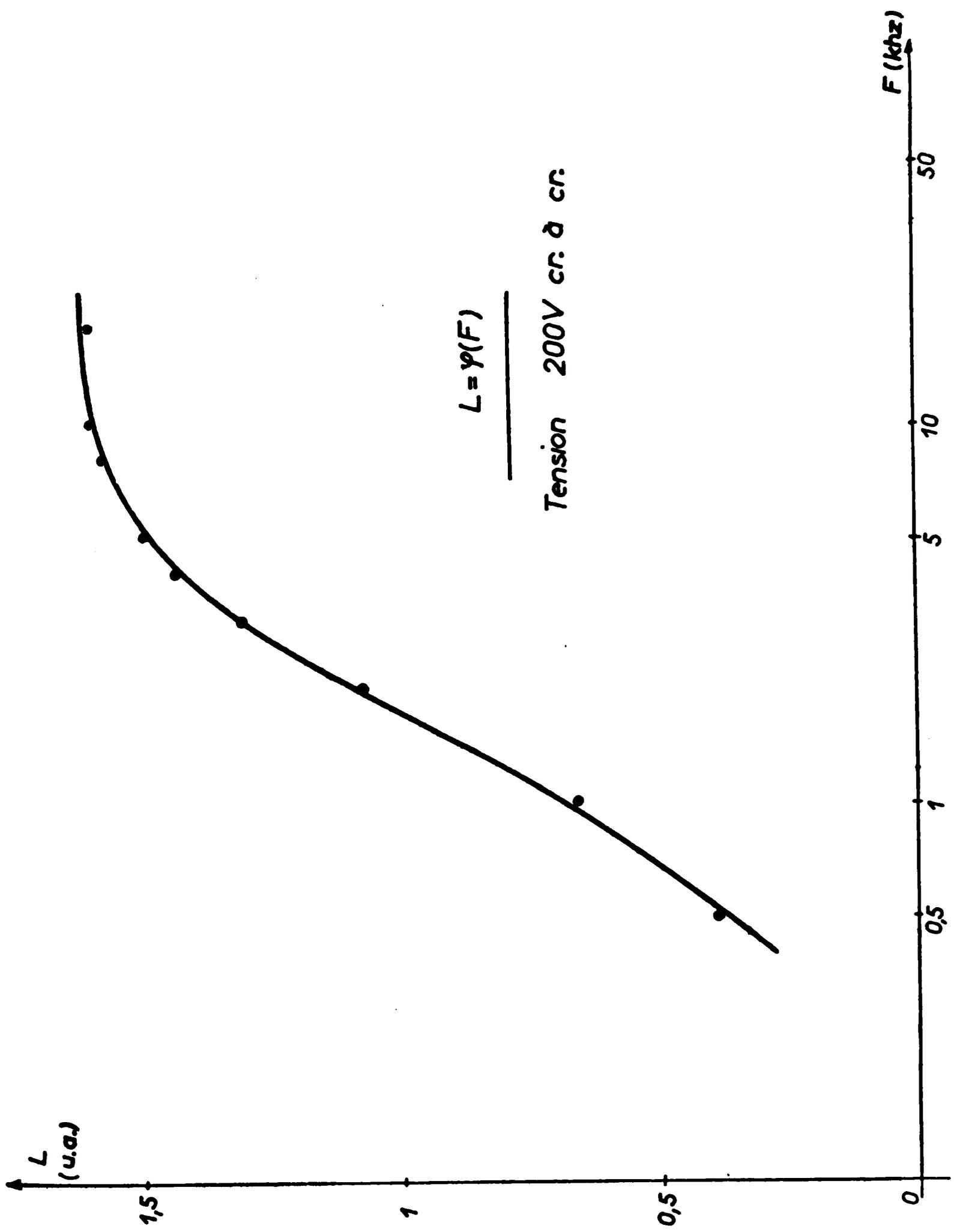


Figure I.4.

La forme de cette courbe nous conduira à fixer f dans la région de la saturation pour avoir la meilleure luminance possible pour une tension donnée. La figure I.4. confirme ces résultats pour un point de la matrice.

I.1.3. Temps d'établissement de la luminescence sous excitation sinusoïdale.

Les expériences effectuées sur le temps d'établissement de l'électroluminescence, en particulier par Frankl pour les monocristaux et par Haake pour les poudres électroluminescentes ont montré que la luminance ne devenait maximum qu'avec une certaine constante de temps comme le montrent les figures I.5. et I.6.

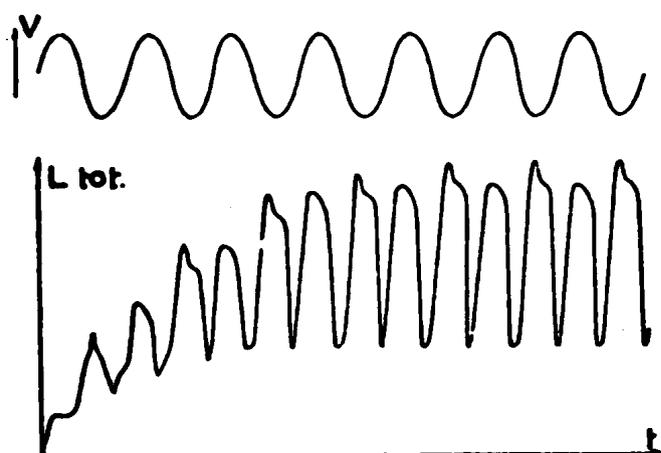


Figure I.5.

Ondes de luminance tracées d'après un relevé oscillographique par Frankl (excitation 60 Hz).

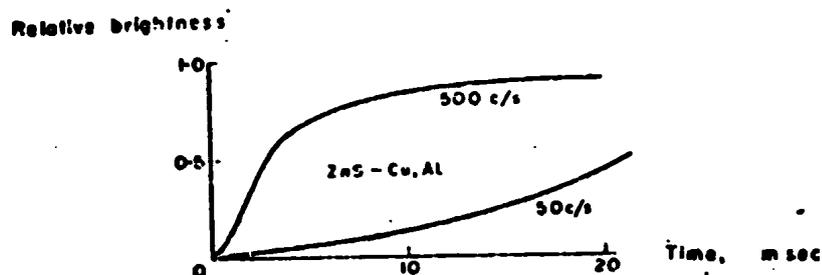


Figure 1.6.

Temps d'établissement. Haake (tension 400 V)

Nous essaierons d'expliquer ces résultats dans ce qui va suivre en nous plaçant dans le cas des poudres.

En supposant que sous excitation sinusoïdale nous nous plaçons à un instant t et qu'à cet instant la concentration de centres luminescents est N_L , nous savons que lorsque t va augmenter, cette concentration va diminuer en raison des recombinaisons. En première approximation, la diminution a pour gradient $\frac{dN_L}{dt}$ en supposant que τ_0

est le temps de relaxation du processus.

Par ailleurs, si N_0 est le nombre total de centres luminogènes, il existe $k(N_0 - N_L)$ centres créés à l'instant t par le champ électrique que produit la tension d'excitation et qui vont pouvoir luminescer par recombinaison (k étant un coefficient de proportionnalité). En fait, ce nombre de centres excités est proportionnel au champ, soit à $A \omega \cos \omega t$; expression se réduisant à $A' \omega$ à l'instant t . Nous en déduisons alors, que l'augmentation de la concentration des centres luminescents est de la forme $\alpha f(N_0 - N_L)$ à l'instant t .

La variation du nombre de centres luminescents en fonction du temps se trouve donc être :

$$\frac{dN_L}{dt} = -\frac{N_L}{\tau_0} + \alpha f(N_0 - N_L).$$

En supposant que la concentration n'évolue plus en un même endroit de la sinusoïde d'excitation au bout d'un temps suffisamment long, nous pouvons écrire :

$$\left(\frac{dN_L}{dt} \right)_{t=\infty} = \alpha f N_0 - N_{L(\infty)} \left(\frac{1}{\tau_0} + \alpha f \right) = 0$$

ce qui conduit à :

$$N_L(\infty) = \frac{\alpha f N_0 \tau_0}{1 + \alpha f \tau_0}$$

relation qui traduit la variation de la luminance en fonction de la fréquence vue précédemment.

Par ailleurs, en remplaçant N_0 par sa valeur dans l'équation

différentielle précédente, il vient :

$$\frac{dN_L}{dt} = - \frac{1 + \alpha f \tau_0}{\tau_0} (N_L - N_L(\infty))$$

relation qui, intégrée, devient :

$$N_L = N_L(\infty) \left(1 - \exp - \frac{t}{\tau} \right)$$

en supposant $N_L(0) = 0$

La luminance présente donc un temps d'établissement dont la constante de temps est :

$$\tau = \frac{\tau_0}{1 + \alpha f \tau_0}$$

avec τ dépendant de la fréquence du signal d'alimentation.

Si nous considérons le nombre de pics nécessaires à l'établissement de la luminance, ce nombre sera égal à :

$$N_f = 2 \tau f$$

soit
$$N_f = \frac{2 \tau_0 f}{1 + \alpha \tau_0 f}.$$

Cette relation prouve que le nombre de pics nécessaires à l'établissement de la luminance est fonction de la fréquence du signal d'excitation et qu'il suit une loi semblable à la variation de la luminance en fonction de la fréquence. En particulier, lorsque la fréquence est suffisamment grande, ce nombre tend à devenir constant.

Cependant, pour obtenir un même pourcentage de luminance en régime établi, un plus grand nombre de pics est nécessaire lorsque la fréquence est grande que lorsqu'elle est faible. En effet, la fraction de luminance à atteindre est donnée par $\exp - \frac{t}{\tau}$. Pour deux fréquences f_1 et f_2 , cette fraction sera définie par $\frac{t_1}{\tau_1}$ et $\frac{t_2}{\tau_2}$, expres-

sions qui doivent être égales pour avoir une même luminance.

Il en résulte : $\frac{t_1}{\tau_1} = \frac{t_2}{\tau_2} = K$

soit : $t_1 = \frac{K}{1 + \alpha \tau_0 f_1}$

$t_2 = \frac{K}{1 + \alpha \tau_0 f_2}$

Le nombre de pics de luminance en résultant est :

$N_{f_1} = 2t_1 f_1$ dans un cas

et $N_{f_2} = 2t_2 f_2$ dans l'autre.

Le rapport entre ces deux nombres est donné par :

$$\frac{N_{f_1}}{N_{f_2}} = \frac{f_1 (1 + \alpha \tau_0 f_2)}{f_2 (1 + \alpha \tau_0 f_1)}$$

ce qui montre que N_{f_1} est plus petit que N_{f_2} lorsque f_1 est plus petit que f_2 et qui confirme les résultats de Haake donnés par la figure 1.7.

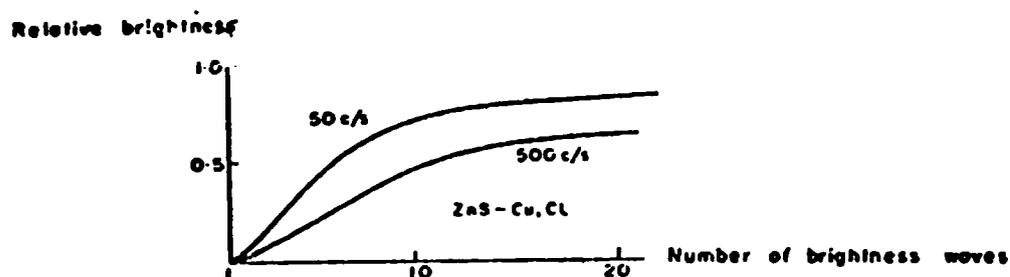


Figure 1.7.

Nombre de pics nécessaires à l'obtention d'une luminance donnée en fonction de la fréquence. Haake (Tension 400 V).

Remarque : Cas d'une tension sinusoïdale avec polarisation continue.

Si nous pouvons considérer qu'au bout d'un certain temps, la loi de variation de la luminance se confond avec celle que nous venons de voir précédemment, nous ne pouvons pas l'accentuer au moment de l'application de la tension d'excitation. En fait, nous pouvons penser que la tension appliquée se comporte schématiquement comme la somme d'une impulsion de largeur (t_0) et d'amplitude différentes suivant la phase de déclenchement du signal sinusoïdal, d'un créneau d'amplitude A et de largeur t_1 (t_1 est le temps d'excitation d'un point en balayage) et du signal sinusoïdal. (Figure 1.8.)

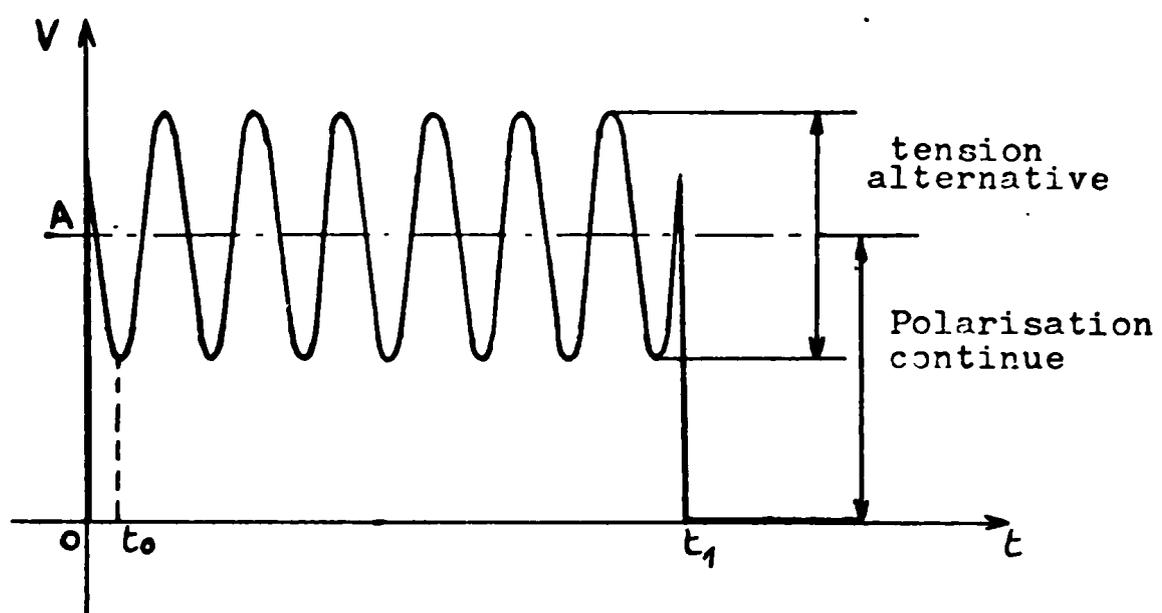


Figure I.8.

Cependant, tant que t_1 sera grand vis à vis de t_0 , l'action du créneau s'ajoutera à celle de l'impulsion de départ et en nous reportant aux travaux de Nudelman et Matossi sur l'excitation de l'électroluminescence par un impulsion seule, travaux confirmés par Tran pour la structure matricielle [2], nous pouvons penser que la variation de la luminance en fonction du temps dans le cas d'une excitation sinusoïdale polarisée en continu est la somme des deux courbes représentées sur la figure I.9.

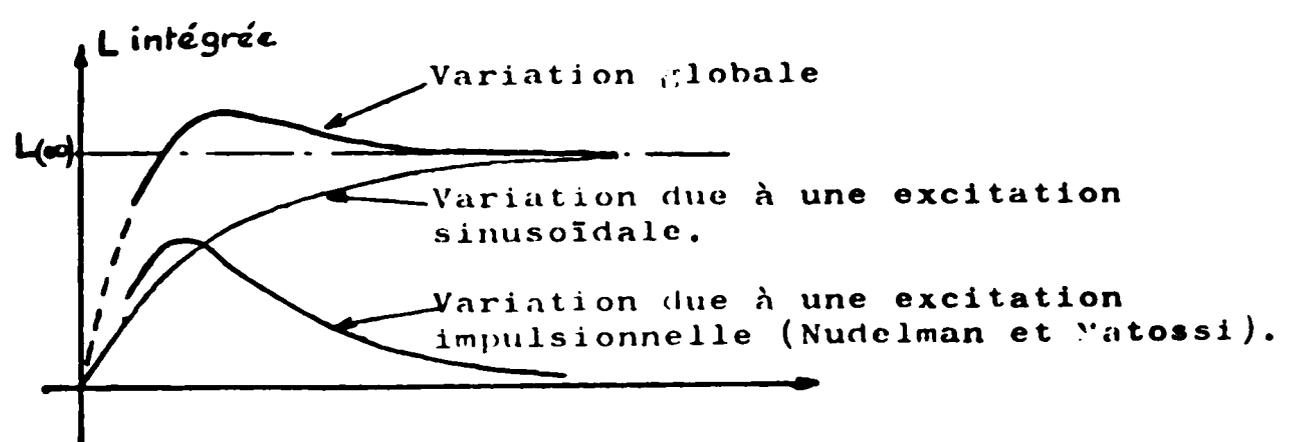


Figure I.9.

La luminance moyenne présente donc encore un certain temps d'établissement, mais ce temps semble être moins long que dans le cas d'une excitation sinusoïdale pure.

I.2. Cas d'une structure matricielle électroluminescente.

I.2.1. Constitution d'une matrice électroluminescente.

La matrice de cellules électroluminescentes que nous employons a été largement décrite par R. Deschamps [3], mais nous allons revenir quand même ici sur sa constitution.

Une cellule électroluminescente étant constituée par deux conducteurs plans entre lesquels est déposée une poudre électroluminescente, nous pourrions supposer qu'une matrice de cellules électroluminescentes est une juxtaposition d'un certain nombre de cellules réelles identiques à celle décrite.

En fait, cette solution serait très onéreuse, tant au point de vue de sa réalisation qu'au point de vue de la commande qui serait très complexe surtout dans le cas de l'animation puisque chaque point serait commandé séparément. Une disposition plus commode à mettre en oeuvre est celle que nous utilisons : la matrice est une cellule unique découpée en cellules élémentaires par deux faisceaux de conducteurs orthogonaux. Plus précisément, nous disposons d'une matrice composée :

- d'un premier faisceau de 20 conducteurs parallèles et transparents (dioxyde d'étain de résistance moyenne $500\Omega/\text{cm}^2$), d'une largeur de 4 mm et espacés de 0,5mm, disposés sur une plaque de verre;

- d'une couche de poudre électroluminescente (ZnS convenablement dopé en Cu et Cl) déposée par sédimentation sur les conducteurs et enrobée dans un vernis acrylique ;

- et d'un deuxième faisceau de 20 conducteurs parallèles et opaques (aluminium métallisé sous vide) ayant les mêmes dimensions que les précédents mais disposés orthogonalement aux premiers sur la couche décrite.

- l'ensemble est fixé sur un support et constitue une matrice de 400 points dont le schéma simplifié pour 3 lignes et 3 colonnes est représenté par la figure I.10.

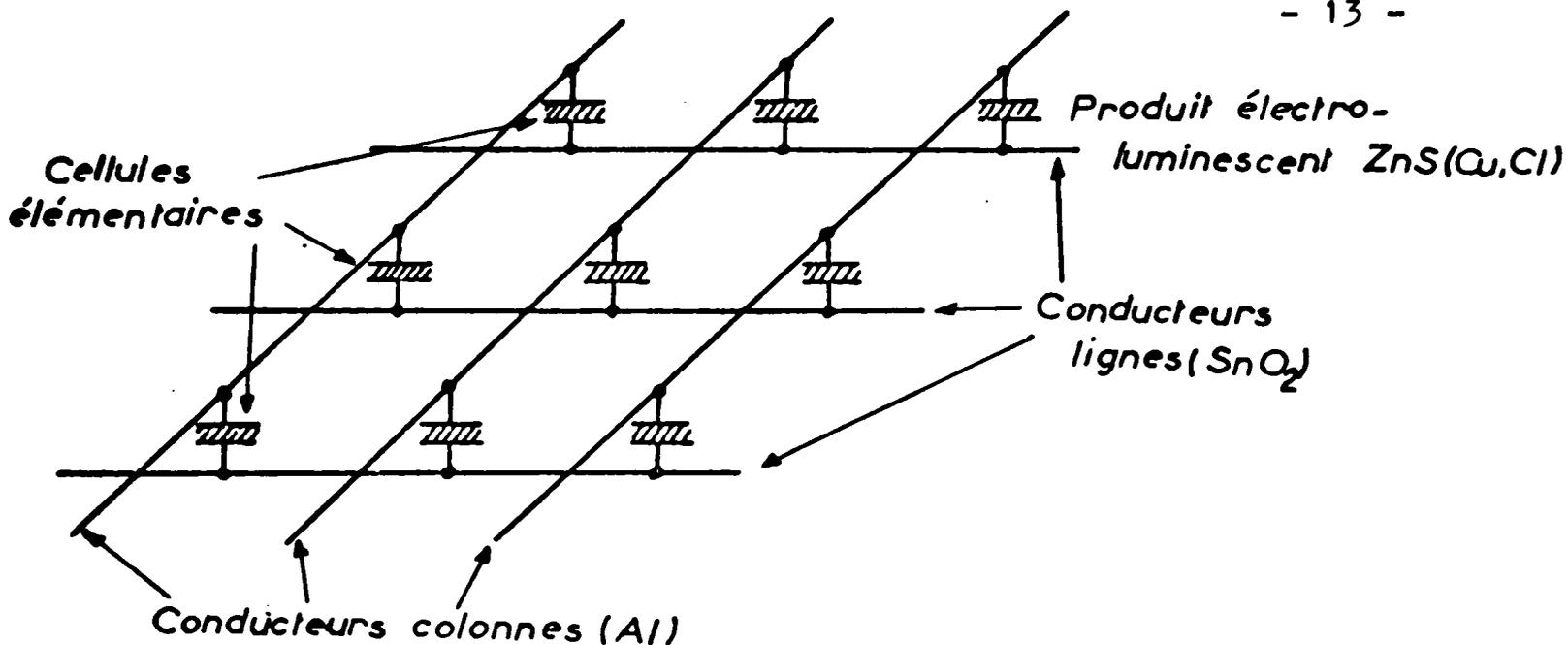


Figure I.10.

I.2.2. Répartition théorique des tensions sur ce modèle de matrice électroluminescente.

Le fait d'appliquer une tension sinusoïdale entre une ligne et une colonne de la matrice électroluminescente décrite ci-dessus a pour effet d'exciter un point de cette matrice, mais aussi de faire apparaître une répartition de tension voisine de cette donnée par H.F. IVEY et W.A. THORNTON [4], répartition reproduite sur la figure I.11. et qui va créer une luminescence parasite.

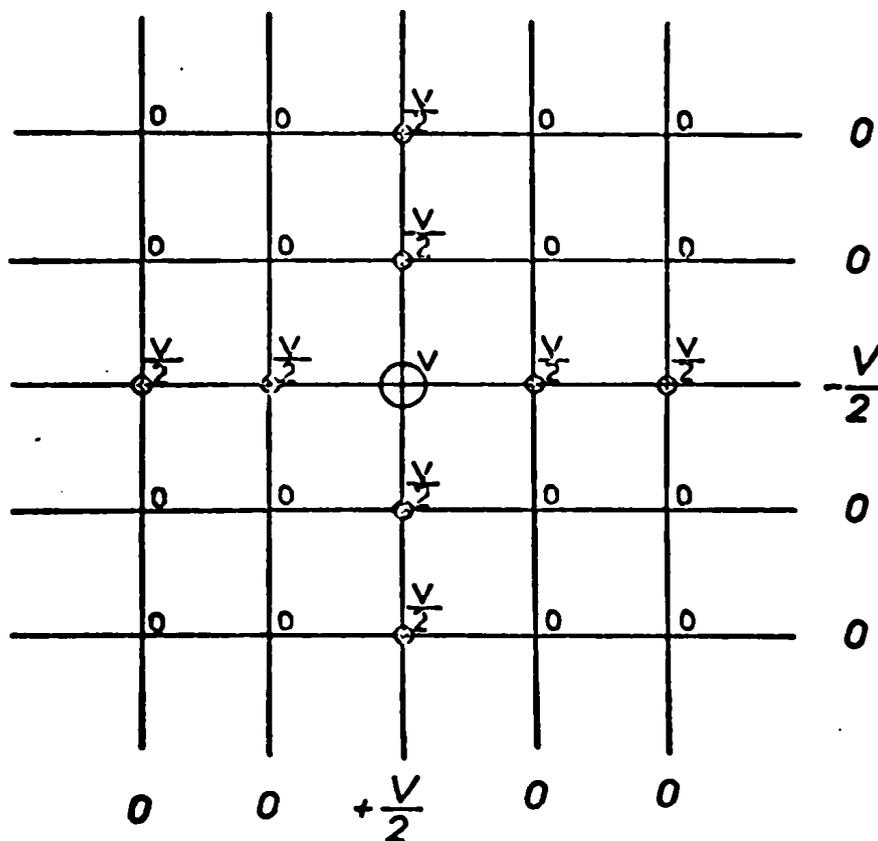


Figure I.11.

Sur cette figure, $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$ représentent les alternances positive et négative de la tension V appliquée à un instant donné entre la ligne et la colonne définissant le point considéré, les autres connexions étant en l'air.

Une telle répartition de tension va provoquer l'illumination partielle des points de la ligne et de la colonne définissant le point excité qui est complètement allumé. Une croix lumineuse apparaît donc en statique sur la matrice en plus du point choisi. Ce résultat aura un effet sur le contraste, contraste que nous allons définir plus loin.

Auparavant, nous allons essayer de préciser cette répartition de tension.

En supposant que les conducteurs ligne et colonne sont parfaits d'une part, et d'autre part, que les cellules élémentaires se comportent en première approximation comme un condensateur de capacité C et de résistance de fuite R , soit d'impédance Z constante, nous pouvons dire que la tension V appliquée aux bornes d'un point l'est également à un circuit parallèle symbolisé sur la figure I.12.

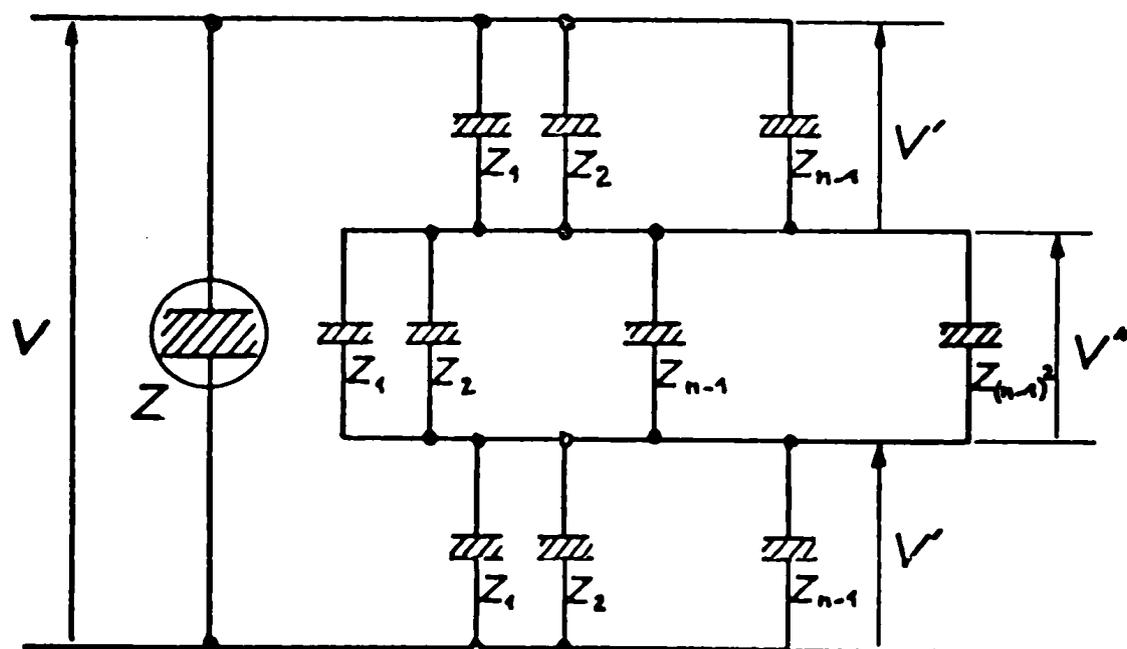


Figure I.12.

Ce schéma représentant $(n - 1) Z$ en parallèle (autres points de la ligne) en série avec $(n - 1)^2 Z$ en parallèle (tous les points autres que ceux de la ligne et de la colonne) en série eux-mêmes à nouveau avec $(n - 1) Z$ en parallèle (autres points de la colonne), est concevable puisque tous les points sont supposés identiques ce qui rend le schéma réel parfaitement symétrique et permet la simplification donnée.

Cette représentation schématique de la matrice, nous permet toutefois de déterminer la tension théorique existant aux bornes de l'un quelconque de ses points lorsque la tension V est appliquée entre une ligne et une colonne.

Le point étant soumis à la tension V , les points situés sur la ligne et la colonne le définissant sont soumis à la tension :

$$V' = \frac{\frac{Z V}{n-1}}{\frac{2Z}{n-1} + \frac{Z}{(n-1)^2}}$$

$$\text{soit } V' = \frac{n-1}{2n-1} V$$

et dans notre cas :

$$V' = 0,48 V$$

Les autres points sont soumis à la tension :

$$V'' = \frac{\frac{Z V}{(n-1)^2}}{\frac{2Z}{n-1} + \frac{Z}{(n-1)^2}}$$

$$\text{soit } V'' = \frac{V}{n-1}$$

et dans notre cas :

$$V'' = 0,025 V.$$

En comparant ces valeurs à celles de la figure I.11., nous constatons que notre cas est très voisin du cas général étudié et d'autre part, comme la loi luminance tension est fortement non linéaire, la tension V'' peut être considérée comme voisine de 0 car elle n'aura aucun effet sur la luminance.

Par contre, la tension V' provoquera une diminution du contraste en balayage et nous allons étudier le rapport de luminance produit par V et par V' .

I.2.3. Contraste théorique dû à cette répartition de tension.

En admettant que la loi luminance tension est décrite par la relation :

$$L = \alpha \exp - \beta V^{-1/2}$$

nous allons faire le rapport de la luminance due à la tension V à celle due à la tension V' que nous supposerons, pour simplifier, égale à $\frac{V}{2}$.

En exprimant par C ce rapport ou contraste, nous pourrions écrire :

$$C = \exp (\sqrt{2} - 1) \beta V^{-1/2}$$

$$\text{ou } C = \exp 0,414 \beta V^{-1/2}$$

Le contraste existant entre un point excité et un point de la croix dépend donc essentiellement, comme l'ont montré IVEY et THORNTON de la tension appliquée V et de la constante β : il est d'autant plus grand que β est grand et que V est petit.

β étant fixé, ce qui est le cas pour nous, la seule façon d'agir sur le contraste est de diminuer V . Mais si V diminue, la luminance en découlant décroît également. Par conséquent, un compromis sera à faire entre le contraste et la luminance.

Nous pouvons, cependant, exprimer le contraste d'une autre manière, à savoir, donner C en fonction de la luminance du point excité et, dans ce cas, nous avons :

$$C = \left(\frac{\alpha}{L} \right)^{0,414}$$

En effet, d'après l'expression vue précédemment :

$$\log C = 0,414 \beta V^{-1/2}$$

Par ailleurs, d'après la relation donnant la luminance :

$$\beta V^{-1/2} = \text{Log } \frac{\alpha}{L}$$

d'où il résulte :

$$\text{Log } C = 0,414 \text{ Log } \frac{\alpha}{L}$$

et la deuxième relation donnant C.

Cette deuxième relation prouve que C est d'autant plus grand que α est grand pour L fixé.

Or, d'une façon générale, α dépend de la fréquence de la tension d'alimentation et croît avec cette dernière tant qu'elle n'est pas trop grande (voir la loi luminance-fréquence), si bien que le contraste augmente avec la puissance 0,414 de la fréquence lorsque celle-ci est faible.

En fait, quel que soit le rapport de croissance de C avec f, nous devons nous placer dans le cas où f n'évolue pratiquement plus pour avoir un contraste maximum, c'est à dire que nous choisirons un fréquence se trouvant dans la région de la saturation sur la courbe représentant la loi luminance-fréquence.

Nous avons donné deux possibilités d'augmenter le contraste statique, à savoir : la diminution de la tension V et l'augmentation de sa fréquence f. Mais ces possibilités ne sont pas les seules puisqu'un bon nombre de paramètres non précisés ici, agissent aussi sur α et β .

En fait, V et f sont les seuls que nous pouvons atteindre puisque la matrice est imposée, ce qui nous a conduit à représenter seulement les courbes donnant les variations de C en fonction de $\frac{\beta^2}{V}$, $\frac{\alpha}{L}$ et V. Les courbes ① des figures I.13., I.14. et I.15. illustrent ces variations.

Remarque : IVEY et THORNTON ont proposé une autre solution pour augmenter le contraste qui consiste non pas à faire varier les deux paramètres vus précédemment, mais à diminuer la tension parasite sur les points de la croix, par l'application d'une tension $\frac{V}{6}$, en opposition de phase avec la tension d'excitation, sur toutes les lignes et les colonnes non excitées. Ceci a pour effet de faire apparaître sur tous les points autres que le point excité une tension $\frac{V}{3}$. Nous avons alors un fond continu lumineux, mais son intensité est plus faible que celle observée sur la "croix".

Les courbes ② des figures I.13., I.14. et I.15. montrent ce que devient le contraste C pour la tension $\frac{V}{3}$ par rapport à ce qu'il est pour une tension $\frac{V}{2}$ (courbes ①).

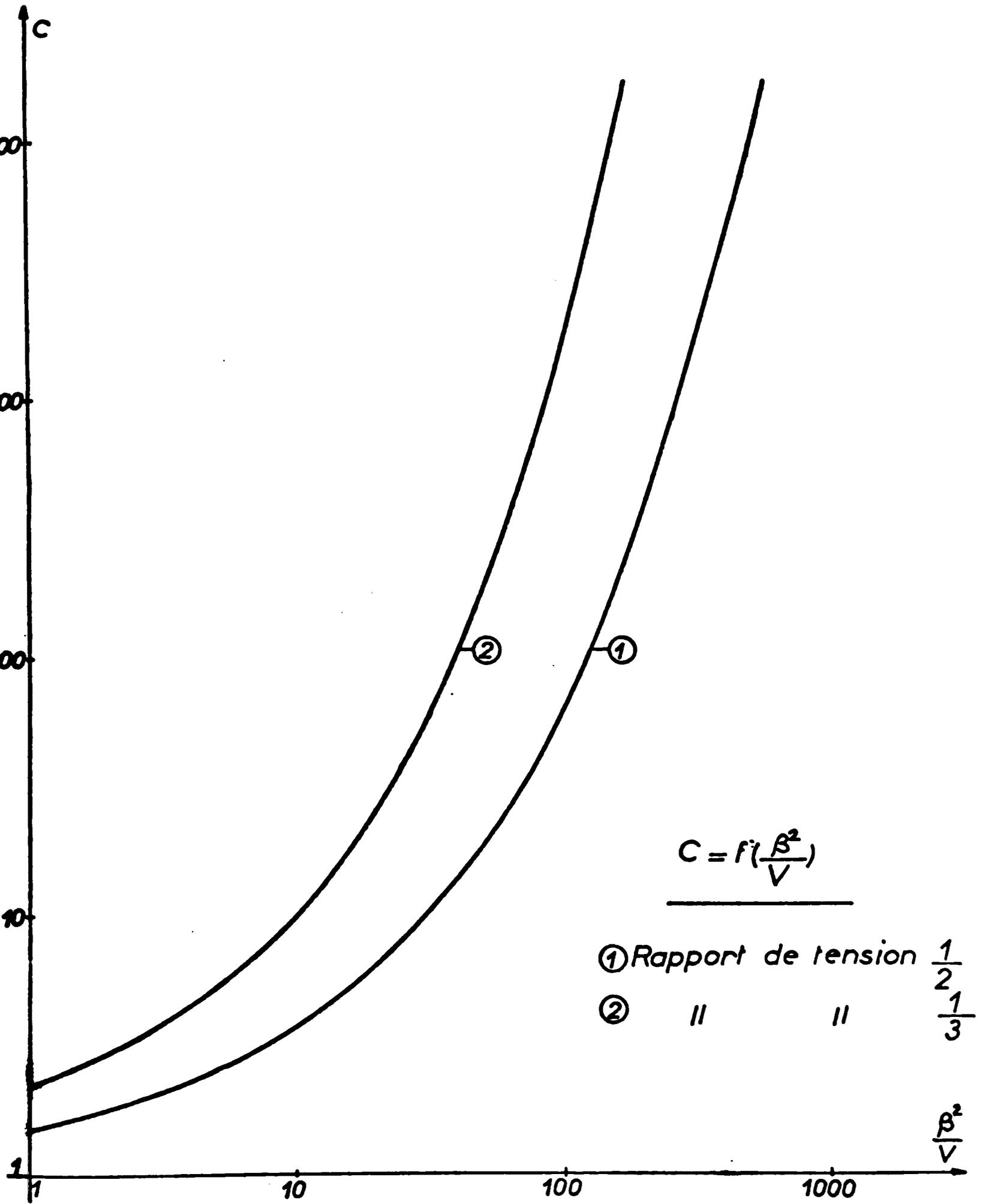
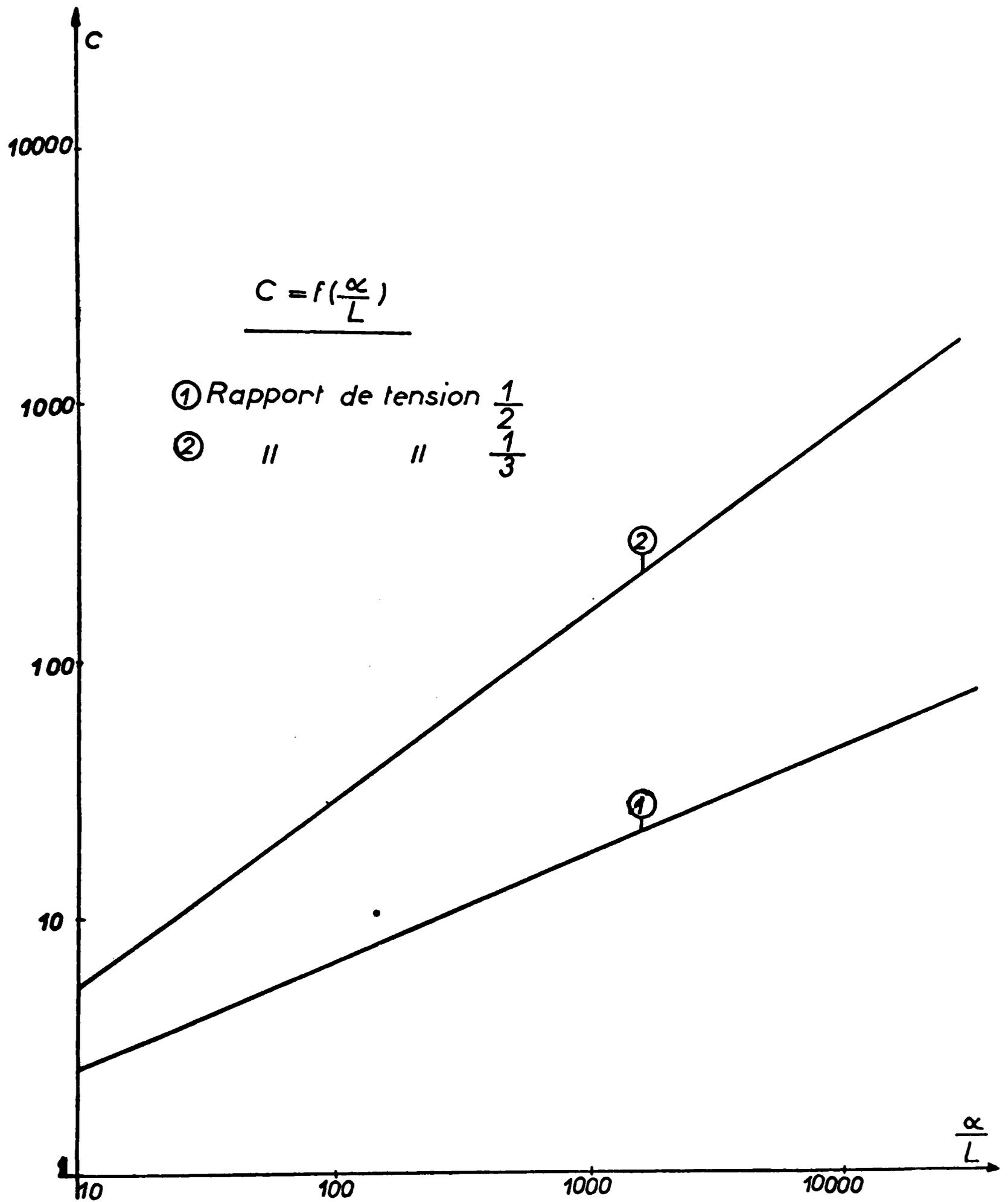


Figure I. 13



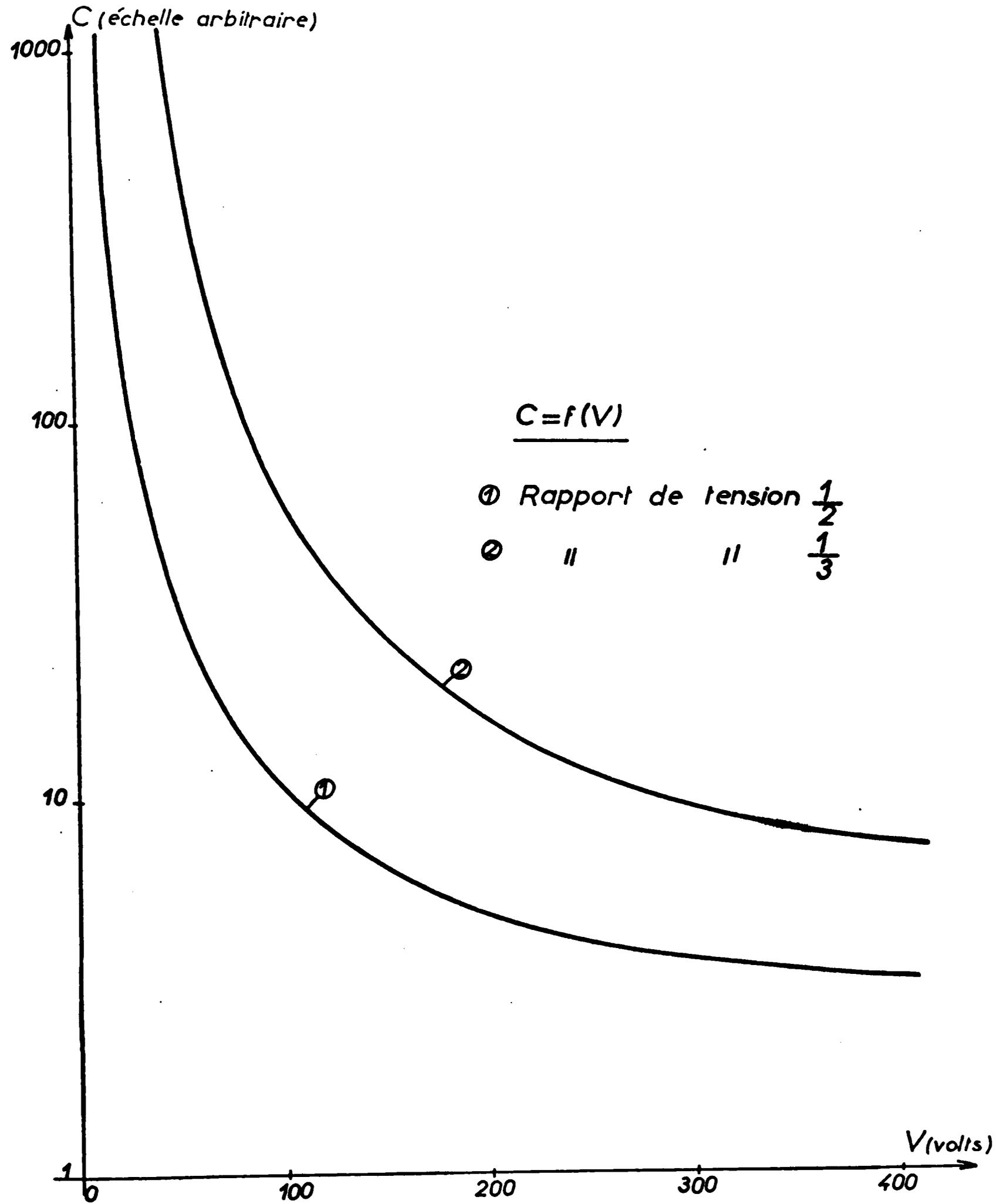


Figure I.15

I.3. Conséquences pour l'exploitation d'une matrice électro-luminescente.

Au vu des résultats précédents, nous pouvons déjà dire que pour animer une telle matrice, nous devons choisir une tension d'excitation de fréquence suffisamment élevée pour obtenir une visualisation correcte du point excité dans le contexte matriciel. Nous maintiendrons toutefois l'amplitude de cette tension assez grande pour garder une luminance convenable pour l'observateur.

Par ailleurs, l'animation de la matrice suppose un certain mouvement des points excités que nous appellerons balayage, et nous pouvons déjà constater que, s'il y a changement de place du point excité, la croix définie plus haut bougera également.

Si alors, nous supposons un mouvement très rapide des points excités, il y aura création d'un fond lumineux continu pour l'oeil, fond dû aux mouvements de la croix. Un tel fait ne fera évidemment que diminuer le contraste pour l'observateur.

Appliquer une tension en opposition de phase avec la tension d'excitation sur les lignes et les colonnes non excitées n'éliminerait pas ce fond continu mais diminuerait simplement son intensité, ce qui faciliterait la visualisation. Mais, nous pouvons dire que la commande du balayage serait sérieusement alourdie par le fait d'appliquer cette tension.

Une autre difficulté s'ajoute au problème du contraste en raison du temps d'établissement de la luminance. En effet, si lors d'une excitation brève, la luminance n'atteint pas sa valeur en régime établi, nous perdrons de la luminosité et également du contraste. Pour éviter cet inconvénient, la fréquence de la tension d'excitation devrait être telle qu'un nombre N de pics existe même pour l'excitation la plus brève exigée.

Pour fixer la durée minimum de cette excitation, nous pouvons supposer que nous désirons balayer tous les points de la matrice dans un ordre défini ou quelconque, mais les temps d'excitation de chaque point restant identiques.

Supposons également que la matrice est d'ordre n et que nous désirons que chaque point pris séparément soit visible par répétition, sans papillotement pour l'oeil.

Cette dernière condition implique que la fréquence des excitations d'un point soit d'environ 25 Hz, c'est à dire que la récurrence de ces excitations soit voisine de 40 ms.

Le temps minimum d'excitation sera donc :

$$t_n = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{n^2} \text{ s}$$

ou

$$t_n = (5n)^{-2} \text{ s.}$$

relation qui prouve que ce temps décroît comme le carré de l'ordre de la matrice et qui montre en même temps la nécessité d'avoir une fréquence du signal d'excitation très grande puisqu'elle devra être au moins égale à :

$$f_n = \frac{N}{2} \times (5n)^2 \text{ Hz}$$

fréquence qui devra croître comme le carré de l'ordre de la matrice. Dans notre cas, l'ordre de la matrice étant 20, nous aurons un temps t_n et une fréquence f_n limites égaux à :

$$t_{20} = \frac{1}{10000} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ s, soit } t_{20} = 100 \mu\text{s}$$

$$\text{et } f_{20} = 5000 \times N \text{ Hz}$$

qui, si nous supposons que N est de l'ordre de 10, nombre qui est peut être inférieur à la réalité, devient :

$$f_{20} = 50 \text{ KHz.}$$

Ce résultat posera certainement des problèmes technologiques très grand, si nous nous souvenons que f_n ainsi définie est la fréquence du signal d'excitation, c'est à dire d'un signal d'amplitude de l'ordre de 100 V_{eff}. et si nous passons à des ordres de matrice supérieurs à 100.

Ceci nous conduira certainement à chercher un moyen de visualiser un signal sur la matrice autre que le phénomène de répétition, moyen que nous n'avons pas envisagé dans la présente étude.

C H A P I T R E I I

-:-:-:-:-:-

**ELECTRONIQUE ASSOCIEE AU BALAYAGE D'UNE MATRICE
DE CELLULES ELECTROLU'INESCENTES**

-:-:-:-:-:-

L'animation d'une matrice électroluminescente et la visualisation de caractères alphanumériques sur cette structure ayant été le premier objet de notre travail, nous allons présenter dans ce chapitre le système électronique de commande qui nous a permis de balayer la matrice, le balayage obtenu étant analogue à celui utilisé pour les tubes cathodiques.

Avant d'aborder l'étude proprement dite du système de commande, nous donnerons le principe de balayage utilisé et nous ferons quelques rappels sur les circuits intégrés TTL, sur leur utilisation et la conception des circuits dans lesquels ils sont utilisés. Cette étude préliminaire rendra plus aisée la compréhension du système de commande et confirmera le motif qui nous a poussé à les utiliser.

II.1. Principe du balayage d'une matrice électroluminescente.

II.1.1. Généralités.

Le principe du balayage que nous avons adopté consiste à parcourir les lignes point par point à partir de la gauche et les unes après les autres. En ce sens, nous pouvons dire que le balayage ressemble à celui de la télévision, mais il en est très éloigné dans sa conception même. En effet, si en télévision, le balayage s'obtient de façon continue par application d'un champ magnétique linéaire avec le temps à l'aide d'une bobine de déviation (cas d'une ligne), dans le cas d'une matrice électroluminescente ce balayage ne sera plus continu, mais discret ou échantillonné : nous ne pouvons plus appliquer une tension uniformément croissante dans le temps mais au contraire une tension constante qu'il est nécessaire de commuter successivement sur chaque colonne. Si le balayage télévision peut être qualifié d'analogique, celui d'une matrice sera purement discret et nécessitera un système logique de commutation.

Mais, pour expliquer de façon plus précise ce qui doit se passer lors du balayage, nous nous référerons au schéma de la figure 2.1.

Sur cette figure, si nous considérons la ligne i de la matrice, chaque point de cette ligne s'allumera si le contact x_i est fermé et si nous fermons successivement les contacts $y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_{20}$ en présence de la tension d'alimentation.

Un système permettant d'obtenir l'ouverture et la fermeture successives de chaque contact colonne Y est donc nécessaire. Un dispositif analogue devra commander les contacts X (lignes)

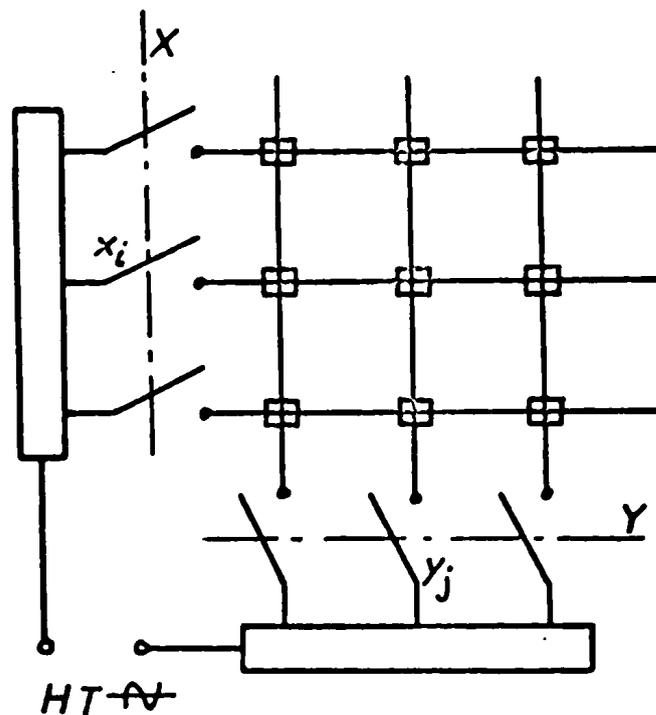


Figure 2.1.

si nous voulons que chaque ligne soit balayée successivement.

Ces deux dispositifs électroniques constitueront les systèmes de commande des commutateurs lignes et colonnes que nous appellerons plus simplement registres à décalage lignes ou colonnes.

II.1.2. Schéma fonctionnel du dispositif de balayage.

Le balayage nécessite, nous l'avons vu, deux systèmes de commutateurs commandés par deux registres à décalage qui ne seront pas autres que deux compteurs à base 20 avec remise à zéro permettant d'appliquer la tension issue du générateur de tension d'alimentation sur chaque ligne et chaque colonne pour obtenir l'illumination de 400 points. Mais pour fonctionner, les compteurs ont besoin d'impulsions sur leurs entrées et ces dernières seront délivrées par une horloge qui fixera la cadence du balayage.

Nous pouvons maintenant en déduire le schéma fonctionnel du balayage. (figure 2.2.).

Sur ce diagramme apparaissent plusieurs blocs que nous étudierons successivement mais d'ores et déjà nous pouvons signaler que la conception des systèmes de commutation colonnes et lignes conditionnera en partie celle des autres blocs.

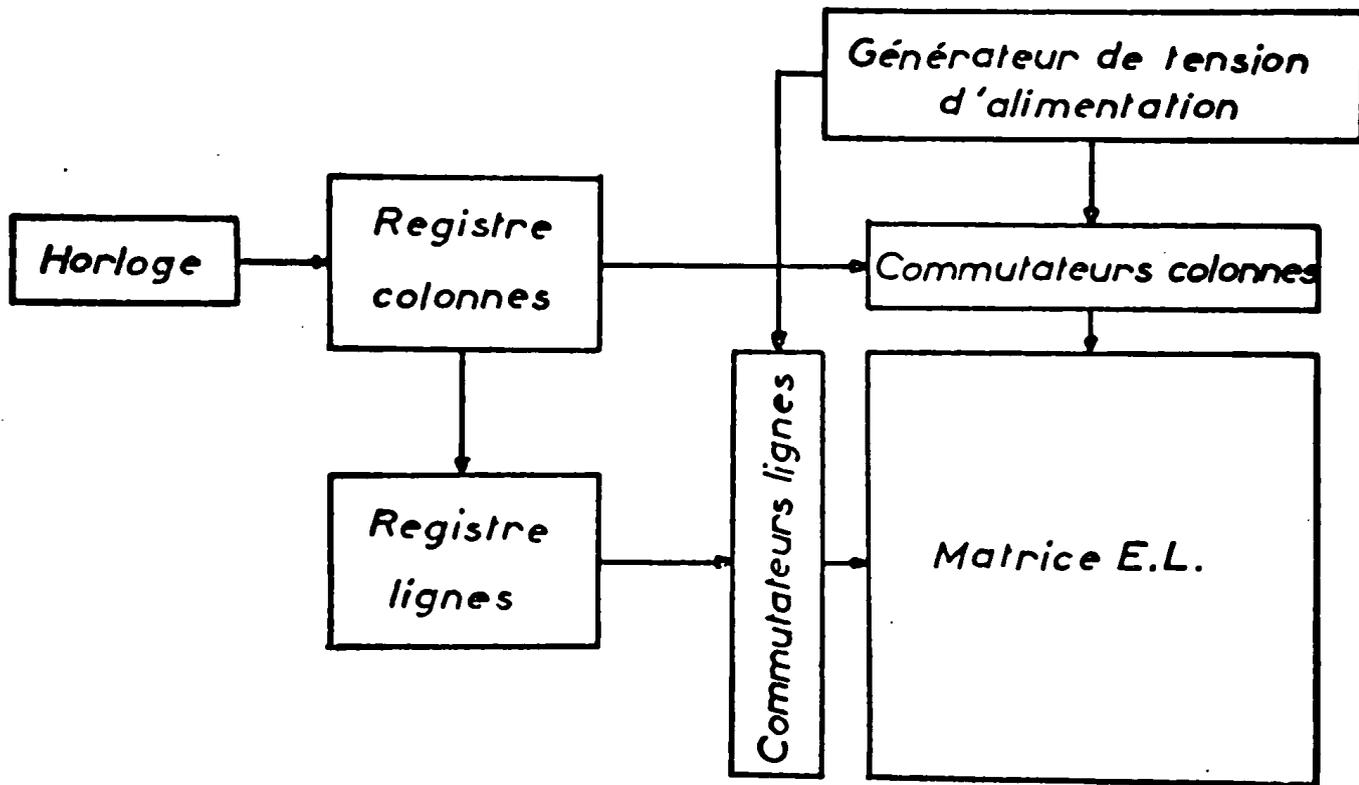


Figure 2.2.

II.2. Rappels sur les circuits intégrés logiques (TTL).

II.2.1. Généralités.

Les circuits intégrés logiques TTL ne sont pas essentiellement différents des circuits logiques traditionnels à composants discrets utilisant la saturation des transistors. L'amélioration portée aux circuits logiques discrets se trouve surtout dans le faible encombrement résultant du fait que dans un même boîtier sont encapsulés des circuits plus ou moins complexes réalisés sur une petite pastille de silicium. On distingue alors, les circuits à échelle d'intégration réduite (SSI), les circuits à échelle d'intégration moyenne (MSI) et les circuits à grande échelle d'intégration (LSI), suivant la complexité et la densité du circuit réalisé sur la pastille de silicium.

Ces circuits ont néanmoins des performances très appréciables qui dépassent celles qui pouvaient être obtenues avec les circuits discrets : en particulier, nous pouvons noter la rapidité du transfert des informations (13 ns en moyenne pour la série standard), la faible sensibilité aux bruits (immunité voisine de 1V), les niveaux

logiques bien distincts ($> 2,4V$ pour le niveau "1", $< 0,4V$ pour le niveau "0"), le pouvoir de commander plusieurs autres circuits en parallèle à partir d'une seule sortie (sortance voisine de 10) et en dernier lieu un coût relativement réduit.

Toutes ces qualités ajoutées à la simplicité de la mise en oeuvre prouvent que les circuits TTL sont très concurrentiels dans la majeure partie des problèmes où la logique intervient. C'est pour cette raison que nous les avons utilisés lors de la conception du circuit logique de commande du balayage.

II.2.2. Les fonctions logiques de base

a) La fonction NON-ET (NAND)

Le circuit logique de base en TTL est le circuit représenté par la figure 2.3. qui réalise la fonction NAND à deux entrées de Texas Instruments SN7400 [5].

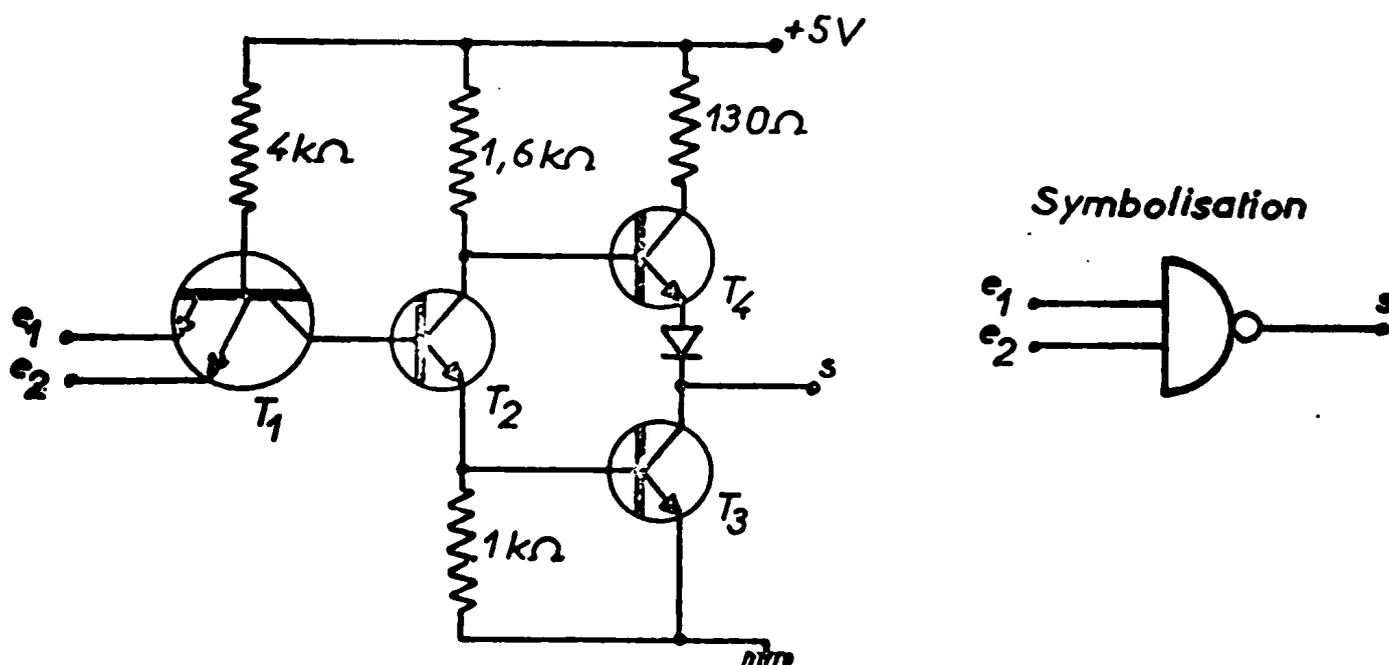


Figure 2.3.

Le fonctionnement d'un tel circuit est le suivant :

- lorsque l'une des entrées e_1 ou e_2 (ou les deux) est portée au niveau 0, la jonction base émetteur de T_1 se met à conduire et l'effet transistor qui s'ensuit porte la base de T_2 au niveau 0 d'où le blocage de ce transistor et la conduction de T_4 , pendant que T_3 reste bloqué. La sortie s prend alors le niveau 1.

- lorsque les deux entrées e_1 et e_2 sont portées au niveau 1, seule la jonction base collecteur de T_1 conduit, ce qui a pour effet de polariser positivement la base de T_2 et de rendre ce transistor conducteur. Il s'ensuit la conduction de T_3 et le blocage de T_4 ce qui amène la sortie s au niveau 0.

L'équation du circuit qui en résulte, de façon évidente, s'écrit :

$$s = \overline{e_1 \cdot e_2} = \overline{e_1} + \overline{e_2}$$

Outre son fonctionnement, ce circuit présente quelques particularités qui sont spécifiques des circuits TTL.

Tout d'abord, il fait appel à la technique du transistor multi-émetteur, transistor aisément concevable en circuit intégré et qui réalise ici de façon avantageuse par l'association de T_2 une fonction ET. Cet étage remplace à la fois les diodes d'entrée et de couplage de la logique DTL (figure 2.4.), mais l'effet transistor obtenu accélère la commutation de T_2 , et la vitesse du transfert de l'information se trouve augmentée.

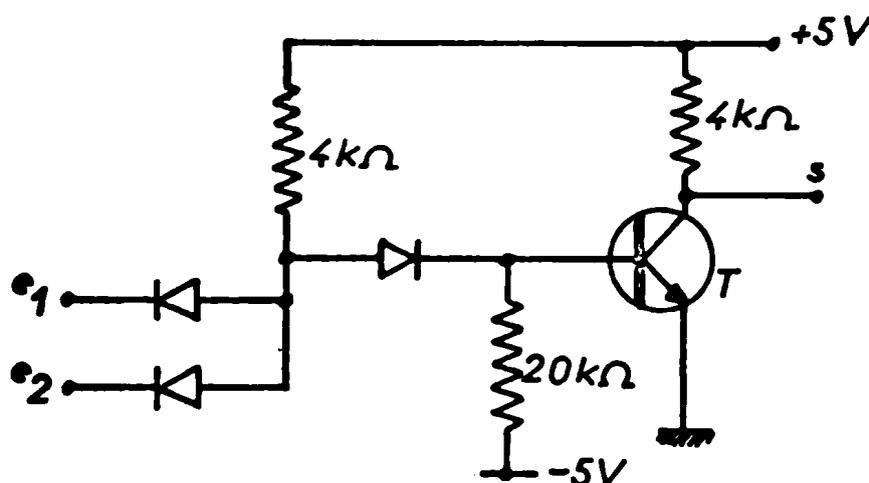


Figure 2.4.

Par ailleurs, l'étage de sortie en push-pull à émetteur suiveur permet de commander aisément plusieurs circuits (environ 10) relativement vite grâce à sa faible impédance de sortie. Nous pouvons noter également que l'immunité aux bruits est au moins aussi bonne

que pour le circuit DTL de la figure 2.4., c'est à dire que l'amplitude des bruits doit au moins valoir 1V pour faire basculer le circuit.

b) La fonction NON-OU (NOR)

Cette fonction se déduit aisément du schéma donnant la fonction NAND vue précédemment. Les entrées sont semblables, de même que la sortie. Seul le transistor T_2 est remplacé par deux transistors T'_2 et T''_2 montés comme représenté sur la figure 2.5. et qui réalisent la fonction OU.

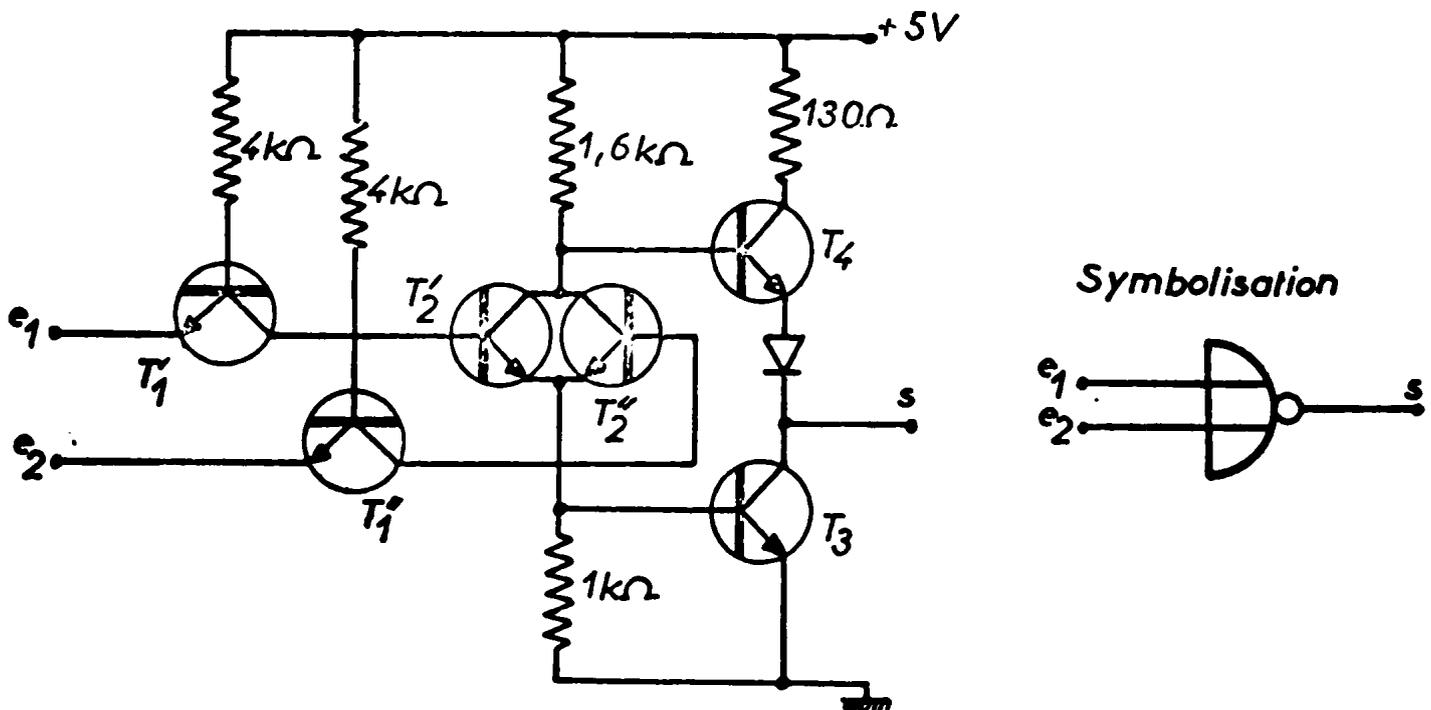


Figure 2.5.

Le fonctionnement de T'_1 et T''_1 est le même que celui de T_1 de la figure 2.3. si bien que lorsque e_1 , ou e_2 ou les deux ensemble valent 1, l'un ou l'autre ou les deux transistors T'_2 et T''_2 conduisent et la sortie vaut alors 0.

Par contre si les deux entrées sont au niveau 0, les deux transistors T'_2 et T''_2 sont bloqués ce qui entraîne le niveau 1 de la sortie qui représente donc la fonction :

$$s = \overline{e_1 + e_2} = \overline{e_1} \cdot \overline{e_2}$$

II.2.3. La conception des circuits à partir de ces fonctions de base.

a) Les circuits combinatoires - Le décodage

Ces circuits logiques ne font pas intervenir le temps et par conséquent les sorties ne sont que des combinaisons des variables d'entrée. Ces combinaisons se traduisent par une association linéaire de fonctions de base, aucun retour n'intervenant dans l'élaboration du schéma.

Un exemple classique est le passage d'un code dans un autre : nous allons traiter ici le problème du passage du code BCD au code décimal qui s'est posé à nous dans l'élaboration du compteur en anneau de la logique de balayage.

Un niveau 1 ne doit être présent à la sortie désirée du décodeur que lorsque la combinaison BCD d'entrée correspondant à cette sortie est présente. Dix combinaisons d'entrée différentes étant possible, il existe dix sorties liées à ces combinaisons par la table ci-dessous (figure 2.6.).

Combinaisons d'entrée				Sorties
D	C	B	A	S_i
0	0	0	0	S_0
0	0	0	1	S_1
0	0	1	0	S_2
0	0	1	1	S_3
0	1	0	0	S_4
0	1	0	1	S_5
0	1	1	0	S_6
0	1	1	1	S_7
1	0	0	0	S_8
1	0	0	1	S_9

Figure 2.6.

Nous déduisons de cette table les combinaisons d'entrée donnant la sortie S_1 . Par exemple :

$$S_0 = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D}.$$

$$S_1 = A.B.\bar{C}.\bar{D}.$$

"

Ces combinaisons pourraient être simplifiées dans le cas où nous voudrions les réaliser de façon discrète, car elles sont surabondantes : des sorties ne diffèrent que par l'état d'une variable. La figure 2.7. symbolise les deux combinaisons logiques données ci-dessus, la dépendance de S_0 et S_1 envers A, B, C, D étant réalisée par des fonctions NOR.

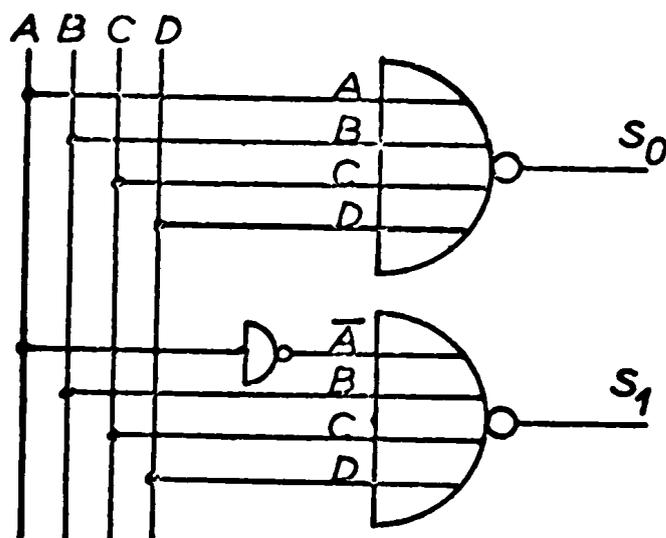


Figure 2.7.

Si au lieu d'exiger un niveau 1 pour la sortie (logique positive), nous demandons un niveau 0 (logique négative), nous pourrions remplacer les circuits NOR par des circuits NAND. Cette solution a été adopté par Texas Instruments pour le décodeur BCD - décimal SN 7442 dont le schéma est donné par la figure 2.9 accompagnant la table de vérité de la figure 2.8. Les sorties sont alors égales à :

$$S_0 = \overline{A.B.C.D.}$$

$$S_1 = \overline{A.B.\bar{C}.\bar{D}.$$

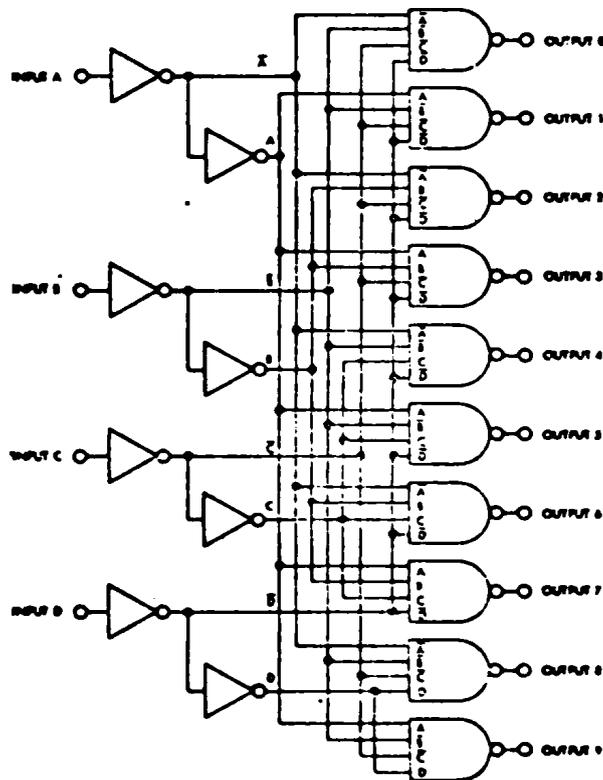
"

b) Les circuits séquentiels.

Dans ces circuits, la sortie ne dépend plus seulement des variables d'entrée comme pour les circuits combinatoires, elle

Entrées				Sorties S_j									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure 2.8.



SN5442N/SN7442N BCD-TO-DECIMAL

Figure 2.9.

dépend également de l'état de la sortie à l'instant précédent. C'est à dire que dans ces circuits, une chaîne de retour traduisant l'effet de mémoire, s'ajoute à la chaîne directe vue précédemment. Ce retour a pour but d'engendrer des variables dites secondaires, dépendant de l'état de la sortie, par opposition aux variables d'entrée dites primaires. Ces variables secondaires seront les entrées pour les états transitoires des systèmes commandés par impulsions.

L'étude et la conception de ces systèmes peut se faire de plusieurs manières, mais la plus employée à l'heure actuelle est la méthode de synthèse dite d'Huffmann.

Nous appliquerons cette méthode pour l'étude d'une décade de comptage, laquelle élaborera les informations binaires A, B, C, D qui entrent dans l'étude du décodeur.

Le problème se pose de la manière suivante : soit à réaliser un circuit commandé par impulsions d'horloge ; ce circuit devra compter les impulsions arrivant à son entrée en binaire pur jusqu'à dix, avec retour à zéro à la fin de cette séquence. Quatre sorties seront nécessaires pour identifier les 10 états du système. Ce seront celles de 4 bascules J.K. que nous noterons par A, B, C, D.

Le diagramme montrant le fonctionnement du système est représenté sur la figure 2.10.

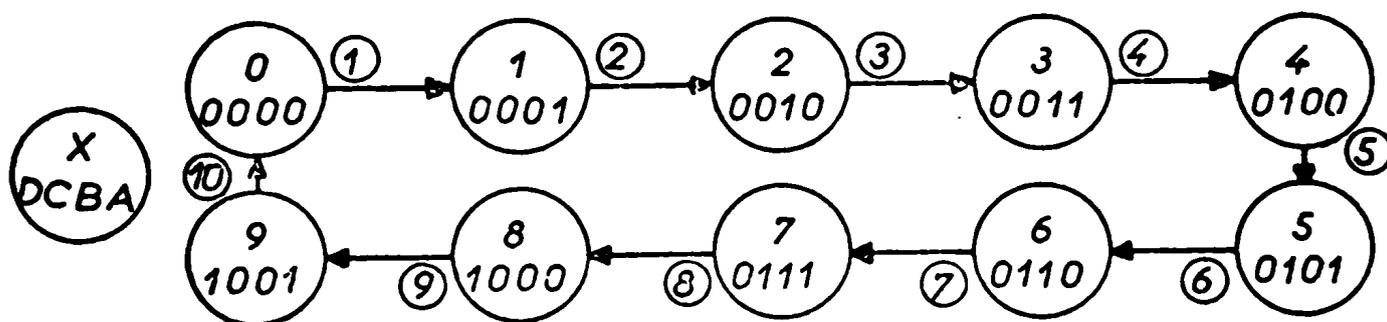


Figure 2.10.

Ce diagramme nous permet d'établir la table des états et de représenter les transitions entre ces derniers par des flèches.

(Figure 2.11.)

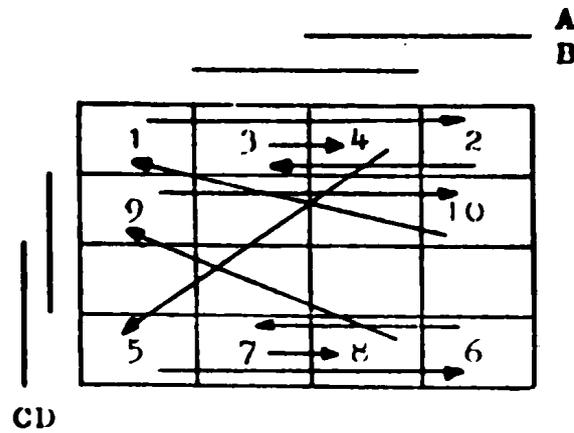
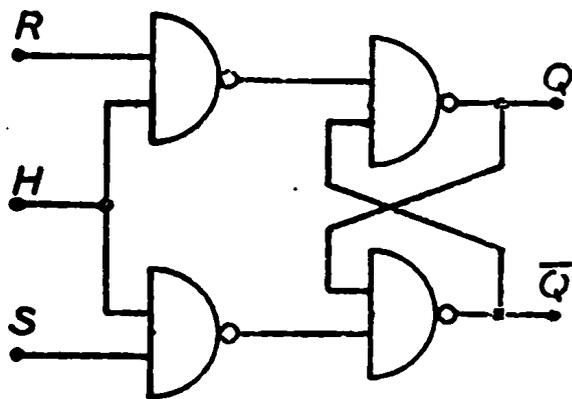


Figure 2.11.

Avant de poursuivre cette étude, nous allons revenir brièvement sur un circuit fondamental des circuits séquentiels commandés par impulsions, à savoir la cellule de mémoire. Cette cellule se construit aisément à l'aide de circuits NAND : le schéma de la figure 2.12 représentant une bascule R.S. horloge et sa table de vérité montre parfaitement la fonction mémoire de ce montage. Une combinaison d'entrée est cependant interdite, il s'agit de la combinaison 11 qui entraîne une indétermination sur la sortie.



R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	Ind

Figure 2.12.

La bascule J.K a été conçue pour supprimer cet inconvénient: pour cette bascule, à la combinaison 11 des entrées, la sortie sera complémentée. Une étude analogue à celle en cours pour le compteur nous permet de donner un schéma pour cette cellule de mémoire en utilisant des circuits NAND. La figure 2.13 représente la bascule J.K (maître.esclave) ainsi trouvée.

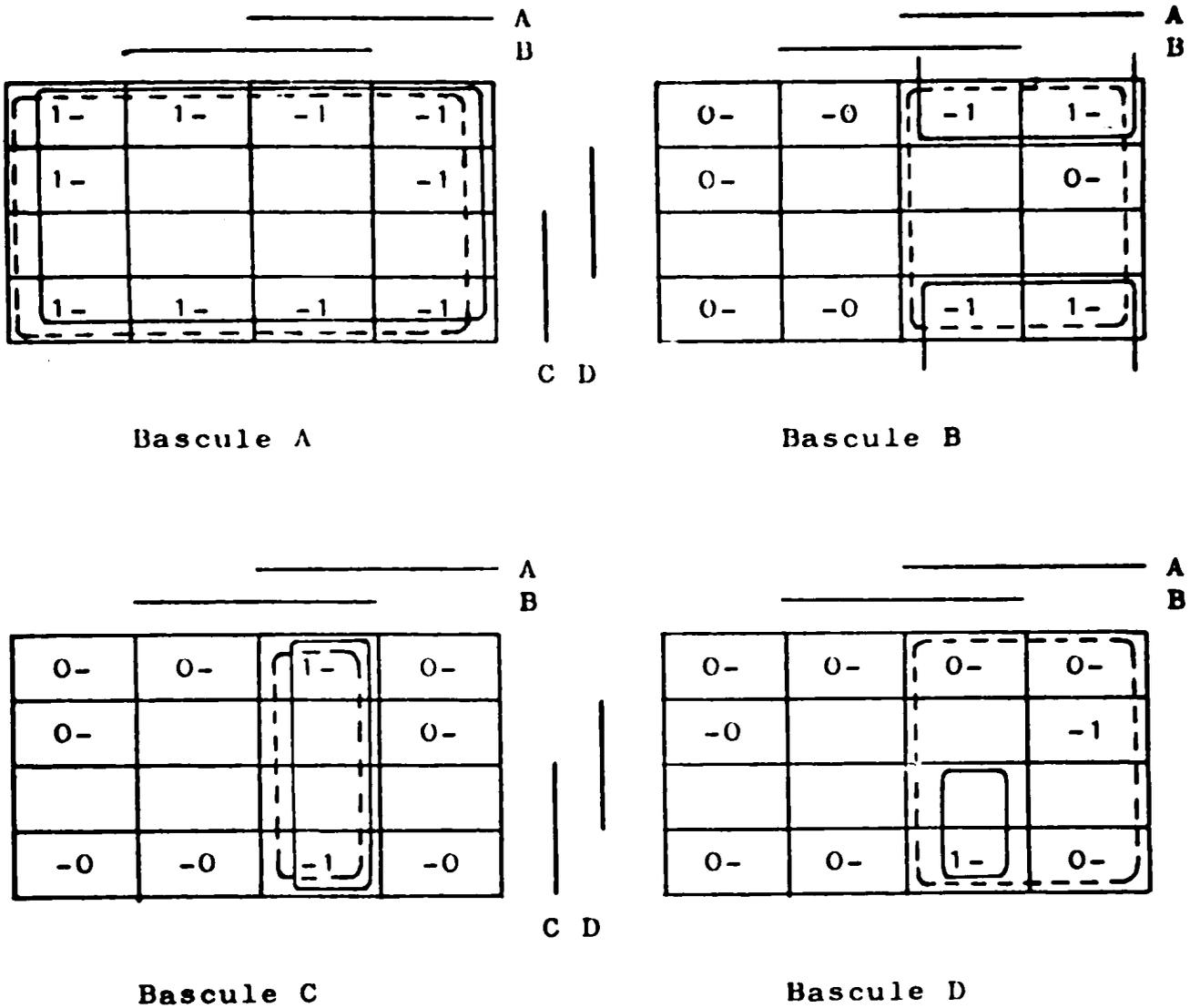


Figure 2.15

Ces expressions nous permettent de donner le schéma du compteur asynchrone (décade de comptage), solution du problème posé . (Figure 2.16).

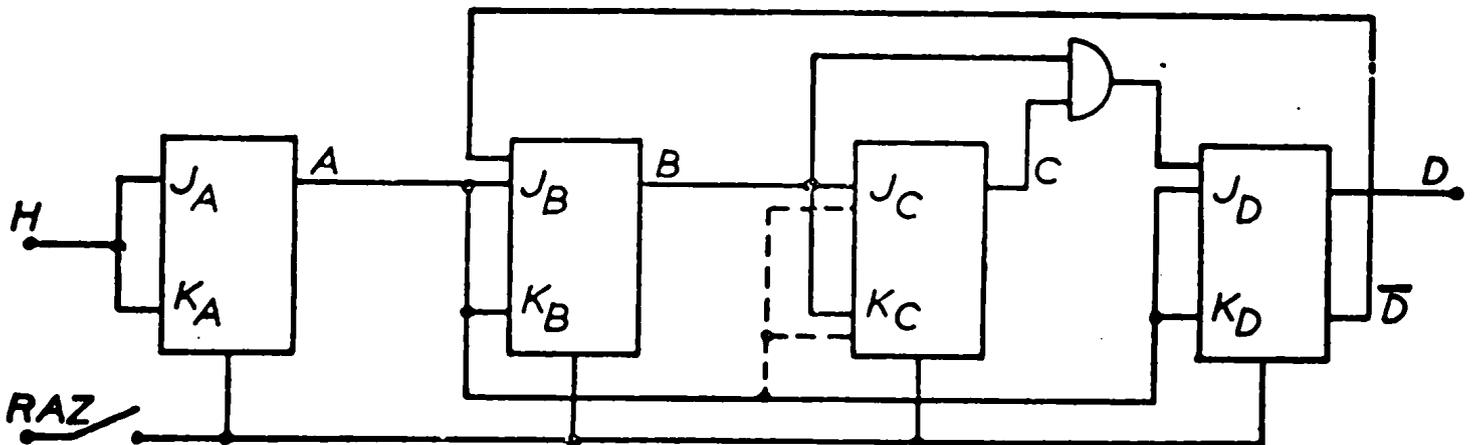


Figure 2.16.

La décade de comptage de Texas Instruments SN7490 représente le même circuit, une petite différence venant simplement du fait

que la 4e bascule (D) est remplacée par une bascule RS. Cette modification ne change en rien la table de vérité qui se trouve représentée sur la figure 2.17., table qui montre bien le comptage effectué dans la base 2.

Entrée A	Sorties			
Horloge	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	0	0	0	0
11	0	0	0	1

*N.B. Sortie A reliée à l'entrée BD
R(0)₁ et R(9)₂ reliées à la masse*

Figure 2.17.

c) Association d'une décade de comptage et d'un décodeur : registre à décalage bouclé.

La mise en série de la décade de comptage de la figure 2.16 avec le décodeur de la figure 2.9 permet de passer d'une information digitale série à une information digitale parallèle. Chaque impulsion arrivant à l'entrée H de la décade est aiguillée sur l'une des sorties S_i du décodeur et ceci séquentiellement. En regroupant les deux tables de vérité, nous constatons que l'arrivée d'une impulsion à l'entrée de la décade de comptage a pour effet de décaler l'information existant en S_i , en S_{i+1} . D'où la notion de registre à décalage employée lors du regroupement de ces deux étages. Ce registre est bouclé puisque la décade revient à zéro à la fin de dix impulsions d'entrée.

II.3. Electronique de commande.

II.3.1. Commutateurs lignes et colonnes ou interface.

L'illumination d'un point de la matrice nécessite la fermeture simultanée, en présence d'une tension d'alimentation, de deux contacts X et Y dont le temps de commutation est suffisamment petit pour que, lors du balayage de la matrice, nous puissions atteindre des vitesses élevées. Plusieurs solutions sont possibles pour réaliser la condition énoncée : utilisation de relais, montage en pont, etc... Cependant, des considérations de rendement pour l'alimentation nous ont conduits à choisir une disposition série pour ces commutateurs.

Le dispositif utilisé emploie des commutateurs statiques (thyristors TIC 47) et la condition relative à la mise en série de ces commutateurs est réalisée comme représenté sur la figure 2.18. [6].

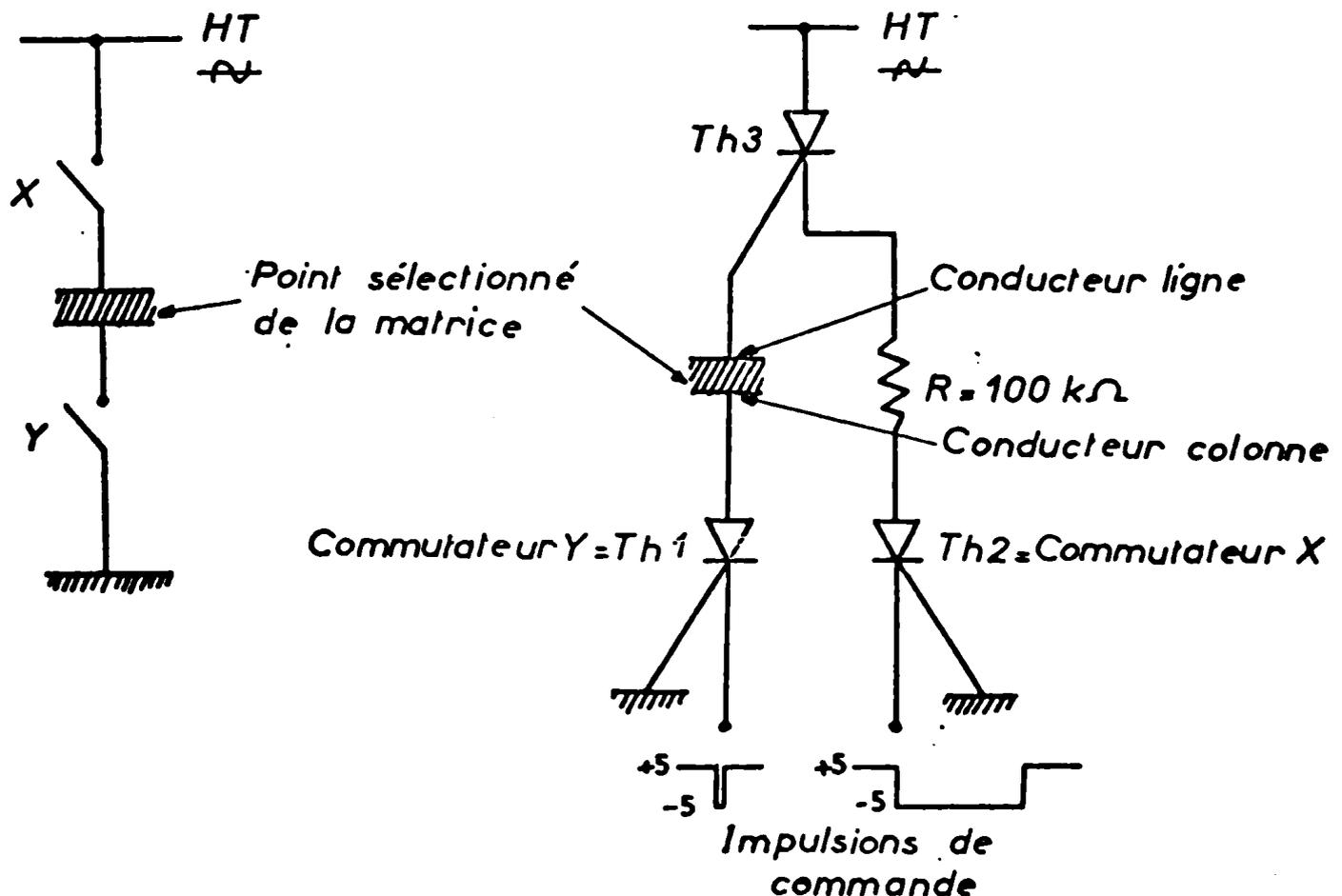


Figure 2.18.

Le fonctionnement de ce système peut être décrit comme suit :
 - lorsqu'une impulsion négative, d'amplitude suffisante arrive sur la cathode du thyristor Th₂, sa gachette devient brusquement positive par rapport à sa cathode et il s'en suit la mise

en conduction de ce dernier à condition que son anode soit polarisée positivement. Or cette condition est réalisée par le courant de fuite de Th_3 à travers la résistance R , lorsque la tension d'alimentation est unidirectionnelle.

Cette mise en conduction est très rapide ($\approx 3 \mu s$) pour les thyristors utilisés, si bien que le thyristor Th_3 représenté par la figure 2.19 voit brusquement le potentiel de sa cathode passer à 0, puisque la gachette de Th_2 est à la masse, son courant de gachette restant nul. Si le $\frac{dV}{dt}$ du thyristor est suffisamment grand et si la tension anode-cathode est suffisante, le thyristor Th_3 se débloque automatiquement (effet d'avalanche). Cette dernière condition n'est réalisée que si une polarisation continue de la tension d'alimentation existe.

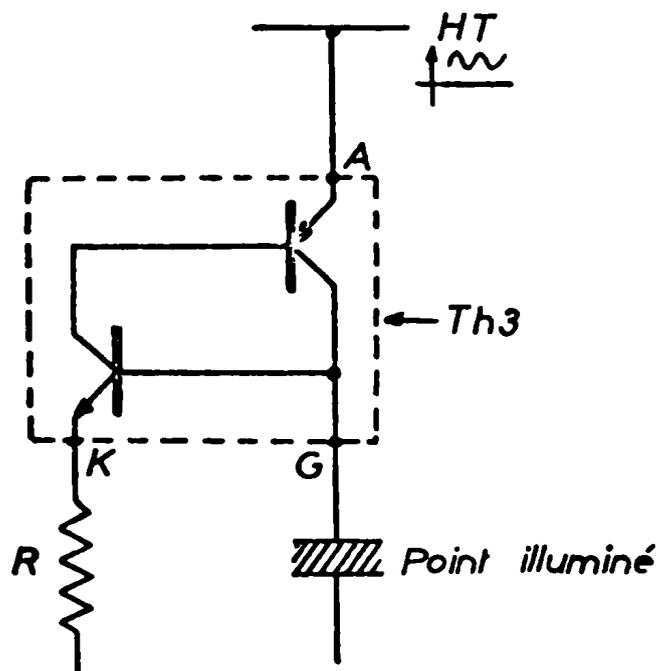


Figure 2.19.

La tension d'alimentation est alors présente sur la gachette G de Th_3 (et par conséquent sur une ligne de la matrice) car ce thyristor se comporte comme si les deux transistors représentés sur la figure 2.19 existaient réellement. Il suffit alors que l'une quelconque des colonnes soit reliée à la masse pour qu'un point s'illumine sur la matrice.

Cette condition est réalisée par le thyristor Th_1 qui, lorsqu'il reçoit une impulsion négative sur sa cathode se met à conduire pour la même raison que Th_2 (le condensateur électroluminescent a une résistance de fuite importante). Les pertes en composante

alternative, qui doivent être faibles dans R, et la conduction de Th₂ définissent un compromis pour le choix de la valeur de cette résistance. Nous avons choisi 100kΩ car cette valeur nous a donné les meilleurs résultats d'ensemble ; mais il est bien évident que sa valeur devrait changer avec l'amplitude de la tension d'excitation et sa fréquence.

Nous pouvons noter que si ce montage permet d'obtenir de bonnes commutations et une alimentation franche de la matrice, il nécessite néanmoins une prépolarisation continue importante de la tension d'excitation. Cependant, nous avons conservé ce montage car la consommation est très faible et la mise en oeuvre est très facile.

Remarque.- La fonction réalisée par cet ensemble de thyristors est bien la fonction ET demandée. La figure 2.20 montre la coïncidence nécessaire à l'allumage d'un point.

Th ₁	Th ₂	Th ₃	I
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	1	1

I = Illumination d'un point

Figure 2.20

II.3.2. Système de commande des commutateurs.

Le système de commande des commutateurs sera constitué, nous l'avons déjà dit, par des compteurs à base 20. Ces compteurs peuvent être réalisés de différentes manières mais une solution simple consiste à utiliser les circuits intégrés TTL.

Cependant, avant de donner le schéma du système de balayage, nous allons reprendre l'ordre chronologique des opérations qui doivent avoir lieu pour une ligne de la matrice.

En nous reportant aux figures 2.4. et 2.18, nous pouvons dire que les points de la ligne 1 s'illumineront successivement si le contact x₁ est fermé, c'est à dire si le premier thyristor Th₂ est conducteur et si les contacts y_j se ferment successivement à partir du premier jusqu'au vingtième, c'est à dire si des impulsions négatives arrivent sur les thyristors Th₁ pour les rendre conducteurs.

Plus explicitement, si Th_2 de la ligne 1 est conducteur, le premier point de cette ligne s'illumine si une impulsion apparaît à l'instant 1 et débloque le premier thyristor Th_1 , alors que tous les autres sont bloqués, c'est à dire qu'aucune autre impulsion n'est présente.

A l'instant 2, le deuxième point de la ligne s'illuminera si le premier s'éteint, c'est à dire si l'impulsion négative disparaît sur le premier thyristor Th_1 et si elle apparaît sur le second. Le processus doit alors se poursuivre de la même manière jusqu'au vingtième point, à partir duquel nous devons passer à la deuxième ligne.

Nous nous apercevons donc que le système de commande des thyristors colonnes est un registre à décalage à 20 positions bouclé, pour pouvoir revenir à la première colonne à la fin de chaque ligne. L'entrée sera du type série, tandis que la sortie sera du type parallèle.

Il en sera de même pour le système de commande des thyristors lignes, la commande série étant donnée par le passage de 20 à 0 du registre colonne. La commande du registre lignes sera alors 20 fois moins rapide que celle du registre colonnes.

L'association des deux circuits intégrés SN7490 et SN7442 vue précédemment, présente bien les caractéristiques demandées dans ce qui précède. L'inconvénient est que le système proposé n'est qu'un registre à décalage de 10 positions. Le problème peut être résolu simplement en partageant les impulsions obtenues en deux impulsions de largeur moitié : chaque état de sortie S_i représente, en fait, deux états désirés lesquels peuvent être différenciés par une variable secondaire Q_c .

En remarquant que la décade de comptage n'opère un codage qu'à partir du front descendant de l'impulsion d'horloge, cette horloge pourrait servir de variable secondaire Q_c . Mais, en général les impulsions d'horloge n'ont pas la même durée au niveau 1 qu'au niveau 0 si bien que le temps d'excitation des points de la matrice ne serait pas identique. Cette remarque nous conduit à mettre en forme ces impulsions par une bascule (type D) SN7474 qui n'est autre, dans certaines conditions, qu'une bascule binaire fonctionnant sur le transitoire montant des impulsions et dont la table de vérité est donnée sur la figure 2.21.

t_n	t_{n+1}	
D	Q	\bar{Q}
0	0	1
1	1	0

t_n = instant précédant le front de montée de l'impulsion d'horloge

t_{n+1} = instant suivant ce front de montée

Figure 2.21

Le rapport cyclique des impulsions d'horloge étant alors unitaire, nous pouvons donner l'équation logique des sorties du registre à décalage que nous obtiendrons. Par exemple, en logique négative :

$$C_1 = S_0 + \bar{Q}_c$$

$$C_2 = S_0 + Q_c$$

$$C_3 = S_1 + \bar{Q}_c$$

$$C_4 = S_1 + Q_c$$

"

"

$$C_{19} = S_9 + \bar{Q}_c$$

$$C_{20} = S_9 + Q_c$$

Ces relations peuvent se transformer par le théorème de Morgan et elles deviennent alors :

$$C_1 = \overline{\bar{S}_0 \cdot Q_c}$$

$$C_2 = \overline{\bar{S}_0 \cdot \bar{Q}_c}$$

Nous constatons alors que la fonction à réaliser est une fonction NAND à deux entrées, et qu'il est nécessaire de complémentier les sorties du décodeur précédent, ce que nous réaliserons par des NAND à 1 entrée.

Le diagramme fonctionnel du registre à décalage à 20 positions est alors celui représenté sur la figure 2.22

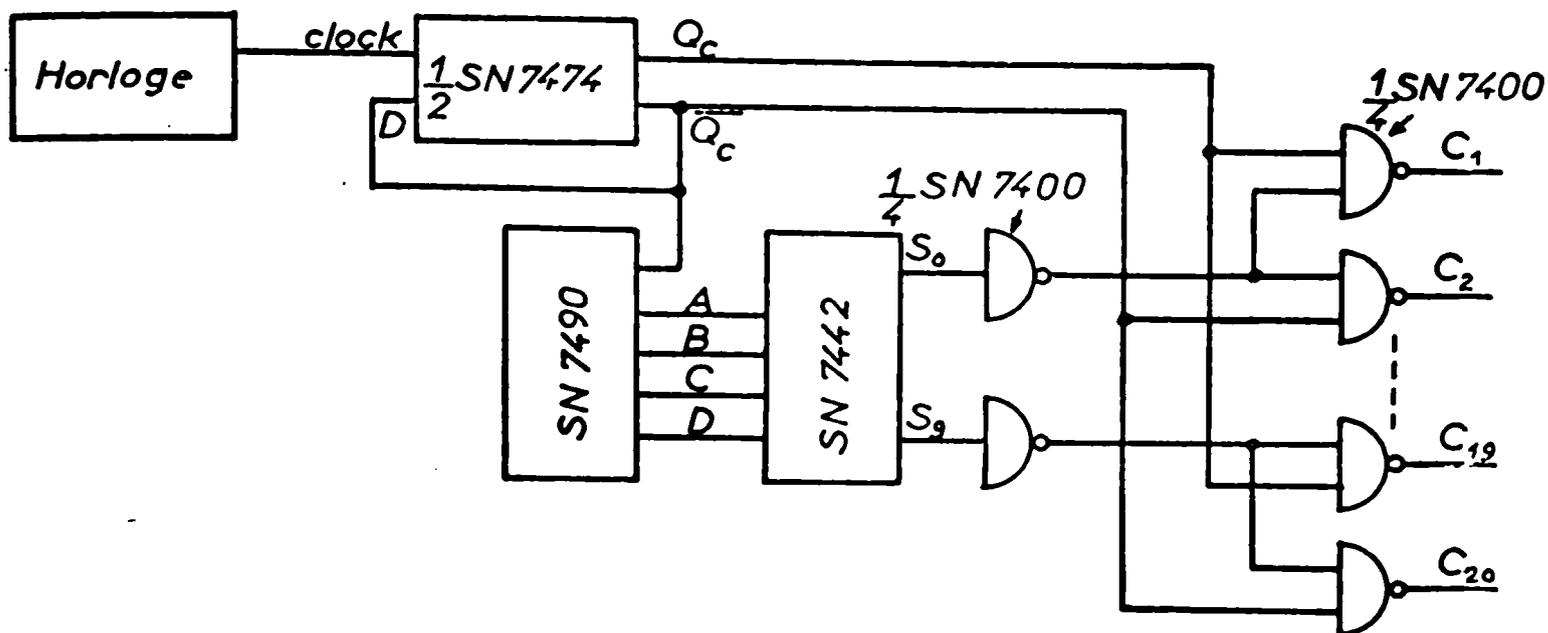


Figure 2.22.

Ce dispositif représente le registre colonnes dont chaque vingtième impulsion va commander le registre lignes, ce dernier ayant la même constitution.

Les signaux délivrés par l'horloge et ces deux registres sont représentés par la figure 2.23 sur laquelle deux coïncidences sont schématisées : la première concerne le point de la 3ème colonne de la 2ème ligne, quant à la seconde il s'agit du point de la 19ème colonne de la première ligne.

Nous notons, par ailleurs sur cette figure que les impulsions délivrées par les registres sont négatives mais leur niveau réel est positif (sorties de la TTL) ce qui nous conduit à l'élaboration de l'étage représenté sur la figure 2.24 qui permet effectivement de commander les thyristors de l'interface. Il permet, également, lorsque le signal de déblocage n'est pas présent, de forcer le blocage du thyristor en rendant momentanément sa cathode plus positive que son anode.

Il nécessite, néanmoins l'apport d'une porte NAND pour chaque ligne et chaque colonne, apport que nous aurions pu éviter par un décodage à portes NOR (passage de 10 à 20) si cette porte ne nous

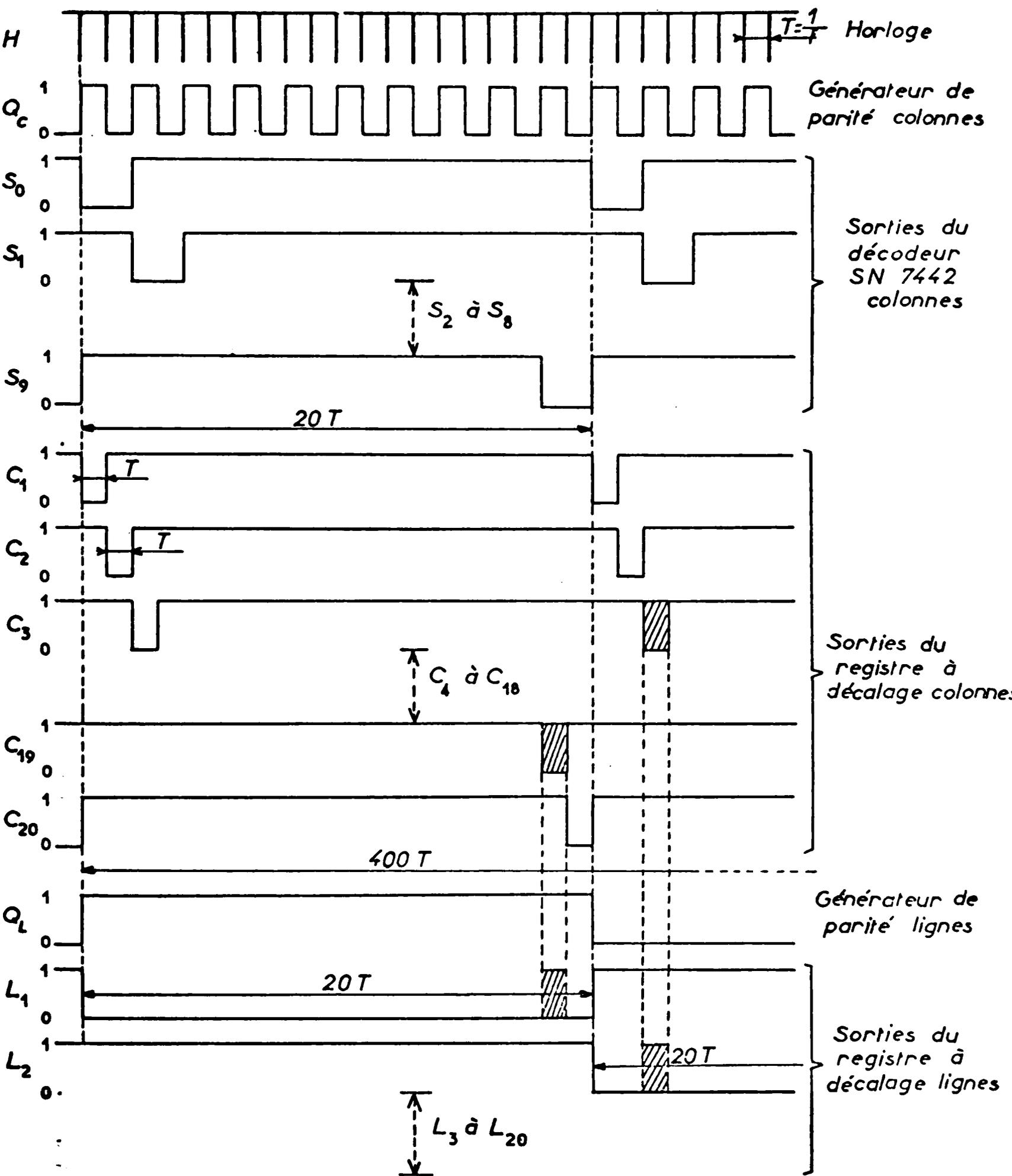
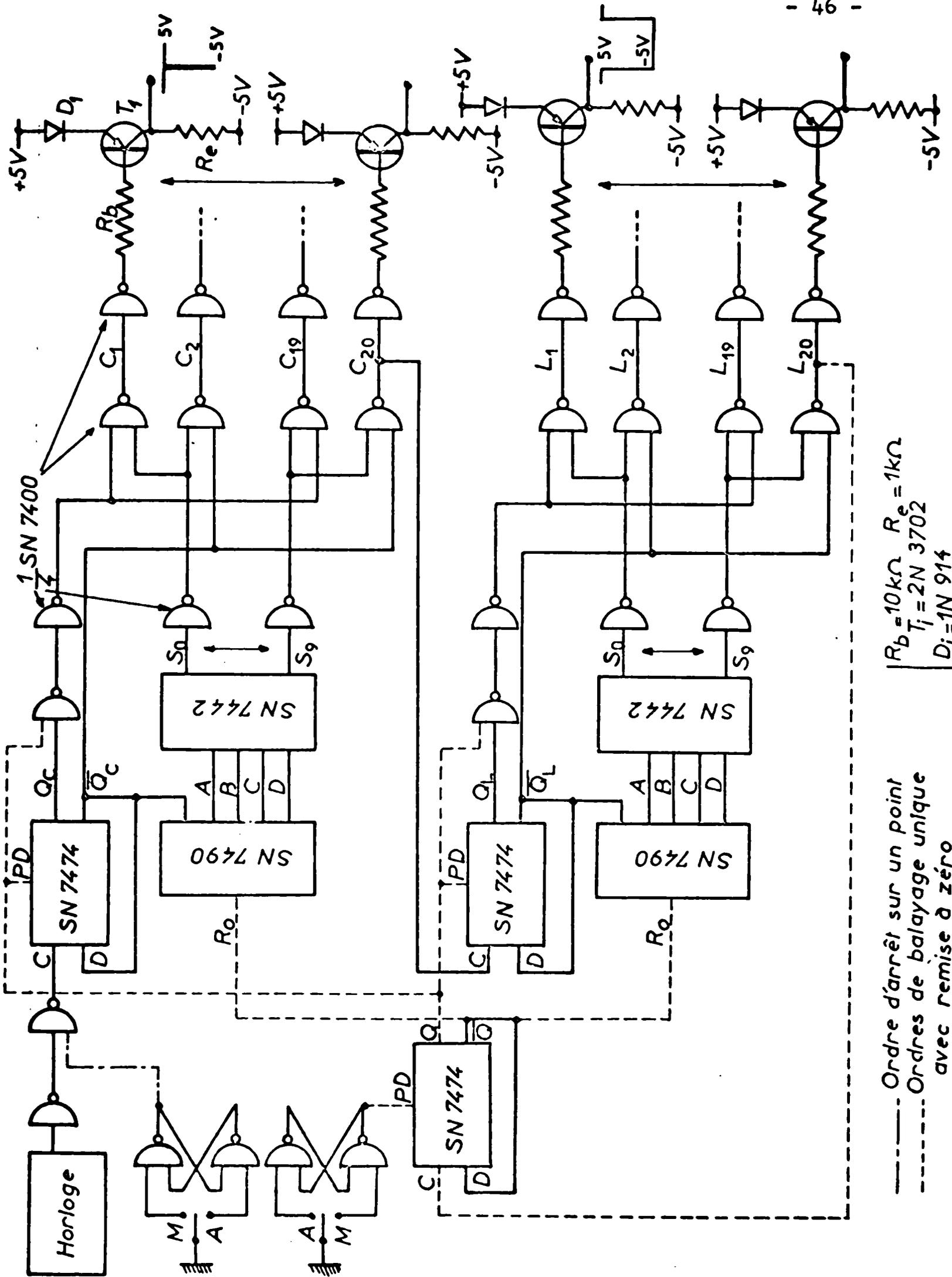


Figure 2.23.



$R_b = 10k\Omega$ $R_e = 1k\Omega$
 $T_1 = 2N 3702$
 $D_i = 1N 914$

- - - - - Ordre d'arrêt sur un point
 - - - - - Ordres de balayage unique
 avec remise à zéro

Figure 2.25

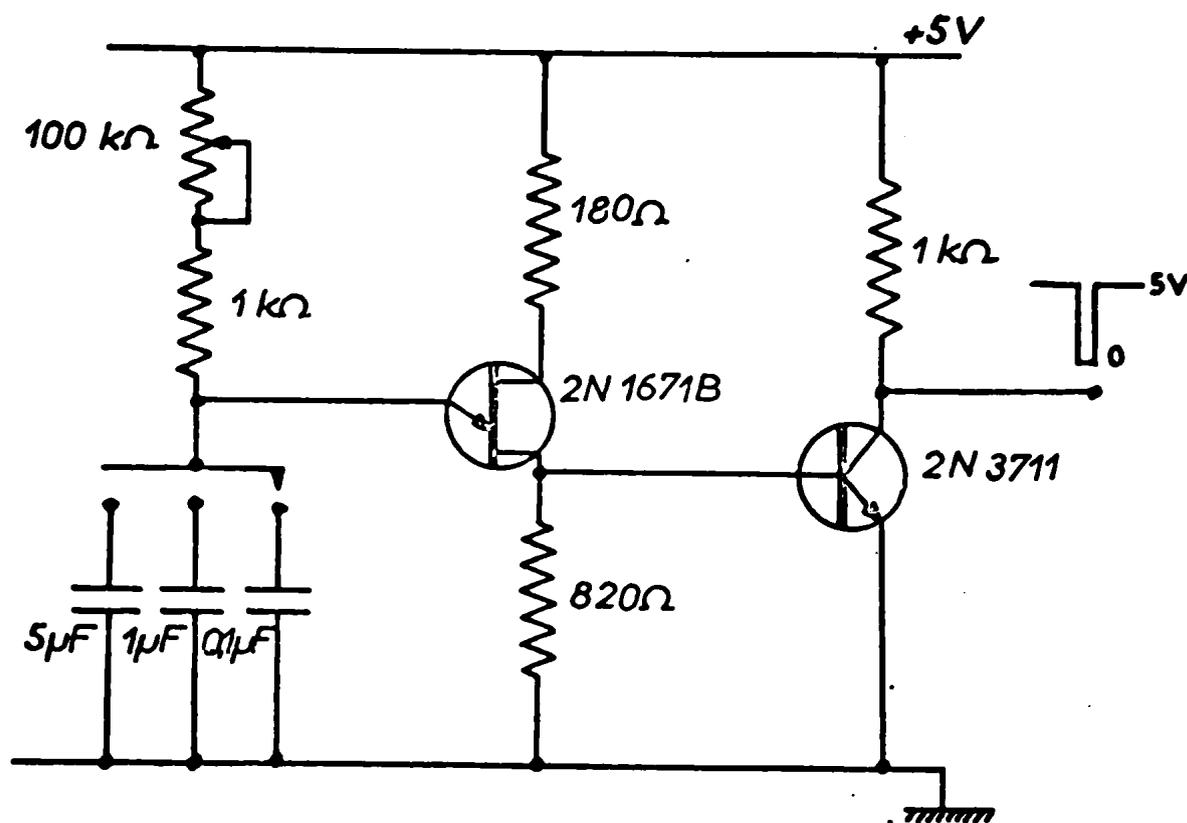


Figure 2.26

calculées à partir des éléments du schéma de la figure 2.24 et en prenant $\eta = 0,5$.

La fréquence de répétition sur un point peut donc varier de :

$$f_1 = 2,5 \text{ Hz}$$

à

$$f_2 = 12,5 \text{ kHz.}$$

Une fréquence voisine de f_1 définira un fonctionnement quasi-stationnaire de la matrice, tandis que pour une fréquence voisine de f_2 ($\approx 10 \text{ kHz}$) le temps d'excitation d'un point sera de l'ordre du dixième de milliseconde, c'est à dire que l'allumage de ce point se fera avec une fréquence de 25 Hz.

Dans ce second cas, la persistance rétinienne ne permettra plus de distinguer l'extinction du point qui semblera à l'observateur toujours allumé.

Entre ces deux valeurs f_1 et f_2 , la fréquence de l'oscillateur et par conséquent celle du balayage pourra prendre toutes les valeurs. Il en résulte que cet oscillateur nous permettra de chercher quelle est la fréquence donnant le meilleur contraste pour des conditions données d'excitation de la matrice. Il nous permettra également d'observer les effets du balayage sur la visualisation et sur la luminance d'un point. Ces études seront précisées dans le prochain chapitre.

II.4. Alimentation de la matrice.

Pour s'illuminer, un point de la matrice nécessite une tension alternative de valeur efficace relativement grande (≈ 100 V.) qui, dans notre cas, pour permettre un fonctionnement correct de l'interface étudié précédemment, doit être unidirectionnelle et même posséder une polarisation continue.

Par ailleurs, nous avons vu dans le chapitre I que, pour qu'un point soit excité dans de bonnes conditions lors d'un balayage rapide, la fréquence du signal d'excitation doit être voisine de 50 kHz pour la matrice utilisée.

Une dernière caractéristique de cette alimentation serait la possibilité de moduler sa sortie par un signal extérieur de façon à, soit obtenir des demi-tons sur le visualisateur, soit à effacer complètement un point.

Il s'ensuit que cette alimentation devra comporter un oscillateur interne ou externe, un modulateur d'amplitude et un amplificateur de tension alternative permettant de polariser la sortie en continu. Un schéma synoptique de cette alimentation peut être donné par la figure 2.27.

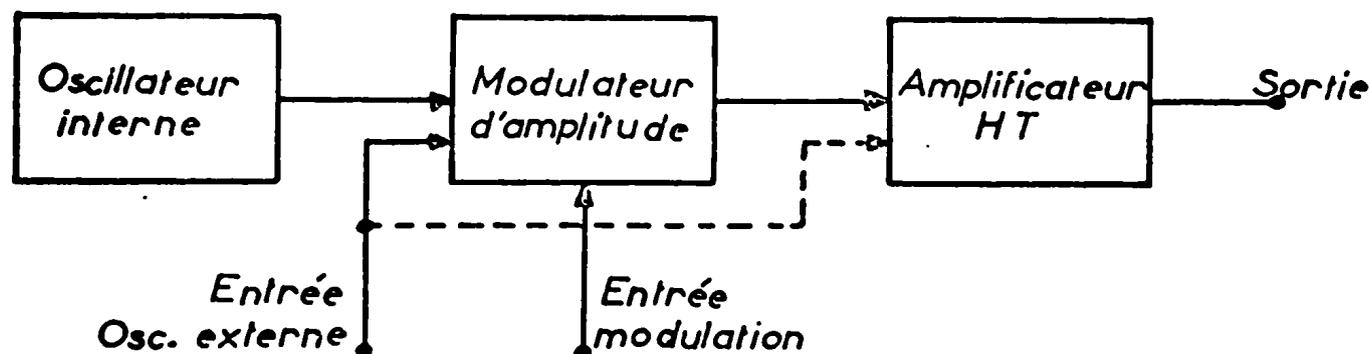


Figure 2.27.

Sur cette figure apparaissent trois blocs que nous allons étudier séparément en précisant les solutions que nous avons proposées.

II.4.1. Oscillateur interne.

Bien que ce générateur de signaux sinusoïdaux ne soit pas nécessaire puisque le système d'alimentation peut fonctionner avec un oscillateur externe, nous avons pensé qu'un oscillateur interne diminuerait le coût du montage. En effet, la fréquence d'alimentation

peut être calculée une fois pour toutes pour une matrice donnée. Nous nous étions fixés 9 kHz dans une première étude : cette fréquence semblait donner, en effet, la meilleure luminosité en dehors de toute considération de visualisation. Un oscillateur harmonique à transistor accordé sur cette fréquence par un circuit de contre réaction à double T nous a paru dans ce cas être une bonne solution à ce problème. Le schéma retenu pour cet oscillateur est celui de la figure 2.28.

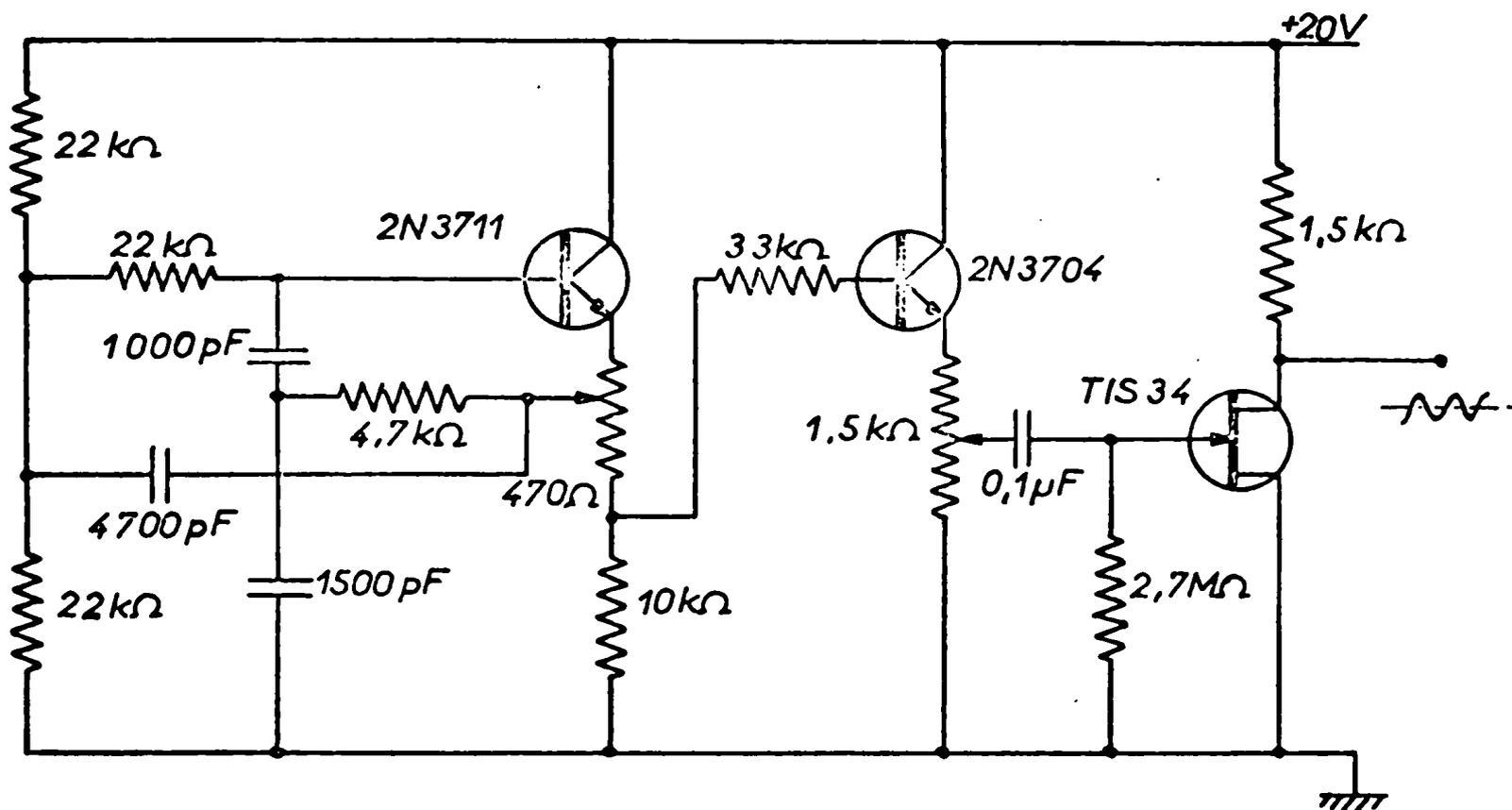


Figure 2.28.

Ce schéma nous a été suggéré par une étude de Michael English sur les oscillateurs harmoniques utilisant les transistors à effet de champ [7]; nous avons simplement remplacé le transistor à effet de champ par un transistor bipolaire à grand gain monté en collecteur commun et nous avons adapté les éléments passifs pour obtenir la fréquence cherchée.

Le montage représenté comporte, outre l'oscillateur lui-même, qui a une faible distortion, un étage adaptateur d'impédance composé d'un transistor monté en collecteur commun suivi d'un transistor à effet de champ, étage qui évite la charge de l'oscillateur par l'amplificateur.

II.4.2. Amplificateur_H.T.

La tension issue de cet amplificateur doit être une tension sinusoïdale d'amplitude voisine de 100 V et polarisée en continu.

Le montage que nous avons retenu pour réaliser cette condition est celui de la figure 2.29 qui ressemble au schéma d'une alimentation stabilisée où l'on modulerait la référence.

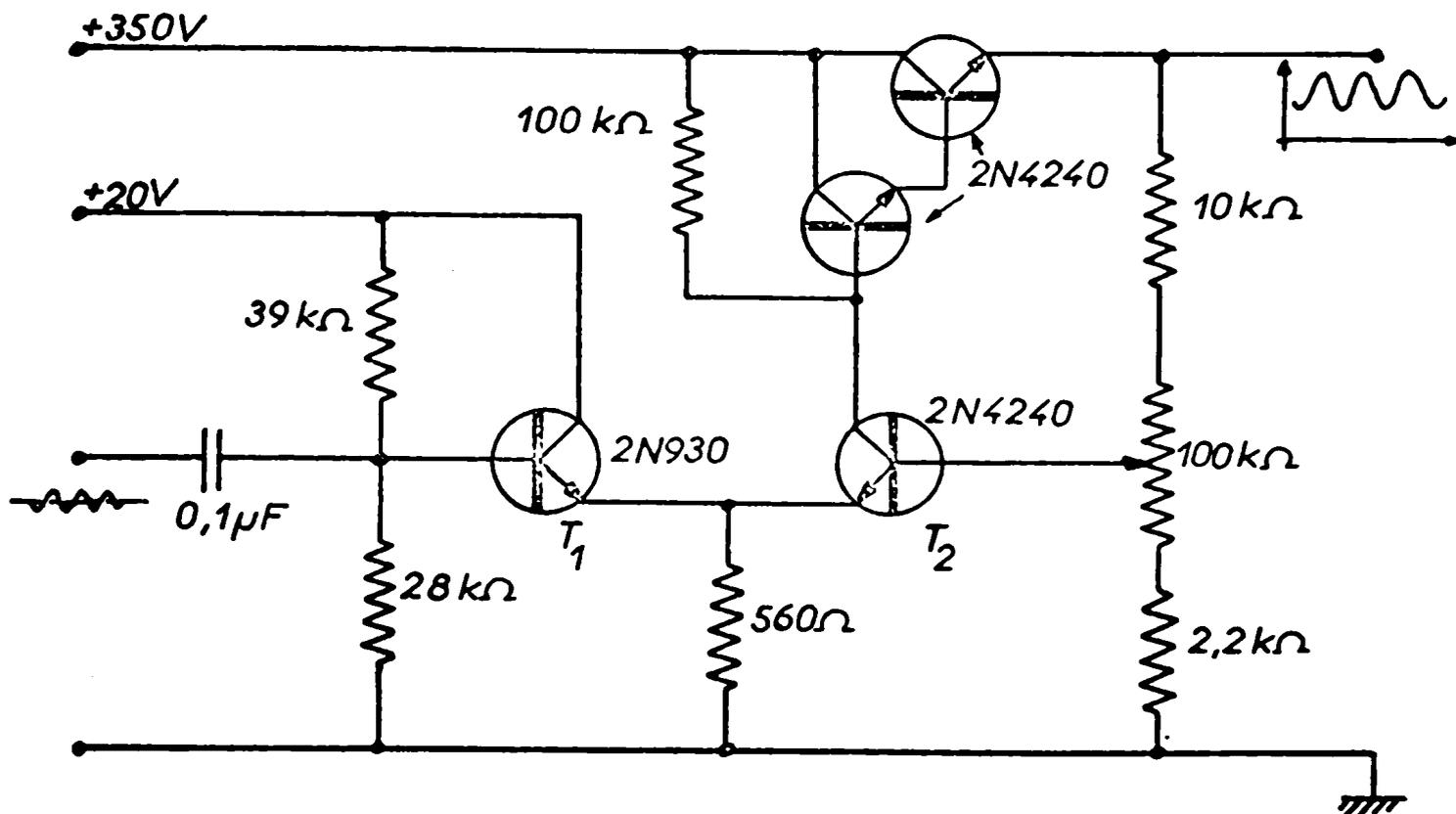


Figure 2.29.

En fait, le montage se compose d'un étage différentiel constitué par l'assemblage des transistors T_1 et T_2 avec sortie asymétrique et d'un étage amplificateur que réalisent les deux transistors 2N4240 montés en Darlington.

Pour expliciter le fonctionnement, supposons que la base de T_2 est polarisée par une source continue auxiliaire. Dans ce cas, il est facile de voir que le signal sinusoïdal entrant sur la base de T_1 module le courant collecteur de T_2 . Ce courant modulé entrant sur la base du Darlington est amplifié et nous obtenons alors la tension alternative de grande valeur efficace aux bornes de la charge. La polarisation continue de cette tension est obtenue par la différence de tension de polarisation des bases de T_1 et T_2 .

La polarisation de la base de T_2 par le pont représenté sur la figure 2.29., permet simplement de faire varier l'amplitude de la sortie à condition que la contre-réaction ainsi apportée soit suffisamment faible. Cette condition impose les valeurs des résistances du pont de base.

Nous noterons que ce bouclage qui simplifie le montage diminue cependant sa bande passante. Ainsi nous sommes limités avec les valeurs choisies pour les éléments à une fréquence de 12 kHz pour obtenir une amplitude de 200 V. crête à crête.

II.4.3. Modulateur d'amplitude.

Inséré entre l'oscillateur et l'amplificateur, ce modulateur a pour but de modifier l'amplitude du signal entrant sur la base T_1 et par conséquent de faire varier la sortie de l'amplificateur en fonction d'un signal modulant extérieur.

Le schéma de montage que nous avons proposé pour réaliser cette condition est celui donné par la figure 2.30.

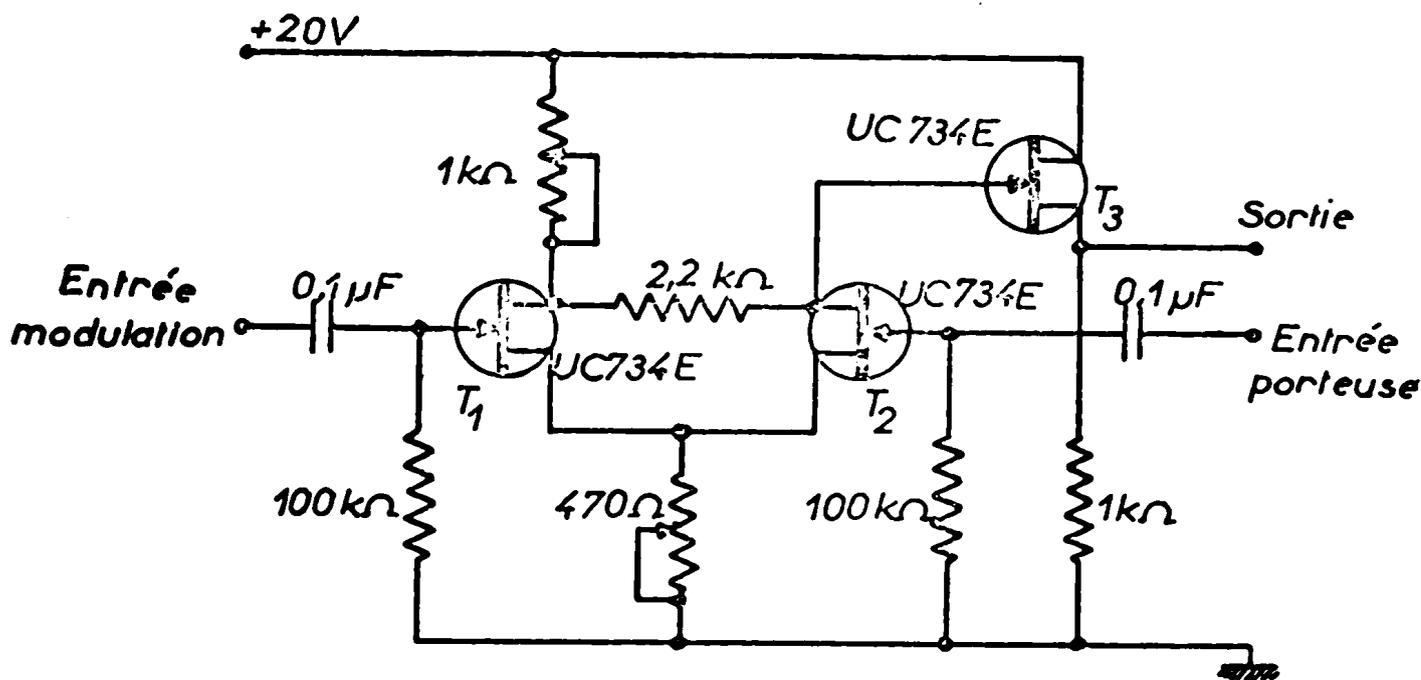


Figure 2.30.

L'analyse du montage permet de voir que lorsque nous sommes en absence de signal de modulation, T_1 est bloqué et il s'ensuit que T_2 et T_3 jouent seulement le rôle d'adaptateur d'impédance supplémentaire. Par contre en présence d'un signal modulant, T_1 conduit, entraînant une chute de la polarisation du drain de T_2 dont le gain diminue alors. Il s'ensuit que le signal entrant sur T_2 est affaibli

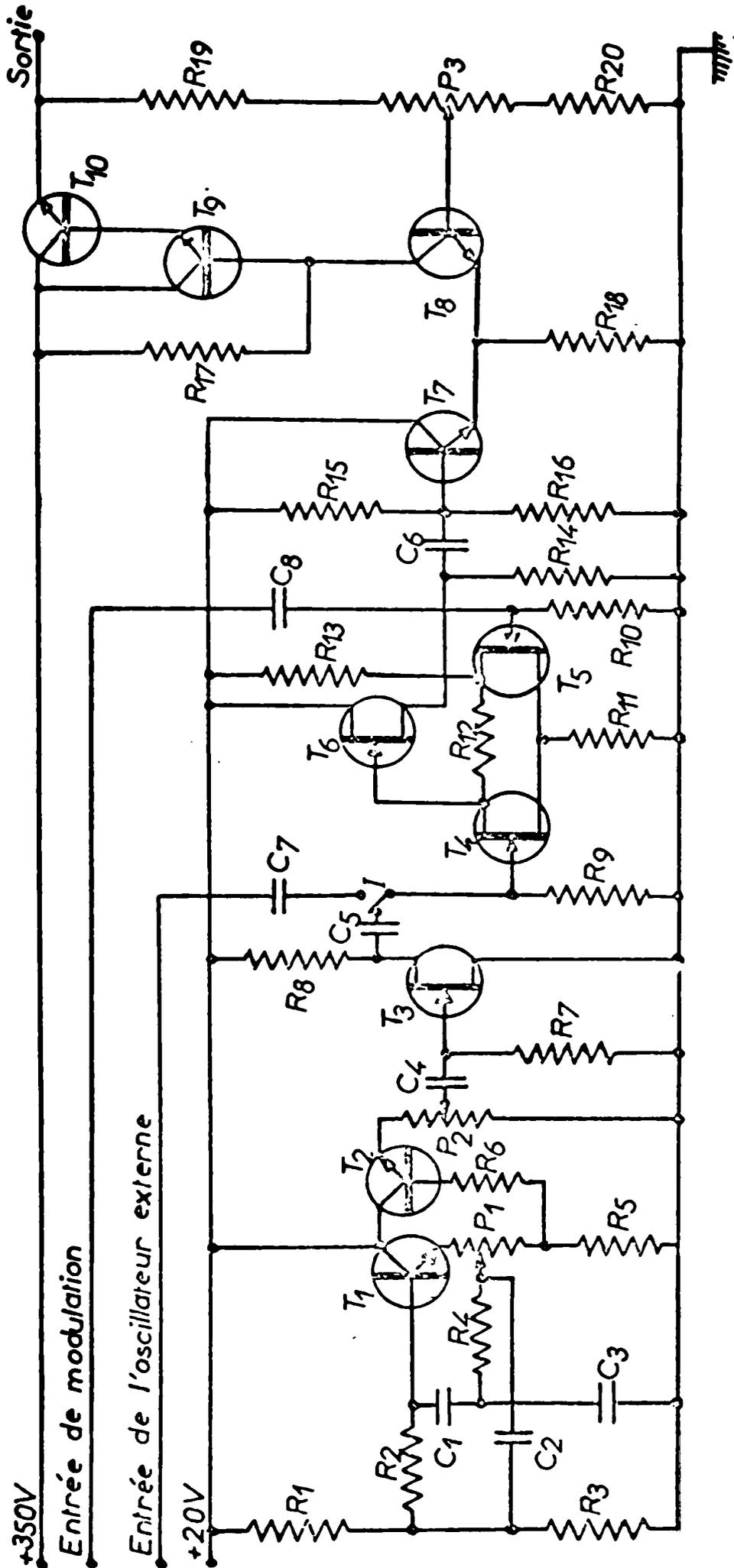


Figure 2.31.

ALIMENTATION DE LA MATRICE EL.

Schéma général.

C H A P I T R E I I I

-:-:-:-:-:-:-:-

**ETUDE EXPERIMENTALE DE LA REPARTITION
DES TENSIONS ET DU CONTRASTE SUR LA
MATRICE ELECTROLUMINESCENTE**

-:-:-:-:-:-:-:-

Pour essayer de vérifier les résultats théoriques que nous avons vus au chapitre I, pour les compléter dans certains cas et surtout pour approfondir la connaissance de la matrice et celle de son fonctionnement dynamique, nous avons été conduit à réaliser le dispositif que nous allons décrire ci-après.

III.1. Montage expérimental.

Le montage réalisé est décrit sommairement par la figure 3.1. Ce dispositif comprend :

- le système de balayage que nous avons étudié dans le chapitre II : pour l'étude présente, la valeur de la tension d'alimentation de la matrice et sa fréquence peuvent varier car nous avons adjoint au système une alimentation H.T. externe ainsi qu'un oscillateur B.F. externe.

- la matrice électroluminescente dont tous les points sont cachés sauf un.

- une photomultiplicateur type 53 AVP avec sa chaîne d'alimentation.

- un oscilloscope Tektronix 564 B à mémoire, permettant d'enregistrer les différents signaux à visualiser.

La photo de la figure 3.2. montre le système décrit assemblé pour la réalisation des clichés donnant la forme des ondes de luminance.

Outre le relevé de ces ondes lumineuses, le dispositif nous permet de mesurer les tensions ligne et colonne sur la matrice et de visualiser leur évolution pendant le balayage. De plus, comme le point visible de la matrice se trouve être successivement :

- point de la colonne d'excitation
- point de la ligne d'excitation
- point excité lui-même
- autre point de la matrice.

nous pouvons essayer de vérifier les résultats théoriques vus

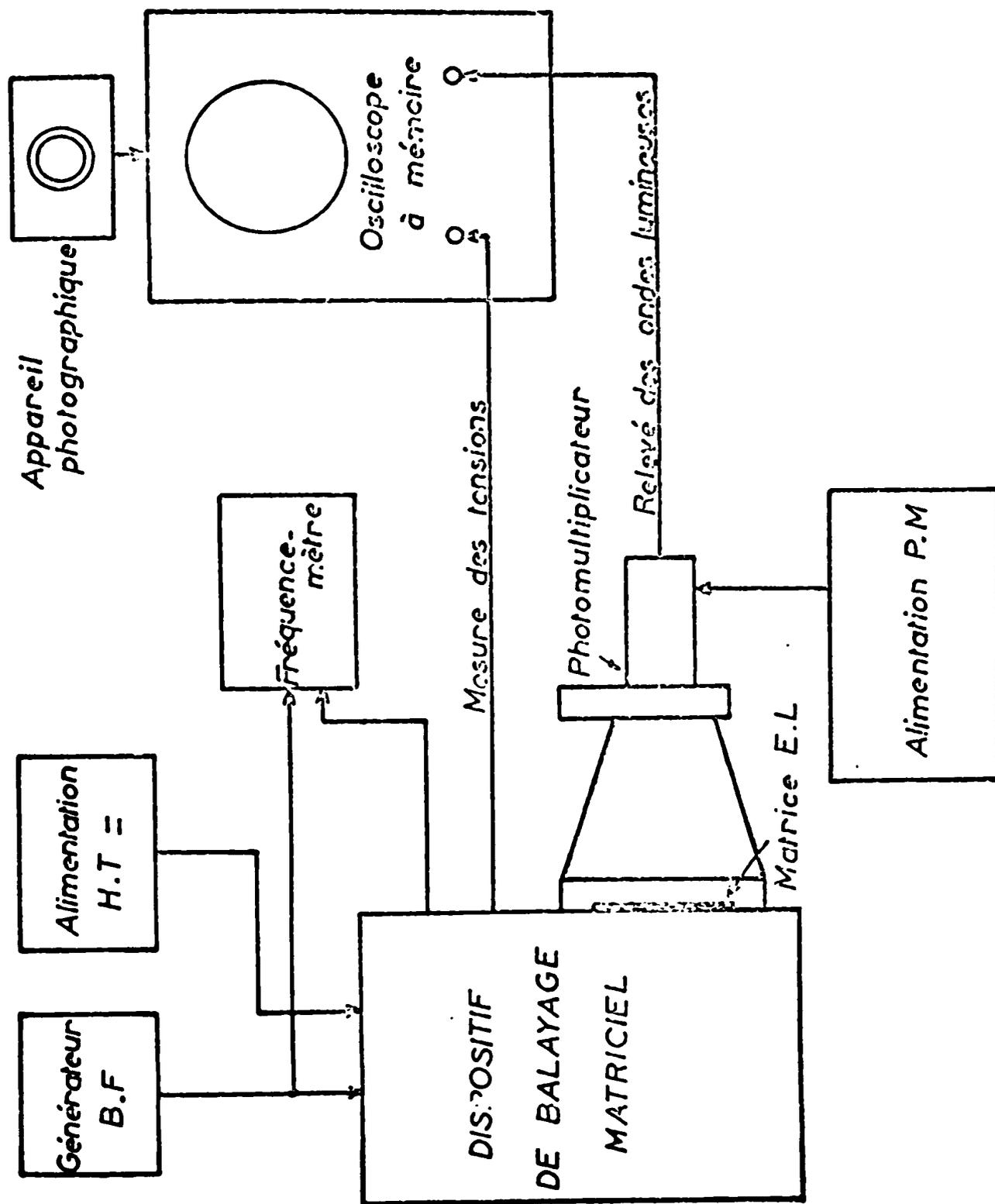


Figure 3.1.

au chapitre I et concernant le contraste. Nous considérerons pour ce faire qu'une fréquence voisine de 5 Hz de l'horloge définit un fonctionnement quasi-statique de la matrice puisque dans ce cas le temps d'excitation de chaque point est voisin de 0,2 s tandis que la période du signal appliqué vaut approximativement 0,1 ms.

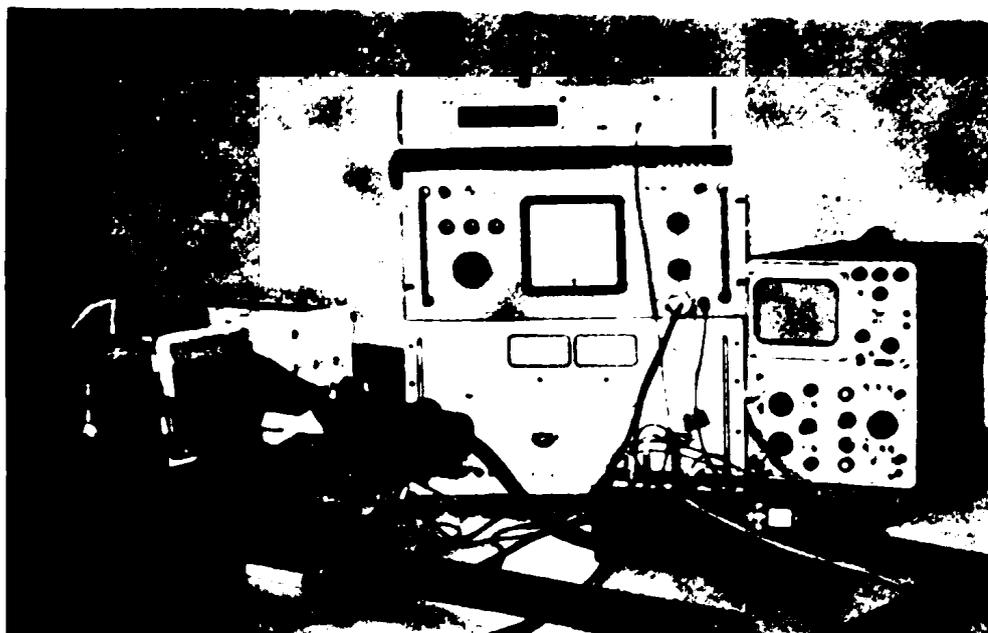


Figure 3.2.

III. 2. Etude expérimentale du fonctionnement quasi-statique de la matrice.

III. 2. 1. Relevé des tensions ligne et colonne.

Lors de cette manipulation, nous avons remarqué que, suivant la position du point excité de la matrice, la tension parasite appliquée aux points de la "croix" semblait varier. En effet, une variation de cette tension se manifestait de façon globale aux points de mesure, à savoir les points A. et B. de la figure 3.3.

Ces points de mesure définissent respectivement une tension colonne (A) et une tension ligne (B) par rapport à la masse lors du balayage.

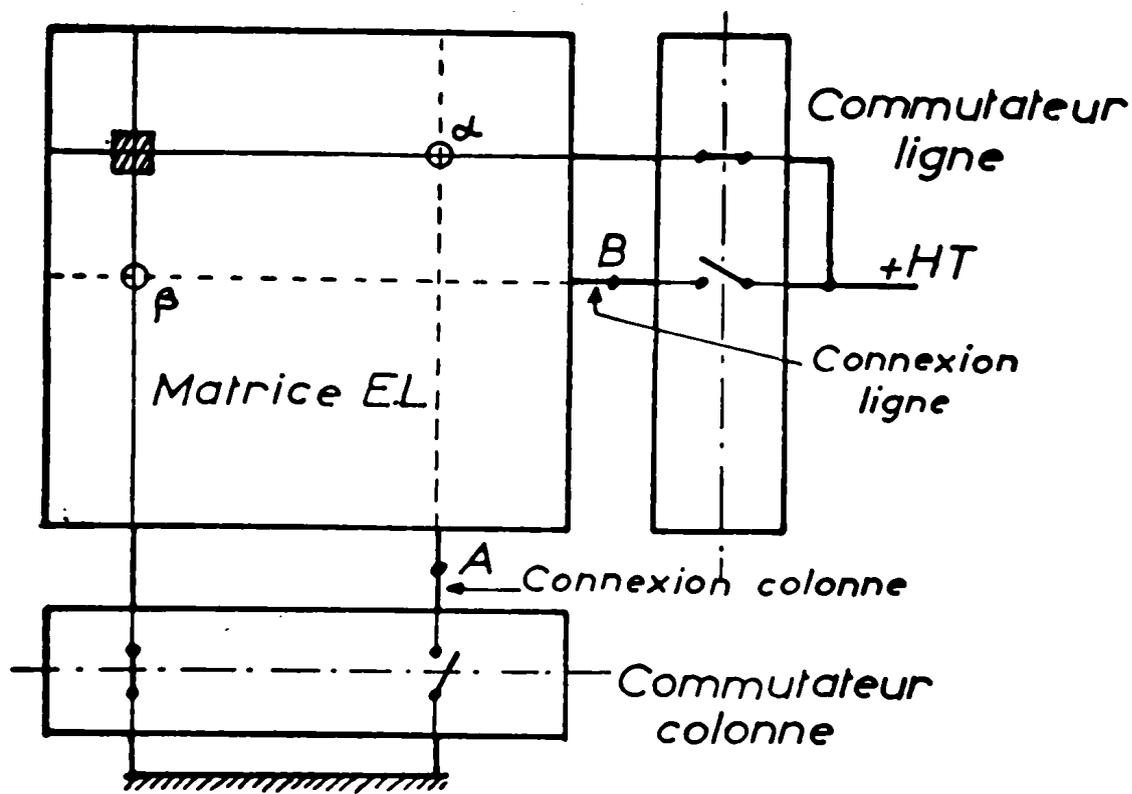


Figure 3.3.

Nous avons relevé ces tensions lors de l'excitation d'une ligne autre que celle du point de mesure β . Nous avons essayé par ce biais, d'enregistrer l'évolution de la tension en α (figure 3.4.a) et celle de la tension au point β (figure 3.4.b) lorsque le point excité se déplace de la gauche vers la droite de la matrice.

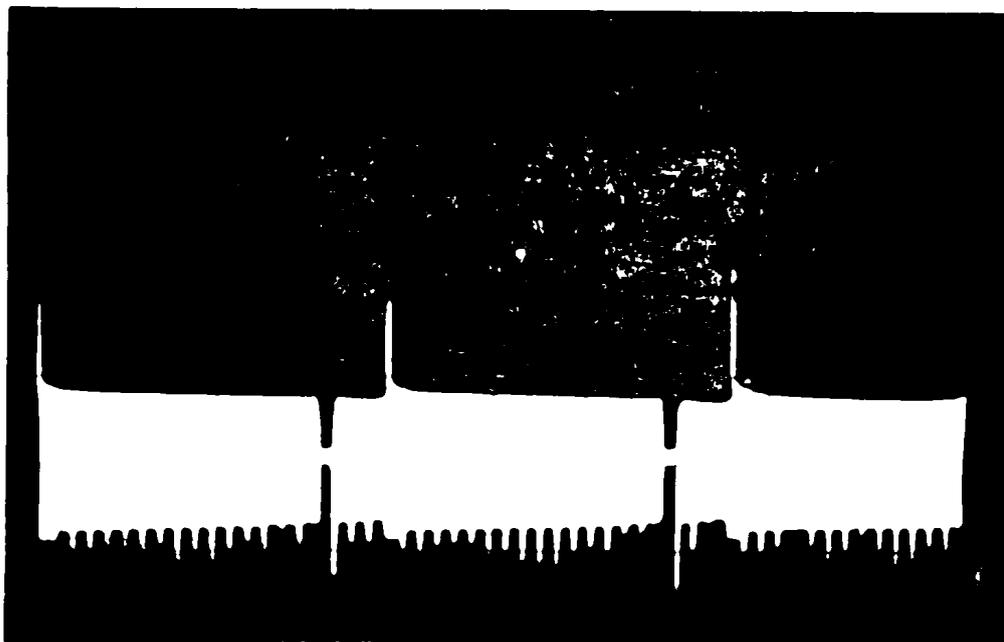


Figure 3.4.a

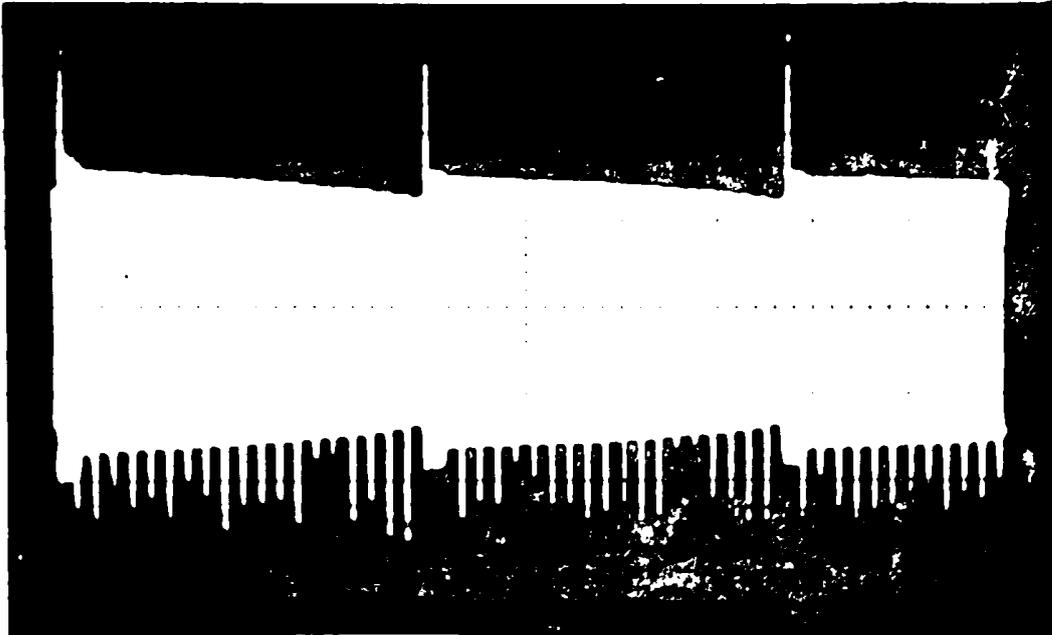


Figure 3.4.b

Divers relevés pour des points A différents et des lignes d'excitation différentes nous ont montré que la forme de l'enregistrement de la figure 3.4.a ne changeait pas, seule son amplitude variait légèrement.

En ce qui concerne la tension de la figure 3.4.b, quel que soit le point B et quelle que soit la ligne excitée, le relevé était toujours sensiblement le même et nous avons pensé que la décroissance remarquée sur ces figures lorsque le point allumé allait de gauche à droite de la matrice pouvait s'expliquer en examinant la structure de cette cellule matricielle électroluminescente, ce que nous montrerons plus loin.

III.2.2. Relevé des ondes de luminance en un point de la matrice. Contraste observé.

Le fonctionnement quasi-statique de la matrice et le relevé des ondes de luminance en un point situé sensiblement au centre de cette matrice, nous ont permis de vérifier approximativement les résultats que nous avons annoncé au chapitre I.

Tout d'abord, nous avons pu remarquer que la luminance maximale n'était atteinte qu'après quinze à vingt pics comme le prouve la figure 3.5.

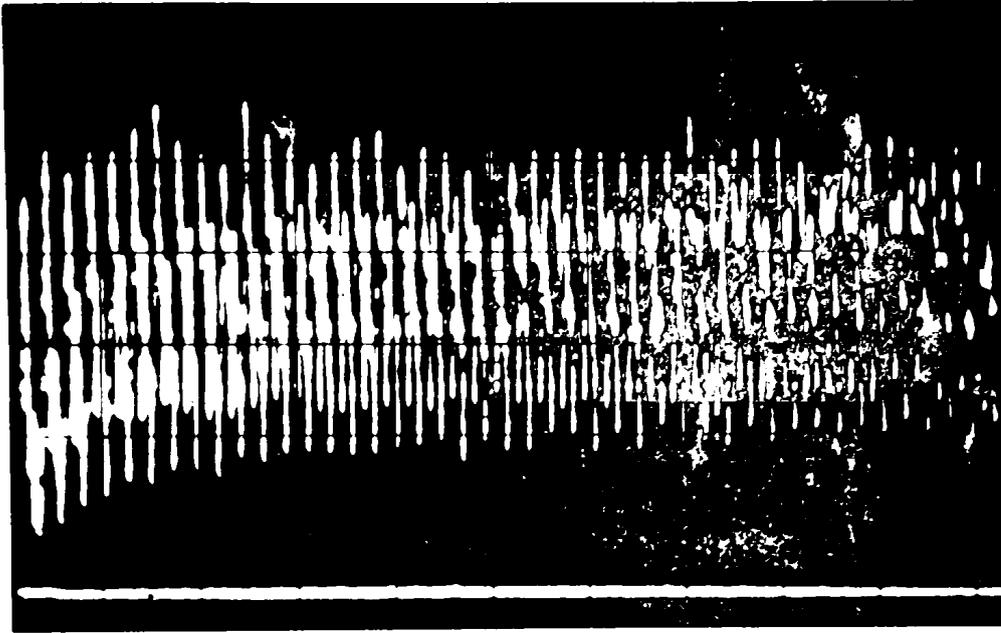


Figure 3.5.

Ce résultat est moins optimiste que celui que nous avons prévu pour la fréquence de la tension d'alimentation. En effet, pour que chaque point ait le maximum de luminance lors du balayage, il doit être excité par environ 10 périodes de la tension d'alimentation étant donné qu'une période donne deux pics de luminance. Ceci explique que la fréquence d'alimentation calculée au chapitre I pour un balayage rapide est insuffisante et devrait avoir une valeur sensiblement double.

D'autre part, la photo de la figure 3.6. montre aussi, qu'en plus du temps d'établissement de la luminance observé ci-dessus, il existe un dépassement pour cette grandeur avant d'atteindre l'équilibre, résultat qui confirme l'hypothèse que nous avons faite au chapitre I concernant l'établissement de la luminescence sous excitation sinusoïdale polarisée en continu. En effet, comme nous l'avons déjà précisé, c'est par une tension alternative polarisée que nous excitions la matrice. Cependant, nous avons pu noter que lorsque la vitesse de balayage augmente, ce dépassement tend à disparaître ; ceci semble prouver l'effet du temps de l'excitation sur la luminance des cellules électroluminescentes [8], de même que celui de la pré-excitation [9]. Le temps d'excitation et celui qui sépare deux excitations successives diminuant lorsque la fréquence de balayage augmente, nous pouvons

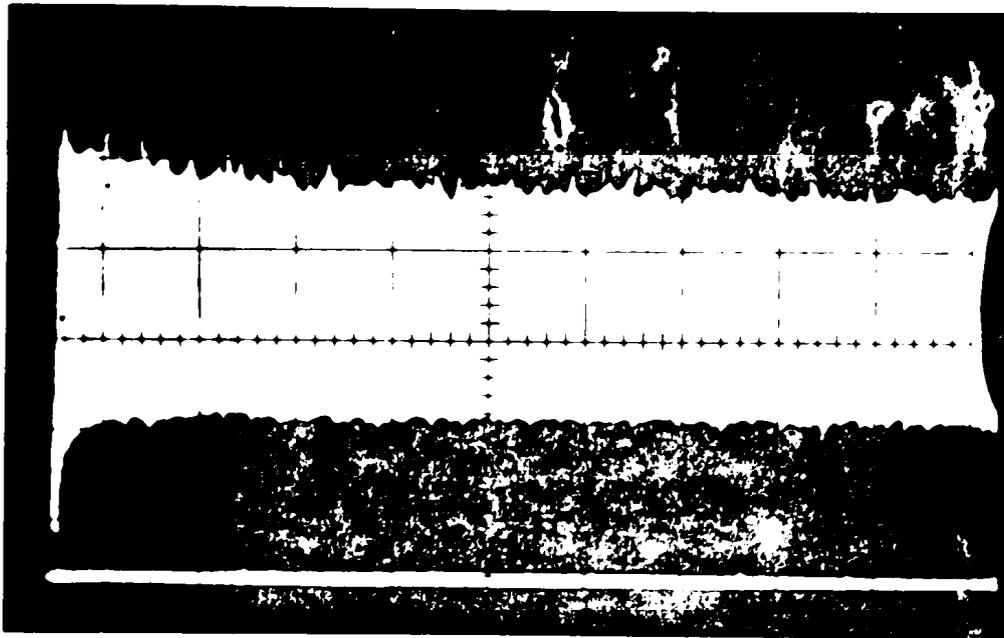


Figure 3.6.

dire que le créneau dû à la polarisation continue se retrécit. Il en résulte que, d'après les travaux de Tanaka [10] qui a montré que, suivant la durée de l'impulsion, le temps de déclin de luminescence est plus ou moins long : à une impulsion de faible durée correspond un déclin rapide, tandis qu'à une impulsion de durée supérieure correspond un déclin moins rapide et surtout d'après ceux de Nudelman et Matossi [1] qui ont remarqué la croissance de l'amplitude des pics avec la largeur des impulsions, l'effet de la polarisation continue s'amenuise lorsque la vitesse du balayage croît. Ceci nous amène à considérer le fonctionnement de la matrice sous excitation sinusoïdale polarisée en continu comme la somme du fonctionnement sinusoïdal pur et du fonctionnement impulsionnel (impulsions de durée égale au temps d'excitation du point). Il faut cependant préciser que lorsque la fréquence du balayage devient du même ordre de grandeur que celle de la tension d'alimentation, la matrice fonctionne comme si elle était excitée seulement par des impulsions. Si nous dilatons le cliché de la figure 3.6., nous pouvons constater une dissymétrie des pics de luminance (figure 3.7.), dissymétrie qui tend à s'amenuiser si le temps d'excitation est suffisamment long. Ce résultat est en accord avec ceux de nombreux auteurs ayant étudié l'effet de la polarisation continue sur l'électroluminescence, de même qu'avec l'hypothèse, faite plus haut, de deux fonctionnements séparés.

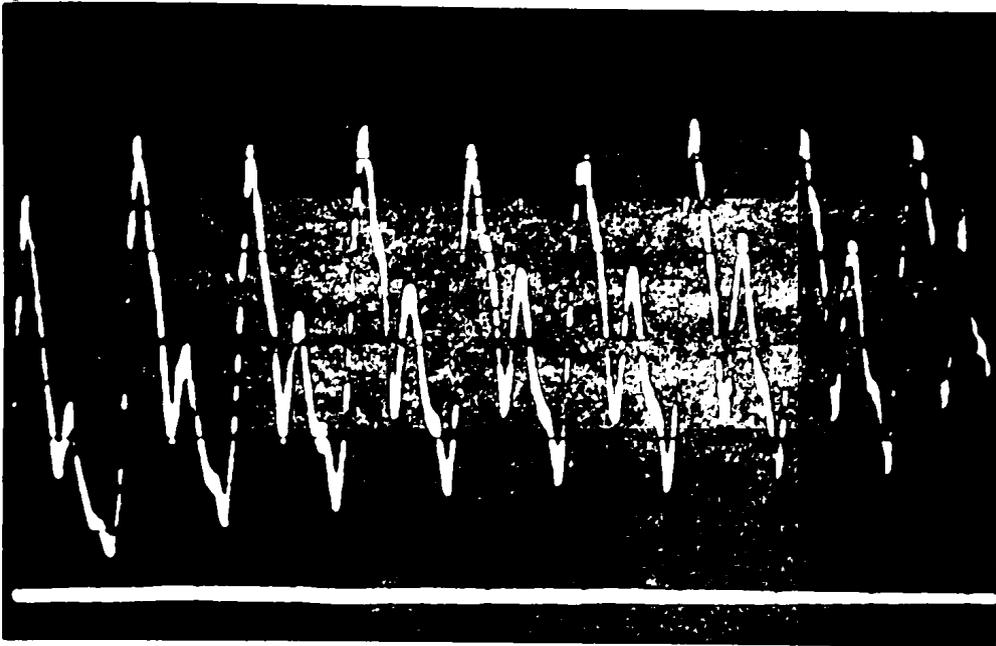


Figure 3.7.

Si par contre, le cliché est contracté, nous pouvons comparer le pic de luminosité du point excité par rapport à ceux des points se trouvant placés sur la ligne formant la croix. Nous obtenons ainsi la photo de la figure 3.8.

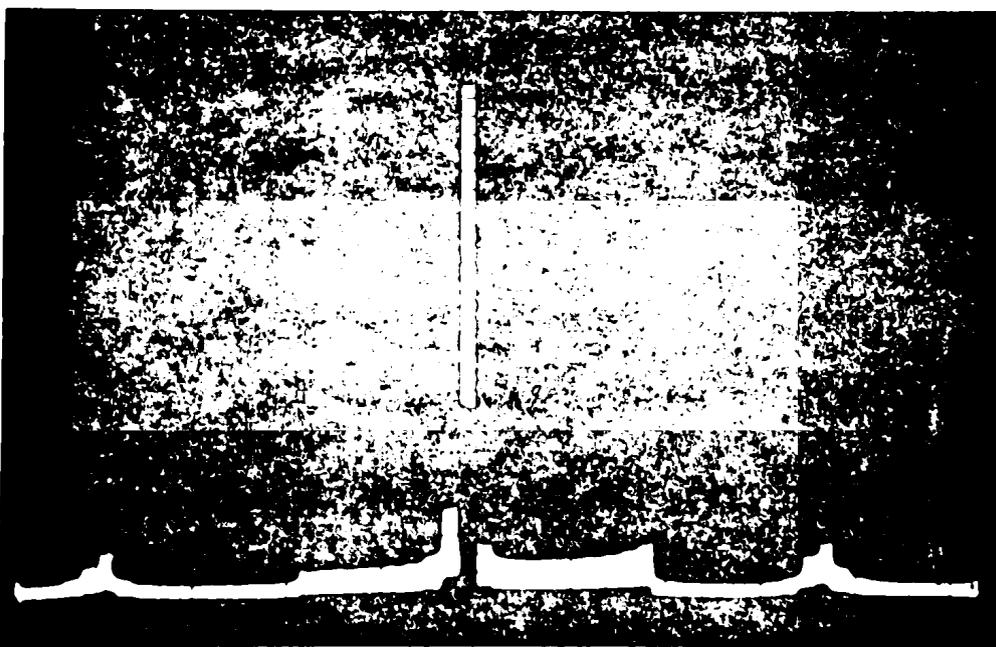


Figure 3.8.

Sur cette figure, nous pouvons faire le rapport moyen entre la luminance du point excité et la luminance parasite de la ligne sur laquelle se trouve ce point. Ce rapport qui définit le contraste est voisin de :

$$C = 20$$

Mais nous pouvons constater que lorsque le point excité se déplace sur la ligne, la luminance parasite d'un point de cette ligne évolue. La photo ci-dessus montre qu'il existe une croissance dans cette luminance lorsque le point se déplace de la gauche vers la droite de l'écran. Ce résultat semble quelque peu en contradiction avec le résultat concernant les tensions parasites puisque ces tensions présentent une décroissance lorsque le point excité suit le même chemin. Nous essayerons cependant de montrer par l'étude du schéma de la matrice qu'il n'y a pas contradiction, car, la tension relevée est une tension globale mesurée à l'extérieur de la matrice elle-même.

Si nous voulons avoir une idée du contraste qui existe entre la luminance du point excité et celle d'un point de la colonne définie, nous devons faire le rapport moyen entre le grand pic et les petits pics de la figure 3.9. laquelle donne l'évolution globale de la luminance en un point au cours du balayage. Nous trouvons alors un rapport voisin de :

$$C = 21$$

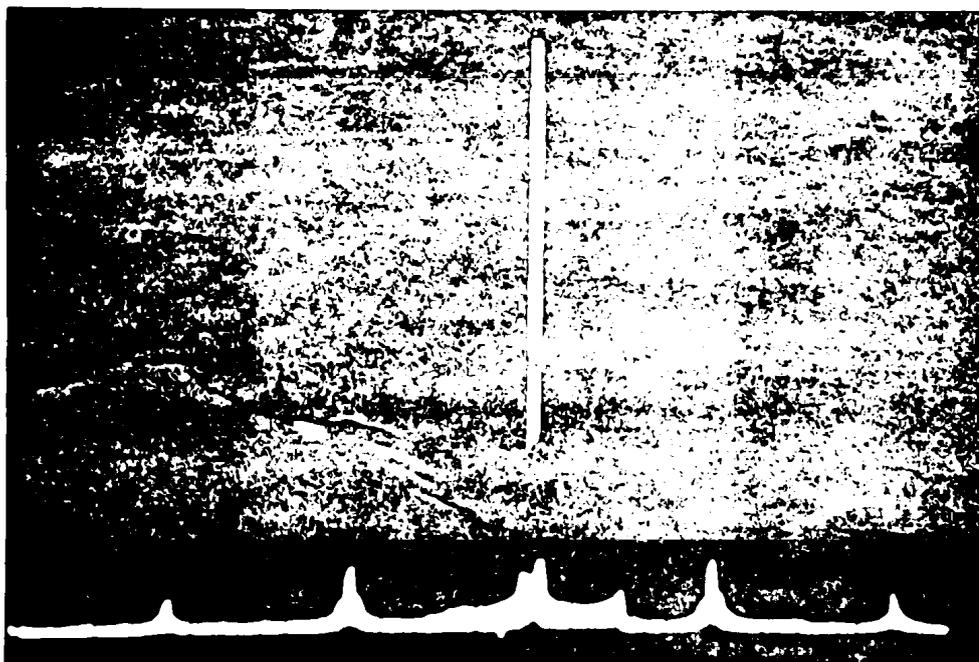


Figure 3.9.

Remarque : Nous n'avons pas considéré les deux pics les plus proches de celui correspondant au point excité car il existe une diffusion parasite à travers le verre recouvrant la cellule électroluminescente. D'ailleurs sur la figure 3.9. ces deux pics sont beaucoup plus hauts que les suivants.

Nous constatons, que la lumière parasite sur les colonnes est moins importante que celle enregistrée sur les lignes. D'autre part, bien que la photo ne le montre pas entièrement, cette lumière est sensiblement la même sur toutes les lignes autres que la ligne excitée, puisque, comme nous l'avons vu, la lumière parasite en un point est fonction du point excité. Nous montrerons dans la suite de notre étude, que ces résultats sont dus à la structure de la matrice.

Quoi qu'il en soit, les valeurs moyennes trouvées pour le contraste sont en assez bon accord avec celles que l'on peut trouver avec la courbe représentant $L = f(V)$ du chapitre I. En effet, le rapport de tension que nous pouvons trouver sur la figure 3.10 où sont regroupées, la tension d'excitation et une tension parasite est de l'ordre de :

$$\rho = 0,47$$

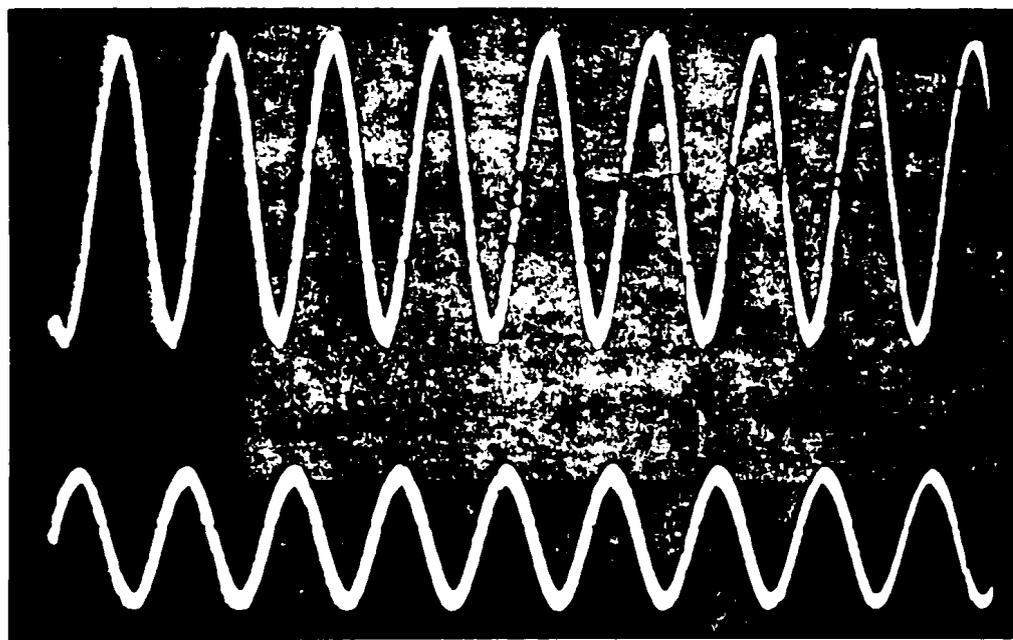


Figure 3.10.

Ce rapport donne pour une tension d'excitation voisine de 200 V crête à crête un contraste C proche de :

$$C = 23$$

Cette valeur est légèrement supérieure à celle que nous avons trouvée précédemment, mais nous nous sommes aperçus que le vieillissement de la matrice diminuait le contraste, et, comme le relevé de $L = f(V)$ et celui des pics de luminance ont été séparés par un temps de fonctionnement de la matrice relativement important, il est normal de trouver cette différence de valeurs qui peut aussi être accentuée par les imprécisions de lecture sur les clichés. Nous pouvons par ailleurs remarquer que, comme l'indique la figure 3.11. représentant la tension mesurée sur une connection ligne lorsque celle-ci passe de la position excitée à la position non excitée, cette valeur du contraste variera suivant le point considéré de la ligne, puisque la tension parasite change. Cependant, comme nous le verrons dans ce qui va suivre, la variation du contraste n'aura pas forcément la même évolution que celle que nous pourrions trouver pour le rapport des tensions (R) représentées sur la figure 3.11, car la mesure de ces tensions s'opère à l'extérieur de la matrice.



Figure 3.11

III. 3. Schéma équivalent modifié de la matrice.

En nous souvenant que la matrice utilisée possède des conducteurs lignes en dioxyde d'étain de résistance linéique non négligeable, nous nous apercevons que le schéma équivalent de la matrice donné au chapitre I, n'est pas aussi simple et qu'il change selon la position du point excité.

En effet, si nous reportons cette résistance linéique, dont nous supposons la répartition uniforme tout au long d'une ligne, entre chaque point de la matrice, le schéma simplifié de cette dernière (cas de 3 x 3 points) est alors celui représenté sur la figure 3.12.

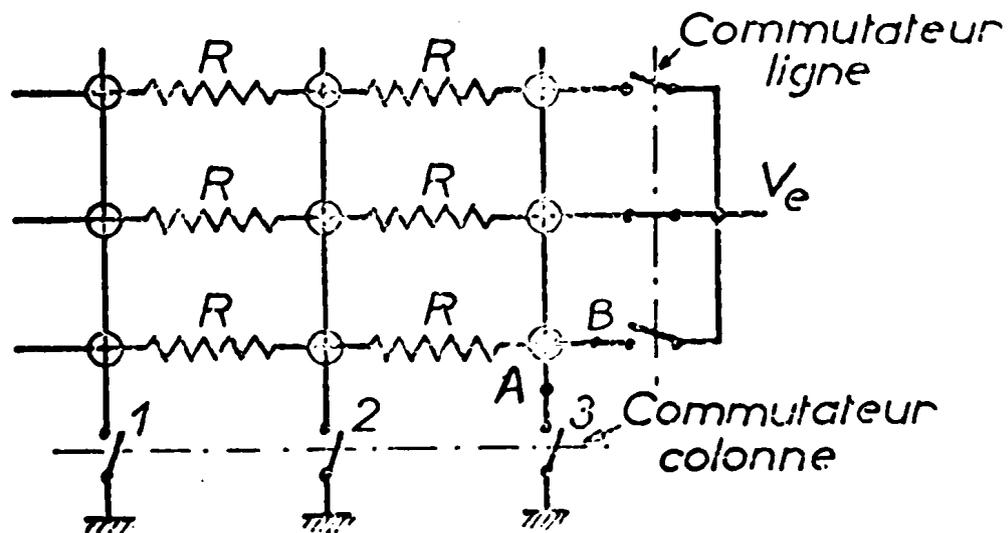
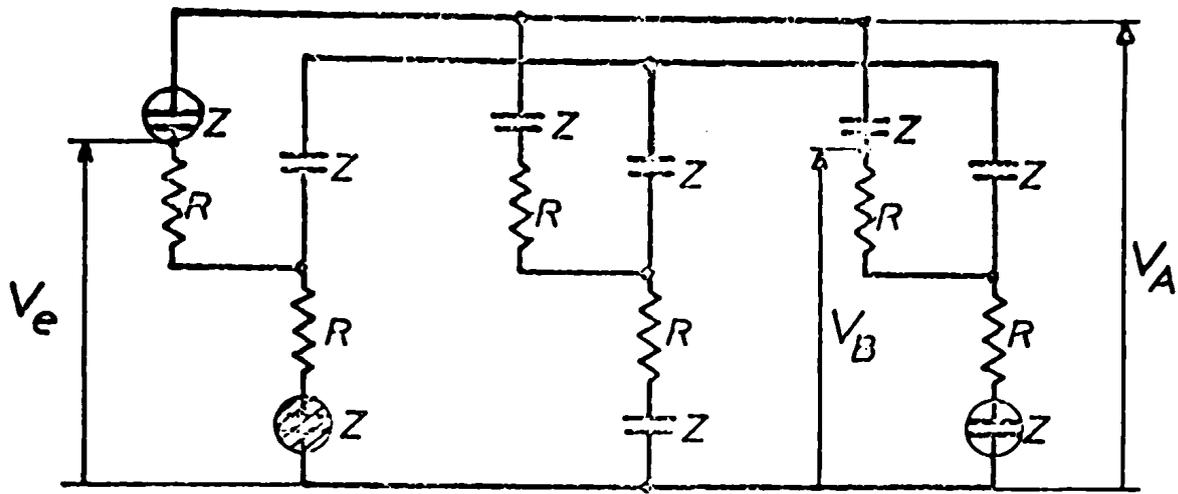


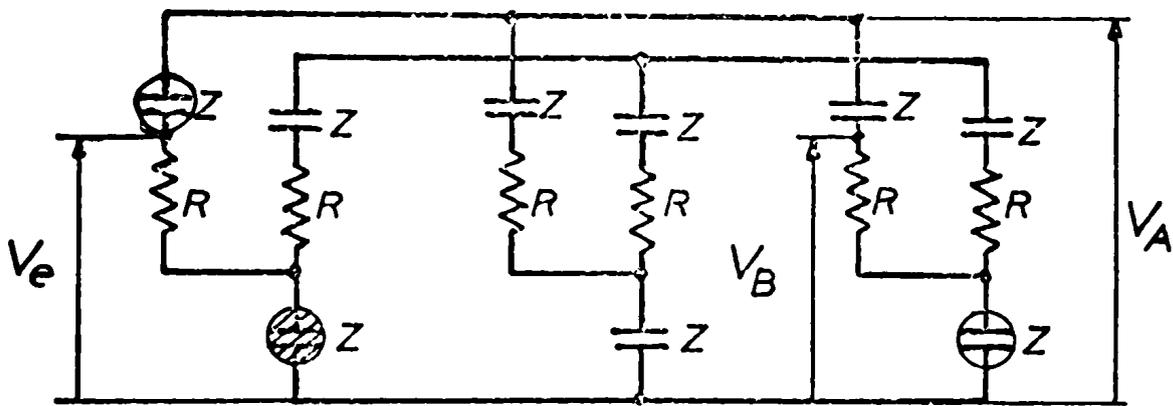
Figure 3.12.

Sur cette figure, les résistances inter-points ne sont pas représentées pour les colonnes, car les conducteurs sont en aluminium et leur résistance est alors très faible et nous la négligerons.

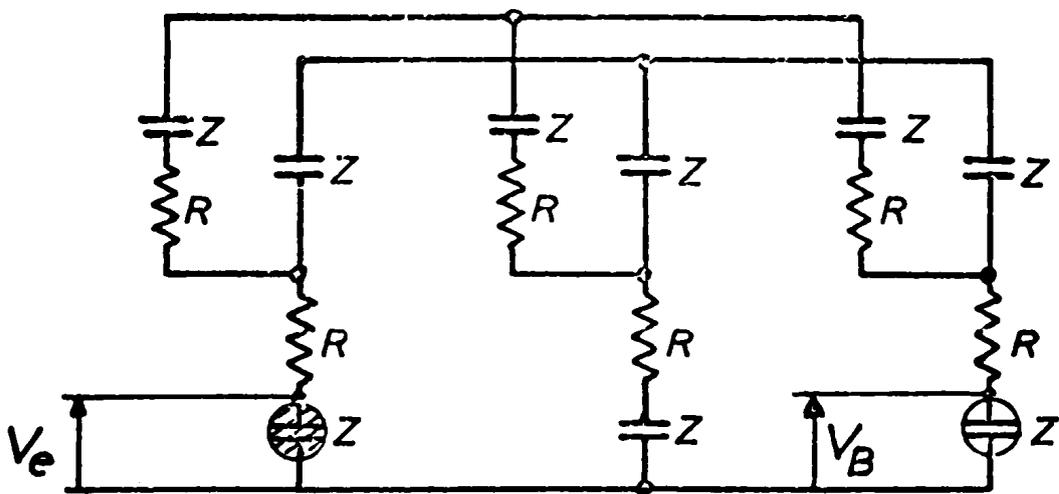
En supposant maintenant que la tension d'alimentation est aiguillée sur la 2^{ème} ligne et que nous fermons successivement les contacts 1 à 3, nous obtenons trois schémas différents, suivant la position de la colonne excitée, schémas représentés sur la figure 3.13. (a = ligne 2 colonne 1, b = ligne 2 colonne 2, c = ligne 2 colonne 3).



a



b



c

Figure 3.13.

Ces schémas seraient d'ailleurs les mêmes si la tension d'alimentation était aiguillée sur la 1ère ou la 3ème ligne, seul son point d'application serait différent. Quant aux points de mesure A et B, nous les voyions apparaître en V_A et V_B par exemple.

Remarque.- Le schéma réel de la matrice ne change pas, la seule différence provient du fait que le point commun (masse) change à chaque computation.

III. 4. Répartition effective des tensions sur la matrice et conséquences.

III . 4.1. Calcul de la tension réelle appliquée sur le point excité suivant sa position sur la matrice.

Par l'examen des schémas de la figure 3.13, nous nous apercevons que la tension d'alimentation est appliquée à 100 % uniquement sur la 3ème colonne (cas c) , lors de la fermeture du contact colonne 3.

Pour les autres colonnes, (cas a et b) nous allons déterminer le pourcentage de la tension qui est réellement appliquée au condensateur électroluminescent. Nous utiliserons, pour ce calcul, la méthode des graphes de transfert (Mason).

Par exemple, dans le cas a, le graphe de transfert entre la tension V_e et la tension réellement appliquée est donné par la figure 3.14.

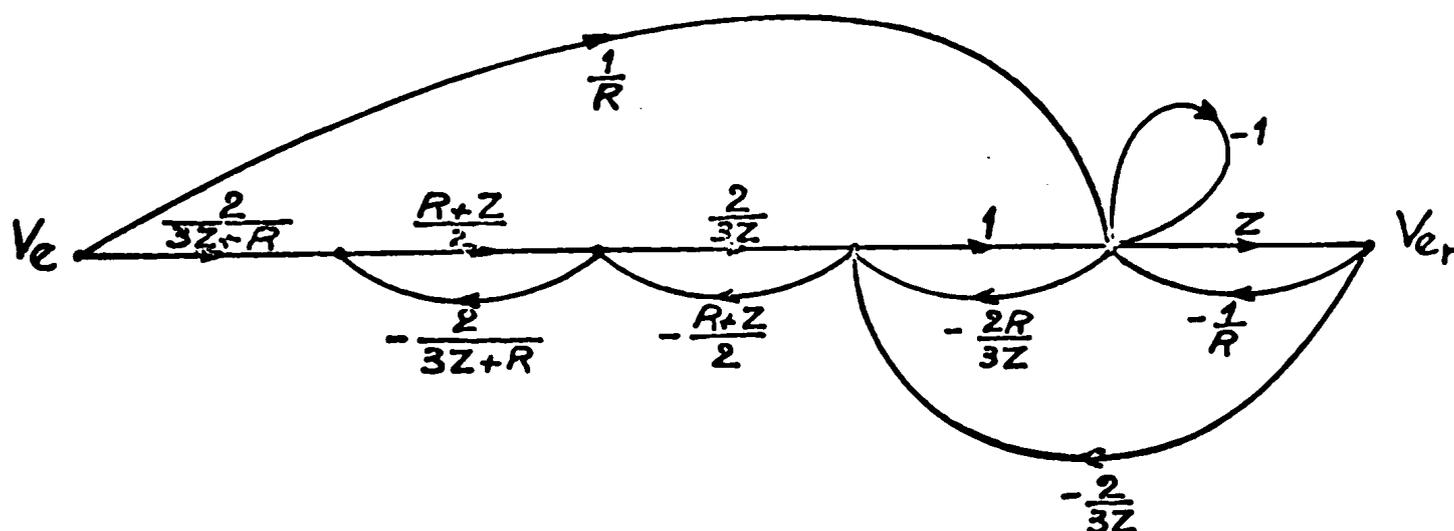


Figure 3.14

Les équations électriques qui nous ont permis d'établir ce graphe proviennent uniquement de l'application des lois de Kirchoff au circuit du cas a. Ce circuit peut d'ailleurs se simplifier en raison de sa symétrie et il devient alors celui de la figure 3.15.

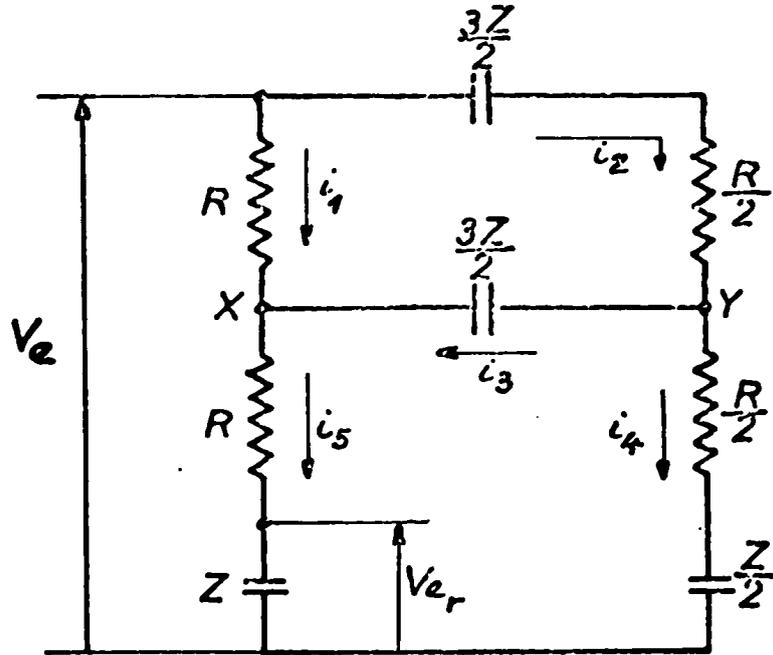


Figure 3.15

et les équations permettant de donner la relation entre V_e et V_{e_r} sont alors celles qui suivent :

$$\begin{aligned}
 i_1 &= \frac{V_e - X}{R} & i_3 &= \frac{2(Y - X)}{3Z} \\
 X &= V_{e_r} + Ri_5 & Y &= \frac{R + Z}{2} i_4 \\
 V_{e_r} &= Zi_5 & i_4 &= i_2 - i_3 \\
 i_5 &= i_1 + i_3 & i_2 &= 2 \frac{(V_e - Y)}{3Z + R}
 \end{aligned}$$

Ces équations nous ont permis, par transposition, d'établir le graphe de la figure 3.14, graphe que nous allons calculer pour trouver la relation $\frac{V_{e_r}}{V_e}$.

Selon la règle de Mason, la transmittance d'un système est donnée par :

$$\frac{S}{E} = \frac{\sum_1^k T_k \Delta_k}{\Delta}$$

où T_k représente la transmittance du k ième chemin direct entre E et S.

Δ le déterminant du système soit :

$\Delta = 1 -$ somme des transmittances de toutes les boucles
 + somme des produits de ces transmittances prises 2 à 2
 - somme des produits de ces transmittances prises 3 à 3
 + ... etc.

et Δ_k ce déterminant calculé pour les boucles ne touchant pas le chemin k ; l'application de cette relation va nous permettre de trouver assez rapidement $\frac{V_{e_r}}{V_e}$.

En effet, dans notre cas, le numérateur de l'expression sera :

$$N = \frac{Z}{R} \left(1 + \frac{R+Z}{3Z} + \frac{R+Z}{3Z+R} \right) + \frac{2Z(R+Z)}{3Z(3Z+R)}$$

soit
$$N = \frac{5Z^3 + 4Z^2R + ZR^3}{ZR(3Z+R)}$$

Le dénominateur aura l'expression suivante :

$$D = 1 + \frac{R+Z}{3Z+R} + \frac{R+Z}{3Z} + \frac{2Z}{3R} + 1 + \frac{Z}{R} + \frac{2}{3} +$$

$$\frac{R+Z}{3Z+R} \left(\frac{2R}{3Z} + 1 + \frac{Z}{R} + \frac{2}{3} \right) + \frac{R+Z}{3Z} \left(1 + \frac{Z}{R} \right)$$

soit
$$D = \frac{5Z^3 + 16Z^2R + 11ZR^2 + 2R^3}{ZR(3Z+R)}$$

Il en résulte que :

$$\frac{V_{e_r}}{V_e} = \frac{5Z^3 + 4Z^2R + ZR^2}{5Z^3 + 16Z^2R + 11ZR^2 + 2R^3}$$

relation qui montre parfaitement l'influence néfaste de la résistance linéique sur la tension effectivement appliquée sur le point lumineux.

Nous pouvons chiffrer cette influence en prenant une valeur moyenne de 50 kΩ pour l'impédance complexe Z du condensateur électroluminescent à 10 k Hz. Dans ce cas si R = 100 Ω , ce qui représente pratiquement la valeur réelle en se référant aux caractéristiques de la matrice, nous avons :

$$\frac{V_{e_r}}{V_e} = 0,995.$$

Pour avoir des écarts plus appréciables nous prendrons par la suite R = 1000 Ω , ce qui correspondrait à prendre les points extrêmes et médians de la matrice 20 x 20. Cette valeur conduit ici à :

$$\frac{V_{e_r}}{V_e} = 0,954$$

soit une perte de 5 % environ de la tension appliquée pour le point le plus éloigné du connecteur.

Le même raisonnement, nous conduirait au graphe de la figure 3.16 pour le cas b, qui nous a amenés à l'expression :

$$\frac{V_{e_r}}{V_e} = \frac{5Z^3 + 6Z^2R + ZR^2}{5Z^3 + 13Z^2R + 7ZR^2 + R^3}$$

et au rapport :

$$\frac{V_{e_r}}{V_e} = 0,973 \quad \text{pour } R = 1000 \Omega$$

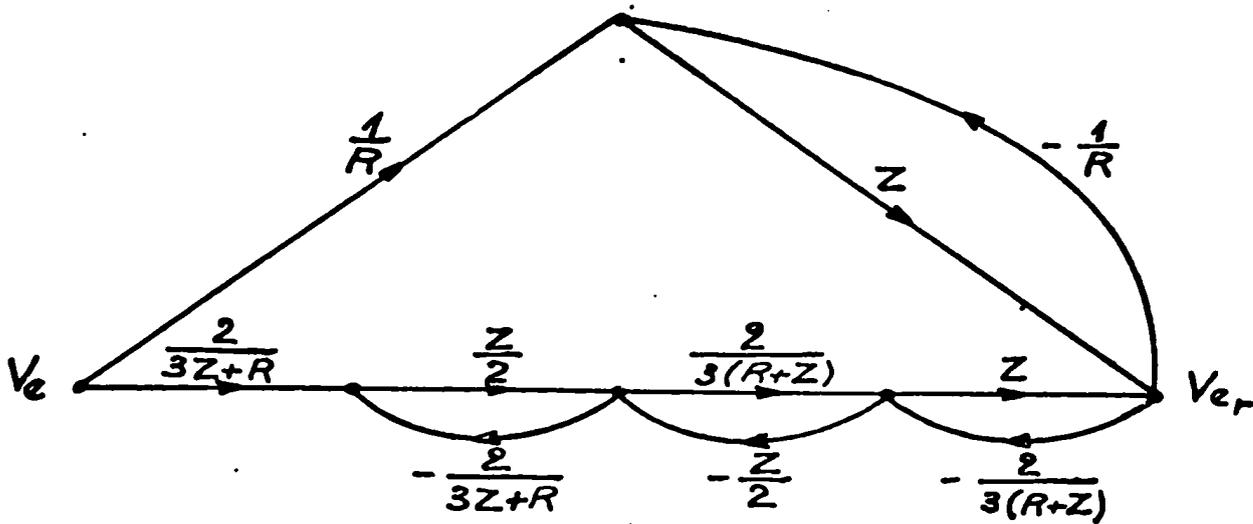


Figure 3.16.

Ces résultats, qui sont valables pour chaque ligne de la matrice, montrent l'effet néfaste de la résistance linéique sur l'uniformité de la luminance de la matrice. En effet, en dehors de toute considération de contraste, la tension appliquée au condensateur électroluminescent excité sera d'autant plus faible que ce point sera éloigné du connecteur ligne et par conséquent la luminance de ce point croîtra lorsque celui-ci se rapprochera de ce connecteur.

Cette dégradation de lumière, que l'on aperçoit à l'oeil nu sur la matrice 20 x 20 points utilisée, sera d'autant plus marquée que la matrice sera d'ordre élevé, et elle produira, par voie de conséquence une non uniformité dans l'affichage.

Remarque : Une dimension réduite des conducteurs, c'est à dire des points améliorerait l'uniformité pour un même nombre de point étant donné le caractère de la résistance de ces conducteurs.

III.4.2. Evolution de la tension parasite créant la "croix".

a) . Point de mesure A (Tension en α)

Nous supposons le point de mesure A sur la 3 me colonne et nous allons calculer l'évolution de la tension parasite (ligne dans ce cas) sur le point de la croix situé sur cette colonne, lorsque le point excité se trouve être sur la 1 re puis sur la 2 me colonne. Nous procédons, comme précédemment en calculant $\frac{V_A}{V_e}$

par la méthode des graphes de transfert.

Lorsque le point excité se trouve sur la 1 re colonne, nous considérions le schéma a) de la figure 3.13 et nous en déduisons le graphe de la figure 3.17. qui va nous donner la valeur du rapport $\frac{V_A}{V_e}$

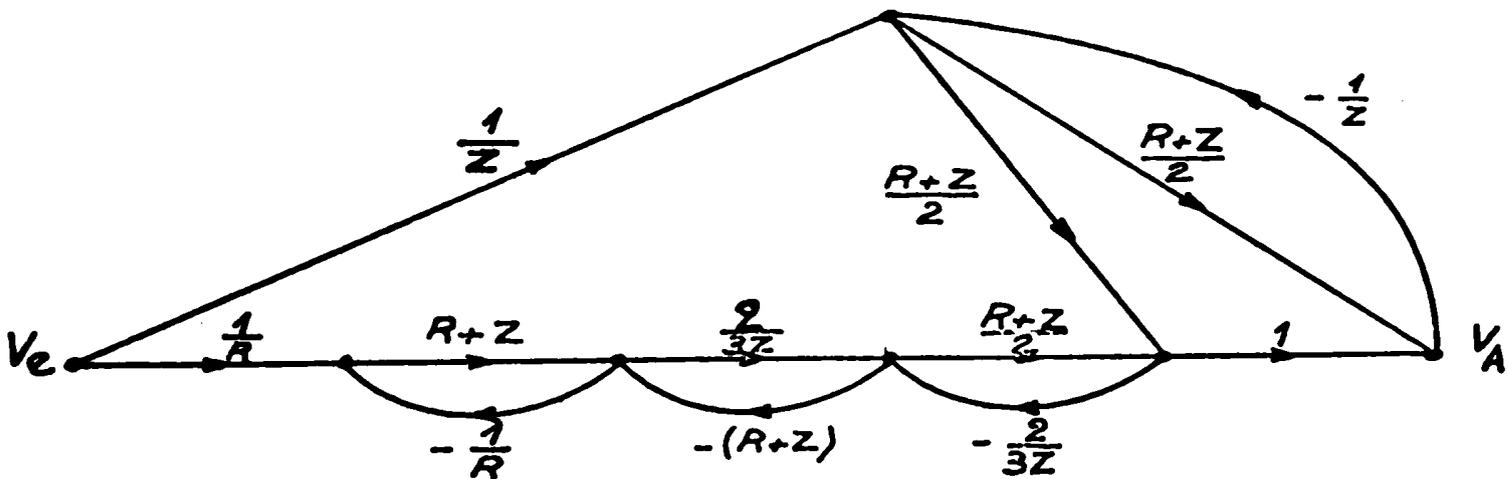


Figure 3.17.

Ce rapport vaut dans ce cas :

$$\frac{V_A}{V_e} = \frac{3Z^3 + 10Z^2R + 9ZR^2 + 2R^3}{5Z^3 + 16Z^2R + 11ZR^2 + 2R^3}$$

soit :

$$\frac{V_A}{V_e} = 0,602$$

En effectuant le même calcul lorsque le point excité se trouve sur la 2e colonne, nous trouverons :

$$\frac{V_A}{V_e} = \frac{\frac{3Z^3}{3} + \frac{7Z^2R}{2} + \frac{5ZR^2}{2} + \frac{R^3}{3}}{5Z + 13Z R + 7ZR + R}$$

soit :

$$\frac{V_A}{V_e} = 0,597$$

Ces résultats sont en parfaite concordance avec le relevé expérimental reporté à la figure 3.4.a, Cependant, si l'on considère les schémas de la figure 3.13, nous nous apercevons que V_A n'est pas une tension parasite mais son complément par rapport à V_e .

La tension parasite réelle est, en effet, sur le point considéré :

$$V'_A = 0,398 \text{ pour le schéma a) et}$$

$$V'_A = 0,403 \text{ Ve pour le schéma b).}$$

Ces nouveaux résultats permettent de comprendre la croissance de la luminance parasite en un point d'une ligne lorsque le point excité parcourt cette ligne de gauche à droite. Cette observation serait également valable si le point de mesure était sur la première colonne et si nous considérions les schémas b et c de la figure 3.13 en prenant non plus V_e mais V_{e_r} . Cette remarque permet de constater que nos calculs confirment parfaitement l'observation de la figure 3.8.

Cependant, il ne nous est pas possible de déterminer rapidement le contraste qui pourrait exister pour 20 x 20 points, pas plus que de calculer la valeur de la tension parasite dans ce cas. Nous ne pouvons pas, par conséquent, infirmer ou confirmer les valeurs expérimentales trouvées pour le rapport des tensions pour la matrice utilisée.

Remarque. - Nous pouvons noter cependant que le rapport entre

la tension réelle appliquée au point excité et la tension parasite sur un point de la ligne évolue puisque ce rapport prend les valeurs:

$r = 0,417$ et $r = 0,414$ pour les schémas a) et b) respectivement de la figure 3.13.

b) . Point de mesure B (Tension en β)

Nous avons pu constater sur la figure 3.4.b, que la tension V_B décroissait lorsque le balayage évoluait.

Nous allons, par le calcul, confirmer ce résultat. Nous chercherons une nouvelle fois le graphe de transfert équivalent pour les différents schémas.

Nous trouverons, par exemple, dans le cas du schéma a), le graphe de la figure 3.18.

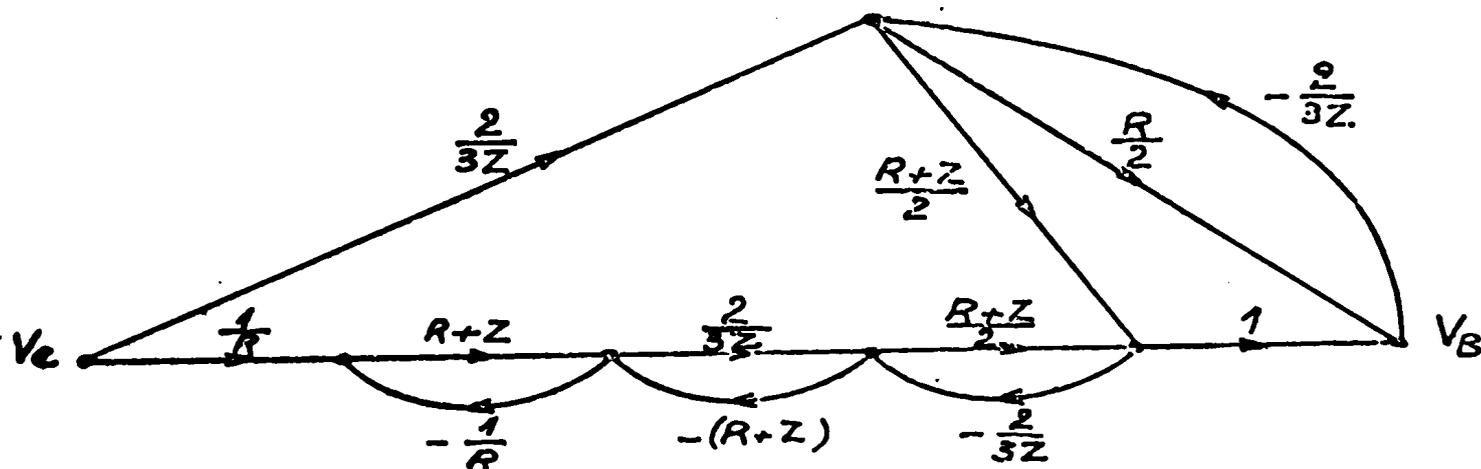


Figure 3.18.

Ce graphe nous permet de trouver la relation ;

$$\frac{V_B}{V_e} = \frac{2Z^3 + 7Z^2R + 8ZR^2 + 2R^3}{5Z^3 + 16Z^2R + 11ZR^2 + 2R^3}$$

qui vaut :

$$\frac{V_B}{V_e} = 0,403$$

lorsque le point considéré de la "croix" appartient à la 1ère colonne.

S'il appartient à la deuxième colonne, nous trouvons un rapport égal à :

$$\frac{V_B}{V_e} = \frac{2Z^3 + 4Z^2R + 4ZR^2 + R^3}{5Z^3 + 13Z^2R + 7ZR^2 + R^3}$$

Qui prend la valeur :

$$\frac{V_B}{V_e} = 0,396$$

Si nous considérons en dernier lieu la 3ème colonne, ce rapport aura pour expression :

$$\frac{V_B}{V_e} = \frac{2Z^3 + Z^2R}{5Z^3 + 10Z^2R + 3Z^3R^2}$$

et nous aurons dans ce cas :

$$\frac{V_B}{V_e} = 0,388$$

Comme nous pouvons le constater, ces résultats concordent, pour une valeur donnée de R avec l'observation expérimentale faite pour la matrice 20 x 20 points.

Cependant, les valeurs trouvées pour ce rapport, ne sont pas les vraies valeurs pour le 1er et le 2e cas. En effet, le point de mesure considéré est à l'extérieur de la matrice et vue de ce point, la tension parasite n'est pas ce qu'elle est en réalité. Les vraies valeurs, pour R = 1000 Ω par exemple, sont :

$\frac{V'_B}{V_e} = 0,391$ pour la 1ère colonne
à partir de la relation:

$$\frac{V'_B}{V_e} = \frac{2Z^3 + 4Z^2R + ZR^2}{5Z^3 + 16Z^2R + 11ZR^2 + 2R^3}$$

donnée par le graphe de transfert dans ce cas.

$\frac{V'_B}{V_e} = 0,392$ pour la 2ème colonne à partir de l'expression :

$$\frac{V'_B}{V_e} = \frac{2Z^3 + 3Z^2R + ZR^2}{5Z^3 + 13Z^2R + 7ZR^2 + R^3}$$

obtenue comme ci-dessus.

et $\frac{V'_B}{V_e} = \frac{V_B}{V_e} = 0,388$ pour la 3ème colonne.

Ces résultats ne semblent traduire aucune évolution continue, cependant, si nous cherchons le rapport réel entre la tension effectivement appliquée sur le point excité et les tensions parasites ci-dessus calculées, nous constatons que ce rapport décroît lorsque le balayage parcourt la matrice de gauche à droite. Plus explicitement, ce rapport prend les valeurs successives.

$$\kappa = 0,409 \text{ puis } \kappa = 0,402 \text{ et } \kappa = 0,388$$

ce qui semble prouver que le contraste augmente lorsque le point excité se rapproche du connecteur ligne. Cette remarque n'est valable que pour la branche verticale de la "croix". Pour la branche horizontale, le phénomène inverse semble se produire. En effet, nous avons vu dans le paragraphe précédent que la tension parasite croissait en un point lorsque le point excité se déplaçait de gauche à droite sur la matrice, mais si la colonne excitée reste la même, la luminance parasite sera plus importante près du connecteur ligne qu'ailleurs.

Par exemple, supposons que la 1ère colonne soit excitée, nous avons trouvé pour le point ligne de la 3ème colonne une tension parasite

$$V'_A = 0,398 V_e$$

Si nous considérons cette tension pour le point de la 2ème colonne, nous trouvons une valeur de :

$$V'_A = 0,383 V_e$$

Par conséquent, le point de la 3ème colonne sera plus lumineux que celui de la seconde, ce qui prouve que la luminance parasite est croissante de gauche à droite sur la branche horizontale de la "croix" à un instant donné.

Cependant, si nous considérons le rapport réel de tension entre le point excité et les points parasites de la ligne, nous constatons que pour un point donné, il y a augmentation du contraste lors du balayage comme c'est le cas pour la branche verticale de la "croix".

Nous avons regroupé sur la figure 3.10, la répartition des tensions correspondant aux trois cas, a, b, c de la figure 3.4. et nous y avons fait apparaître le rapport de la tension parasite à la tension effectivement appliquée sur le point excité, résultats qui nous ont permis de donner l'évolution du contraste.

Ces diverses constatations montrent qu'une structure matricielle réalisée de la même manière que celle que nous avons utilisée, n'aura, d'une part, jamais une luminance uniforme, quelle que soit la déposition du produit luminescent. D'autre part, le contraste qui pourrait être augmenté par l'apport d'une couche à impédance variable avec la tension, ne sera jamais constant, en raison de cette non-uniformité.

En considérant ces premiers résultats, qui font surtout apparaître la non-uniformité de l'excitation et, par conséquent de la luminance de la matrice, nous pourrions proposer une première solution qui consisterait à réaliser une matrice pavée.

Dans ce cas, la résistance inter-points serait supprimée et nous pourrions ainsi atteindre une excitation égale pour tous les croisements. La "croix" parasite existerait toujours, mais l'apport d'une couche à impédance variable serait alors bénéfique pour l'obtention d'un bon contraste. L'affichage statique pourrait, par conséquent, être envisagé dans ce cas.

Nous examinerons, maintenant, si l'affichage dynamique par un balayage du type télévision est possible dans le cas d'une matrice pavée, à partir des observations que nous allons faire en balayage rapide avec la matrice dont nous disposons.

0,402		0,200	0,203
	0,391		0,191
1,00		0,401	0,417
	0,954		0,383
0,402		0,200	0,203
	0,391		0,191

cas a

0,195	0,402		0,207
	0,189		0,392
0,390		1,00	0,414
	0,330		0,973
0,195	0,402		0,207
	0,189		0,392

V_{point}

$V_{point\ excité}$

V_{point}
 V_e

cas b

0,191	0,196	0,353	
0,384	0,392	1,00	Point excité
			1,00
0,191	0,196	0,338	

cas c

Figure 3.19.

III. 5. Etude expérimentale du fonctionnement dynamique de la matrice.

III.5.1. Relevé des tensions parasites

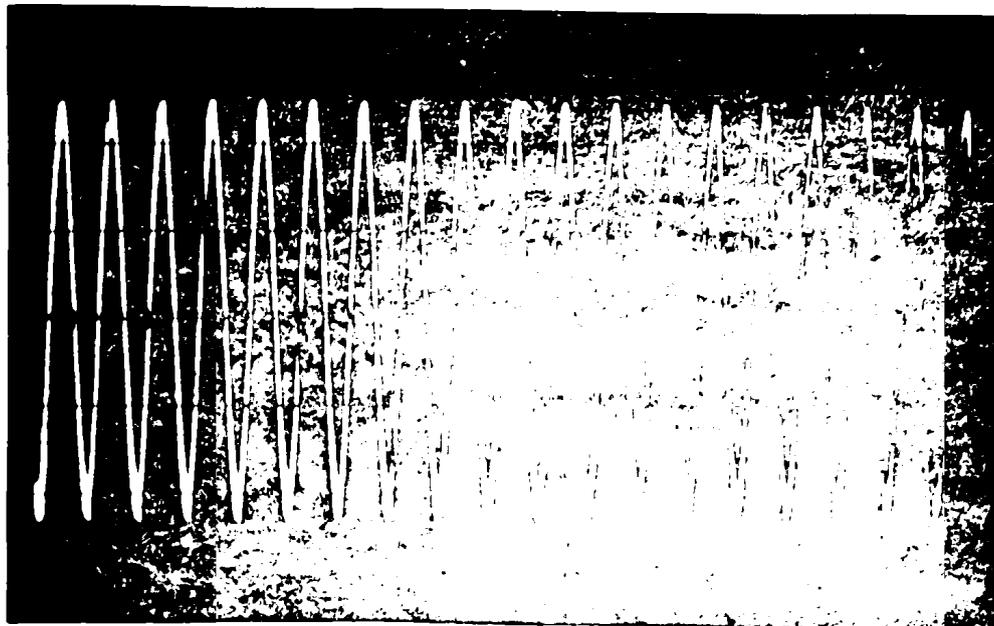
Le montage de mesure reste le même que lors du fonctionnement quasi-statique de la matrice, ce qui nous permet de comparer les résultats obtenus.

Tout d'abord, les rapports de tension à un instant donné ne sont pas modifiés : une variation de l'amplitude crête à crête de la tension parasite se produit suivant la position du point excité sur la matrice, mais cette amplitude est pratiquement la même que dans le fonctionnement statique.

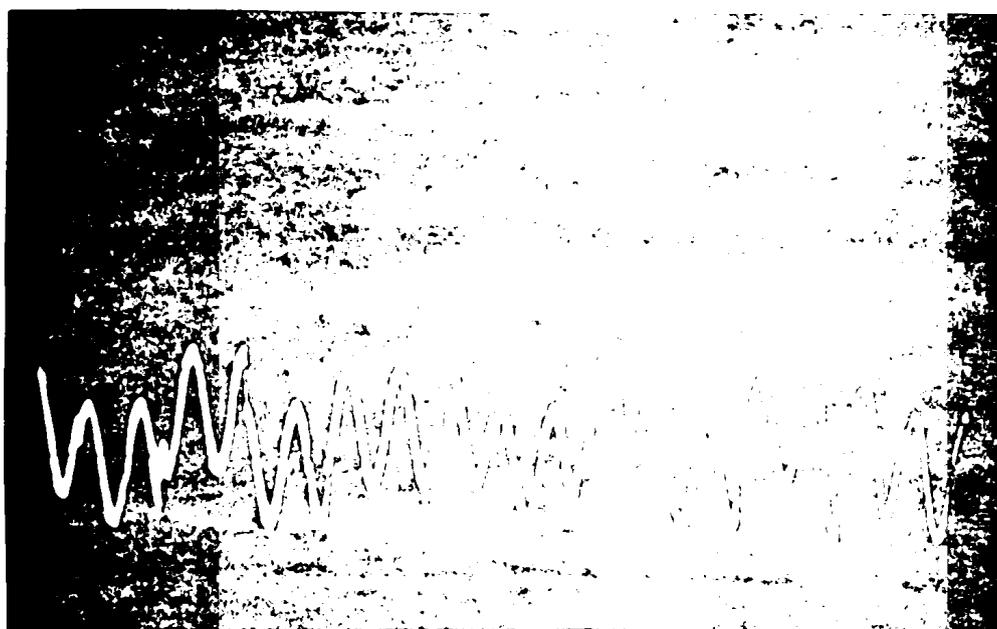
Cependant, un phénomène qui a une grande importance pour le contraste apparaît : suivant la phase de coupure de la tension d'alimentation, l'effet capacitif des éléments de la matrice semble donner une polarisation continue à la tension parasite se traduisant par une discontinuité à chaque commutation. Cette observation que l'on peut faire sur la figure 3.20 où sont représentées la tension d'excitation ainsi qu'une tension ligne non excitée et une tension colonne pour un balayage de 5000 Hz, peut aussi être faite à basse fréquence. Cependant son importance est moindre pour le contraste car un équilibre tend à s'établir sur la matrice faisant disparaître cette polarisation continue comme le montre la figure 3.21 prise avec un balayage de 1000 Hz.



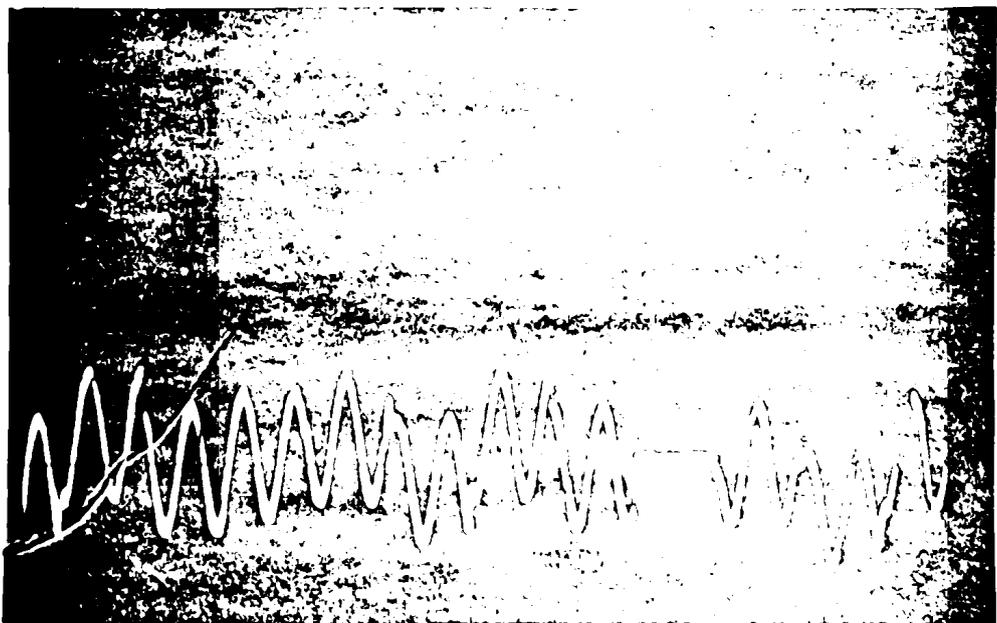
Figure 3.21.



Tension d'excitation



Tension parasite
ligne
balayage 5000 Hz



Tension parasite
colonne
Balayage 5000 Hz

Figure 3.20

III.5.2. Explication du caractère discontinu de ces tensions

Pour expliquer ce phénomène, existant même lors d'un balayage quasi-statique, nous reprendrons le schéma d'une matrice réduite (figure 3.22.)

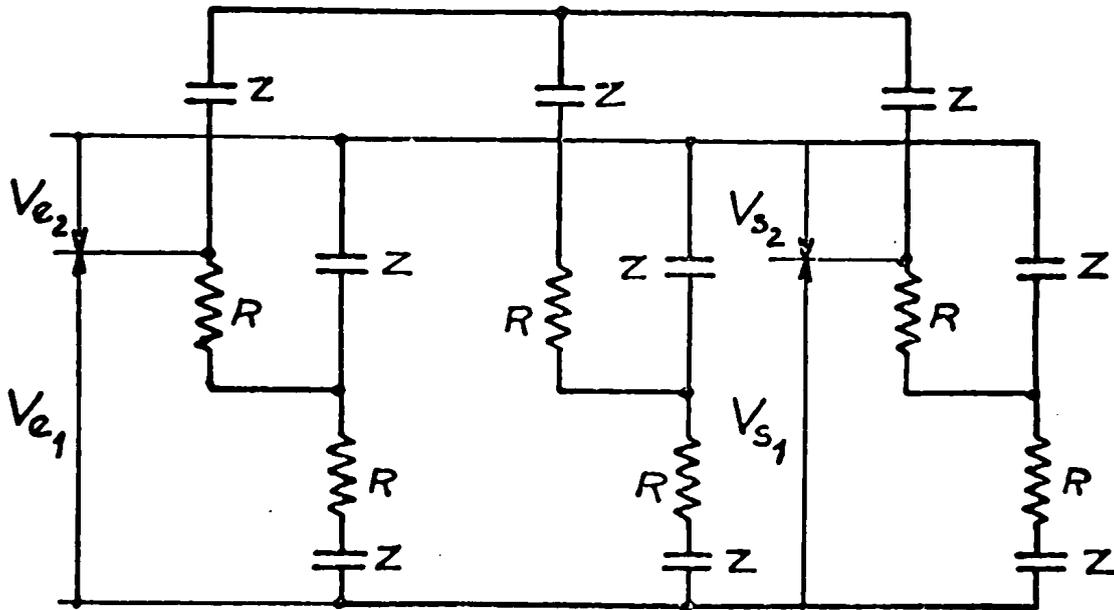


Figure 3.22.

Supposons alors que V_{e_1} soit dans une alternance positive, V_{s_1} représentant une tension ligne (point parasite) se trouve également positive tandis que V_{s_2} est négative. Si brusquement nous cessons d'appliquer V_{e_1} sur un point et que nous l'appliquons au même instant sur une autre colonne en V_{e_2} , les condensateurs électroluminescents ont tendance à conserver leur charge antérieure à laquelle va venir s'ajouter la nouvelle charge, et nous pouvons donc écrire :

$$V_{s_2} \text{ mesurée} = V_{s_2} \text{ initial} + V_{s_2} \text{ nouveau.}$$

c'est à dire que la valeur de V_{s_2} est la nouvelle tension parasite à

laquelle on ajoute la valeur négative de cette tension à l'instant précédent, ce qui permet d'expliquer la discontinuité de la tension parasite à chaque computation que nous avons vue sur la figure 3.20 et qu'explique la figure 3.23.

Cette figure montre que si la charge du condensateur est atteinte très rapidement voire presque instantanément, la charge antérieure, c'est à dire le V_{S_2} initial, se trouve être à l'instant considéré une tension continue, et ne peut s'éliminer qu'avec une constante de temps relativement grande dépendant de la résistance de fuite des condensateurs électroluminescents, ce qui permet d'expliquer la forme de la tension mesurée et de confirmer la forme des tensions parasites des figures 3.20 et 3.21.

Cette forme est d'autant plus complexe que la fréquence de la tension d'alimentation et celle du balayage sont différentes. En fait si les deux nombres qui les représentent sont premiers entre eux, la phase de coupure est continuellement variable et la forme de la tension devient aléatoire, ce qui empêche toute investigation sur le contraste.

III.5.3. Etude du contraste dynamique.

a). Luminance du point excité.

La tension appliquée en un croisement lors du balayage est la même que pour le fonctionnement statique. Cependant, étant donné la forme de cette tension, qui, rappelons le, est une tension sinusoïdale de fréquence voisine de 10 KHz (dans notre cas) et polarisée en continu, l'excitation d'un point varie suivant la vitesse du balayage.

En effet, la durée d'application de la tension en un croisement diminue au fur et à mesure que le balayage augmente de rapidité. Il en résulte que le nombre des périodes excitatrices diminue et que la luminance peut ne plus atteindre son maximum comme nous l'avions prévu au chapitre I.

A titre d'exemple la figure 3.24. montre l'évolution de la luminance d'un croisement lorsque la vitesse de balayage augmente, la tension d'alimentation restant constante.

Nous pouvons même remarquer qu'avec un balayage rapide (5000 Hz) la réponse lumineuse tend à devenir semblable à celle qu'on peut obtenir par impulsions, ce qui confirme le type de fonctionnement prévu au paragraphe III.2.2. : la tension d'alimenta-

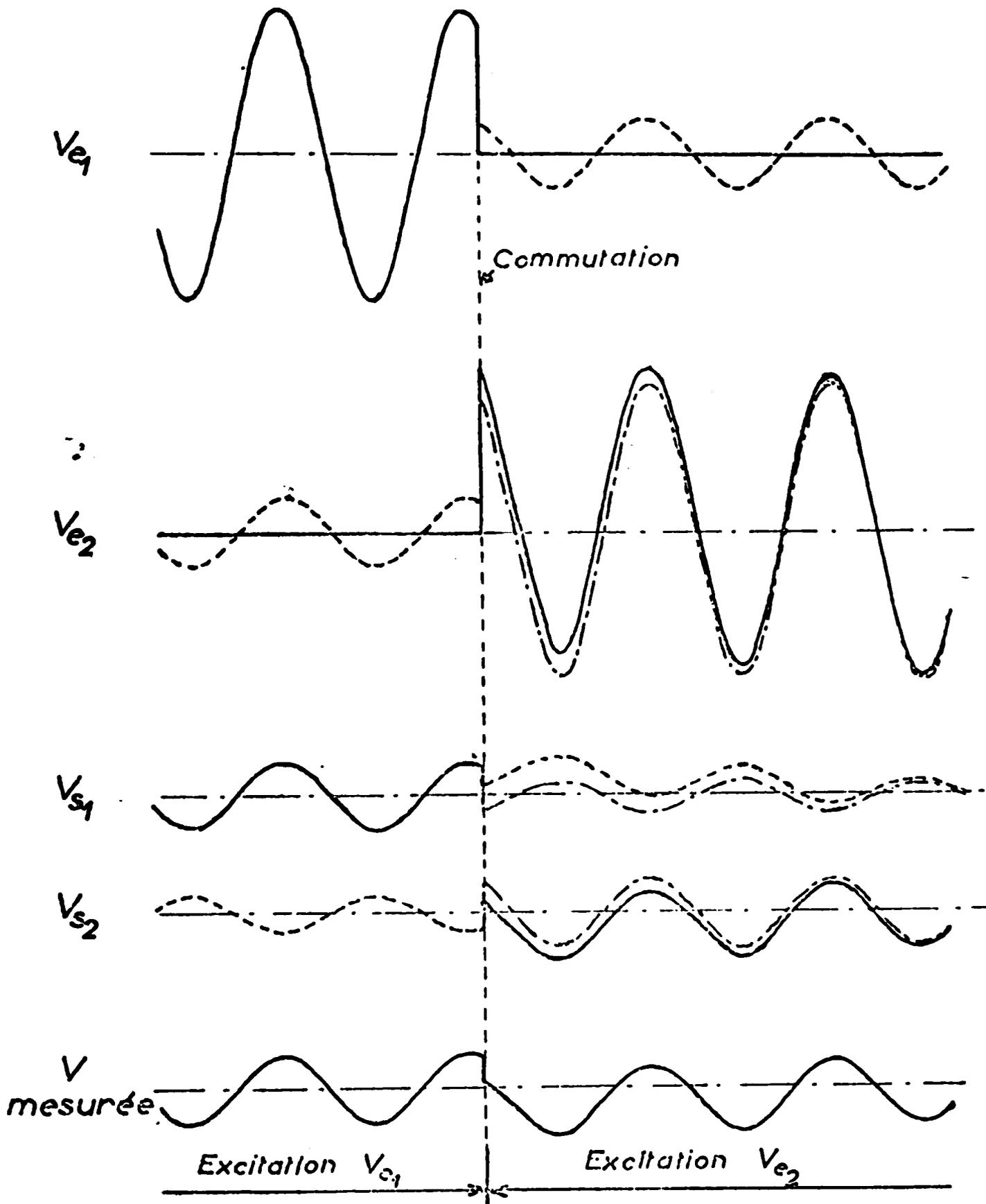
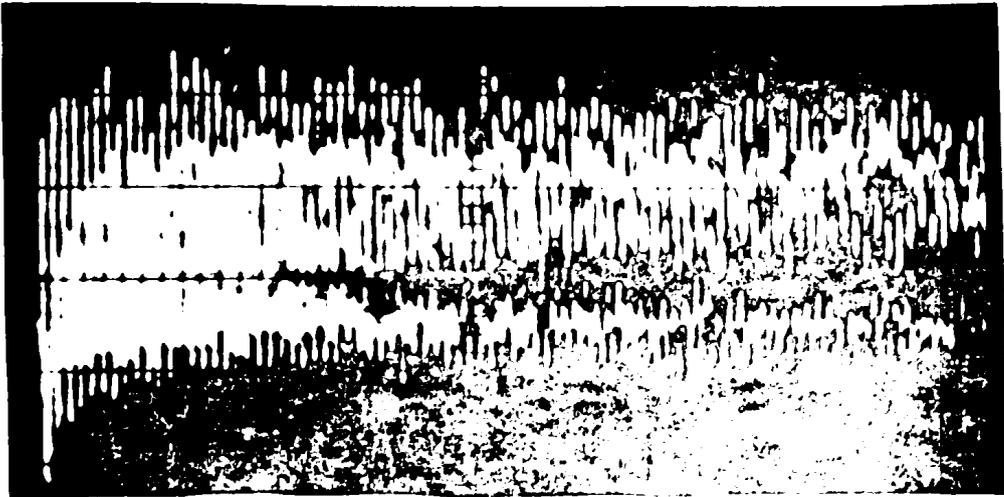


Figure 3.23.



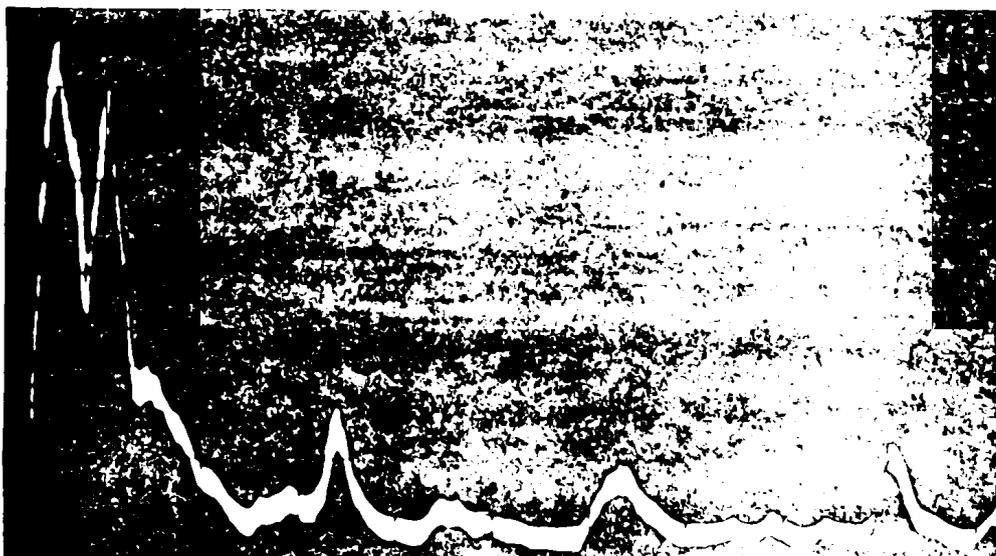
Pic de luminance
balayage 100 Hz



Balayage 500 Hz



Balayage 1000 Hz



Balayage 5000 Hz

Figure 3.24

tion polarisée en continu, devient de plus en plus, pour chaque croisement, une impulsion modulée en amplitude par le signal sinusoïdal.

La figure 3.25. montre l'effet de cette modulation, qui n'est pas toujours la même en raison de la phase de coupure du signal sinusoïdal, sur le signal lumineux émis par le point visé lorsqu'il est excité puis lorsqu'il cesse de l'être.

Les différences d'amplitude que l'on peut enregistrer dans la luminance du croisement, montrent déjà que le contraste n'est pas constant, mais aussi qu'il est d'autant plus faible que le balayage est rapide pour une fréquence d'excitation donnée. En effet, la luminance intégrée est nettement plus faible pour un fonctionnement impulsionnel que sous excitation sinusoïdale.

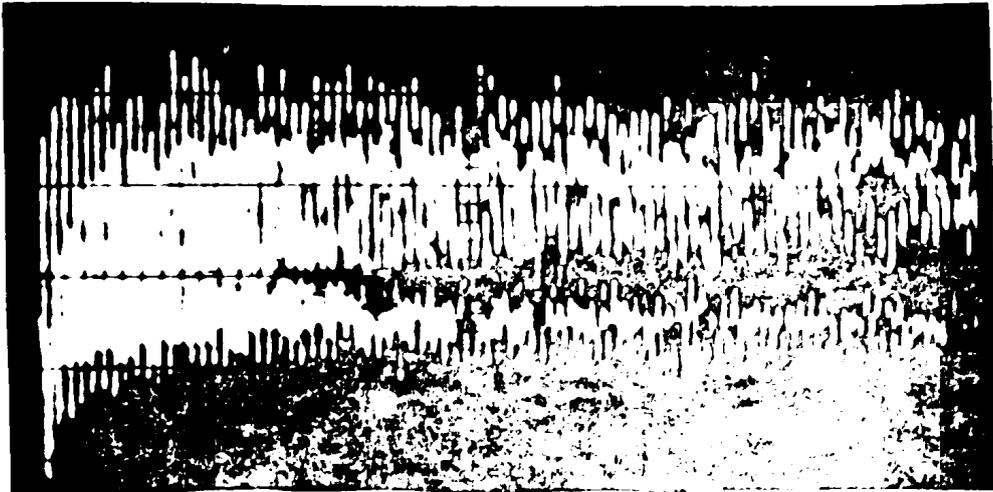
b) . Luminance parasite.

Comme nous l'avons noté dans un paragraphe précédent, la tension parasite possède une polarisation continue, qui, lorsque la vitesse de balayage augmente, lui confère, comme pour la tension d'excitation, un caractère quasi-impulsionnel. Cette effet a pour conséquence de faire apparaître des pics de luminance importants même lorsque la tension d'excitation n'est pas présente. Nous pouvons le remarquer sur la figure 3.26 en comparant la photo prise avec un balayage de 5000 Hz et celle prise avec un balayage de 500 Hz.

En définitive, nous pouvons dire que le contraste diminue surtout à partir du moment où la luminance n'atteint plus son maximum, c'est à dire lorsqu'il apparait moins d'une vingtaine de pics. La figure 3.27 montrant l'évolution de la luminance d'un point pour le balayage de 1000 Hz et pour celui de 5000 Hz corrobore cette affirmation.

III.5.4. Conséquences pour l'utilisation de la matrice.

Au vu des résultats qui précèdent, nous pouvons dire tout d'abord que pour obtenir une luminance convenable pour un point sélectionné, une dizaine d'alternances de la tension d'alimentation sont nécessaires.



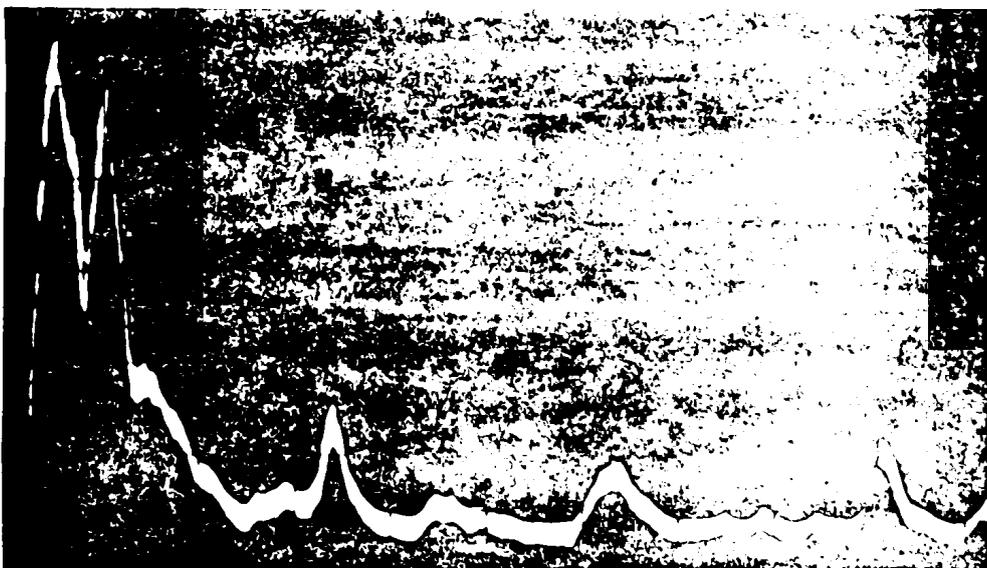
Pic de luminance
balayage 100 Hz



Balayage 500 Hz



Balayage 1000 Hz



Balayage 5000 Hz

Figure 3.24

tion polarisée en continu, devient de plus en plus, pour chaque croisement, une impulsion modulée en amplitude par le signal sinusoïdal.

La figure 3.25. montre l'effet de cette modulation, qui n'est pas toujours la même en raison de la phase de coupure du signal sinusoïdal, sur le signal lumineux émis par le point visé lorsqu'il est excité puis lorsqu'il cesse de l'être.

Les différences d'amplitude que l'on peut enregistrer dans la luminance du croisement, montrent déjà que le contraste n'est pas constant, mais aussi qu'il est d'autant plus faible que le balayage est rapide pour une fréquence d'excitation donnée. En effet, la luminance intégrée est nettement plus faible pour un fonctionnement impulsionnel que sous excitation sinusoïdale.

b) . Luminance parasite.

Comme nous l'avons noté dans un paragraphe précédent, la tension parasite possède une polarisation continue, qui, lorsque la vitesse de balayage augmente, lui confère, comme pour la tension d'excitation, un caractère quasi-impulsionnel. Cette effet a pour conséquence de faire apparaître des pics de luminance importants même lorsque la tension d'excitation n'est pas présente. Nous pouvons le remarquer sur la figure 3.26 en comparant la photo prise avec un balayage de 5000 Hz et celle prise avec un balayage de 500 Hz.

En définitive, nous pouvons dire que le contraste diminue surtout à partir du moment où la luminance n'atteint plus son maximum, c'est à dire lorsqu'il apparait moins d'une vingtaine de pics. La figure 3.27 montrant l'évolution de la luminance d'un point pour le balayage de 1000 Hz et pour celui de 5000 Hz corrobore cette affirmation.

III.5.4. Conséquences pour l'utilisation de la matrice.

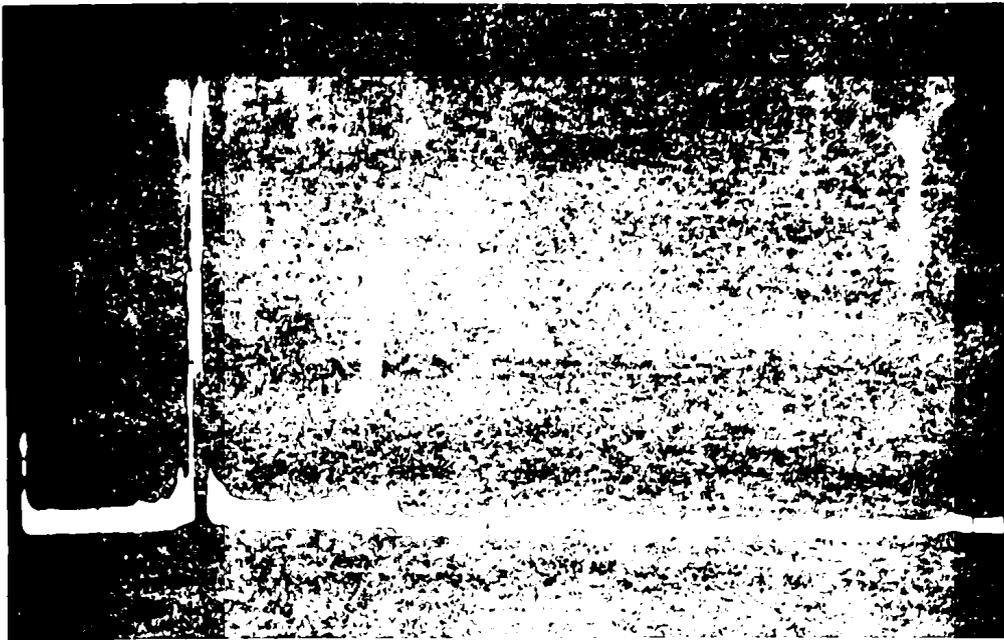
Au vu des résultats qui précèdent, nous pouvons dire tout d'abord que pour obtenir une luminance convenable pour un point sélectionné, une dizaine d'alternances de la tension d'alimentation sont nécessaires.



Différents pics de
luminance pour un
balayage à 5000 Hz
suivent la phase
de coupure de la
tension d'excitation.



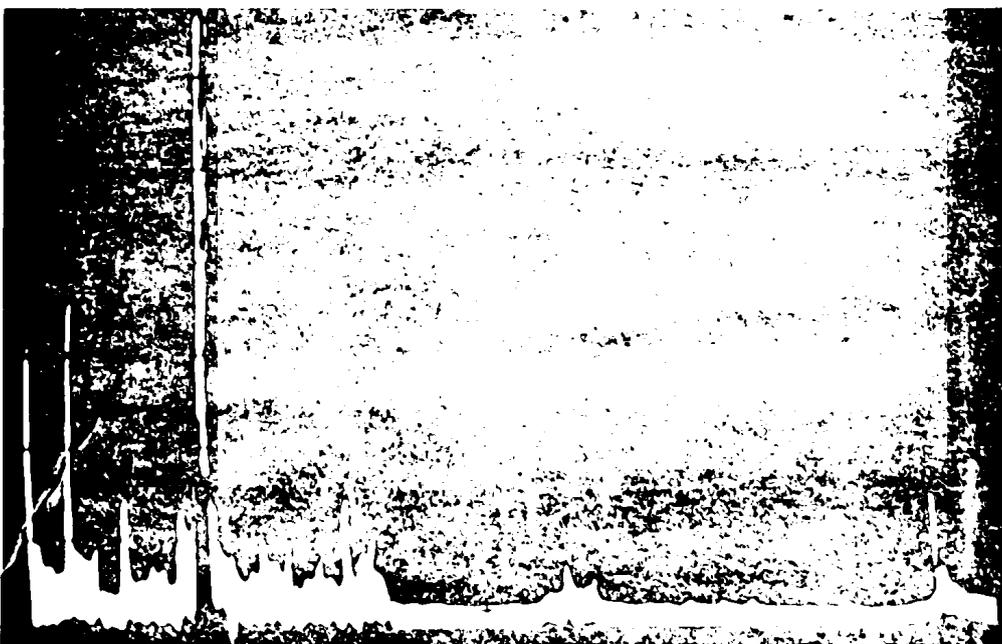
Figure 3.25



Luminance d'un point
Balayage 500 Hz



Balayage 5000 Hz



Balayage 5000 Hz

Figure 3.26

Il en résulte, que les considérations établies au chapitre I concernant la fréquence de la tension d'alimentation étaient un peu optimistes. En effet, si nous voulons qu'un point puisse être perçu par l'oeil comme étant allumé et ceci par répétition sans aucun effet de mémoire de la matrice, nous trouverons une fréquence d'excitation de 100 KHz pour un écran de 20 x 20 points.

Cette remarque nous conduit tout d'abord à penser que pour des écrans d'ordre plus élevé, il y aura une difficulté technique de réalisation de l'alimentation. Par ailleurs, la non uniformité de la matrice s'accroîtra étant donné que l'impédance complexe de chaque point aura tendance à diminuer ce qui n'améliorera pas le contraste.

Une autre remarque qui peut être faite, concerne les points où s'opère la commutation : nous avons pu noter que la coupure de la tension à phase variable avait une action néfaste sur le contraste. Nous pouvons déduire des résultats obtenus que tout d'abord, la tension d'alimentation et le balayage devraient être synchronisés et en deuxième lieu que les commutations devraient s'opérer uniquement à phase nulle modulo π , ce qui entraîne que la fréquence d'excitation doit être un multiple de celle du balayage.

Une dernière remarque réside dans le fait que l'excitation impulsionnelle produit moins de lumière que l'excitation sinusoïdale mais aussi que ses effets sur le contraste semblent encore plus mauvais que pour l'excitation sinusoïdale étant donné la structure de la matrice.

En définitive, nous ne nous avancerons pas trop en disant que le mode de balayage utilisé ne semble pas être en mesure de réaliser les conditions nécessaires à une visualisation dynamique correcte de signaux électriques sur une structure matricielle telle que celle dont nous disposons.

Par contre, en utilisant une matrice pavée avec couche non-linéaire et en utilisant systématiquement la coupure à phase nulle définie précédemment, nous pouvons espérer qu'une application du balayage peut être faite, en le modifiant peut-être ou en utilisant un procédé de mémorisation surimposé.

CHAPITRE IV

-:-:-:-:-

AFFICHAGE DE CARACTERES ALPHA-NUMERIQUES
SUR LA MATRICE ELECTROLUMINESCENTE

-:-:-:-:-

Un système d'affichage utilisant le balayage de la matrice pour changer à volonté les inscriptions, d'une manière analogue à la visualisation sur un tube cathodique, nous a paru intéressant à étudier. Aussi nous nous sommes penchés, dans un premier temps, sur la visualisation par oscilloscope avant d'envisager l'affichage sur matrice électroluminescente.

IV. 1. Etude de l'affichage sur un écran cathodique

L'affichage sur un tube cathodique fait intervenir trois coordonnées ; d'une part, on utilise les deux coordonnées classiques X et Y (verticale et horizontale) et d'autre part, l'action que l'on peut avoir sur le whenelt. Ces trois entrées vont nécessiter l'élaboration de trois signaux que nous allons essayer de définir dans un cas simple.

IV 1.1. Visualisation d'un caractère.

Si nous appliquons sur les entrées X et Y d'un oscilloscope des tensions en marche d'escalier répétitives et synchrones telles que la période de l'une soit un multiple de celle de l'autre (figure 4.1.), nous verrons apparaître des points lumineux sur l'écran. Le schéma du montage donnant ces marches d'escaliers est représenté sur la figure 4.2. Ce dispositif utilise uniquement la charge d'une capacité à courant constant et le principe de l'oscillateur à unijonction.

Pour expliquer cette apparition de points lumineux sur l'écran, supposons que la période de la première tension comprend n pas ($T' = nt$), tandis que l'autre en comporte p ($T = pnt$).

Dans ce cas, il va apparaître $n \times p$ points brillants sur l'écran.

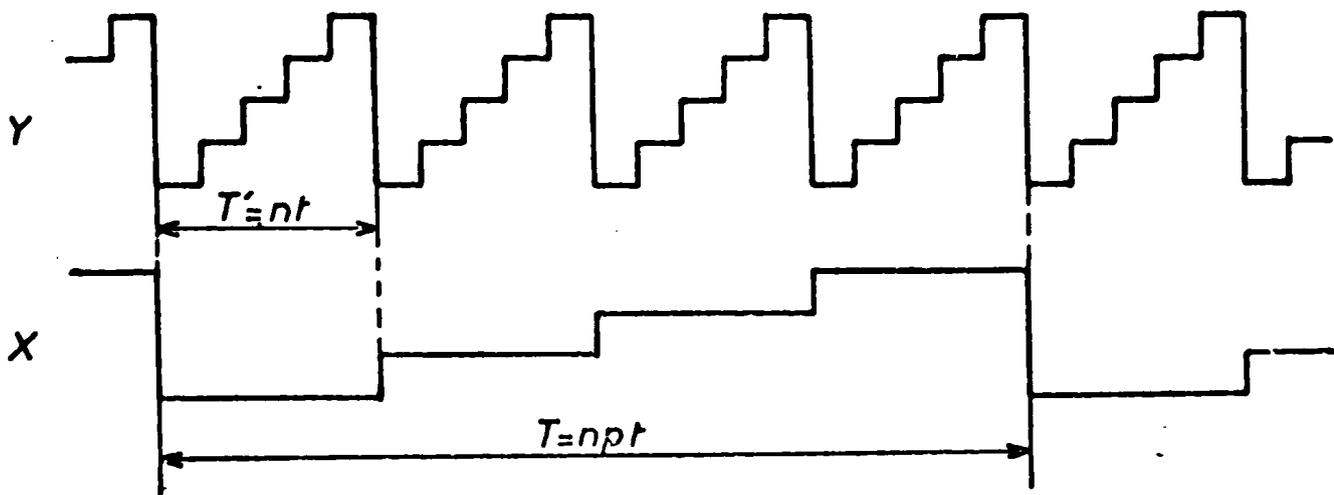


Figure 4.1.

En effet, prenons le premier pas de la tension appliquée en X (figure 4.1.), cette tension définit une verticale sur l'écran et le spot se déplacera sur cette droite à chaque pas de Y jusqu'au dernier, soit le nième. A ce moment là, le spot redescendra, mais en même temps il passera sur une autre verticale et ceci se continuera jusqu'à la pième colonne. Cette séquence terminée, une autre identique se produira si les deux tensions sont périodiques. Si leurs fréquences respectives sont suffisamment élevées, la persistance rétinienne aidant, on distinguera bien les $n \times p$ points sur l'écran, ceux-ci étant représentés sur la figure 4.3.

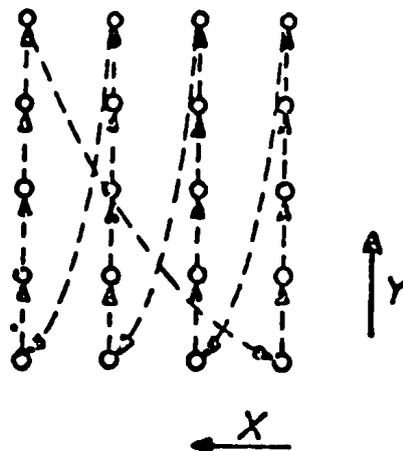


Figure 4.3.

Remarque.- Sur cette figure, nous avons montré le cheminement du spot entre les points lumineux par des flèches. Pour que seuls les points subsistent, il est nécessaire que les temps de montée des marches d'escalier soient les plus courts possible.

Nous noterons également, sur cette figure, que le balayage s'opère de façon horizontale (déplacement de droite à gauche des colonnes), tandis que celui obtenu dans le cas où la fréquence de la tension en X serait plus grande que celle de la tension Y serait qualifié de vertical.

Ce quadrillage étant réalisé sur l'écran, il suffit de faire disparaître certains points pour voir apparaître des chiffres, des lettres ou des symboles quelconques. Pour arriver à ce résultat, nous enverrons une tension modulante sur le whenelt, tension qui devra être synchronisée avec le balayage pour que la disparition du spot s'opère au bon endroit.

Pour plus de clarté, nous prendrons un exemple précis : affichage du caractère 2 sur l'écran avec une définition 5 x 7 points (figure 4.4.).

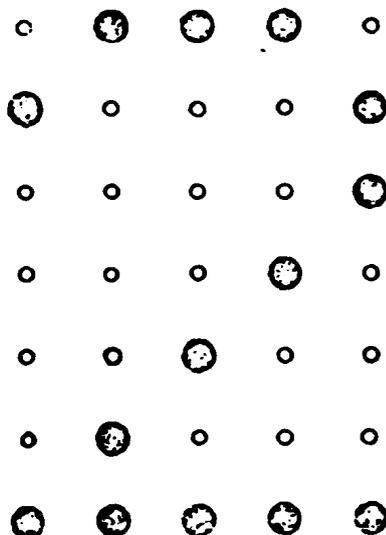


Figure 4.4.

Pour générer la tension modulante nécessaire à l'affichage, nous allons devoir utiliser une mémoire morte qui, dans notre cas, sera une matrice de diodes (les diodes n'étant présentes qu'au point de la matrice correspondant à un spot désiré sur l'écran du tube).

Nous adresserons ensuite cette mémoire par l'intermédiaire d'un balayage identique à celui défini sur l'écran et qui peut être réalisé d'une façon analogue à celle décrite dans le chapitre II ; mais comportant seulement 5 colonnes et 7 lignes (on utilisera des registres à décalage modulo 5 et 7).

Nous devons, en même temps, lire la mémoire de façon à obtenir une information série ressemblant à un mot binaire, c'est à dire obtenir des impulsions en synchronisme avec le balayage défini sur l'écran cathodique et aux instants où nous désirons voir apparaître le spot.

Le schéma du montage est celui indiqué sur la figure 4.5. Nous y voyons apparaître les deux systèmes d'adressage de la mémoire formés par les commutateurs X_i et Y_j entre lesquels sont disposés des transistors PNP 2N3702 permettant d'élaborer une information série à partir des informations parallèles provenant des registres à décalage modulo 5 et 7.

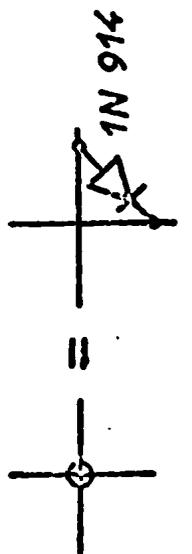
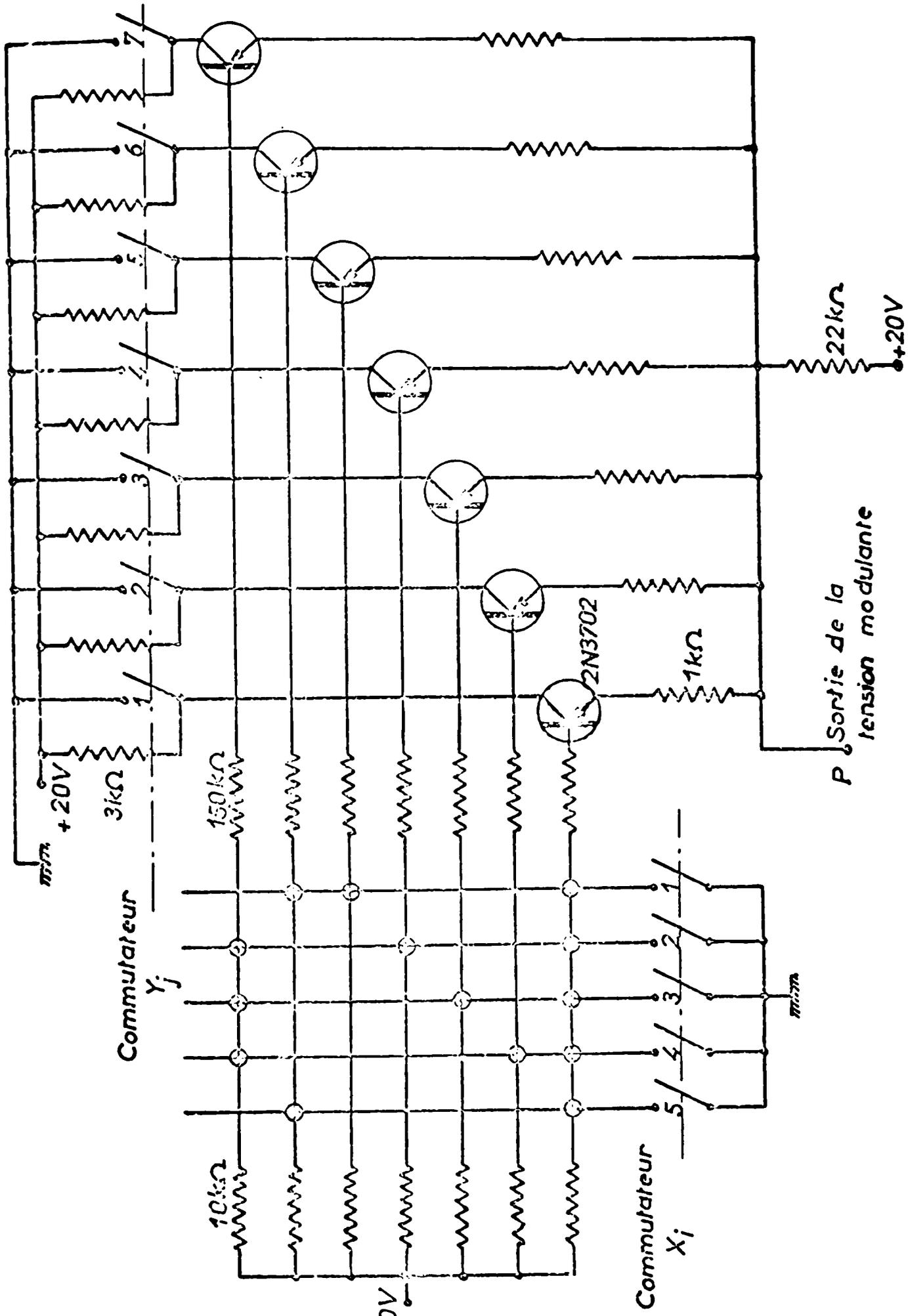
Plus précisément, nous constatons, par exemple, que si X_i est fermé et si nous fermons successivement les Y_j , au point P apparaîtra une impulsion négative à chaque fois qu'une diode sera placée entre X_i et Y_j .

Par conséquent si les contacts Y_j et les contacts X_i se ferment successivement comme défini dans le chapitre II (définition du balayage), il apparaîtra en P une suite d'impulsions, qui, amplifiées permettront d'attaquer le whenelt du tube et de moduler la luminosité des spots.

En se rappelant que cette tension modulante devra être périodique pour obtenir un affichage répétitif, nous pouvons donner sa forme pour le caractère 2, après amplification. La figure 4.6. représente cette tension modulante et les parties des tensions envoyées sur les amplificateurs (horizontal et vertical) de l'oscilloscope qui seront à ce moment là actives.

Cette figure montre aussi qu'il est nécessaire que le balayage défini par les commutateurs X_i et Y_j soit parfaitement synchrone avec celui défini par les tensions en marche d'escalier pour voir apparaître le caractère sur l'écran. Cette condition peut être réalisée en admettant qu'une même horloge commande à la fois le balayage X-Y de l'écran et le système de modulation du whenelt.

Le diagramme général d'affichage d'un symbole est alors celui représenté par la figure 4.7.



N3: L'identité des composants est la même sur chaque ligne et sur chaque colonne respectivement.

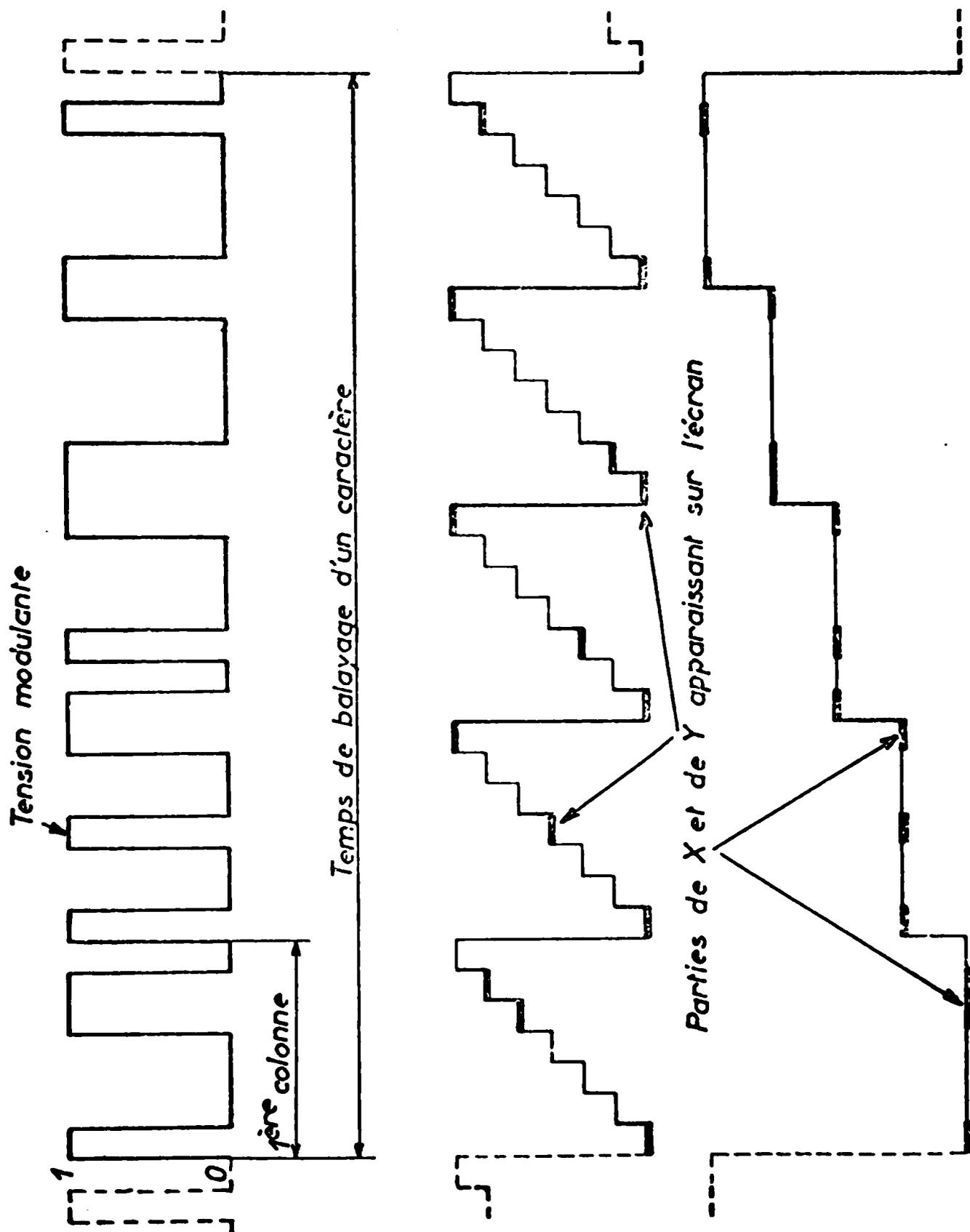


Figure 4.6.

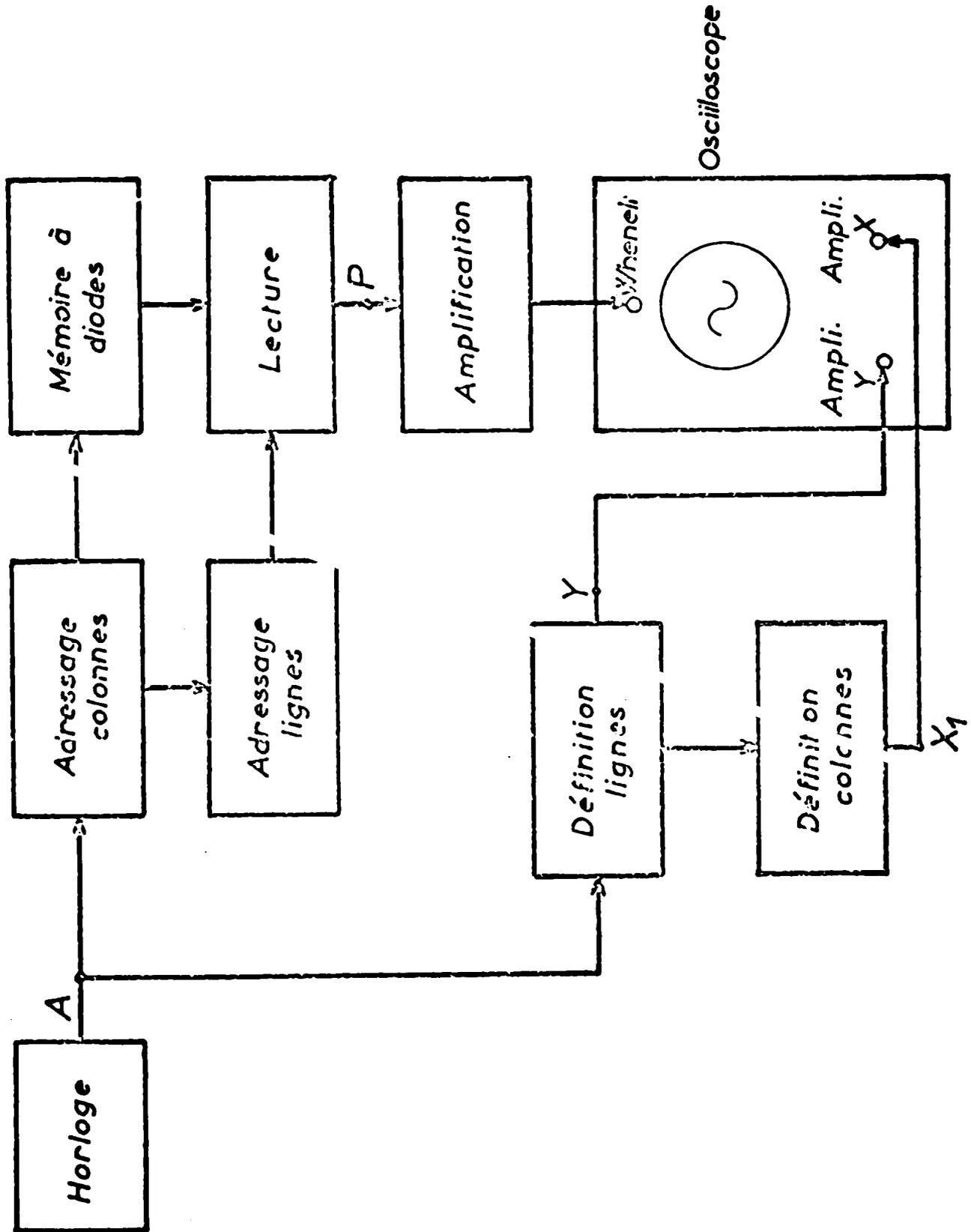


Figure 4.7.

Sur cette figure, les tensions appliquées sur les amplificateurs verticaux et horizontaux de l'oscilloscope sont celles apparaissant aux points Y et X_1 respectivement de la figure 4.2., celle appliquée sur le whentelt étant la tension modulante définie ci-dessus.

L'image d'un caractère (8 par exemple) obtenue sur l'écran est alors celle que représente la photo de la figure 4.8.

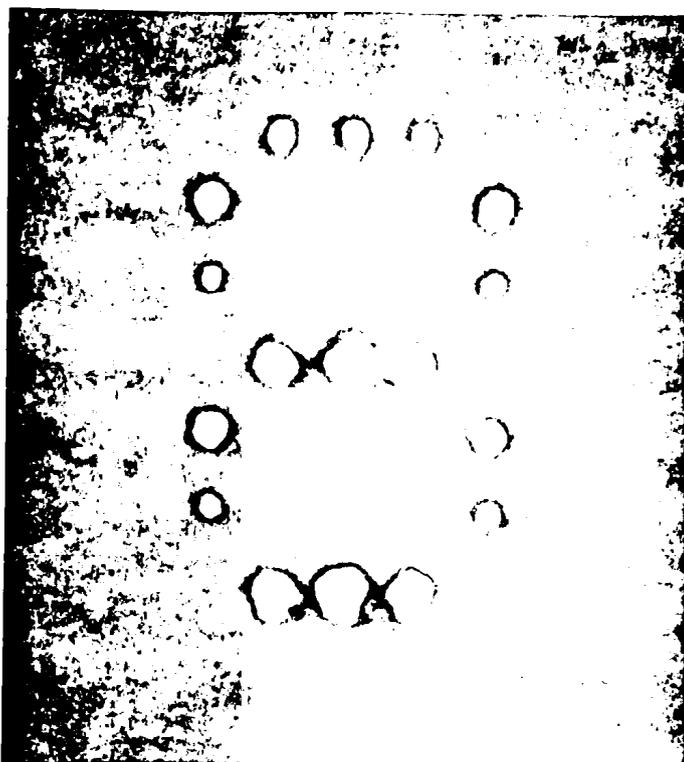


Figure 4.8.

IV.1.2. Visualisation de plusieurs caractères.

Le principe de l'affichage reste le même que pour le cas d'un caractère seul, c'est à dire que le diagramme d'affichage de la figure 4.7. est identique mais le système de balayage est un peu plus compliqué.

Par exemple, si nous voulons afficher une ligne de caractères, le générateur de marche d'escalier 2 est plus complexe : il nécessite la multiplication analogique de deux tensions en marche d'escalier. En fait, on répète N fois le balayage décrit précédemment (N = nombre de caractères à afficher sur la ligne) mais on inclut un décalage de tension en X. Si nous désirons reproduire N fois le même symbole, il suffit d'appliquer la tension apparaissant en X_2 sur la figure 4.2., à la place de celle apparaissant en X_1 .

sur cette même figure, sur l'amplificateur horizontal (X) de l'oscilloscope. En effet, la multiplication analogique permettant le décalage de tension en X est réalisée par un amplificateur utilisant un seul transistor à effet de champ.

Si par contre, nous voulons afficher des caractères différents, il sera nécessaire de lire en synchronisme avec le balayage défini plus haut, plusieurs matrices à diodes : l'adressage et la lecture de ces mémoires doivent correspondre à la suite de caractères que nous désirons visualiser.

Nous constatons alors qu'il est nécessaire de posséder une matrice pour chaque caractère et qu'un système d'adressage pour chacune de ces matrices est indispensable pour générer la tension modulante. Le système deviendrait alors important et son encombrement et sa complexité peuvent être réduits de façon appréciable, en utilisant les mémoires mortes à lecture seule intégrées (ROM).

Aujourd'hui, ces dispositifs, grâce à leurs grandes vitesses d'accès et à leur encombrement réduit, sont utilisés pour afficher sur écran cathodique les sorties codées d'un ordinateur électronique par exemple. A noter que dans ce cas, le problème est même plus complexe puisque la visualisation s'effectue sur plusieurs lignes, ce qui demande un générateur de balayage X-Y relativement compliqué qui nécessite dans la plupart des cas l'usage du multiplexage.

IV.2. Etude de l'affichage sur matrice électroluminescente.

Le balayage que nous avons conçu pour la matrice électroluminescente ressemblant beaucoup au balayage ponctuel que nous avons défini dans le paragraphe précédent, nous pouvions penser que la visualisation d'un symbole sur matrice se rapprocherait de celle vue pour un écran cathodique.

En fait, le problème se pose un peu différemment car, pour le tube cathodique, il n'y avait pas de générateur de balayage proprement dit, le spot lumineux se déplaçant uniquement sous l'effet des tensions appliquées en X et Y, tandis que pour la matrice électroluminescente, ce générateur existe. La visualisation sur écran cathodique se produit uniquement par l'action sur le ~~whenelt~~ et seule cette action doit être synchronisée avec le balayage. Pour la matrice, cette action pourra être remplacée par la modulation de

la tension d'alimentation mais pour réaliser cette condition, une synchronisation du balayage et de la lecture du caractère à afficher doit s'opérer : c'est à dire que le balayage de la matrice d'affichage et celui de la mémoire doivent être parfaitement synchrones et même posséder certaines caractéristiques que nous allons définir.

IV.2.1. Visualisation d'un symbole en utilisant la modulation de brillance.

Cette méthode utilise le principe de l'affichage sur écran cathodique et pour ce faire l'action sur le whenelt du tube est remplacée par la modulation de la tension d'alimentation définie au chapitre II entraînant la modulation de la brillance des points de la matrice. Le schéma de principe du montage peut donc rester le même que pour l'affichage sur écran cathodique bien que nous soyons obligés de synchroniser deux balayages aussi bien en temps qu'en espace.

La difficulté vient d'ailleurs de cette synchronisation. En effet, pour l'affichage sur tube cathodique, bien que la configuration du balayage soit ponctuelle, ce dernier n'en reste pas moins analogique et défini spatialement par le nombre de pas de chaque tension en marche d'escalier. Cette configuration spatiale correspond, en fait, au symbole à afficher et par conséquent à sa configuration sur la mémoire morte, d'où, la facilité de la synchronisation dans ce cas.

Par contre, quant il s'agit d'afficher un caractère sur la matrice électroluminescente, la configuration spatiale de ce caractère ne correspond nullement à celle de la matrice et par conséquent, les balayages qui sont des expressions temporelles de ces configurations sont très différents.

Cependant, dans le cas de la matrice comme dans celui de l'écran cathodique, la visualisation ne s'opère que lorsqu'il y a coïncidence entre le balayage matriciel ou de Lissajous (tube) et la tension de modulation définie à partir du balayage de la mémoire.

En conséquence, un point de la matrice ne peut luminescer que s'il est défini par le balayage et si la tension d'alimentation est présente, c'est à dire que le niveau de modulation est nul.

Il en résulte que l'apparition d'un point sur l'écran matriciel est conditionnée par la génération de la tension de modulation lorsque cet écran est défini par un certain nombre de points (nombre qui est limité dans le cas de la matrice alors qu'il était infini dans le cas du tube).

Pour exprimer alors les conditions à remplir soit par la matrice, soit par la tension modulante, nous prendrons un exemple. Nous considérerons une matrice de $n \times n$ points sur laquelle nous désirons afficher un caractère de définition 5×7 points.

Pour afficher le symbole avec fidélité, nous savons que chaque pas de modulation devra être égal au temps passé par le balayage sur un point de la matrice. S'il n'en était pas ainsi, soit plusieurs points seraient allumés pour un même point du symbole, soit un point seul serait allumé mais très brièvement et de toute façon il risquerait d'y avoir un chevauchement sur plusieurs points de la matrice, signe évident d'un manque de synchronisation. Par conséquent, le pas de modulation et celui du balayage seront les mêmes. Nous désignerons leur valeur par p .

Dans ce cas, une première constatation s'impose : si le balayage matriciel et celui définissant le mot binaire destiné à la modulation de brillance démarrent en même temps (écriture du caractère 2 dans le coin supérieur gauche de la matrice) (figure 4.9.), pendant le temps $p \times 5$ les deux balayages coïncideront, mais ensuite le balayage matriciel devra continuer pendant un temps $(n-5) p$, temps pendant lequel il ne devra pas y avoir génération de tension modulante.

Le même processus devra s'établir pour la deuxième ligne et ainsi de suite jusqu'à la septième.

Pour résoudre ce problème, un compteur à n positions suivi d'un système logique permettant d'arrêter le balayage de la mémoire à 5 et de le faire reprendre à n serait nécessaire.

Cependant un deuxième compteur serait également indispensable pour les lignes puisque le balayage de la mémoire arrêté à la septième ligne ne devrait reprendre qu'après le retour du balayage matriciel sur la première ligne, de telle façon que la séquence se répète à nouveau. Le schéma fonctionnel du montage serait alors celui de la figure 4.10.

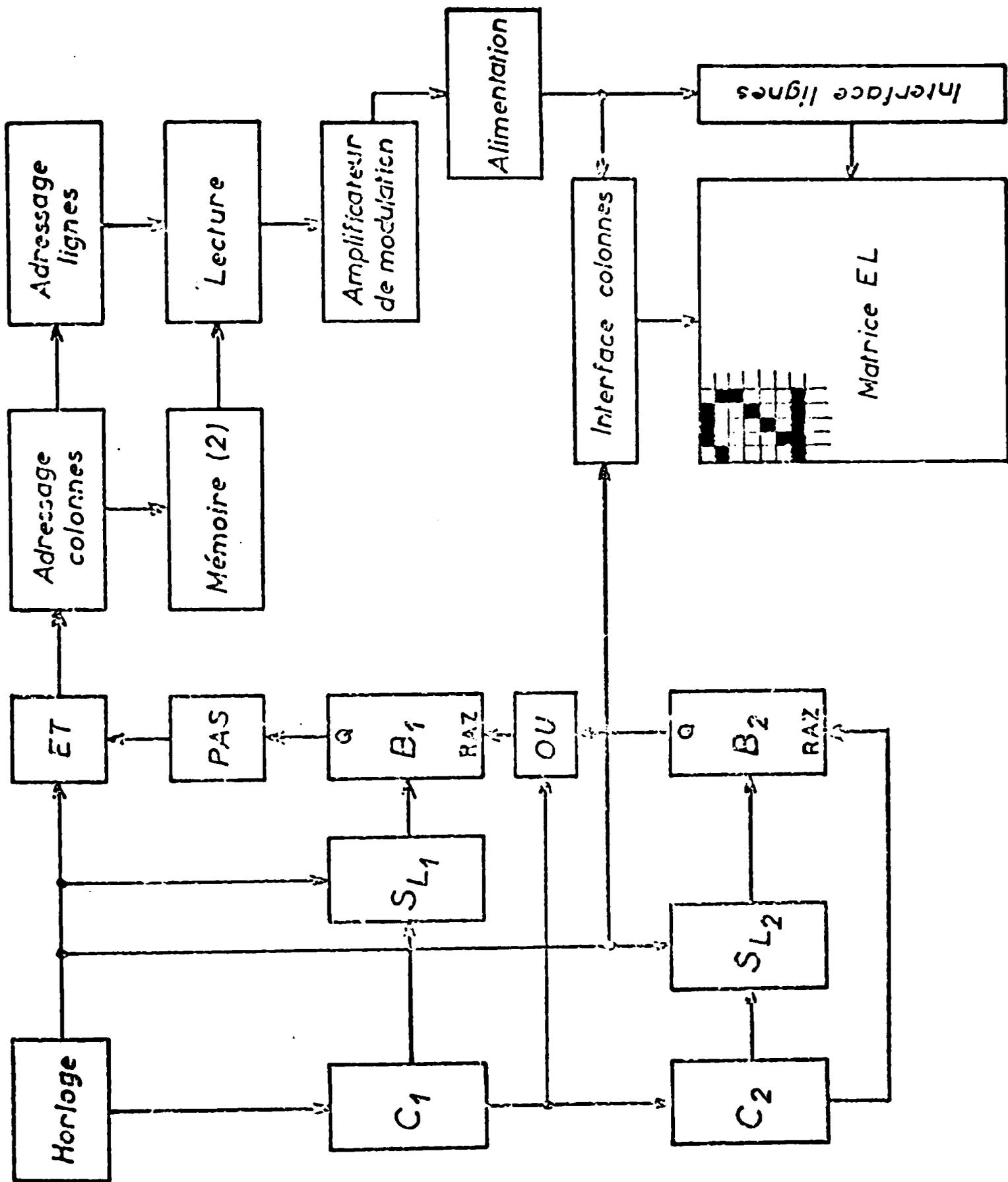


Figure 4.10

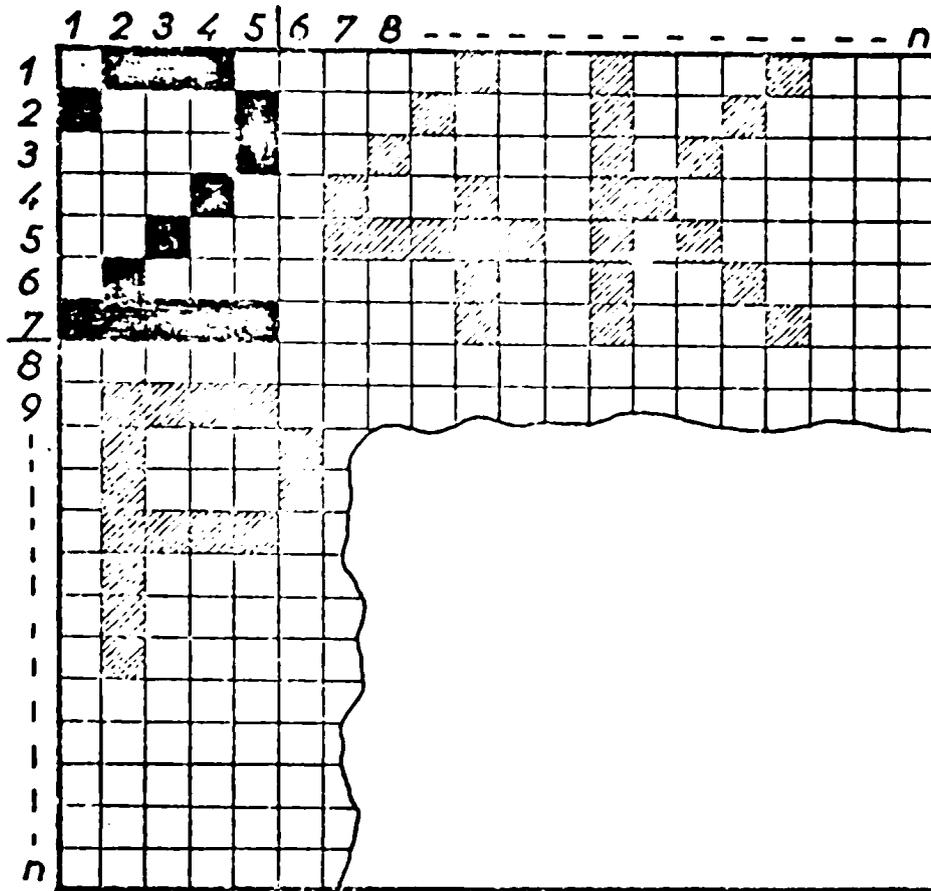


Figure 4.9.

Nous remarquons sur cette figure la similitude que présente ce montage avec celui de l'affichage sur tube cathodique (similitude que nous avons prévue plus haut) à condition que nous enlevions la partie logique composée des deux compteurs en anneaux à n positions suivis des systèmes logiques S_{L_1} et S_{L_2}

commandant les bascules B_1 et B_2 , qui permettent ou non le balayage de la mémoire et par conséquent l'élaboration de la modulation. La place qu'occupe ce dispositif logique dans le montage, montre la difficulté de superposer deux balayages distincts. En effet, cette partie logique pourrait être supprimée si le balayage de l'écran et celui de la mémoire était identique comme c'est le cas pour l'écran cathodique et comme nous le verrons plus loin pour la matrice. Par ailleurs, si nous voulons visualiser plusieurs caractères, la complexité de ce système logique augmentera et la place occupée sera de plus en plus importante dans le montage.

IV.2.2. Visualisation de plusieurs caractères.

Pour afficher plusieurs caractères sur une ligne comme représenté sur la figure 4.9., la difficulté n'est pas très importante à condition que nous consentions à afficher un seul caractère par balayage de l'écran. En effet, dans ce cas, il suffit de changer de mémoire après un balayage matriciel complet plus cinq impulsions d'horloge (à condition qu'un espacement des caractères ait été prévu sur la matrice).

Cette opération peut s'opérer facilement en ajoutant au montage un troisième système logique S_{L_3} dont les entrées seraient la sortie de S_{L_1} et la n ième position de C_2 , et qui commanderait la remise à zéro de B_2 . Entre le basculement de B_2 et sa remise à zéro toute latitude resterait pour changer la mémoire ou pour l'aiguillage sur un autre caractère.

Toutefois, ce dispositif ne peut avoir de sens que si on peut écrire un nombre entier de caractères sur une ligne de la matrice, c'est à dire que la matrice comporte un nombre de points par ligne égal à un multiple de 5, si un espace entre chaque caractère a été prévu.

Cette condition sur le nombre de points par ligne peut être transposée sur les colonnes à condition de remplacer 5 par 7, dans le cas où nous désirerions écrire plusieurs lignes de caractères. Cependant cette condition n'est pas impérative avec le montage utilisé car il suffirait d'écrire un nombre de lignes tel que ce nombre multiplié par 7 soit inférieur à n . Il existerait quand même un espace perdu sur la matrice; espace qui transposé en temps, a une assez grande importance sur l'affichage, puisqu'il affecte directement la vitesse de balayage, qui d'ailleurs doit augmenter proportionnellement au nombre de caractères écrits, pour respecter la condition de répétition de l'image.

Cette dernière remarque fait apparaître une nouvelle difficulté en ce sens que la tension d'alimentation de la matrice devra avoir une fréquence encore plus grande que celle prévue au chapitre III, avec toutes les conséquences que cela entraîne pour le contraste, la brillance et la conception même de l'alimentation.

Par conséquent, un tel système d'affichage ne peut pas être compétitif avec les différents procédés déjà existants car les exigences techniques qui y sont liées sont trop dures. Toutefois si une mémorisation était possible sur la matrice, il serait intéressant de l'utiliser. Par ailleurs, si nous savions à l'avance ce que nous allons afficher, il serait possible dans ce cas de réaliser

une écriture simultanée de tous les caractères situés sur une ligne par programmation de la tension de modulation. Toutefois, ce cas se présente assez rarement et il n'est pas intéressant pour nous, ce qui nous conduit à penser que seule la coïncidence exacte entre le balayage matriciel et celui de la mémoire peut donner un résultat intéressant.

Pour nous, cette condition peut se traduire par une division artificielle de la matrice en sous-matrice de même configuration que la mémoire. Un cas particulier est cependant à noter : il s'agit de celui où la mémoire serait de même dimension que l'écran matriciel et constitué d'éléments photo-sensibles. Dans ce cas, le processus ainsi obtenu pourrait constituer une amorce de transmission d'images, analogue à la télévision.

IV.2.3. Visualisation d'un caractère par coïncidence de balayage.

Deux solutions sont à notre disposition pour réaliser ce type d'affichage : soit nous conservons la modulation de brillance, soit nous permettons ou non le passage de la tension d'alimentation au niveau des interfaces de la matrice.

Dans le premier cas, le dispositif de lecture de mémoire et de modulation reste le même que pour la visualisation sur écran cathodique, seuls les interfaces changent. En effet, ils doivent définir un balayage matriciel identique à celui de la mémoire. Pour un caractère ceci revient à exciter 5 lignes et 7 colonnes de la matrice en remplaçant les compteurs modulo 20, lignes et colonnes, par ceux permettant d'adresser la mémoire.

L'affichage de plusieurs caractères ne pose pas plus de problèmes en sachant qu'un aiguillage est nécessaire au niveau des mémoires aussi bien qu'à celui de l'écran, aiguillage qui peut s'opérer à l'aide d'un compteur, pour l'affichage sur une ligne par exemple.

La deuxième méthode, que nous avons d'ailleurs employée dans notre montage utilise le balayage simultané de l'écran et de la mémoire sans faire appel à la modulation de brillance.

Au lieu de générer ou non la tension d'alimentation ce qui fait l'objet de la modulation de brillance, nous pouvons permettre ou non le passage de cette tension à travers l'interface en agissant sur la commande des commutateurs lignes et colonnes. Le principe de cette méthode est donné par la figure 4.11.

Nous nous apercevons par exemple, sur cette figure que, si la 4ème ligne est excitée (niveau 0 provenant de la logique de balayage) le commutateur ligne correspondant ne pourra être fermé que lorsque la 4ème colonne sera excitée, en raison de la fonction NOR sur la ligne. De ce fait, seul le point que l'on veut afficher peut l'être car l'excitation de la matrice ne peut se produire qu'au moment où il y a coïncidence de deux 1 sur les interfaces. Il est à noter à ce propos, que le balayage n'est plus visible en raison du caractère des fonctions NOR, lorsqu'il n'y a pas de mémoire. L'avantage de cette méthode réside dans le fait que la mémoire peut être remplacée par une matrice de mêmes dimensions que l'écran avec des éléments enfichables (diodes ou simples connexions). Dans ce cas, les caractères affichés peuvent être modifiés à volonté. Il est donc fort possible d'afficher des schémas électriques ou autres et il est possible de les modifier simplement en changeant un ou plusieurs éléments sur la mémoire.

Par ailleurs, si on pouvait atteindre les vitesses de balayage importantes, en remplaçant la mémoire à éléments enfichables par une matrice d'éléments photo-sensibles, il serait vraisemblablement possible en dessinant sur la matrice ainsi constituée d'obtenir la reproduction du dessin sur l'écran luminescent.

Le seul inconvénient que l'on puisse faire à cette méthode vient du fait qu'il n'est pas possible d'obtenir des demi-tons. Il serait possible de les obtenir en associant au dispositif la modulation de luminance déjà vue. Nous pouvons signaler qu'une variante de ce montage est possible : il suffit de remplacer les portes NOR qui nous empêchent d'observer le balayage par des portes NAND. Dans ce cas, lorsqu'une colonne est excitée, tous les points qui doivent apparaître sur cette colonne s'illuminent. L'avantage que l'on peut y voir est le fait que l'image se répète plus souvent et par conséquent il peut être possible de diminuer la fréquence de balayage.

C'est ce dernier montage qui nous a permis d'obtenir les photos

de la figure 4.12 représentant un 8 et $\&^2$ dans le cas d'une prise d'information colonne (cas du 8) et dans le cas d'une prise d'information ligne (cas de $\&^2$).

L'inconvénient de cette dernière méthode est la diminution du contraste, car lorsque trois lignes (colonnes) sont par exemple excitées, par l'intermédiaire d'une seule colonne (ligne), la tension parasite sur la colonne (ligne) résulte de trois "croix". Si nous ne tenons pas compte des résistances inter-points, en partant du schéma équivalent vu au chapitre I, nous pouvons montrer que, dans ce cas, la tension colonne (ligne) parasite vaut :

$$\frac{3(n-1)}{4n-3} V \text{ soit dans notre cas } 0,78 V$$

ce qui explique la bande plus lumineuse verticale obtenue pour le 8 et horizontale obtenue pour $\&^2$.

Par contre la tension parasite ligne (colonne) dans le même cas devient :

$$\frac{n-3}{4n-3} V \text{ soit dans ce cas : } 0,18 V$$

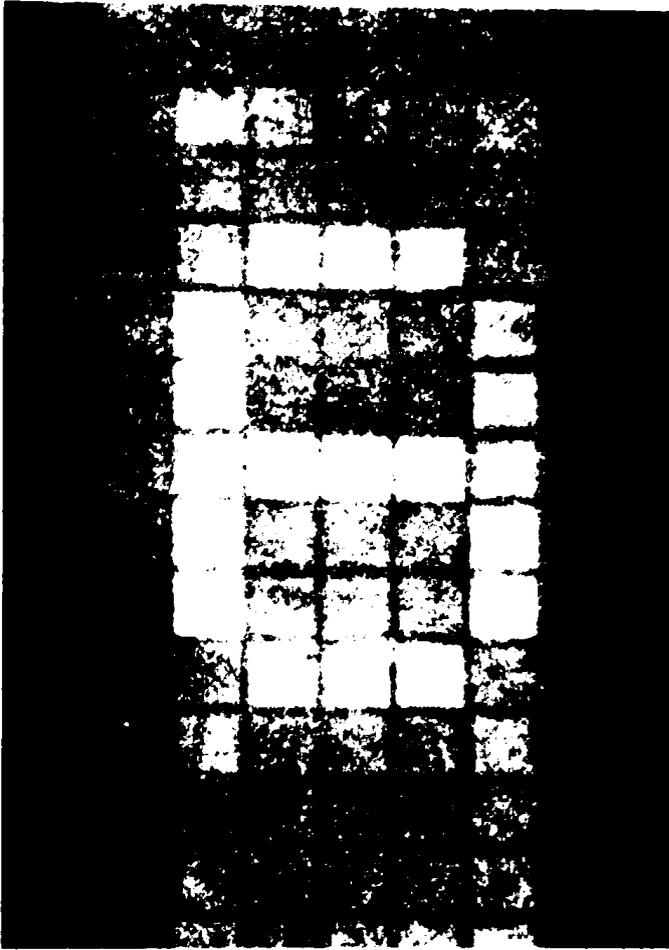
Remarque : Lorsque n' lignes (colonnes) sont excitées par l'intermédiaire d'une seule colonne (ligne) la tension parasite colonne (ligne) est :

$$\frac{n'(n-1)}{n'(n-1)+n} V$$

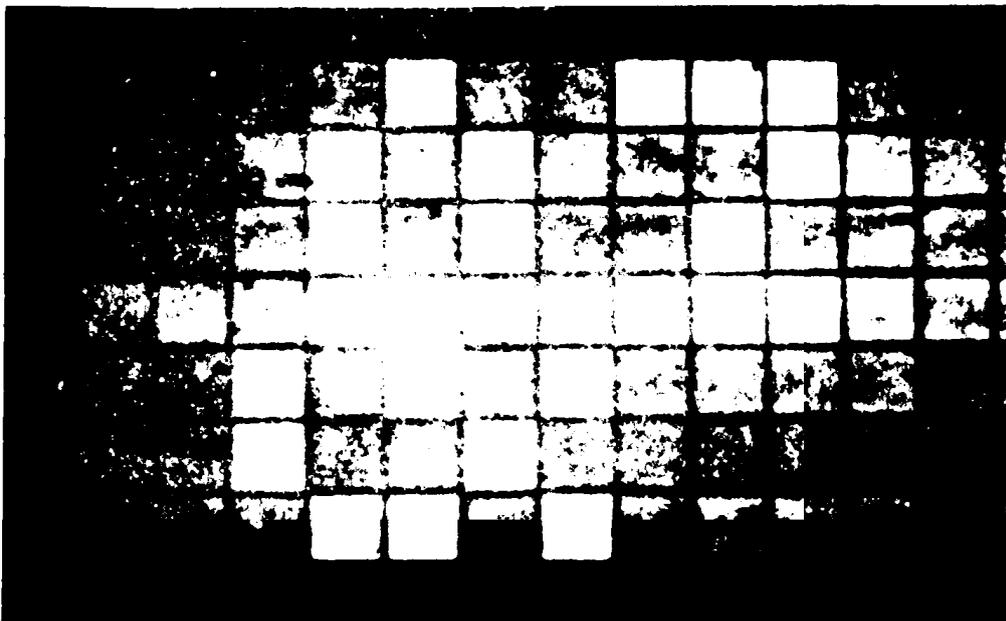
et celle obtenue sur les lignes (colonnes) excitées est :

$$\frac{n-n'}{n'(n-1)+n} V$$

En définitive, le dispositif le plus simple et qui donne le plus de possibilités est celui défini par la figure 4.11., car il peut s'appliquer à n'importe quel type de matrice lumineuse ; d'où l'intérêt qu'il peut avoir dans la visualisation par panneaux lumineux et dans le domaine de l'enseignement audio-visuel, sans parler de la conversation à distance par dessins symboliques.



Caractère 8.



Caractère &².

Figure 4.12.

C O N C L U S I O N

Si, comme nous l'avons vu, au cours de notre travail, les matrices électroluminescentes de type Destriau ne sont pas très aptes à la visualisation de caractères ou de schémas en raison surtout de leur faible luminosité et du faible contraste en résultant, elles ne sont peut-être pas à rejeter totalement en raison de leur prix de revient qui peut être facilement concurrentiel au regard des autres techniques de pointe que sont, en ce moment, les diodes électroluminescentes, les cristaux liquides ou les dispositifs à décharge dans les gaz. Un récent article de la revue américaine Electronics donnait d'ailleurs un avantage plus substantiel aux couches minces électroluminescentes puisque le rapport de prix était au moins de 2 en faveur de ces techniques par rapport aux autres. Bien sûr le problème de l'interface pose des problèmes et le coût de revient rejoint peut-être celui des autres techniques. Cependant il n'est peut-être pas évident qu'il faille abandonner les structures électroluminescentes en couches minces au profit des autres configurations. Si une luminosité acceptable était atteinte ce qui est possible au vu de certaines cellules observées et si le problème du contraste était en partie résolu, les écrans matriciels en couches minces pourraient à notre avis prendre naissance et être compétitifs.

Cependant, comme notre travail réside plutôt dans la visualisation que dans les techniques de mise au point des structures lumineuses, nous pensons qu'actuellement les diodes électroluminescentes sont les plus commodes à mettre en oeuvre. C'est d'ailleurs avec ces éléments que des travaux d'affichage se poursuivent.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons penser que notre dispositif

d'affichage de caractères ou de schémas mémorisés qui dans l'état actuel ne présente pas de performances remarquables pourra être développé car il peut directement être transposé dans le cas des autres techniques.

En définitive, si nous ne sommes pas arrivés à un résultat très probant, c'est plus en raison du matériel peu adapté dont nous disposons et du manque de composants que des difficultés vraiment technologiques. C'est pour cette raison, que nous pensons que l'intérêt qui est porté actuellement aux écrans matriciels pourra être satisfait dans un avenir plus ou moins proche.

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

- 1 - H.K. HENISCH : Electroluminescence
Pergamon Press 1962
- 2 - R. TRAN : Contribution à l'étude d'un visualisateur matriciel
électroluminescent de signaux évolutifs.
Thèse d'Université - POITIERS Mars 1971 -
- 3 - R.DESCHAMPS : Dispositifs optoélectroniques réalisés à la
S.A.T.
Revue Telecom avril 1969.
- 4 - H.F.IVEY - W.A.THORNTON : Preparation and properties of electro-
luminescent phosphors for display devices.
IRE Transactions on electron devices Juillet 1961.
- 5 - Notes techniques et catalogue circuits intégrés Texas Instruments
- 6 - R. TRAN - J.C.BESSE - G.BATAILLER : Sur une dynamique de mise
sous tension d'une matrice de cellules électrolumines-
centes et l'interprétation visuelle de phénomènes fixes
ou variables dans le temps.
Compte rendu à l'Académie des Sciences de Paris
(Mars 1970)
- 7 - M.ENGLISH : Nomograms simplify design of single - FET
Oscillators.
E.E.E. Janvier 1970
- 8 - I.K.VERESHCHAGIN : Electroluminescence of ZnS phosphors under
excitation by square pulses of different duration
Ukrainian Conference on Physical Optics, Kiev, Fev. 1961.
- 9 - J.F.WAYMOUTH - F.BITTER : Experiments on electroluminescence
Physical review août 1954.
- 10 - S.TANAKA : Electroluminescence of ZnS phosphors excited by
short field pulses.
Journal of the physical society of Japan. Sept. 1959
- 11 - J.J.SPARKES : Transistor switching and sequential circuits
Pergamon Press 1966
- 12 - H.V.MALMSTADT - C.G.ENKE : Digital electronics for scientists
W.A.Benjamin 1969.
- 13 - Y.CHOW - F.CASSIGNOL : Théorie et applications des graphes de
transfert.
Dunod 1965
- 14 - A.PETITCLERC : Traité des ordinateurs tomes 1 et 2
Dunod 1970

NB. Les résultats de NUDELMAN et MATOSSI, HAAKE, FRANKL ont été ti-
rés de H.K. HENISCH. Electroluminescence.

Echange 81/11/18

Bibliothèque Univ. Poitiers.