

UNIVERSITE D'ALGER

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

المكتبة

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHÈQUE

8/78  
200  
ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ELECTRICITE

FILIERE D'INGENIEUR EN ELECTRONIQUE

# PROJET DE FIN D'ETUDES

ETUDE DE QUELQUES  
DISPOSITIFS DE VISUALISATION

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

المكتبة

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHÈQUE

Proposé Par :

Mme. G. MONDON

Docteur - Ingénieur

Etudié Par :

MM. A. CHOUAF

B. BENZELTOUT

PROMOTION JUIN 1978

DEPARTEMENT ELECTRICITE  
FILIERE D'INGENIEUR EN ELECTRONIQUE

# PROJET DE FIN D'ETUDES

ETUDE DE QUELQUES  
DISPOSITIFS DE VISUALISATION

Proposé Par :

**Mme. G. MONDON**

Docteur - Ingénieur

Etudié Par :

**MM. A. CHOUAF**

**B. BENZELTOUT**

UNIVERSITE D'ALGER  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRICITE  
FILIERE D'INGENIEURS EN ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

⋮  
⋮  
⋮ ETUDE DE QUELQUES DISPOSITIFS DE VISUALISATION ⋮  
⋮

PROPOSE PAR:  
Mme G. MONDON  
Docteur - Ingenieur

ETUDIE PAR:  
MM A. CHOUAF  
B. BENZELTOUT

Promotion juin 70

- A LA MEMOIRE DE MON  
PERE

- A MA MERE

A. CHOUAF

- A MES PARENTS
- A M<sup>r</sup> et Mme ATAILIA
- A M<sup>r</sup> et Mme BENZELTOUT ABDELHAMID
- A M<sup>r</sup> et Mme KADRI

B.BENZELTOUT

## REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à notre formation et, en particulier à Mme G. MONDON , notre promoteur , dont les conseils et les encouragements nous ont été très utiles à l'élaboration de ce travail .

Nous remercions Mer le Chef du Département, ainsi que le personnel de la bibliothèque et du centre de tirage qui nous ont bien aidés.

BOUBAKEUR

ABDELAZIZ

# P L A N

## INTRODUCTION

### I) Etude physique des systèmes d'affichage.

- 1) Les diodes électroluminescentes
- 2) Les cristaux liquides

### II) Systemes d'affichage.

- 1) Affichage 7 segments
  - à L.E.D
  - à cristaux liquides
  - autres afficheurs
- 2) Affichage matriciel
  - à L.E.D
  - autres afficheurs

### III) REALISATION.

#### - A N N E X E -

- 1) Mémoires
- 2) Régistres
- 3) Compteurs
- 4) Décodeurs

### II) Electronique programmée.

- \* Codes
- \* Schémas pratiques
- \* Bibliographie

- INTRODUCTION -

De même que le dessin ou l'écriture sont la transposition visuelle de la pensée humaine, la possibilité d'apprécier ou de déterminer la valeur d'un phénomène physique passe par sa visualisation, sa signalisation ou son affichage.

Pour cela il existe un nombre important de dispositifs d'affichage numérique ou alphanumérique; tels que les tubes cathodiques, les tubes à plasma ( tubes nixie ), les diodes électroluminescentes ( L.E.D ), les cristaux liquides ect...

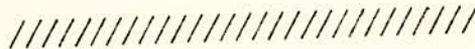
Dans ce qui suit, nous nous intéresserons à l'étude physique des L.E.D et des cristaux liquides, leurs applications à l'affichage 7 Segments et matriciel.

Afin de permettre aux lecteurs de bien comprendre notre exposé nous donnerons à la fin de chaque paragraphe des schémas pratiques de réalisation. Nous donnerons un tableau comparatif des différents afficheurs à L.E.D et à cristaux liquides.

Enfin comme application, nous réaliserons un exemple d'affichage d'une décade.

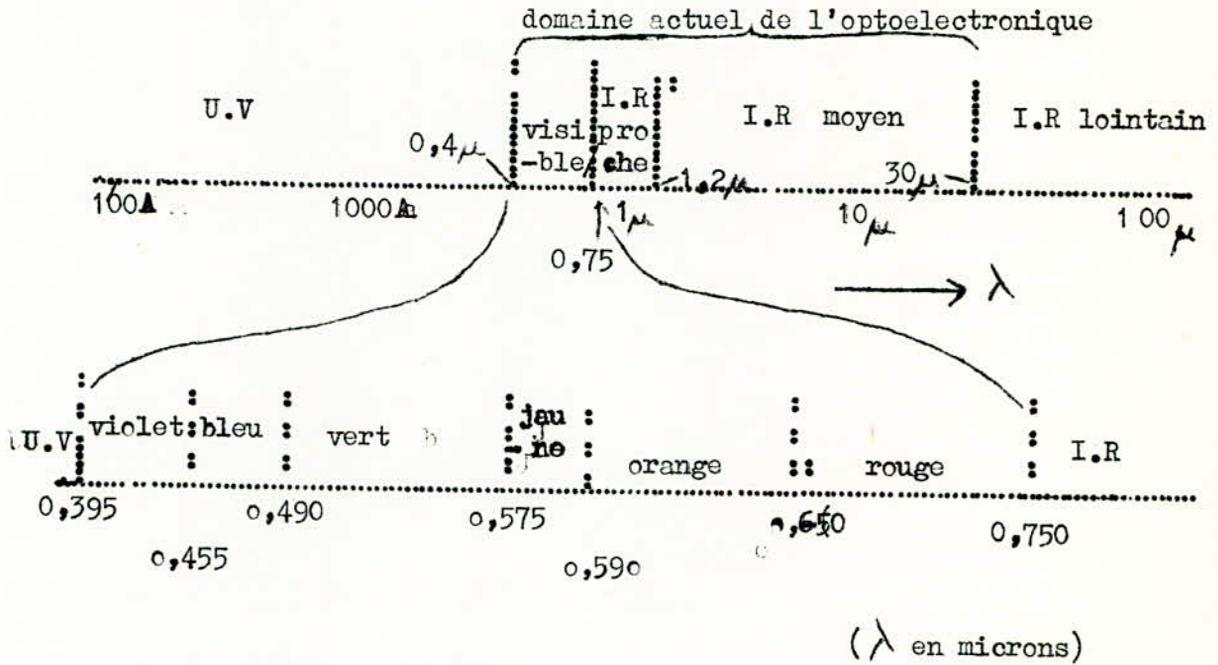
Dans une deuxième partie qui servira d'annexe, nous rappellerons le principe de fonctionnement de chaque élément de l'électronique associée aux afficheurs ( mémoires, décodeurs ... )

Nous donnerons ensuite quelques montages classiques d'affichage et enfin un tableau regroupant différents afficheurs et leurs constructeurs.



LES FRONTIERES DE L'OPTOELECTRONIQUE

Par frequences optiques, on entend généralement aujourd'hui le spectre qui va de l'ultraviolet (inclus) à l'infrarouge (inclus), c'est-à-dire de 100 Å à 300 μ de longueur d'onde environ. Ces limites arbitraires couvrent en fait le domaine justiciable des concepts de l'optique traditionnelle, celles des frequences visibles.



SITUATION DU DOMAINE DE L'OPTOELECTRONIQUE DANS LE SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE

Le domaine est defini davantage par les possibilites des generateurs et des detecteurs existants; il est donc essentiellement mouvant. Il couvre aujourd'hui la region qui s'etend du visible à l'infrarouge moyen.

§ PRINCIPALES UNITES PHOTOMETRIQUES

L'unité de base des grandeurs "visuelles" est la candela. Elle est cependant dérivée du stilb défini lui même comme étant la soixantième partie de la luminance d'un corps noir porté à la temperature de solidification du platine, soit 2047 K.

Comme on le voit tout cela est assez compliqué, bien que l'on ait délibérément laissé de côté un certain nombre d'unités anciennes, comme le carcel (9,8cd); et diverses bougies dont la valeur était voisine de 1candela. Citons aussi l'existence de l'UKcandle qui vaut  $10,55 \text{cd/m}^2$ .

Le tableau suivant donne une vue d'ensemble des principales unités photométriques en usage.

Unités photométriques	Grandeurs	Unités photométriques visuelles		
		dérivées de M K S	Dérivées de C G S	autres unités
Watt(W)	flux énergétique	Lumen(Lm)	Lumen(Lm)	Lumen(Lm)
	flux lumineux			
Watt/stéradian (W/sr)	intensité énergétique	candela (cd=Lm/sr)	candela (cd=Lm/sr)	candela (cd=Lm/sr)
	intensité lumineuse			
Watt par stéradian et par mètre carré (W/sr, m <sup>2</sup> )	luminance énergétique ou radiance	nit (nt=cd/m <sup>2</sup> )	stilb (sb=cd/cm <sup>2</sup> )	Apostilb (asb=1/π nt) Lambert (L=1/π sb) Foot Lambert (fl=1/π cd/ft <sup>2</sup> )
	luminance (ex brillance)			
Watt par mètre carré (W/m <sup>2</sup> )	eclairement et émittance énergétiques	Lux (lx=Lm/m <sup>2</sup> )	Phot (ph=Lm/cm <sup>2</sup> )	footcandle (fc=Lm/ft <sup>2</sup> )
	eclairement et émittance			

REMARQUE: eclairement et émittance / Ces 2 grndeurs de même dimension sont relatives, la première à la puissance incidente (reçue), la seconde à la puissance rayonnée, c'est-à-dire cédée. Ce n'est que si l'élément de surface considéré est sans pertes que l'émission est égale à l'éclairement.

## TUDE PHYSIQUE DES SYSTEMES D' AFFICHAGE.

Dans ce chapitre nous allons étudier uniquement les systèmes d'affichage à diodes électroluminescentes ( L.E.D ), et les systèmes d'affichage à cristaux liquides.

Ces deux moyens occupent actuellement une grande place dans le domaine de visualisation.

### 1) DIODES ELECTROLUMINESCENTES - ( L . E . D )

#### 1-1 INTRODUCTION :

Les tubes afficheurs à gaz nécessitent une tension d'alimentation élevée, et les voyants à incandescence ne sont guère fiables; aussi était-il souhaitable de disposer d'une source lumineuse alimentée en basse tension d'une fiabilité comparable à celle des circuits intégrés.

C'est pourquoi des études ont été entreprises dans différents laboratoires en vue d'utiliser le phénomène d'émission de lumière par une diode polarisée en direct ( diodes électroluminescentes ), pour l'affichage d'une information contenue dans un compteur par exemple.

#### 1-2 CHOIX DU MATERIAU :

Toute jonction P-N soumise à une polarisation directe émet une radiation lumineuse; ce rayonnement est généralement faible, masqué et ne se situe pas nécessairement dans le visible. Ainsi plusieurs recherches ont été entreprises afin de trouver des matériaux ayant une émission dans le visible.

Les matériaux semi-conducteurs les plus aptes à fournir une lumière visible sont l'arséniophosphure de gallium ( ASGAP ), (Lumière rouge), le phosphure de gallium ( AsP ) ( lumière verte ), ce matériau étant à l'heure actuelle encore peu utilisé pour les dispositifs d'affichage, et les arsenures - phosphures de gallium (  $GaAs_{1-x}P_x$  ), ces matériaux sont actuellement les plus intéressants. Reste le carbure de silicium (SiC) (lumière verte ), mais les essais effectués ne semblent pas avoir conduit à des réalisations commerciales encore- (figure 1).

Prenons comme exemple le voyant CQY24, très caractéristique qui émet dans le rouge.

Comme définition, un voyant est un dispositif de visualisation semi-conducteur. Il est constitué d'une diode électroluminescente émettant un rayonnement visible, dont la longueur d'onde d'émission est fonction du matériau utilisé.

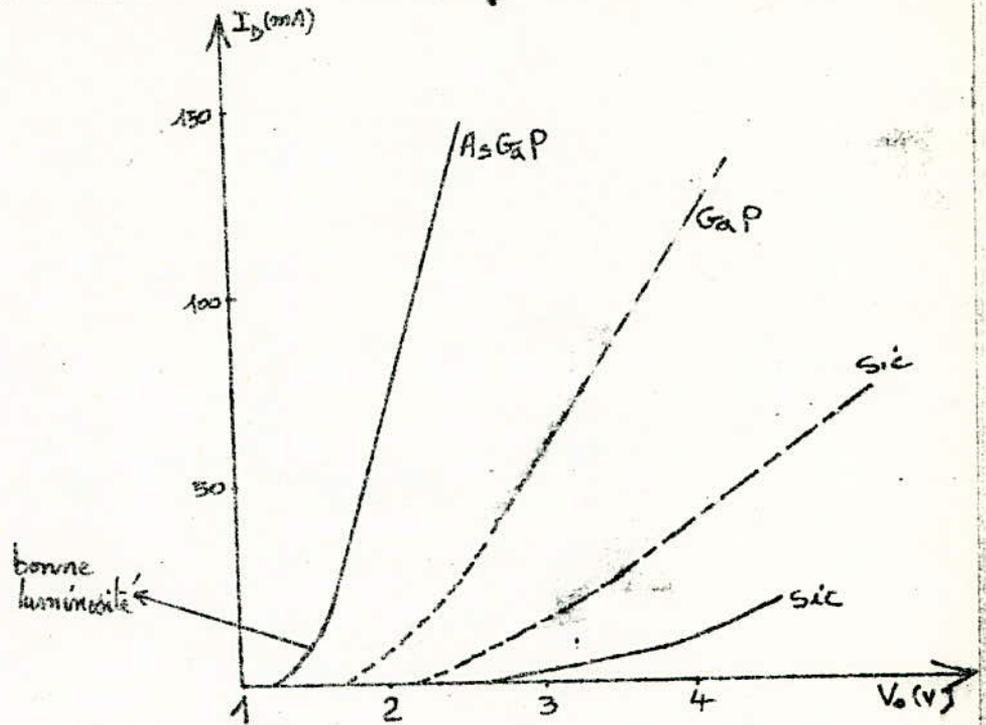
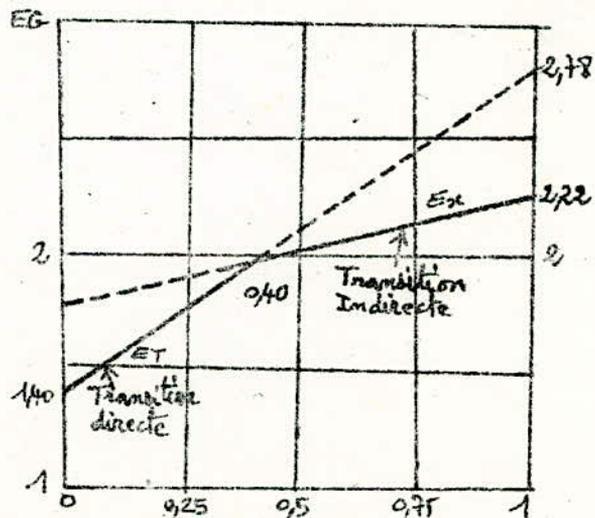


Fig. 1 : Ces courbes nous montrent qu'avec le  $SiC$  il faut plusieurs volts comme tension directe de la diode pour avoir un courant convenable - .

Fig. 2 :  
Influence de la concentration relative de Phosphore sur la largeur de bande et sur le mode de transition -



Le matériau utilisé pour la réalisation de la diode électroluminescente du voyant CQY24 est le phosphurearsenure de gallium, la concentration du phosphore étant de 38 % .

La figure 2 représente la variation de la largeur de bande , donc de la longueur d'onde de l'émission, en fonction de la composition de l'arsenure de gallium avec le phosphore.

### 1-3 PRINCIPE DE L'ELECTROLUMINESCENCE :

Lorsqu'une diode est parcourue par un courant direct, les porteurs de charges ( électrons et trous ) se recombinent au niveau de la jonction. La recombinaison d'un électron et d'un trou peut être envisagée comme le passage d'un électron d'un niveau d'énergie supérieur  $W_2$  à un niveau d'énergie plus faible  $W_1$ . L'électron libère alors un photon d'énergie égale à la différence des niveaux sur une fréquence  $\nu$  telle que :

$$W_2 - W_1 = h\nu$$

( $\nu$  = fréquence de la radiation en térahertz;  $h$  = constante de plank,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ j}$ ).

Il apparait donc qu'il peut y avoir émission de lumière s'il y a transitions électroniques bande à bande .La longueur d'onde d'émission étant une fonction de la bande " interdite ", elle se déduit de la formule:

$$\lambda (\mu\text{m}) = \frac{hc}{h\nu(\text{ev})} = \frac{1,24}{\nu(\text{ev})}$$

$c$ : étant la vitesse de la lumière.

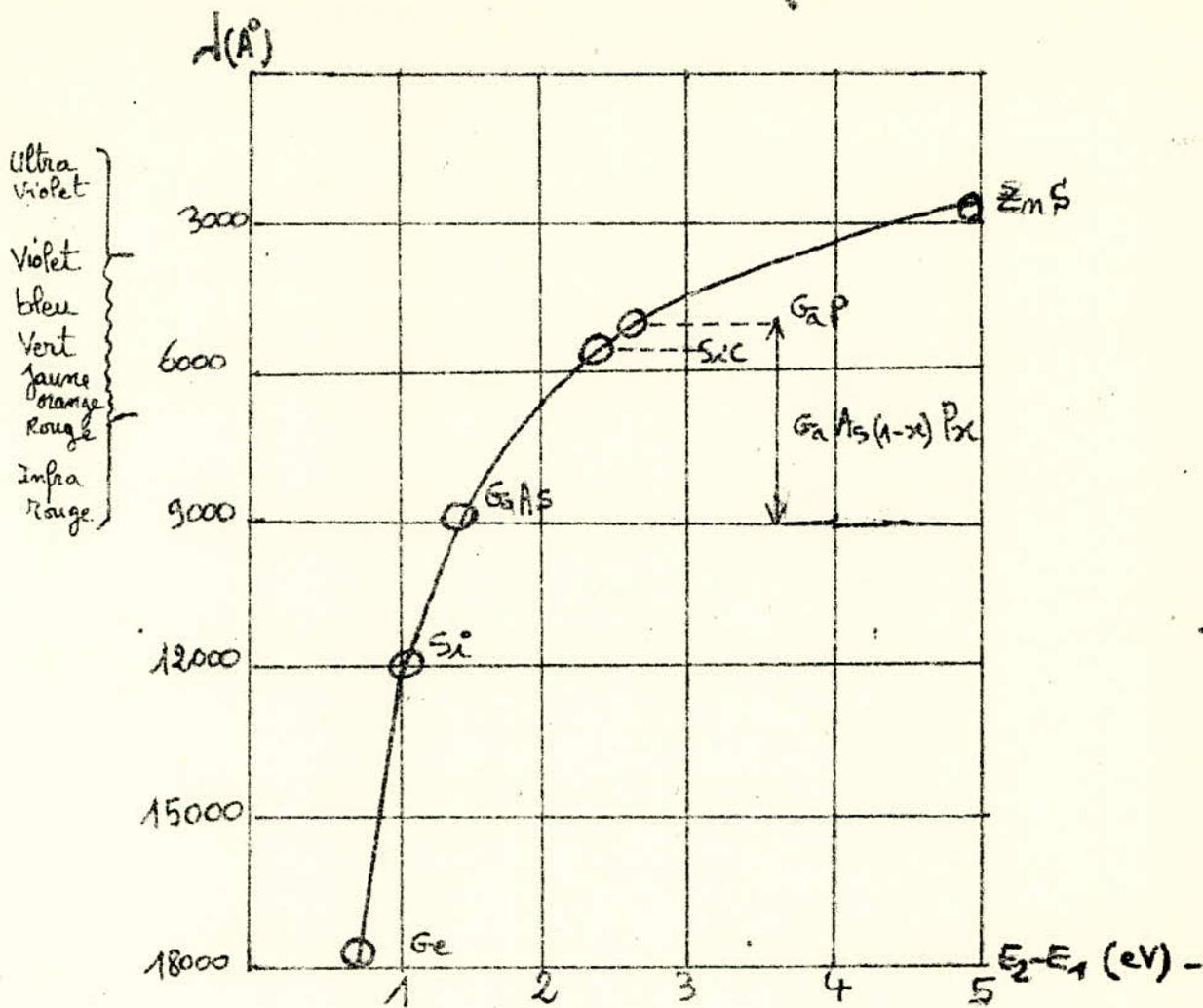
Pour une concentration de 38 % en phosphore, les transitions sont directes et la différences entre les bandes d'énergie est de 1,9 ev, soit une longueur d'onde d'émission de 6550 Å + ( Figure 3)

Le problème qui se pose est comment peut - on créer ces transitions bande à bande.

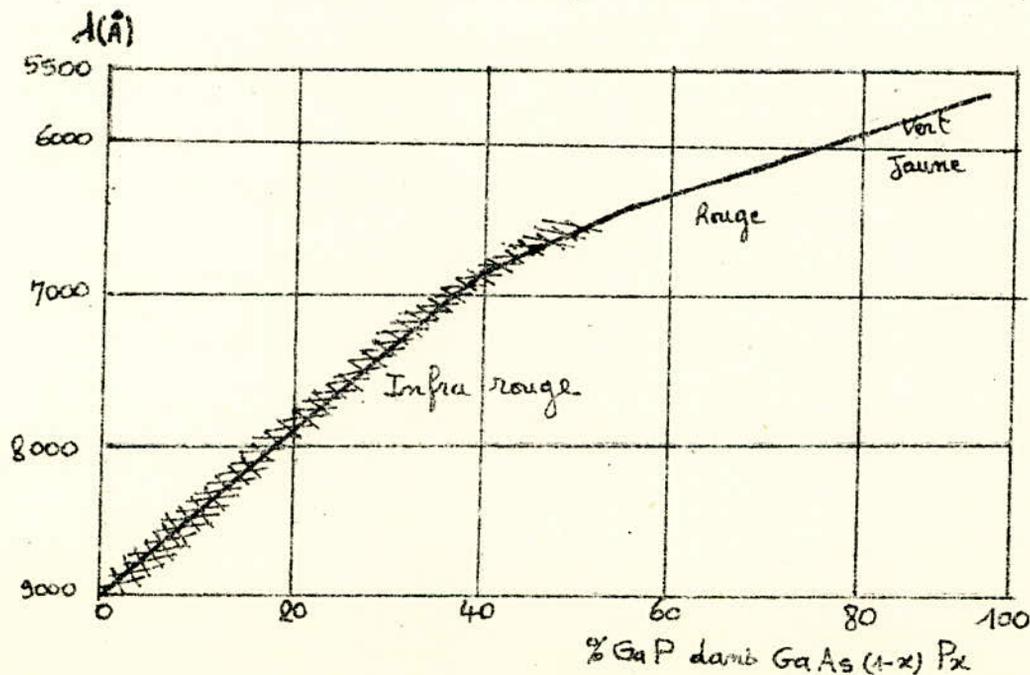
Pour cela plusieurs mécanismes peuvent être retenus ; néanmoins la solution simple d'exploitation relativement facile à mettre en oeuvre est l'électroluminescence par injection de porteurs dans une jonction.

### - INJECTION DE PORTEURS DANS UNE JONCTION P-N:

Une émission importante implique à la fois une probabilité de transitions radiatives élevées et grande densité de porteurs susceptibles d'effectuer cette transition . Le premier point est réalisé en utilisant un semi-conducteur à structure de bande directe ; le deuxième implique la création d'une certaine population d'électrons libres dans la bande de conduction et de trous dans la bande de valence, ce qui est possible par polarisation dans le sens directe d'une jonction semi-conductrice.



**Figure 3:** Longueur d'onde (Å) de radiations émises par des diodes réalisées à l'aide des matériaux semi-conducteurs les plus classiques, et largeur (eV) de la transition correspondante



La densité d'électrons dans la bande de conduction est obtenue par dopage de la région P en impuretés acceptrices.

la structure de cette jonction P.N est donc classique et pour qu'il ait recombinaison, il faut vaincre la barrière de potentiel qui se trouve dans la zone de charge d'espace (laquelle est peu différente de la hauteur de la bande " Interdite " du semi-conducteur) par polarisation de la diode en direct, on va créer une injection de porteurs, la différence de potentiel  $V_p$  nécessaire aux bornes de la jonction étant approximativement égale à la largeur de la bande " Interdite ", soit pour le Ga AsP 1,8 V environ.

Ce mécanisme est illustré par les figures 4 et 5. Le peuplement simultané de la bande de conduction en électrons et de la bande de valence en trous n'est pratiquement réalisé qu'au voisinage de la charge d'espace; c'est par conséquent dans cette région que se produisent les recombinaisons radiatives avec une intensité d'autant plus importante que la densité du courant dans la jonction sera plus élevée.

#### 1-4 TECHNOLOGIE :

Avant de parler de la technologie, rappelons quelques caractéristiques optiques du cristal Ga AsP.

##### - PROPRIETES INTERNES DU CRISTAL:

L'émission de lumière a lieu dans la zone où les transitions sont maximales, par conséquent la majorité des photons devront traverser la zone P ( face du cristal par laquelle la lumière est émise.).

Dans ces conditions , il apparait des phénomènes :

\* Absorption en fonction de la distance dans la zone P :

Toute onde plane électromagnétique qui se déplace dans un milieu homogène subit une absorption qui est fonction du milieu et de la longueur d'onde du rayonnement.

La loi de variation est définie par la relation suivant :

$$|E|^2 = |A|^2 \exp - \alpha x$$

x étant la distance et  $\alpha$  le coefficient d'absorption  $\alpha = \frac{4\pi \nu n k}{c}$

avec la fréquence du milieu :  $\nu = \frac{c}{n \lambda}$

n: étant l'indice du milieu

et k, l'indice d'absorption

il apparait donc que la zone P doit présenter une épaisseur la plus faible possible ( de l'ordre de 3 à 4  $\mu m$  ).

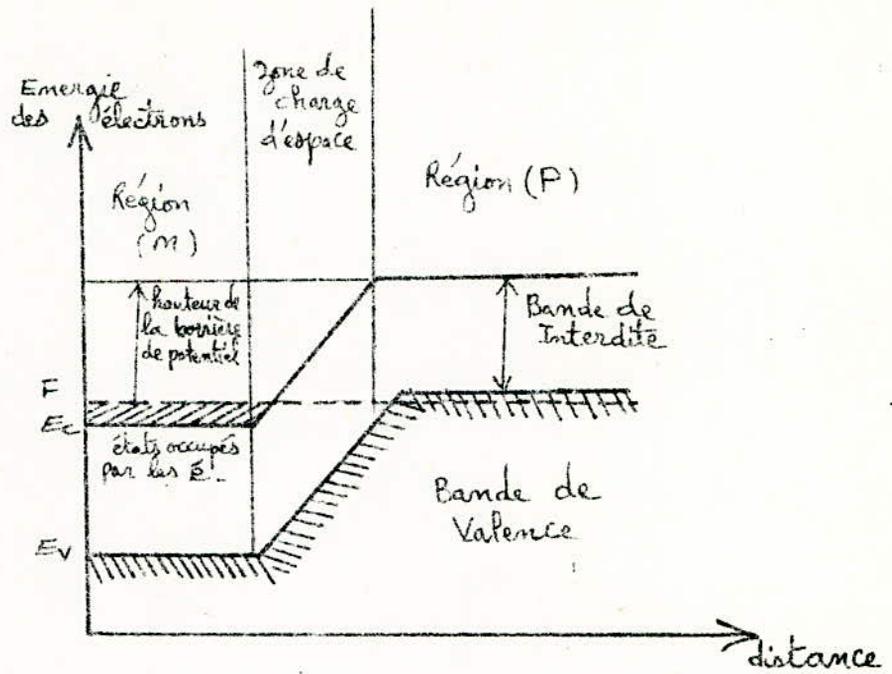


Figure 4 : Jonction PN à l'équilibre

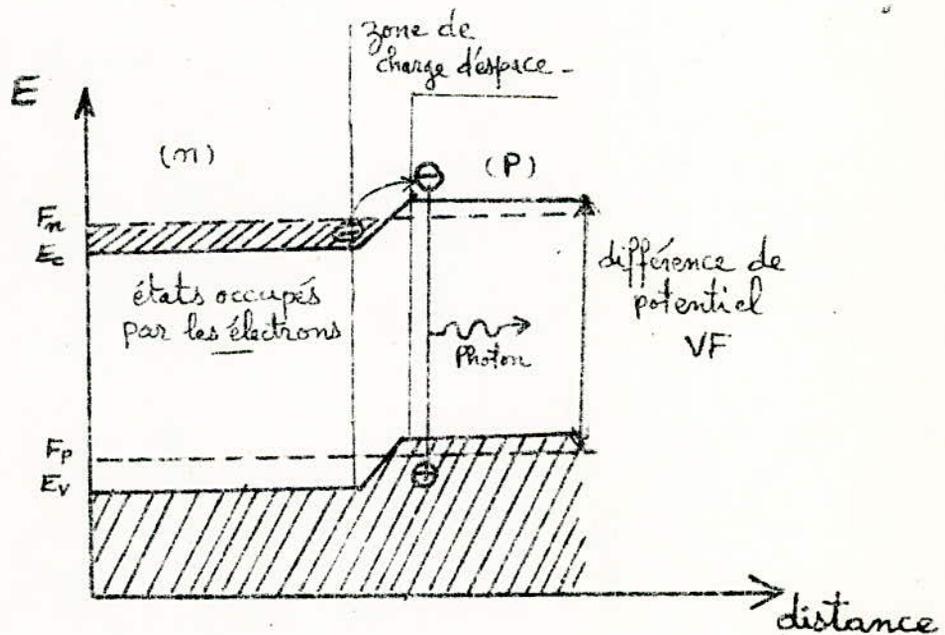


Figure 5 : Jonction P-N polarisée dans le sens directe -

4

\* Influence du milieu externe sur le rendement de la diode : l'indice du cristal Ga AsP étant élevé (  $n = 3,5$  environ ), seuls les photons dont l'angle d'incidence avec la normale est inférieur à l'angle à l'angle critique au sein de la région P pourront sortir les autres photons d'incidence supérieure sont réfléchis dans le cristal.

Cet angle critique est faible, étant donné la valeur élevée de l'indice est de l'ordre de  $16^{\circ} 30'$ ; dans ces conditions seulement une faible partie de l'énergie photonique créée dans la jonction peut sortir de cette jonction.

Au delà de ces deux angles, il y a réflexion interne. Si par contre, le milieu externe est un matériau transparent au rayonnement mais d'indice supérieur à l'air, cet angle critique augmente et par conséquent, l'énergie rayonnée dans le milieu externe au Ga AsP augmente de la même manière.

On peut calculer cette augmentation de rendement par rapport au rendement de l'air (  $n$  (air) soit  $n$  dioptre le rendement dans le milieu externe d'indice  $n^0$ ,  $n_1$  étant l'indice du milieu semi-conducteur. L'angle critique est donné par

$$\sin \alpha = \frac{n^0}{n_1}$$

et l'augmentation de rendement par :

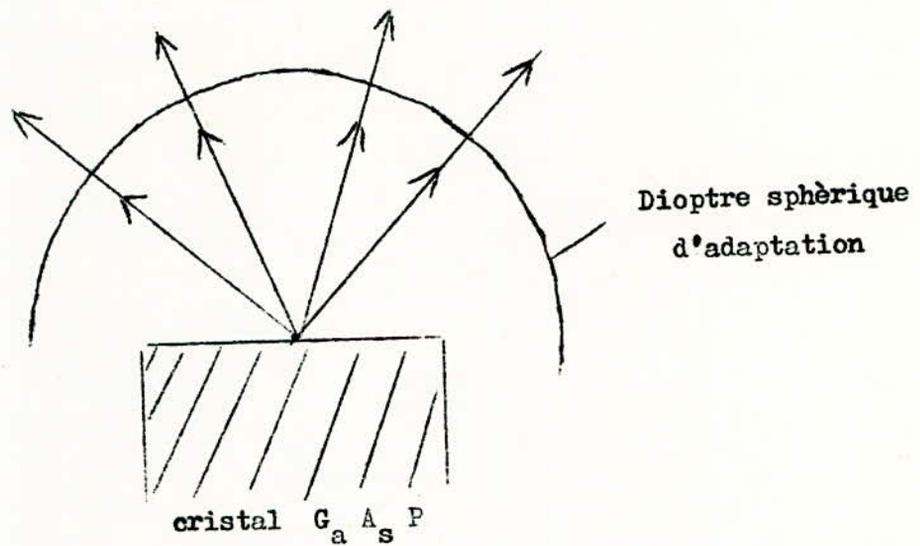
$$\frac{\text{dioptre}}{\text{air}} = \frac{1 - \cos(\alpha) \text{ dioptre}}{1 - \cos(\alpha) \text{ air}}$$

Pour bénéficier dans l'air de cette augmentation de rendement due au dioptre d'indice supérieur, il faut que ce dioptre adaptateur ait une forme optique telle que tous les rayons émis de la jonction et passant dans le dioptre puisse sortir de ce dernier, sans être réfléchis.

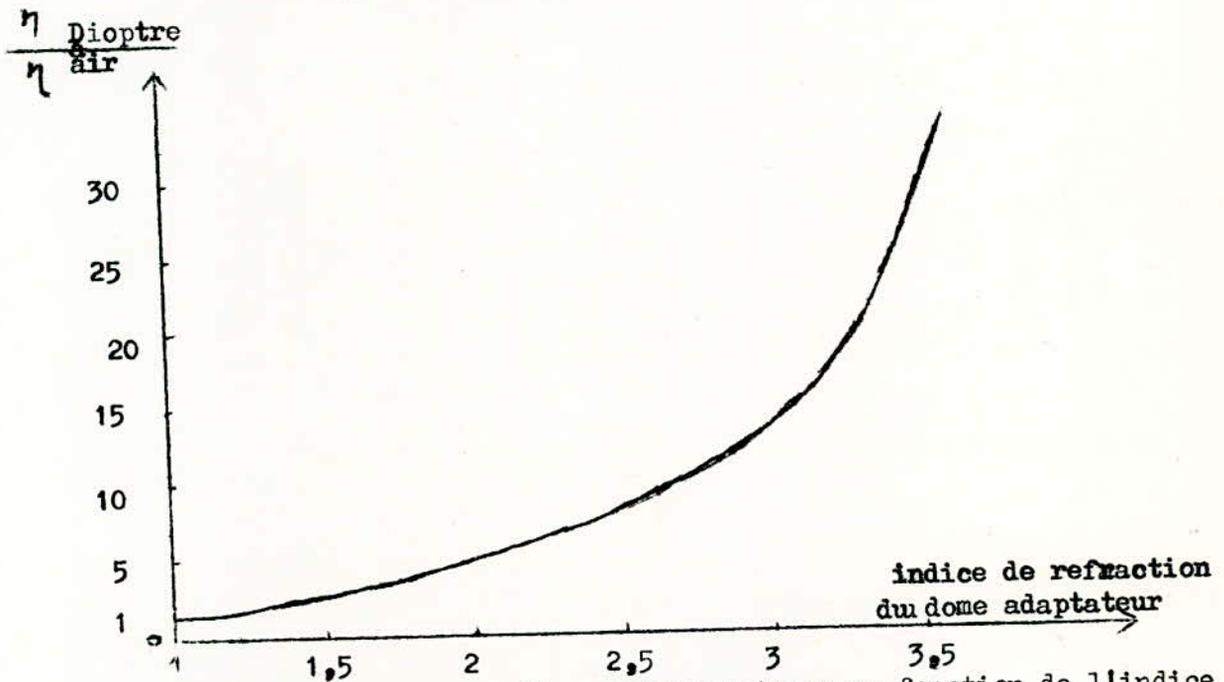
Une solution consiste à placer le cristal au centre d'un dioptre sphérique; dans ces conditions, toute l'énergie rayonnée dans le dioptre est rayonnée dans l'air.

C'est ainsi qu'avec un dôme en époxy d'indice  $n = 1,59$  on obtient une augmentation théorique de 2,6 ( en pratique de 2,4 ) ( Fig 6 ).

Sur la figure 7, on peut voir l'augmentation théorique du rendement en fonction de l'indice du dôme d'adaptation; néanmoins il existe une limite technologique qui semble être de l'ordre de 1,6 pour cet indice en effet les matériaux qui possèdent des indices supérieurs ont généralement ou des points de fusion trop élevés pour être couplés avec les cristaux Ga AsP, ou une mauvaise tenue thermique.



**FIGURE 6** : le dioptré sphérique d'adaptation permet d'augmenter le rendement du cristal.



**FIGURE 7** / Variation du rendement externe en fonction de l'indice d'adaptation.

Quant à la diode elle même ,elle peut réalisée selon différentes technologies, telle que la technologie du type MESA (diffusion et metallisation

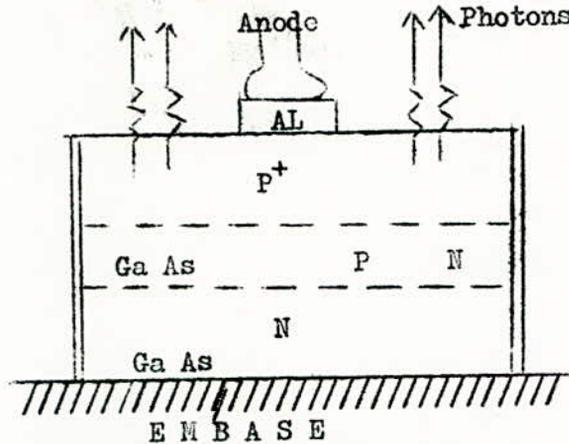


Figure 8 structure d'une diode Ga As P

Le matériau de base utilisé (fig 8) est une couche épitaxiale de Ga As P réalisée par épitaxie en phase vapeur sur un substrat de Ga As.

- Tableau résumant les performances des différentes diodes:

Type (LED)	Couleur	Sensibilité optique relative	Lumen/watt-électrique
Ga P	rouge	150 lumen/watt optique	0,15
Ga P	vert	590	0,05
Ga As P	rouge	20	0,02
Ga As P	rouge	40	0,012
Ga As P	ORANGE	330	0,003
Ga As P	jaune	500	0,003

1-5 / CARACTERISTIQUES DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES

Il existe des LED donnant des signaux lumineux visibles et d'autres, émettant des signaux invisibles à l'oeil humain. Par exemple, dans le domaine des infrarouges proches. Dans le cas des diodes LED à radiation visible, on peut trouver actuellement des modèles dans diverses couleurs : rouge, vert, jaune, et même lumière blanche.

Voici au tableau I les principales caractéristiques des diodes LED de Telefunken : Remarquons les diodes à couleur blanche, permettant d'obtenir n'importe quelle couleur en interposant un écran de la couleur désirée.

Les valeurs de  $I_V$  et  $U_f$  sont données en mcd (millicandela) et en volts respectivement, pour un courant  $I_f$  de 20 mA. Diverses dimensions et formes disponibles permettront à l'utilisateur de choisir le modèle convenant dans chaque application. La miniaturisation sera évidemment facile, grâce à ces faibles dimensions, de 1,9 à 5 mm.

Au tableau II, on donne les caractéristiques des diodes LED rayonnant les lumière vertes et jaunes.

$\alpha$  est le demi-angle de rayonnement lumineux de la diodes LED considérée.

On tiendra compte de la couleur de la lumière dans plusieurs cas :

1°- Pour une question de goût, lorsqu'il s'agit de voyants à diodes de la même couleur.

2°- Pour différencier plusieurs voyants voisins.

3°- Pour l'"attaque lumineuse" d'éléments récepteurs photosensibles afin d'obtenir le maximum de sensibilité conformément aux caractéristiques de ces éléments. Les LED pour infrarouges permettent des applications dans lesquelles il est nécessaire qu'aucune radiation ne soit visible.

Les LED indiquées plus loin, au tableau III sont établies pour l'infrarouge proche.

Prenons comme exemple la diode CQY 31 sans lentille ou la CQY 32 avec lentille, toutes deux de caractéristiques électriques identiques.

On a donné à la figure 1, les dimensions en millimètres et la forme de la CQY 31 et CQY 32.

Le symbole schématique des diodes LED est indiqué à la figure 1E.

Une diode LED de ce genre est montée dans un boîtier cylindrique. Une base du cylindre est traversée par les deux fils de branchement dont le repérage est indiqué sur le brochage. L'anode A est connectée au fil le plus proche de l'ergot. La distance entre le fil de l'anode A et celui de la cathode K est de 2,54 m = 1 pouce.

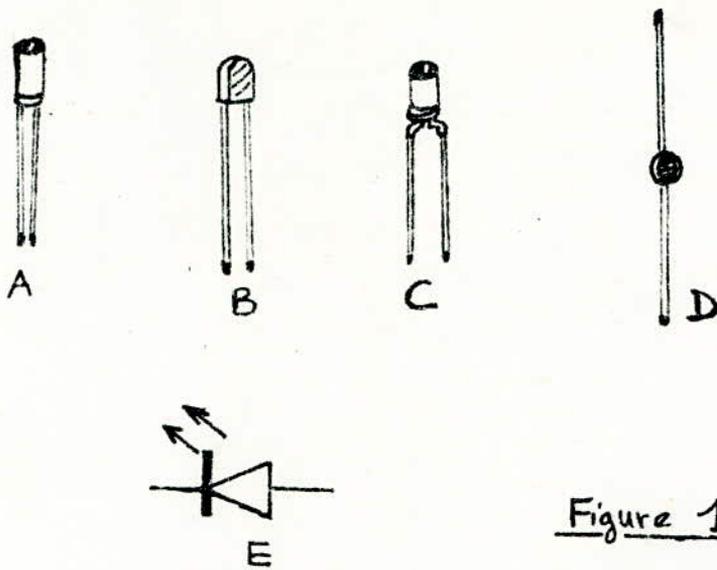


Figure 1

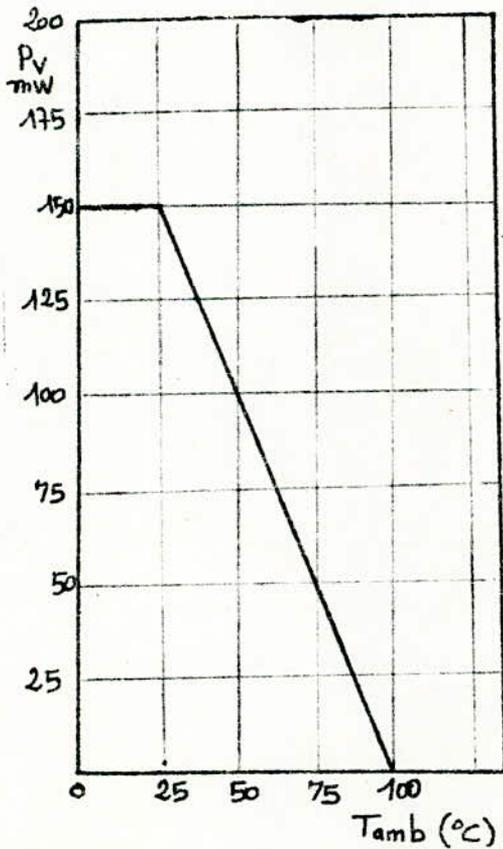


Figure 2.

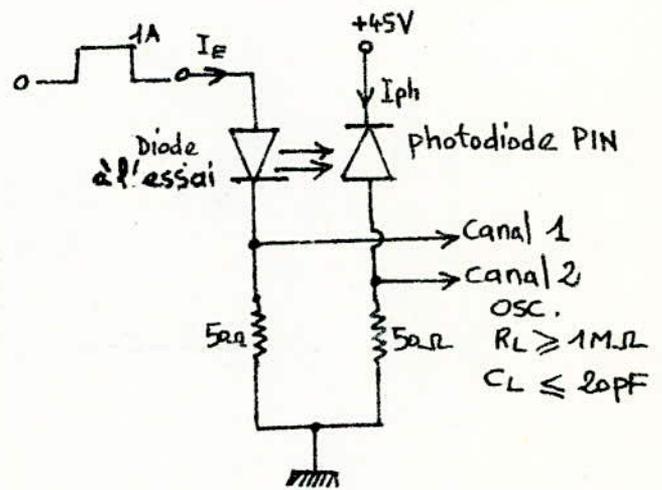


Figure 3.

TYPE	Bâtier	$\alpha$	$I_v(\text{mcd})$	$U_F(\text{V})$	Fig.	Couleur
CQY 40L	5mm Plastique	$80^\circ$	1,6	1,6	1A	Rouge mat
CQY 40	5mm Plastique	$80^\circ$	1,6	5	1A	Rouge mat
CQY 40/12VL	5mm Plastique	$80^\circ$	1,6	12	1A	Rouge mat
V135 PL	5mm Plastique	$30^\circ$	5	1,6	1A	blanc clair
V136 PL	5mm Plastique	$80^\circ$	1,6	1,6	1A	blanc mat
V137 PL	5mm Plastique	$30^\circ$	5	1,6	1A	Rouge clair
V168 P	5mm Plastique	$80^\circ$	3	1,6	1A	Rouge mat
V146 P	2,5x5 Plast.	$80^\circ$	1,6	1,6	1B	Rouge mat
CQY 85	3mm Plastique	$90^\circ$	1,6	1,6	1C	Rouge mat
CQY 41	1,9mm Plast.	$40^\circ$	1,6	1,6	1D	Rouge mat
V138 P	1,9mm Plast.	$25^\circ$	5	1,6	1D	blanc clair
V135 P	1,9mm Plast.	$40^\circ$	1,6	1,6	1D	blanc mat
V140 P	1,9mm Plast.	$25^\circ$	5	1,6	1D	Rouge clair

Principales caractéristiques des diodes L.E-D de TELEFUNKEN

Type	Bâtier	Fig.	$\alpha$	$I_v(\text{mcd})$	$U_F(\text{V})$	Couleur
CQY 72 L	5mm Plastique	1A	$80^\circ$	2	2,7	Vert mat
V163 P	5mm Plast.	1A	$80^\circ$	4	2,7	Vert mat
V147 P	2,5x5 Plast.	1B	$80^\circ$	2	2,7	Vert mat
CQY 86	3mm Plast.	1C	$90^\circ$	2	2,7	Vert mat
CQY 73	1,9mm Plast.	1D	$40^\circ$	2	2,7	Vert mat
CQY 74 L	5mm Plast.	1A	$80^\circ$	3	2,7	jaune mat
V170 P	5mm Plast.	1A	$80^\circ$	5	2,7	jaune mat
V148 P	2,5x2,5 Plast.	1B	$80^\circ$	3	2,7	jaune mat
CQY 87	3mm Plast.	1C	$90^\circ$	3	2,7	jaune mat
CQY 75	1,9mm Plast.	1D	$40^\circ$	3	2,7	jaune mat

CARACTERISTIQUES ABSOLUES MAXIMA :

Tension inverse  $U_r = 4 \text{ V}$ .

Courant direct  $I_f = 100 \text{ mA}$ .

Courant direct de pointe  $I_{fm} = 200 \text{ mA}$ .

Courant de pointe direct pendant  $10 \mu\text{s}$

max :  $I_{fsm} = 2,5 \text{ A}$ .

Dissipation de puissance :  $P_v = 150 \text{ mW}$

Température de jonction :  $T_j = 100^\circ \text{ C}$ .

Gamme des températures de stockage :  $T_{stg} = -25 \text{ à } + 100^\circ \text{ C}$ .

Voici à la figure 2 la variation de  $P_v$  la puissance dissipée maximale (en ordonnées et en mW) en fonction de la température ambiante  $t_{amb}$  (en abscissa et en  $^\circ \text{ C}$ ).

On voit que pour la LED considérée,  $P_v$  max. est de  $150 \text{ mW}$ , puissance pouvant être maintenue depuis  $0^\circ \text{ C}$ . jusqu'à  $25^\circ \text{ C}$ .

La puissance doit diminuer, ensuite, linéairement pour atteindre  $50 \text{ mW}$  à  $75^\circ \text{ C}$  et zéro à  $100^\circ \text{ C}$ . Ceci est conforme aux valeurs numériques des caractéristiques. Pour une bonne fiabilité, tenir compte des indications de la figure 2.

RESISTANCES THERMIQUES :

Il y a lieu de considérer deux résistances thermiques :

Résistance thermique de jonction - ambiante  $R_{th \text{ ja}} = 450^\circ \text{ C/W}$ .

Résistance thermique de jonction - boîtier  $R_{th \text{ jc}} = 150^\circ \text{ C/W}$ .

La connaissance des  $R_{th}$  est nécessaire pour le montage de ces diodes dans les meilleurs conditions.

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES ET OPTIQUES.  $t_{amb} = 25^\circ \text{ C}$  :

Puissance rayonnée à  $I_f = 100 \text{ mA}$  :  $\phi_e = 0,5$  (min)  $1$  (typ) mW.

Coefficient de température de  $\phi_e$  à  $I_f = 100 \text{ mA}$  :  $TK\phi_e = -1$  (min)  $\% / ^\circ \text{ C}$ .

Intensité rayonnée à  $I_f = 100 \text{ mA}$ .

CQY 31 :  $I_e = 0,25 \text{ mW/sr}$  (typ.)

CQY 32 :  $I_e = 4,5 \text{ mW/sr}$  (typ.)

avec sr = stéradian.

Longueur d'onde de pointe du signal émis :  $\lambda = 910 \text{ nm}$  (typ.)

Demi-bande spectrale :  $\Delta \lambda_p = 35 \text{ nm}$  (nm = nanomètre).

Tension directe, à  $I_f = 100 \text{ mA}$  :  $U_f = 1,25 \text{ V (typ)}$  et  $1,5 \text{ V (max)}$   
Résistance directe différentielle à  $I_f = 100 \text{ mA}$  :  $r_f = 2 \Omega \text{ (typ)}$ .  
Tension de coupure à  $I_r = 100 \mu\text{A}$  (break-down) :  $U_{br} = 4 \text{ V (min)}$ .  
Capacité de jonction, à  $U_r = 0$ ,  $f = 500 \text{ kHz}$  :  $C_j = 130 \text{ pF (typ)}$ .

Il est évident que ces caractéristiques "optiques" sont particulières aux diodes émettant des infrarouges considérées ici.

#### CARACTERISTIQUES DE COMMUTATION :

Temps de montée :  $t_r = 100 \text{ ns (typ)}$   
Temps de descente :  $t_f = 100 \text{ ns (voir définition plus loin)}$ .

A la figure 3 un montage de mesures des temps de montée et de descente lorsqu'une tension rectangulaire est appliquée à la LED CQY 31 ou CQY 32.

On peut voir que la diode LED à essayer reçoit le signal rectangulaire entre l'anode A, à la masse, tandis que la cathode K est reliée par une résistance de  $50 \Omega$  à la masse.

Les rayons émis par la LED sont dirigés vers une photodiode PIN montée de la manière suivante : la cathode est reliée au + 45 V d'une alimentation dont le négatif est à la masse. L'anode de la diode PIN est reliée à la masse par une résistance de  $50 \Omega$ .

Les tensions aux bornes des résistances de  $50 \Omega$  sont appliquées aux entrées des canaux I et II d'un oscilloscope, ce qui fera apparaître la forme du signal d'entrée et celle du signal de sortie. L'oscilloscope doit avoir une entrée de résistance égale ou supérieure à  $1 \text{ M}\Omega$  et une capacité égale ou inférieure à  $20 \text{ pF}$ .

#### COURBES CARACTERISTIQUES :

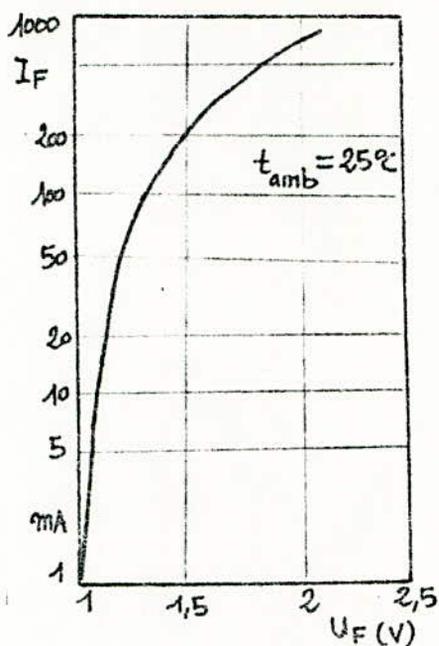
Toujours, pour les diodes LED à infrarouge proche CQY 31 et CQY 32, on a relevé quelques courbes dont les suivantes :

Figure 4 A :  $I_f =$  courant direct (en ordonnées) en fonction de  $U_f =$  tension directe (en abscisses).

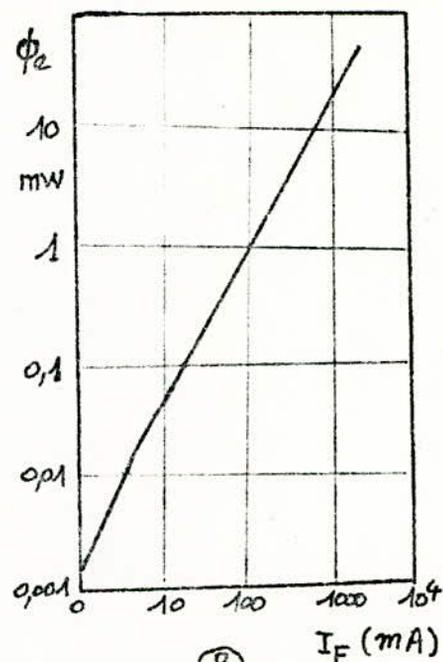
Figure 4B :  $\phi_e =$  puissance rayonnée (en ordonnées) en fonction de  $I_f =$  courant directe (en abscisses) .

Autres diodes à infrarouge proche : CQY 33, CQY 34, CQY 35, CQY 36, CQY 37 et CQY 38.

Au tableau III, nous avons les caractéristiques résumées des diodes LED émettant des rayonnements en infrarouge proche.



(A)



(B)

Figure 4

TABLEAU III								
TYPE	Boîtier	$\alpha$ degrés	$\phi_e$ mW	$I_F$ mA/st.	$I_c$ mA	$t_{r,US}$	$t_f$ US	P nm
CQY 31	To18	80	1	0,25	100	0,1	0,1	910
CQY 32	To18	10	1	4,5	100	0,1	0,1	910
CQY 33	To18	80	4,5	1,2	100	0,5	0,6	945
CQY 34	To18	25	4,5	13	100	0,5	0,6	945
CQY 35	To18	10	4,5	20	100	0,5	0,6	945
CQY 36	Miniplast-	80	2	0,4	50	0,5	0,6	940
CQY 37	Miniplast	25	2	2,2	50	0,5	0,6	940
CQY 38H	Spécial	160	8	1,6	100	0,5	0,6	945
V143P	Spécial	40	20	40	200	0,5	0,6	925

TEMPS DE MONTEE ET DE DESCENTE  $t_r$  et  $t_f$ :

Lorsqu'une tension rectangulaire est appliquée à l'entrée d'un circuit, à sa sortie on constate que la montée et la descente de la tension ne se font pas en un temps nul. Elles ont des durées  $t_r$  (montée) et  $t_f$  (descente) différentes de zéro.

Si  $t_p$  est la durée totale d'un palier, partie horizontale donc, tension constante du signal, les valeurs de  $t_r$  et  $t_f$  seront d'autant plus petites par rapport à  $t_p$  que le circuit transmet le signal fidèlement.

Si  $t_r = t_f = 0$ , la transmission est parfaite et le signal de sortie est lui aussi parfaitement rectangulaire.

Voici à la figure 6 en (A) la tension d'entrée et en (B) la tension de sortie, que nous supposons non inversée.

Pour la tension de sortie (B) il y a lieu de tenir compte des périodes partielles suivantes :

Montée :  $t_d$  = durée entre le départ et le moment où la tension de sortie atteint 0,1 (ou 10 %) de la valeur normalisée 1 correspondant à la tension amplifiée,

$t_r$  = durée de la montée entre les ordonnées 0,1 et 0,9,

$t_{on}$  = descente entre 1 et 0,9,

$t_f$  = descente entre 0,9 et 0,1

$t_{off}$  = descente entre 1 et 0,1,

$t_p$  = temps égal à celui du palier de la tension d'entrée.

En général on s'intéresse surtout aux temps de montée  $t_r$  (entre 0,1 et 0,9) et de descente  $t_f$  (entre 0,9 et 0,1). Si la tension d'entrée n'est pas parfaitement rectangulaire, les temps indiqués plus haut seront plus longs.

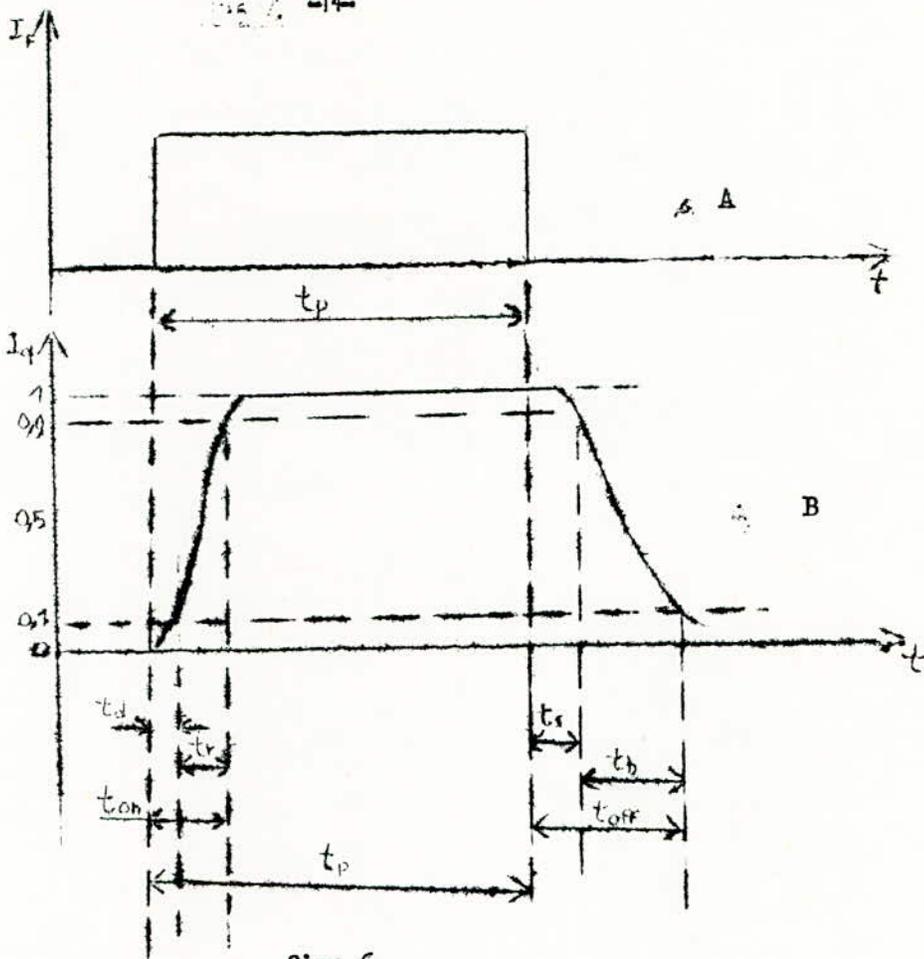


fig: 6

2 -CRISTAUX LIQUIDES.  
2-1Généralités- définition.

Un cristal liquide comme son nom l'indique est un état de la matière qui possède simultanément certains propriétés d'un solide cristallin (anisotropie spatiale) et certains des liquides (fluidité turbulence ).

Cet état peut être obtenu de deux façons différentes:

soit par dissolution d'un composé dans un solvant il s'agit dans ce cas des lyotropes existant entre deux concentrations  $C_1$  et  $C_2$ , ou alors par

fusion dans ce cas on obtient des thermotropes existant entre deux températures  $t_1$  et  $t_2$

Les lyotropes ne sont pas actuellement utilisés dans les affichages nous étudierons plus particulièrement les cristaux liquides thermotropes. Si nous reprenons cette dernière famille trois architectures moléculaires de base peuvent être distinguées figures 1,2,3. CE qui a conduit à classer les cristaux liquides en trois groupes: celui des "smectiques" celui des "nematiques" et celui des "cholesteriques"

5(1) voir annexe.

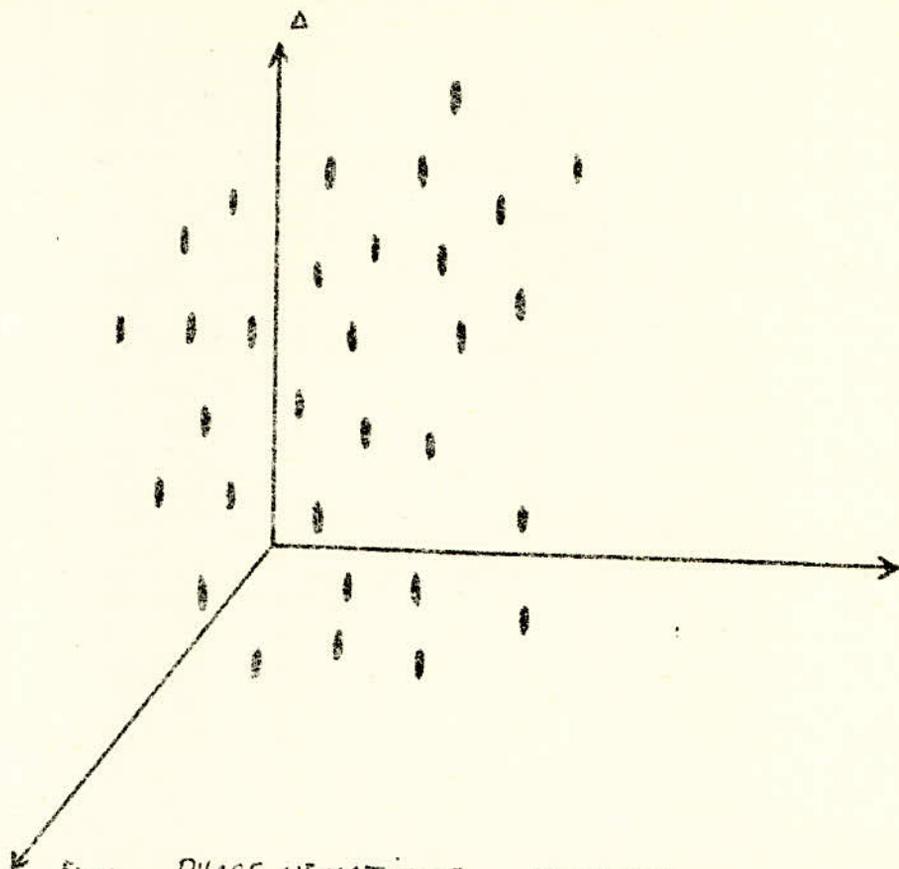
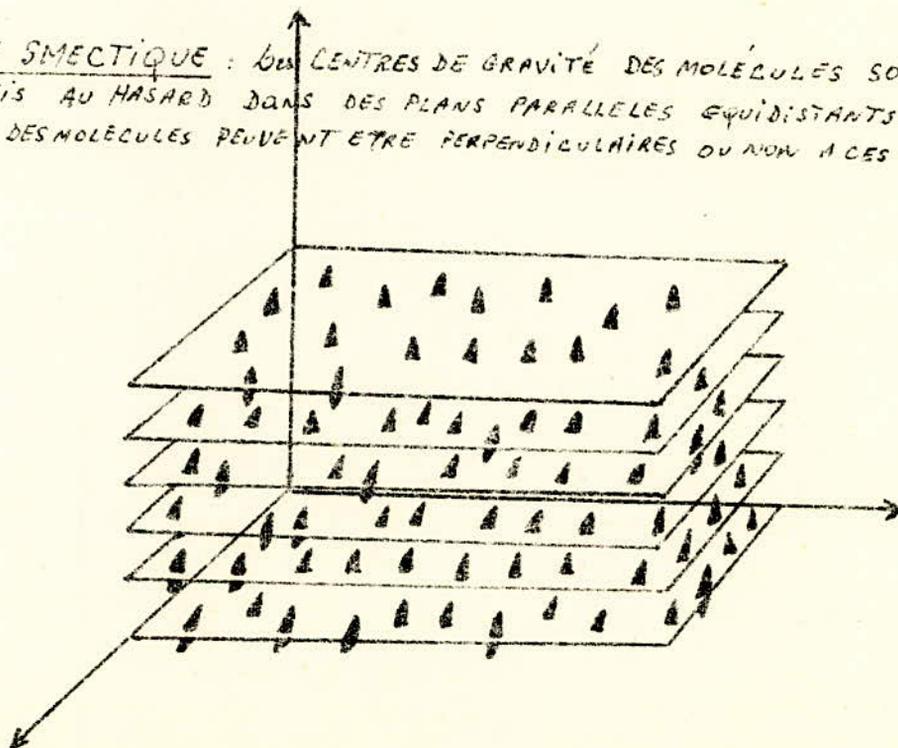


Fig. 2 PHASE NEMATIQUE = LES MOLECULES SONT PARALLELES A UNE DIRECTION DONNEE.

Fig. 1

PHASE SMECTIQUE : Les CENTRES DE GRAVITE DES MOLECULES SONT REPARTIS AU HASARD DANS DES PLANS PARALLELES EQUIDISTANTS LES AXES DES MOLECULES PEUVENT ETRE PERPENDICULAIRES OU NON A CES PLANS.



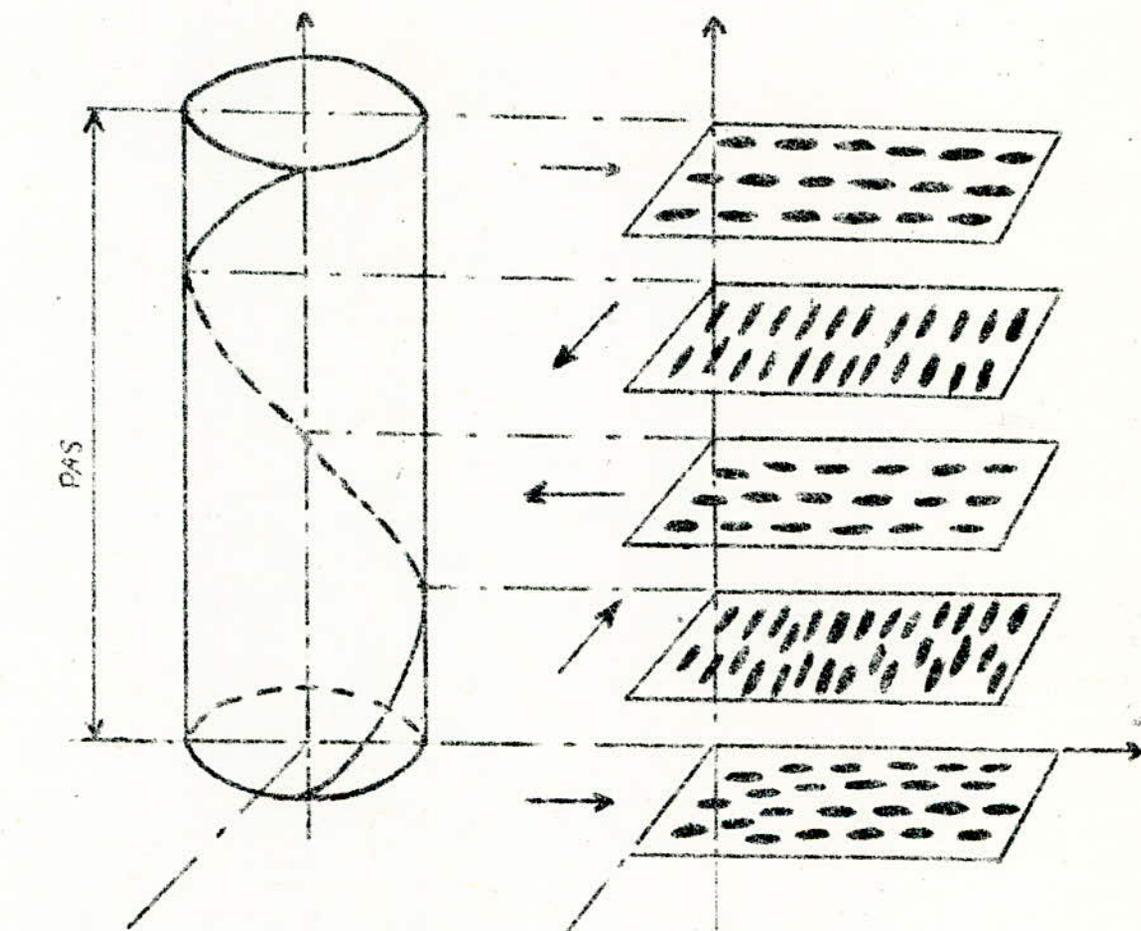


Fig 3: PHASE CHOLESTÉRIQUE LES MOLECULES SONT SITUÉES DANS DES PLANS PARALLELES ET EQUIDISTANTS, MAIS ORIENTÉES SUIVANT UNE DIRECTION QUI TOURNE EN HELICE D'UN PLAN A L'AUTRE.

On ne s'intéressera désormais qu'aux seules phases nématiques et cholestériques. La phase smectique ne diffère fondamentalement en effet de la phase nématique que par la stratification de ses molécules c'est à dire par une contrainte supplémentaire imposée à leurs mouvements. Moins sensibles de ce fait que les nématiques aux perturbations extérieures électriques ou magnétiques les smectiques n'ont pas encore trouvé de domaine pratique d'emploi.

## 2-2 LES CRISTAUX LIQUIDES NEMATIQUES OU PHASE NEMATIQUE :

Les composés organiques pouvant s'organiser sous cette architecture sont caractérisés par des molécules de forme allongée, longueur d'environ 30 Å sur à peu près 5 Å de diamètre, par une chaîne centrale rigide et par la présence de dipôles et de groupement aisément polarisables.

Si l'on étudie les propriétés électromagnétiques et optiques de ces structures, on s'aperçoit que de par leur architecture ils se comportent comme des cristaux uniaxe dont l'axe optique est la direction d'alignement des molécules et que de par leurs propriétés de liquide, de la présence de dipôles et de groupement pouvant se dissocier en ions, leurs propriétés optiques sont modifiées par l'application d'un champ.

Sous certaines conditions de fréquence et d'intensité, ce champ peut faire tourner les molécules autour de leurs deux axes entrainer des dissociations et la création de courants ioniques qui perturbent l'agencement cristallin ( arrangement cristallin ).

Il est à signaler que quelque soit le mode de fonctionnement retenu on opère toujours sur des échantillons parfaitement transparents en l'absence de champ électrique appliquée, ce qui conduit à n'utiliser le cristal liquide que sous la forme de films minces de 50 microns d'épaisseur. Quatre modes de fonctionnement ont été proposés. Ce sont classés par ordre chronologique:

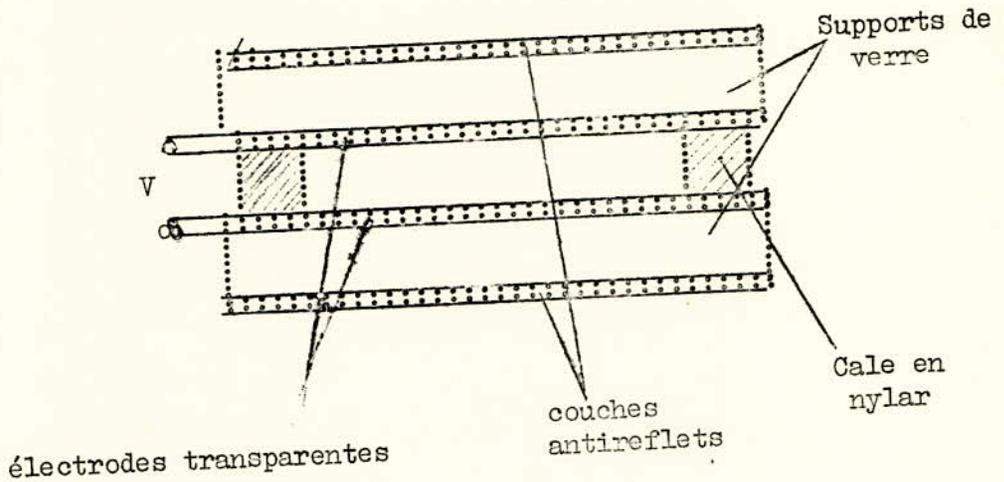
La diffusion dynamique, diffusion haute fréquence, la biréfringence contrôlée et la commutation par effet de champ .

### 2-2-1 LA DIFFUSION DYNAMIQUE

Pour toutes les applications des visualisations à cristaux liquides le schéma de base de la cellule est le même.

Le cristal liquide est disposé entre 2 plaques de verre séparées par des cales de 10 à 20 μ d'épaisseur et recouvertes intérieurement d'électrodes transparentes ou N E S A ( par exemple d'oxyde d'étain ).

Pour éviter toute perte de lumière par réflexion, les glaces les extérieures de l'ensemble sont traitées au moyen d'une couche adaptatrice antireflets. Le schéma de la cellule est représenté figure suivante:



Dans ces conditions et en l'absence de tension appliquée, la cellule apparaît parfaitement transparente à la lumière blanche encore que très légèrement colorée en jaune par suite d'une forte absorption des radiations violettes par le cristal liquide. Mais si l'on applique aux électrodes NESA une tension croissante  $V$  on constate l'existence d'un seuil à partir duquel le film nématique devient fortement diffusant et porteur de ce fait, lorsqu'il est éclairé, d'une information lumineuse à commande électrique. Ce phénomène de diffusion peut être mesuré soit sur la lumière transmise soit sur la lumière rétrodiffusée par la cellule.

Deux caractères remarquables confèrent à cet effet électrooptique nouveau un intérêt de visualisation.

Le premier se rapporte à la faible valeur des tensions requises tout à fait compatibles avec celles disponibles dans les équipements autonomes transistorisés.

Le second est lié à la très faible densité de courant prélevée à la source de tension et qui limite à quelques dizaines de microwatts par centimètre carré seulement la puissance nécessaire à la visualisation de la surface diffusante. A ces avantages technologiques enfin s'en ajoute un autre, d'ordre économique puisque les cellules à cristal liquide peuvent être produites à un prix extrêmement bas.

L'explication qualitative de la diffusion dynamique est que sans l'effet de l'agitation thermique un faible dérangement de la structure est amplifié par le champ électrique, il se crée simultanément un courant ionique avec turbulences qui tendent à détruire l'édifice cristallin. A partir d'un certain seuil de courant, l'ordonnement cristallin est rompu et c'est de là la variation dynamique de l'indice à l'intérieur de la cellule que résulte l'effet de diffusion pour lutter contre le dépôt continu d'ions sur les électrodes on utilise au lieu de la tension continue considérée jusqu'ici, une tension alternative située entre 50 et 100 Hz. Ainsi la durée de la vie de la cellule est portée à quelques milliers d'heures ( 10.000 h sur certains produits spéciaux ).

L'explication quantitative est très délicate. il est à remarquer que les substances nématiques qui donnent lieu à l'effet de diffusion dynamique sont caractérisées par une anisotropie négative de l'indice qui tend à orienter les molécules perpendiculairement au champ électrique, c'est à dire parallèlement aux électrodes.

a) CARACTERISTIQUES PRINCIPALES :

Le contraste augmente avec l'intensité du champ électrique ( Fig 4 ) et l'épaisseur de la lame cristalline. Toutefois on limite pour améliorer les temps de montée et de descente.

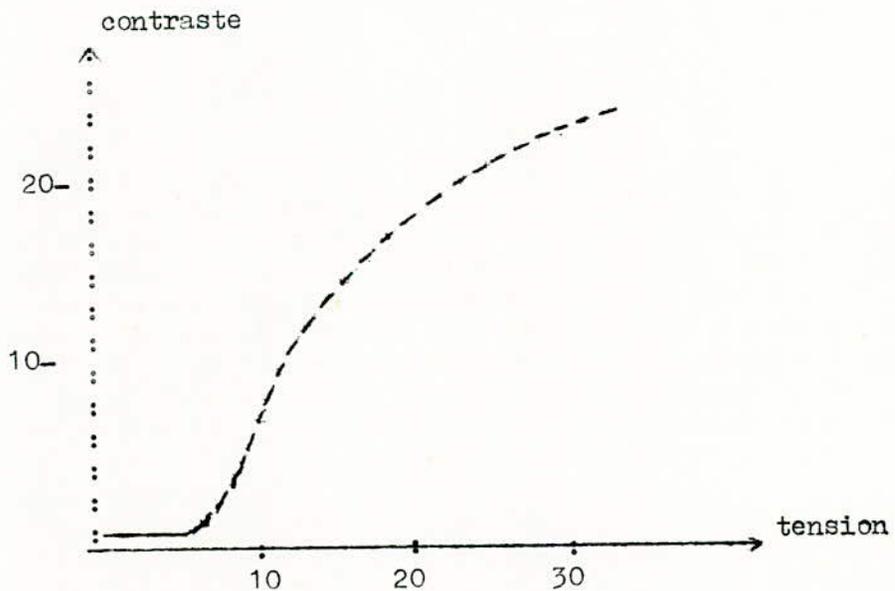


Fig. 4

Le temps de réponse : il est de l'ordre de 10 millisecondes à la montée ( ou écriture ) et 100 millisecondes à la descente ( ou effacement ) ces chiffres ne doivent être pris que comme des ordres de grandeurs

Car les mécanismes correspondants sont étroitement liés à la nature du produit utilisé, à la température, à la tension de commande et aussi à l'épaisseur du film considéré.

Des exemples typiques relatifs à l'influence de la température et de la tension sont donnés sur diagrammes Fig. 5 et 6 .

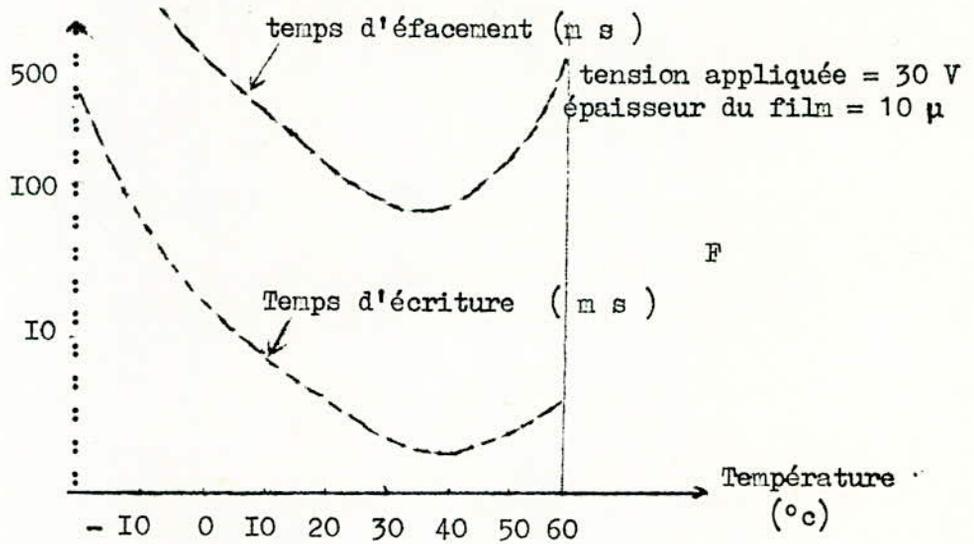


Fig 5.

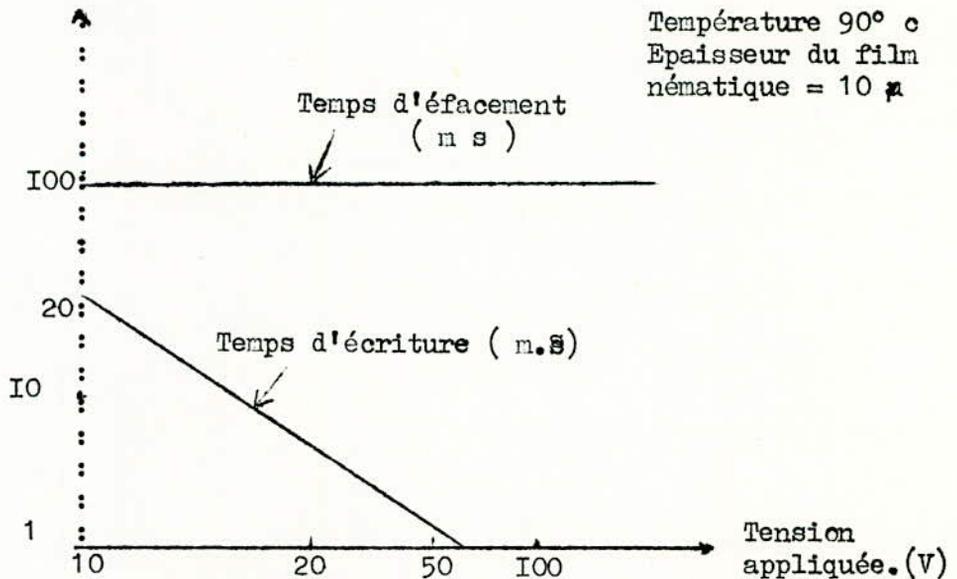


Fig 6.

b) PRINCIPAUX PRODUITS UTILISES :

La production industrielle de dispositifs d'affichage à cristaux liquides est conditionnée bien sûr par la disponibilité de produits dont le domaine entre les 2 températures normales d'utilisation. Des premiers produits à être commercialisés ont été successivement. Le méthoxybenzélidène - n - butylaniline ou M B B A dont les températures  $t_1 = 20^\circ \text{ c}$  et  $t_2 = 45^\circ \text{ c}$ .

L'ethoxybenzidène - n - butylaniline ou E B B A dont les températures  $t_1 = 32^\circ \text{ c}$   $t_2 = 68^\circ \text{ c}$ .

Un mélange de M.B.BA et d'E.B.B.A couvre le domaine à  $60^\circ \text{ c}$  c'est d'une façon générale par des mélanges dont la composition n'est pas divulguée par leurs fabricants que sont obtenus les produits les plus performants tant en ce qui concerne la durée de vie que le domaine  $t_1 \text{ --- } t_2$  ( appelé domaine de mésomorphisme ).

2-2-2 LA DIFFUSION HAUTE FREQUENCE :

Il s'agit là d'une diffusion dynamique mais provoquée cette fois par action directe de la tension de commande sur les molécules du cristal liquide.

D'assez bons résultats ont été obtenus en soumettant la fibre nématique à une tension voisine de 50 V efficaces vers 1000 Hz environ . Le seul avantage de ce procédé sur la diffusion dynamique ordinaire est que la durée de vie de la cellule n'est plus limitée par l'électrolyse du produit. En contre partie la tension de commande est élevée et la diffusion relativement faible.

2-2-3 LA BIREFRINGENCE CONTROLÉE (Diffusion contrôlée )

à) Principe: L'effet produit par un champ électrique externe sur l'orientation des molécules qui composent un film nématique peut être mis à profit pour contrôler les caractéristiques optiques de ce film sans pour cela en détruire l'arrangement monocristallin.

A la différence de la diffusion dynamique qui peut être observée sans précautions spéciales sur de nombreux échantillons, la manifestation correcte de la biréfringence contrôlée nécessite la réalisation préalable de plusieurs conditions délicates relatives notamment à la nature du produit utilisé et à son conditionnement dans la cellule.

Le schéma de base de la cellule est toujours le même la biréfringence contrôlée n'est applicable qu'aux cristaux liquides nématiques à anisotropie négative. L'effet du champ électrique appliqué va tendre à orienter les molécules de façon à ce que leur grand axe et par suite l'axe optique du milieu soit perpendiculaire au champ.

Il n'y aura donc de biréfringence contrôlée que si l'axe optique initial n'est pas lui même parallèle aux électrodes, la seule configuration possible étant obtenue lorsqu'il sera au contraire orthogonal à leur plan. C'est cela que l'on réalise en injectant simplement entre les plaques de verre le mélange nématique additionné d'une faible quantité d'un dopant approprié ( par exemple une versanide au taux de 5 % ). Comme la diffusion dynamique, la biréfringence contrôlée est caractérisée par un seuil de tension.

#### b) CARACTERISTIQUES PRINCIPALES.

L'exploitation du phénomène de biréfringence contrôlée présente sur celui de la diffusion dynamique plusieurs avantages importants.

- Tension de commande inférieure : une dizaine de volts seulement au lieu de 30 à 40 V nécessaires en diffusion dynamique pour obtenir à la fois temps de montée rapide et un contraste satisfaisant.

- Temps de montée beaucoup plus courts jusqu'à 10  $\mu$ s environ au lieu de 10 ns, mais temps de descente du même ordre ( 100  $\mu$ s

- Longue durée de vie : Le phénomène d'électrolyse est ici inexistant.

- Possibilité d'affichage couleur en contrepartie, l'effet de biréfringence contrôlée ne peut être utilisé qu'en lumière transmise l'éclairage ambiant est à exclure.

#### c) PRINCIPAL PRODUIT UTILISE

Mélange équimolaire M B B A - E B B A

#### 2.2.4 LE NEMATIQUE TORSADE ( en hélice ).

Cette propriété est observée sur des composés à anisotropie diélectrique positive c'est à dire que toutes les molécules s'orientent parallèlement au champ électrique. La conception des parois et les additifs est telle que les molécules s'alignent parallèlement aux parois et qu'elles forment un angle de  $\frac{\pi}{2}$  entre elle.

On obtient ainsi artificiellement une structure en hélice du type cholestérique. L'application du champ électrique tend à redresser cette hélice en alignant les molécules perpendiculairement aux parois. La cellule étant placée entre 2 Polariseurs parallèles aux axes de polarisation de la structure en hélice. Dans cette condition la cellule opaque devient transparente sous tension.

#### a) CARACTERISTIQUES PRINCIPALES/

Le mode a deux avantages majeurs qui sont:

- La faiblesse des tensions requises elles sont de l'ordre du volt.

- La très grande durée de vie.

Ce nouvel effet électrooptique se prête surtout à des opérations de commutation.

2-2-5 - ETUDE COMPARATIVE DES SYSTEMES DE DIFFUSION DYNAMIQUE DE BIREFRINGENCE ET DES TYPES EN HELICE:

LES CARACTERISTIQUES INDIQUEES DANS LE TABLEAU SUIVANT SONT DES EXTREMES METTANT EN CONCURRENCE DES COMPOSANTS DE PLUSIEURS CONSTRUCTEURS ELLES NE SONT PAS FORCEMENT REUNIES SUR LE MEME ELEMENT.

TYPES		DIFFUSION DYNAMIQUE	DIFFUSION VARIABLE	NEMATIQUE EN HELICE
ANISOTROPIE - DIELECTRIQUE		N	N	P
COULEUR		BLANC	BLANC - NOIR - ROUGE JAUNE - VERT - BLEU VIOLET	BLANC - NOIR OU AUTRES SUIVANT ECLAIRAGE
TENSION	DE FONCTIONNEMENT (V)	15 à 25	2 à 30	3 à 6
	NATURE	PERIODIQUE SYMETRIQUE	ALTERNATIVE	ALTERNATIVE
	FREQUENCE (HZ)	50 à 100	1000	50 à 10.000
PUISSANCE CONSOMMEE en $\mu W / cm^2$		100 à 200	20 à 50	10 à 15
TEMPS	DE MONTÉE (MS)	5 à 30	50	300 à 300
	DE DESCENTE (MS)	50 à 300	200	200 à 600
TEMPERATURE	STOCKAGE (%)	-40, +85	-	-20, +80
	FONCTIONNEMENT (%)	-10, +70	-	-10, +55
DUREE DE VIE (heures)		ANNONCEE 10.000	-	ESPEREE 30.000
TRANSMISSION REFLEXION		T OU R	T	T OU R

### 2-3. LA PHASE CHOLESTERIQUE.

Le réseau cristalin peut être décrit comme formé de plans parallèles eux-mêmes définis par une distribution uniforme de molécules orientées toutes suivant la même direction (fig.3) qui tourne en hélice d'un plan à l'autre. Le pas de l'hélice est compris entre 0,3 et 0,7  $\mu$ .

Cette configuration particulière des molécules permet de comprendre l'essentiel du comportement optique des substances cholestériques à savoir:

- a) une activité optique qui peut être extrêmement élevée.
- b) un fort pouvoir dichroïque.

Ces deux phénomènes sont étroitement liés aux résonances possibles (dans l'hélice) du champ électromagnétique incident. C'est ainsi que le pouvoir rotatoire s'annule en changeant de signe lorsque  $\lambda = n \cdot p = \lambda_0$ .

où  $n$  est l'indice moyen du milieu et  $p$  le pas de l'hélice et  $\lambda_0$  est appelé longueur d'onde d'inversion.

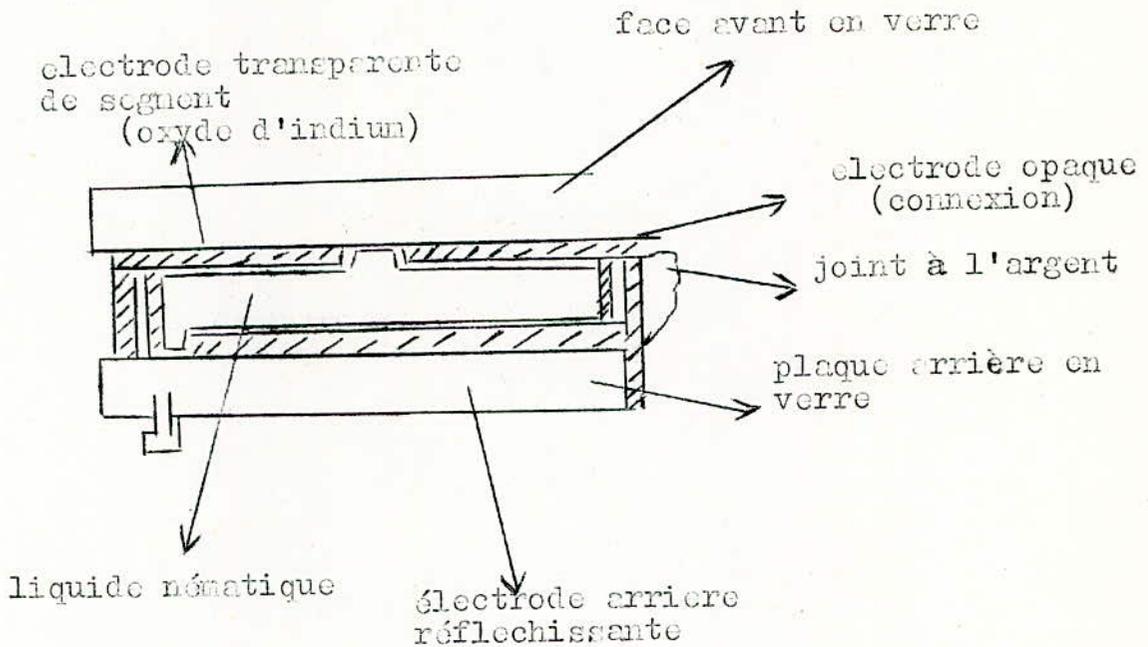
Comme on l'a vu à propos des nématiques, la structure moléculaire des cholestériques peut être influencée elle-même par l'application de champs électriques ou magnétiques, mais

c'est presque exclusivement à l'étonnante sensibilité qu'ils présentent à la température que les cholestériques doivent l'essentiel des applications dont ils sont aujourd'hui l'objet.

### 2-4-FIABILITE DES CRISTAUX LIQUIDES

Le développement des afficheurs à cristaux liquides a été freiné pendant quelques années par le manque de fiabilité des premiers prototypes. Il suffisait d'une variation de pression faible (simplement celle qui correspond à un passage à l'altitude de 1500m) pour détruire le dispositif; une variation de température assez modeste pouvait avoir le même effet. Maintenant on mesure de produire des afficheurs à cristaux liquides d'une bonne fiabilité, et il est à prévoir que ce type va se généraliser beaucoup, surtout quand on cherche avant tout à consommer peu, comme dans le cas de la montre électronique à affichage numérique.

2-5- COUPE SCHEMATIQUE D'UN AFFICHEUR A CRISTAUX LIQUIDES DU MODE PAR REFLEXION:



2-6- QUEL AVENIR POUR LES CRISTAUX LIQUIDES?

Il y a encore très peu de temps, les afficheurs à cristaux liquides apparaissent plutôt comme des curiosités de laboratoire sans grand avenir commercial en égard aux difficultés de fabrication et aux performances plutôt douteuses (excepté au niveau de la consommation).

Il semble que ce type d'affichage reprenne du terrain, notamment dans le domaine des montres bracelets. Un nouveau type d'afficheur à cristaux liquides vient d'ailleurs de faire son apparition sur le marché baptisé "transflectif", il a principalement été mis au point pour répondre aux exigences des utilisateurs de montres électroniques, car disposant d'une face arrière métallique diffusée. Il est réflectif à la lumière du jour et transmissif la nuit quand il est éclairé par l'arrière.

Les cristaux liquides n'apprécient guère, comme on l'a déjà dit auparavant, les composantes continues des tensions de commande: elles les détruisent par électrolyse.

aussi, American Microsystems Inc. a mis au point un matériau acceptant, sans problème des pointes jusqu'à 20V.

De nombreux industriels ont cru très tôt à l'avenir des cristaux liquides, un certain nombre d'entre eux, peut être partis trop rapidement dans l'aventure ont dû rectifier leur position. Actuellement le marché, qui se développe

tourne plus particulièrement autour des montres. Ainsi RCA et AMI aux États-Unis (sans compter Hamlin), Brown, Boveri et Siemens en Europe ont engagé en force la bataille des cristaux liquides.

En ce sens, la victoire des cristaux liquides face aux LED est d'ores déjà acquise: la demande en horlogerie est tellement importante que les industriels ont du mal à fournir.

On sait également réaliser des panneaux de visualisation à cristaux liquides. C'est le cas notamment de celui présenté par Siemens qui affiche 7 lignes de 32 caractères en quelques secondes. Néanmoins il reste en ce domaine pas mal de progrès à accomplir...

## 2.7 = COMPARAISON DES DISPOSITIFS D'AFFICHAGE A LED ET CRISTAUX LIQUIDES

NOUS REPRODUISONS CI APRÈS UN TABLEAU COMPARATIF PUBLIÉ DANS "ELECTRONIC DESIGN" QUI PENSONS-NOUS SERA D'UNE AIDE PRÉCIEUSE POUR FAIRE LE CHOIX D'UN DISPOSITIF D'AFFICHAGE.

	LED	CRISTAUX LIQUIDES	
		DIFFUSANTS	EFFET DE CHAMP
PUISSANCE PAR CARACTERE	10 à 140 mW SELON COULEUR	100 µW	1 à 10 µW
TENSION D'ALIMENTATION	5V	18V	3 à 7V
TEMPERATURE	-55°C à 125°C	0 à 80°C	0 à 70°C
VITESSE DE COMMUTATION	1 µs	300 nms	100 à 300 nms
DURÉE DE VIE (heures)	100.000 +	10.000	10.000
COULEURS	ROUGE - ORANGE JAUNE - VERT	SELON L'ECLAIRAGE	SELON L'ECLAIRAGE
BRILLANCE	BONNE A EXCELLENTE	SELON L'ECLAIRAGE	SELON L'ECLAIRAGE
FORME	7 ET 16 SEGMENTS MATRICES DE 5x7 POINTS	7 et 16. SEGMENTS	7 et 16 SEGMENTS
HAUTEUR (1)	0,2 à 0,6 in	0,2 à 8 in	0,2 à 2 in
SOLIDITÉ	EXCELLENTE	BONNE	BONNE
FACILITÉ DE MONTAGE	EXCELLENTE	DELICATE	DELICATE

(1) ON CONSERVE LA NOTATION EN POUCES (in) RAPPELONS QU'UN POUCE = 25,4 mm

## AFFICHAGE

### I - AFFICHAGE A SEPT SEGMENTS

#### - 1-1 DIODES ELECTROLUMINESCENTES

L'afficheur comporte donc sept diodes "L.E.D." ayant une électrode commune, souvent l'anode. Les L.E.D. en question sont des sources de lumière ponctuelles, mais des diffuseurs de lumière font en sorte que la lumière de chaque diode se diffuse en un petit trait d'environ  $0,7 \times 3,5$  mm, constituant un segment. Il y'a souvent une huitième diode qui, quand elle est parcourue par du courant, illumine un point à droite ou à gauche du chiffre, pour afficher la virgule - (FIGURE 1) -

Les plus couramment employés sont ceux qui utilisent les L.E.D. à la lumière rouge : le rendement lumineux est bon, ces afficheurs sont très visibles, même dans une zone assez éclairée, surtout si l'on prend la précaution de placer contre les afficheurs, une plaque de plastique teintée de rouge.

Il y'a aussi des afficheurs à sept segments qui utilisent des L.E.D. à la lumière jaune, d'autres avec des L.E.D. à la lumière verte. Il faut faire attention à la visibilité de ces derniers, quelquefois beaucoup moins bonne, que celle des afficheurs rouges.

Pour les cas où l'on désire afficher un grand nombre de chiffres côte à côte, avec un petit encombrement et surtout une très petite puissance, on emploie souvent des afficheurs donnant des chiffres de 2,35 mm de hauteur, ce qui est évidemment très petit, mais cependant très lisible, surtout en raison de la disposition du plastique rouge qui les enrobe et qui forme une loupe. de tels chiffres se lisent parfaitement jusqu'à 1m de distance. On les emploie dans l'affichage des résultats des petites calculatrices de poche, par exemple les machines à quatre opérations, ou les mini-ordinateurs, comme les HP-35, HP-45 et HP-30 (HELVETT - LACKARD).

Ces afficheurs sont alors groupés dans un même bloc par quatre ou cinq.

La présentation de l'ensemble ressemble à celle d'un circuit intégré en boîtier (( DUAL IN LINE )). Pour ne pas multiplier les broches de connexions ( en principe neuf par chiffre, chacun emportant un point décimal et une électrode commune) on a utilisé un système spécial de connexion. Ces afficheurs, souvent du type à cathode commune (par chiffre) ont chacun une cathode. Mais l'anode qui commande le segment a, par exemple, est la même pour les cinq chiffres. Il y'a aussi une même anode pour les cinq segments "B", Etc...

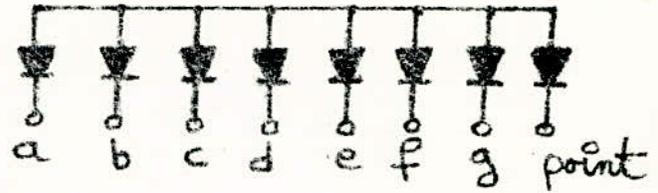
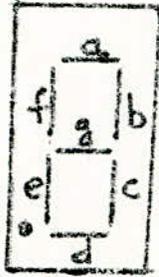


Fig 1: Affichage 7 segments à L.E.D.

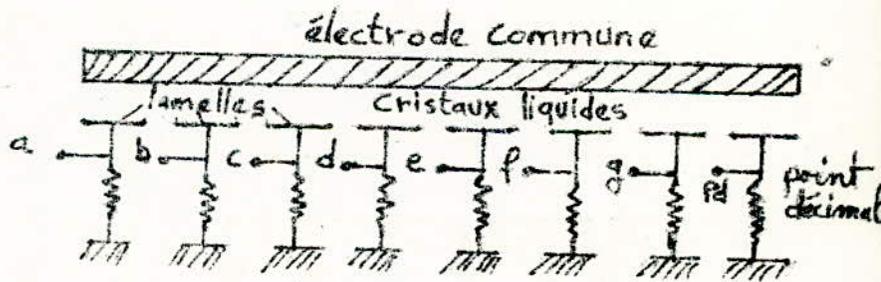
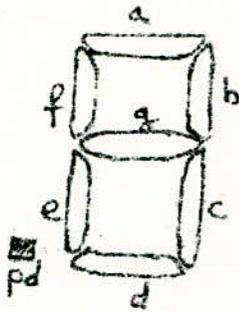


Fig 2: Affichage 7 segments à Cristaux liquides

En fin il y'a une même anode pour les cinq diodes de ((POINT DECIMAL)).

Si l'on fait arriver du courant par l'anode commune des segments b et par l'anode commune des segments c, il s'allumera un "1" dans celui des afficheurs dont nous mettons la cathode à la masse.

Si l'on veut afficher des chiffres différents sur les cinq afficheurs du groupe, il faudra faire un affichage séquentiel. On excitera les anodes correspondants à certains segments (a, b, c, d et g par exemple pour les 3) en même temps que l'on met à la masse la cathode de l'afficheur sur lequel on veut faire apparaître un "3" ensuite, on change les anodes excitées en même temps que l'on change la cathode mise à la masse, pour faire apparaître, sur un autre afficheur, un autre chiffre. Il suffit de faire succession cyclique suffisamment rapide pour que l'oeil ne voit rien : on a vraiment l'impression que tous les chiffres sont allumés en même temps.

Un premier avantage de cet allumage séquentiel est donc la diminution du nombre de connexions par groupe de cinq afficheurs (8 anodes et 5 cathodes, soit 13 connexions) en tout au lieu de  $5 \times 9 = 45$  connexions).

En outre, si l'on envoie dans un afficheur un courant de 10 mA par segment pendant le dixième de temps, le courant étant coupé (ou envoyé dans d'autres afficheurs pendant les 9 autres dixièmes), la luminosité apparente pour l'oeil de l'observateur est beaucoup plus élevée que si l'on avait envoyé 1 mA par segment tout le temps dans ce même afficheur.

#### \* COMMANDE DES AFFICHEURS 7 SEGMENTS A L.E.D.

La technique actuelle a mis au point divers circuits intégrés spécialement prévus pour commander les afficheurs à 7 segments. S'il s'agit d'afficheurs à L.E.D., on emploie souvent des circuits intégrés qui sont montés avec des sorties (( COLLECTEURS OUVERTS)). On doit alors employer des afficheurs à anode commune, cette anode étant alimentée sous 5 V, comme le  $V_{cc}$  du circuit; les cathodes allant vers les sorties.

Ici se pose un problème. Les L.E.D. sont des diodes à l'arsénure de gallium, dont la tension directe est comprise entre 1,5 V et 1,8 V, mais dans lesquelles le courant augmente rapidement quand la tension à leurs bornes dépasse un peu ce seuil.

Il peut être nécessaire de disposer sept résistances entre les sorties de cathodes des L.E.D. et les collecteurs des transistors qui les commandent dans le circuit intégrés. Il y aura donc, par poste d'affichage, un circuit décodeur, sept résistances et l'afficheur .

On ne peut mettre la résistance dans le circuit d'anode de l'afficheur: le courant total de cette anode dépend du chiffre affiché. Il va de presque rien dans la cas de l'affichage d'un point décimal, en passant par le courant de deux segments ( AFFICHAGE DE 1 ) ou courant des sept segments (AFFICHAGE DE 8).

\* Afin d'éviter l'encombrement dû à l'emploi d'éléments discrets ( résistances, entre autres) en plus des boîtiers de circuits intégrés, des constructeurs de circuits ont étudié des modèles qui ne nécessitent pas les sept résistances extérieurs: on s'arrange à ce que le courant de chaque transistors de sortie soit bien défini, quelle que soit la tension collecteur. Ce courant prédéterminé peut alors être ((programmé)) par une tension que l'on applique à une broche donnée, ou par une résistance (unique) que l'on place à l'extérieur du boîtier.

Un solution intéressante pour commander les sept segments consiste à utiliser une décade qui comporte à l'intérieur d'elle même un décodeur, surtout si ce décodeur est réalisé sous forme de MOS, qui ont une sorte de ((résistance apparente)) assez bien commune, permettant de connecter chaque diode à un MOS, sans utilisation de résistance extérieure.

Dans les circuits de commande de L.E.D. à sortie MOS, on a encore un avantage: comme les MOS sont réversibles, l'électrode commune des sept MOS de commande des segments peut aussi bien être considérée comme leur source que comme leur drain, on peut alors utiliser aussi bien des afficheurs à cathode commune que des afficheurs à anode commune .

D'autre part ces circuits de commande des afficheurs sept segments en L.E.D. ont des perfectinements intéressants; possibilités de vérifier les afficheurs (une mise à la masse d'une entrée des circuits décodeurs permet d'afficher des 8 partout, ce qui donne la possibilité de vérifier le bon fonctionnement de tous les segments), possibilité d'éteindre tous les zéros situés à gauche du premier chiffre significatif dans l'affichage d'un nombre décimal élevé.

#### 1-2 CRISTAUX LIQUIDES:

La figure 2 nous montre le schéma électrique d'un affichage ((7 segments)) à cristaux liquides.

~~21~~

- COMMANDE D'UN AFFICHEUR SEPT SEGMENTS A CRISTAUX LIQUIDES:

Avec un modèle classique d'afficheurs à cristaux liquides, on commande très bien les segments avec une tension de l'ordre de 24 V. Une tension continue donnerait un bon affichage, mais elle provoquerait comme on l'a déjà mentionné avant une électrolyse lente du produit, conduisant à une destruction en un temps trop court. On excite donc les cristaux liquides par des signaux carrés. Le schéma utilisé est celui de la figure 3.

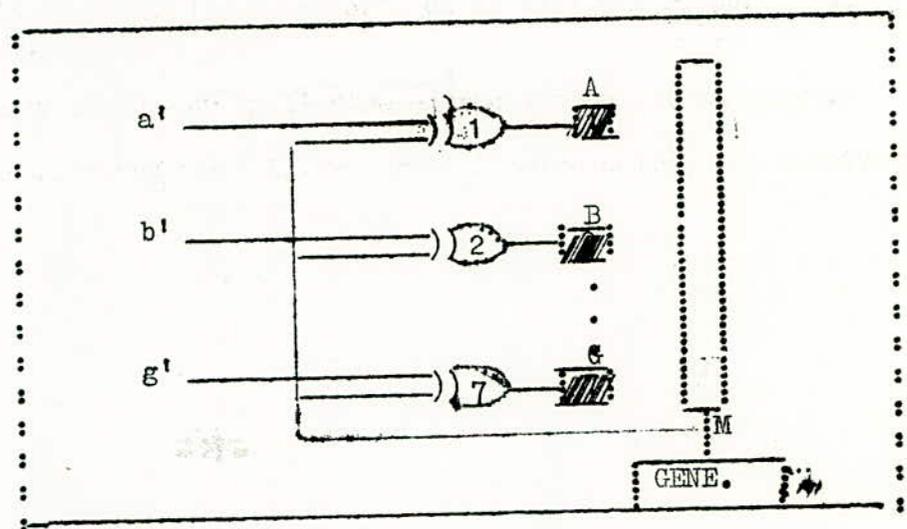


Fig. 3 : COMMANDE D'UN AFFICHEUR A SEPT (7) SEGMENTS A C.L.

On voit que chaque sortie de commande de segments  $a'$ ,  $b'$ , ...,  $g'$  attaque une entrée d'un circuit ((OU EXCLUSIF)) (1), ..., (7).

L'électrode commune M de l'afficheur à cristaux liquides est attaquée en signaux rectangulaires par un générateur "GENE" qui attaque aussi l'autre entrée de chaque ((OU EXCLUSIF)) de (1) à (7).

Un circuit ((OU EXCLUSIF)) se comporte on le sait par rapport à une de ses entrées:

- Comme un inverseur si l'autre entrée est au niveau haut .
- Comme un circuit non inverseur si l'autre entrée est au niveau bas.

Donc si la sortie  $a'$ , par exemple est au niveau logique bas on trouve sur l'électrode A (correspondant au segment horizontal du haut de l'afficheur) un signal qui est toujours le même que celui que le générateur applique sur l'électrode M et sur M et sur A, ces signaux étant en phase.

Il n'y'a pas donc de différence de potentiel entre M et A, le segment correspondant n'est pas excité.

Si maintenant la sortie a' est au niveau logique haut, le circuit (( OU EXCLUSIF )) (1) joue le rôle d'inverseur.

Il y aura donc, sur l'électrode A, un signal en opposition de phase avec celui qui est en M. Donc entre A et M, il y aura un champ électrique, d'un certain sens pendant la moitié du temps, d'un sens opposé pendant l'autre moitié, la partie du cristal liquide situé entre M et A se trouve donc excitée presque tout le temps (à l'exception des transitions), mais sans risque de décomposition électrolytique.

Etant donné que la commande des afficheurs à cristaux liquides doit se faire avec une consommation de puissance minimale (puisque c'est là l'avantage principal de ce type d'afficheur).

Il est essentiel que l'ensemble des circuits ((OU EXCLUSIFS )) de la Fig. (3) ne consomme presque rien. En outre ces circuits doivent être capables de fournir des signaux de sortie de près de 25 V crête à crête. Ces deux considérations ont amené les constructions à réaliser des circuits MOS du type septuple OU EXCLUSIF pour la commande des afficheurs à cristaux liquides. Un circuit de ce type par exemple est le S F C 5110 (SESCOSEM) dont la consommation maximale est de 50 mw.

### 1-3 AUTRES AFFICHEURS A SEPT SEGMENTS :

Il y'a d'autres techniques pour produire des segments visibles. Nous citerons d'abord assez rapidement une méthode qui ne nous semble pas vouée à un très grand développement : la luminescence cathodique.

On utilise un filament chaud, émettant des électrons, que l'on peut recevoir sur une anode quand elle est portée à un potentiel positif par rapport au filament. Cette anode est enduite de substance fluorescente qui s'illumine sous l'impact des électrons. Le plus souvent, on utilise un produit à luminescence verte.

Le filament, pour chaque segment, est situé vers l'avant du tube (le tout est enfermé dans un tube où il y'a le vide), du côté de l'observateur.

L'anode est au fond, c'est sa face intérieure qui est enduite de produit fluorescent. Le filament est si fin que, vu sa température peu élevée, il est pratiquement invisible sauf dans l'obscurité absolue.

- Un exemple de tube analogue à ce principe est le ((DIGIVAC))  
marque déposée de TUNG-SOL -WAGNER-

- Un autre afficheur à sept segments comporte simplement sept petits filaments que le passage du courant peut porter à l'incandescence. On arrive à obtenir un trait lumineux très visible avec seulement un courant de 20 mA sous une tension de 3,5 à 5 V .

Les décodeurs normalement prévus pour la commande des afficheurs sept segments à L.E.D. (Allant jusqu'à 10 mA par segment) peuvent généralement commander des tubes de ce type . Un modèle est le (( NUMITRONS )) (MARQUE DEPOSEE DE R.C.A.). Nous espérons plus (à l'avenir) possible de tels tubes qu'à celui des modèles à émission électronique.

On réalise aussi des tubes à douze afficheurs à sept segments plus le point décimal, avec une structure prévue pour la commande ((MULTIPLEXE)). Il y'a une anode par afficheur, mais toutes les cathodes correspondant au segment a, par exemple, sont interconnectés et ne correspondent qu'à un seul fil de sortie. Ce qui rend assez difficile le multiplexage pour un tel tube est la nécessité de connecter les anodes avec des transistors "P.N.P." haute tension, plus rares que les " N.P.N. haute tension.

1-4 EXEMPLE D'AFFICHAGE A 7 SEGMENTS

La figure 4 reproduit le schéma de commande d'affichage d'une décade accompagnée de la table de vérité du décodeur.

Pour faciliter la lecture de l'affichage on a imaginé la suppression des zéros non significatifs : une logique qu'il serait trop long de décrire ici détecte tous les zéros non précédés ou suivis de chiffres significatifs ( après le point décimal ) et envoie un ordre d'inhibition au décodeur correspondant ainsi si les sorties du compteur sont par exemple 00045, 0300 seuls les chiffres significatifs 45, 03 seront affichés, une porte ET contenue dans le décodeur inhibant toute la logique de cette dernière.

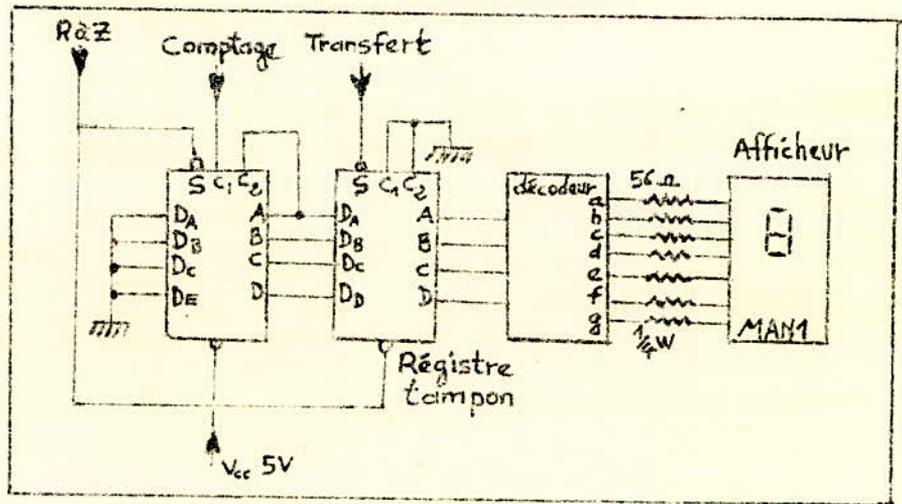


Figure: 4 : Schéma de principe d'affichage d'une décade

d c b a	A' B' C' D' E' F' G'	
0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1	
0 0 0 1	1 0 0 1 1 1 1	
0 0 1 0	0 0 1 0 0 1 0	
0 0 1 1	0 0 0 0 1 1 0	
0 1 0 0	1 1 0 1 1 0 0	
0 1 0 1	0 1 0 0 1 0 0	
0 1 1 0	0 1 0 0 0 0 0	
0 1 1 1	0 0 0 1 1 1 1	
1 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	
1 0 0 1	0 0 0 0 1 0 0	

Table de vérité du décodeur.

## 2 - AFFICHAGE A MATRICES DE POINTS :

### 2-1 LES MODULES 35 POINTS :

Le défaut des systèmes précédents est de ne permettre l'affichage que d'un nombre limité de caractères.

De plus, les difficultés technologiques de réalisations de voyants monolytiques de plus grands dimensions sont assez importantes. Pour y remédier à ceci des constructeurs ont pensé à utiliser des matrices de diodes discrètes associées sur un substrat isolant.

Les connexions étant obtenues par la technique des circuits intégrés Hydrides à film mince. La matrice la plus couramment utilisée comme porte, pour un caractère, 7 rangées horizontales de 5 diodes chacune, ce qui permet l'affichage de tous les chiffres, lettres de l'alphabet et signes mathématiques.

Lorsqu'on ne désire constituer que les chiffres et quelques lettres on a recours à une matrice simplifiée. (Fig. 5)

### 2-2 COMMANDE DES AFFICHEURS PAR MATRICE DE POINTS:

La commande des afficheurs par matrice de points nécessite l'emploi d'un générateur de caractères mettant en oeuvre une mémoire (R.O.M.) qui contient de toutes les combinaisons correspondantes aux caractères à afficher, les colonnes et les rangées : sont explorées cycliquement d'une manière analogue à celle décrite dans l'étude de mémoires en annexe.

### 2-3 PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT des MATRICES 35 POINTS

( D'après documentation HEWLETT -PACKARD ) (Fig. 6)

Toutefois, le système de lecture utilisé est à caractère séquentiel pour illuminer un diode, on doit fermer l'interrupteur de ligne et l'interrupteur de colonne correspondants

Pour faire apparaître une lettre on explore successivement les 7 lignes de diodes, en illuminant à chaque fois les diodes convenables selon le principe de la figure. On utilise une fréquence suffisamment élevée pour que les lettres paraissent stables, en évitant les éventuelles fréquences de résonance mécanique des supports.

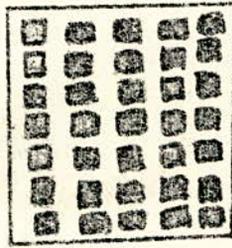


Fig 5 : Matrice simplifiée à 35 points

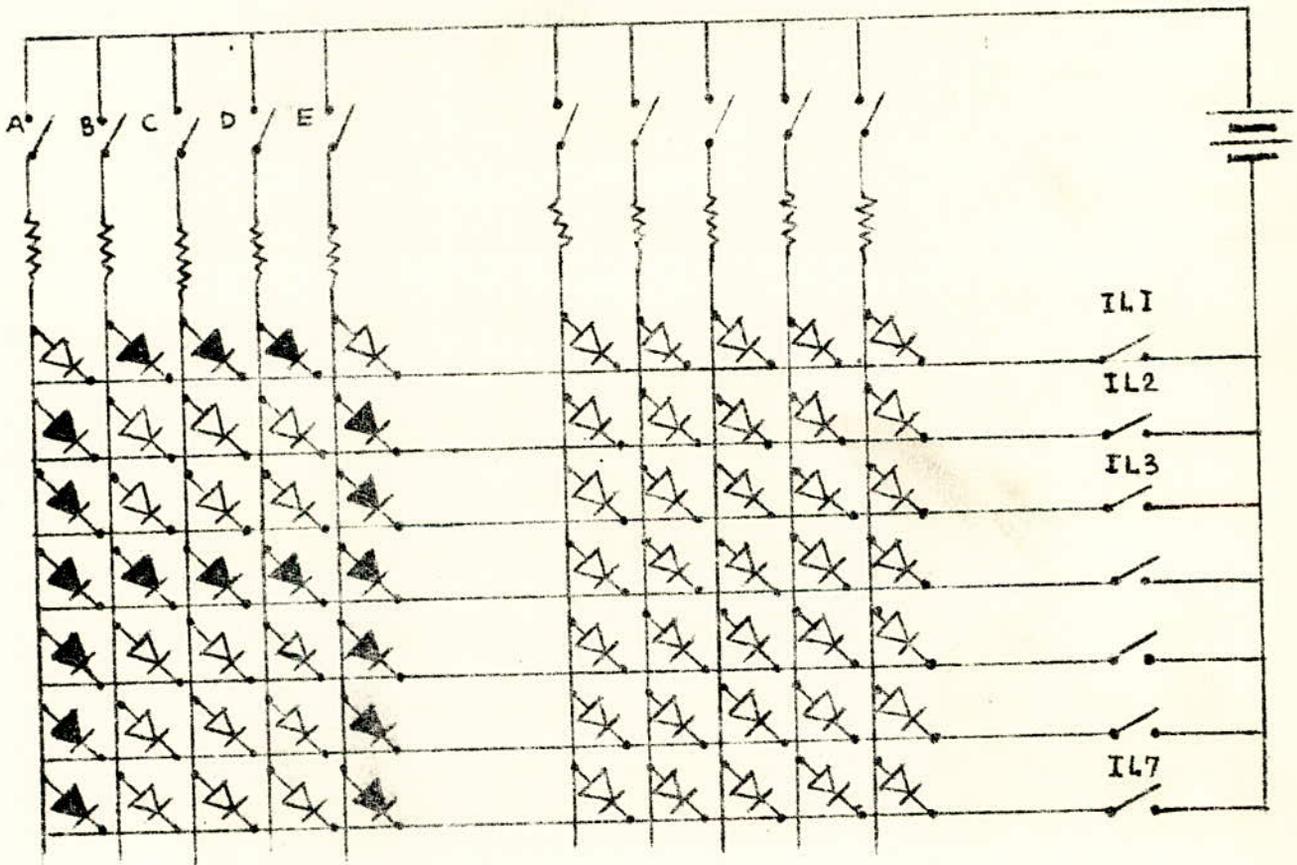


Figure 6 : Principe de fonctionnement  
( Affichage de la lettre A )

- 1) Fermeture de IL1 ; B ; C ; D.
- 2) Ouverture de " " " "
- 3) Fermeture de IL2 ; A ; E.
- 4) ouverture de IL2 ; A ; E.
- 5) Fermeture de IL3 ; A ; E.
- 6) ouverture de IL3 ; A ; E - etc ....

2-4- AUTRE AFFICHEURS A MATRICE DE POINT:

Ces afficheurs sont en général des tubes cathodiques. Citons tout de même que Burrough a mis en oeuvre l'afficheur "Self-scan". Cet afficheur est réalisé avec une matrice de cathodes verticales et d'anodes horizontales "balayées" cycliquement par les signaux issus de la logique. Des points lumineux apparaissent aux intersections intéressées.

2-5- EXEMPLES D'AFFICHAGE MATRICIEL:

-Affichage alphanumérique sur réseau L.E.D.intégré:(Figure7)

Pour classique qu'il soit, ce schéma n'offre pas moins l'avantage de bien montrer les fonctions dévolues à un système d'affichage alphanumérique sur un réseau de diodes électroluminescentes(L.E.D.) en un circuit intégré.

Ce circuit, c'est le 745-0005E de Dialight, réseau de 35 L.E.D en matrice de 5 par 7. Le caractère codé à afficher est fourni par un dispositif externe, sur les 6 lignes A<sub>1</sub> à A<sub>6</sub>, en code ASCII par exemple, et appliqué à une mémoire morte. Les 7 rangées du circuit d'affichage sont balayées en séquence, sous commande d'une horloge et d'un décodeur à 1 parmi 8, et c'est la R.O.M qui pilotera les L.E.D via ses cinq sorties. En fait le SN74155 utilisé ici est un double décodeur à 1 parmi 8.

Supposons qu'on veuille afficher la lettre K; le code ASCII correspondant est 001011; il est appliqué via les BUFFERS inverseurs à la R.O.M. Le compteur binaire émet en permanence ABC en cycles couvrant de 000 à 111, et vice-versa, de 111 à 000. Lorsque ABC=000, les sorties C<sub>1</sub> et C<sub>5</sub> dans la R.O.M sont hautes et C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont basses, ce qui correspond à la première ligne de la lettre analysée. A l'impulsion d'horloge suivante on change de ligne, et la R.O.M fournit un nouveau code, etc...

Sur la figure 8, on a un exemple de réalisation d'un affichage matriciel. Seulement le schéma ici est beaucoup plus simple. L'afficheur est une matrice de 7x5 points(MAN2) de MOSANTO.

.....



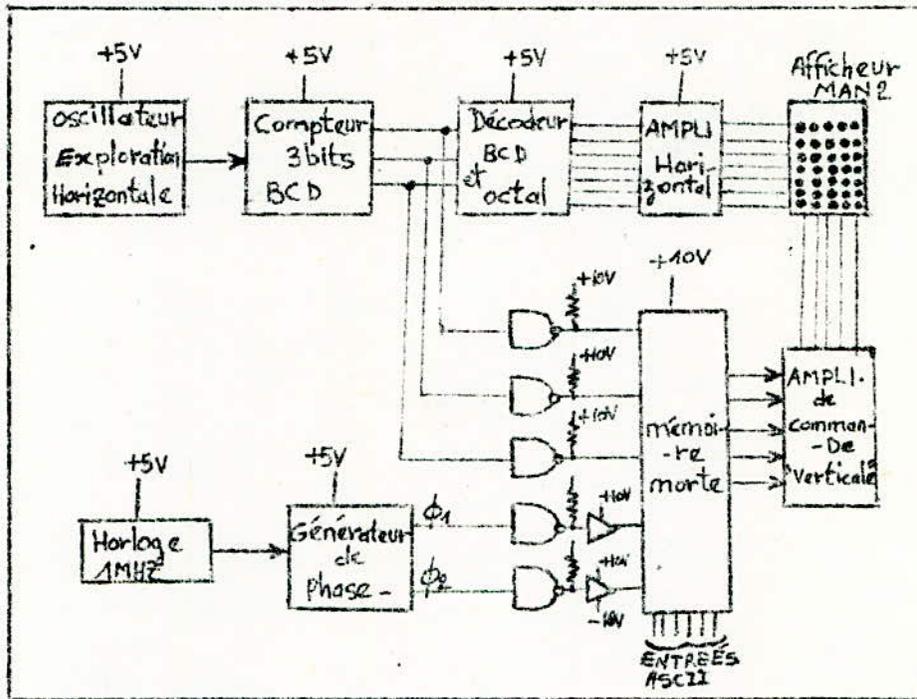
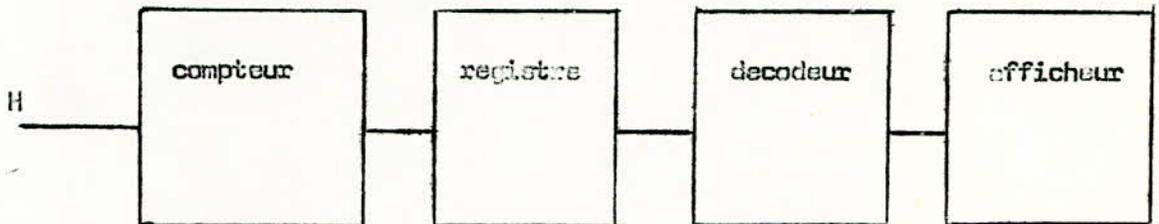


Figure 8 : Exemple pratique d'affichage matriciel.

REALISATION  
////////////////////

Dans cette partie nous proposons la réalisation d'un circuit permettant l'affichage d'une decade.

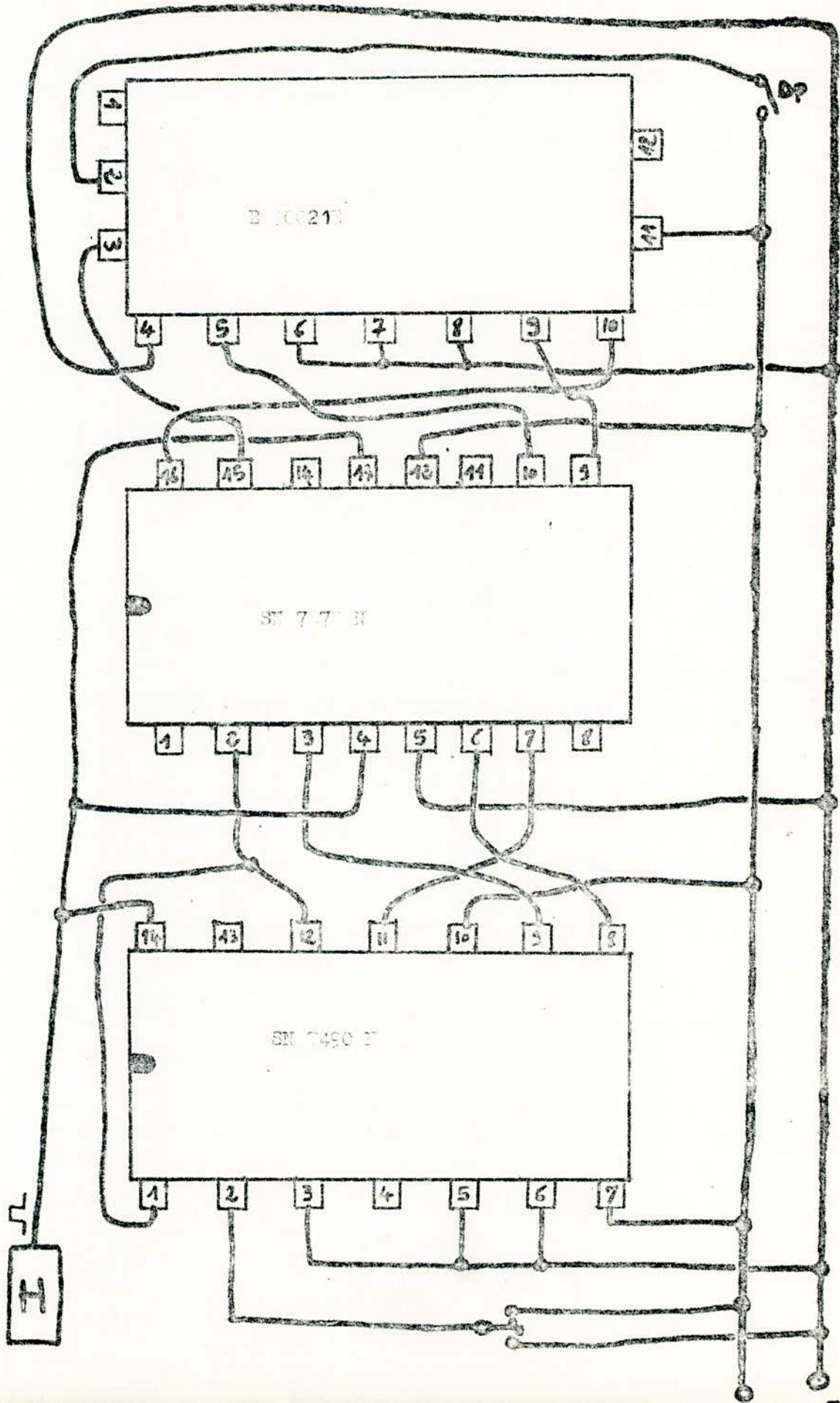
SCHEMA DE PRINCIPE:



- Il est inutile de rappeler ici le fonctionnement de chaque partie du schéma, vu que ceci a été traité dans la partie annexe.

NOMENCLATURE:

- Compteur: SN 7490 N de texas instruments (voir brochage fig2 )
- Registre: SN 7475 de texas instruments.
- Decodeur + afficheur: B 5002 1E (voir brochage fig 1 )
- Horloge: On a utilise un bouton poussoir (une bascule R S est prevue pour supprimer les rebondissements).



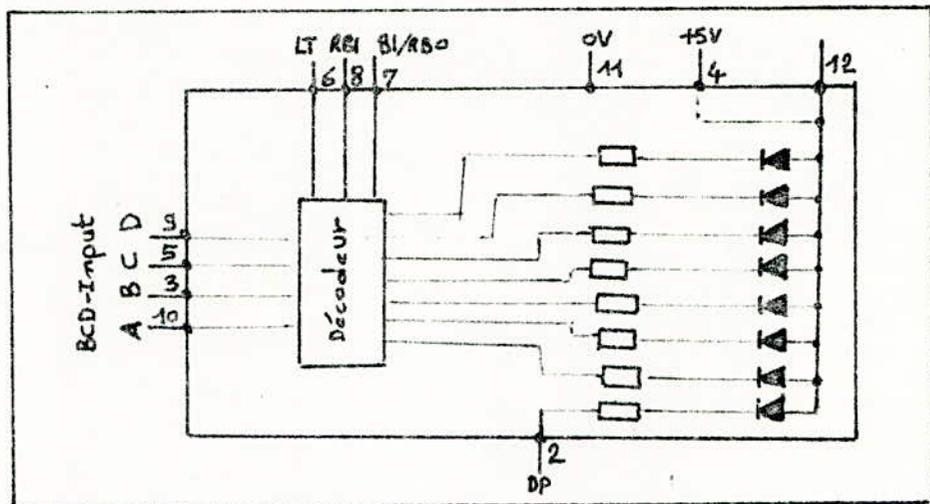


Schéma du circuit B5002 1E

Figure 1 :

Table de Vérité du Décodeur (Code 8421-Positif)

LT	RBI	D(2 <sup>3</sup> )	C(2 <sup>2</sup> )	B(2 <sup>1</sup> )	A(2 <sup>0</sup> )	BI/RBO	Display
1	1	0	0	0	0	1	0
1	X	0	0	0	1	1	1
1	X	0	0	1	0	1	2
1	X	0	0	1	1	1	3
1	X	0	1	0	0	1	4
1	X	0	1	0	1	1	5
1	X	0	1	1	0	1	6
1	X	0	1	1	1	1	7
1	X	1	0	0	0	1	8
1	X	1	0	0	1	1	9
1	0	0	0	0	0	0	blank
X	X	X	X	X	X	0	blank
0	X	X	X	X	X	1	8 (Test)

X = "1" ou "0"

Figure: 2 ; Décade 8421 utilisant le circuit SN 7490 N (de Texas inst.)

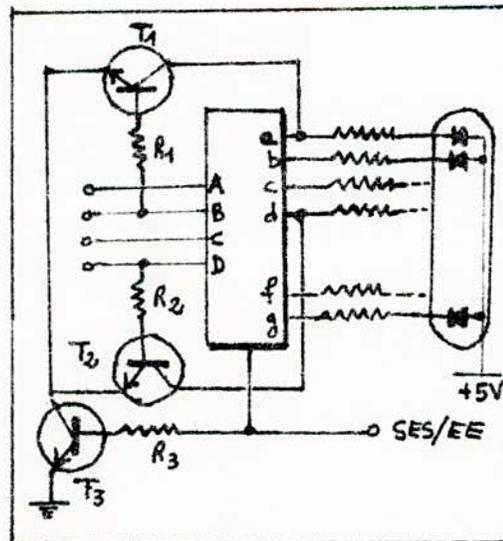
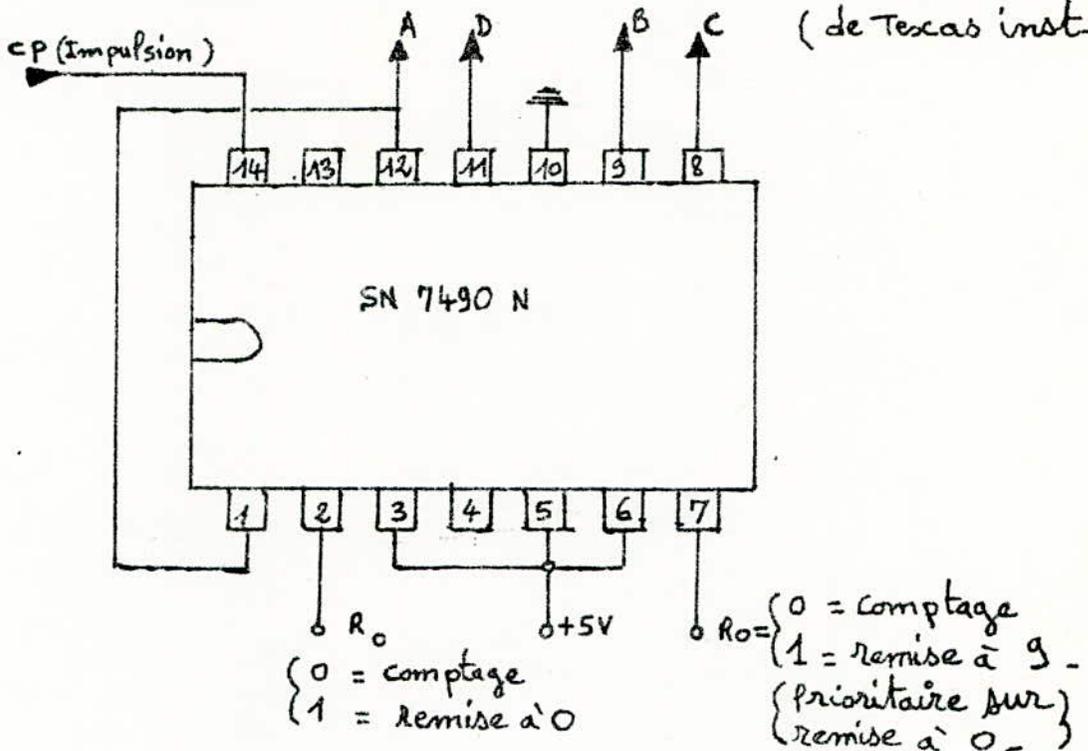


Figure: 3-  
 Modification des circuits décodeurs permettant d'afficher « le drapeau » pour les chiffres 6 et 9 si le décodeur ne le fait pas lui-même.

Remarque :

Le decodeur employé dans le B5002 E ne permet pas de faire le "drapeau" pour le 6 et le 9.

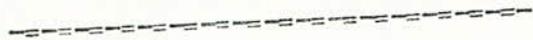
Il convient donc de noter que l'on peut améliorer l'affichage sur diodes électroluminescentes à sept segments, si le decodeur ne fait pas le "drapeau" pour le 6 et le 9. Pour cela, il suffit de faire en sorte que l'on allume le segment a dès que l'entrée B est à niveau haut (en plus de ce que fait le decodeur) pour arranger ce qui concerne le drapeau pour le 6. En effet, le B est à niveau haut pour les chiffres 2, 3, 6, et 7. Pour les 2, 3, et 7, le decodeur illumine déjà le segment a. Donc en mettant un transistor, débloqué par le B, en parallèle sur la sortie qui commande le segment a, on pense avoir tout arrangé en ce qui concerne le chiffre 6. Le même raisonnement montre que l'on peut croire avoir tout arrangé pour le drapeau du chiffre 9 par un simple transistor débloqué quand l'entrée D est au niveau haut, en parallèle sur la sortie commandant le segment d sur l'afficheur.

Ces solutions sont envisageables, mais en les utilisant on peut gêner la commande d'extinction (en envoyant la commande d'extinction, il se peut que l'on laisse allumer le segment a, ou le segment d.

Pour permettre l'allumage des drapeaux sans gêner la commande d'extinction, une solution consiste à utiliser le montage de la figure 3.

On voit que les transistors  $T_1$  ET  $T_2$  permettent d'allumer les segments a et d respectivement, mais seulement si  $T_3$  Est débloqué, autrement dit si la "sortie-entrée" que nous avons nommée SES/EE est au niveau haut. Dans ce cas c'est-à-dire si l'on ne desire pas faire d'effacement du chiffre,  $T_1$  Allume la diode du segment a pour B = 1,  $T_2$  Allume la diode du segment d pour D = 1.

Π Ν Ν Ε Ζ Ε



## LES MEMOIRES

### 1-1- GENERALITES

Les mémoires à semi conducteurs ont trouvé droit de cité dans la plupart des grands secteurs industriels. Leur extrême diversité est sans doute une des raisons essentielles de leur succès: Elles se distinguent notamment par leur capacité, leur vitesse, leur organisation leur fonctionnement. A ces éléments techniques, il faut ajouter les considérations de coût et ces dernières sont souvent déterminantes.

Les mémoires à semi conducteurs n'auraient sans doute pas conquis l'informatique si elles n'avaient pas constitué une alternative économique aux mémoires à tores qu'elles ont tendance à supplanter.

L'évolution des mémoires à semi conducteurs est pourtant loin d'être achevée; les mémoires constituent toujours aujourd'hui un des secteurs les plus en vue en semi- conducteur ( avec les microprocesseurs) et sont d'ailleurs l'objet d'une âpre bataille entre les sociétés qui les fabriquent ( Mastek, Intel, Texas instruments, pour ne citer que quelques exemples).

### 1-2- NOTIONS FONDAMENTALES/

Une mémoire se compose d'un ensemble de cellules mémoire - unité pouvant mémoriser chacune 1 bit . La disposition de ces cellules sur une pastille de Si fait avantageusement selon un réseau quadratique de ligne et de colonne (fig 1).

- L'Adressage d'une cellule résulte de la sélection d'une ligne  $X_i$  et d'une colonne  $Y_j$ .

La mémoire est à accès aléatoire, si l'on peut accéder à l'une quelconque des cellules dans le même temps pour les mémoires séquentielles ( on à défilement), l'accès aux cellules se fait toujours selon la même séquence (bande magnétique` registre à décalage) et le temps d'accès est variable.

L'adressage d'une cellule est défini par un mot d'adresse formé des n bits d'adressage;  $A_0, A_1, \dots, A_{n-1}$ . Ces n bits sont répartis sur les 2 décodeurs qui opèrent le choix de la ligne  $X_i$  et de la colonne  $Y_j$  correspondant à la cellule adressée. Le fonctionnement des décodeurs est classique: ensemble de fonctions et appliqué aux variables d'entrées et à leurs compléments.

Les n bits d'adressage déterminent  $2^n$  mots d'adresse différents. Il est donc possible d'adresser de manière distincte  $2^n$  cellules.

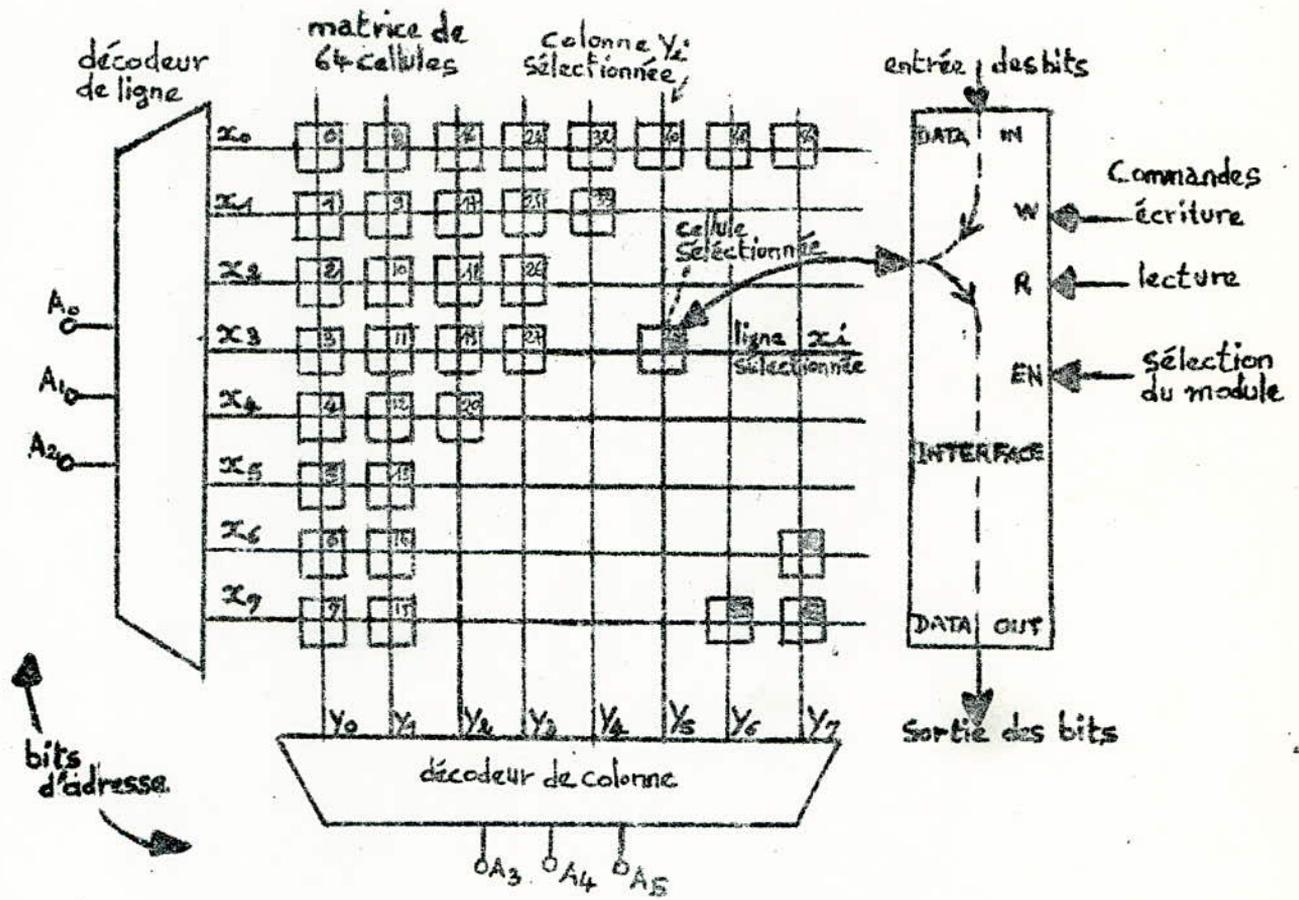


Fig1 : Organisation générale d'une mémoire.

La capacité d'une mémoire à 1 seul bit par adresse est donc égale à  $2^n$  bits, soit le nombre de cellules. Il est souvent nécessaire de mémoriser à une adresse donnée un mot de m bits. Une mise en parallèle (Fig 2) de m modules de mémoire à 1 bit par adresse donnera un ensemble d'une capacité de  $m \times 2^n$  bit ou  $2^n$  mots de m bits ( en abrégé  $2^n \times m$  bits).

Pour augmenter d'un facteur  $P = 2^k$  la capacité d'une mémoire on disposera de P modules de mémoire connectés en parallèle ( fig 3). Seul l'un des modules sera opérationnel. Il sera choisi par un décodeur externe recevant K bits d'adresses complémentaires.

L'entrée permettant de rendre le module opérationnel ou non est désignée par " sélection du module" ( EN: " Chip enable " ).

Lorsque le module n'est pas sélectionné, sa sortie doit être à haute impédance de telle sorte que la mise en parallèle de toutes les sorties soit possible. Cet état de sortie "indifférent" se trouve sur les circuits bipolaires dits à 3 niveaux (Three state logic).

Les opérations susceptibles d'être effectuées sur mémoire sont:

- |                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| a) La lecture   | ( R = Read)                    |
| b) L'écriture   | ( W = Write)                   |
| c) La sélection | ( EN= Chip enable)             |
| d) l'effacement | ( Cas particulier d'écriture). |

### 1-3-CLASSIFICATION DES MEMOIRES

Plusieurs critères que nous avons évoqués peuvent permettre une classification des mémoires à semi conducteur: capacité, vitesse, coût, etc.... Le critère le plus communément admis tient compte de la manière dont on peut écrire ou lire l'information on peut déjà distinguer les mémoires " matricielles " pour lesquelles le temps d'écriture ou de lecture est le même quelle que soit la cellule considérée, des mémoires " sérielles" où les informations sont stockées dans une colonne: Dans ce cas le temps d'écriture et le temps de lecture des éléments d'information ( les bits) varient avec la position de ceux-ci dans la colonne.

Dans chacune de ces deux grandes familles diverses classifications internes sont possibles, et qui ont donné naissance à des sigles bien connus.

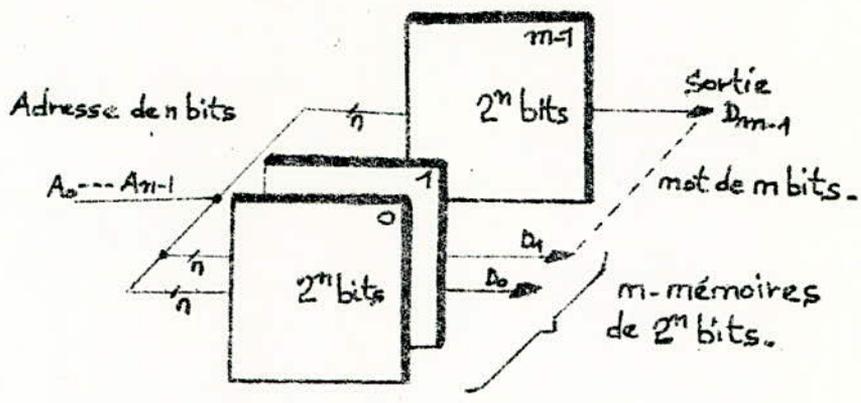


Fig. 2 : Mémoire de  $2^n$  mots de m bits

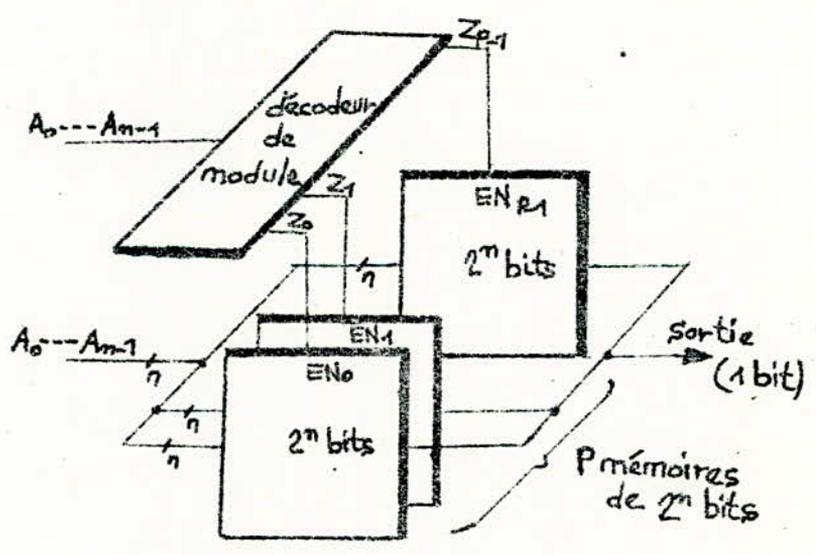


Fig. 3 Extension de capacité d'une mémoire.

On en distingue:

RAM: ( random access memories) ou R/W memories (read Write memories) ( en français mémoires vives).

-Mémoires à accès aléatoire pouvant aussi bien être enregistrées (écriture) que lues en service.

ROM: (Read only memories) ( en français : mémoires mortes)

-mémoires à accès aléatoire pouvant seulement être lues.

L'enregistrement de l'information a été fait une fois pour toute lors de la fabrication. Elles sont utilisées pour des informations fixes telles que tables de conversion ou générateurs de caractères. On les désigne parfois par ROS (Read Only storage).

EAROM: (Electrically alterable ROM)

-type particulier de ROM dont l'information mémorisée peut être modifiée par l'utilisateur en appliquant une certaine tension à la cellule adressée. En fait, les EAROM sont des RAM à lecture rapide et écriture lente.

PROM: (Programmable ROM)

-type particulier de ROM programmable par l'utilisateur une fois pour toutes avant sa mise en service. Par exemple par élimination de connexions fusibles).

REPROM (Reprogrammable ROM)

-Type particulier de ROM reprogrammable par l'utilisateur après un effacement général (Par exemple par exposition aux U.V)

Les RAM sont statiques ou dynamiques. Les mémoires dynamiques doivent être périodiquement " rafraichies " par des réécritures périodiques pour éviter une dégradation de l'information (mémorisée par la charge d'une capacité.)

Les mémoires statiques ne nécessitent pas ce rafraichissement, car les cellules de mémoires ont deux états stables bien définis. Les mémoires statiques sont volatiles si l'information mémorisée disparaît suite à la coupure de l'alimentation. Certaines mémoires statiques sont non-volatiles. (ROM, tores magnétiques).

PLA: (Programmable logic array)

-type particulier de ROM réduite dans laquelle, non seulement les cellules de mémoire, mais également le décodeur de lignes de mots sont programmables.

CAM: Les mémoires adressables par le contenu (CAM).

Leur accès n'est donc plus aléatoire; elles sont surtout utilisées en mémoire carnet dans les unités centrales d'ordinateurs.

1-4) MEMOIRES ROM:

1-4-1 PRINCIPE

Afin d'expliquer le principe, considérons la ROM la plus simple qui est constituée par un réseau des diodes selon la disposition de la figure 4.

Le réseau est, ici, de 4 mots de 4 bits( ceci n'est bien sur qu'un exemple).

Par exemple, sur la figure 4, pour interroger la ROM, on ferme l'un des 4 interrupteurs, ce qui correspond à l'application d'une adresse via un décodeur à 1 parmi 4; la rangée concernée est mise sous tension et, chaque fois que l'on trouve une diode à une intersection avec une colonne, celle-ci fournira en sortie la tension  $V_{DD}$ , c'est à dire un 1 logique.

Ici le mot de sortie est donc 1001. Les diodes peuvent être remplacées par tout autre élément unidirectionnel ou par un élément de couplage tel qu'un transistor.

Le même réseau peut se transposer en matrice de 8 mots de 2 bits, à condition de réaliser un adressage " colonnes " comme l'indique la figure 5.

Le plus souvent, on ajoute sur les lignes de sorties des amplificateurs - buffers, et de ce fait, le synoptique de principe d'une ROM devient celui de la figure 6 -où l'adressage a été regroupé en un mot de 7 bits, pour lire ici une mémoire de 1024 bits en format de 128 mots de 8 bits.

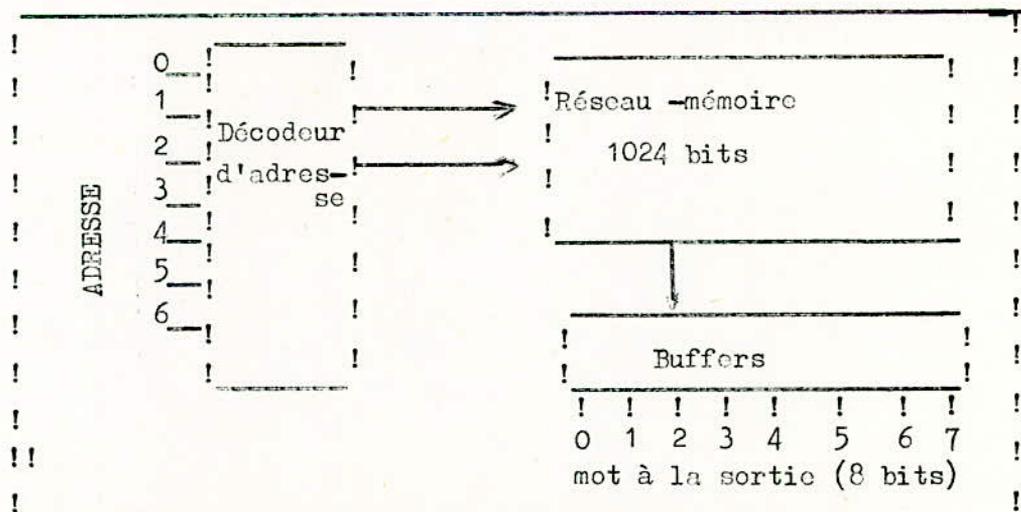


Figure 6. Synoptique type d'une R.O.M.

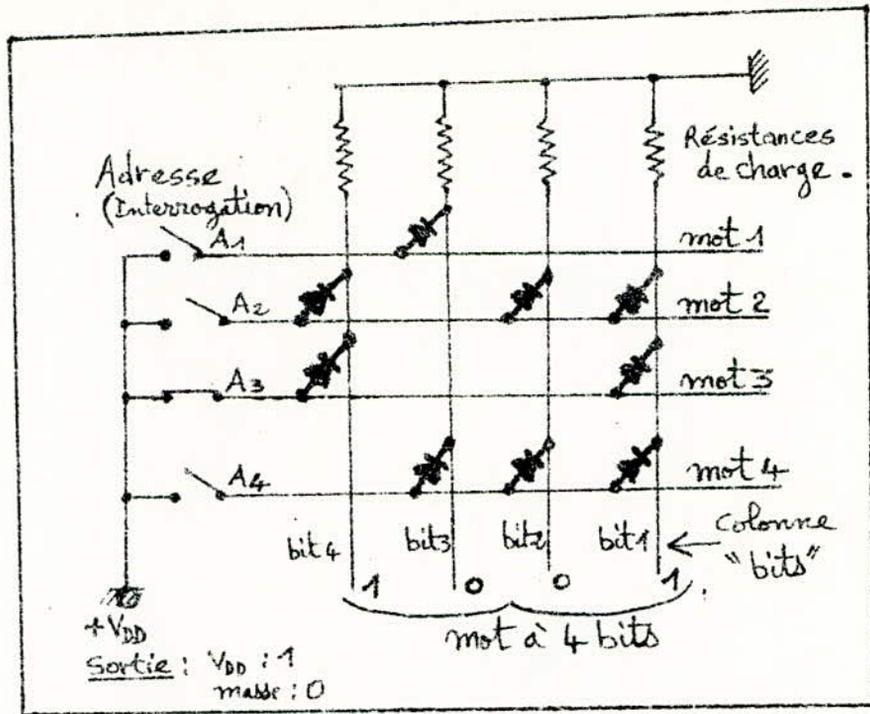


Figure 4 : Matrice ROM à diodes - Principe -

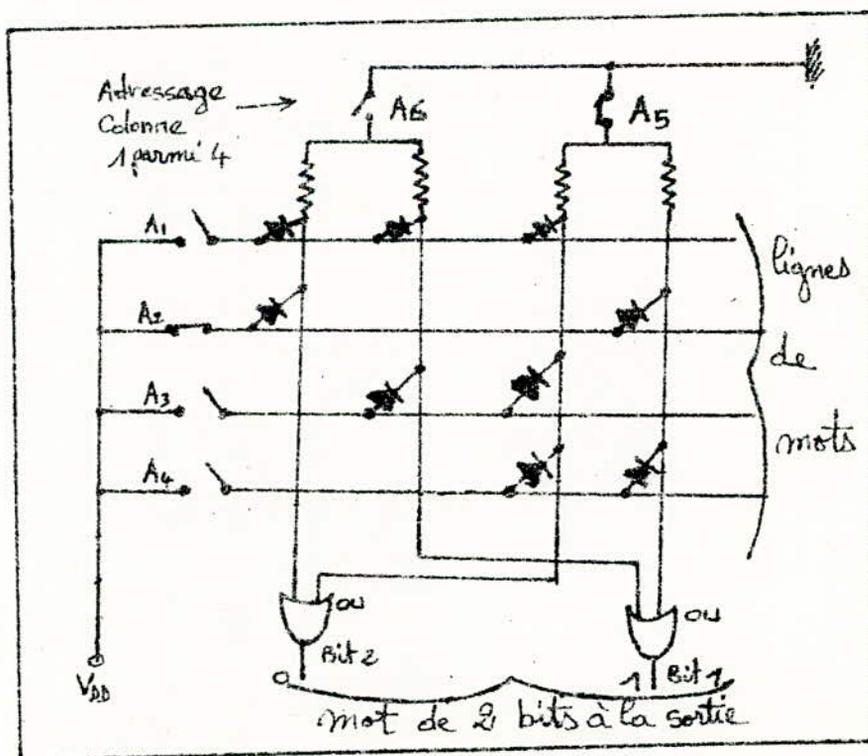


Fig.5 : Matrice de 8 mots de bits à diodes -

1-4-2 ROM A RESEAUX DE MOS

Ceci est réalisé en remplaçant les diodes par des MOS à chaque point de coisement. La tension d'interrogation est alors appliquée sur les gates et l'on peut songer, au moins, à deux formules pour stocker des 0 et des 1.

a) comme avec les diodes, le MOS est physiquement présent ou absent.

b) ou alors, tous les MOS existent mais certains possèdent un gate normal avec oxyde mince, alors que d'autres ont le métal de gate déposé sur une couche d'oxyde épais, ce qui équivaut pratiquement à rendre impossible le déblocage du MOS.

Dans les deux cas, le résultat est le même. On peut voir sur la figure 7 que la résistance de charge commune est ici un MCS, l'adressage pouvant être assuré également via des MOS.

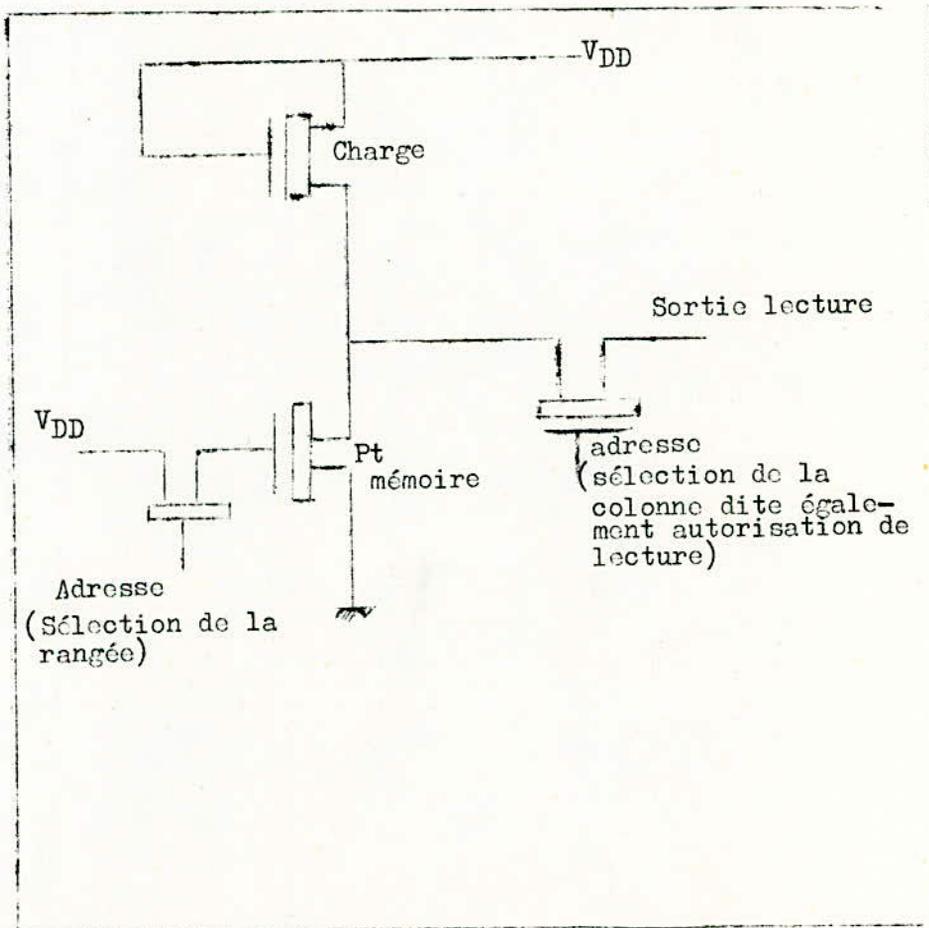


Figure 7 -Principe de l'adressage du MOS mémoire.

### 1-4-3 ROM ASYNCHRONE OU SYNCHRONE

Dans les ROM asynchrone que vient de voir l'application d'une adresse à l'entrée est suivie par l'apparition d'un mot à la sortie ( le circuit étant activé par sélection).

Le mot reste présent tant que l'adresse est fournie et inchangée. Par contre dans les ROM synchrone, le fonctionnement pourra revêtir l'un ou l'autre des aspects suivants:

-L'impulsion d'horloge valide l'adresse et le mot lu apparait en sortie.

-Ce mot est maintenu à la sortie même si l'adresse change entre-temps, et ce, jusqu'à la nouvelle impulsion d'horloge.

De ce fait

-La définition du temps d'accès ne change pas.

-Par contre, le temps de cycle est défini par la période de l'horloge.

### 1-4-4 APPLICATIONS

Le principe des ROM est fort simple : On applique une adresse d'entrée et on lit, en sortie, l'information utile (figure 8).

-En a, on fournit un angle  $\varphi$  à l'entrée et on lit son sinus à la sortie.

-En b, on introduit le nombre N et on lit sa racine carrée à la sortie.

-En c, on introduit un code tel que le EBCDIC et on le transpose en USASC II à la sortie.

-En d, on introduit le code binaire d'un caractère à afficher et on obtient en sortie les niveaux qui vont commander les LED (Diodes électroluminescentes) ou commuter directement des cristaux liquides pour réaliser l'affichage.

-En e, on fournit le code d'une instruction utilisée par un microprocesseur et à la sortie précisera les ordres correspondants.

-En f, les variables d'entrées déclenchent l'exécution des fonctions booléennes, la réponse apparaissant à la sortie; et si celle-ci est réappliquée à l'entrée, on disposera pseudoaléatoires à la sortie.

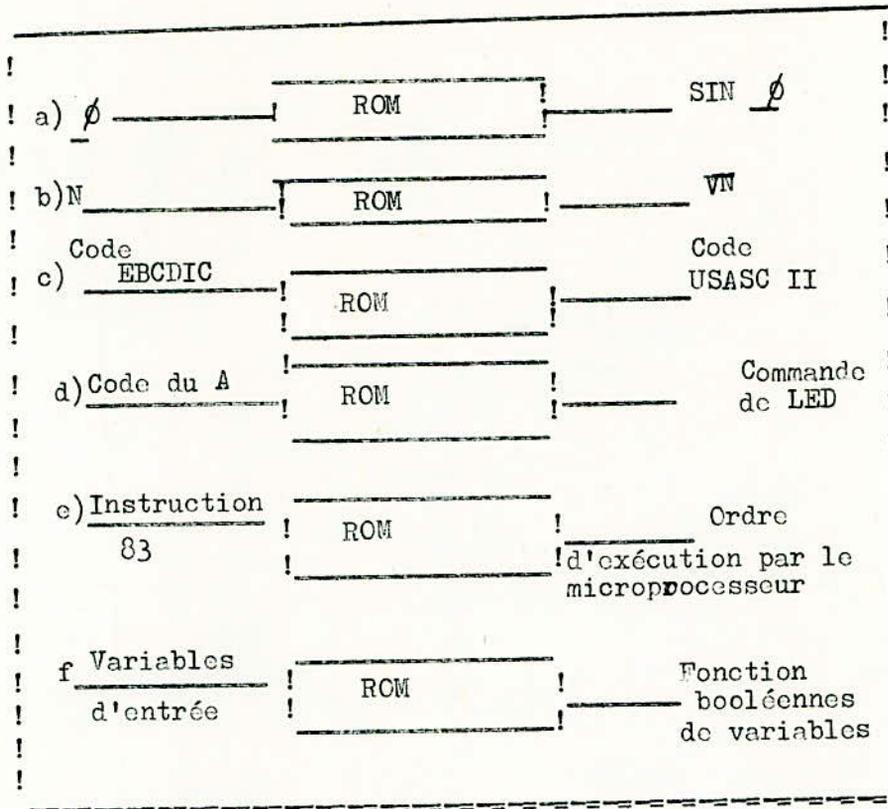


Figure 8 -Principe de quelques applications des ROM

-La figure 9 nous donne le schéma d'utilisation d'une ROM pour la conversion du code binaire au code BCD (par exemple). Il s'agit de la MC 4001 de Motorola.

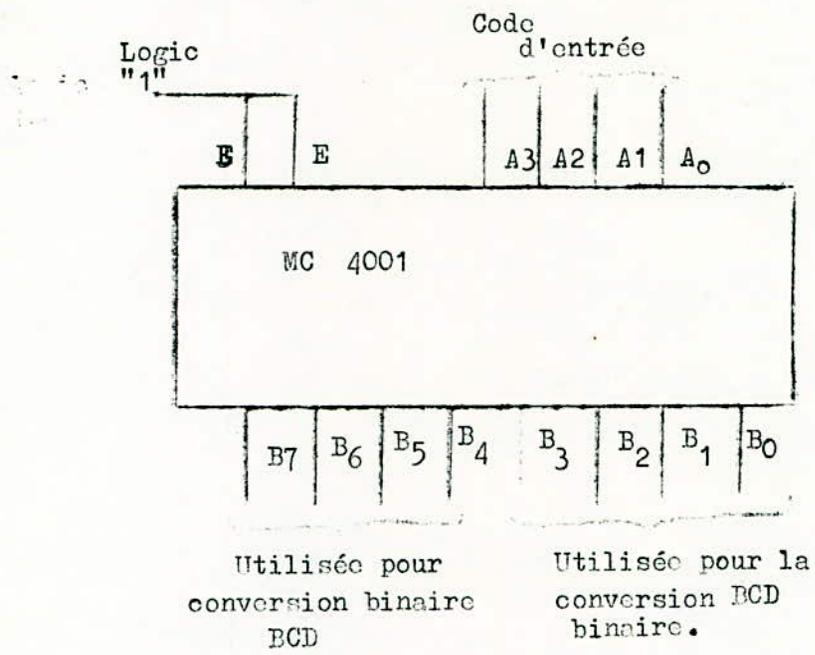


Figure: 9 ROM Binary /BCD couverter (d'après un document de motorola

-REGISTRES-

Dans ce paragraphe on donnera les définitions et juste le caractère principal des différents registres.

2-1-INTRODUCTION

On appelle registre des dispositifs ayant pour fonction de recevoir de stocker et de transférer l'information. L'information est mémorisée dans le registre sous forme d'un nombre (mot) représentant une combinaison des signaux 0 et 1. Chaque chiffre du nombre inscrit dans le registre est matérialisé par un bit de celui-ci, constitué généralement par une bascule R-S, D ou J-K.

Les registres peuvent réaliser les opérations de conversions de l'information d'une forme en une autre (série parallèle, etc....). Ainsi que certaines opérations logiques (par exemple l'addition logique des chiffres de même rang, la multiplication).

Le caractère principal permettant la classification des registres est le procédé d'écriture de l'information ou du code de nombre dans le registre. Selon ce caractère il est possible de distinguer trois types de registres:

- Registres en parallèle
- Registres en série
- Registres en série parallèle.

Dans les registres en parallèle, l'écriture du nombre se fait en "code parallèle" c'est à dire dans tous les bits à la fois.

Les registres en série se caractérisent par une écriture en série du code de nombre à commencer par le chiffre le moins ou le plus significatif, au moyen de décalages successifs du code dus aux impulsions d'horloge.

Les registres en série parallèle sont capables de l'écriture en série et en parallèle du code de nombre.

2-2 REGISTRES EN PARALLELES/

La réalisation d'un registre en parallèle à n bits implique l'emploi de n bascules dont chacune possède des entrées en nombres correspondant à celui de sources d'information raccordées à l'entrée du registre. Le premier "Bit" (du plus faible poids) du registre sert à ranger les premiers Bits (les moins significatifs des codes de nombres, le deuxième, les deuxièmes bits des codes de nombre et ainsi de suite.

### 2-3 Registres en série (à décalage)

Les registres en série ou à décalage (R D) ont pour caractère une écriture série du code de nombre nécessitant l'application d'une suite d'impulsions de décalage aux entrées horloge du registre.

Suivant le mode de décalage du code de nombres dans les R D on les classe :

- En registres à décalage série
- En registres à décalage série parallèle

Les registres à décalage série (RDS) assurant le décalage du code de nombre vers les poids faibles (vers la droite) s'appellent registres à décalage direct ou simplement à décalage.

Les registres capables de décaler le code de nombre tant vers la droite que vers la gauche sont dits bidirectionnels.

Dans les registres à décalage série-parallèle (RDSP), pendant chacune des impulsions d'horloge, le code est transféré simultanément de plusieurs " bits " dans les " bits " voisins moins significatifs ou plus significatifs.

Pour les RD, selon le type de bascules utilisées, ils peuvent employer le principe de transmission mono ou biphasée de l'information.

Un registre est dit biphasé lorsque chaque bit reçoit l'information par deux voies (Directe ou inverse).

Un registre est dit monophasé lorsque chaque bit n'est commandé que par une voie unique (Directe ou inverse).

D'une manière générale les registres Biphasés sont réalisés avec les bascules du type R.S et les registres monophasés, avec les bascules du type D.

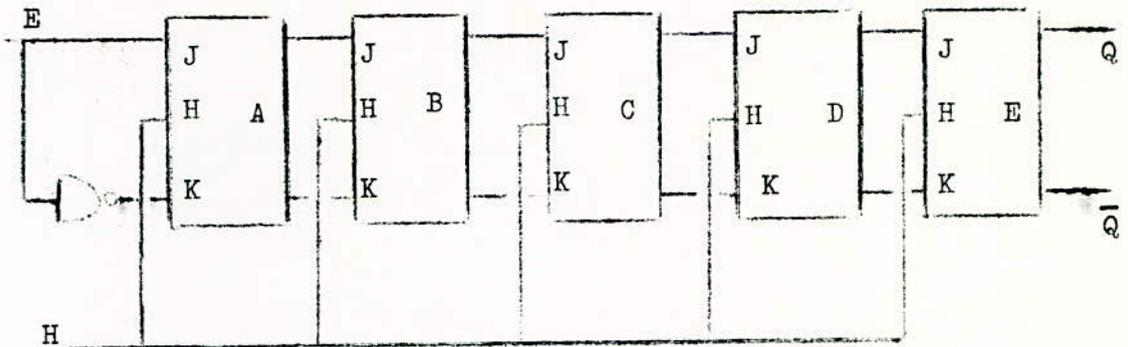


Figure 1 : Un registre à décalage peut être réalisé indifféremment à l'aide de bascules J K ( ci-dessus), SR ou D.

-Remarque: Il existe des registres réalisés en circuit intégrés MOS

#### 2-4-MODES DE LECTURE DE L'INFORMATION SUR LES REGISTRES

Selon le principe de lecture de l'information, on distingue les registres à extraction du code de nombre en parallèle et en série. L'extraction du code de nombre en parallèle, réalisable sur les registres en parallèle, en série et en série parallèle, se caractérise par une lecture simultanée des informations sur tous les " bits" (Basculés) du registre.

L'extraction du code de nombre en série qui n'est possible qu'avec les registres en série-parallèle ou série (à décalage) se traduit par une lecture bit par bit de l'information déclarée dans le registre soit sur la sortie du "bit" le moins significatif (Décalage direct du code de nombre) soit sur celle du " bit " le plus significatif ( cas du décalage inverse du code).

L'information à lire peut être écrite en code droit monophasé, en code inverse monophasé, en code droit ou inverse biphasé.

LES COMPTEURS

3-1-COMPTEUR BINAIRE SYNCHRONES

Pour réaliser un tel compteur, il nous faut deux chiffres 0 et 1 une simple bascule nous permettra cet affichage si nous admettons que l'état 1 de la bascule illumine une lampe marquée 1 et l'état 0 une lampe marquée 0.

Et comme cette bascule ne pourra pas afficher 2, elle affichera 0 et fera progresser la bascule adjacente d'une unité cette bascule adjacente progressera alors 1 fois sur 2 ( $2^1$ ) (comme le chiffre des dizaines du compteur décimal progressait une fois sur dix ( $10^1$ )). La troisième bascule C progressera par conséquent 1 fois sur 4 ( $2^2$ ) et ainsi de suite

Ce report d'une unité vers la bascule adjacente de rang supérieur s'effectuera tout simplement comme l'indique la figure 1.

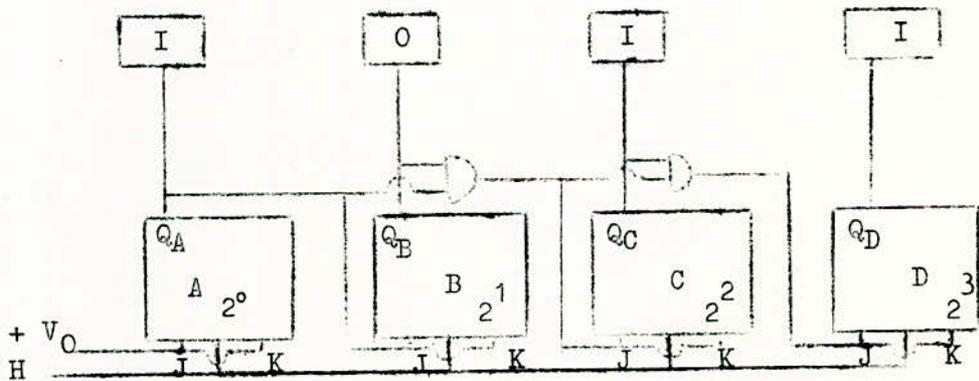


Figure 1

Les entrées J et K de chaque bascule sont réunies les seules configurations d'entrée possibles sont donc:

- J = K = 0    la bascule ne change pas d'état
- J = K = 1    la bascule change d'état.

Le signal d'entrée est la plupart du temps d'horloge elle-même.

Il est d'ailleurs appliqué sur l'entrée horloge.

Les entrées J et K de la bascule A sont maintenues à l'état 1 on les réunissant au plus de l'alimentation.

Nous compterons les impulsions 1,2,3.....et pour chacune de ces impulsions d'entrées nous chercherons l'états des sorties  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$  et  $Q_D$  et nous rassemblerons des résultats dans un tableau.

N° de l'Impulsion	$Q_A$	$Q_B$	$Q_C$	$Q_D$
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	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16	0	0	0	0

A l'arrivée de la première d'horloge  $J = K = 1$  pour la bascule A. Cette bascule, que nous supposons initialement à Zéro comme toutes les autres bascules, change d'état et passe à l'état 1. A l'arrivée de cette première impulsion d'horloge toutes les bascules autres que A sont dans configuration suivante  $J = K = 0$ .

Ces bascules conservent dont l'état 0. A l'arrivée de la seconde impulsion d'horloge on a encore  $J = K = 1$  pour la bascule A.

Elle change d'état et reprend l'état 0. Nous voyons que cette bascule passera alternativement de l'état 0 à l'état 1 puis de l'état 1 à l'état 0. Lors de l'arrivée de cette seconde impulsion d'horloge on a  $J = K = 1$  pour la bascule B. Cette dernière change donc d'état et prend l'état 1.

Les bascules C et D ont toujours  $J=K=0$  elles restent alors à l'état 0. La 3<sup>ème</sup> impulsion fait à nouveau changer d'état  $Q_A$ , qui prend l'état 1. A l'arrivée de cette 3<sup>ème</sup> impulsion on a  $J=K=Q_A=0$  pour la bascule B, celle-ci garde donc l'état 1. On a aussi  $J=K=0$  pour les bascules C et D qui gardent donc l'état 0.

A l'arrivée de la 4<sup>ème</sup> impulsion,  $J=K=1$  pour la bascule B qui change donc d'état, et  $Q_A = Q_B = 1$  d'où  $Q_A Q_B = 1$  et par conséquent  $J=K=1$  pour la bascule C, de sorte que celle-ci passe de l'état 0 à l'état 1. La bascule D elle, ne change pas d'état car l'état  $Q_C = 0$  entraîne  $J=K=0$  pour la bascule D à l'arrivée de la 4<sup>ème</sup> impulsion. Il est important de remarquer que l'état à l'arrivée de la 4<sup>ème</sup> impulsion est l'état indiqué sur le tableau pour la 3<sup>ème</sup> impulsion et qui est l'état pris par les variables après l'arrivée de la 3<sup>ème</sup> impulsion, donc: Le signal d'exécution (horloge) agit un temps d'horloge après le positionnement des variables d'entrée aux valeurs souhaitées.

En continuant le même raisonnement nous nous apercevons que la bascule  $Q_D$  change d'état à la 8<sup>ème</sup> impulsion et que d'autre part.

- La bascule A change d'état à chaque impulsion
- La bascule B change d'état une fois sur deux
- La bascule C change d'état une fois sur quatre
- La bascule D change d'état une fois sur huit
- Une 5<sup>ème</sup> bascule E changerait d'état une fois sur 16.

La 16<sup>ème</sup> impulsion remet toutes les bascules à l'état 0. Et le cycle recommence.

Les connexions qui permettent d'assurer le rapport d'une bascule sur l'autre sont telles que:

$$J_B = K_B = Q_A$$

$$J_C = K_C = Q_A \cdot Q_B$$

$$J_D = K_D = Q_A \cdot Q_B \cdot Q_C$$

Si nous avions une 5<sup>ème</sup> bascule E

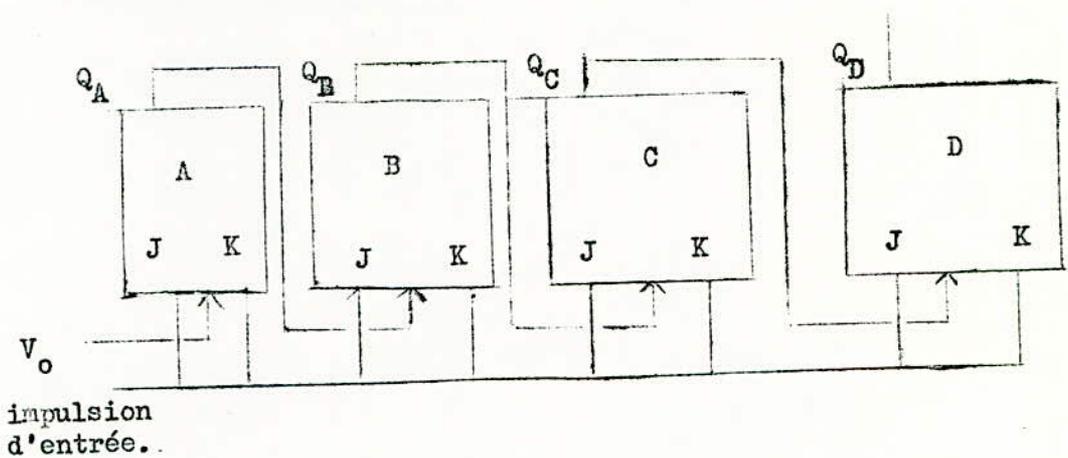
$$J_E = K_E = Q_A \cdot Q_B \cdot Q_C \cdot Q_D.$$

### 3-2- COMPTEUR BINAIRE ASYNCHRONE.

Dans le compteur que nous venons d'étudier nous avons utiliser des bascules J.K avec leurs trois entrées J,K et C (clock). Nous allons maintenant employer ces mêmes bascules pour la réalisation d'un compteur mais avec une configuration d'entrée particulière.

Pour toutes ces bascules nous ferons  $J = K = 1$  (Pour cela il suffit de réunir ces entrées au plus 5 volts).

Sur l'entrée C nous n'enverrons pas le signal d'horloge mais la sortie de la bascule précédente c'est à dire celle de rang immédiatement inférieur. Figure 2



La 1<sup>ère</sup> impulsion d'entrée fait passer la bascule A à l'état 1 lorsque l'impulsion d'entrée passe de l'état 1 à l'état 0, front arrière de l'impulsion, en supposant qu'à l'état initial toutes les bascules soient à 0.

Ce basculement de  $Q_A$  fait passer l'entrée C de la bascule B de 0 à 1 mais nous savons que cette transition de 0 à 1 n'entraîne aucune modification de la sortie  $Q_B$ . Il en résulte que pour cette première impulsion  $Q_B = 0$  et par voie de conséquence  $Q_C = Q_D = 0$  puisque les entrées C de ces bascules restent à l'état 0. Le contenu de notre compteur est alors : 0001 donc identique à celui du compteur binaire synchrone pour la 1<sup>ère</sup> impulsion.

Pour la 2<sup>ème</sup> impulsion  $Q_A = 0$  puisque la bascule change d'état à chaque front arrière des impulsions d'entrée du fait que  $J = K = 1$ . La sortie  $Q_A$  et donc l'entrée C de la bascule B passe de l'état 1 à 0

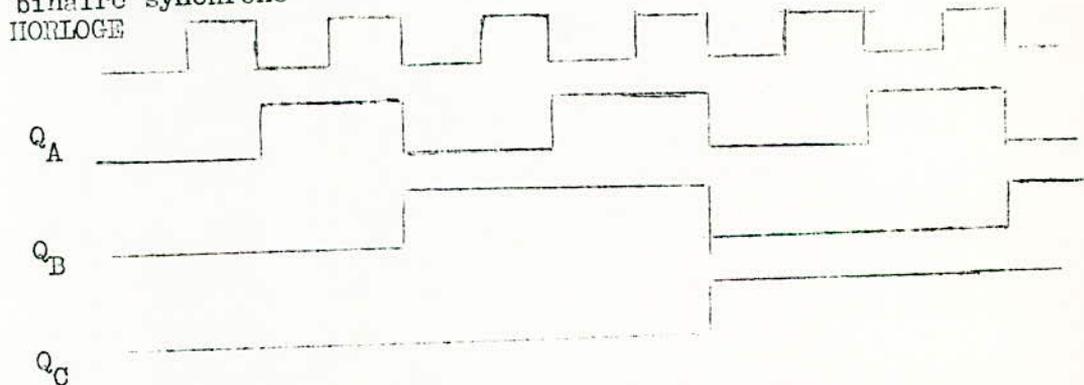
Par suite  $Q_B$  passe à l'état 1, ce qui n'affecte pas l'état de la bascule C et à fortiori de la bascule D.

Ceci nous donne pour le contenu du compteur 0010, contenu identique à celui du compteur synchrone pour la 2<sup>ème</sup> impulsion.

Pour la 3<sup>ème</sup> impulsion  $Q_A = 1$ ,  $Q_B$  reste à l'état 1 par suite du non changement d'état d'une bascule JK à une variation de 0 à 1 de son entrée clock C. Puisque  $Q_B$  ne change pas d'état les bascules C et D ne changent évidemment pas d'état, ce qui nous donne encore le même contenu que pour le compteur synchrone à savoir 0011.

La 4<sup>ème</sup> impulsion fait passer  $Q_A$  à 0. Le passage de 1 à 0 de  $Q_A$  entraîne le basculement de  $Q_B$ , qui à son tour entraîne celui de  $Q_C$  puisque  $Q_B$  passe de 1 à 0  $Q_C$  passant de 0 à 1 n'entraîne pas le basculement de  $Q_D$ . De sorte que nous avons 0100 contenu à nouveau identique à celui du compteur binaire synchrone.

En continuant ainsi notre raisonnement nous retrouverions les mêmes états successifs des bascules que pour le compteur binaire synchrone



$Q_D$  passe à l'état 1 au front de descente de la première impulsion  $Q_C$

REMARQUE / Figure 3 chronogramme du compteur binaire asynchrone  
Lorsqu'il y a un nombre important de bascules les retards cumulatifs des bascules peuvent être gênants, c'est pourquoi le compteur synchrone est souvent préférable.

Décodeurs

4-1 INTRODUCTION :

On appelle décodeurs les structures de logique combinatoires qui traduisent le code de nombre appliqués à leurs entrées en un signal d'excitation délivré sur une, et une seule des sorties .

Si les entrées du décodeur reçoivent un nombre en code binaire, le fonctionnement d'un tel décodeur binaire peut être décrit à l'aide des expressions suivantes. :

$$\begin{aligned}
d_0 &= \bar{X}_m \bar{X}_{m-1} \dots \bar{X}_1 \\
d_1 &= \bar{X}_m \dots \bar{X}_2 X_1 \\
&\vdots \\
d_N &= X_n \dots X_2 X_1
\end{aligned}
\tag{1}$$

du décodeur;  $X_1, X_2, \dots, X_m$  sont des signaux agissant aux entrées

décodeur.  $d_0, \dots, d_N$  sont des signaux délivrés aux sorties du

Quand il s'agit d'interpréter un code binaire à M positions et de réaliser toutes les combinaisons de ce code, le nombre de sorties du décodeur est :

$$N = 2^M$$

Quand le nombre de chiffres du code à interpréter le décodeur peut être réaliser d'après l'un des schémas suivants :

- Le schéma de décodage a un étage ou linéaire.
- Le schéma de décodage a plusieurs étages.

Parmi ce dernier schéma on distingué les décodeurs rectangulaires et les décodeurs pyramidaux.

4-2 DECODEURS LINEAIRES :

Ils sont obtenus par réalisation directe des expressions de la forme (1), sans leur faire subir aucune transformation logique. Autrement dit les décodeurs de ce type présentent l'ensemble de N portes comportant M entrées et dont les sorties sont indépendantes l'une de l'autre.

Exemple d'un décodeur linéaire à 4 sorties pour le décodage de mots à 2 Bits (M = 2, N = 4) .

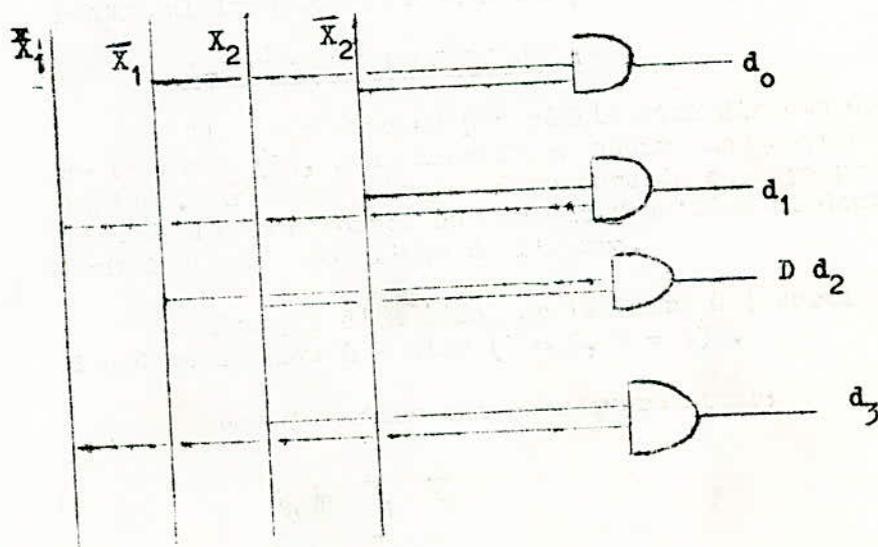
Les 4 sorties ont pour expressions:

$$d_0 = \bar{X}_1 \bar{X}_2$$

$$d_1 = \bar{X}_2 X_1$$

$$d_2 = \bar{X}_1 X_2$$

$$d_3 = X_1 X_2$$



Les décodeurs linéaires sont des plus efficaces quand le nombre de chiffres  $M$  du code d'entrée ne dépasse pas celui des entrées du circuit ET d'un élément standard du circuit CI.

La rapidité de leur fonction est maximale par rapport à d'autres schémas de décodage et est égale au temps de réponse d'une porte ET.

Etant donné que la fonction de chacune des sorties de décodeur linéaire est matérialisée par une seule porte, le nombre totale de portes nécessaires à la réalisation d'un décodeur linéaire est égal à celui de ses sorties

$$B = 2^M$$

L'un des circuits intégrés le plus répandu, dont les décodeurs linéaires sont équipés est le circuit SN 74 45 de (( TEXAS INSTRUMENTS )), assure le décodage binaire à 4 positions

#### 4-2-1 DECODEURS RECTANGULAIRES OU MATRICIELS

Le premier étage d'un décodeur rectangulaire comporte plusieurs décodeurs linéaires permettant chacun de décoder un groupe de chiffres du mot d'entrée. Le nombre de décodeurs linéaires est déterminé par le nombre de groupes  $Z$  qui s'obtient par division du mot à plusieurs chiffres  $M$ .

Le deuxième étage du décodeur rectangulaire assure à l'aide d'un schéma matriciel, la coincidence des signaux de sorties des couples de décodeurs linéaires en portes à 2 entrées

Si le nombre de décodeurs linéaires constituant le 1<sup>er</sup> étage est impair  $Z = 3$  par exemple, les sorties du décodeur linéaire du 1er étage resté sans couplet, sont réunies en portes à 2 entrées aux sorties du 2ème étage de manière à former un 3ème étage du décodeur rectangulaire.

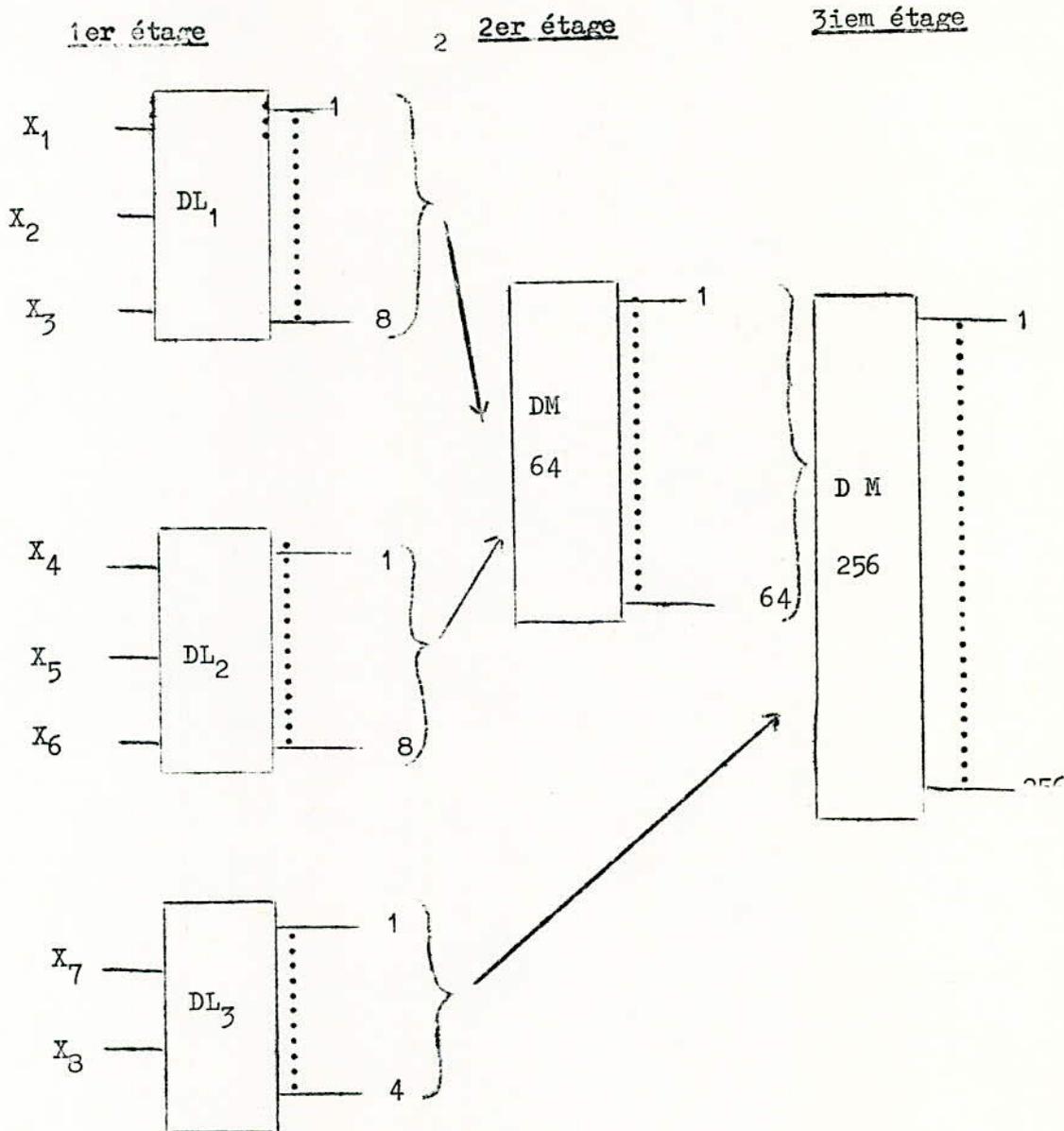
#### 4-2-2 EXEMPLE DE REALISATION D'UN DECODEUR RECTANGULAIRE

Soit un mot à  $M$  chiffres divisé en trois groupes de chiffres :  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , alors trois décodeurs du 1er étage auront respectivement  $2^{M_1}$ ,  $2^{M_2}$ ,  $2^{M_3}$  sorties.

Les sorties de 2 décodeurs linéaires sont réunies dans 2<sup>ème</sup> étage d'un décodeur rectangulaire. à l'aide du circuit ET à 2 entrées. le 2<sup>ème</sup> étage aura donc  $2^{M_1} \cdot 2^{M_2} = 2^{M_1 + M_2}$  sorties

Les sorties du 2<sup>ème</sup> étage et du 3<sup>ème</sup> décodeur linéaire du 1<sup>er</sup> étage sont réunies à l'aide de circuits de coincidence du 3<sup>ème</sup> étage qui aura  $2^{M_1 + M_2 + M_3} = 2^M$  sorties .

-schéma synoptique d'une décodeur matriciel à 256 sorties



#### 4-3 DECODEURS PYRAMIDAUX

Comme les décodeurs ~~py~~rectangulaires, les décodeurs pyramidaux se classent parmi les décodeurs à plusieurs étages ayant pour caractère l'application dans tous les étages de décodage de portes à 2 entrées et le branchement obligatoire de la sortie d'un élément du  $i$  ième étage sur les entrées de 2 éléments seulement du  $(i+1)$  ième étage. Le nombre  $(K)$  d'étages du décodeur pyramidal et d'une unité inférieur au nombre de chiffres du mot à décoder  $K = M-1$ . Tandis que le nombre de portes dans chacun des étages est donné par la formule

$$B_i = 2^{i+1}$$

Où  $i$  est le numéro de l'étage du décodeur pyramidal. Les inconvénients d'un décodeur pyramidal sont une charge inégale des différentes entrées et un grand nombre d'étages  $(M-1)$  qui baisse la rapidité de son fonctionnement. ~~XX~~

#### 4-3-1 EXEMPLE DU PRINCIPE DE REALISATION D'UN DECODEUR PYRAMIDAL A 16 SORTIES

$$2^M = 16 \implies M = 4$$

Le code à interpréter est donc de 4 chiffres.

Le nombre d'étages sera donné par la formule  $K = M-1$

$$K = 4 - 1 = 3$$

Le nombre de portes ~~est~~ ET pour chaque étage est :

Pour le 1er  $B_1 = 2^2 = 4$

pour le second  $B_2 = 2^{2+1} = 8$

pour le 3ème étage  $B_3 = 2^4 = 16$

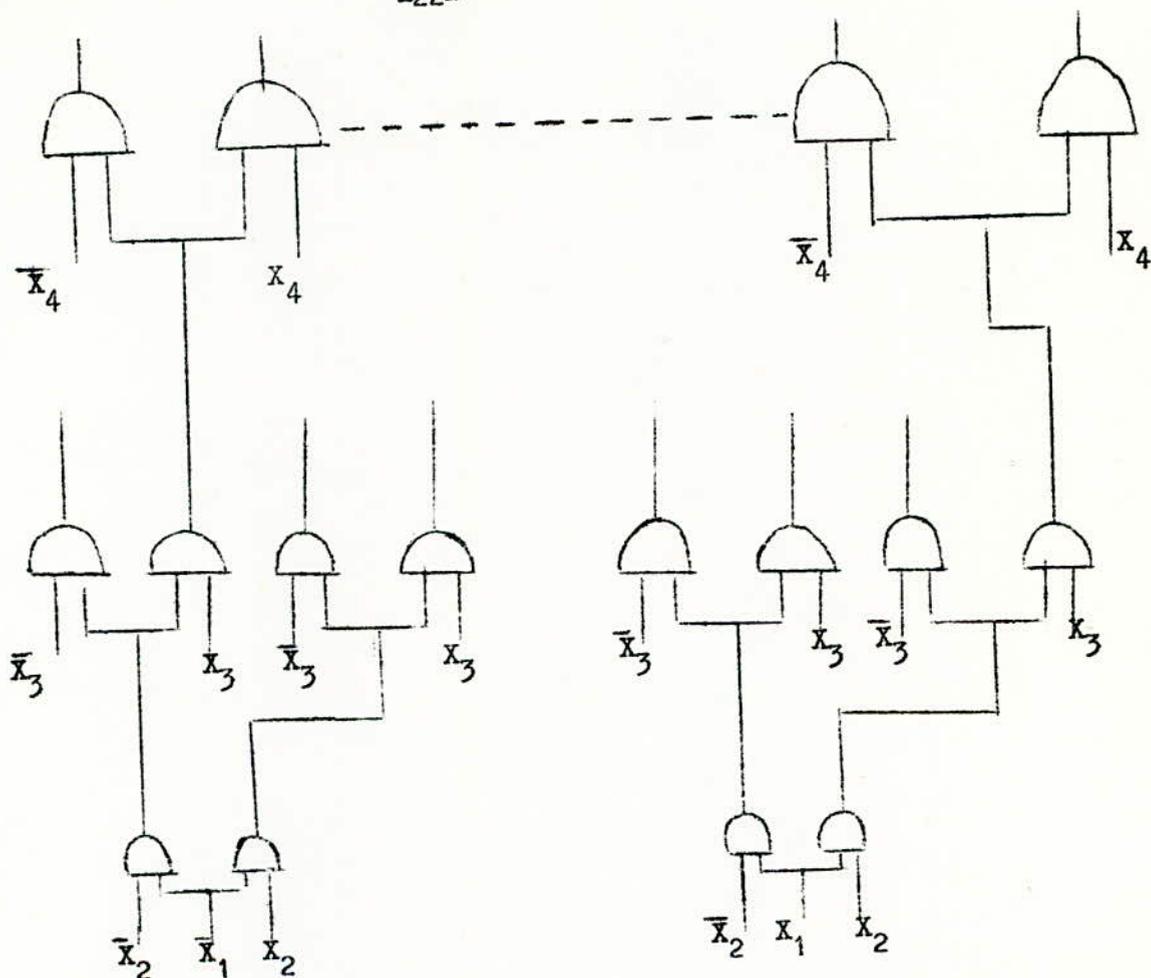


Schéma d'un décodeur pyramidal à 16 sorties.

Vu que le premier étage du décodeur comporte toujours  $2^2$  PORTES et que le nombre de portes dans les étages suivants est toujours doublé, le nombre de portes totales du décodeur sera donné par l'expression :

$$\Sigma B = 2^2 (2^{N-1} - 1)$$

Remarque: Il existe des décodeurs faits uniquement avec des portes NON ET , NON OU;  
L'utilisation des portes NON ET ou NON OU diminue le nombre de portes à utiliser lors de la fabrication d'un décodeur.

## II. ELECTRONIQUE PROGRAMMEE :

A cause du nombre très important de connexions, l'électronique câblée, s'avère très compliquée lorsqu'il s'agit de réaliser un affichage alphanumérique (64 caractères) sur des modules 35 points. Par exemple, pour un seul module, c'est à dire pour l'affichage d'un caractère, il faut au minimum 7 x 5 connexions.

Pour y remédier à cet inconvénient on fait appel à une électronique dite programmée.

Comme cette dernière nécessite l'utilisation d'un microprocesseur, nous nous contentons ici d'expliquer brièvement l'interface de visualisation.

### 2.1 PROCEDES DE REALISATION D'INTERFACES.

L'interface entre le microprocesseur et le système de visualisation peut se faire de trois manières différentes :

a) En déchargeant complètement le microprocesseur de la tâche de visualisation . (Fig A).

Dans ce cas le microprocesseur transfère vers la mémoire de l'interface les données en ASCII II. Cette interface assure à la fois les fonctions de générateur de caractères et de la logique de balayage. Cette solution est utilisée pour la visualisation sur téléviseur.

b) En confiant au microprocesseur la fonction de générateur de caractères (Fig 2).

Le microprocesseur envoie dans la mémoire de l'interface des données entièrement décodées. L'interface n'assure alors que les fonctions logiques de balayage.

Une telle solution conduit à avoir dans l'interface une R.A.M. de capacité supérieure à celle du cas précédent, puisque les informations se présentent sous forme décodées.

Elle permet par contre de supprimer le générateur de caractères. Elle implique, au niveau du microprocesseur, l'intégration dans la R.O.M du générateur de caractères.

c) En confiant au microprocesseur toutes les fonctions de visualisation (Fig3).

Le microprocesseur assure à la fois les fonctions de générateur de caractères et de logique de balayage. Le microprocesseur est interrompu toutes les deux millisecondes par le circuit d'interface.

Au cours de l'interruption, le microprocesseur envoie vers l'interface de visualisation N données représentant les caractères à afficher. C'est cette solution que nous adoptons pour la visualisation sur 16 afficheurs alphanumériques.

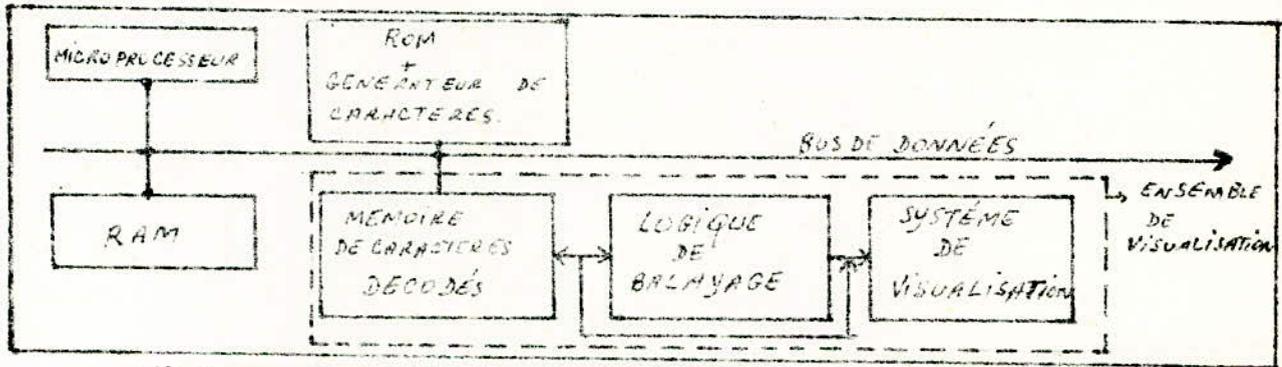


FIG.1 GÉNÉRATION INDÉPENDANTE DES CARACTÈRES

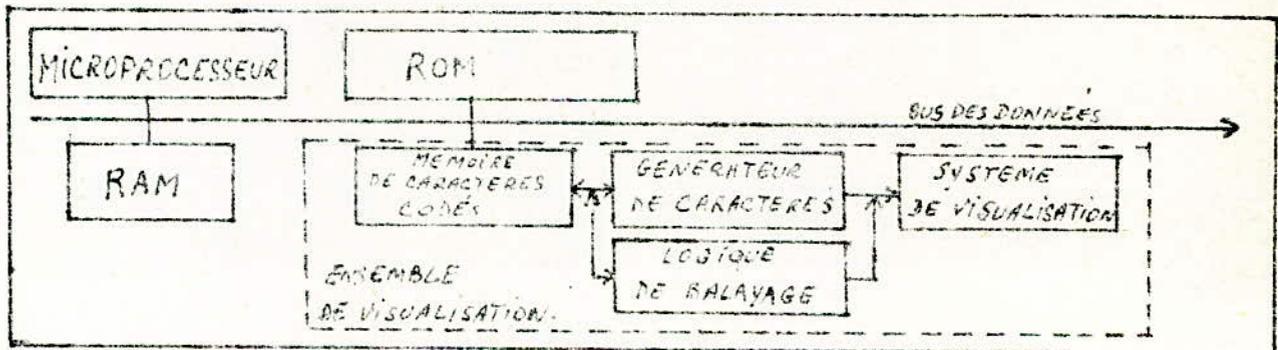


FIG.2 GÉNÉRATION DE CARACTÈRES PAR LE MICROPROCESSEUR.

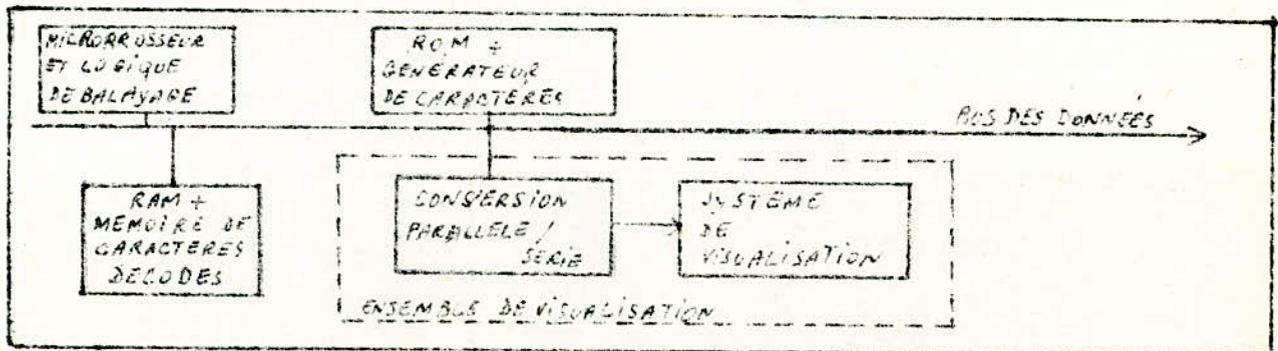
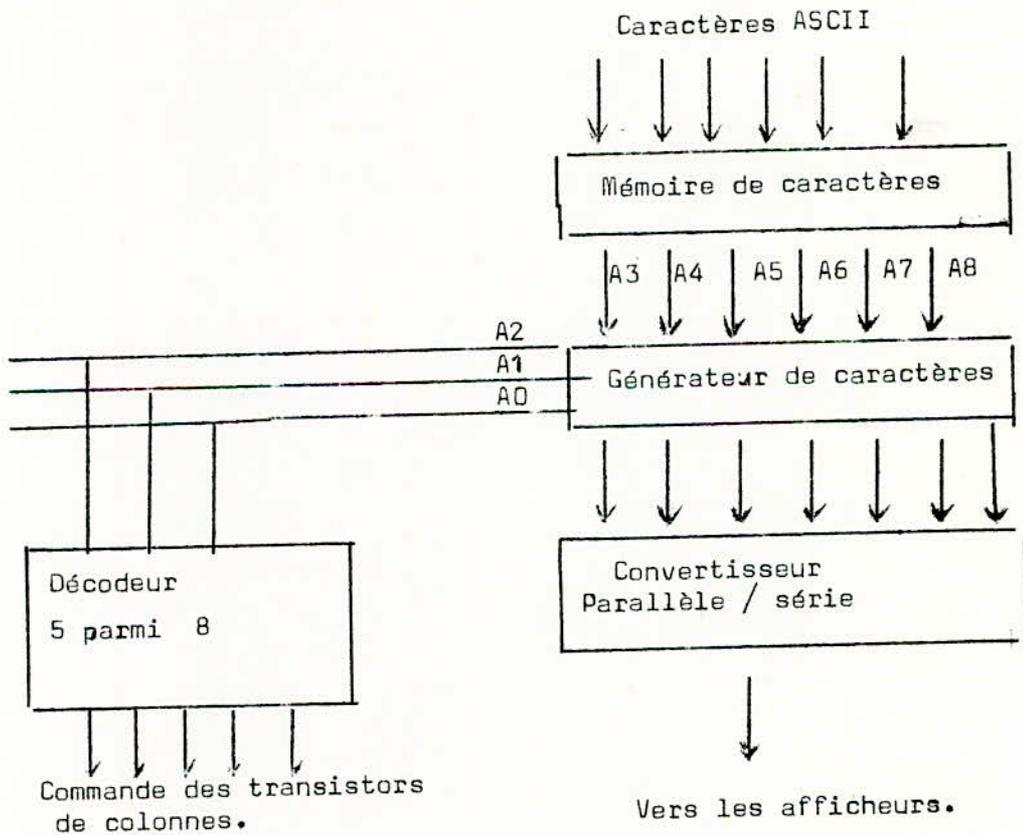


FIG.3 GESTION COMPLÈTE DE LA VISUALISATION.

## 2.2. VISUALISATION DE 16 CARACTERES

La visualisation sur des afficheurs organisés en colonnes de diodes électroluminescentes est obtenue de la manière suivante :

Les données à visualiser sont stockées sous forme ASCII dans une mémoire R.A.M chaque donnée, associée à 3 bits de sélection de colonnes, sert d'adresse à un générateur de caractère qui délivre en sortie une information sur 7 bits destinée à une colonne d'un afficheur. Cette information sur 7 bits est convertie de parallèle en série, avant d'être introduit dans un registre de décalage pour être visualiser.



### 2.2.1 LES DIFFERENTES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION AVANT VISUALISATION :

Les données traitées par le microprocesseur sont sous forme binaire ou B.C.D. Les différentes étapes avant visualisation impliquent :

- La conversion binaire ou BCD en ASCII;
- La conversion ASCII en informations affichables;
- La conversion de ces informations de parallèle en série.

#### a) Conversion binaire en ASCII :

Cette conversion n'est pas toujours nécessaire. Les caractères qu'on entre au clavier en ASCII, sont visualisés directement, sans traitement par le microprocesseur. Les données, traitées par le microprocesseur sont en binaire et doivent subir une conversion. Nous donnons au paragraphe des codes la représentation des données ASCII.

Cette conversion est réalisée à l'aide d'un programme.

#### b) Conversion ASCII en information affichables :

Cette conversion se fait à l'aide d'un programme qui dépend d'un microprocesseur à un autre.

#### c) Conversion parallèle série :

Le microprocesseur transfère vers les afficheurs deux types d'informations : les données proprement dites et les signaux de commande d'allumage des colonnes. Ces transferts se font par l'intermédiaire d'un circuit d'interface P I A : La partie A de ce circuit s'occupe de transfert des données dans un convertisseur parallèle série, la partie B envoie les commandes d'affichages des colonnes.

En conclusion, la visualisation sur afficheurs, en utilisant les microprocesseur pour exécuter la conversion et le transfert des données est coûteuse en temps de traitement. Elle ne peut être envisagée que lorsque le nombre de caractères à afficher est faible.

Enfin, signalons qu'il existe une autre solution qui permet la visualisation de données sur un téléviseur.

LES I O D ES

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

- CODE B C D.

Le code le plus fréquent est le décimal code binaire (en Anglais Binary Coded décimal ou BCD), qui consiste à représenter purement et simplement les 10 chiffres décimaux par leur équivalent dans le système binaire comme l'indique le tableau ci-dessous.

DECIMAL	BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

- Code hexadécimal.

Le code particulier hexadécimal comporte 16 configurations  
les 10 chiffres décimaux et les 6 premières lettres de l'Alphabet.

HEXADECIMAL	DECIMAL	BINAIRE
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

Code ASC II

-Signification des différents symboles:

NUL: Nul ou tout à zéro	DC 1: commande appareil 1
SOH: début d'entête.	DDC 2: commande appareil 2
STX: début de texte.	DC 3: commande appareil 3
ETX: fin de texte.	DC 4: commande appareil 4
EOT: fin de communication	nak : accusé de reception négatif
ENK: demande	SYN : synchronisation
ACK: accusé de reception	ETB : fin de bloc de transmission
BEL: sonnerie	CAN : annulation
BS : retour en arrière	EM : fin de support
HT : tabulation horizontale	SUB : substitution
LT : interligne	ESC : échappement
VT : tabulation verticale	FS : séparation de fichier
FF : presentation de formule	GS : séparateur de groupe
CR : retour de chariot	RS : séparateur d'article
SO : hors code	US : séparateur de sous article
SI : en code	SP : espace
DLE: échappement transmission	DEL : oblitération

Ce code est très utilisé dans le système terminal. Il comprend 128 caractères, représentés chacun par 7 bits; Par exemple:

la lettre A est représentée par 1000001

la lettre T est représentée par 1010100

LA COMMANDE DEL est représentée par 1111111

Comme nous l'avons cité, en annexe des mémoires ROM permettent la conversion en USASC II par exemple:

TMS 2602 JC/NC: de l'ASC II à SLC (selectric line code) et du SLC à l'ASC II.

TMS 2603 JC/NC: de l'EBCDIC à l'ASC II

TMS 2604 JC/NC: de l'ASC II à l'EBCDIC

bits					000	001	010	011	100	101	110	111
b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	column	0	1	2	3	4	5	6	7
↓	↓	↓	↓	Row								
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	0	P	'	P
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	/
1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Figure 2: Code ASCII - (United States of America Standard Code for Information Interchange -)

8Code EBCDIC:

Signification des différents symboles .

NUL : PAS de transmission	BYP : arrêt impression jusqu'au RES suivant .
PF : Arrêt perforation jusq'au PN suivant.	LF : Alimentation de voie.
HT : tabulation horizontale	EOB : fin de bloc
LC : minuscule	PRE : préfixe (analogue à l'échappement du code ISO )
DEL : effacement	PN : début de perforation jusqu'au PF suivant
RES : debut d'impression jusqu'au BYP suivant	RS : arrêt du lecteur
NL : nouvelle ligne	UC : majuscule
BS : retour arrière	EOT : fin de transmission
IDL : inoccupé	

Tout comme l'ASC II, le code EBCDIC est tres utilisé.

Il comprend 256 caracteres, représenté chacun par 8bits, par exemple:

La commande PRE est repretée par 00100111  
La commande RS est représentée par 00110101  
La lettre Z est représentée par 11101001

BINARY					0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	NU		DS		SP	&	-									
0	0	0	1	1			SS										A	J		1
0	0	1	0	1			FS										B	K	S	2
0	0	1	1	1		TM											C	L	T	3
0	1	0	0	0	RF	RES	BVP	FN									D	M	U	4
0	1	0	1	1	HT	NL	LF	RS									E	N	V	5
0	1	1	0	0	LC	BS	EOB	UC									F	O	W	6
0	1	1	1	1	DL	IL	PRE	EOT									G	P	X	7
1	0	0	0	0													H	Q	Y	8
1	0	0	1	1													I	R	Z	9
1	0	1	0	10		CC	SM		;		.	:								
1	0	1	1	11					-	\$	_	#								
1	1	0	0	12					<	*		@								
1	1	0	1	13					(	)		'								
1	1	1	0	14					+	;		=								
1	1	1	1	15	CU <sub>1</sub>	CU <sub>2</sub>	CU <sub>3</sub>		!	~	?	°								

Figure 1: CODE EBCDIC. (Extended Binary Coded Interchange Code.)

QUELQUES MONTAGES PRATIQUES

Dans ce paragraphe, nous avons proposé quelques montages pratiques, relevés de la revue "haut parleur" et nous les avons commenté le plus simplement possible.

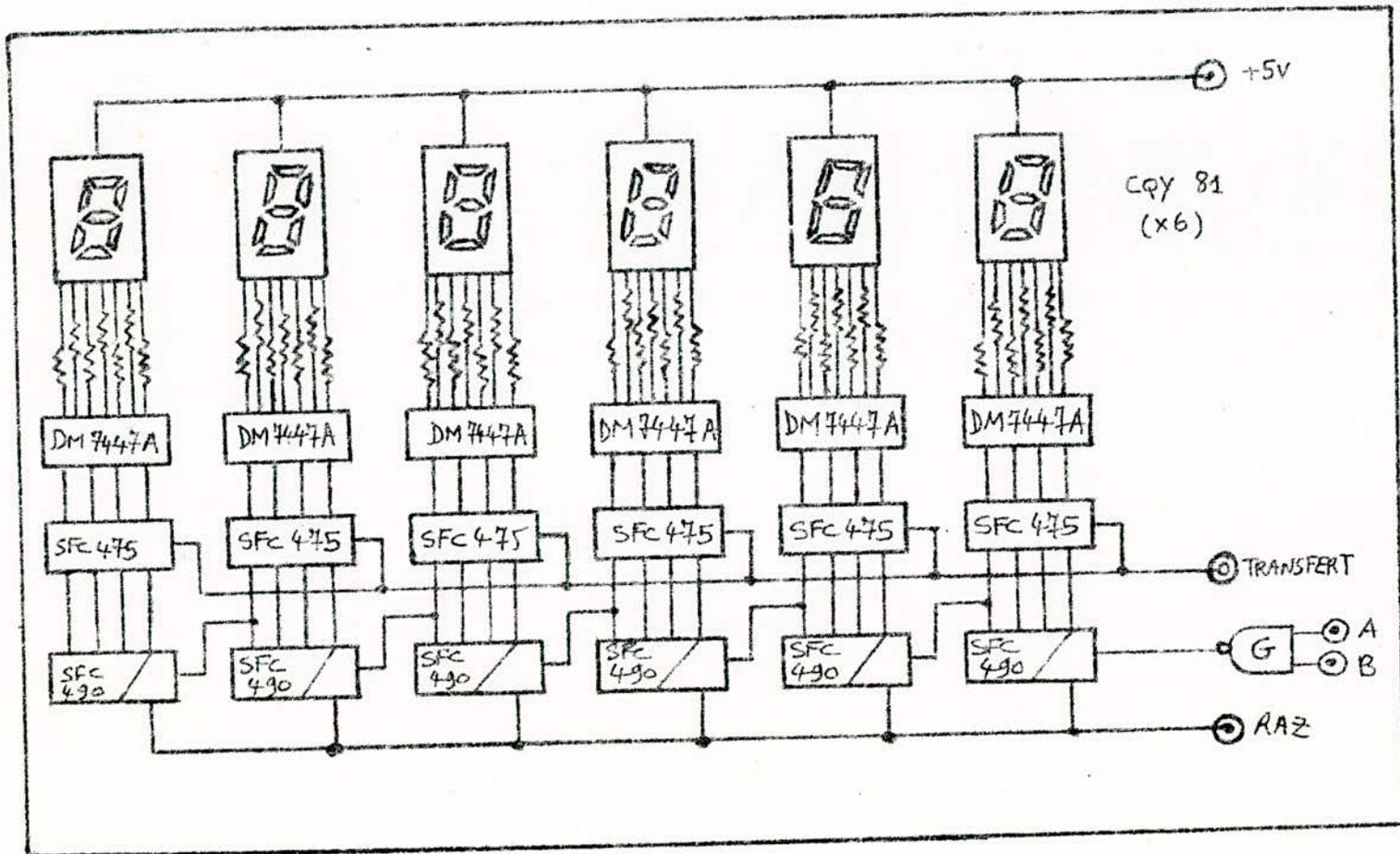


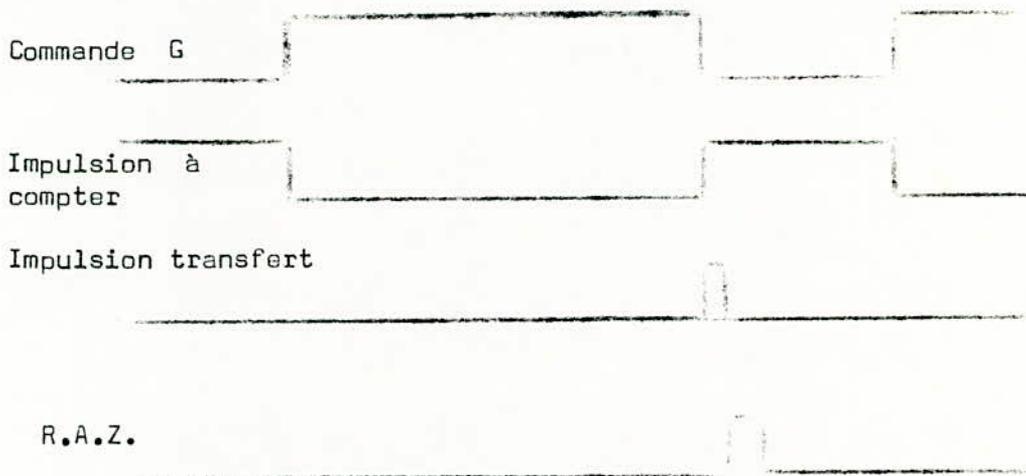
Figure 1 =

ORGANISATION CLASSIQUE D'UN AFFICHAGE A SEPT SEGMENTS -

- Le dispositif proposé s'adapte à des circuits tels que : base de temps, étages de mise en forme des signaux, génération des différents signaux et en particulier ceux de transfert et de remise à zéro.

L'organisation d'un affichage classique du résultat d'un comptage est la suivante :

nous voyons que les sorties de chaque compteur SFC 490 sont reliées aux entrées du SFC 475 qui sont des quadruples bistables de stockage. Leur rôle est de "mémoriser" le résultat d'un comptage pendant la durée du suivant afin d'éviter de voir défiler les chiffres et de précéder un meilleur confort de lecture du résultat. Les sorties correspondantes du SFC 475 sont reliées aux entrées des DM 7447 A qui effectuent le décodage BCD/7 segments et commandent les afficheurs. Le cycle de fonctionnement de ce compteur et de l'affichage est résumé sur le diagramme de la figure suivante :



On voit que, après que les impulsions à compter ont déterminé l'état des sorties des décades, une impulsion "transfert" est appliquée aux SFC 475, ce qui entraîne la mémorisation de ces états et par conséquent l'affichage du résultat

Après l'impulsion de transfert, une impulsion de remise à zéro appliquée sur les décades autorisera un nouveau cycle de comptage.

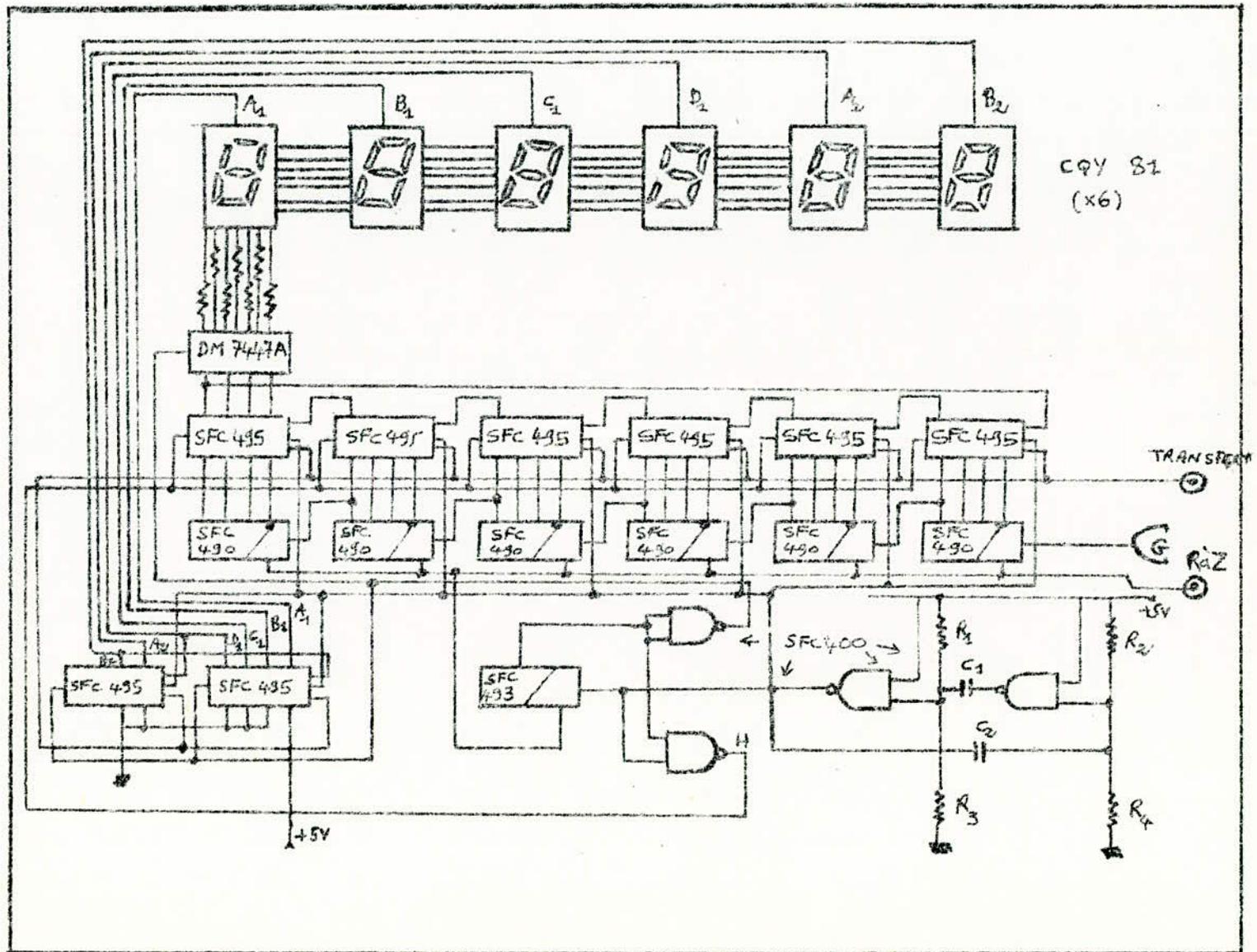


Figure 2: SCHEMA DU CIRCUIT DE MULTIPLEXAGE À REGISTRES À DÉCALAGE -

Le schéma ci-dessus est un circuit où on a une application des registres sous la forme (sous la forme) d'un système de multiplexage d'un affichage à six chiffres.

Préalablement à cette description, il nous paraît utile de définir de la manière la plus simple possible ce qu'est le multiplexage

Cette technique a été surtout développée pour permettre la transmission sur une seule ligne, de plusieurs informations pouvant éventuellement exister au même instant. Pour cela, il suffit de placer "bout à bout" ces informations et de les transmettre les unes après les autres. Bien entendu, le système receptrice devra être capable de restituer correctement les paramètres reçus.

Lorsque des informations existent simultanément, il est nécessaire de les stocker temporairement pour pouvoir les transmettre au moment prévu.

Nous voyons sur le schéma l'organisation du circuit, nous y retrouvons les six décades de comptage (SFC 490) qui sont disposés de façon identique que dans le cas précédent. Pour ce qui concerne l'affichage proprement dit, on aperçoit quelques différences qui sont les suivantes :

Les sorties des SFC 490 sont reliées aux entrées parallèles des registres à décalage SFC 495 (ces derniers remplacent en quelque sorte les SFC 475) et nous ne trouvons plus qu'un seul CI décodeur BCD/7 segments au lieu de six. De plus, les cathodes homologues des afficheurs sont reliées entre elles et, à travers les résistances R, aux sorties du DM 7447 A.

Les anodes des afficheurs ne sont plus reliées ensemble à la ligne d'alimentation positive mais sont connectées chacune aux six sorties de deux autres SFC 495.

Enfin un SFC 400 et un SFC 493 constituent un générateur de signaux qui va piloter le fonctionnement des registres.

Quel va être le fonctionnement du circuit?

Nous commencerons par examiner ce qui se passe lorsque une impulsion transfert apparaît après la fin d'un comptage.

L'impulsion "transfert" est appliquée sur les entrées "contrôle de mode" de tous les SFC 495 ce qui a pour effet de "valider" l'entrée d'horloge H2 de ces CI, autorisant ainsi le "changement" dans les registres des informations présentes sur les sorties des SFC 490 lors d'une transition négative sur cette entrée H2.

Les deux SFC 495 non associés aux décades chargeront également les informations présentes sur leurs entrées et on obtiendra:  
 $A1 = 1$ , et  $B1, C1, D1, A2$  et  $B2 = 0$

Ce cas de figure fera que seul l'afficheur dont l'anode est reliée à A1 pourra donner une indication, les autres ayant leur anode au niveau 0.

Après la fin de l'impulsion de transfert, les entrées "contrôle de mode de tous les registres reviennent au niveau logique bas ce qui entraîne l'inhibition de l'entrée d'horloge H2 et la validation de l'entrée H1, une transition négative sur cette dernière provoquant le décalage à droite des informations.

Précisons également que les six registres des décades sont bouchés sur eux-mêmes, leur sortie série étant reliée à l'entrée série du suivant de manière à ne pas perdre les informations qui ont été chargées et à les faire "circuler". Il en est de même pour les deux autres registre.

Donc, l'entrée contrôle de mode des registres étant au niveau bas, la première transition négative sur les entrées H2 provoquera le décalage :

-d'un cran pour les deux registres de commande des anodes des afficheurs par l'action du signal E.

-de quatre crans pour les six registres "décades par l'action du signal H.

-Nous aurons donc d'une part  $A1 = 0$ ,  $B1 = 1$ ,  $C1...B2 = 0$  et l'afficheur alimenté par B1 sera le seul à pouvoir indiquer un résultat. Il en est de même pour les étapes suivantes.

Chaque afficheur sera donc alimenté, à la fois sur son anode et sur ses cathodes, à tour de rôle, la fréquence relativement élevée de fonctionnement et le phénomène de persistance rétinienne de l'oeil donnant l'illusion d'un allumage simultané des six afficheurs.

Les registres à décalage jouent donc un double rôle :

- memorisation des résultats pendant le comptage suivant,
- multiplexage de l'affichage.

- (\*) H1 = Horloge 1 permet le décalage à droite dans les SFC 495
- (\*\*) H2 = Horloge 2 permet le décalage à gauche dans les SFC 495.

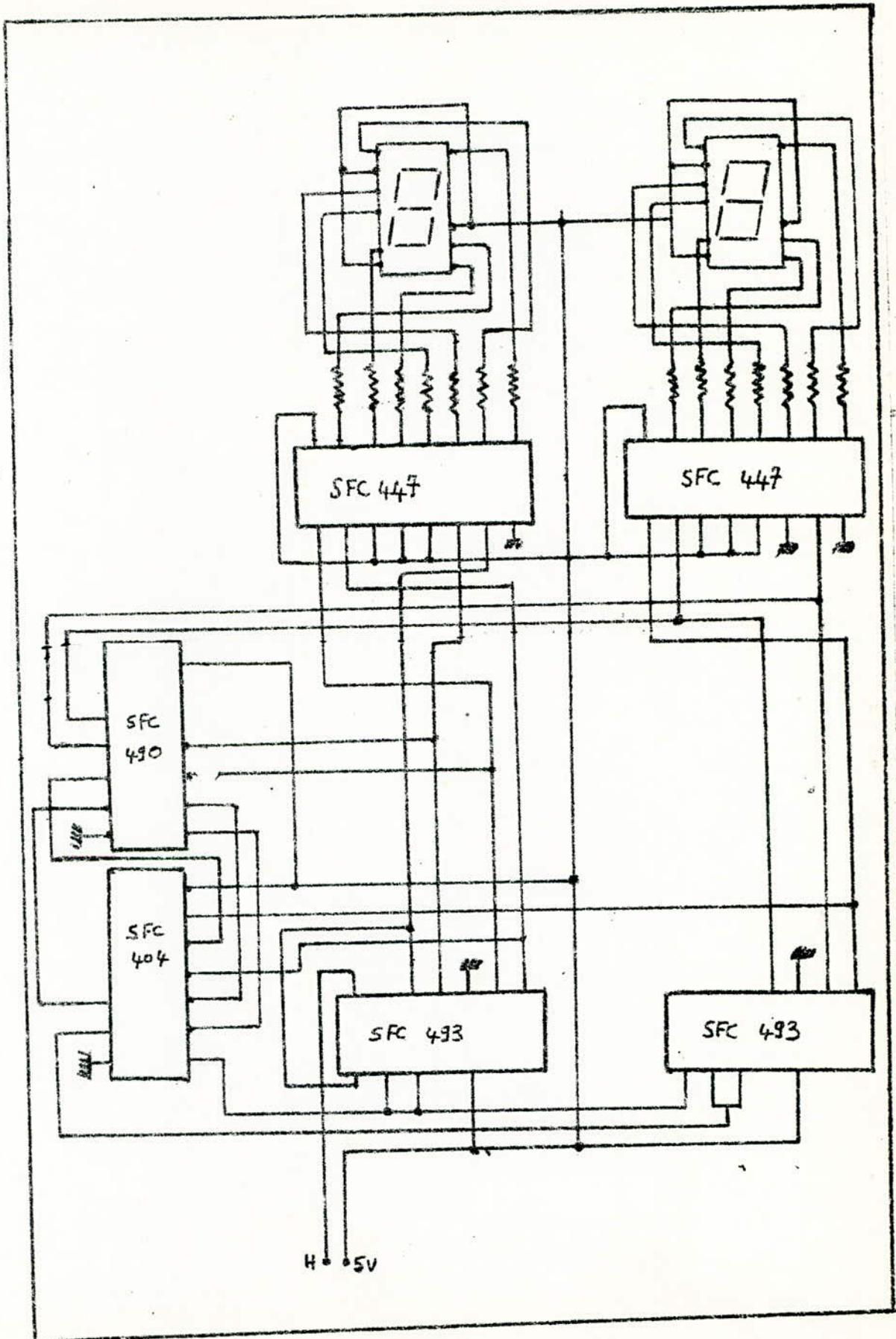


Fig:3

- Le schéma proposé ci-dessus est un montage d'une méthode simple pour jouer au "loto".

Comme on le remarque l'électronique associée aux afficheurs est très simple.

Le schéma se ~~dé~~compose en trois parties, les compteurs les décodeurs et les afficheurs.

Les trops présentés par l'horloge sont appliqués à l'entrée du premier compteur SFC 493, qui est dans notre montage un compteur d'unités. La sortie de ce compteur est appliquée au décodeur à la remise à zéro et à l'entrée du deuxième compteur qui est un compteur des dizaines. Ce dernier avance d'un pas lorsque celui des unités aura accompli un cycle. C'est donc la remise à zéro des unités qui va servir d'horloge pour les dizaines.

Les décodeurs sont composés de circuits intégrés SFC 447 qui regroupent les fonctions de décodeur décimal.

A la suite de ce décodeur des résistances sont mises en série entre les sorties du 447 et les cathodes de l'afficheur.

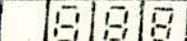
Ces résistances sont destinées à limiter le courant dans les diodes électro-luminescentes qui composent l'afficheur.

TABLEAUX REGROUPANT QUELQUES AFFICHEURS QU'ON TROUVE ACTUELLEMENT SUR LE MARCHE.

TYPE		NOMBRE DE CHIFFRES	DIMENSIONS (mm)	COULEUR	MODE D'UTILISATION	EQUIVALENT	CONSTRUCTEURS
NHR 164 H	AFFICHEURS 7 SEGMENTS A CRISTAUX LIQUIDES	4	16	NOIR SUR FOND ARGENT	REFLECTIF		Distributeur BERIC
NHT 164 H		4	16	TRANSPARENT SUR FOND NOIR	TRANSMISSIF		
NHTN 164 H		4	16	NOIR SUR FOND TRANSPARENT	TRANSMISSIF		
TIL 312	AFFICHEURS 7-SEGMENTS A L.E.D	1	8	ROUGE	ANODE COMMUNE	HP 7730 DL 707 MAN 71	TEXAS
		1	8	VERT	ANODE COMMUNE		
TIL 370		4	13	ROUGE	CATHODE COMMUNE	NR 340 HP 7740	INSTRUMENTS
TIL 313		1	8	ROUGE	CATHODE COMMUNE		
TIL 322		SUPER DIGIT	13	ROUGE	CATHODE COMMUNE		
NR 440		1	11	ROUGE	CATHODE COMMUNE	MAN 4710	Distributeur BERIC
NR 340		1	8	ROUGE	CATHODE COMMUNE	TIL 313 HP 7740	
FND 357		1	9	ROUGE	CATHODE COMMUNE		FAIRCHILD
FND 507		SUPER DIGIT	13	ROUGE	ANODE COMMUNE		
MAN 64		1	11	ROUGE	ANODE COMMUNE		MONSANTO
MAN 71	1	8	ROUGE	ANODE COMMUNE	DL 707 XAN 72		

Tableau II

TYPE		Nombre de digits	Dimensions (mm)	Couleur	Mode d'utilisation	Constructeurs
HP 5082-7730	Afficheurs 7 Segments à L-E-D	1	7,62 (0,3 in)	Rouge	Anode commune - LHDP.	  Hewlett  Packard  
HP 5082-7750		1	10,92 (0,43 in)	Rouge	Anode commune - BP. à gauche	
HP 5082-7412		* 3 (à droite)	2,79 (0,11 in)	Rouge	RHDP -	
HP 5082-7433		3	2,79 (0,11 in)	Rouge	RHDP -	
HP 5082-7474		4	2,79 (0,11 in)	Rouge	RHDP -	
HP 5082-7475		5	2,79 (0,11 in)	Rouge	RHDP -	
HP 5082-7432		2 (à droite)	2,79 (0,11 in)	Rouge	RHDP -	
HP 5082-7440		8	2,67 (0,105 in)	Rouge	RHDP -	
HDSR 3530/ 3730		1	7,62 (0,3 in)	Rouge	Anode commune -	
HDSR 4030/4130		1	10,92 (0,43 in)	Jaune	Anode commune -	
HP 5082-7736	Indicateurs de dépassement	± 1	7,62 (0,3 in)	Rouge	RHDP. (point décimal à droite -)	
HP 5082-7756		± 1	10,92 (0,43 in)	Rouge	RHDP. (point décimal à droite)	
HP 5082-7626		± 1	7,62 (0,3 in)	Jaune	RHDP. ( " " " )	
HP 5082-7836		± 1	7,62 (0,3 in)	vert	RHDP. ( " " " )	

\* 

RHDP = Pt. décimal à droite - LHDP = Point décimal à gauche -

TYPE		Nombre de digits	Dimensions (mm)	Couleur	Utilisation	Constructeur
HP 5082-7300	Affichage matriciel 4x7 L.E.D.	1 caractère	7,4 (0,29 in)	Rouge	Numérique - RHDP	 Hewlett Packard 
HP 5082-7302		1	7,4 (0,29 in)	Rouge	Numérique - LHDP	
HP 5082-7357		1	7,4 (0,29 in)	Rouge	Numérique - LHDP	
HP 5082-7359		1	7,4 (0,29 in)	Rouge	Hexadécimal.	
HP 5082-7340		1	7,4 (0,29 in)	Rouge	Hexadécimal.	
HP 5082-7304		± 1	7,4 (0,29 in)	Rouge	indicateur de surpassement	
HDSP-2000	Affichage Matriciel 5x7 L.E.D.	4	3,8 (0,15 in)	Rouge	Alphanumérique	
HP 5082-7100		3	7,1 (0,28 in)	Rouge	Alphanumérique	
HP 5082-7101		4	7,1 (0,28 in)	Rouge	Alphanumérique	
HP 5082-7102		5	7,1 (0,28 in)	Rouge	Alphanumérique	
"		"	"	"	"	
"		"	"	"	"	

Tableaux II et III d'après doc. Hewlett Packard  
(1974)

ANISOTROPIE

On dit qu'un milieu est anisotrope, lorsque le vecteur induction et le vecteur champ qui lui a donné naissance ne sont qu'exceptionnellement colinéaires : aussi la relation élémentaire :

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

doit être remplacée par la relation matricielle plus générale

$$\|\vec{D}\| = \|\epsilon\| \|\vec{E}\|^t \quad (1)$$

t signifie la matrice transposée.

(1) rapportée à un référentiel trirectangle s'écrit :

$$\begin{aligned} D_x &= \sum_x \epsilon_{xx} E_x + \sum_{xy} \epsilon_{xy} E_y + \sum_{xz} \epsilon_{xz} E_z \\ D_y &= \sum_{yx} \epsilon_{yx} E_x + \sum_y \epsilon_{yy} E_y + \sum_{yz} \epsilon_{yz} E_z \\ D_z &= \sum_{zx} \epsilon_{zx} E_x + \sum_{zy} \epsilon_{zy} E_y + \sum_z \epsilon_{zz} E_z \end{aligned} \quad (2)$$

On montre que la matrice  $\|\epsilon\|$  est symétrique et par un choix convenable de l'orientation du trièdre de référence, on peut annuler tous les coefficients à double indice c'est à dire (2) devient

$$D_x = \epsilon_1 E_x$$

$$D_y = \epsilon_2 E_y$$

$$D_z = \epsilon_3 E_z$$

Les axes de ce référentiel sont appelés axes diélectriques principaux et on définit aussi trois indices principaux telque :

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_0} = n_1^2$$

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_0} = n_2^2$$

$$\frac{\epsilon_3}{\epsilon_0} = n_3^2$$

La connaissance de  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  et des 3 axes diélectriques principaux suffit à définir totalement un milieu anisotrope.

AXEOPTIQUE :

Nous n'allons pas nous étendre à faire une étude très approfondie des milieux anisotropes par conséquent, il faut admettre certaines choses.

On définit dans un milieu anisotrope une surface dite "surface d'indices" elle est symétrique par rapport aux 3 axes diélectriques principaux, elle est formée de deux nappes concentriques. Les points communs aux 2 nappes définissent 2 axes remarquables appelés axes optiques du milieu anisotrope.

MILIEU UNIAXE :

Lorsque dans un milieu 2 des indices principaux sont égaux ce milieu reste anisotrope mais son analyse se trouve beaucoup simplifiée. Un milieu est dit uniaxe lorsque les axes optiques sont confondus.

M.B..A. : Méthoxybenzylidène - n - Butylaniline, corps organique dont le domaine de mésomorphisme s'étend de 20 à 45°C.

E.B..B.A. : Ethoxybenzylidène - n - butylaniline, corps organique dont le domaine de mésomorphisme s'étend de 32° à 68°C.

NESA : ((MARQUE DÉPOSÉE)) d'un type d'électrodes transparents utilisés dans la visualisation à base de cristaux liquides.

POLARISEUR : C'est un filtre de polarisation qui est utilisé pour extraire d'une onde non polarisée l'une quelconque de ses composantes parallèles, à une direction donnée.

DICHOISME : L'élimination de l'un des 2 rayons réfractés se produit naturellement dans certains cristaux anisotropes à pertes où l'absorption est une fonction sélective de la fréquence et de la polarisation. Cette propriété est appelée polychroïsme. Si les milieux est uniaxe les manifestations du polychroïsme se simplifient; on les particularise alors sous le nom de dichroïsme.

SMECTIQUE: DU grec smektikos = savon, parceque les premiers cristaux de ce type ont été observés sur les savons.

NEMATIQUE: Du grec nématos = fil, à cause de l'aspect présenté par les substances de ce type l'orsque on les examine au microscope.

CHOLESTÉRIQUE: Parceque beaucoup dérivent du cholestérol.

IBLIOGRAPHIE

IVRES /

H.LILEN:

circuits intégrés MOS et CMOS.  
Principes et Applications.

ED - RADIO

---

G.BROUSSAUD:

Optoélectronique

ED.MASON ET Cie...

---

A. PROFIT:

Structure et technologie des ordinateurs.

Collection G - U -

---

/))/.AUMIAUX:

Logique binaire et ordinateur

Masson et Cie.

---

J.POE HMICHEN:

Emploi rationnel des circuits intégrés.

ED - RADIO.

---

R.DAMAYE:

Circuits logiques et électronique  
( Electronique industrielle).

ED. RADIO

---

---

I. BOOKREEV - B. MANSOUROV.

V. GORIATCHEV.

Circuits micro électronique et technique  
numérique.

ED. RADIO

---

$\sqrt{\square}$  E:V U E S  
-:-:-:-:-

HOUT PARLEURS.

N° 1583

13 - 1 - 1977.

N° 1629

Février 1978.

N° 1501

AVRIL 1975.

-:-:-:-:-

Electronique pratique:

N° - 2 FEVRIER 1978.

-:-:-:-:-

Electronique - Applications Industrielles

N° 243 - NOVEMBRE 1977.

-:-:-:-:-

Toute E'lectronique:

N° 406 - JANVIER 1976.

-:-:-:-:-

MESURES: <sup>42</sup> Volume / N° 3 - MARS 1977

Volume X39 N° 1/2 FEVRIER 1974.

-:-:-:-:-

Minis et micros: N° 66,- 67, 1978.