

Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

# Document d'approche sur les afficheurs LCD "intelligents"

## 1- Généralités

### 1-1 Description :

Les afficheurs intelligents à cristaux liquides sont des modules compacts et nécessitant peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité. Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leurs tensions de service. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module mais cet éclairage est gourmand en intensité (250mA max.).

### 1-2 Connexions :

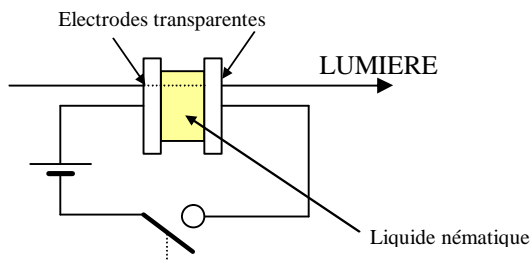
Les connexions à réaliser sont simples puisque l'afficheur LCD dispose de peu de broches. Il faut évidemment l'alimenter, le connecter à un bus de donnée (4 ou 8 bits) d'un microprocesseur ou sur les lignes d'un port d'un microcontrôleur, et connecter les broches **Enable** (validation), **Read/Write** (écriture/lecture) et **Register Select** (instruction/commande).

La base de ces afficheurs est l'utilisation des cristaux liquides.

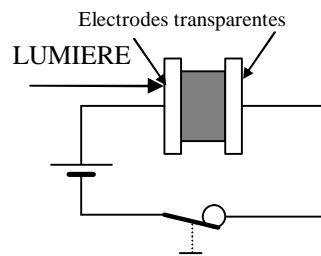
## 2- Principe d'un afficheur à cristaux liquides

Un afficheur à cristaux liquides n'émet aucune lumière en l'absence de source lumineuse extérieure.

Le principe physique est de soumettre un corps pur dont l'état est plus proche de l'état liquide que de l'état cristallin à l'effet d'un champ électrique. Cet état intermédiaire entre liquide et solide est désigné par état nématique caractérisé par une orientation différente des molécules du cristal liquide, qui laisse passer la lumière en l'absence de tension et qui s'oppose au passage de la lumière en présence de tension.

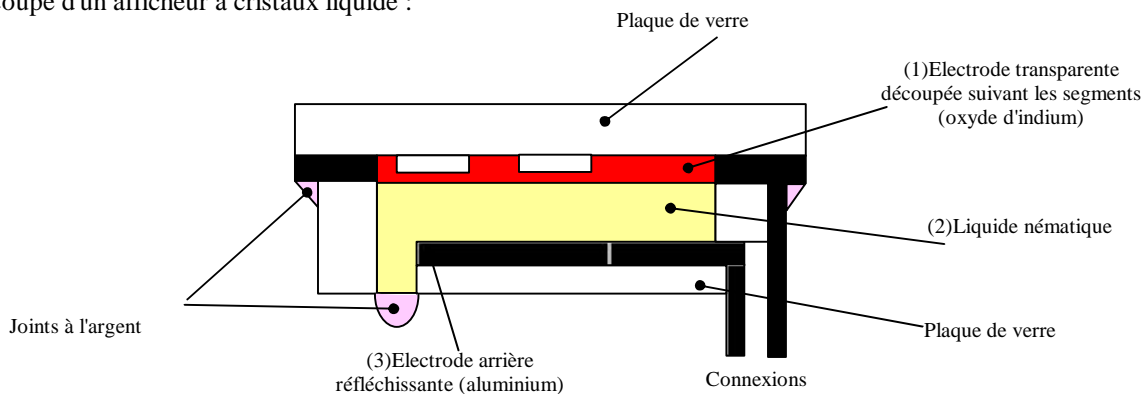


La lumière traverse le cristal liquide.



Le cristal liquide est rendu opaque.  
La lumière ne traverse plus.

Coupe d'un afficheur à cristaux liquides :



La différence de potentiel est appliquée entre l'électrode transparente et découpée suivant les segments à afficher (1) et l'électrode réfléchissante (3).

Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

Eclairé par une lumière extérieure :

✍ En l'absence de tension entre les deux électrodes, le liquide nématique (2) est transparent et la lumière est totalement réfléchi par l'électrode métallique (3).

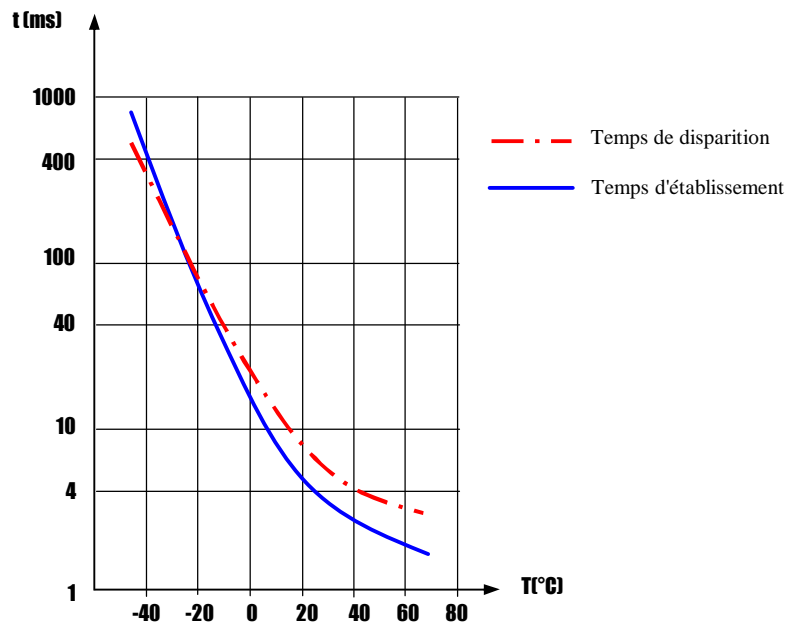
✍ En présence de tension entre les deux électrodes, le liquide nématique est opacifié, la lumière n'est plus réfléchi et le segment est affiché.

### 3- Propriétés d'un afficheur à cristaux liquides

#### 3-1 Temps de commutation ou temps de réponse :

Après la mise sous tension, un temps de retard à la mise en fonctionnement s'écoule jusqu'à ce qu'une variation de contraste apparaisse (temps d'établissement). Ce temps est mesuré entre 10% et 90% du contraste. De la même manière, il existe un temps de retard ou de retombée pour que le contraste disparaisse (temps de disparition).

Les temps de réponse sont fonction de la viscosité de la substance ainsi que de l'épaisseur de la cellule : la viscosité et les temps de réponse décroissent quand la température croit. A 25°C, les temps de réponse sont de l'ordre de 4ms pour le temps d'établissement et de l'ordre de 4 à 8ms pour le temps de disparition. Ce paramètre représente un des gros inconvénients des LCD.

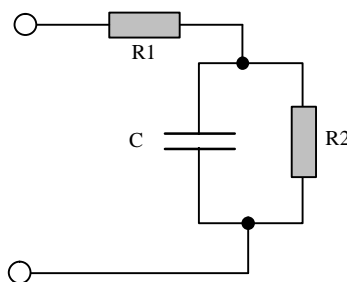


#### 3-2 Tension de fonctionnement :

Le contraste et les temps de commutation dépendent de la tension de fonctionnement. Avec une tension de fonctionnement croissante, le temps de la mise en fonctionnement diminue alors que le temps de disparition augmente. Le dépassement de la tension maximale de fonctionnement réduit considérablement la durée de vie du LCD.

#### 3-3 Courant de fonctionnement :

✍ Le schéma équivalent d'un LCD peut se représenter comme ci-dessous :



R1 est la résistance série des électrodes et R2 la résistance du cristal. C représente la capacité de la substance nématique. Les valeurs typiques sont  $R1 = 10k\Omega$ ,  $R2 = 1M\Omega \cdot cm^2$  et  $C = 1,5nF/cm^2$ . Les unités sont cohérentes car R1

Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

est fonction uniquement de la longueur des électrodes et peut être considérée comme constante. R2 diminue et C augmente quand la surface du segment croit, ce qui correspond à une mise en parallèle des segments unitaires.

Les afficheurs à cristaux liquides sont donc une charge capacitive pour la source de tension. Le courant de fonctionnement est de ce fait, linéairement dépendant de la tension et de la fréquence de commande. La faible capacité entraîne **une très faible consommation en courant**. Pour 3V et 33Hz, il est d'environ 1µA/cm<sup>2</sup>, où seule la surface des segments sollicités absorbe ce courant. **Ce paramètre est le point fort des LCD.**

### 3-4 Fréquence de fonctionnement :

Les afficheurs doivent être alimentés en tension alternative. La fréquence est limitée vers le bas par un effet de scintillement sur l'œil et vers le haut par la constante de temps RC de la résistance d'alimentation des pistes et de la capacité des segments. Le phénomène de scintillement apparaît pour des fréquences inférieures à 30Hz. La fréquence supérieure est généralement de l'ordre de 200Hz.

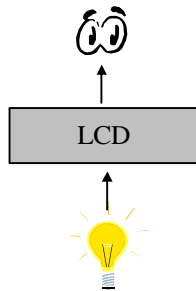
L'application de tensions continues supérieures à 50mV n'est pas admissible parce que ces tensions provoqueraient alors des réactions d'électrolyse sur le cristal liquide qui peuvent réduire fortement la durée de vie (segment qui reste visible en permanence).

### 3-5 Contraste :

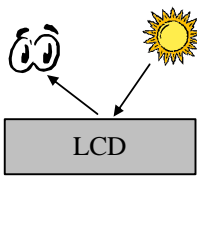
Le contraste est le rapport de brillance pour une tension appliquée par rapport à une tension coupée. Il croit quand la tension de fonctionnement augmente. Le contraste maximum dépend beaucoup des polariseurs de lumière utilisés mais aussi de l'éclairage de l'afficheur.

En fonction du mode d'éclairage et des polariseurs, on différencie :

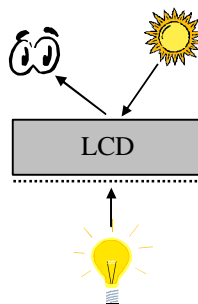
☞ Les afficheurs transmissifs (seulement pour éclairage par transmission) : l'afficheur est éclairé par l'arrière.



☞ Les afficheurs réfléchitifs (seulement pour éclairage par réflexion) : Une feuille réfléchissante est placée derrière l'afficheur. Cet afficheur s'utilise uniquement en lumière ambiante. Ce mode de fonctionnement présente une très bonne lisibilité et un contraste élevé.

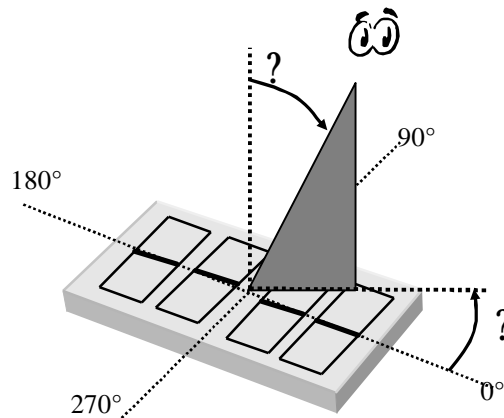


☞ Les afficheurs transflectifs (pour éclairage par réflexion et transmission) : Une feuille semi-transparente est placée derrière l'afficheur transmissif. Cette feuille transmet environ 47% de la lumière incidente et en réfléchit environ 52%.



Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

Le contraste dépend également de l'angle de visée  $\theta$  et de la direction de visée  $\phi$ .  $\theta$  est considéré comme "angle Zénith" des perpendiculaires à la surface et  $\phi$  comme azimut de la direction "3 heures".



Le contraste diminue quand l'angle  $\theta$  augmente.

### 3-6 Maniement :

Abstraction faite de la température de stockage, les afficheurs à cristaux liquides sont très robustes et peuvent être manipulés comme de simples plaques de verre. Il faut seulement tenir compte du fait que les polariseurs sont en matière plastique et donc sensibles aux rayures et aux solvants.

Les segments non utilisés doivent être reliés à l'électrode arrière (Back plane) pour empêcher les allumages intempestifs.

En manipulant les afficheurs, des irisations peuvent apparaître. Cela correspond à une désorientation transitoire du cristal liquide, due à la déformation de l'afficheur.

## 4- Caractéristiques des modules LCD "intelligents"

### 4-1 Brochage :

PIN N°	Symbole	Niveau	Fonction
1	VSS		0V
2	VDD		5V
3	V0		Réglage contraste
4	RS	H/L	L : Code commande ; H : Donnée
5	R/W	H/L	H : Lecture ; L : Ecriture
6	E	H.H-->L	Horloge
7	D0	H/L	?
8	D1	H/L	?
9	D2	H/L	?
10	D3	H/L	? Bus de donnée bidirectionnel*
11	D4	H/L	?
12	D5	H/L	?
13	D6	H/L	?
14	D7	H/L	?
15	A LED		Uniquement pour les afficheurs
16	K LED		rétro-éclairés

\* Lors de l'utilisation en mode 4 bits, seuls les bits D4 à D7 sont utilisés. Les lignes D0 à D3 sont laissées en l'air. On communique le quartet de poids fort puis de poids faible.

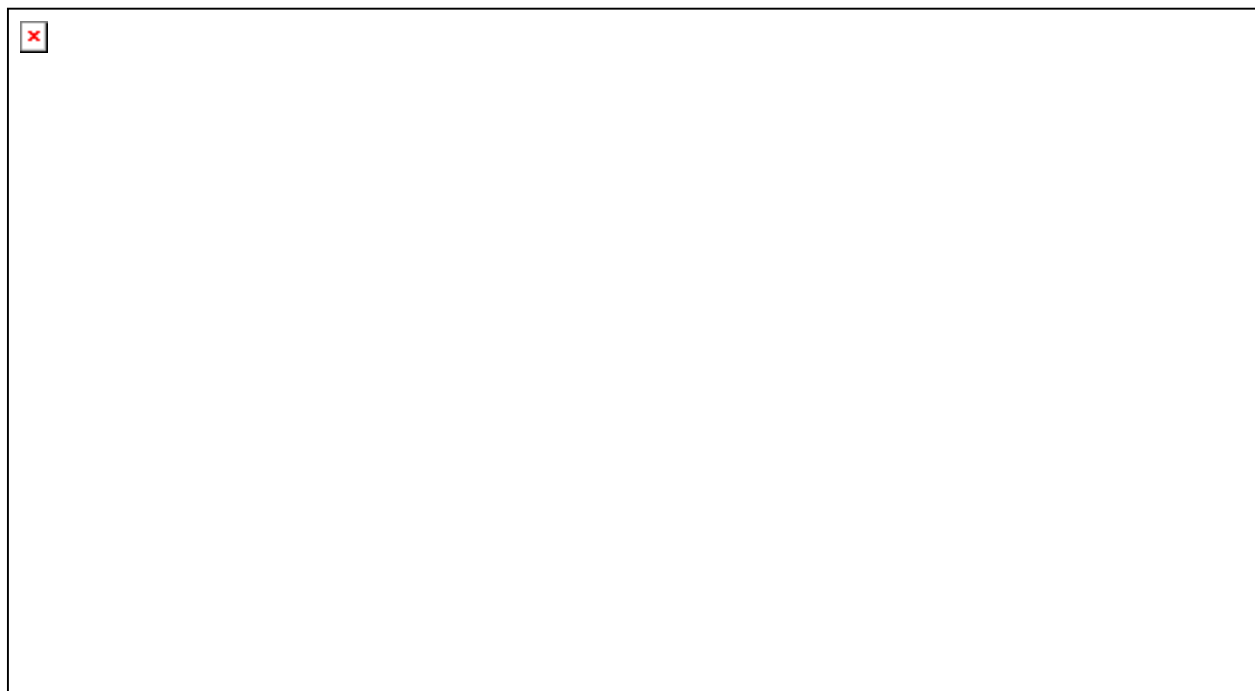
Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

#### 4-2 Raccordement de l'alimentation :



Le potentiomètre permet de régler le contraste de l'afficheur.

#### 4-3 Schéma fonctionnel interne :



#### L'utilisateur a accès à 3 registres :

- ? **Registre de données** : Bidirectionnel, il reçoit les codes ASCII des caractères à afficher. Les codes seront ensuite stockés dans la DD-RAM, d'une capacité de 80 octets. Le registre de données permet aussi de lire le contenu de la DD-RAM.
- ? **Registre de contrôle (d'instruction)** : Accessible uniquement en écriture, il est destiné à recevoir les consignes de contrôle comme effacer l'afficheur, déplacer le curseur, etc...
- ? **Registre d'état** : Accès en lecture seule, il est destiné à indiquer à l'utilisateur si le processeur interne est prêt à recevoir une instruction.

#### On trouve 3 mémoires :

- ? **CG-ROM** : C'est une ROM génératrice de caractères qui fournit 192 motifs de caractères différents en matrices de 5?7 points. La relation entre le code du caractère à transmettre et son motif est donnée dans le tableau suivant :

Lower 4 Bits	Upper 4 Bits	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
xxxx0001	(2)	!	1	A	Q	a	q	.	7	7	4	ä	q	
xxxx0010	(3)	"	2	B	R	b	r	「	イ	ツ	×	æ	ø	
xxxx0011	(4)	#	3	C	S	c	s	」	ウ	テ	ε	∞		
xxxx0100	(5)	\$	4	D	T	d	t	、	エ	ト	μ	Ω		
xxxx0101	(6)	%	5	E	U	e	u	・	オ	ナ	1	ü		
xxxx0110	(7)	&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ	
xxxx0111	(8)	'	7	G	W	g	w	ア	キ	ヌ	ラ	g	π	
xxxx1000	(1)	(	8	H	X	h	x	ィ	ク	ネ	リ	ƒ	×	
xxxx1001	(2)	)	9	I	Y	i	y	ウ	ケ	ル	」	ˆ	γ	
xxxx1010	(3)	*	:	J	Z	j	z	エ	コ	ン	レ	j	¥	
xxxx1011	(4)	+	;	K	C	k	c	《	オ	サ	ヒ	°	万	
xxxx1100	(5)	,	<	L	¥	l	l	ヤ	シ	フ	ワ	¢	円	
xxxx1101	(6)	-	=	M	I	m	i	ユ	ズ	ン	ト	÷		
xxxx1110	(7)	.	>	N	^	n	→	ヨ	セ	ホ	”	ñ		
xxxx1111	(8)	/	?	O	_	o	←	ツ	リ	マ	°	ö	■	

Il faut signaler que la correspondance ASCII est respectée uniquement entre les codes \$20 et \$7D c'est-à-dire pour les chiffres de 0 à 9, les lettres majuscules et minuscules, et enfin quelques caractères couramment utilisés.

- ? **CG-RAM** : C'est une RAM génératrice de caractères à programmer qui fournit 8 motifs. On peut ainsi obtenir un jeu de 8 caractères personnalisés. Le code de ces caractères va de \$00 à \$07 ou bien de \$08 à \$0F (zone image).
- ? **DD-RAM** : C'est une RAM qui reçoit les codes des caractères à afficher. L'adresse à laquelle est placé un code dans la DD-RAM définit la position du caractère sur le panneau d'affichage.

*Cas d'un afficheur à 2 lignes de 16 caractères :*

N° digit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Adresse DD-RAM ligne 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Adresse DD-RAM ligne 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

Les adresses de la seconde ligne ne sont pas consécutives à celles de la première ligne de caractères. Quand l'affichage est décalé, les adresses se décalent uniquement vers la droite ou vers la gauche d'une même ligne.

- ? **Compteur d'adresse** : C'est un compteur interne accessible en lecture par l'utilisateur qui pointe une adresse dans la CG-RAM ou la DD-RAM.
- ? **Lignes de données D0 à D7** : Les données peuvent être transmises sur 8 ou 4 bits. Dans ce dernier cas, on utilise les lignes D4 à D7. On envoie d'abord le poids fort et ensuite le poids faible.
- ? **Ligne R/W** : Unidirectionnelle, lors d'une écriture dans un registre on la positionne à 0, lors d'une lecture d'un registre on la positionne à 1.
- ? **Ligne RS** : Unidirectionnelle, lors de l'envoi d'un code commande on la positionne à 0, lors de l'envoi d'un code caractère on la positionne à 1.
- ? **Ligne E** : Unidirectionnelle, elle permet de valider les données sur front.

#### 4-4 Différentes commandes du module :

Type de commande	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	TIME
Effacer l'affichage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,64ms
Initialiser le curseur	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1,64ms
Initialiser le déplacement du curseur	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40µs
Affichage on/off	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40µs
Décaler Curseur/Affichage	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	40µs
Init mode de fonctionnement	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	40µs
Positionner Adresse CG-RAM	0	0	0	1	A-CG						40µs
Positionner Adresse DD-RAM	0	0	1	A-DD						40µs	
Lecture Reg. Etat/Compteur adresse	0	1	BF	AC						0	
Ecriture CG-RAM DD-RAM	1	0	Write DATA						40µs		
Lecture CG-RAM DD-RAM	1	1	Read DATA						40µs		

L'exécution d'une commande nécessite un certain temps qui est décompté par la ressource et qui dépend de la fréquence d'horloge (Fosc) du contrôleur du panneau LCD. Les temps du tableau sont donnés pour Fosc = 270kHz. Pendant ce temps d'exécution, le drapeau Busy Flag est mis à 1.

#### Détail des commandes :

##### ? **Effacer l'affichage.**

La DD-RAM est remplie avec le code caractère \$20 (Espace). Le compteur d'adresse est remis à zéro. Si l'affichage a été décalé, la position initiale est rétablie. Après exécution de cette instruction, l'affichage disparaît et le curseur est ramené à la position située en haut à gauche.

##### ? **Initialiser le curseur.**

Le compteur d'adresse est remis à zéro. Si l'affichage a été décalé, la position initiale est rétablie. Le contenu de la DD-RAM n'est pas modifié. Le curseur ou le clignotement du caractère, si actif, est ramené à sa position initiale.

##### ? **Initialiser le déplacement du curseur.**

**I/D** (Inc./Dec.) : Lorsqu'on envoie à la DD-RAM un code de caractère à afficher, le curseur se déplace d'une position d'affichage vers la droite si I/D = 1 ou la gauche si I/D = 0. Ce fonctionnement est valable également quand une donnée est lue ou écrite dans la CG-RAM.

**S** (Shift) : Si S = 1, l'ensemble de l'affichage est décalé d'une position vers la gauche (I/D = 1) ou la droite (I/D = 0) après écriture d'un code de caractère dans la DD-RAM. Le curseur garde la même position relative sur l'afficheur. Si S = 0, l'affichage n'est pas décalé.

Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

**Remarques** : Quand un décalage d'affichage est exécuté, les 2 lignes sont décalées simultanément.  
Quand l'opération de décalage de l'affichage est répétée, les caractères d'une ligne ne sont pas déplacés vers l'autre ligne mais sont rebouclés sur la même ligne.

? **Affichage on/off.**

**D** (Display) : Si  $D = 1$ , l'affichage est allumé. Si  $D = 0$ , l'affichage est éteint mais les codes des caractères sont conservés dans la DD-RAM.

**C** (Cursor) : Si  $C = 1$ , le curseur est affiché à la position courante du compteur d'adresse. Si  $C = 0$ , le curseur n'est pas visible.

**B** (Blink) : Si  $B = 1$ , le caractère à la position du curseur clignote à 1,2Hz environ.

? **Décaler Curseur/Affichage.**

L'affichage et/ou le curseur sont décalés vers la droite ou la gauche. Pour un afficheur à 2 lignes, le curseur se déplace de la 40<sup>ème</sup> position de la ligne du haut à la première position de la seconde ligne. A la fin de la seconde ligne (adresse \$67), le curseur ne retourne pas à l'adresse \$00 mais à la première position de la seconde ligne (adresse \$40).

**S/C** (Shift/Cursor) : Si  $S/C = 0$ , seul le curseur est déplacé. Si  $S/C = 1$ , c'est tout l'affichage, avec le curseur, qui est décalé.

**R/L** (Right/Left) : Si  $R/L = 0$ , le décalage se fait vers la gauche. Si  $R/L = 1$ , le décalage se fait vers la droite.

? **Init mode de fonctionnement.**

**DL** (Data Length) sélectionne la largeur du bus de données : 8 bits si  $DL = 1$  ou 4 bits si  $DL = 0$ .

**N** (Number of lines) initialise l'affichage sur 1 ligne si  $N = 0$  et 2 lignes si  $N = 1$ .

**F** définit la matrice des caractères : matrice 5?10 si  $F = 1$  ou matrice 5?7 si  $F = 0$ .

**Remarque** : Cette commande doit être exécutée au début du programme du microprocesseur avant toute autre commande (à l'exception de la commande de lecture du registre d'état et du compteur d'adresse).

? **Positionner Adresse CG-RAM.**

Cette commande permet au compteur d'adresse de pointer une adresse dans la CG-RAM. Un transfert de données pourra ensuite être réalisé entre le microcontrôleur et la CG-RAM.

? **Positionner Adresse DD-RAM.**

Cette commande permet au compteur d'adresse de pointer une adresse dans la DD-RAM. Un transfert de données pourra ensuite être réalisé entre le microcontrôleur et la DD-RAM.

? **Lecture Reg. Etat/Compteur adresse.**

Le bit **BF** (Busy Flag) ne peut être que lu et indique si le module est occupé par le traitement d'une commande.

Si  $BF = 0$ , le module est libre et peut recevoir une commande.

Si  $BF = 1$ , le module est occupé (en cours d'exécution) et une nouvelle commande ne sera pas acceptée tant que  $BF$  ne sera pas égal à 0.

Cette commande lit aussi le contenu du compteur d'adresse, exprimé par un nombre binaire de 7 bits. Lors d'une lecture, le compteur d'adresse va contenir une adresse de la DD-RAM ou de la CG-RAM selon la dernière commande d'adressage exécutée.

? **Ecriture CG-RAM DD-RAM.**

Une donnée de 8 bits est écrite dans la CG-RAM ou la DD-RAM selon l'adresse spécifiée par le compteur d'adresse. Après écriture de la donnée dans la RAM, le compteur d'adresse est incrémenté ou décrétementé selon le mode d'entrée prédéfini.

? **Lecture CG-RAM DD-RAM.**

Une donnée de 8 bits est lue dans la DD-RAM ou la CG-RAM selon la dernière commande d'adressage exécutée, à l'emplacement indiqué par le compteur d'adresse. Cette commande doit être précédée par une commande de positionnement d'adresse dans l'une des 2 RAM ou une commande de décalage du curseur.



Année 2003	PORTE AUTOMATIQUE DIVA LIGHT  PORTALP	<i>Electronique</i>
Lycée R. PERRIN		<b>Doc. Ressource</b>
UGINE		<b>Modules LCD</b>

A la mise sous tension, le module exécute une procédure d'initialisation automatique qui assure les fonctions suivantes :

- ? Effacement de la DD-RAM.
- ? Extinction de l'afficheur.
- ? Format des données : 8 bits.
- ? Affichage sur une seule ligne.
- ? Curseur fixe.
- ? Déplacement du curseur vers la droite à chaque écriture de caractère.

Pendant cette phase d'initialisation qui dure environ 15 ms, le bit d'état (BF) est mis à l'état haut.

*Il est toutefois préférable d'assurer l'initialisation du module par programmation avant d'envoyer les premiers caractères au module.*

#### 4-5 Génération d'un caractère personnalisé :

La CG-RAM, d'une capacité de 64 octets, offre 8 matrices de 5?8 points qui peuvent être programmés par l'utilisateur. On peut donc créer 8 caractères. Chaque caractère occupera 8 octets et un pixel devant apparaître en noir sera positionné à 1.

Ainsi, pour programmer le caractère ci-dessous, il faudra écrire dans la CG-RAM \$1F à l'adresse \$40 puis \$03 à l'adresse \$41, ... et \$10 à l'adresse \$46. Le caractère suivant occupera dans la CG-RAM les adresses \$48 à \$4F et ainsi de suite.



Le code de chaque caractère personnalisé programmé qu'il faut envoyer à la DD-RAM pour pouvoir afficher son motif doit aller de \$00 à \$07 ou de \$08 à \$0F (zone image). Le tableau ci-dessous donne la correspondance entre les codes \$00 à \$07 et les adresses de la CG-RAM servant à programmer chacun des 8 caractères personnalisés.

Code caractère DD-RAM	Adresses CG-RAM à programmer
\$00	\$40 à \$ 47
\$01	\$48 à \$ 4F
\$02	\$50 à \$ 57
\$03	\$58 à \$ 5F
\$04	\$60 à \$ 67
\$05	\$68 à \$ 6F
\$06	\$70 à \$ 77
\$07	\$78 à \$ 7F

#### 4-6 Timing :

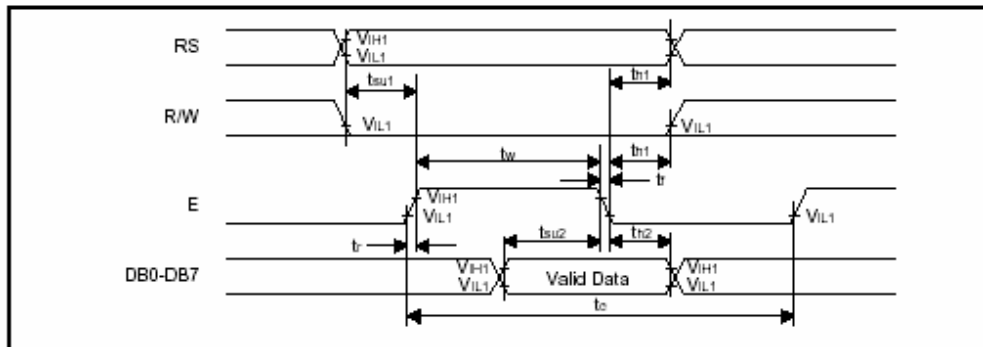


Figure 6. Write Mode Timing Diagram

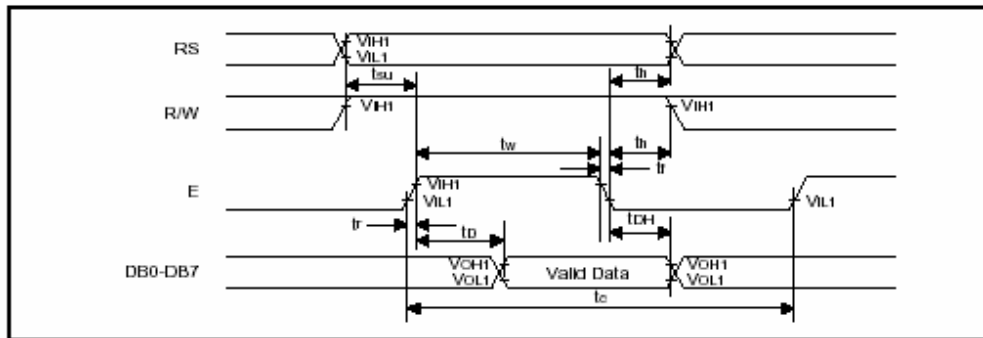


Figure 7. Read Mode Timing Diagram

#### AC Characteristics

( $V_{DD} = 4.5$  to  $5.5V$ ,  $T_a = -30$  to  $+85^\circ C$ )

Mode	Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Write Mode (refer to Figure-6)	E Cycle Time	$t_c$	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{r, t_f}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su1}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{h1}$	10	-	-	
	Data Setup Time	$t_{su2}$	80	-	-	
	Data Hold Time	$t_{h2}$	10	-	-	
Read Mode (refer to Figure-7)	E Cycle Time	$t_c$	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{r, t_f}$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_h$	10	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	120	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	

( $V_{DD} = 2.7$  to  $4.5V$ ,  $T_a = -30$  to  $+85^\circ C$ )

Mode	Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Write Mode (refer to Figure-6)	E Cycle Time	$t_c$	1000	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{r, t_f}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su1}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{h1}$	20	-	-	
	Data Setup Time	$t_{su2}$	195	-	-	
	Data Hold Time	$t_{h2}$	10	-	-	
Read Mode (refer to Figure-7)	E Cycle Time	$t_c$	1000	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	$t_{r, t_f}$	-	-	25	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	450	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su}$	60	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_h$	20	-	-	
	Data Output Delay Time	$t_D$	-	-	360	
	Data Hold Time	$t_{DH}$	5	-	-	