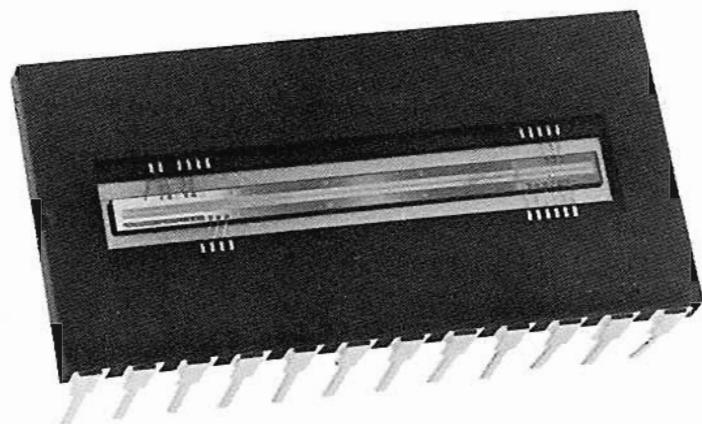


Dispositif photosensible linéaire à transfert de charge (DTC)



- Haute résolution : 1728 photodiodes
- Domaine spectral étendu : 300 à 1000 nm
- Réponse spectrale uniforme
- Grande sensibilité
- Faible signal d'obscurité
- Dynamique 3000 : 1
- Boîtier céramique hermétique
- Fenêtre optique en verre
- Mise en œuvre simplifiée :
 - Deux phases de commande externes
 - Échantillonnage et maintien intégrés
 - Référence du niveau d'obscurité disponible

Le TH 7801 est un dispositif photosensible linéaire comportant une rangée de 1728 photodiodes ; les charges accumulées dans les photoéléments sont lues par deux registres à décalage analogiques à transfert de charge (DTC). Les dimensions de chaque photodiode sont de $13 \mu\text{m} \times 13 \mu\text{m}$, au pas de $13 \mu\text{m}$. La résolution correspondante est de 38 pl/mm.

Le TH 7801 est réalisé en technologie n-MOS à deux niveaux de grille silicium. Il présente des performances optimisées en ce qui concerne la sensibilité, la réponse spectrale et le pouvoir de résolution. Sa conception a été faite, par ailleurs, pour en faciliter grandement la mise en œuvre.

Applications

Le TH 7801 est destiné à la réalisation de systèmes d'analyse d'image par balayage. Le défilement relatif de l'image par rapport au dispositif photosensible permet une analyse ligne par ligne. C'est ainsi que le TH 7801 trouve sa place dans toutes les applications nécessitant une haute résolution et une grande sensibilité dans le spectre visible et proche infra-rouge :

- télécopie (au standard européen ou américain),
- fac-similé (image en demi-teintes),
- mesures physiques (spectrométrie, etc.),
- traitements d'images, etc.

Ce document ne présente pas un caractère contractuel. Les valeurs et les caractéristiques indiquées sont susceptibles de modifications, dues à un complément d'information ou à une amélioration du produit. Veuillez consulter la Division Tubes Electroniques de THOMSON-CSF avant d'utiliser ces informations pour la conception d'un nouvel équipement.



STRUCTURE FONCTIONNELLE

Les différents éléments constituant le TH 7801 sont représentés sur le schéma fonctionnel de la Figure 1.

— Ligne photosensible

La ligne comporte 1728 éléments séparés par des canaux d'isolement de 3 μm de largeur.

Le photoélément est constitué par une photodiode n-p, recouverte d'une couche de silice, associée à une capacité MOS qui accumule les électrons créés par la lumière. La quantité de charges accumulées, proportionnelle à l'éclairement reçu et au temps d'intégration, est contrôlée par une grille de stockage.

Cette structure procure une sensibilité élevée en évitant l'absorption de la lumière à travers une grille de silicium polycristallin.

A chacune des extrémités de la ligne, quatre éléments sont masqués pour fournir une référence du niveau de signal d'obscurité.

Une grille de passage isole la ligne photosensible des registres de lecture par l'intermédiaire d'une barrière de potentiel ; l'ouverture de cette barrière permet le transfert en parallèle des charges accumulées dans la zone photosensible, vers les registres de lecture.

— Deux registres de lecture (DTC)

Deux registres de lecture à transfert de charge sont situés de part et d'autre de la ligne photosensible ; ils reçoivent respectivement des charges accumulées dans les photoéléments de rang pair et de rang impair. Ces registres transfèrent séquentiellement les charges provenant de chaque photoélément vers un circuit de sortie.

Deux registres latéraux supplémentaires, parallèles aux registres de lecture, isolent ces derniers de la périphérie du circuit.

— Circuit de sortie

Les charges issues de chaque registre sont multiplexées dans une diode de lecture commune, assurant la conversion charge-tension. Entre chaque arrivée d'un paquet de charges, le potentiel de la diode de lecture est fixé à un niveau de référence par un transistor MOS de précharge.

Le potentiel de la diode de lecture est appliqué à l'entrée d'un amplificateur fournissant un signal de sortie vidéo, échantillonné et maintenu, sous faible impédance.

— Commande intégrée

Un circuit logique interne engendre les phases de remise à niveau de la diode de lecture (Φ_R) et d'échantillonnage (Φ_{ech}). Ce circuit interne permet de réduire à deux seulement les phases de commande externes à fournir (phase de passage Φ_P et phase de transfert Φ_T).

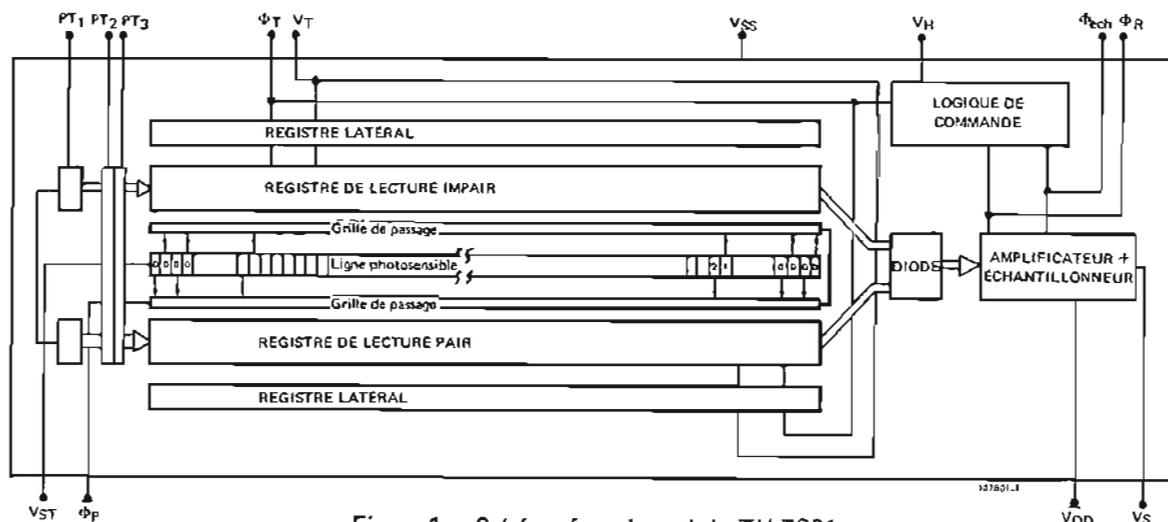


Figure 1 — Schéma fonctionnel du TH 7801

FONCTIONNEMENT DÉTAILLÉ ET CHRONOGRAMME DES PHASES DE COMMANDE

Nota : Les symboles utilisés dans ce chapitre sont explicités dans le tableau des caractéristiques des phases de commande (voir tableau III). Le chronogramme des phases de commande est représenté à la Figure 4 (page 4).

Pendant un temps d'intégration t_i , les charges engendrées au sein des photodiodes, sous l'effet de l'éclairement incident, sont accumulées sous le contrôle de la grille de stockage. Pendant ce temps, les photoéléments sont isolés des registres de lecture (phase Φ_P à l'état bas).

A la fin de cette période d'intégration, la phase de passage Φ_P passe à l'état haut et commande le passage des charges accumulées vers les deux registres de lecture.

Pendant une nouvelle période d'intégration, les registres de lecture transfèrent les charges vers la diode de lecture, la phase unique de transfert du registre de lecture Φ_T permettant le contrôle de la fréquence de transfert.

Le signal correspondant à l'ensemble de la ligne est ainsi recomposé sur la diode de lecture. Le potentiel de la diode est appliqué à l'entrée d'un double étage suiveur délivrant un signal qui est échantillonné et maintenu par un transistor MOS commandé par la phase interne d'échantillonnage Φ_{ech} . Un dernier étage suiveur fournit le signal vidéo, échantillonné et maintenu, sous faible impédance.

La phase interne de remise à niveau Φ_R commande la remise à niveau de la diode de lecture entre chaque paquet de charges transféré par les registres de lecture.

— Contrôle du temps d'intégration

La phase de passage Φ_P permet de contrôler le temps d'intégration de la lumière dans les photoéléments; le temps d'intégration est l'intervalle de temps entre les fronts descendants de deux impulsions successives de Φ_P .

— Contrôle de la fréquence point en sortie

La phase de transfert du registre de lecture Φ_T contrôle le débit de la ligne vidéo; la fréquence point en sortie est le double de la fréquence Φ_T .

Remarque : Le temps de lecture d'une ligne vidéo doit être inférieur au temps d'intégration.

— Circuit d'équilibrage des signaux en sortie

Le potentiomètre de $1\text{ k}\Omega$ permet d'équilibrer les signaux correspondant aux éléments pairs et impairs (voir Figure 3).

Nota : Pour faciliter la mise en œuvre du dispositif, THOMSON-CSF réalise la carte de commande TH 7931, qui, associée au TH 7801, fournit l'ensemble des signaux de commande nécessaires au fonctionnement du dispositif photosensible et assure l'amplification du signal vidéo. La fonction "analyse d'image" (l'optique mise à part), est ainsi totalement réalisée.

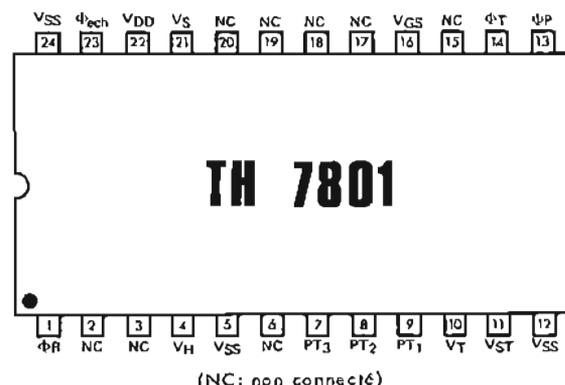


Figure 2 — Brochage du TH 7801

Rep.	Désignation	Broche
Φ_R	Phase interne de remise à niveau	1
VH	Alimentation (courant continu) du circuit de commande intégré	4
VT	Polarisation (courant continu) du registre de lecture	10
VST	Polarisation (courant continu) de la zone photosensible	11
Φ_P	Phase de passage	13
Φ_T	Phase de transfert du registre de lecture	14
VGS	Polarisation (courant continu) de la grille de sortie	16
Vs	Sortie ligne vidéo	21
VDD	Alimentation (courant continu) de l'amplificateur de sortie	22
Φ_{ech}	Phase interne d'échantillonnage	23
VSS	Substrat (masse)	5, 2, 4, 12
PT1	Point test 1	9
PT2	Point test 2	8
PT3	Point test 3	7

Tableau I — Identification des connexions

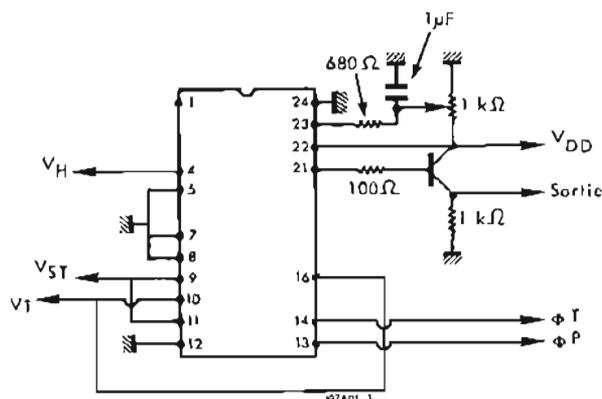
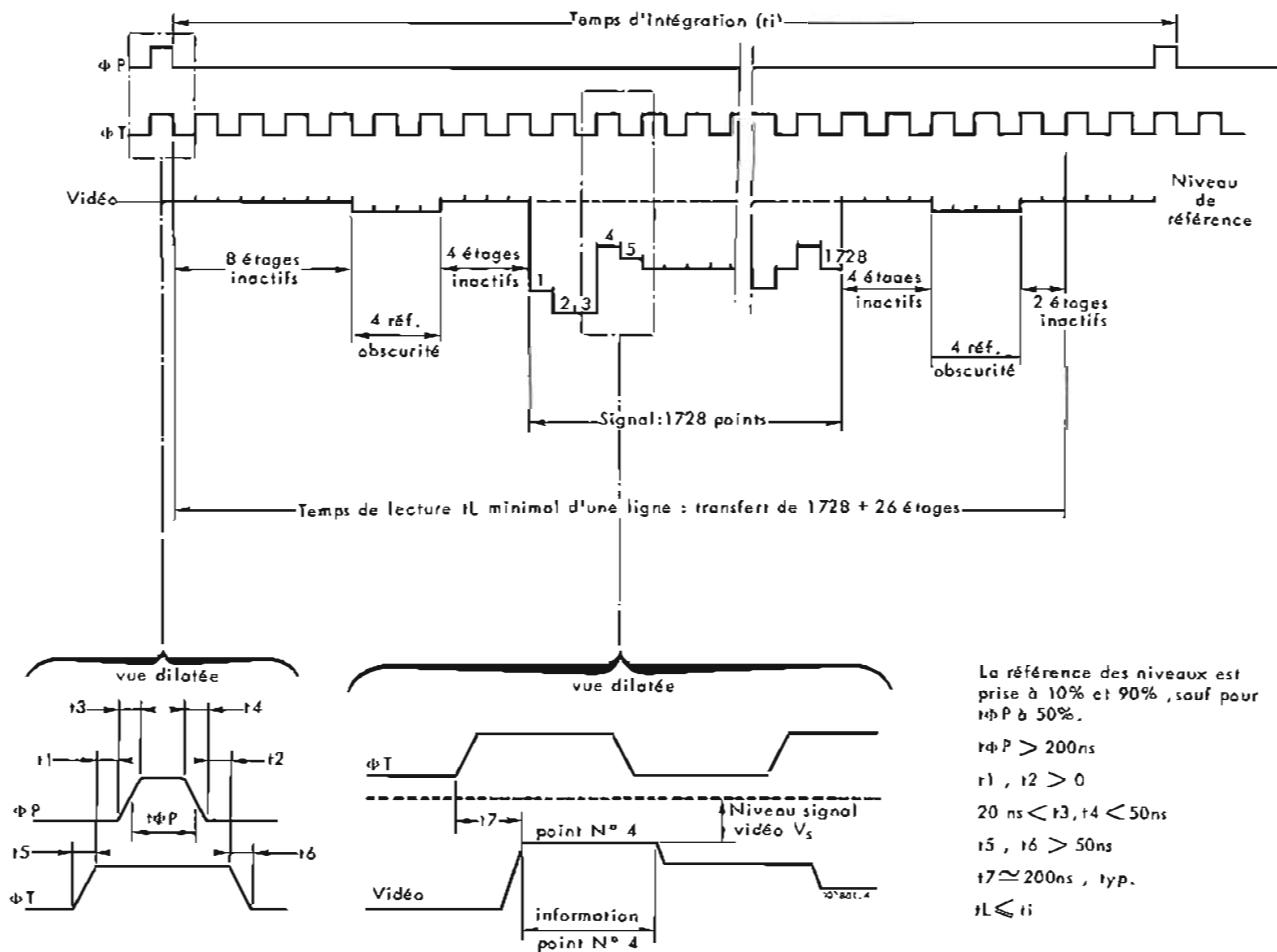


Figure 3 — Circuit d'équilibrage



La référence des niveaux est prise à 10% et 90%, sauf pour $t_{\Phi P}$ à 50%.

$t_{\Phi P} > 200ns$
 $t_1, t_2 > 0$
 $20 ns < t_3, t_4 < 50ns$
 $t_5, t_6 > 50ns$
 $t_7 \approx 200ns, typ.$
 $t_L \leq t_i$

Figure 4 – Chronogramme des phases de commande

CONDITIONS D'UTILISATION

Valeurs limites absolues d'utilisation

– Température de stockage	– 25 °C à + 125 °C
– Température de fonctionnement	– 25 °C à + 70 °C
– Tension maximale :	
broches : 1, 4, 7, 8, 10, 13, 14, 16, 22, 23	– 0,3 V à + 15 V
broches : 9, 11	– 0,3 V à + 10 V
broches : 5, 12, 24	0 V
broches : 2, 3, 6, 15, 17, 18, 19, 20	NC

Précautions d'emploi

a – Charges électrostatiques

Ce dispositif comporte des protections intégrées ; cependant, il convient de prendre les précautions contre les charges électrostatiques susceptibles de le détériorer :

- stocker les circuits avec les broches court-circuitées ou sur une masse conductrice,
- manipuler les circuits avec des outils reliés à la masse,
- supprimer toute source de charges électrostatiques (vêtements en nylon, etc.).

b – Fenêtre en verre

La fenêtre en verre doit être maintenue propre en frottant légèrement la surface à l'aide d'un coton imbibé d'alcool et en séchant avec un jet d'azote ou d'air sec.

c – Température

Lorsque des temps d'intégration t_i très longs sont utilisés, il peut être nécessaire de refroidir le dispositif pour limiter le niveau du signal d'obscurité (voir Figure 8).

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT (T = 25 °C)

Tableau II – Polarisation continues

Caractéristique	Symbole	Valeurs			Unité	Remarques
		Min.	Typ.	Max.		
Tension drain du circuit de commande intégré	VH	11,0	12,0	13,0	V	
Courant du circuit de commande intégré	IH	3,0	5,0	10,0	mA	
Tension continue registre de lecture	VT	5,5	6,0	6,5	V	Voir note 1
Tension de stockage	VST	4,0	5,0	5,5	V	
Tension drain amplificateur	VDD	11,5	12,5	13,0	V	
Courant amplificateur	IDD	0,5	1,0	6,0	mA	
Tension substrat	VSS	0,0	0,0	–	V	
Tension grille de sortie	VGS	4,5	6,0	7,0	V	Voir note 2
Point test 1	PT1	–	5,0	–	V	Voir note 3
Points tests 2 et 3	PT2, PT3	0,0	0,0	0,0	V	

Tableau III – Caractéristiques des phases de commande

Caractéristique		Symbole	Valeurs			Unité	Remarques
			Min.	Typ.	Max.		
Phase de transfert	haut	Φ_T	11,0	12,0	13,0	V	
	bas		0,0	0,4	0,6	V	Voir note 4
Phase de passage	haut	Φ_P	11,0	12,0	13,0	V	
	bas		0,0	0,4	0,6	V	Voir note 4
Fréquence phase de transfert, maximum		$F\Phi_T$	0,25	1,0	–	MHz	Voir note 5
Fréquence point, maximum		$F\Phi_R$	0,5	2,0	–	MHz	Voir note 6
Capacité phase de transfert		$C\Phi_T$	–	700	950	pF	
Capacité phase de passage		$C\Phi_P$	–	200	300	pF	

Tableau IV – Caractéristiques électriques

Caractéristique	Symbole	Valeurs			Unité	Remarques
		Min.	Typ.	Max.		
Niveau continu de sortie	V_o	5	7	10	V	
Impédance de sortie	Z_o	–	500	–	Ω	
Consommation	P_D	–	85	200	mW	
Efficacité de transfert pour un étage		–	0.99995	–		
Déséquilibre entre points pairs et impairs		–	20	–	mV	Voir note 7

PERFORMANCES ELECTROOPTIQUES

Conditions générales de mesure : $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

$t_i = 10\text{ ms}$; $F\Phi_T = 250\text{ kHz}$; fréquence point = 500 kHz

Source lumineuse : lampe à filament de tungstène (2854 K) + filtre infra-rouge Schott KG1 (note 8).

Conditions de fonctionnement : nominales, telles que spécifiées.

Tableau V – Performances électrooptiques

Caractéristique	Symbole	Valeurs			Unité	Remarques
		Min.	Typ.	Max.		
Tension de sortie vidéo à la saturation	V_{SAT}	0,8	1,2	1,5	V	Voir note 9
Exposition à la saturation	E_{SAT}	–	0,350	–	$\mu\text{J}/\text{cm}^2$	Voir notes 10 et 11
Réponse	R	2,0	3,5	–	$\text{V}/\mu\text{J}/\text{cm}^2$	Voir note 12 et figure 5
Bruit efficace		–	400	–	μV	
Dynamique (relative au bruit efficace)	D	1500	3000	–		
Tension d'obscurité moyenne	V_{So}	–	0,5	5	mV	Voir note 9
Uniformité du signal d'obscurité	ΔV_{So}	–	0,5	10	mV	
Amplitude des points singuliers dans l'obscurité		–	–	40	mV	
Uniformité des réponses : – points singuliers exclus – avec points singuliers		– –	$\pm 8\%$ –	– $\pm 15\%$		Voir notes 13 et 14
Fonction de transfert de modulation	FTM	–	–	–		Voir note 15 et figure 7

NOTES

- 1 - La valeur de V_T est approximativement égale à : $\frac{\Phi_T(\text{haut}) - \Phi_T(\text{bas})}{2}$.
- 2 - V_{GS} peut être relié à V_T .
- 3 - PT_i peut être relié à VST .
- 4 - Le passage transitoire des impulsions de commande au-dessous de 0,0 V peut créer une injection de charges provoquant une augmentation du signal d'obscurité dans les zones situées aux extrémités de la zone photosensible (zones de connexion des fils).
- 5 - La fréquence minimale de la phase de transfert est limitée par l'augmentation du signal d'obscurité.
- 6 - $F\Phi_R = 2 R\Phi_T$.
- 7 - Ce déséquilibre peut être compensé à l'aide du circuit d'équilibrage dont le schéma est donné à la Figure 3.
- 8 - La transmission du filtre KG1 est : 80 % à 650 nm, 50 % à 750 nm et 15 % à 850 nm.
- 9 - Cette valeur est mesurée par rapport au niveau du signal de référence d'obscurité (voir Figure 4).
- 10 - L'exposition est le produit de l'éclairement (reçu par le dispositif photosensible) par le temps d'intégration.
- 11 - Pour $t_i = 10$ ms, l'éclairement correspondant est 350 mW/m^2 , ou 52 lux (voir Figure 6).
- 12 - Dans les mêmes conditions de mesure, cette réponse est équivalente à 2,6 V/lux . sec.
- 13 - Lorsqu'on utilise une source lumineuse sans filtre IR, la composante infra-rouge du spectre dégrade les performances d'uniformité de réponse et la FTM du dispositif.
- 14 - L'uniformité est mesurée pour un niveau moyen de signal de 700 mV.
- 15 - **Fonction de transfert de modulation**

Elle est définie, pour un domaine spectral donné et pour un réseau carré de lignes à fréquence spatiale donnée, par :

$$FTM \approx \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min} - 2V_{SO}}$$

La FTM mesurée inclue la FTM de l'objectif utilisé pour la mesure.

Afin de supprimer le phénomène de chevauchement de spectre (aliasing), la ligne de mire carrées est solidaire d'une platine à déplacement micrométrique permettant la mise en phase de la fréquence spatiale de la mire avec celle du réseau de pixels.

DÉFINITION DES TERMES

Dispositif à transfert de charge (DTC) : Dispositif semi-conducteur qui permet de stocker et déplacer une information analogique, sous forme de paquets de charges électriques, par l'intermédiaire d'un réseau de capacités MOS adjacentes, séparées les unes des autres par un intervalle très faible.

Temps d'intégration : Temps durant lequel les électrons sont accumulés dans la zone photosensible.

Efficacité de transfert : Pourcentage des charges qui sont transférées entre deux étages successifs du registre de lecture.

Tension de sortie vidéo à la saturation : Tension maximale utile du signal vidéo correspondant au nombre maximal de charges pouvant être stockées dans le photoélément.

Exposition à la saturation : Exposition minimale produisant un signal vidéo saturé ; au-delà de cette exposition le niveau du signal vidéo cesse d'augmenter.

Réponse : Rapport du niveau de signal vidéo à l'excitation qui l'engendre ; cette réponse dépend du domaine spectral de la source lumineuse utilisée.

Dynamique : Rapport de la tension de sortie vidéo à la saturation au bruit efficace dans l'obscurité (bruit intrinsèque du dispositif).

Tension d'obscurité : Niveau du signal vidéo en sortie lorsque le dispositif est dans l'obscurité ; cette tension dépend du temps d'intégration et de la température.

Uniformité de la réponse : Ecart de tension de sortie ΔV_s entre le point le plus sensible et le point le moins sensible, pour une exposition uniforme le long de la ligne. Elle est exprimée par le rapport :

$$\frac{\Delta V_s}{\overline{V_s}}$$

$\overline{V_s}$ étant la moyenne des réponses de la totalité des photoéléments pour l'exposition utilisée.

COURBES DE PERFORMANCES TYPIQUES

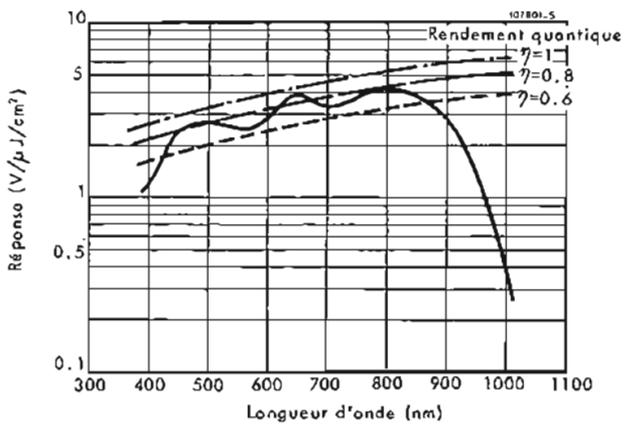


Figure 5 – Réponse spectrale

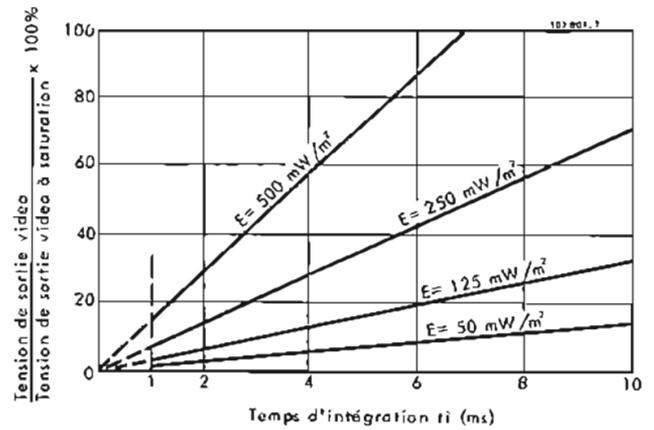


Figure 6 – Tension de sortie vidéo en fonction du temps d'intégration (source 2854 K avec filtre KG1)

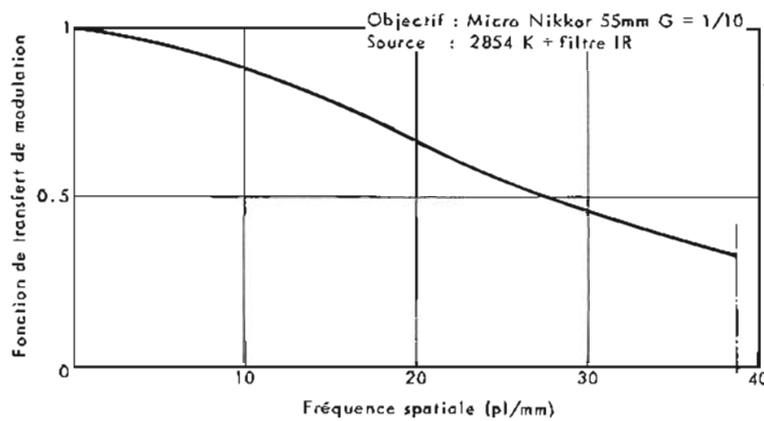


Figure 7 – Courbe de FTM

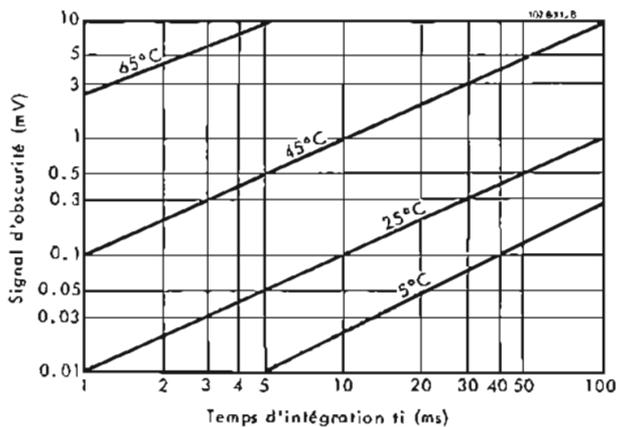


Figure 8 – Signal d'obscurité en fonction du temps d'intégration et de la température ambiante

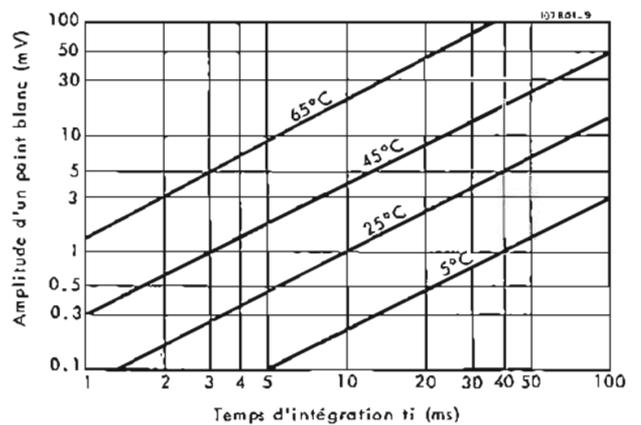
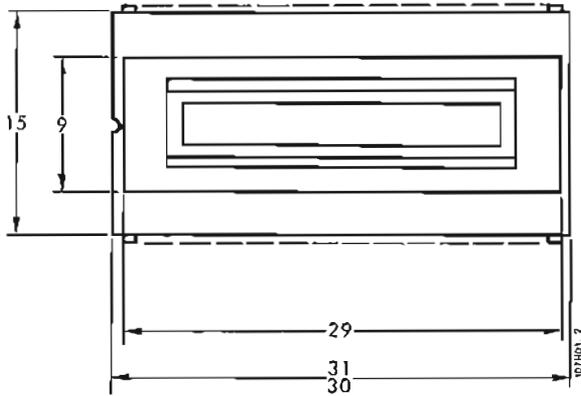
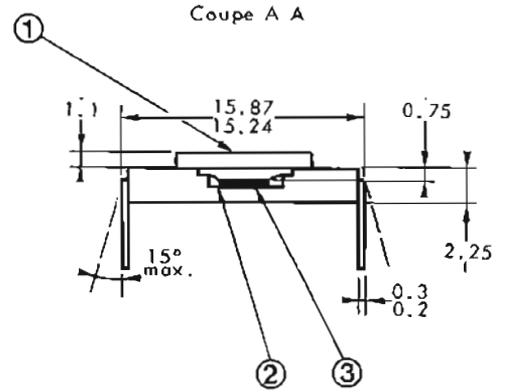
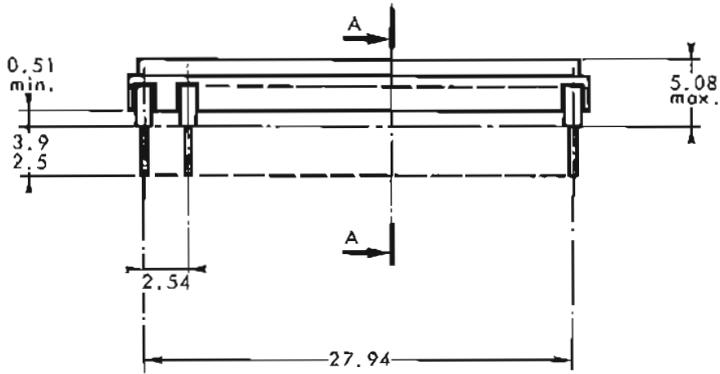
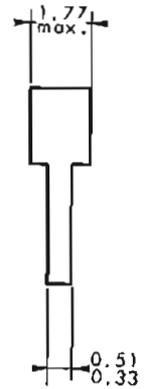


Figure 9 – Amplitude d'un point blanc en fonction du temps d'intégration et de la température ambiante

DESSIN D'ENCOMBREMENT



Détail d'une broche

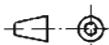


Note 1 : Les cotes non tolérancées sont données à titre indicatif.

Note 2 : Le circuit TH 7801 est monté dans un boîtier enfichable F 118(24 passages) Norme UTE C 96020.

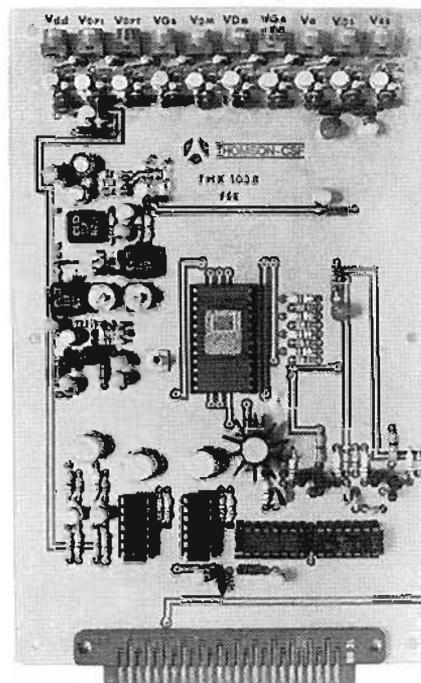
- ① Fenêtre
- ② Fils de connexion
- ③ Surface photosensible

Cotes en mm.



Carte d'évaluation pour dispositifs photosensibles matriciels*

TH X31135 et TH X31138



- Interface TTL/MOS
- Réglages possibles de tous les paramètres déterminant le fonctionnement du DTC
- Préamplificateur vidéo

La carte de mise en œuvre TH X1038 est un module conçu pour réaliser l'adaptation des signaux logiques de commande au dispositif photosensible matriciel TH X31135 ou TH X31138. Elle permet notamment de passer des niveaux logiques (TTL, par exemple) au niveau requis pour un bon fonctionnement du dispositif photosensible à transfert de charge (DTC).

Associée aux cartes TH X5002 et TH X5003, elle réalise complètement la fonction "acquisition d'image" (hors optique).

* L'appellation TH X1038 recouvre la carte seule, non équipée d'un dispositif photosensible matriciel.

Ce document ne présente pas un caractère contractuel. Les valeurs et les caractéristiques indiquées sont susceptibles de modifications, dues à un complément d'information ou à une amélioration du produit. Veuillez consulter la Division Tubes Electroniques de THOMSON-CSF avant d'utiliser ces informations pour la conception d'un nouvel équipement.

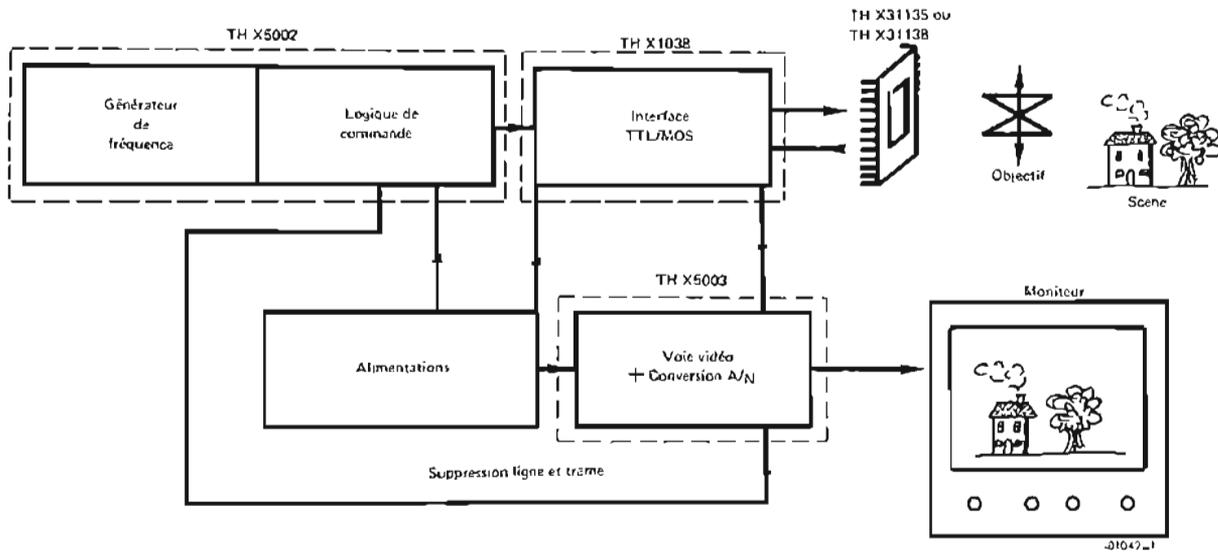


Figure 1 — Synoptique de fonctionnement d'un système d'évaluation d'un DTC matriciel

Le schéma de la figure 1 permet de situer ce module dans le synoptique de fonctionnement d'un système d'évaluation des dispositifs photosensibles matriciels.

Alimentations

Les alimentations nécessaires au fonctionnement du module sont :

- + 18 V / 0,1 A
- + 5 V logique / 0,2 A
- + 5 V vidéo / 0,1 A
- 5 V / 0,1 A

Description détaillée

Une série de potentiomètres, disposés en haut de la carte, permettent le réglage des tensions continues et des niveaux hauts de phases. Deux sorties délivrent le signal vidéo, soit directement, soit après traitement.

Phases d'entrée

Les phases de commande Φ_P , Φ_M , Φ_L et $\overline{145T}$, doivent être conformes au diagramme de la figure 2, et engendrées en niveau TTL. La phase $\overline{145T}$ est le complémentaire de l'enveloppe des impulsions de transfert Φ_{1p} sur Φ_P . Cette phase permet d'appliquer des niveaux de tension différents pendant l'intégration des charges et le transfert de celles-ci. Les phases Φ_{1p} et Φ_{2p} sont réalisées sur la carte à partir de la phase d'entrée unique Φ_P ; le module réalise également le croisement à l'état haut de Φ_{1p} et Φ_{2p} . Le même principe s'applique à Φ_M et Φ_L . D'autres part, les conditions sont remplies pour que $\Phi_{2L} = \Phi_R$:

Les possibilités de réglage concernent les niveaux hauts de ces phases :

- $V_{\Phi_{P1}}$ phases de la zone image pendant l'intégration ;
- $V_{\Phi_{PT}}$ phases de la zone image pendant le transfert image-mémoire ;
- V_{Φ_M} phases de la zone mémoire ;
- V_{Φ_L} phases du registre de lecture et de remise à niveau.

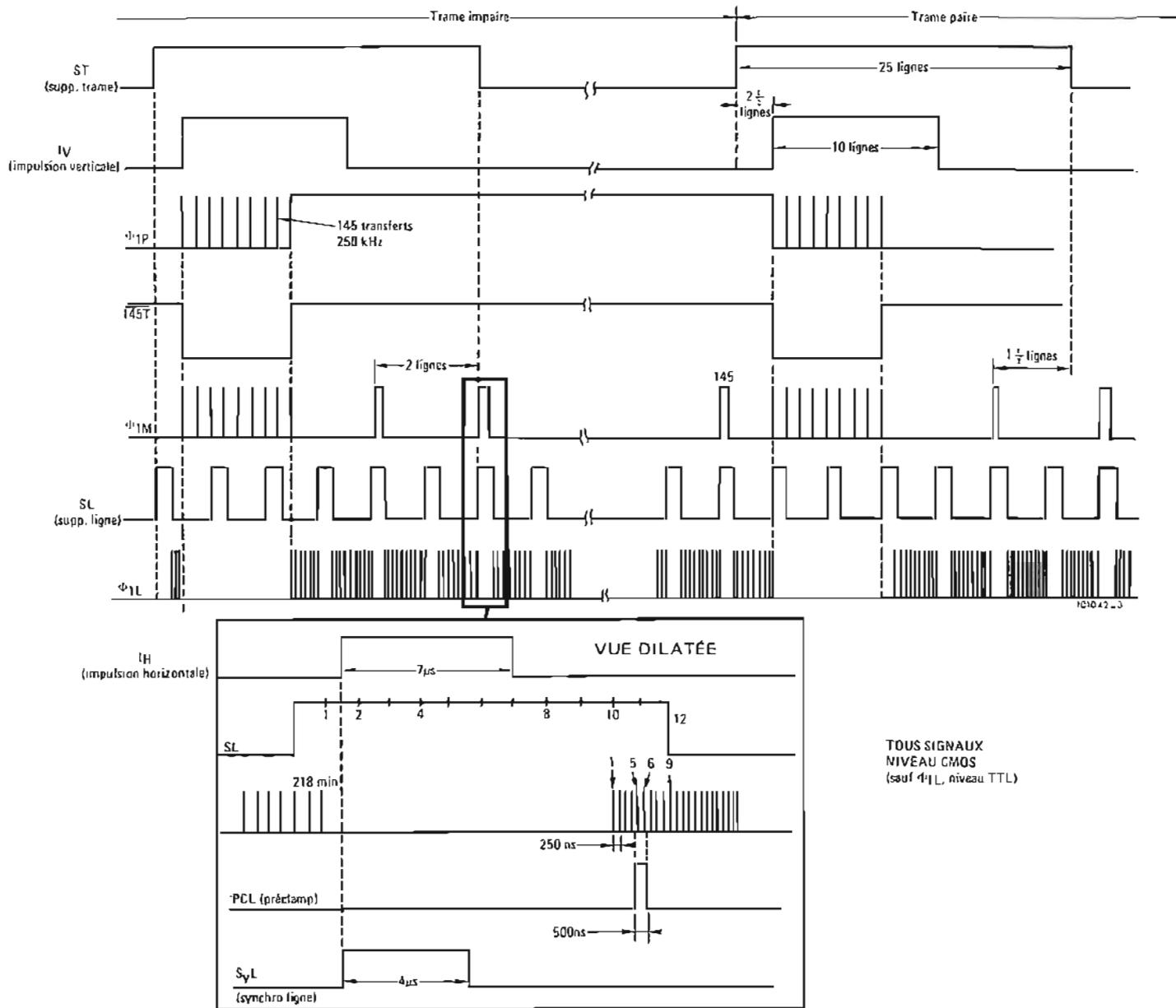


Figure 2 – Diagramme des signaux



Tensions continues d'entrée

Les potentiomètres permettent de régler ou d'ajuster plusieurs tensions continues à partir de l'alimentation :

- V_e : Tensions d'entrée image V_{e1} , V_{e2} ,
- V_{DD} : Tension drain de l'étage de sortie. La tension V_{DR} de remise à niveau est engendrée à partir de V_{DD} et est égale à $V_{DD} - 0,6$ V.
- V_{Gs} : Tension de la grille de sortie du registre,
- V_{De} : Tension de la diode d'entrée du registre,
- V_{Ge} : Tension des grilles d'entrée du registre (V_{Ge1} , V_{Ge2});
- V_{SS} : Tension du substrat.

Sortie vidéo

Le signal vidéo peut être prélevé à deux stades différents de traitement par l'intermédiaire de prises "Subclit" :

- soit directement à la sortie S du dispositif, sans traitement ni suppression de la composante continue,
- soit après pré-traitement du signal vidéo. La chaîne du traitement comprend :
 - une capacité pour éliminer la composante continue ;
 - un étage suiveur pour adaptation d'impédance ;
 - un filtre passe-bas pour obtenir une atténuation inférieure à 3 dB à 2 MHz et une atténuation supérieure à 55 dB à 4 MHz. Les réglages du filtre sont effectués en usine ;
 - un pré-amplificateur de gain ajustable.

Cette sortie délivre un signal vidéo échantillonné.