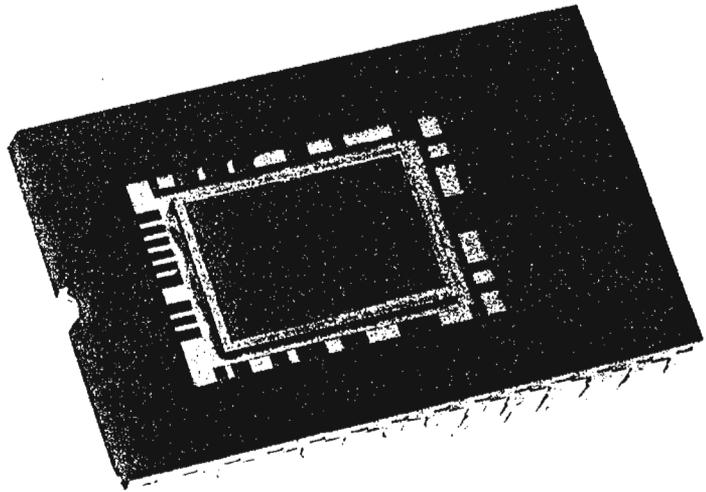


**CHARGE COUPLED DEVICE (CCD)  
ONE FIELD IMAGE SENSOR**

576 Lines x 384 Elements Array

- . Image zone : 13,25 x 8,83 mm
- . Optimized performances from 400 to 1100 nm
- . Vertical resolution : 576 lines
- . Gamma = 1
- . Reduced moiré pattern
- . 4-Phase frame transfer gives :
  - Wide dynamic range (>2500 : 1)
  - High sensitivity
- . Square photoelements (23 x 23  $\mu\text{m}$ )
- . Dark reference for each line.



The TH 7882 (Ex THX 31133-1) is a solid-state image sensor composed of a matrix array of 576 lines by 384 vertical columns of charge coupled photosites. The sensor is directly derived from the TH 7861 device, the storage area of which is transformed into an image area adjacent an identical to the original image area. The photosensitive surface is thus 116 mm<sup>2</sup> and composed of more than 220 000 pixels. The integration period is followed by a reading period, without any storage on the chip ; the device provides a one-field image and consequently is not compatible with TV standard.

Alternatively, the TH 7882 can be synchronized to yield an output video signal adapted for signal processing. This possibility opens the way for its use in such applications as automated shape recognition, sorting, detection or anomalies in a solid or impurities in a liquid, dimensional measurement etc ..., where one field operation is compatible with the application.

The sensor is a charge-coupled device (CCD), based on a "double metalization" structure, and uses the most recent advances in n-MOS buried-channel technology. This device features compact size, high reliability, low power consumption, low voltage operation, low-light-level operation, along with freedom from lag, geometrical distortion and burn-in.

The array organization considerably limits the moiré effect, making almost the whole image zone photosensitive. This is not the case with other organizations, e.g, the interline organization.

This data sheet cannot be considered to be a contractual specification. The information given herein may be modified without notice due to product improvement of further development. Consult THOMSON-CSF (Electron Tube Division) before making use of this information for equipment design.

While maintaining the same drive-clock timing diagram (Figure 5), certain operating frequencies can be modified without loss of device performance. However, [REDACTED] the device's electrooptical characteristics will be modified. For example, the dark signal increases linearly with increasing integration time, and the transfer efficiency falls as the shift register frequency increases.

The TH 7882 presents enhanced performance, notably at low light levels, if it is cooled. This is because the dark signal is halved for each 7° to 10 °C decrease in the device's operating temperature.

For low-light-level operation, this sensor may be coupled with a light-image intensifier via a fiber-optic block. This combination allies the light-image intensifier's sensitivity to the low impedance and the sampled nature of the output signal available from the CCD.

## GEOMETRICAL CHARACTERISTICS

Center-to-center spacing of the photoelements (Figure 1) ..... 23  $\mu\text{m}$  x 23  $\mu\text{m}$   
Image zone size ..... 13.248 mm (V) x 8.832 mm (H)

An image is made up of one field of 576 lines, each field carrying four extra lines (580 in total) that are read during the frame-suppression time. The sampled video signal supplied by the output register is made up of 405 elements in all (see the detail later).

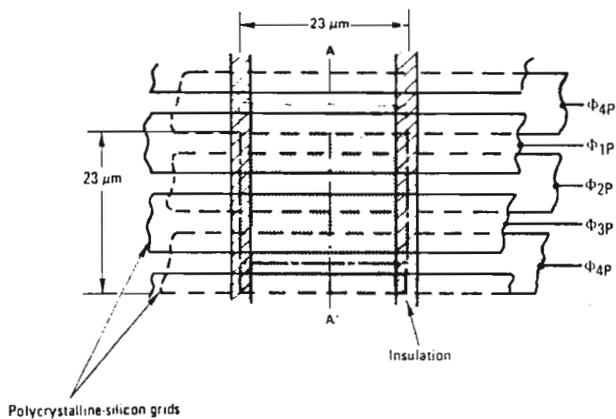


Figure 1a — Plan view of a photosite

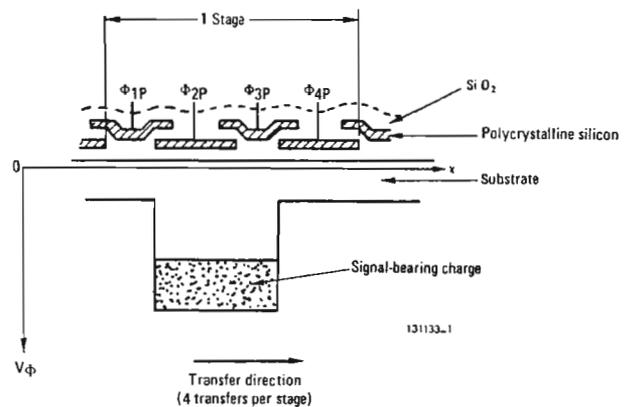


Figure 1b — AA' cross-sectional view, plus a profile of the potential

Figure 1 — Geometrical definition of a photosite

## ORGANIZATION AND OPERATION

The layout of the TH 7882 is diagrammed in Figure 2, the identification of the drive signals is given in Table I and the pin connections are shown in Figure 3. (Note : All pins must be connected).

Table I — TH 7882 connection identification

$\Phi_{1P}$ , $\Phi_{2P}$ , $\Phi_{3P}$ , $\Phi_{4P}$	Image-zone drive clocks
$\Phi_{1L}$ , $\Phi_{2L}$ , $\Phi_{3L}$ , $\Phi_{4L}$	Readout-shift-register drive clocks
$\Phi_R$	Reset clock
VDD	Output-stage drain voltage
VDR	Reset clock voltage
VSS	Substrate voltage
VGS	Readout shift-register gate voltage
S	Video output signal
TP1 to TP5	Test points

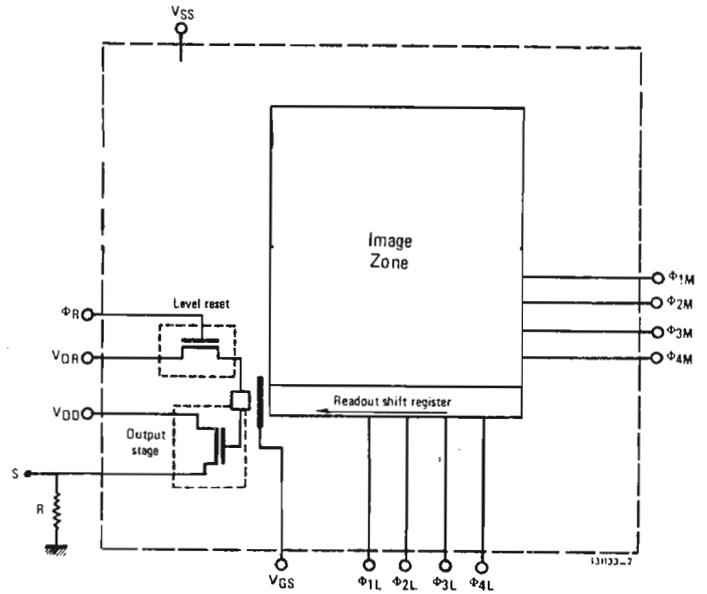


Figure 2 — Organization of the TH 7882

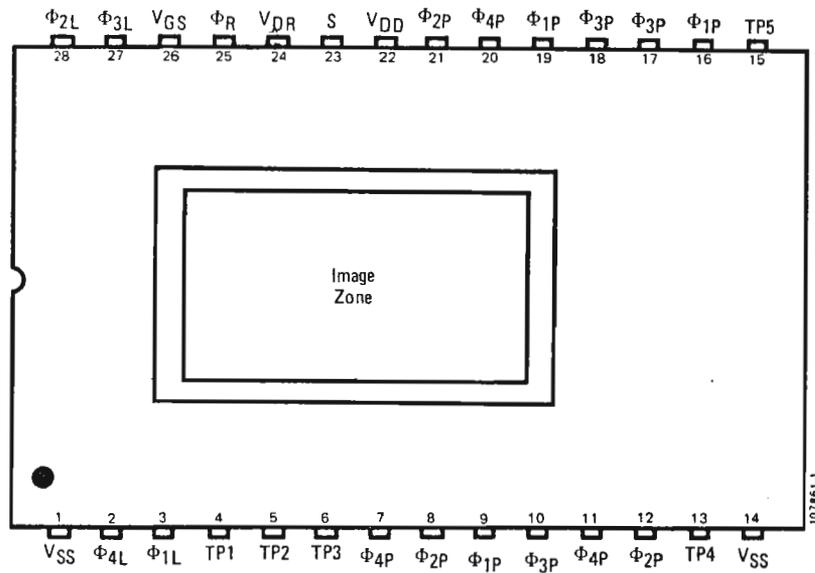


Figure 3 — TH 7882 connection pins



## THEORY OF OPERATION

The timing diagram is given in figure 5.

**IMAGE ZONE**

Incident photons crossing the insulator-gate structure are absorbed in the substrate, giving rise to electron-hole pairs. The holes combine with free electrons in the substrate while the photoelectrons assemble in the potential wells created by the MOS capacitors. The capacitors are biased by the  $\emptyset P$  drive clocks (see figure 1 B). The quantity of charges accumulated is proportional to the incident illumination, and the integration time.

After the integration time, the image zone must be shielded to prevent signal degradation by spurious light. The 576 lines are then transferred in parallel, line by line, to the output shift register, the number of the  $\emptyset P$  clock periods being a minimum of 580. Additional transfers to the readout shift registers can supply a dark reference level for the field.

**READOUT SHIFT REGISTER**

Charges corresponding to one line of video information are transferred in parallel to the readout shift register by a  $\emptyset P$  clock pulse. They are then sequentially transferred by the shift register to the single output circuit. The shift register is made up of 405 stages, and thus the minimum number of transfer clock,  $\emptyset L$ , periods is 405.

Charge-to-voltage conversion for the signal corresponding to each point is accomplished by a floating diode, located at the shift register output. Before the arrival of each charge packet, the output diode potential is reset to a reference level by a preloaded MOS-transistor.

The potential of the readout diode is applied to the output of an amplifier, which delivers a sampled video signal, under low impedance. The amplifier's load is not integrated, and is made up of a resistor R placed between the video output and ground (earth) (Figure 2).

**LIMITING FACTORS**

The integration and readout times are limited by increases in the dark current, due to thermal effects.

A 25° C, this limitation is between 100 and 500 ms.

The minimum readout time of 25 ms is attributed to maximum output data rate.

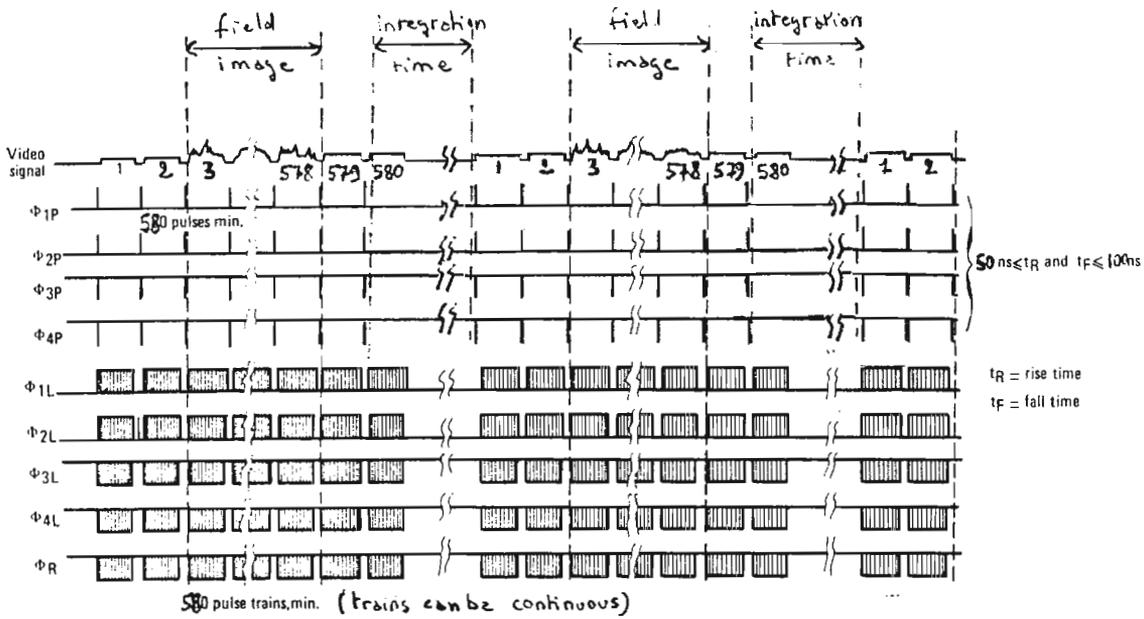
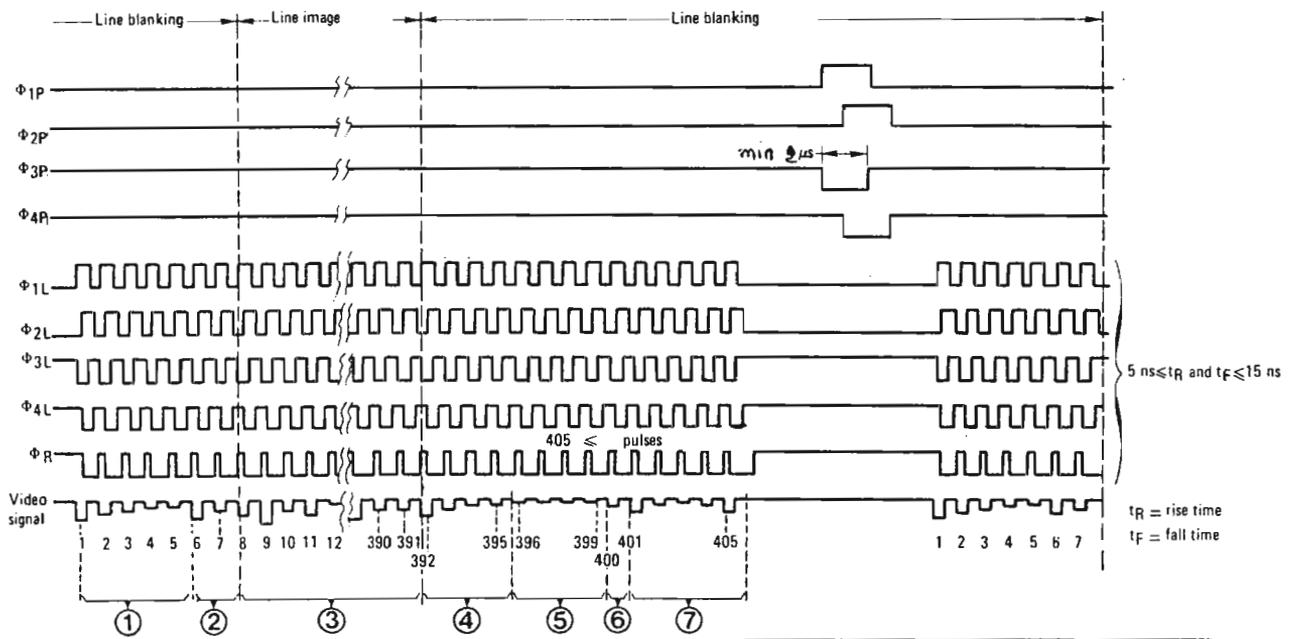
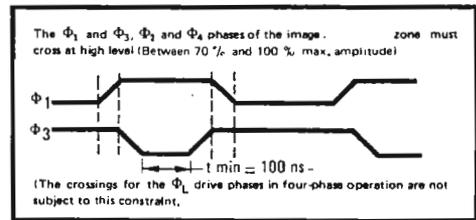
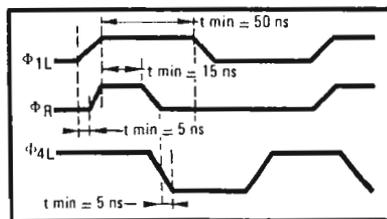


Figure 5a — Timing diagram for the driving clocks (frame)



- ① Inactive pre-scan elements (5)
- ② Edge-effect absorbing elements (2)
- ③ Valid pixels (384)
- ④ Edge effect absorbing elements (4)
- ⑤ Dark-reference elements (4)
- ⑥ Edge-effect absorbing element (1)
- ⑦ Inactive post-scan elements (5)



131133\_5

Figure 5b — Timing diagram for the driving clocks (line)

## Content of the Output Video Signal

The output shift register includes 405 stages. The output signal for one line takes the following form (Figure 5b) :

- 5 inactive pre-scan elements ;
- 2 elements that enable absorbing the edge effects, due to illumination of the periphery of the array ;
- 384 valid picture elements (pixels), containing the video information for the line ;
- 9 elements corresponding to the masked columns in the image zone (4 edge-effect absorption elements, 4 elements representing the line's dark-reference level, i.e., numbers 396 to 399), and 1 more edge-effect absorption element) ;
- 5 inactive post-scan elements.

The 21 non-picture elements are all read during line blanking.

## Generation of the Driving Clocks

It is recalled (Figure 5b) that the clock signals  $\Phi_{1P}$ , and  $\Phi_{3P}$ ,  $\Phi_{2P}$  and  $\Phi_{4P}$ ,   must cross at high level (between 70 and 100 % of the maximum amplitude) to maximize the charge storage per picture element or pixel. This constraint does not apply to the readout shift register driving clock.

To prevent the accumulation of thermal charges, in particular at high temperatures, the number of image zone-to-register transfer pulses should be increased to beyond 580, and the  $\Phi_L$  clock should be continuously applied to the readout shift register.

In addition, the video signal presents fewer spurious components when the clocks  $\Phi_{1L}$  and  $\Phi_{3L}$ , and  $\Phi_{2L}$  and  $\Phi_{4L}$  cross at 50 % of their maximum amplitude (compensation for parasitic coupling).

Thomson-CSF can supply a homogenous operating kit for this CCD image sensor, which enables implementing all of the functions necessary for its use, including :

- physical support for the sensor,
- TTL/MOS interface,
- sync generation,
- video channel,
- digital channel,
- interconnections.

Please contact us for details.

## OPERATING INSTRUCTIONS

### Absolute Ratings (non-simultaneous)

Storage temperature .....	— 25 to + 125 °C
Operating temperature .....	— 25 to + 70 °C
Maximum applied voltages (referred to ground potential : 0 V)	
— pins 6, 13, 15, 22, and 24 .....	— 0.3 to + 18 V
— pins 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, and 28 .....	— 0.3 to + 15 V
— pins 1, 4, 5, and 14 .....	VSS (— 5 V to 0 V)

### Precautions

#### a — Electrostatic charges

This device has built-in protection. However, the following precautions must be taken to avoid the accumulation of static charges, which can damage it.

- Store the device with the pins short-circuited or resting on a conductive foam.
- Handle it with grounded tools only.
- Eliminate all sources of electrostatic charge (smocks made of synthetic materials, etc.).
- Do not trigger an arc lamp in close proximity to an operating sensor.

#### b — Glass window

The window must be kept scrupulously clean, to avoid reducing the image uniformity. Should the window show traces of dust or oily residues (fingerprints, for example), gently rub the surface with a cotton wetted with alcohol, then rinse with deionized water, followed by drying with a jet of dry air or nitrogen.

In addition, sensor operation requires the storage zone to be covered with opaque adhesive tape.

#### c — Output

Particular attention should be taken not to short-circuit the video output signal to VSS when the sensor is in operation: Such a short circuit, even of brief duration, could destroy the output stage.

## Operating Conditions (T = 25 °C)

Table II — Dc Bias Voltages

Parameter	Symbol	Values			Units	Remarks
		Min.	Typ.	Max.		
Drain voltage of the output stage	V <sub>DD</sub>	14.5	16	17	V	see Note 1
Reset clock voltage	V <sub>DR</sub>	12.5	14	15	V	
Substrate voltage	V <sub>SS</sub>	- 3	- 2	- 1.5	V	see Note 1
Output load resistor	R	2.2	—	4.7	kΩ	see Note 2
Readout shift-register gate voltage	V <sub>GS</sub>	0.6	3	5	V	see Note 1
Test points 1 and 2	TP1, TP2	—	V <sub>SS</sub>	—	V	
Test points 3 and 4	TP3, TP4	—	V <sub>DD</sub>	—	V	
Test point 5	TP5	3	5	8	V	

Table III — Drive Clocks

Parameter	Symbol	Values			Units	Remarks
		Min.	Typ.	Max.		
Clock low levels	V <sub>Φ PB</sub> , V <sub>Φ LB</sub> , V <sub>Φ RB</sub>	0.0	0.3	0.6	V	
Clock high levels :						
- voltage during integration	V <sub>Φ PIH</sub>	6*	10	12	V	See Note 3
- voltage of image clocks during transfer	V <sub>Φ PTH</sub>	6*	10	12	V	C <sub>Φ1P</sub> = C <sub>Φ2P</sub> = C <sub>Φ3P</sub> = C <sub>Φ4P</sub> = 4000 pF
- register-clock voltage	V <sub>Φ LH</sub>	9	10	12	V	C <sub>Φ1L</sub> = C <sub>Φ2L</sub> = C <sub>Φ3L</sub> = C <sub>Φ4L</sub> = 75 pF
- reset-clock voltage	V <sub>Φ RH</sub>	9	10	12	V	C <sub>Φ R</sub> < 5 pF
Register-transfer and level-reset frequency	FL	—	—	10	MHz	

\* Decrease of VSAT performance.

Table IV — Static and Dynamic Electrical Characteristics

Parameter	Symbol	Values		Units	Remarks
		Typ.	Max.		
dc Output level	$V_{ref}$	7.5	—	V	
Output impedance	$Z_s$	1500	—	ohms	
Output amplifier current	$I_s$	2	5	mA	$V_{DD} = \Phi_R = V_{DR} = 15\text{ V}; V_{SS} = 0\text{ V}$ $R = 4.7\text{ k}\Omega$
Input current on an active pin (pins $V_{DR}$ and $V_{DD}$ excepted)	$I_e$	—	2	$\mu\text{A}$	
Average current to provide $\Phi_P$ clocks	$I_p$	2	—	mA	Under typical operating conditions
Average current to provide $\Phi_L$ clocks	$I_L$	15	—	mA	Under typical operating conditions
Peak current for one clock ( $\Phi_P$ or $\Phi_L$ )	$I_{cc\Phi}$	300	—	mA	Under typical operating conditions

## ELECTROOPTICAL PERFORMANCES

### Measurement Conditions

T = 25 °C; integration time = 20 ms, output frequency = 8 MHz ; typical biases; R = 4.7 kΩ.  
 Light source : tungsten filament lamp (2854 K) + Schott BG38 infrared filter, 2 mm thick.

**Table V** — Performances of the Photosensitive Device

Parameter	Symbol	Values			Units	Remarks
		Min.	Typ.	Max.		
Saturation voltage	VSAT	300	500	900	mV(p-p)	see Note 4
Saturation exposure	EXSAT	—	0.15	—	μJ/cm <sup>2</sup>	see Note 5
Saturation illumination	ECSAT	—	27	—	lux	see Note 5
Response	r	2 11	3.3 18	— —	V/μJ/cm <sup>2</sup> mV/lux	see the spectral response curve (Figure 7)
Signal-to-noise ratio	S/B	—	2500	—	—	see Note 6
Response non-uniformity	NU	—	± 3	± 7	%	see Note 7
Dark signal	VSO	—	1	3	% VSAT	see Note 8
Dark-signal non-uniformity	NU <sub>o</sub>	—	0.3	3	% VSAT	see Note 9
Horizontal resolution	ReH	—	384	—	points/line	see Note 10 and Figure 8
Vertical resolution	ReV	—	576	—	lines	

**Note** : This image sensor has been optimized to work in the 400 to 1100 nm range. The non-uniformity characteristics for response and resolution in the near infrared range (800 to 1100 nm) are identical to those measured in the visible range (400 to 800 nm).

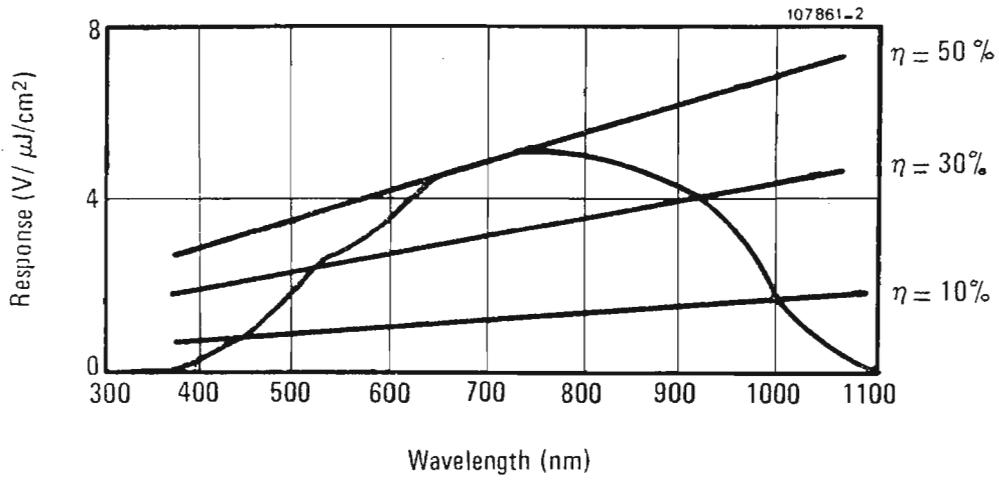


Figure 7 — Typical spectral-response curve

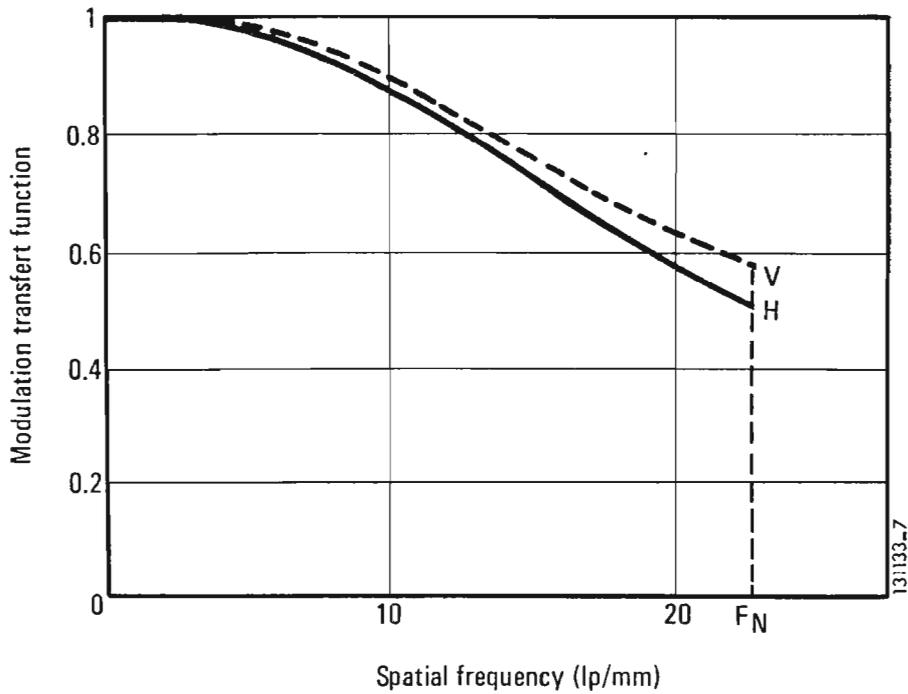
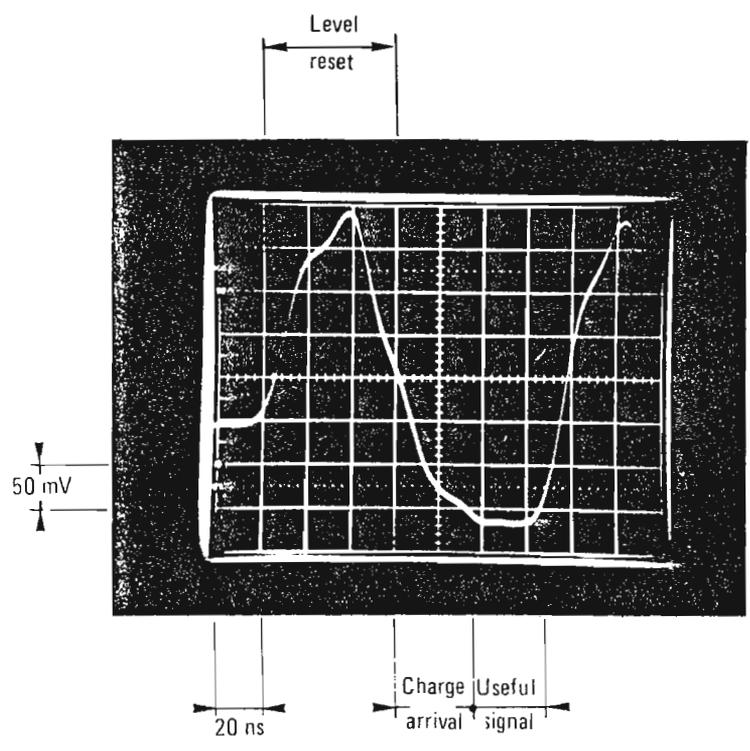
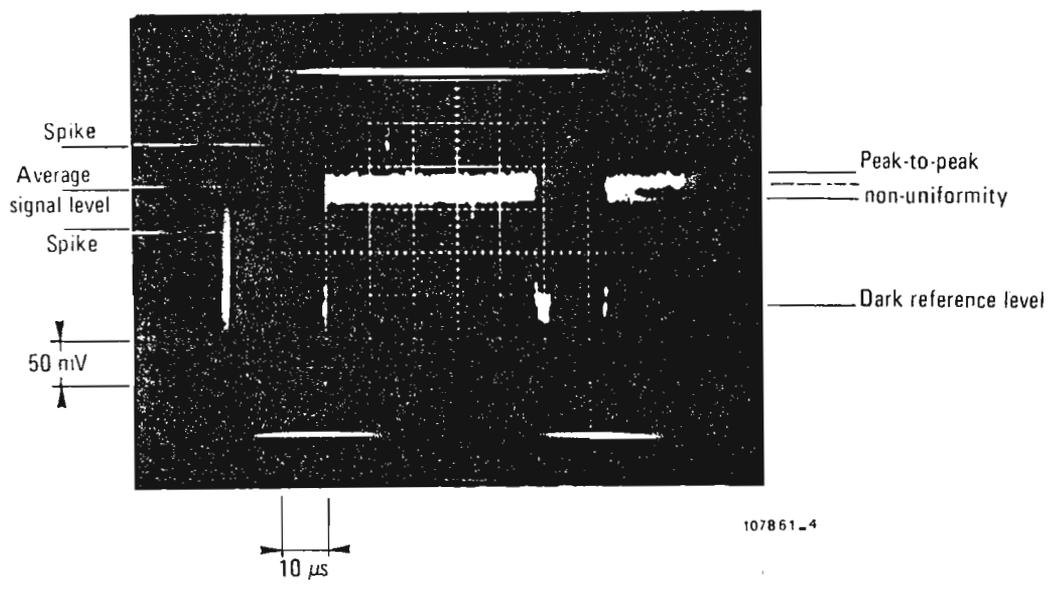


Figure 8 — Typical MTF curves



**Figure 9 — Video signal at the device output\***



**Figure 10 — Sampled video line\***

\* Operating conditions :  $F_{point} = 8 \text{ MHz}$ ;  $R = 2.2 \text{ k}\Omega$ ; signal filtering at  $20 \text{ MHz}$

## NOTES

- 1 — Voltage to be adjusted for optimum operation.
- 2 — A small load resistance increases the bandwidth and power use, and reduces the amplifier gain.
- 3 — During integration, application of a reduced voltage to the  $\Phi P$  pins optimizes the operation by reducing the dark signal.
- 4 — The maximum useful video signal corresponding to the maximum number of charges that can be stored by the photosite.
- 5 — Minimum exposure producing a saturated video signal, beyond which the video signal ceases to increase. The measurement is made on the photosensor (after the IR filter) under the conditions previously given :

$$1 \mu\text{W}/\text{cm}^2 = 1 \mu\text{J}/\text{cm}^2/\text{s} = 3.4 \text{ lux.}$$

The exposure is the product of the illumination received by the device and the time of integration.

- 6 — This ratio is equal to the saturation voltage divided by the rms noise in darkness (intrinsic noise of the device).
- 7 — Given by  $\Delta V_s / \bar{V}_s$ , where  $\bar{V}_s$  is the average output voltage for an illumination equal to half the illumination at saturation and  $\Delta V_s$  is the maximum variation of this voltage over the frame. This measurement does not include :  
 — the first and last points of the useful line (Nos. 8 and 392),  
 — the first and the last line of the useful frame (Nos. 3 and 576),  
 — any of the elements out of the image zone,  
 — array defects.
- 8 — Video signal level when the device is in darkness; this parameter increases with the integration time and the temperature.
- 9 — Except for linear non-uniformity caused during due to memory zone readout.
- 10 - Number of TV lines per image height, with a contrast equal or greater than 50%. The modulation transfer function is defined, for a given spectral domain and for a square test pattern of given spatial frequency, by :

$$\text{MTF} = \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{V_{\text{MAX}} + V_{\text{MIN}} - 2V_{\text{SO}}}$$

The Nyquist frequency ( $F_N$ ) is the limiting spatial frequency of the device. ( $F_N = \frac{1}{2d}$ , where  $d$  = the pitch of the photoelements).

## SPECIFICATIONS RELATIVE TO ARRAY DEFECTS

The TH 7882 device is available in three performance levels (A, B, and C), defined by the number and size of array defects.

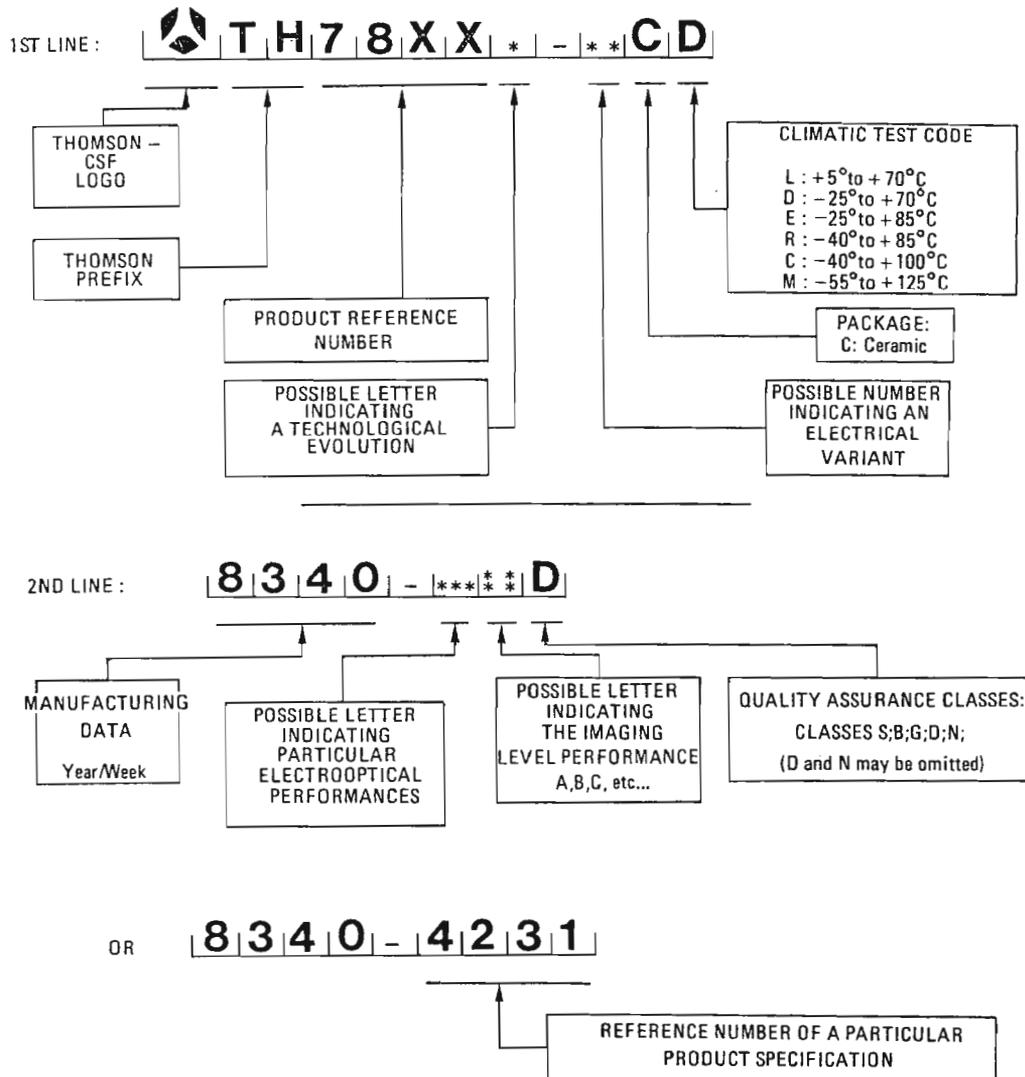
TH 7882 :	Level A	Level B	Level C
Number of single-point blemishes, max.	20	30	50
Largest single-point blemish size, max.	4	6	8
Number of column defects, max.	0	4	8
Column defect width, max.	0	1	2

The Level A TH 7882 is a very high performance device intended for use in the most demanding applications, where direct display is called for. The Level B sensor is a medium-grade device for situations where a small number of defects can be tolerated, for example in shape recognition involving fine tolerances. Finally, the Level C version is a cost-effective device intended for applications where less stringent blemish criteria are permissible.

Single-point blemishes and vertical blemishes are sometimes found in these sensors. Horizontal line defects, however, are rare, due to the choice of device structure. An element is considered blemished if it exhibits a spurious output greater than 10% of  $V_{\text{SAT}}$  (above and below the level of the neighboring pixels). Blemish measurement is effected using an illumination level of  $V_{\text{SAT}}/2$ .

## IMAGE SENSOR MARKINGS

All Thomson-CSF CCD image sensors have a common product-marking code, which is defined as follows :



### Marking Example

To clarify understanding of this marking system, here is one example.

First Line : TH 7882 - CD

TH 7882

Product ref. no.

C

Ceramic package

D

Climatic test range : - 25 °C to + 70 °C

2nd Line : 8340

8340

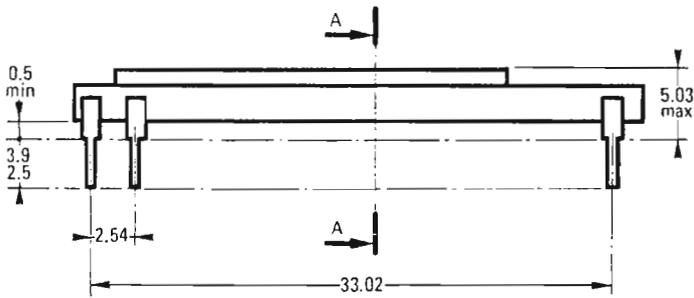
Device manufactured the 40th week of 1983

## ORDERING CODES

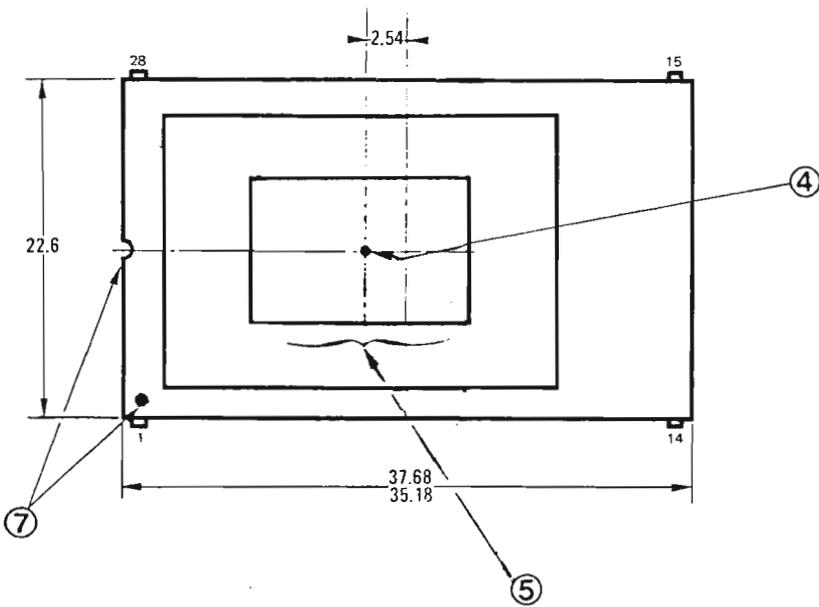
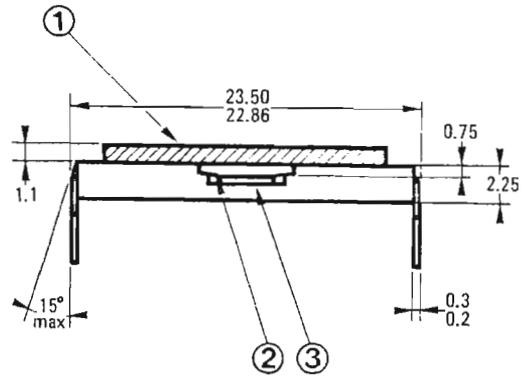
To **order** TH 7882 CCD image sensors having a given performance level, please use an **ordering code** of the type shown in this table.

Imaging-performance level	Code
A	TH 7882 - CDA
B	TH 7882 - CDB
C	TH 7882 - CDC

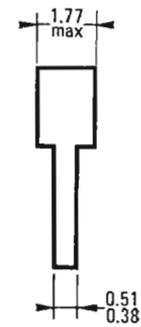
**OUTLINE DRAWING**



A A CROSS SECTION

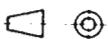


PIN DETAIL



- ① Window
- ② Connection leads
- ③ Photosensitive area
- ④ Optical center
- ⑤ Image zone
- ⑦ Index

Dimensions in mm.



DISPOSITIF PHOTOSENSIBLE  
MATRICIEL  
A TRANSFERT DE CHARGES  
SURFACE ENTIEREMENT PHOTOSENSIBLE

---

THX 31135 - 1

- . 60 000 points éléments
- . Compatibilité possible avec le standard TV européen
- . Résolution horizontale 208 points  
                          Verticale 288 points
- . Fonctionnement de type 2 phases
- . Dynamique (2000/1)
- . Grande sensibilité
- . Gamma égal à l'unité
- . Effet de moirage limité
- . Niveau bas des phases à 0 V  
Photoélément 28 x 30  $\mu\text{m}$
- . Boitier standard Dual in Ligne 24 broches
- . Référence d'obscurité à chaque ligne

THX 31133 - 1

- . 220 000 points éléments
- . Résolution horizontale 384 points  
                          Verticale 576 points
- . Fonctionnement de type 4 phases
- . Dynamique (1500/1)
- . Bonne sensibilité
- . Gamma égal à l'unité
- . Effet de moirage limité
- . Photoélément carré 23 x 23  $\mu\text{m}$
- . Boitier "Dual in Line" 28 broches 0,9"
- . Référence d'obscurité à chaque ligne

Les dispositifs à Transfert de Charges THX 31135-1 et THX 31133-1 sont des photosenseurs matriciels dérivés des circuits standards THX 31135 et THX 31133. Vis-à-vis de ces derniers, les zones image et mémoire sont transformées en une zone unique d'intégration comportant donc deux fois plus de points élémentaires par trame (respectivement 288 X 208 et 576 X 384).

Ce type d'organisation est particulièrement adapté à l'enregistrement d'une image unique ou de phénomènes périodiques à basse fréquence ( $< 25$  Hz). Après intégration, les charges sont transférées ligne à ligne dans le registre de lecture puis converties en tension sur la sortie vidéo. Les temps d'intégration et de lecture peuvent varier indépendamment l'un par rapport à l'autre ; la durée du temps d'intégration est limitée par la tension d'obscurité ; celle-ci double chaque fois que la température de fonctionnement croît de  $8^{\circ}$  C, et est proportionnelle au temps d'intégration.

A titre strictement indicatif, le temps d'intégration peut varier à  $25^{\circ}$  C de quelques microsecondes à 0,5 s, le temps de lecture de 10 ms (25 ms pour le THX 31133-1) à 0,5 s. La plage de fonctionnement dépend des performances requises, en particulier de la dynamique nécessaire à l'exploitation du signal.

Par ailleurs, pour permettre une exploitation correcte de l'information, aucun signal lumineux ne doit parvenir au senseur pendant la séquence de lecture.

Enfin, l'enregistrement d'une image peut être précédé d'une séquence de lecture permettant d'éliminer les charges intégrées par effet thermique (remise à zéro de l'image).

## REMARQUES

Les THX 31135-1 et THX 31133-1 peuvent être utilisés comme des circuits standards ; néanmoins, le positionnement d'un masque optique à l'aplomb de la zone mémoire est délicat et entraîne généralement une non uniformité de la trame s'étendant à quelques lignes de celle-ci.

Les versions 1 n'existent que pour les circuits THX 31135 et THX 31133 . Elles ne sont pas disponibles pour les circuits comportant un dispositif anti-éblouissement (THX 31138 et THX 31142)

### Mise en oeuvre

Les zones image et mémoire constituant une zone unique d'intégration, les phases de commande correspondantes sont communes, à savoir Ø 1 PM, Ø 2 PM ( Ø 3 PM et Ø 4 PM pour le THX 31133-1).

Le chronogramme de mise en oeuvre du THX 31135-1 est représenté sur la figure A titre d'exemple, les temps d'intégration et de lecture ont été choisis égaux à 20 ms, ce qui permet dans ce cas la visualisation sur moniteur au standard 625 lignes, mais à raison d'une trame sur deux et avec déformation de l'image. Il convient de noter que seule la durée des impulsions Ø PM de transfert est imposée et constante.

La mise en oeuvre du THX 31133-1 comporte les mêmes séquences d'intégration et de lecture ; le transfert est du type 4 phases, le nombre de transferts verticaux est au minimum de 580, le nombre de transferts horizontaux au minimum de 405.

Les niveaux de polarisation et les niveaux de tension des phases sont identiques à ceux des circuits standards correspondants ; la distinction entre les niveaux pendant l'intégration et la lecture peut également être appliquée.

### Performances electrooptiques

Elles sont identiques à celles des circuits standard correspondants, dans les mêmes conditions de température, de fréquences utilisées et d'éclairement, à l'exception de la résolution verticale qui passe de 144 lignes TV à 288 lignes TV pour le THX 31135-1  
228 lignes TV à 576 lignes TV pour le THX 31133-1

### Specifications relatives aux éléments défectueux

Les dispositifs THX 31135-1 et THX 31133-1 sont disponibles en trois classes A, B et C relatives au nombre et à l'importance des défauts locaux sur l'image. Si une qualité d'image élevée est généralement requise pour des applications impliquant une visualisation directe, des domaines tels que la reconnaissance des formes, dans lesquels interviennent des traitements de données sophistiqués, peuvent s'accomoder de dispositifs de qualité d'image inférieure. D'autre part, des dispositifs n'entrant pas dans ces classes, mais ayant des caractéristiques électro-optiques normales, peuvent être fournis pour évaluation.

La position des défauts est aléatoire ; leur orientation, liée à la structure du dispositif, est préférentiellement verticale. Un élément est considéré comme défectueux si son niveau de tension est situé à plus de 10 % par rapport à  $V_{SAT}$  au dessous ou au dessus du niveau des pels voisins, la mesure étant effectuée à un niveau moyen de  $V_{SAT}/2$

THX 31135 - 1	THX 31135-1-A	THX 31135-1-B	THX 31135-1-C
MAX	MAX	MAX	MAX
Nombre de zones défectueuses	10	25	50
Largeur des zones défectueuses (en nombre de pels adjacents)	3	5	8
Nombre de colonnes défectueuses	0	2	4
Largeur des colonnes défectueuses	0	1	2

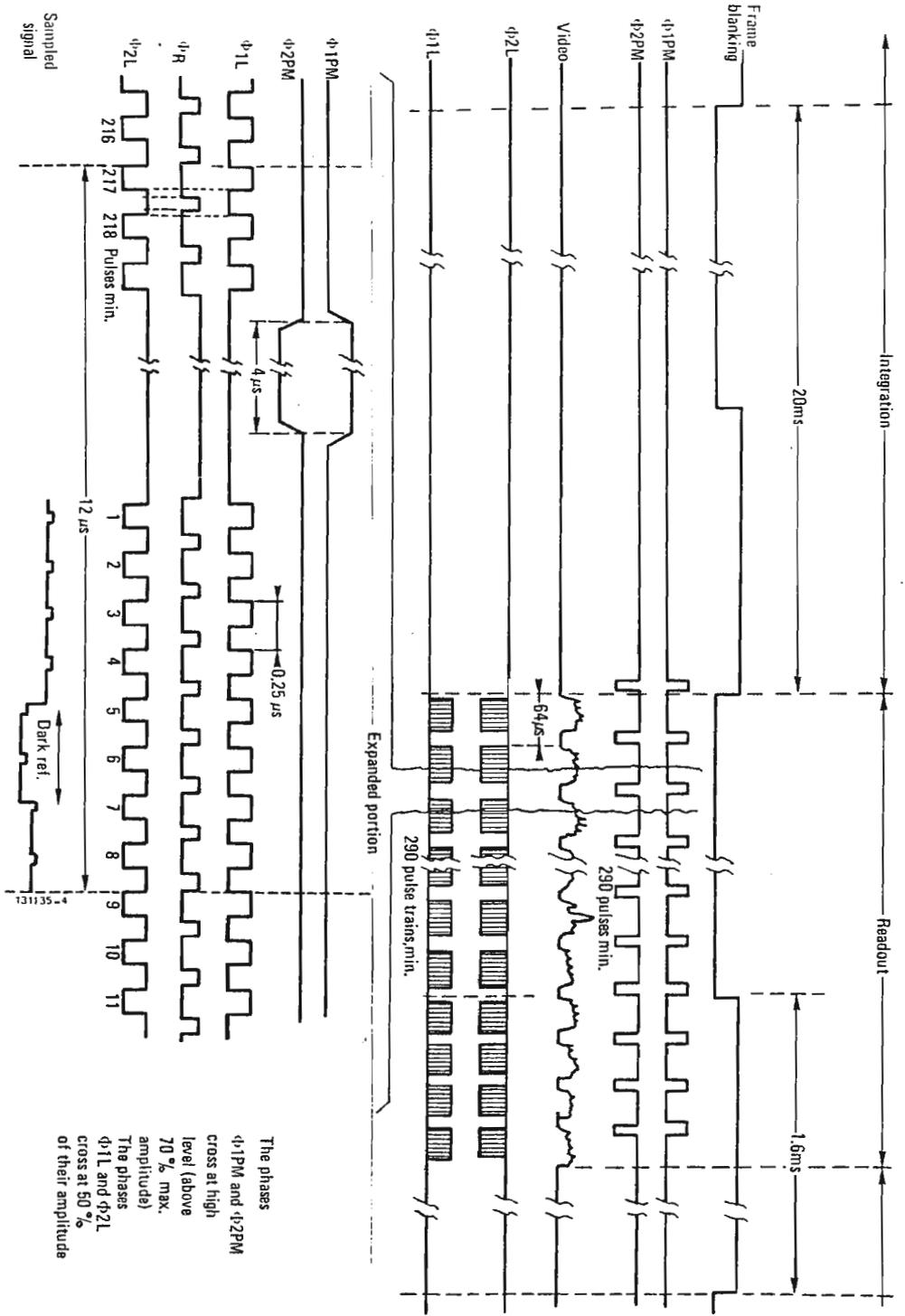
THX 31133 - 1	THX 31133-1-A	THX 31133-1-B	THX 31133-1-C
MAX	MAX	MAX	MAX
Nombre de zones défectueuses	20	35	50
Largeur des zones défectueuses (en nombre de pels adjacents)	4	6	8
Nombre de colonnes défectueuses	1 *	4	8
Largeur des colonnes défectueuses	1	1	2

\* colonne de sensibilité réduite mais non nulle

Electronique de mise en oeuvre du THX 31135-1

Une carte spécifique THX 1044 a été développée pour la mise en oeuvre de ce circuit. Elle se substitue à la carte "logique" THX 5002 et permet avec les cartes THX 5001 et THX 5003 ou TH 7962, TH 7963, TH 7964 de constituer une caméra d'évaluation à l'état solide.

Cette carte permet de générer le chronogramme représenté sur la figure 1 (temps de lecture 18,6 ms) la séquence d'intégration-lecture peut être déclenchée par une commande externe.



The phases  $\phi-1PM$  and  $\phi-2PM$  cross at high level (above 70% max. amplitude)  
 The phases  $\phi-1L$  and  $\phi-2L$  cross at 50% of their amplitude

## SERIE TH X35100

### DTC couplés à des Intensificateurs d'Image Lumineuse

Le couplage d'un composant de la série 35400 (DTC avec plaque de fibres optiques) à un intensificateur d'Image Lumineuse à galette de microcanaux permet de réaliser un détecteur susceptible de fonctionner à bas niveau d'éclairement ( $< 10^{-3}$  lux), tout en conservant les avantages liés aux DTC : présentation d'un signal vidéo échantillonné sous faible impédance.

Dans le cas d'un DTC matriciel, seule une zone centrale de l'IIL est utilisée ; il en résulte une bonne uniformité de réponse et une distorsion quasi nulle.

Une alimentation spécifique (TH X1057) a été développée pour l'IIL dans le cadre de cette application. Elle sera contenue dans un boîtier séparé (dimensions de l'ordre de  $3 \times 4 \times 7$  cm<sup>3</sup>) et alimentée sous 5 V TTL.

Le schéma d'encombrement des TH X35100 est représenté sur la figure 1.

### Performances électrooptiques

Le gain en sensibilité est fonction de la tension photocathode-écran.

Pour un rayonnement incident jaune-vert, de distribution spectrale de type P20, le gain obtenu par utilisation de l'IIL à 7 kV est typiquement de 10 000 (minimum 3 000).

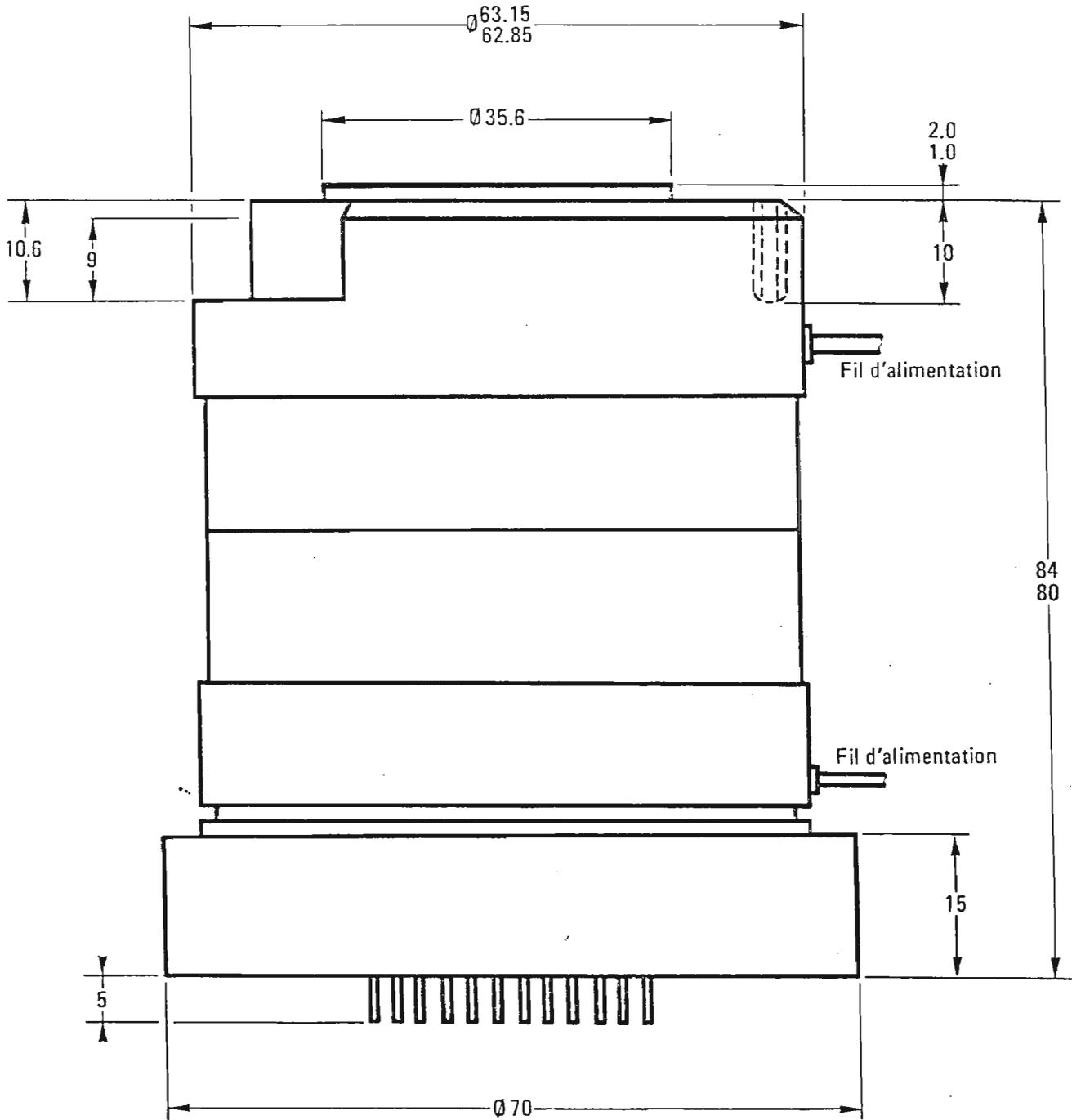
Les composants linéaires et matriciels avec dispositif anti-éblouissement sont actuellement en développement.

# ~~TENTATIVE~~ PROVISOIRE

THX 31135	THX 31135-1	THX 31138	THX 31133	THX 31133-1	THX 31142	TH 7801 TH 7802 TH 7803
Modulation 10 % à 18 Pl/mm (FN)	Modulation 10 % à 18 Pl/mm (FN)	Modulation 10 % à 18 Pl/mm (FN)	Modulation 8 % à 22 Pl/mm (FN)	Modulation 8 % à 22 Pl/mm (FN)	Modulation 8 % à 22 Pl/mm (FN)	Modulation 3% (Résolu- tion limité à 26 Pl/mm
± 5 %	± 7 %	± 5 %	± 7 %	± 10 %	± 7 %	± 25 %
Uniformité de réponse						

# TENTATIVE PROVISOIRE

TH X35100  
DESSIN D'ENCOMBREMENT



Note: La position des fils d'alimentation peut être sujette à modifications

# ~~TENTATIVE PROVISOIRE~~

SERIE THX 35400

---

## DTC Couplés à des plaques de fibres optiques

L'adaptation d'une plaque de fibres optiques sur la zone photosensible d'un dispositif à transfert de charges matriciel ou linéaire permet de reporter le plan image au delà de sa surface. Une telle structure permet notamment de placer le plan image à l'extérieur du plan du boîtier, d'où possibilité de couplage direct, sans l'intermédiaire d'un objectif, à un autre composant délivrant une image sur une surface plane ; elle permet également de déposer sur le trajet optique diverses couches en faisant abstraction des problèmes (compatibilité mécanique et chimique, fiabilité) que pourraient poser un dépôt direct sur la surface photosensible du détecteur. Ainsi le dépôt d'une couche de conversion Rayons X visible sur la face externe de la plaque permet de constituer un DTC pour imagerie X à partir d'un composant standard.

## Description du composant

Les composants de la série TH X35400 sont constitués :

- du DTC (linéaire TH 7801 etc ou matriciel TH X31135, TH X31133) monté dans son boîtier standard.
- d'une pièce mécanique assurant la rigidité du composant.
- d'une plaque de fibres optiques de géométrie adaptée à chaque circuit.
- Les schémas d'encombrement sont représentés sur la figure 1 (composants linéaires et matriciels).

### REMARQUE 1

La pièce mécanique est spécialement conçue pour faciliter le couplage à un Intensificateur d'Image Lumineuse. Pour une application nécessitant un encombrement réduit, nous consulter.

Les plaques de fibres optiques sont constituées de fibres élémentaires de 6 um de diamètre séparées par un ciment EMA (Extra Mural Absorption) réalisées dans un verre à faible indice d'absorption. Cette structure permet de limiter les effets de diaphotie et les pertes de sensibilité.

### Performances electrooptiques

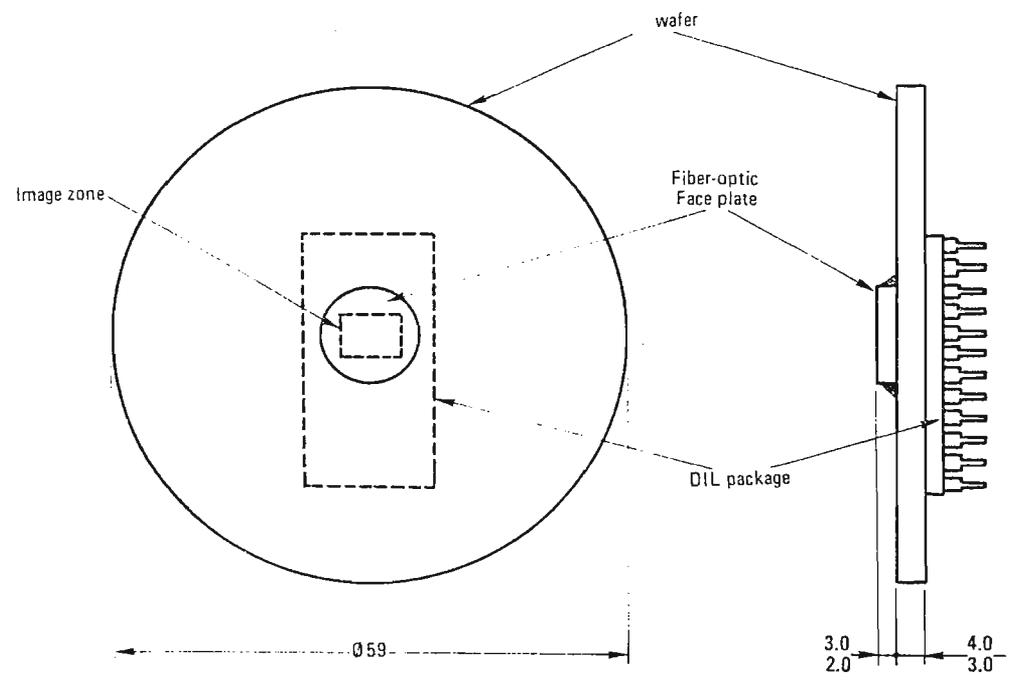
L'adjonction d'une plaque de fibres optiques modifie la résolution (convolution entre les fréquences spatiales du DTC et de la plaque de fibres) et la réponse (transmission de la plaque).

- La perte typique de modulation à fréquence de Nyquist est de :
  - 10 % pour les DTC matriciels (par exemple, la FTM passe de 50 % à 45 %).
  - 25 % pour les DTC linéaires.
- La perte typique de réponse introduite par la "fibre optique" est de 30 %.  
En cas de couplage avec une autre face "fibre optique", par exemple la sortie d'un IIL à écran P20, la réponse du dispositif IIL + DTC sera :  
 $0,5 \times (\text{facteur de conversion IIL en lumière blanche}) \times \text{réponse DTC}.$

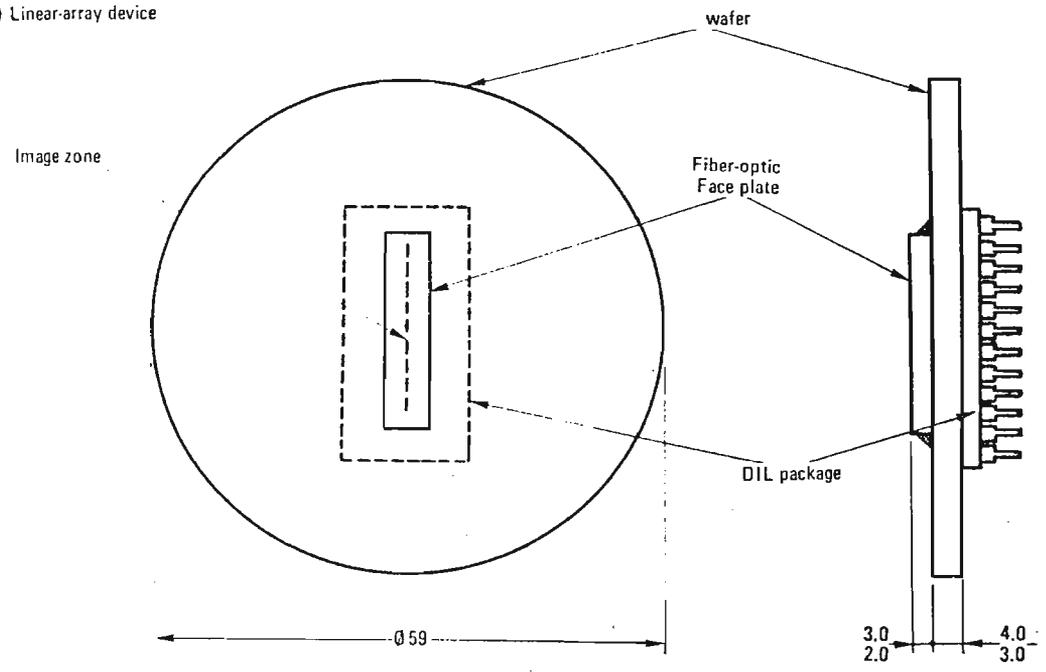
Les composants matriciels sont disponibles en trois classes A, B, C selon les spécifications relatives aux DTC standards.

### REMARQUE 2

Les circuits TH X31135-1 et TH X31133-1 peuvent également être couplés à des plaques de fibres optiques.



The image zone is centered in the wafer, within  $\pm 1\text{mm}$



The image zone is centered in the wafer, within  $\pm 1\text{mm}$



## GUIDE DE SELECTION DE PRODUITS DISPOSITIFS A L'ETAT SOLIDE

### DISPOSITIFS A TRANSFERT DE CHARGE PHOTOSENSIBLES

DTC PHOTOSENSIBLES LINÉAIRES	Référence du dispositif	Nombre de photo- éléments	Dimensions du photo- élément	Fréquence de lecture	Applications
Principales caractéristiques : - Technologie : photodiodes associées à des registres DTC	<b>TH 7801-A CD</b>	1728	13 x 13 $\mu$ m pas : 13 $\mu$ m	2 MHz	- Télécopie - Reprographie
- Haute résolution	<b>TH 7802-CD</b>	1024	13 x 13 $\mu$ m pas : 13 $\mu$ m	2 MHz	- Identification - Mesures
- Réponse spectrale étendue de 400 à 1100 nm	<b>TH 7803-CD</b>	1728	13 x 10 $\mu$ m pas : 10 $\mu$ m	2 MHz	- Positionnement - Analyse discrète de l'image
- Sensibilité élevée - Faible signal d'obscurité - Dynamique importante $\geq 3000:1$	<b>TH 7804-CD</b>	1024	13 x 13 $\mu$ m pas : 13 $\mu$ m	15 MHz	- Télécinéma - Contrôle industriel
- Mise en œuvre aisée (deux phases de commandes externes)	<b>TH 7805-CD</b>	2048	13 x 13 $\mu$ m pas : 13 $\mu$ m	15 MHz	- Contrôle industriel rapide
	<b>TH 7806* (TH X31507)</b>	256	13 x 13 $\mu$ m pas : 13 $\mu$ m	2 MHz	- OCR - bureautique

DTC PHOTOSENSIBLES MATRICIELS	Référence du dispositif	Nombre de photoéléments	Dimensions du photoélément	Anti- éblouisse- ment incor- poré	Applications
Principales caractéristiques : - Technologie : photo MOS - Réponse spectrale étendue : 400 à 1100 nm	<b>TH 7851-CD (TH X31135)</b>	288 x 208 entrelacé (1/2 format TV)	28 x 30 $\mu$ m	non	
- Format image TV (rapport 4 : 3)	<b>TH 7852-CD (TH X31138)</b>	288 x 208 entrelacé (1/2 format TV)	19 x 30 $\mu$ m	oui	- Prise de vue TV - Contrôle dimensionnel
- Organisation en Transfert de Trame	<b>TH 7861-CD (TH X31133)</b>	576 x 384 entrelacé (format TV)	23 x 23 $\mu$ m	non	- Détection d'anomalies - Mesures
- Compatibilité avec le standard TV européen - Effet de moirage réduit - Dynamique élevée : 2000:1	<b>TH 7862-CD* (TH X31142)</b>	576 x 384 entrelacé (format TV)	16 x 23 $\mu$ m	oui	- Analyse discrète de l'image - Robotique
- Toute surface photosensible - Non compatible avec le TV/CCIR	<b>TH 7881-CD (TH X31135-1)</b> <b>TH 7882-CD (TH X31133-1)</b>	288 x 208 non entrelacé 576 x 384 non entrelacé	28 x 30 $\mu$ m 23 x 23 $\mu$ m	non non	- Prise de vue monocoup (obturateur) - Astronomie - Mesures physiques

— Parfaite adaptation à la numérisation et au traitement de l'image.

\* Disponible début 1984.

## DISPOSITIFS A TRANSFERT DE CHARGES PHOTOSENSIBLES COUPLÉS A DES FIBRES OPTIQUES (FO)

DTC photosensible linéaire	Référence du dispositif	Nombre de photoéléments	Perte de modulation (à F. Nyquist)	Perte de réponse due à FO	Applications
	TH 7801-CD-FO	1728	25 %	≈ 30 %	- Couplage à IIL - Dépôt de couches sensibles X ou UV
DTC photosensible matriciel :					
- Dimensions de l'ensemble $\phi$ 59 mm, e ≈ 7 mm (hors broches)	TH 7851-CD-FO	288 x 208 (TV)	10 %	≈ 30 %	- Couplage à IIL - Dépôt de couches sensible X ou UV
	TH 7852-CD-FO	288 x 208 (TV)	10 %	≈ 30 %	
	TH 7861-CD-FO	576 x 384 (TV)	10 %	≈ 30 %	
	TH 7862-CD-FO	576 x 384 (TV)	10 %	≈ 30 %	
	TH 7881-CD-FO	288 x 208	10 %	≈ 30 %	
	TH 7882-CD-FO	576 x 384	10 %	≈ 30 %	

## DISPOSITIFS BAS NIVEAU DE LUMIÈRE ÉTAT SOLIDE

	Référence du dispositif	Nombre de photo-éléments	Uniformité de réponse	Résolution	Constitution	Applications
DTC photosensible linéaire	TH 9701-CD-04A	1728	± 25 %	Modulation 3 % à 20 pl/mm	TH 7801-CD-FO + TH 9304A (IIL)	- Vision - Vision nocturne
DTC photosensible matriciel	TH 9761-CD-04A	576 x 384	± 7 %	Modulation 8 % à 22 pl/mm	TH 7861-CD-FO + TH 9304A (IIL)	- CND <sup>+</sup> rayons X
— Encombrement : $\phi$ 70 mm H 86 mm (hors broches)		— Ces dispositifs sont potentiellement réalisables à partir de tout DTC couplé à des FO (voir ci-dessus). — Ces dispositifs fonctionnent associés à une alimentation THT pour l'IIL TH 7167 (TH X1057).				

## DISPOSITIFS A TRANSFERT DE CHARGES POUR TRAITEMENT DE SIGNAL

	Référence du dispositif	Nombre d'étages	Fréquence	Observations	Applications
Ligne à retard	TH 7751B	2 x 512	100 kHz à 20 MHz	Registres indépendants en séries, parallèles, MX	- Compression-expansion retard
Filtre transversal Corrélateur	TH 7754* (TH X32502)	4 x 64	1 kHz à 5 MHz	Pondération programmable 0 + 1 Cascadables	- Détection par filtrage adapté - Filtrage adaptatif
Filtre adaptatif convoluteur	TH 7755* (TH X32503)	64	5 kHz à 5 MHz	Pondération programmée	- Compression d'impulsions - Convolution CZT

## DISPOSITIFS X-SENSIBLES LINÉAIRES

	Référence du dispositif	Nombre d'étages	Dimensions de l'élément	Rendement quantique	Sensibilité	Application
Détecteur : - circuit hybride - photodiodes + scintillateur	TH X1454	720	1,5 x 0,8 mm pas 0,8 mm	72 %	2 mV/ $\mu$ R	CND <sup>+</sup> industriel
	TH X1460*	480	3 x 1,6 mm pas 1,6 mm	72 %	2 mV/ $\mu$ R	
Détecteur + électro- nique de traitement	TH X1461 <sup>▲</sup>	480	3 x 1,6 mm pas 1,6 mm	72 %	2 mV/ $\mu$ R	

\* Disponible début 1984.  
<sup>▲</sup> Disponible fin 1984.  
<sup>+</sup> Contrôle non-destructif.

**SOLID STATE PRODUCT GUIDE****CCD IMAGE SENSORS**

<b>LINEAR SENSORS</b>	<b>Device no.</b>	<b>No. of photo-elements</b>	<b>Photoelement dimensions</b>	<b>Readout frequency</b>	<b>Applications</b>
The TH 7800 line of linear CCD sensors offers : - Photodiode linked CCD register technology - High resolution  - Wide spectral response 400 to 1100 nm - High sensitivity - Small dark signal - Dynamic range $\geq 3000:1$ - Simple operation : Two external clock signals	<b>TH 7801A-CD</b>	1728	13 x 13 $\mu\text{m}$ 13 $\mu\text{m}$ pitch	2 MHz	Fascimile
	<b>TH 7802-CD</b>	1024	13 x 13 $\mu\text{m}$ 13 $\mu\text{m}$ pitch	2 MHz	Document reproduction Identification Physical measurements Positioning
	<b>TH 7803-CD</b>	1728	13 x 10 $\mu\text{m}$ 10 $\mu\text{m}$ pitch	2 MHz	Discrete image analysis
	<b>TH 7804-CD</b>	1024	13 x 13 $\mu\text{m}$ 13 $\mu\text{m}$ pitch	15 MHz	Telecinema Industrial monitoring
	<b>TH 7805-CD</b>	2048	13 x 13 $\mu\text{m}$ 13 $\mu\text{m}$ pitch	15 MHz	Rapid industrial monitoring
	<b>TH X31507*</b> (TH 7806)	256	13 x 13 $\mu\text{m}$ 13 $\mu\text{m}$ pitch	2 MHz	OCR Data processing
<b>AREA SENSORS</b>					
The line of area-array CCD sensors offers : - PhotoMOS technology - Wide spectral response 400 to 1100 nm	<b>Device no.</b>	<b>Element array</b>	<b>Photoelement dimensions</b>	<b>Built-in anti-blooming</b>	<b>Applications</b>
- Standard TV aspect ratio 4 : 3 - Frame-transfer organization - Compatibility with the European TV standard - Reduced moiré pattern	<b>TH 7851-CD</b> (TH X31135)	288 x 208 interlaced (1/2 TV format)	28 x 30 $\mu\text{m}$	no	- TV image pickup - Dimensional checking - Detection of anomalies - Measurements
	<b>TH 7852-CD</b> (TH X31138)	288 x 208 interlaced (1/2 TV format)	19 x 30 $\mu\text{m}$	yes	
- High dynamic range $\geq 2000:1$	<b>TH 7861-CD</b> (TH X31133)	576 x 384 interlaced (TV format)	23 x 23 $\mu\text{m}$	no	- Discrete image analysis - Shape recognition (robotics)
	<b>TH 7862-CD*</b> (TH X31142)	576 x 384 interlaced (TV format)	16 x 23 $\mu\text{m}$	yes	
- Whole surface photo-sensitive Non-compatible with CCIR TV standard	<b>TH 7881-CD</b> (TH X31135-1)	288 x 208 non-interlaced	28 x 30 $\mu\text{m}$	no	- Single-shot pickup (gated)
	<b>TH 7882-CD</b> (TH X31133-1)	576 x 384 non interlaced	23 x 23 $\mu\text{m}$	non	- Astronomy - Physical measurements

— Highly suited to digitization and signal processing

\* Available early 1984.

## SIGNAL-PROCESSING CCDs

	Device no.	No. of stages	Operating frequency	Remarks	Applications
Analog delay line	TH 7751B	2 x 512	100 kHz to 20 MHz	Independent registers for parallel, series and multiplex operation	Compression Expansion Delay
Transversal filter	TH 7754* (TH X32502)	4 x 64	1 kHz to 5 MHz	Programmable weighting 0, + 1	Matched-filter signal detection Matched filtering
Matched filters and complex convolvers	TH 7755* (TH X32503)	64	5 kHz to 5 MHz	Programmed weighting	CZT convolution Pulse compression

## LINEAR X-RAY SENSITIVE DEVICES

	Device no.	No. of stages	Element dimensions	Quantum efficiency	Sensitivity	Applications
Détector : - Hybrid circuit - Photodiodes plus scintillator	TH X1454	720	1,5 x 0,8 mm 0.8 mm pitch	72 %	2 mV/ $\mu$ R	Industrial non-destructive testing
	TH X1460*	480	3 x 1.6 mm 1.6 mm pitch	72 %	2 mV/ $\mu$ R	
Détector plus processing electronics	TH X1461+	480	3 x 1.6 mm 1.6 mm pitch	72 %	2 mV/ $\mu$ R	

\* Available early 1984.

+ Available end 1984.

## FIBER-OPTICALLY (FO) COUPLED CCD IMAGE SENSORS

Linear Sensors	Device no.	No. of photoelements	Modulation losses (Nyquist)	Loss in response due to FO	Applications
	TH 7801-CD-FO	1728	25 %	$\approx$ 30 %	LII coupling Deposit of UV or X sensitive layers
Area Sensors :	TH 7851-CD-FO	288 x 208 (TV)	10 %	$\approx$ 30 %	
- Dimensions (excluding pins) :	TH 7852-CD-FO	288 x 208 (TV)	10 %	$\approx$ 30 %	
$\phi$ 59 mm, 7 mm thick	TH 7861-CD-FO	576 x 384 (TV)	10 %	$\approx$ 30 %	
	TH 7862-CD-FO	576 x 384 (TV)	10 %	$\approx$ 30 %	
	TH 7881-CD-FO	288 x 208	10 %	$\approx$ 30 %	
	TH 7882-CD-FO	576 x 384	10 %	$\approx$ 30 %	

## SOLID STATE LOW-LIGHT-LEVEL DEVICES

	Device no.	No. of photo-éléments	Response uniformity	Resolution	Constitution	Applications
Linear Image Sensors	TH 9701-CD-04A	1728	$\pm$ 25 %	3 % modulation at 26 lp/mm	TH 7801-CD-FO + TH 9304A (LII)	Night viewing
Area Image Sensors	TH 9761-CD-04A	576 x 384	$\pm$ 7 %	3 % modulation at 22 lp/mm	TH 7861-CD-FO + TH 9304A (LII)	Industrial non-destructive testing (X-ray)

— Dimensions (excluding pins) :  $\phi$  70 mm, length 86 mm.

— These devices can be realized from all fiber-optically coupled CCD image sensors (see above).

— These devices operate with an EHT power supply for the TH 7167 (TH X1057) LII.

# CAPTEURS SOLIDES

## L'évolution de la

*L'un des projets des grandes entreprises en matière de semiconducteurs concerne les Dispositifs à transfert de Charge (DTC) désignés également par Charge-Coupled Devices (CCD). Ces dispositifs utilisent les propriétés photosensibles du silicium permettant de réaliser trois fonctions principales qui sont : la conversion des photons de la lumière en charge électrique ; l'accumulation de cette charge et son transfert vers un convertisseur capable de créer un signal vidéo.*

Les propriétés de ces composants à transfert de charges ont permis de réaliser des caméras vidéo où le tube de prise de vue est remplacé par un dispositif photosensible matriciel.

L'utilisation d'un tel dispositif permet de réduire l'encombrement de la caméra, son poids et sa consommation d'énergie électrique tout en améliorant l'analyse de la structure de l'image.

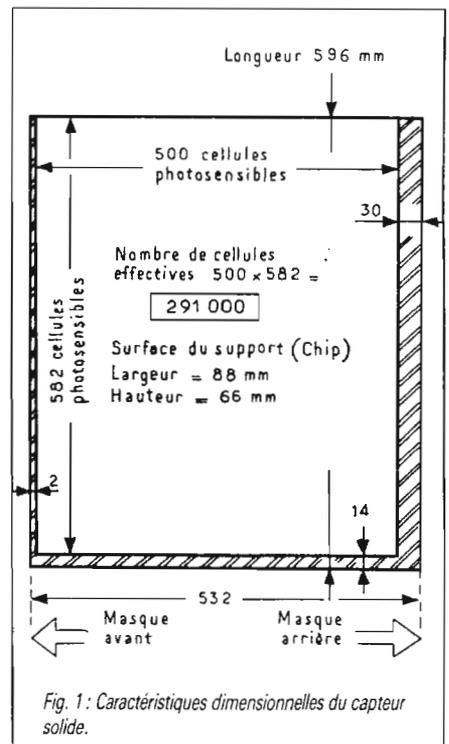
L'emploi des composants CCD permet également de transformer les images analogiques en images numériques destinées d'abord aux caméras professionnelles des centres de Radiodiffusion. L'exposé qui va suivre est réservé aux travaux qui ont abouti à la sortie de la caméra CCD de Sony.

### Remplacement du tube de prise de vue par un capteur solide

Le capteur solide est muni de 291 000 éléments photosensibles appelés sensors et de  $2 \times 291\ 000$  éléments de transfert appelés cellules à transfert de charges (CCD). L'ensemble est intégré dans un support (chip) de

88 mm sur 66 mm. Le dispositif photosensible est composé de 582 lignes actives de 500 sensors (fig. 1).

Chaque sensor est relié à une cellule de transfert pendant la durée du signal de la suppression verticale. Les



# DE PRISE DE VUE

## echnologie

cellules de transfert sont commandées par des signaux à quatre phases (V1, V2, V3, V4). La figure 2 montre le schéma de l'ensemble du dispositif matriciel.

Pendant chaque suppression verticale les charges électriques des sensors exposés aux photons sont transmises dans un registre à décalage vertical composé de cellules de transfert. Pendant la durée de chaque trame ces cellules ont effectué 582 transferts verticaux correspondant à 582 lignes. Entre deux transferts verticaux, le signal de suppression de ligne ouvre les 500 portes d'un registre horizontal d'où le transfert des charges de la dernière ligne dans les cellules du registre horizontal commandées par les signaux H1 et H2 (fig. 2). Pendant la durée d'une ligne active (53  $\mu$ s) les 500 charges du registre horizontal sont transférées dans un circuit de mise en forme qui génère le signal vidéo. Du fait que chaque charge électrique représente un échantillon de l'image, la fréquence d'échantillonnage est donnée par  $500/53 \mu s = 9,43 \text{ MHz}$ .

Pendant que s'effectue le transfert horizontal, les portes du registre vertical sont fermées mais le transfert des charges provenant des sensors continue entre les signaux de la suppression ligne. Cette dernière ouvre les portes à la fin de chaque ligne où s'effectue le transfert des charges du registre vertical dans les cellules du registre horizontal.

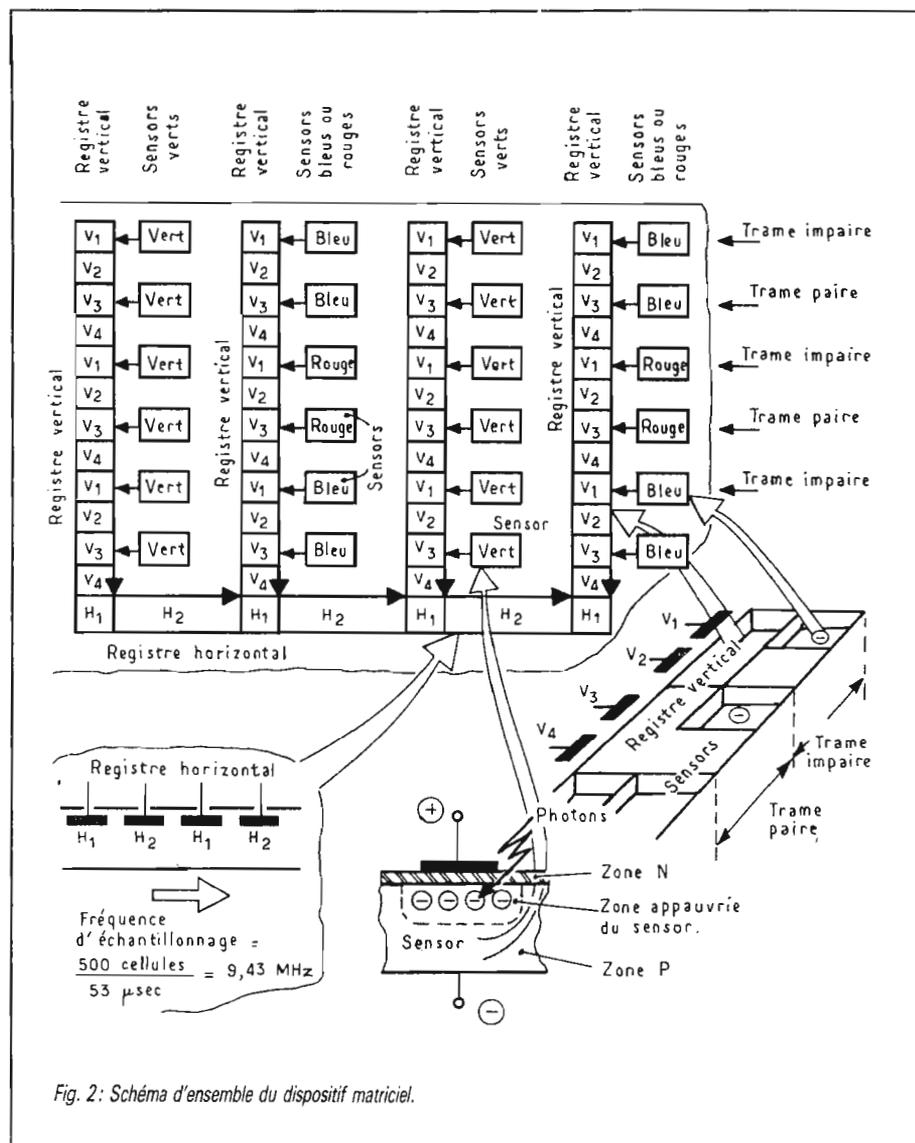


Fig. 2: Schéma d'ensemble du dispositif matriciel.

### Conversion de la lumière en charges électriques

La figure 3 montre l'élément photosensible (senseur ou sensor) du cap-

teur solide. Cet élément est composé d'un film très mince du type N muni d'une électrode reliée au côté « plus » d'une alimentation et d'un morceau de silicium du type P relié au « moins » de l'alimentation. L'ensemble consti-

tue une diode semiconducteur polarisée à l'inverse. La présence d'un champ électrique se manifeste dans ces conditions autour de la jonction NP créant ainsi une zone appauvrie en porteurs n et p.

Lorsque un photon est absorbé dans un semiconducteur il y a création d'une paire électron-trou. Pour obtenir un courant photoélectrique il faut séparer les électrons des trous.

Le champ électrique de la zone appauvrie facilite cette opération. Les électrons se dirigent vers le côté « plus » et les trous vers le côté « moins ». Afin de créer un courant photoélectrique important, il faut que les photons puissent pénétrer dans la zone appauvrie où le champ est maximum. La profondeur de cette pénétration est fonction de la longueur d'onde des photons. Les photons à courte longueur d'onde sont moins pénétrants que les photons à grande longueur d'onde. Or une bonne qualité d'image exige un large spectre chromatique donc la présence des photons à courte longueur dans la région appauvrie. Ceci n'est possible que si l'on réduit l'épaisseur de la couche N. L'emploi d'un film oxyde très mince facilite le passage des photons de différentes longueurs d'onde et leur absorption dans la région d'appauvrissement. La séparation des électrons par l'absorption des photons crée une charge électrique située sous l'électrode. Cette charge est fonction du nombre de photons provenant de l'objectif situé près du sensor. Ce nombre est donc fonction de l'intensité lumineuse pendant la prise de vue. En ce qui concerne la charge électrique du sensor près de l'électrode du film, sa quantité d'électrons dépend de la tension inverse appliquée aux bornes de la diode. Cette charge demeure aussi longtemps que la tension se trouve appliquée aux bornes de la diode semiconductrice.

### Transfert de la charge du sensor dans une cellule du registre vertical

Nous avons montré dans la figure 2 l'emplacement d'un sensor muni d'un filtre à bande bleue avant le transfert de sa charge dans les cellules du registre vertical munies des électrodes des V1 et V2. Ces électrodes reçoivent des tensions qui commandent les trames impaires. Les électrodes V3 et V4 sont destinées à la commande des trames paires.

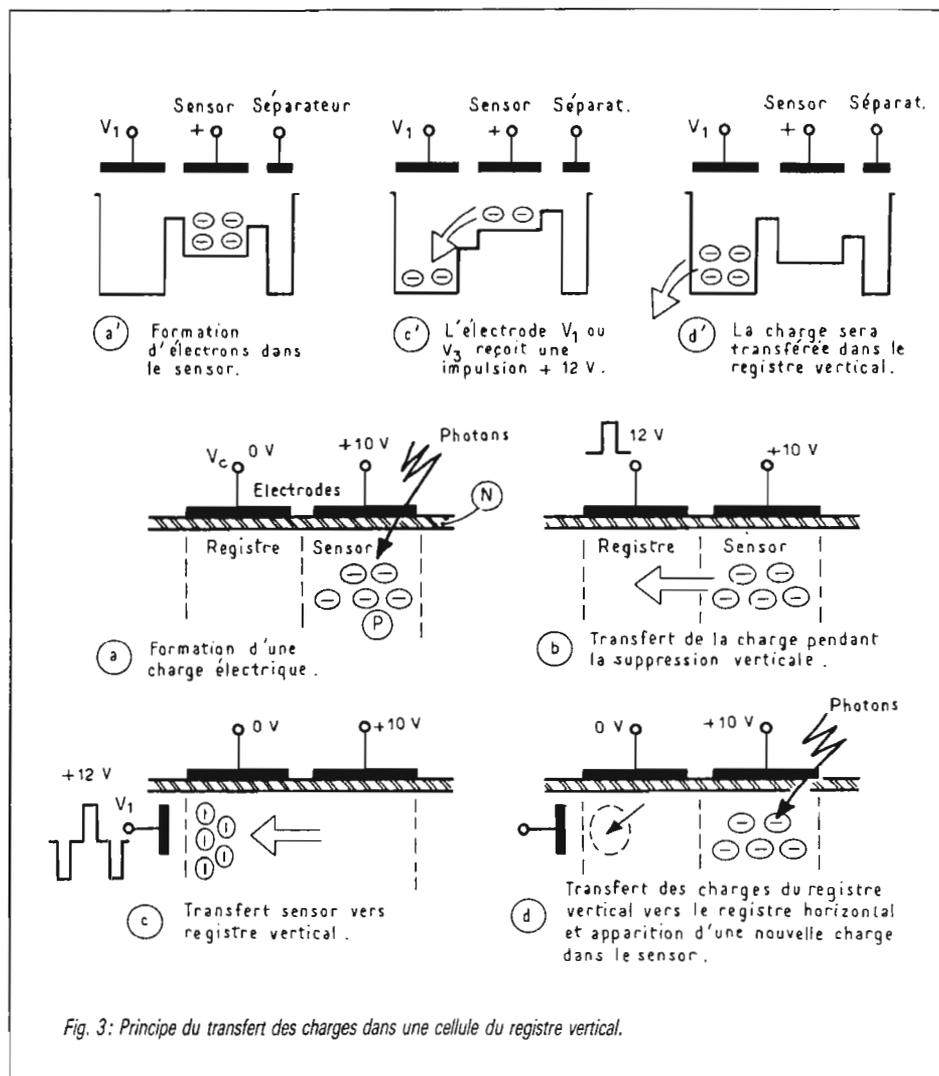


Fig. 3: Principe du transfert des charges dans une cellule du registre vertical.

On retrouve dans la figure 3(a) l'absorption des photons suivie de la formation d'une charge électrique. Ce phénomène se produit simultanément dans les 291 000 sensors exposés à la lumière. Pendant la durée de la suppression verticale, toutes les électrodes (V1 ou V3) ainsi que l'électrode commune Vc du registre vertical reçoivent une impulsion positive dont l'action se traduit par le transfert des charges des sensors dans les cellules V1, V2 (ou V3, V4). Les figures 3(b) et 3(c) illustrent schématiquement le couplage entre les sensors et l'entrée du registre vertical. Les figures 3(a'), 3(c') et 3(d') montrent le déplacement des électrons depuis les sensors jusqu'au registre. Dès la fin du signal de suppression verticale tous les sensors sont « déconnectés » du registre et les photons « rechargent » les sensors. Pendant la durée de chaque ligne active (53  $\mu$ s) les charges transférées

dans le registre vertical se déplacent de haut en bas et finissent par arriver aux portes du registre horizontal qui est composé des cellules H1 et H2 (fig. 2). Le déplacement vertical des charges est assuré par une composante de tensions à quatre phases.

### Transfert des charges du registre vertical dans le registre horizontal

L'action des quatre phases consiste à déplacer verticalement les charges des sensors rouges (RN) et bleus (BN). Ce déplacement en fonction du temps est montré en figure 4. Dès la fin de chaque ligne active de 53  $\mu$ s la tension de l'électrode V4 est suffisamment élevée pour que celle-ci puisse assurer le rôle d'une porte ouvrant la voie vers le registre hori-

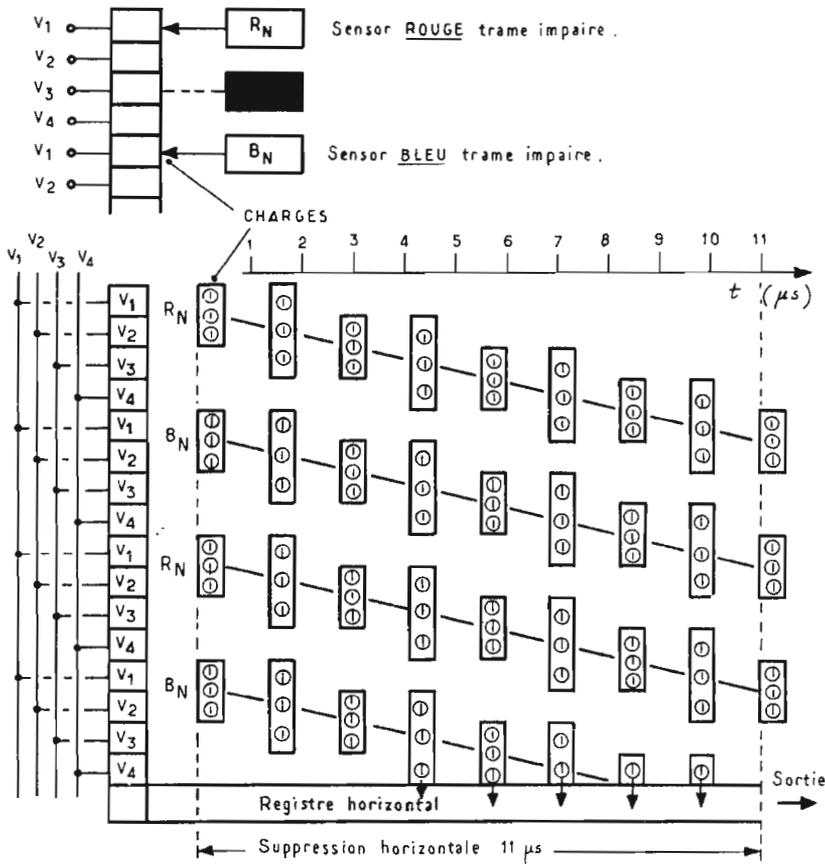


Fig. 4: Transfert des charges du registre vertical dans le registre horizontal.

horizontal pendant la durée du signal de suppression ligne. Ce transfert des charges du registre vertical dans le registre horizontal à donc lieu pendant les 11 microsecondes à la fin de la dernière ligne de chaque trame. C'est le cas dans la figure 1 où les cellules « vides » H1 du registre horizontal reçoivent les charges des électrodes V4 du registre vertical. La figure 4 montre la transition des charges (BN) d'une colonne V4 vers une cellule H1 pendant le signal de suppression ligne. La tension appliquée à l'électrode V4 cesse dès la fin de signal de suppression ligne, ce qui signifie la fermeture de la porte de transition. Le transfert des charges dans le registre vertical continue à l'aide des quatre phases appliquées successivement aux électrodes V1, V2, V3 et V4 d'où l'apparition des charges d'une nouvelle ligne de la même trame à l'entrée du registre horizontal. Le transfert de ces 500

charges (500 sensors par ligne) dans le registre horizontal s'effectue pendant le nouveau signal de suppression ligne; le cycle vertical recommence...

## Evacuation des charges du registre horizontal

La lecture des lignes ne s'effectue pas ici en reproduisant successivement tous les points image mais simultanément en transférant les charges de tous les points image d'une ligne dans le registre horizontal.

Ce procédé supprime le phénomène de traînage pendant les déplacements d'objets lumineux ou pendant le déplacement de la caméra devant des sujets très contrastés.

Les charges qui ont été transférées dans les cellules H1 du registre horizontal doivent être déplacées vers la

porte de sortie Ps du registre (fig. 5). Ce déplacement s'effectue en commutant alternativement les électrodes H1 et H2. La figure 5(a) montre la portion du registre située près de la porte Ps. Les charges sont concentrées dans les cellules H1 pendant que les niveaux des électrodes des cellules H2 font barrière. La porte Ps est alors fermée. La sortie H du registre dont la diffusion est mobile se trouve reliée au potentiel PD du transistor FET dont la grille est reliée au même potentiel par le commutateur Pc. La même tension PD est appliquée au condensateur C d'où l'apparition d'une charge avec création d'une impulsion de tension aux bornes de R. En figure 5(b) les tensions appliquées aux électrodes H1 et H2 sont inversées d'où l'avancement des charges et l'ouverture de la porte Ps et du commutateur Pc. La sortie du registre horizontal H est maintenant une haute impédance d'où la diffusion des électrons vers la grille du FET et du condensateur C.

Ce transfert de charge se traduira par une décharge du condensateur et par une variation de la tension aux bornes de la résistance R. La variation de cette tension est fonction de la charge transférée provenant du sensor donc fonction de la lumière éclairant celui-ci ainsi que de la précharge du condensateur C réglable par la tension PD. Aux bornes de R, le signal de sortie varie suivant le contraste de l'image.

Toutes les charges ont été évacuées à la fin d'une ligne active de 53  $\mu$ s; le registre horizontal est prêt à recevoir pendant le signal de suppression de cette même ligne les nouvelles charges provenant du registre vertical. Ce sont les charges des 500 sensors de la ligne active qui va suivre qui vont remplir les cellules H1 du registre horizontal. Pendant tous ces transferts horizontaux les sensors sont isolés et captent la lumière de l'image jusqu'à l'apparition du signal de suppression verticale qui rétablit la liaison entre sensors et registre vertical. Celui-ci assure les transferts verticaux, libère les sensors et la prise de vue continue...

Le nombre des charges mises en forme à la sortie du registre horizontal pendant chaque ligne active s'élève à :  
 $500 \text{ cellules} / 53 \mu\text{s} = 9\,430\,000$ .

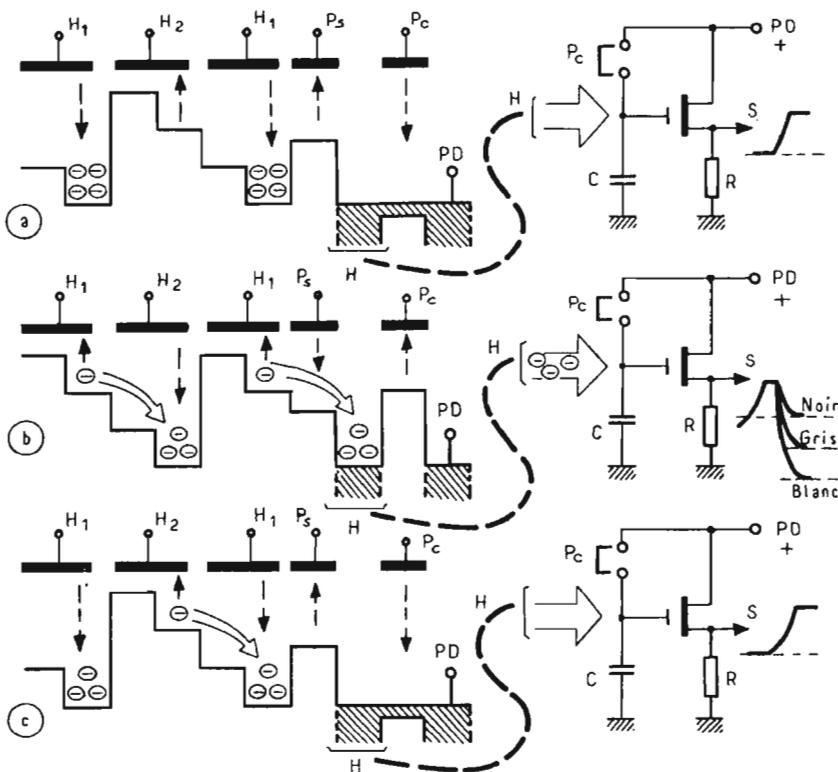


Fig. 5: Déplacement des charges vers la porte de sortie du registre.

## Formation des signaux de chrominance et de luminance

En regardant l'emplacement des senseurs avec leurs filtres colorés on constate que le nombre des senseurs verts est plus élevé que celui des senseurs rouges et bleus (cf. fig. 2).

Soit la première ligne d'une trame impaire que nous désignons par « Ligne 3 » du fait que la ligne 2 est celle de la trame entrelacée paire. La figure 6 montre une fraction des lignes 1 et 3 où chaque élément numéroté représente la charge électrique d'un senseur. On retrouve les senseurs V, B, V, B, V, B etc. de la ligne 1 et V, R, V, R, V, R etc. de la ligne 3.

En séparant les bleus dans la ligne 1 on obtient la ligne 1B et en séparant les rouges dans la ligne 3 on obtient la ligne 3R. Pour obtenir simultanément les bleus et les rouges on peut créer une nouvelle ligne à l'aide de la ligne 1B et à l'aide de la ligne 3R à condition de créer un retard qui permet d'insérer les rouges c'est-à-dire la ligne 1B dans la ligne retardée 3R'. La même opération peut être effectuée dans la ligne suivante où l'on recrée la ligne 3R en ajoutant avec un nouveau retard la ligne 1B'.

Le même procédé permet de retarder les verts d'une ligne en les insérant dans la ligne suivante, ce qui donne V, V', V, V' etc. La combinaison est dans ce cas : ligne 1V et ligne 3V'. Ce système offre l'avantage de produire dans une ligne : R + B' + V + V' ou V + R' + V + V' mais il nécessite des lignes à retard de grande précision. Au lieu des lignes à retard classiques par propagation on utilise ici des registres dont les cellules sont disposées avec une certaine distance correspondant aux retards des transferts de charges.

La présence des nombreux verts (V et V') permet de coder un second signal de luminance à fréquence plus élevée qui s'ajoute à celui des composantes :  $0,3R + 0,11B + 0,59V$ .

La présence de ces deux signaux est à l'origine de la haute définition de l'image.

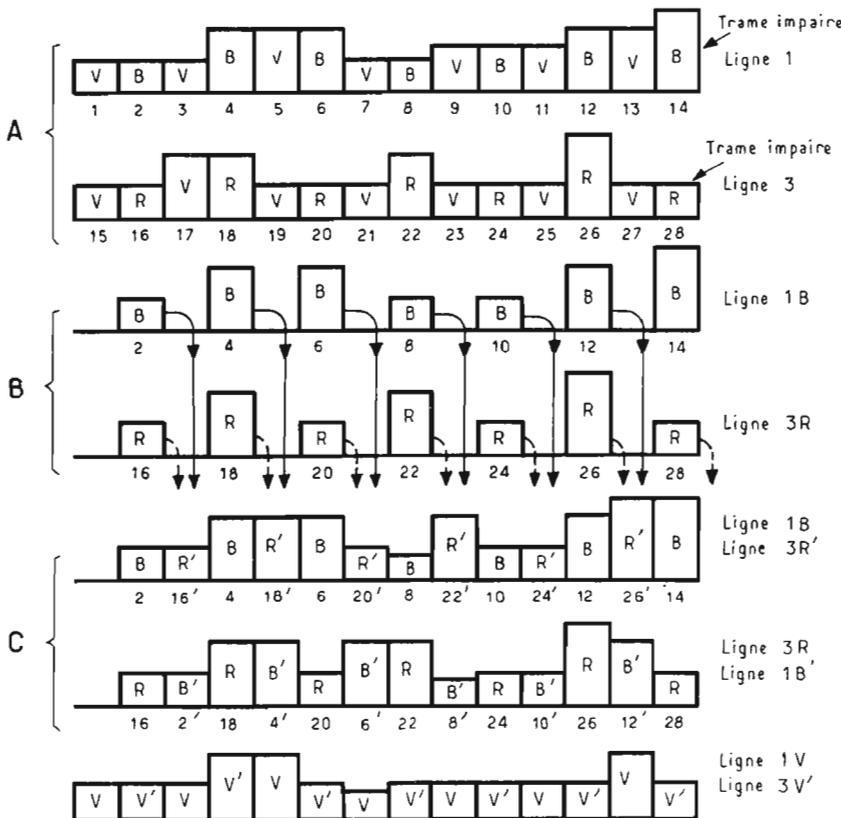


Fig. 6: Formation des signaux de chrominance et de luminance.