

**5. International conference on nondestructive
evaluation in the nuclear industry
San Diego, CA, USA - 10-13 May 1982
CEA-CONF-- 6277**

STADUS - SYSTEME DE TRAITEMENT ET D'ACQUISITION DES
DONNEES ULTRASONORES

Robert SAGLIO, Anne-Marie BIRAC, Jean-Claude FRAPPIER
Centre d'Etudes Nucléaires de SACLAY - 91191 - GIF-sur-YVETTE - Cedex, France
DTech/STA/SCND
et Roger LEFEVRE (DEIN)

RESUME

Un système d'acquisition et d'analyse des données enregistrées lors des contrôles ultrasonores a été développé par le C.E.A. (Commissariat à l'Energie Atomique).

Initialement, ce système a été conçu et réalisé pour les besoins des inspections en service des réacteurs électronucléaires du type PWR. Aujourd'hui, il est utilisé de façon beaucoup plus générale lors des divers contrôles automatiques par ultrasons.

Ce système enregistre, sous forme digitale, les informations ultrasonores fournies par les transducteurs (au maximum 16 voies simultanées), ainsi que les coordonnées géométriques qui définissent la position de l'outil de contrôle.

A partir de ces acquisitions, qui sont enregistrées sur disques souples, ce système permet de visualiser les informations sous forme d'images de type A SCAN, B SCAN et C SCAN.

En outre, ont été réalisés et implantés, sur des ordinateurs plus puissants que celui équipant le système STADUS des programmes de traitement des informations transférées depuis les disques souples du STADUS. Ces programmes permettent d'obtenir - à une échelle ajustable - différentes cartographies des défauts ainsi que des listings relatifs à leur position et à leurs dimensions.

1. INTRODUCTION

Le C.E.A. est chargé par E.D.F. d'effectuer les inspections périodiques des cuves des réacteurs électronucléaires du type P.W.R. réalisées par FRAMATOME.

Ces inspections périodiques sont effectuées à l'aide de Machines d'Inspection en Service (M.I.S.) qui permettent de réaliser le contrôle automatique par ultrasons focalisés en immersion des zones qui sont à inspecter dans les cuves des réacteurs. Ces contrôles automatiques conduisent à enregistrer et à traiter un volume important de données ultrasonores. Les résultats obtenus lors d'inspections successives doivent être comparés, de manière à déceler une évolution éventuelle des défauts qui ont été détectés. Ainsi ces comparaisons constituent le fondement de la surveillance en service des installations.

C'est afin de rendre ces comparaisons plus faciles et plus fiables que la Section de Contrôle Non Destructif du C.E.A. a développé depuis 1976, un Système de Traitement et d'Acquisition des Données Ultrasonores, le **S.T.A.D.U.S.**

2. OBJECTIFS FIXES AU STADUS

Le premier objectif est de limiter le volume des informations ultrasonores à acquérir en opérant un tri selon des critères rigoureux afin de ne retenir que les informations valides et significatives. Ces informations ainsi que les coordonnées géométriques auxquelles elles correspondent doivent être enregistrées sous forme numérique en vue du traitement automatique ultérieur.

Le second objectif est que l'opérateur chargé du contrôle puisse, au moment de l'acquisition vérifier rapidement et facilement la qualité et la validité des informations prises en compte. Dans ce but le système doit être capable de former au cours de l'acquisition et à la demande de l'opérateur des images de la zone contrôlée dans les modes standard A. SCAN, B. SCAN, C. SCAN.

3. LES FONCTIONS DU STADUS

3.1. En temps réel durant le contrôle

- Acquérir, selon des critères purement électroniques les informations ultra-sonores provenant de N transducteurs ($N \leq 16$), puis les coder sous forme numérique et y ajouter les coordonnées géométriques correspondantes. Chaque information élémentaire ainsi recueillie constitue un "évènement" réunissant toutes les données nécessaires à l'exploitation.
- Stocker ces évènements, regroupés par blocs de 30 dans une mémoire de masse constituée par une unité double à disques souples, soit 39 400 évènements par disque.
- Constituer sur l'écran d'une console de visualisation à mémoire des images représentant les défauts dans la zone contrôlée. Le mode de représentation le plus courant est le C.SCAN. Mais il est également possible d'obtenir des images B.SCAN ou A.SCAN.
- Editer un journal de bord qui fournit périodiquement le nombre total des évènements stockés pour chacun des transducteurs même si ces transducteurs n'ont pas été sélectionnés pour la constitution de l'image sur la console de visualisation.

Les quatre fonctions décrites ci-dessus s'effectuent selon un ordre de priorité décroissant.

3.2. En temps différé après le contrôle

- Relire les enregistrements constitués précédemment, en vue de constituer des images des trois types standard. De nombreux critères laissés à l'initiative de l'opérateur permettent d'opérer un tri des informations pour la représentation des images. La sélection peut par exemple s'opérer sur l'amplitude des défauts ou sur l'épaisseur de la zone contrôlée dans la profondeur du métal.
- Transférer les enregistrements sur bande magnétique en vue de leur traitement dans un centre de calcul pour obtenir par exemple des cartographies à l'échelle 1.

4. CONSTITUTION DU STADUS

La fig. 1 présente la constitution du système. Il apparaît que ce système est en fait constitué de deux sous ensembles principaux :

- un interface entre l'appareillage ultrasonore et le système informatique, interface qui correspond au **STADUS** au sens strict,
- un mini-ordinateur MULTI-6 auquel sont associés les périphériques suivants :
 - . une mémoire de masse sur disques souples,
 - . une console de visualisation à mémoire,
 - . une imprimante rapide 180 c/s.

Le logiciel associé au calculateur est dénommé PRODUS :
Programme de Reconnaissance par Ordinateur de Données Ultrasonores.

La fig. 2 est une photographie du système complet. On distingue la double unité de "floppy-disk", l'imprimante rapide, la console de contrôle et de visualisation, le reprographe qui lui est associé, le calculateur MULTI-6 (32 k mémoire) et l'interface STADUS situé sous le calculateur.

Le logiciel PRODUS gère le système en mode temps réel multi-taches. La hiérarchie des tâches est conçue de façon que la priorité absolue soit dans tous les cas donnée à l'acquisition en mémoire des informations fournies par le STADUS.

5. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

5.1. Sélection des informations

La fig. 3 présente les signaux provenant de l'appareillage ultra-sons. Il s'agit :

- du signal "vidéo" qui représente le logarithme de l'amplitude du signal ultra-sons provenant d'un transducteur,
- d'un signal "porte" délivré par l'appareillage ultra-sons pour chacun des transducteurs et qui définit l'intervalle de temps ou l'information vidéo est à prendre en compte.

Les critères de prise en compte d'un signal vidéo à l'intérieur d'une porte sont les suivants :

- amplitude > seuil inférieur (S_i).

$$S_i = 100 \text{ mV (fig. 4)}$$

- largeur du signal au niveau du seuil > temps minimum (t_i)

$$t_i = 500 \text{ ns}$$

Ceci afin d'éliminer la plus grande partie des signaux parasites. (fig. 5)

- amplitude < seuil supérieur (S_s)

$$S_s = 1,5 \text{ V.}$$

Ceci pour supprimer les parasites de grande amplitude. (fig. 6)

Les critères de fin de prise en compte d'un signal vidéo sont les suivants (fig. 7) :

- si la valeur de crête est constante pendant un temps T_μ

$$T_\mu = 1,5 \text{ } \mu\text{s.}$$

- si l'amplitude du signal devient inférieure au seuil inférieur S_i

- si l'amplitude du signal devient inférieure à $n \%$ de la valeur crête (en pratique $n = 20$).

La figure 8 montre que le signal est pris en compte même si ce critère n'est vérifié qu'après le temps de fin de "porte".

La figure 9 est un schéma qui présente le processus de digitalisation. Pour chaque signal contenu dans la "porte", l'amplitude est digitalisée sur 7 bits, ce qui donne une dynamique de 42 dB avec une précision de 1/3 de dB. Quant au temps d'apparition du signal, il est donné avec une résolution de 0,1 μ s.

5.2. Présentation des informations

Les informations ultrasonores peuvent être présentées sous la forme de A.SCAN, de B.SCAN et de C.SCAN :

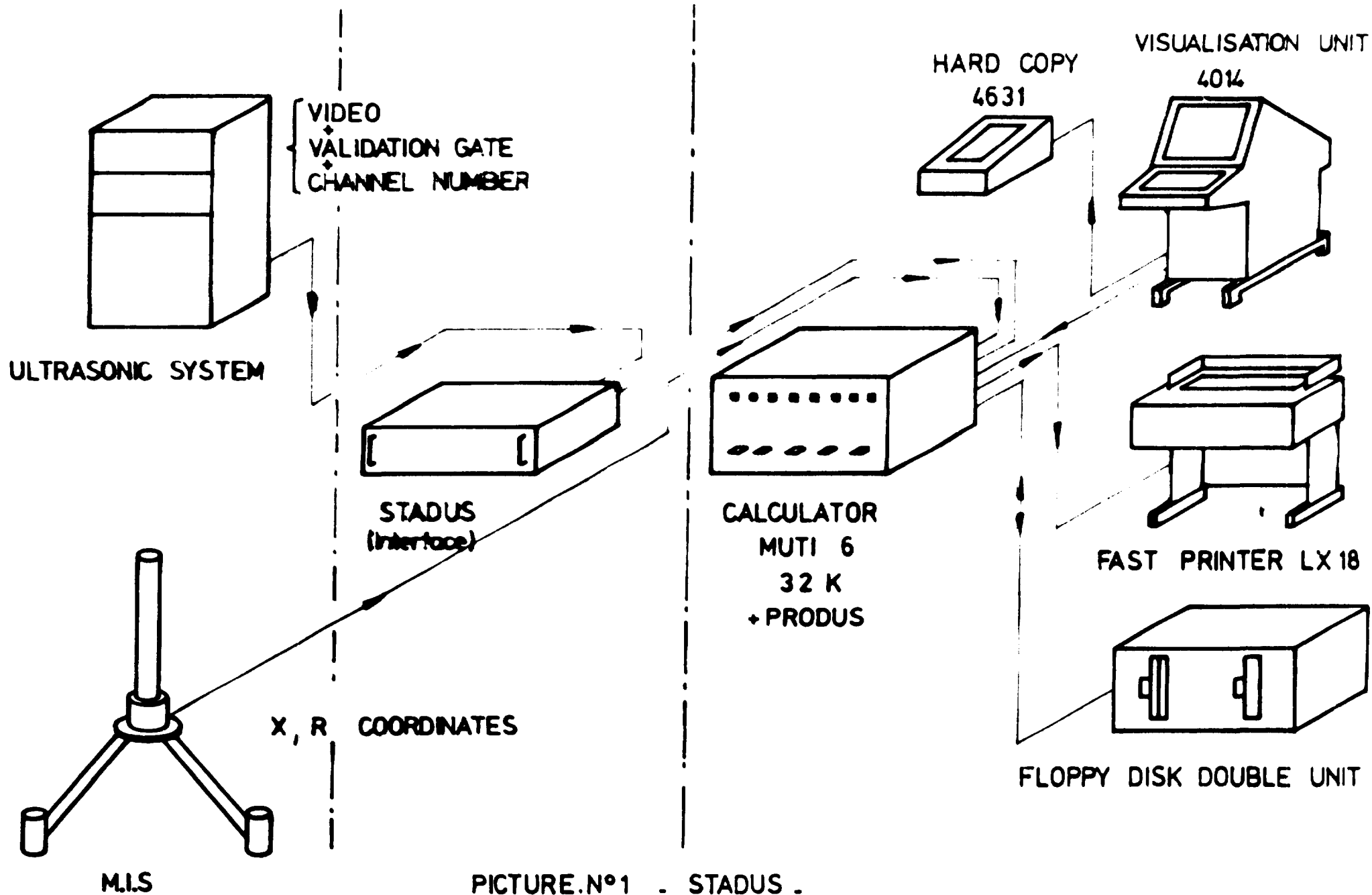
- la figure 10 présente un A.SCAN cumulé de plusieurs échos. Il représente en fait tous les signaux apparaissant dans le domaine fixé par les coordonnées X DEF, X DEF + DELTA X et R DEF, R DEF + DELTA R. Chaque écho est représenté par un trait vertical dont la longueur est proportionnelle à l'amplitude maximale du signal et dont la position sur l'axe horizontal des temps correspond à l'intervalle de temps entre le début de la "porte" de l'instant de franchissement du seuil inférieur Si. Ainsi, pour un balayage selon l'axe X (ou R), cette image correspond à "l'écho dynamique" de l'indication vue pendant ce balayage. Cette représentation A.SCAN cumulée peut être obtenue pour n'importe quelle zone DELTA X, DELTA R, qui peut d'ailleurs se réduire à un point correspondant à X DEF, R DEF. De plus, un effet de zoom est possible suivant l'axe des temps.
- la figure 11 présente un B.SCAN cumulé. Cette image est obtenue avec tous les signaux provenant d'un groupe de transducteurs, et apparus entre les coordonnées X ORG, X ORG + ECHX, et R POS, R POS + DELTA R. L'opérateur a la possibilité de choisir X ORG, R POS, DELTA R ainsi que le seuil vidéo et le numéro des transducteurs constituant le groupe. Les images sont présentées en tenant compte des paramètres propres à chaque transducteur, tels que l'angle d'incidence du faisceau ultrasonore et la position de la platine porte-capteurs. Un effet de zoom peut être obtenu suivant l'axe des profondeurs (Z).
- La figure 12 présente un C.SCAN. Cette image est obtenue avec tous les signaux apparaissant entre les coordonnées X.ORG, X.ORG + ECHX en abscisse et R DEP, R DEP + ECHR en ordonnée. L'opérateur peut choisir l'origine

des axes et les deux échelles, ainsi que le seuil vidéo et le groupement des transducteurs. Il peut aussi limiter le volume à représenter en prenant en compte les échos survenus à partir d'un temps de référence et dans un "intervalle" de valeur DELTA T, (ce qui revient à faire varier la "porte" initiale).

6. CONCLUSION

- Par l'utilisation du logiciel PRODUS qui gère le système en temps réel il est possible d'affirmer que l'acquisition des informations ultrasonores se fait dans les meilleures conditions bien que l'arrivée des signaux se produise évidemment de façon aléatoire.
- Vis à vis du traitement et de la représentation des informations l'ensemble STADUS - PRODUS laisse à l'opérateur une grande souplesse d'utilisation pour modifier les paramètres qui permettent de constituer les images des trois types standard A.SCAN, B.SCAN, et C.SCAN.
- L'efficacité du STADUS a été démontrée pratiquement lors des nombreuses inspections des cuves des réacteurs qui ont été réalisées à ce jour. En particulier, il a été un atout déterminant dans la réussite des méthodes de détection et d'évaluation des fissures sous revêtement.

L'équipement STADUS conçu et réalisé par le C.E.A. présente l'avantage, d'acquérir un nombre important d'informations ultrasonores qui peuvent provenir simultanément de divers transducteurs (dont le nombre peut être égal à seize) et de traiter immédiatement ces informations afin de former, au choix de l'opérateur, diverses images de la zone qui est en cours de contrôle. Ainsi l'équipement STADUS qui accroît les possibilités d'acquisition et d'interprétation des informations ultrasonores contribue à l'amélioration de la qualité des contrôles automatiques par ultrasons.



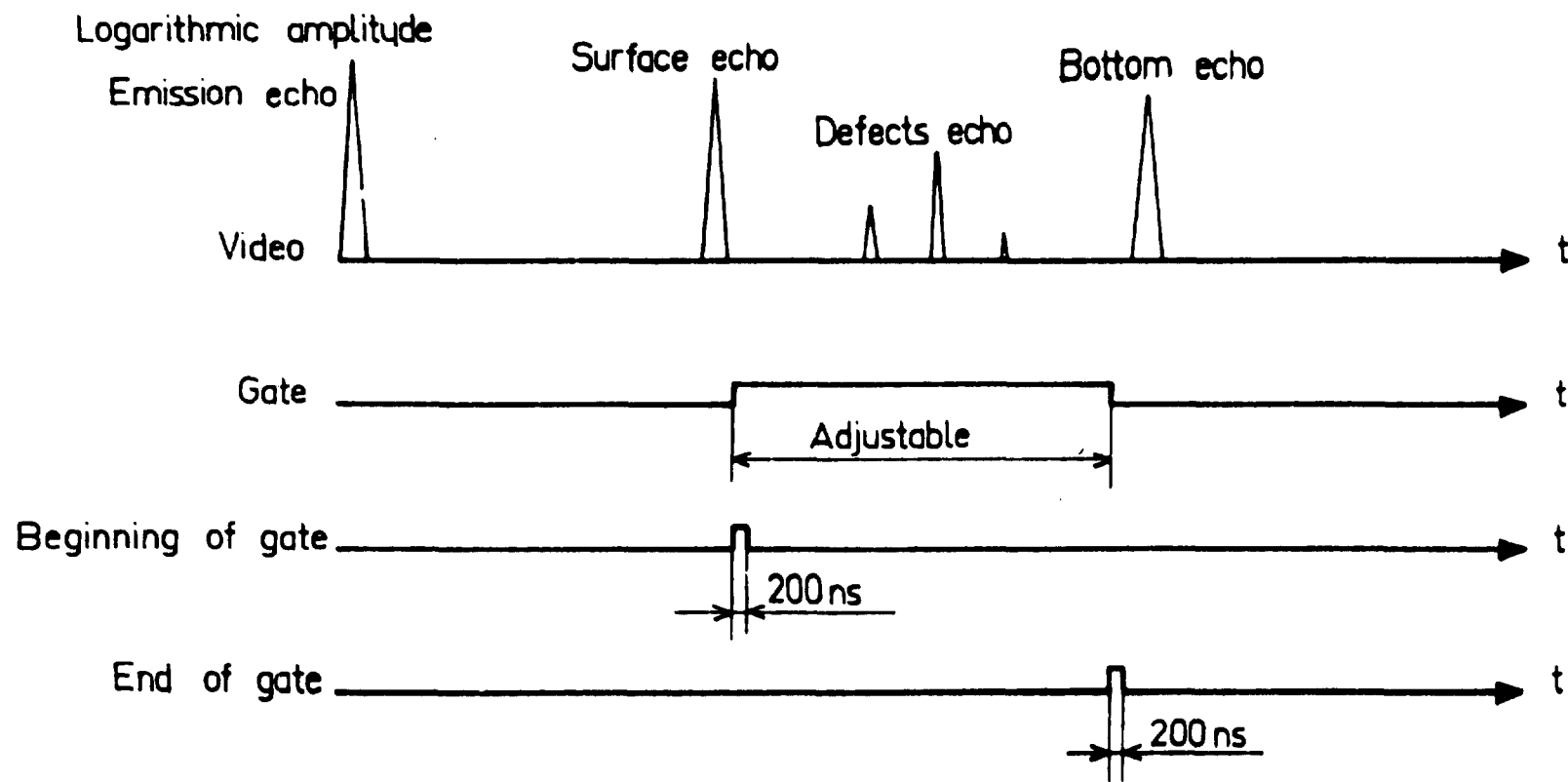
PICTURE.N°1 . STADUS .

STADUS PRODUS

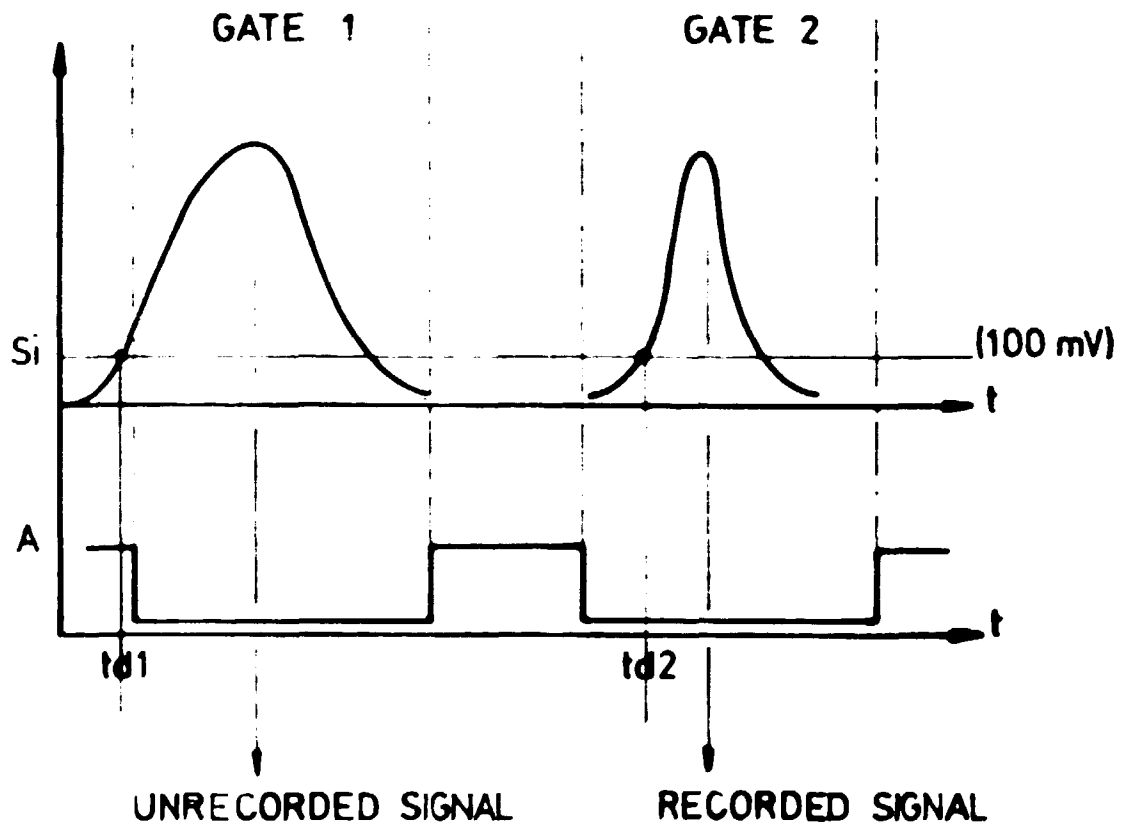


PICTURE N°2

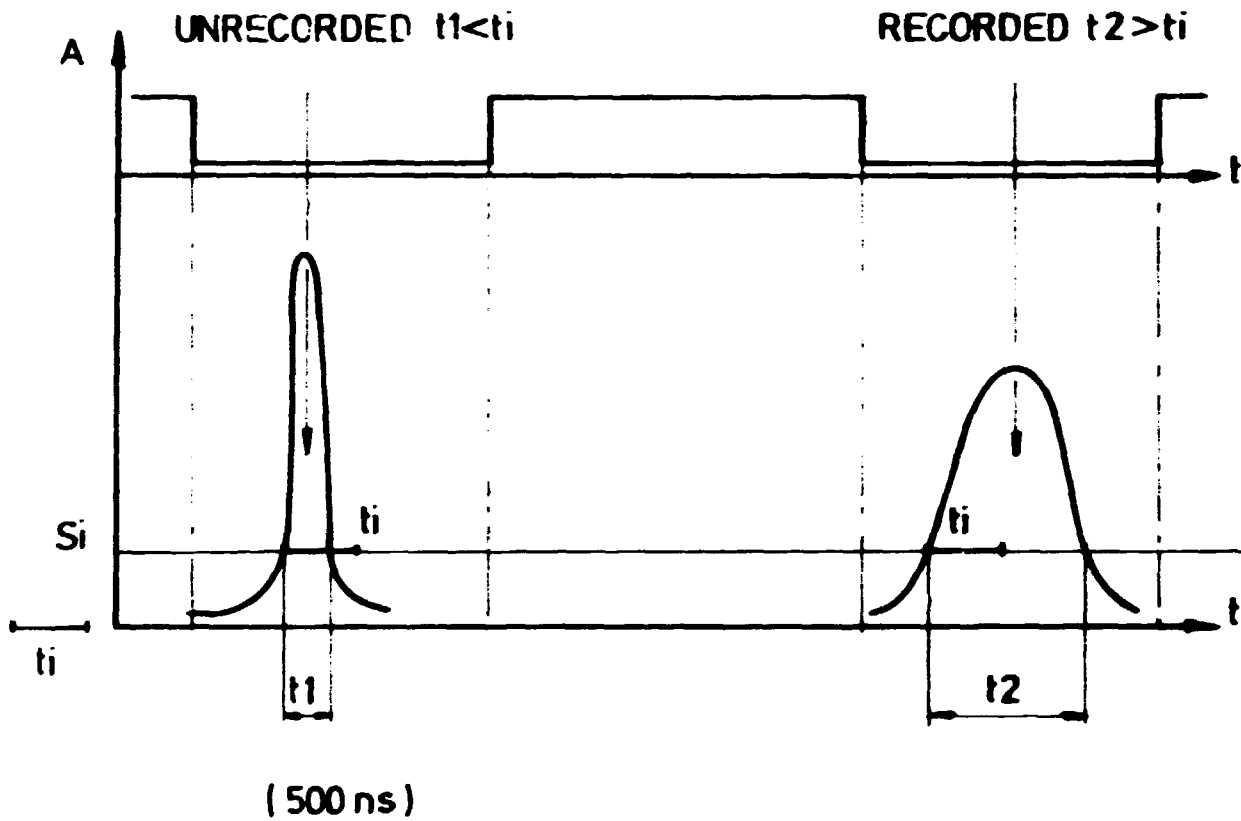
SIGNALS ARRIVING TO STADUS



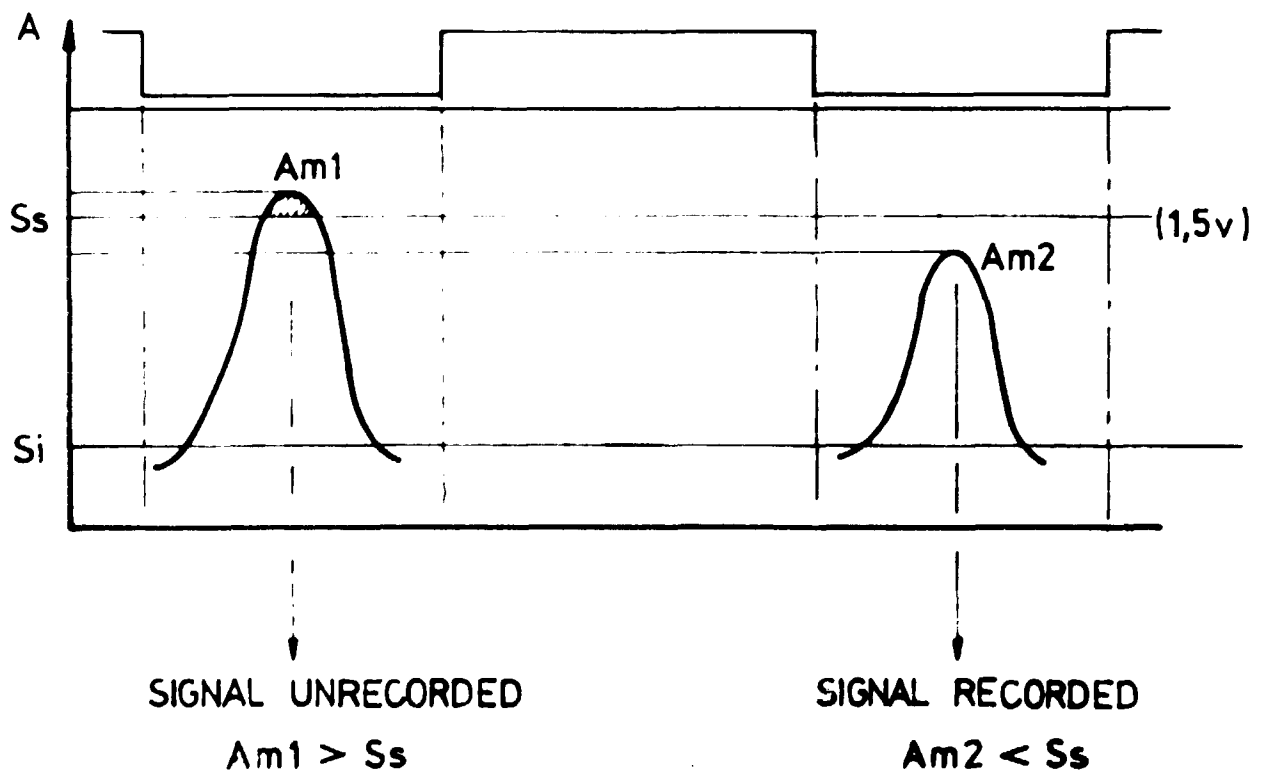
PICTURE : N° 3



PICTURE N°4. AMPLITUDE > MINIMUM THRESHOLD

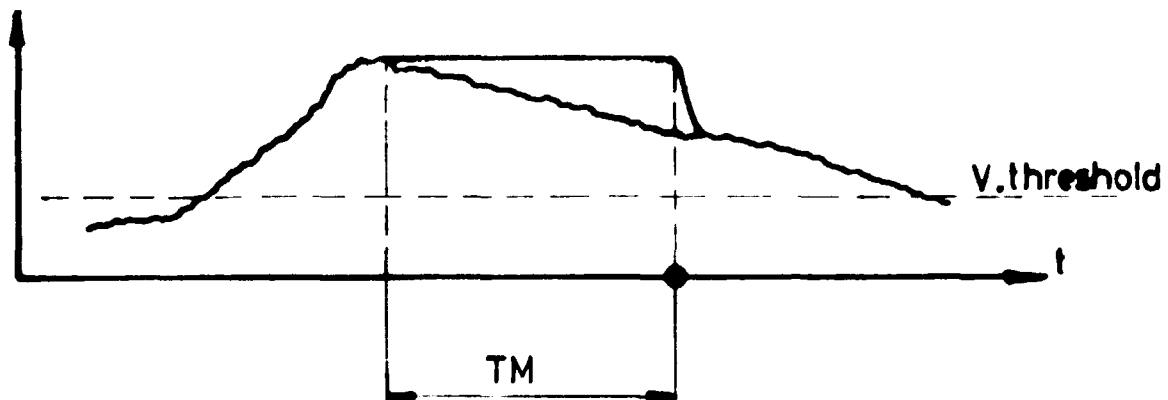


PICTURE. N°5 GATE LENGTH $> t_i$

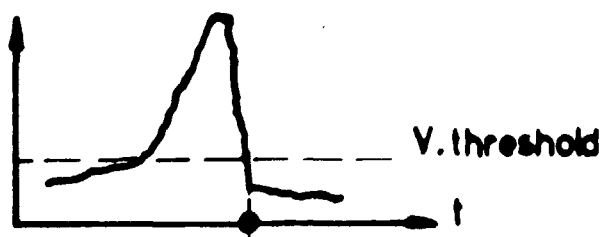


PICTURE.N°6 AMPLITUDE < MAXIMUN THRESHOLD

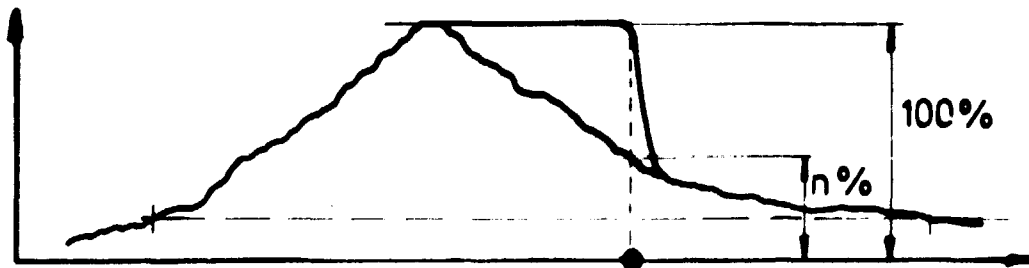
PEAK STABLE > TM (1,5 μ s)



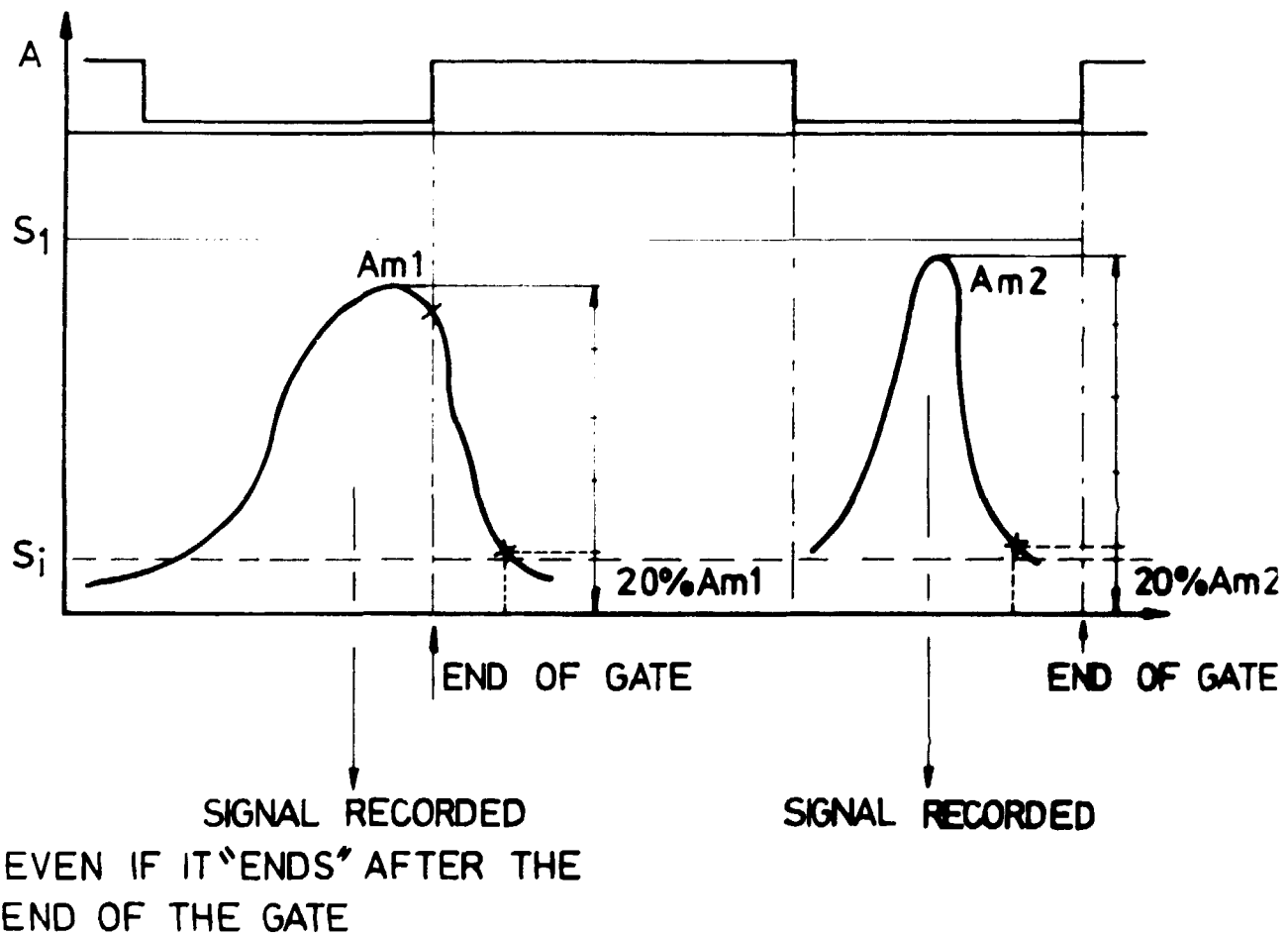
AMPLITUDE < V.threshold



AMPLITUDE < n% OF MAXIMUM SIGNAL



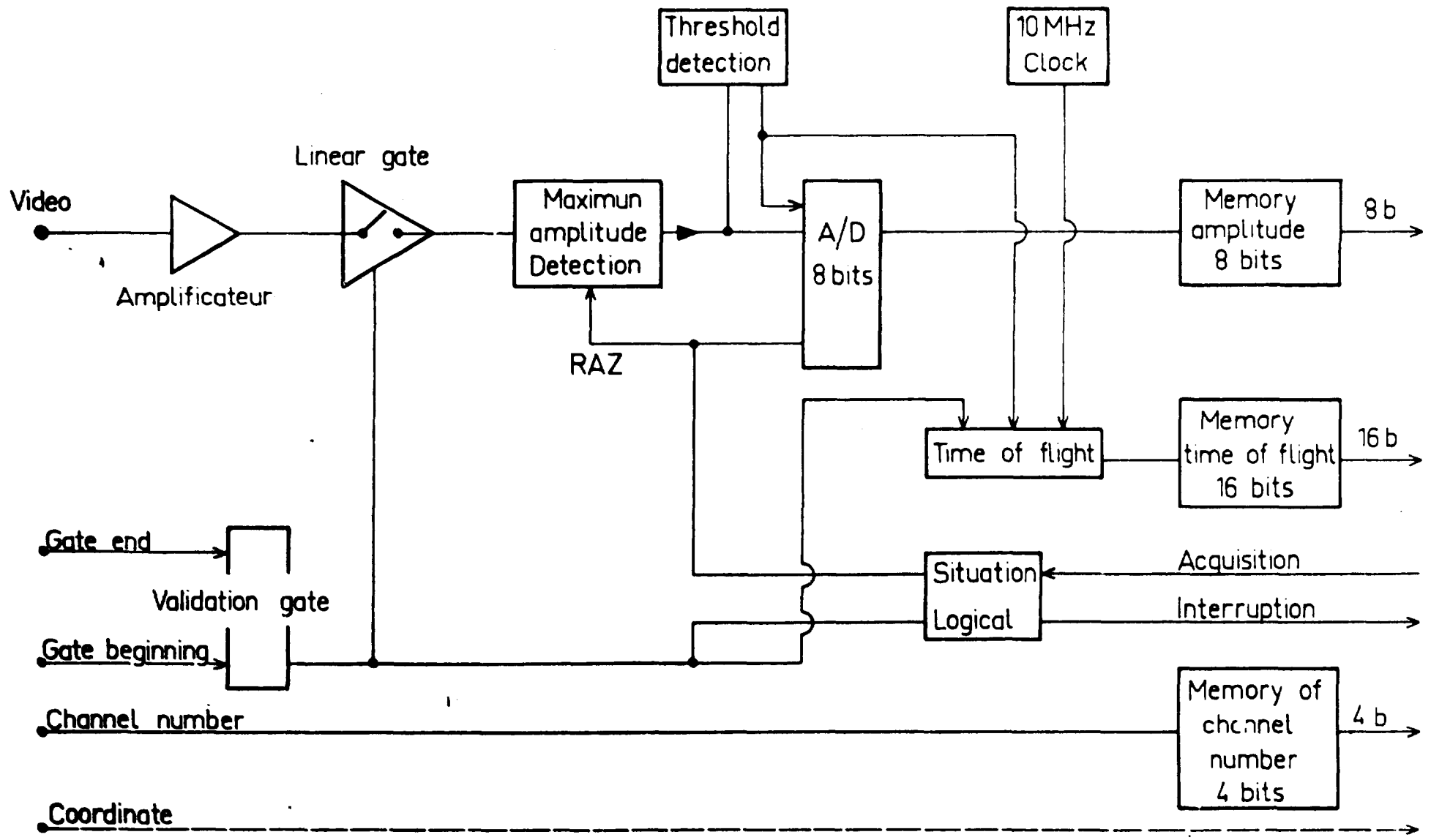
PICTURE N°7



PICTURE.N°8

154708

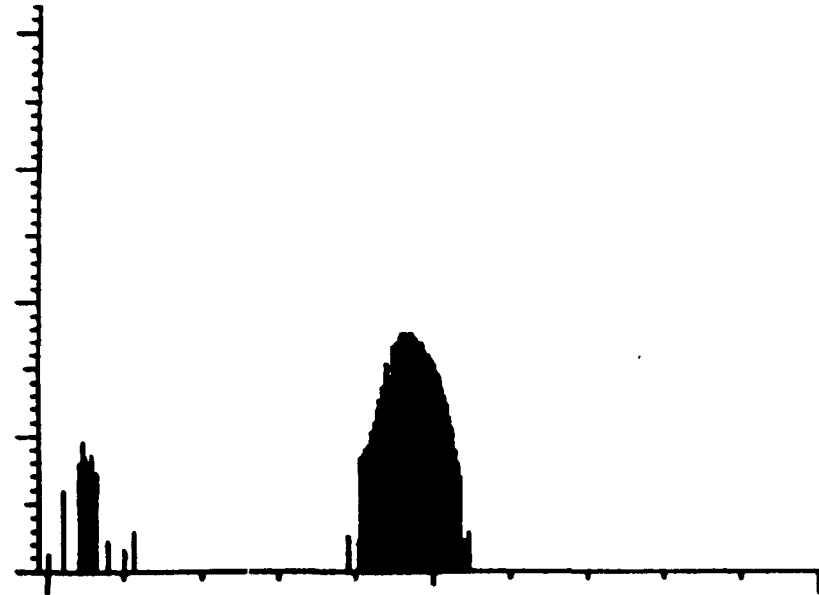
DETECTION



PICTURE : N°9

ASCAN

CONTROLLE=CUI
 INSCODERE=FDS008
 N°M EMP=UKAEA CEA TOLE 2 REVETUE PLQTIME 1MHZ POSITION 1
 N.MM=0000
 RP:000023E-2DG XC:000000MM HC:000000MM



\$T.ORG= 0
 \$ECH.T= 1000
 IT= 100
 \$N.TRANSD= 9
 \$R DEF= 470
 \$DELTA R DEF= 80
 \$X DEF= 0
 \$DELTA X DEF= 600

FIN DE LECTURE

ACC= 0 \$LEC= 1 DESC PAR VISU(A,B,C)= TETE= E.MM= 0

PICTURE N°10

BSCAN

LENTPOLE=C01
N.SCOUDUPS=FDS008
NOM EXP=UKAEA CEA TOLE 2 REVETUE PLQTINE 1MHZ POSITION 1
N.NM=0000
RP:000023E-2DG XC:000000MM HC:000000MM
T:1,3,9

\$X.ORG= 0
\$ECH.X= 600
DX= 60
\$Z.ORG= 0
\$ECH.Z= 166
DZ= 16
\$CR.TRANS= 5
\$SEUIL IMAGE= 9
\$R POS= 470
\$DELTA R= 80



FIN DE LECTURE

ACC= 0 \$LEC= 1 DESC PAR VISU(A,B,C)= TETE= E.NM= 0

PICTURE.N°11

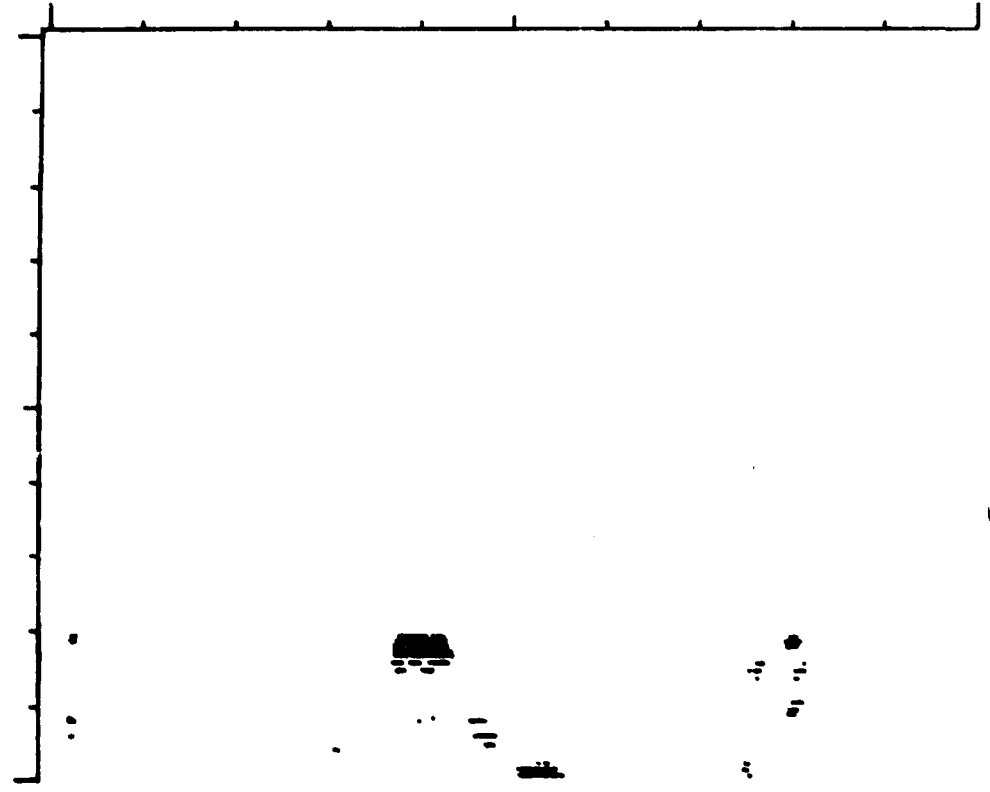
TA 174.81

CSCAN

CONTROLE=CU1
N.SOUDEURE=FDS008
NON EXP=UKAEA CEA TOLE 2 REVETUE PLGTINE 1MHZ POSITION 1
N.NM=0000
RP:000023E-2DG XC:000000MM HC:000000MM
T:1,3,9

\$X.ORG= 0
\$ECH.X= 600
DX= 60

\$ECH.R= 500
DR= 50
\$GR.TRANS= 5
\$SEUIL IMAGE= 9
\$SEUIL HISTORIQUE= 18
\$PERIODE HISTORIQUE= 1
\$R DEP= 400
\$TEMPS REF= 0
\$DELTA T= 16000



ACC= 0 \$LEC= 1 DESC PAR VISU(A,B,C)= TETE= E.MM= 0

PICTURE N°12