

UNIVERSITE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES DE LILLE

N° d'ordre: 300

50376
1982
1

50376
1982
1

THESE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR INGENIEUR

par

Alain CLAVEL

Ingénieur I.D.N.

ETUDE DE PROCEDES D'ADAPTATION DES MAGNETOSCOPES
DANS DES SYSTEMES D'ACQUISITION DE DONNEES.



Présentée à Lille le: 22 juin 1982

Membres du Jury:	R. GABILLARD	président
	F. LOUAGE	rapporteur
	P. DEGAUQUE	examinateur
	J.C. GENTINA	examinateur
	R. TROTTEIN	examinateur

Ce travail a été effectué au laboratoire d'Electronique et de radiopropagation de l'Université des Sciences et Techniques de Lille. Je remercie particulièrement le Professeur R. GABILLARD qui m'a proposé ce sujet de thèse et prodigué de précieux conseils à tout instant.

Pendant toute la durée de cette étude j'ai travaillé en étroite collaboration avec le Professeur F. LOUAGE. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien constant et les multiples encouragements qu'il m'a apportés durant cette étude.

Je remercie également les Professeurs P. DEGAUQUE et J.C. GENTINA qui ont bien voulu examiner mon travail.

Monsieur R. TROTTEIN, sous directeur de la promotion sportive au ministère délégué à la Jeunesse et aux Sports me fait l'honneur de participer à mon jury, qu'il en soit ici remercié.

Je tiens à remercier vivement Messieurs J. BAUDET et J.F. DHALLUIN, ingénieurs, pour l'aide efficace et amicale qu'ils m'ont apportée durant la réalisation et la conception de mes travaux.

Je ne terminerai pas cette page sans exprimer mes remerciements à toute l'équipe pour leur aide sympathique et plus particulièrement aux membres du service électronique qui ont collaboré à la réalisation du système ainsi qu'aux membres du service administratif, notamment Mme CLAEYS, Melle DUPREY, M.M. PLUQUET et DEHORTER qui m'ont permis de mener à bien ce mémoire.

S O M M A I R E

INTRODUCTION

CHAPITRE I - INTERET ET PRESENTATION DU SYSTEME

- 1) ASSOCIATION DE L'IMAGE AUX MESURES EFFECTUEES SUR LE "470 LABORATOIRE"
 - 1.1) Mesures réalisées sur le "470 laboratoire".
 - 1.2) Intérêt de l'association de l'image au système de mesure.
 - 1.3) Conclusion.

- 2) SYNCHRONISATION DE L'IMAGE AVEC LES INFORMATIONS ISSUES DE LA CENTRALE D'ACQUISITION

- 3) ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE DIVERS PROCEDES REALISANT L'INSERTION D'INFORMATIONS DANS UNE IMAGE VIDEO
 - 3.1) Procédés télétexte et vidéotex.
 - 3.1.1. Introduction.
 - 3.1.2. Principaux systèmes de télétexte et de vidéotex.
 - 3.1.3. Conclusion.
 - 3.2) Acquisition de données sur magnétoscope.
 - 3.3) Conclusion.

- 4) DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME ET CONTRAINTES IMPOSEES
 - 4.1) Organisation générale.
 - 4.1.1. Enregistrement.
 - 4.1.2. Lecture.
 - 4.2) Contraintes imposées par le support vidéo.
 - 4.2.1. Normes vidéo.
 - 4.2.2. Magnétoscope et caméra.

- 5) INSERTION DES SIGNAUX D'INFORMATION NUMERIQUE DANS LA TRAME VIDEO
 - 5.1) Ecriture horizontale.
 - 5.2) Ecriture verticale.
 - 5.3) Conclusion.

CHAPITRE II - ETUDE GENERALE DES PROCEDES DE CODAGE SERIE

1) INTRODUCTION

2) CHAINE D'ACQUISITION NUMERIQUE D'UNE GRANDEUR ANALOGIQUE

3) DIFFERENTS TYPES DE CODAGE SERIE

- 3.1) Représentation formelle du mot de données.
- 3.2) Signaux en bande de base.
 - 3.2.1. Codes NRZ.
 - 3.2.2. Codes RZ.
 - 3.2.3. Codes Biphase.
 - 3.2.4. Codes de Miller.
- 3.3) Spectres de puissance des principaux codages.

4) CONCLUSION

CHAPITRE III - PROCEDE "HORIZONTAL"

1) INTRODUCTION

2) SCHEMA FONCTIONNEL

3) ARCHITECTURE DU SYSTEME

- 3.1) Carte "CPU + DMA".
 - 3.1.1. CPU - Unité centrale.
 - 3.1.2. DMA - Contrôleur de DMA.
 - 3.1.2.1. Présentation du contrôleur de DMA.
 - 3.1.2.2. Déroulement d'une opération DMA.
 - 3.1.2.3. Types de transferts DMA.
 - 3.1.2.4. Condition d'utilisation du contrôleur de DMA.
- 3.2) Carte "logique"
 - 3.2.1. Signaux issus de la synchronisation vidéo.
 - 3.2.2. Signaux de commande DMA.

- 3.2.3. Codage des informations numériques.
 - 3.2.3.1. Choix du codage.
 - 3.2.3.2. Procédé de codage biphase.
- 3.2.4. Décodage des informations numériques.

CHAPITRE IV - PROCÉDE "VERTICAL"

1) INTRODUCTION

2) SCHEMA FONCTIONNEL

3) ARCHITECTURE DU SYSTEME

3.1) Carte vidéo.

- 3.1.1. Amplification asservie du signal vidéo-composite.
- 3.1.2. Détection des impulsions de synchronisation vidéo.
- 3.1.3. Insertion des informations numériques dans le signal vidéo-composite.
- 3.1.4. Séparation des informations numériques et du signal vidéo.

3.2) Carte CPU.

3.3) Carte logique VILOG.

- 3.3.1. Signaux synchronisant le déroulement des transferts.
- 3.3.2. Enregistrement et lecture des données.

CHAPITRE V - LOGICIEL ET COMPARAISON DES DEUX PROCÉDES

1) LOGICIEL

1.1) Procédé "horizontal".

- 1.1.1. Programme d'écriture et de lecture.
- 1.1.2. Programme de test.

1.2) Procédé "vertical".

- 1.2.1. Programme d'écriture.
- 1.2.2. Programme de lecture et de test.

2) ESSAIS PERMETTANT LA COMPARAISON DES DEUX PROCEDES

2.1) Conditions de réalisation.

2.2) Essais.

2.2.1. Résultats généraux.

2.2.2. Répartition des erreurs dans la trame.

3) CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

I N T R O D U C T I O N

Les systèmes d'acquisition de données sont de plus en plus employés dans les applications nécessitant des mesures simultanées de plusieurs paramètres.

Une application particulière a été réalisée au laboratoire de radiopropagation et d'électronique USTL entre les années 1977 et 1979, dans le domaine du sport de la voile (réf. 1). L'équipement réalisé permet de mesurer l'habileté d'un barreur de dériveur en enregistrant simultanément les valeurs numériques de capteurs disposés sur le voilier : cap et vitesse du voilier, vitesse et angle d'incidence du vent, gîte et tangage, angle de barre et de bôme etc...

Les essais de ce voilier ont permis une étude intéressante du comportement des barreurs de l'équipe de France de voile. Mais il est très vite apparu que les paramètres enregistrés n'étaient pas assez nombreux et que seule une image des sportifs en action pouvait renseigner sur certaines composantes du geste sportif.

Le travail proposé consiste à adjoindre en synchronisme l'information "image" captée par une caméra de magnétoscope à l'ensemble des valeurs numériques des autres capteurs (11 paramètres) mesurées par télémétrie et enregistrées sur cassettes magnétiques digitales.

Ce problème n'est pas simple car le magnétoscope enregistre 50 images par seconde et chaque image doit pouvoir être associée sans ambiguïté aux valeurs des paramètres qui lui correspondent.

L'ensemble du système doit être facilement utilisable et compatible avec les équipements vidéo, en général de type grand-public, dont disposent les Fédérations Sportives.

Parmi les solutions possibles deux d'entre elles paraissent intéressantes à développer. La première consiste à enregistrer les informations numériques en provenance des capteurs directement sur la bande vidéo du magnétoscope. La seconde nécessite simplement l'inscription sur la bande vidéo de mots d'indentification d'image qui permette à un ordinateur de retrouver automatiquement sur un autre support (cassette ou disquette magnétique) les informations codées correspondant à cette image.

C'est l'étude et la réalisation des procédés permettant la mise en oeuvre de ces solutions qui constituent l'essentiel du travail de notre thèse.

Dans le premier chapitre, après avoir rappelé par quelques exemples précis l'intérêt d'associer l'image des sportifs en action aux paramètres mesurés sur le 470 Laboratoire, nous passons en revue les divers procédés connus permettant de transmettre simultanément sur un canal de télévision des images et des informations codées tels que le procédé ANTIOPE par exemple. Nous évaluons ensuite l'intérêt de ces procédés en fonction de l'application particulière que nous avons en vue.

Nous avons été ainsi amenés à envisager successivement un procédé d'écriture horizontale dans lequel les bits d'information codés sont transmis durant les quelques lignes de balayage situées en début d'image et un procédé d'écriture verticale dans lequel les bits d'information codés sont transmis pendant les quelques microsecondes qui suivent chaque impulsion de synchronisation ligne.

Le deuxième chapitre est consacré à une étude générale des techniques de codage série utilisables sur bande magnétique.

Dans les troisième et quatrième chapitre nous abordons l'étude proprement dite des systèmes d'écriture horizontale et verticale et nous décrivons les réalisations techniques correspondantes. La nature des signaux traités, leur bande passante et leur rapidité ont nécessité la mise en oeuvre de circuits originaux associés à une unité centrale à microprocesseur.

Enfin le cinquième chapitre est consacré d'une part à l'étude fonctionnelle des logiciels permettant de tester les deux procédés et d'autre part aux essais que nous avons réalisés sur chacun des procédés afin d'évaluer et de comparer leurs performances respectives.

CHAPITRE I

INTERET ET PRESENTATION DU SYSTEME.

1) ASSOCIATION DE L'IMAGE AUX MESURES EFFECTUEES SUR LE 470 LABORATOIRE

L'apparition des magnétoscopes apporta une amélioration importante dans les méthodes d'entraînement des sportifs. A l'aide de cet appareil, ils pouvaient visualiser leurs gestes, et ainsi prendre conscience des défauts et qualités de leur technique.

Toutefois dans un sport comme celui de la voile qui met en jeu un grand nombre de paramètres complexes liés au voilier lui-même, à l'action de l'équipage et au milieu naturel, l'image ne fournit aux sportifs que des informations qualitatives qu'il est difficile de chiffrer et certaines informations importantes peuvent ne pas figurer sur l'image (par exemple : direction du vent, cap compas etc...)

1.1) Mesures réalisées sur le 470 laboratoire :

La réalisation du 470 laboratoire par l'équipe du Professeur GABILLARD avait précisément pour but de fournir des valeurs chiffrées suffisamment précises de certains paramètres qu'on ne pouvait facilement (ou pas du tout) mesurer sur une image.

Dans le tableau suivant nous donnons toutes les mesures effectuées par le 470 laboratoire.

	Paramètre mesuré	Capteur
ETAT DU MILIEU EXTERIEUR. ACTION SUR LE VOILIER ET L'EQUIPAGE.	Vitesse du vent relatif Azimuth du vent relatif Houle	Anémomètre Girouette Accéléromètre vertical
ETAT DU VOILIER. COMMANDES.	Cap magnétique Gite relative Tangage relatif Vitesse / Eau	Compas Inclinomètre Inclinomètre Speedomètre
ACTION DE L'HOMME SUR LES COMMANDES DU VOILIER.	Braquage safran Couple sur le safran Ouverture de bôme	Potentiomètre Pont de jauges Potentiomètre

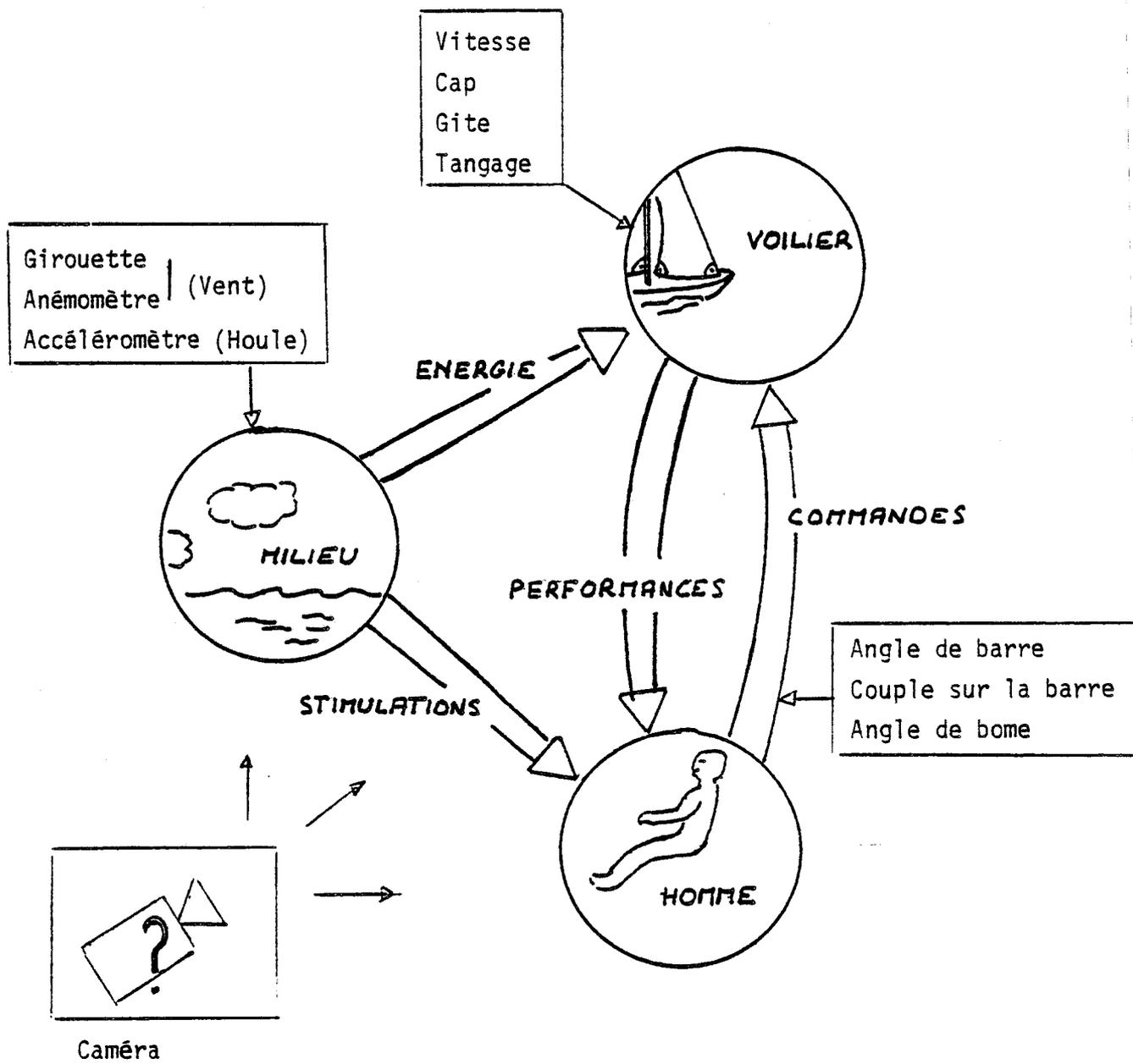


Fig 1 : INTERACTIONS MILIEU , VOILIER ET SPORTIF

Nous distinguons différents groupes de mesures. En effet comme le montre la figure 1 l'étude du voilier en navigation peut aisément être ramenée à celle des trois sous-ensembles suivants, et de leurs interactions :

- le milieu extérieur ;
- le voilier ;
- l'homme (nous entendons par là l'équipage)

Une explication détaillée de cet ensemble de mesures est donnée dans la thèse de Christian Devaux (ref. 1)

1.2) Intérêt de l'association de l'image au système de mesures :

Toutefois ces mesures ne nous permettent pas de caractériser l'état du sous-ensemble "homme" et certaines de ses actions sur le voilier. En effet aucun capteur qui puisse fournir la position des corps du barreur et de l'équipage n'est encore disponible. Il serait pourtant important de mesurer son influence sur les inerties ainsi que le centre de gravité du voilier. Par exemple comment expliquer une brusque variation de l'angle de gîte du dérivateur qui peut être due à une survente, un violent coup de barre ou encore à un déplacement du barreur ou de l'équipier? De même il est impossible d'analyser la vitesse d'exécution d'un virement de bord sans connaître les déplacements de l'équipage au cours de cette manoeuvre.

Ce système de mesures ne nous permet pas non plus, d'apprécier exactement le type de mer auquel on a affaire ainsi que le réglage du foc caractérisé par le maintien à l'horizontale de pennons fixés sur celui-ci.

Ces quelques exemples montrent l'intérêt d'associer l'image du couple équipage-voilier aux mesures effectuées sur le 470 laboratoire. En effet cette image contient des informations précises, bien que qualitatives, sur la position et le déplacement de l'équipage, l'état de la mer ou la position des pennons le long du foc.

1.3) Conclusion :

Le système d'acquisition de données du dériveur laboratoire nous a permis de réaliser un nombre important de mesures autorisant une observation très correcte du voilier en navigation. Toutefois nous avons montré que la connaissance de certains facteurs, très difficilement mesurables pour la plupart, nous permettrait d'affiner cette observation. Les images du couple équipage-voilier en action ainsi que celle de la mer et des voiles permettent d'apprécier les plus importants de ces facteurs.

La conjonction de ces deux systèmes, mesures précises et quantitatives d'une part et relevé qualitatif d'autre part nous permettra une meilleure objectivation de l'habileté de l'équipage.

Mais cette méthode ne sera réellement satisfaisante que si nous synchronisons exactement les informations issues de la centrale d'acquisition du voilier avec les images issues de la caméra vidéo, c'est à dire si nous associons à chaque prise de mesures la (ou les) image(s) correspondante(s).

2) SYNCHRONISATION DE L'IMAGE AVEC LES INFORMATIONS ISSUES DE LA CENTRALE D'ACQUISITION

Durant les essais effectués avec le 470 laboratoire on filmait le couple équipage-voilier à l'aide d'une caméra vidéo. Mais malheureusement l'acquisition des informations numériques et des images concernant le même sujet était faite de manière asynchrone. Au dépouillement il s'avérait presque impossible de retrouver les images correspondantes aux informations numériques enregistrées.

Deux solutions à ce problème peuvent être envisagées.

a) On réalise un mixage complet entre les images et les informations numériques en les enregistrant sur la bande magnétique du magnéscope (cf. fig. 2)

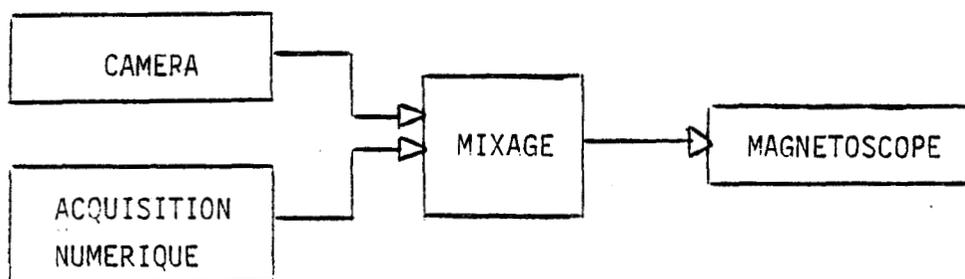


Fig 2 : Enregistrement des données sur la bande vidéo

b) On effectue un marquage simultané de l'image et des informations numériques qui seront stockées respectivement sur la bande d'un magnéscope et dans un enregistreur magnétique. Ce marquage permettra le rapprochement des images et des données au dépouillement (cf. fig. 3)

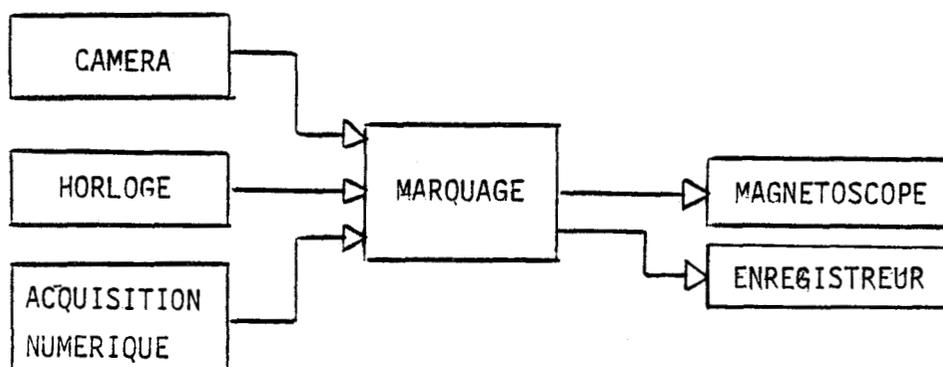


Fig 3 : Marquage simultané des images et des données

Ces deux solutions seront étudiées dans notre travail en tenant compte du fait que, même en position "arrêt sur image" du magnétoscope, il devra être possible de retrouver les données correspondantes à cette image. Cela exclut bien évidemment l'utilisation de la piste son de la bande magnétique du magnétoscope (cf. annexe A 3) pour le marquage ou l'inscription des informations numériques.

3) . ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE DIVERS PROCÉDES REALISANT L'INSERTION D'INFORMATIONS DANS UNE IMAGE VIDEO

Dans cette partie nous étudions divers procédés permettant l'insertion d'informations dans un signal vidéo-composite*. Une large place est consacrée aux systèmes de télétexte et à leurs dérivés, les systèmes de vidéotex, étant donné l'importance croissante qu'ils vont occuper dans le monde de demain. Ensuite nous passons en revue quelques réalisations d'acquisition de données sur magnétoscopes.

3.1) Procédés télétexte et vidéotex :

3.1.1 Introduction :

La plupart des organismes nationaux de télédiffusion offrent maintenant, par les canaux de diffusion télévisée, un nouveau mode de présentation de l'information. Cette technique, dite de télétexte, consiste à utiliser les réseaux de télévision pour transmettre, en supplément ou en remplacement des programmes habituels des informations (texte, schémas, etc...) sous forme numérique. Ces informations sont visualisées chez l'utilisateur à l'aide d'un téléviseur couleur et d'un système permettant de décoder les signaux pour les réécrire en clair sur le téléviseur (fig. 4).

Les images télévisées ont quel que soit leur standard, un certain nombre de lignes inutilisées qui se situent après le signal de synchronisation trame (cf. 421). Plusieurs de ces lignes (ou leur totalité) seront utilisées comme support des informations numériques (fig. 6).

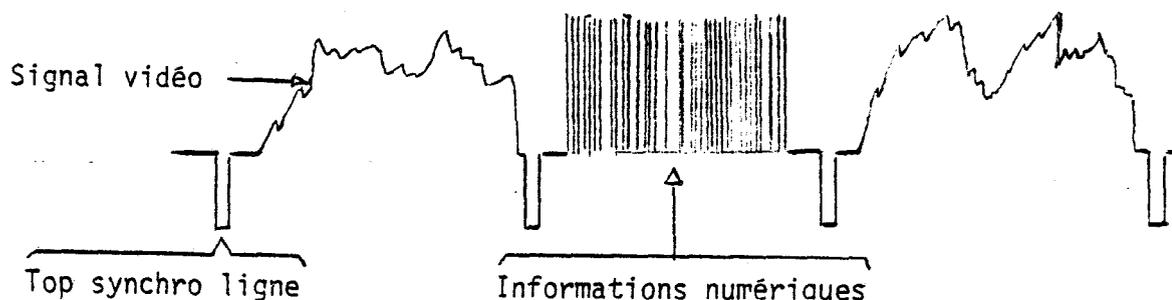


fig. 6 : Informations numériques télétexte insérées dans la trame vidéo.

*Le signal vidéo composite est formé du signal vidéo et du signal de synchronisation.

3.1.2 Principaux systèmes de télétexte et vidéotex :

Deux pays, la Grande-Bretagne et la France, ont développé leurs propres systèmes de télétexte qui sont maintenant utilisés dans la majeure partie du monde occidental.

- Système Anglais : Les premières études furent réalisées au Royaume-Uni par la B.B.C.* (système CEEFAX) et l'I.B.A.* (système ORACLE). En 1974, ces recherches débouchèrent sur l'adoption d'un système unique pour tout le pays dont la première utilisation publique eut lieu en Novembre 1976.

Les informations numériques sont transmises sur une ou plusieurs des 16 lignes non utilisées par le signal vidéo à chaque début de trame. Les données se présentent sous forme de bits codés en N.R.Z. (cf. ch. II, §3.2.1.) sur la ligne vidéo à la vitesse de 6,9375 Mbits/s.

Ce système transmet les caractères (codés en A.S.C.I.I.) nécessaires à l'alphabet anglais. La position de chaque caractère sur l'écran est attachée à celle qu'il occupe dans la ligne de diffusion utilisée pour le transmettre. Ce système de télétexte est donc lié au standard Anglais.

Une application de ce procédé est développée aux Etats-Unis depuis l'année 1978. C'est le système de télétexte K.S.L. correspondant aux normes du standard Américain.

- Système Français : ANTIOPE

En octobre 1980 la première utilisation publique du système de télétexte Français, ANTIOPE, était réalisée. Il permet la transmission d'un plus grand nombre de caractères différents que le télétexte Anglais. D'autre part le mode de transmission utilisé est dit "non-synchrone" et permet d'adapter ce système aux différents standards mondiaux, P.A.L., S.E.C.A.M., ou N.T.S.C. Le terminal, placé chez l'utilisateur, qui permet de décoder les informations numériques, est construit autour d'un microprocesseur.

Nota : Le procédé ANTIOPE est décrit d'une façon plus détaillée dans l'annexe A 1.

- Système de vidéotex interactif : (fig. 5)

Tous les systèmes de télétexte sont dit unidirectionnels car c'est l'organisme de télédiffusion qui envoie, de manière répétitive, un certain

*B.B.C. : British Broadcasting Corporation

*I.B.A. : Independant Broadcasting Authority

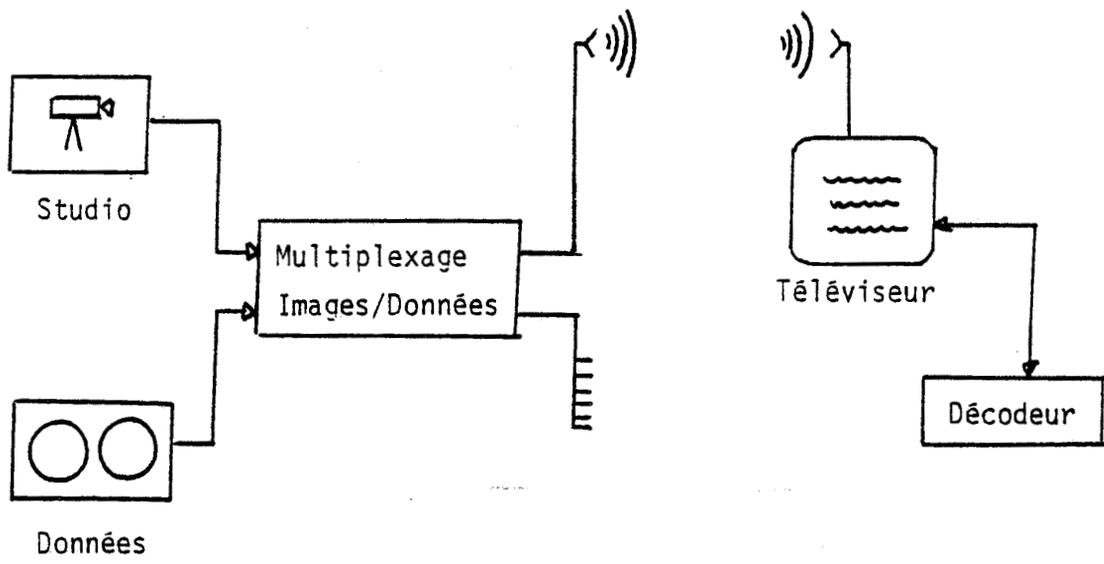


Fig 4 : Système de télétex.

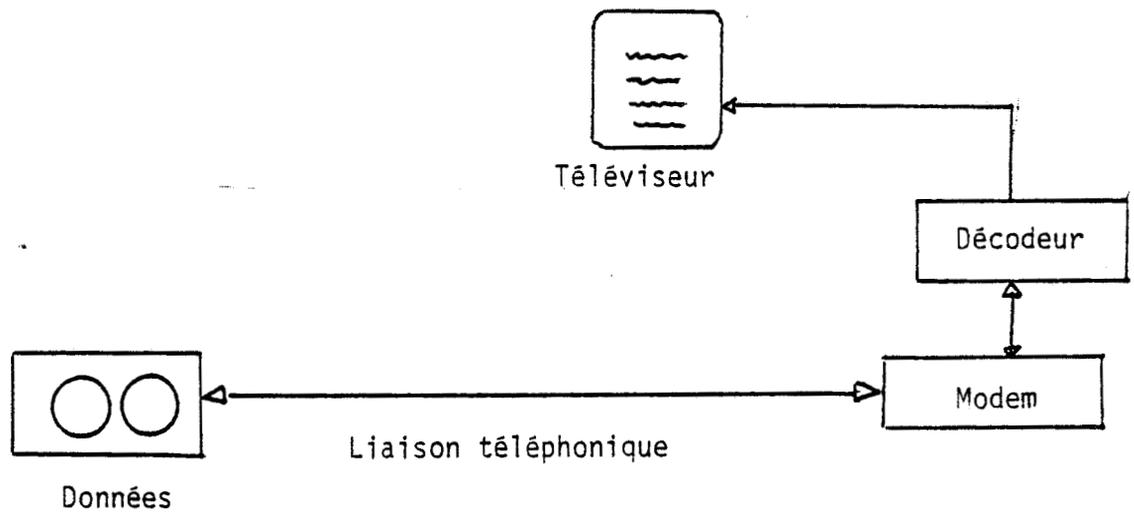


Fig 5 : Système de vidéotex interactif.

nombre d'informations vers l'utilisateur. Ce nombre est évidemment limité. En effet considérons les informations transmises comme étant celles contenues dans un journal. En moyenne deux pages de ce journal peuvent être envoyées en 1 seconde. Donc si l'utilisateur demande à consulter la 100e page de ce journal au moment où la première est transmise il devra attendre 50 secondes avant de recevoir l'information désirée. Or il n'est pas possible d'imposer un temps d'attente trop long à l'utilisateur. C'est pourquoi la quantité d'informations véhiculées est restreinte.

Pour pallier à cet inconvénient les systèmes de vidéotex interactif ont été créés. Ils permettent de consulter un nombre quasi illimité d'informations, par exemple celles contenues dans une banque de données, à l'aide d'un téléphone, d'un décodeur de type télétexte et d'un téléviseur. L'utilisateur demande par liaison téléphonique une information précise qui lui est aussitôt renvoyée par le biais de cette même liaison, puis décodée par le terminal de télétexte-vidéotex dont il dispose, et enfin affichée sur son écran de télévision.

La plupart des pays occidentaux développent leurs systèmes de vidéotex en adaptant pour leurs besoins propres les langages de base utilisés par les procédés de télétexte Anglais et Français. Pour mémoire citons les principaux systèmes développés actuellement :

TELEDON, VISTA	(Canada)
TELETEL	(France)
PRESTEL	(Grande-Bretagne)
CAPTAINS	(Japon)
BILDSCHIRMTEXT	(R.F.A.)
GREEN THUMB	(U.S.A.)

Nota : L'information peut-être acheminée vers l'utilisateur par une autre voie que la liaison téléphonique. Ce peut être : (cf ref 7)

- une liaison cablée de télévision ;
- l'insertion de cette information dans une page à accès prioritaire d'un journal de télétexte.

3.1.3 Conclusion :

Ces deux systèmes offrent des possibilités de communications différentes et complémentaires. Le procédé télétexte permet à une nombreuse population d'accéder à une quantité limitée d'informations tandis que le procédé

vidéotex permet à un groupe de personnes plus restreint de consulter une masse énorme de renseignements.

Tous deux sont amenés à connaître un développement considérable et à jouer un rôle majeur dans les relations et les échanges de connaissances entre les hommes.

3.2) Acquisition de données sur magnétoscope :

Il existe sur le marché des systèmes d'acquisition de données analogiques sur magnétoscope. Celles-ci sont enregistrées en synchronisation avec l'image. Toutefois ces données sont inscrites sur les pistes son d'un magnétoscope UMATIC, de type semi-professionnel. Le système est donc couteux et convient surtout à l'étude de phénomènes assez lents.

Un système plus attractif a été développé aux Etats-Unis dans le domaine médical, le VIDEO-LOG (ref 8). Celui-ci permet l'enregistrement synchrone de l'image et d'un électrocardiogramme qui est inscrit sur une ligne de celle-ci correspondant à la suppression trame*. Toutefois l'ECG n'est pas codé numériquement. Le signal est échantillonné à chaque trame et on inscrit sur la ligne un créneau dont la durée est proportionnelle à la valeur d'échantillonnage (cf. fig. 7). A la relecture du magnétoscope et à l'aide d'un démodulateur on peut donc visualiser simultanément le sujet (ou un de ses organes) et son ECG, que ce soit en vitesse normale, au ralenti ou en pause.

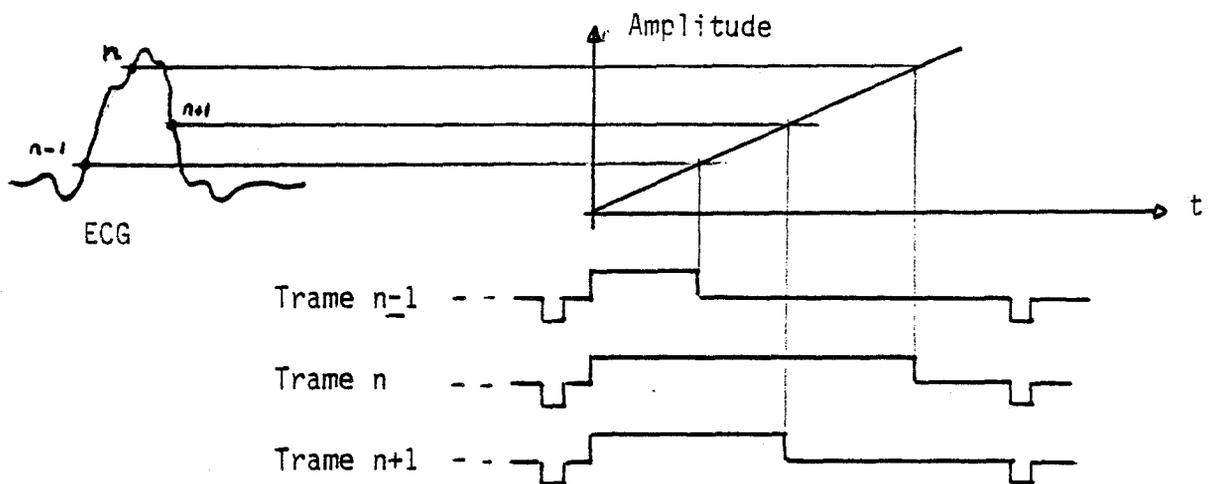


Fig 7 : Procédé d'inscription du système VIDEO-LOG

*Suppression trame : Partie de la trame où le signal vidéo n'est pas inscrit.

3.3) Conclusion :

Les systèmes cités précédemment utilisent certaines lignes judicieusement choisies du début de la trame vidéo. Du point de vue de la qualité visuelle cette solution est parfaite car l'image n'est absolument pas dégradée, les premières lignes étant invisibles dans l'usage normal d'un téléviseur.

Une deuxième solution consiste à venir écrire les données au début de chaque ligne de l'image. Il peut en résulter une légère altération du bord gauche de celle-ci. Cette dégradation n'est pas gênante dans l'utilisation que l'on a de l'image, à savoir la visualisation de gestes sportifs.

Dans la suite de cette thèse nous étudierons les avantages et inconvénients de ces deux solutions ainsi que les techniques élaborées pour les réaliser.

4) DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME ET CONTRAINTES IMPOSEES.

Avant d'aborder les techniques propres à l'inscription des informations numériques dans la trame vidéo, présentons l'organisation du système ainsi que les caractéristiques vidéo à respecter.

4.1) Organisation générale.

4.1.1 Enregistrement :

Matériel utilisé : cf fig 7-1 et fig 7-2

- Caméra vidéo
- Centrale d'acquisition des données relatives au sujet filmé
- Clavier alphanumérique permettant la commande du système et l'insertion d'identification dans l'image, par exemple un numéro de fichier, le nom du barreur, le type d'essai, etc...
- Enregistreur de données (fig 7-2).
- Ecran de controle.

1^{er} cas : Données enregistrées sur magnétoscope.

L'appareil se comportera en esclave vis-à-vis de la centrale d'acquisition et de la caméra. Synchronisé sur celle-ci il devra gérer les informations provenant de la centrale et les mélanger au signal vidéo-composite à l'emplacement choisi dans la trame.

2^e cas : Données enregistrées séparément.

Cette fois les informations numériques sont enregistrées sur un support spécifique. Le système devra simplement générer et inscrire sur chaque image un numéro lui correspondant. Ce numéro sera également inscrit sur chaque jeu de données.

4.1.2 Lecture

Matériel utilisé: cf fig 8

- Magnétoscope
- Calculateur + écran de visualisation
- Moniteur video

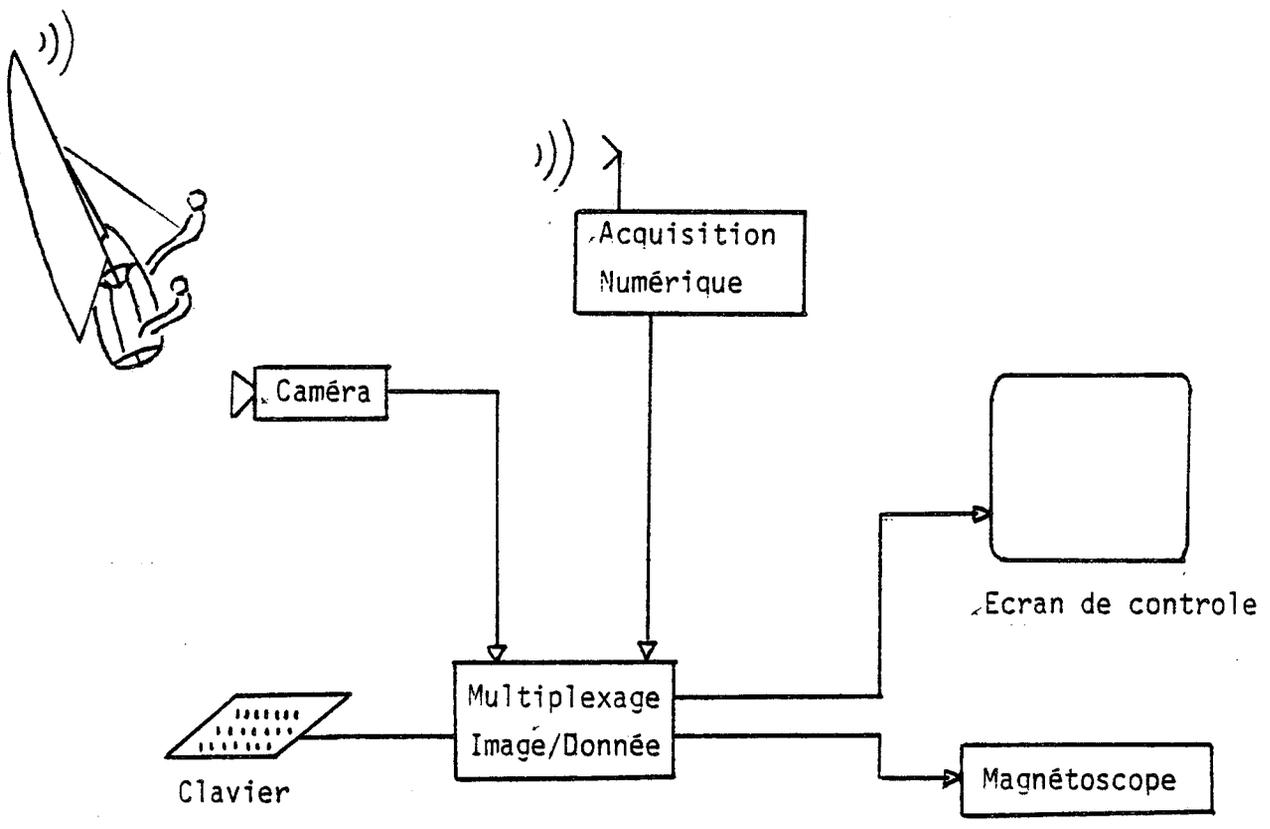


Fig 7.1 : Enregistrement des données sur magnétoscope

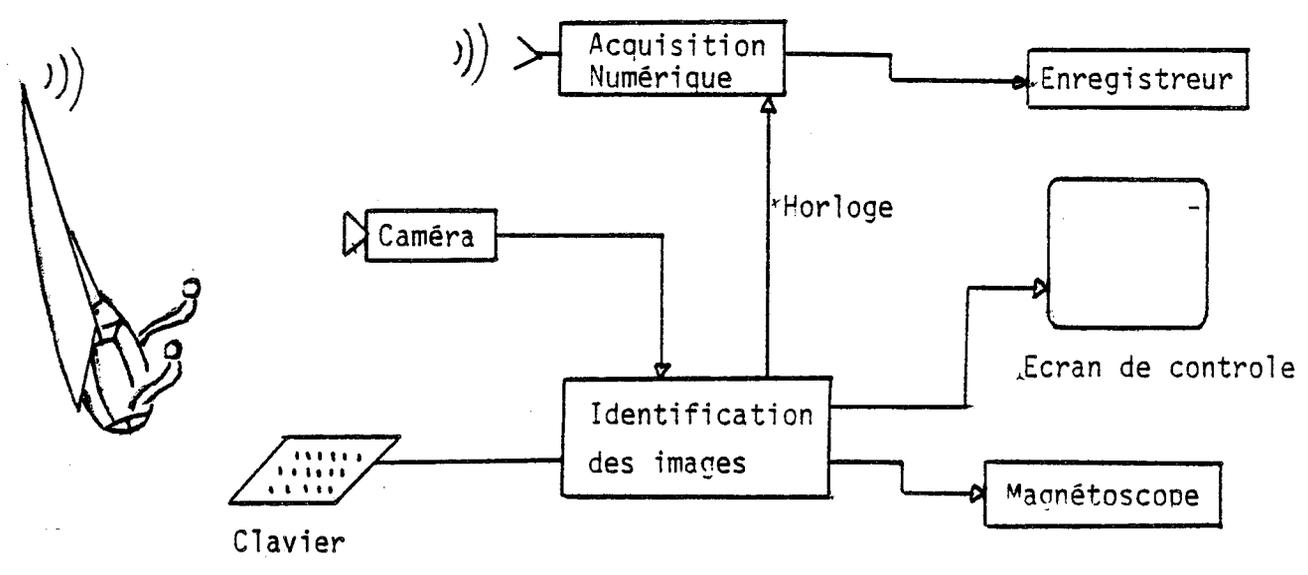


Fig 7-2 : Marquage simultané des données et de l'image.



Nous devons assurer le dialogue entre le calculateur et le magnétoscope.
Deux cas sont à envisager :

1er cas : Le calculateur traitera les informations enregistrées sur la bande vidéo et délivrera en temps réel la valeur des paramètres ainsi traités sur des afficheurs ou un écran de visualisation. Les images seront visualisées simultanément sur le moniteur vidéo.

2em cas : Le rôle de notre système sera limité à la lecture du numéro de l'image qui permettra la recherche par le calculateur du jeu de données correspondant. Ces informations pourront, le cas échéant, subir un traitement élaboré, par exemple le tracé d'une courbe fonction de plusieurs paramètres. Le système nous permettra alors de retrouver le point d'un tracé correspondant à une image donnée.

Remarque : Dans le 1er cas il est nécessaire de refaire, en temps réel, la totalité du traitement des données à chaque passage. Mais si nous avons pris soin de numérotter également les images, et par conséquent les données, à l'enregistrement il sera possible de stocker sur une cassette ou une disquette les données traitées et numérotées. Nous pourrions alors travailler comme dans le 2ème cas.

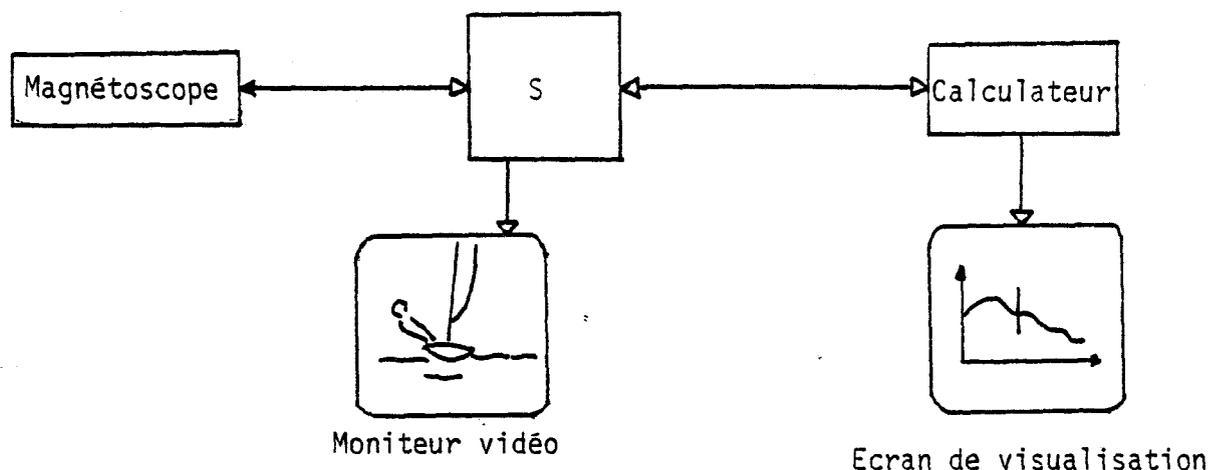


Fig 8 : Traitement de données et visualisation de l'image correspondante

4.2) Contraintes imposées par le support vidéo

Elles sont de deux ordres :

- La synchronisation vidéo dont nous devons tenir compte est complexe.
- Le magnétoscope grand public n'est pas un produit très performant quant à la qualité de l'enregistrement.

4.2.1. Normes vidéo (cf annexe A2)

Nous travaillons avec le standard 625 lignes SECAM (Norme L).

La vitesse de défilement d'image est de 25 images/seconde. Chaque image est formée de trames verticales composées chacune de 312,5 lignes. Cette méthode permet d'obtenir l'entrelacement des lignes et ainsi une meilleure visualisation de l'image.

-Durée d'une image : 40 ms

-Durée d'une trame : 20 ms

-Durée l'une ligne : 64 μ s

La synchronisation des circuits de balayage du téléviseur est assurée par des tops de synchronisation trame et ligne précédant respectivement chaque trame et chaque ligne.

a) Synchronisation trame cf fig 9

Le signal proprement dit dure 2,5 lignes. Il est encadré par des paliers de pré et post-égalisation. Viennent ensuite 17 lignes où le signal vidéo n'est pas implanté. Ces lignes sont inutilisées ou contiennent des signaux de référence, d'étalonnage et d'informations numériques comme ANTIOPE. Neuf d'entre elles sont consacrées à l'inscription des "bouteilles de couleurs" indispensables pour une bonne reconstitution de la couleur.

b) Synchronisation ligne cf fig 10

Le top de synchronisation est constitué d'une impulsion négative de 4,5 μ s suivi d'un palier de "suppression" de 6 μ s. Une salve de référence couleur est superposée à ce palier pendant les 4 dernière microsecondes (μ s). Cette salve est utilisée par les nouveaux téléviseurs SECAM afin d'améliorer la qualité chromatique de l'image.

* Une étude plus précise du système de télévision couleur est réalisée en annexe A2.

es de ligne.

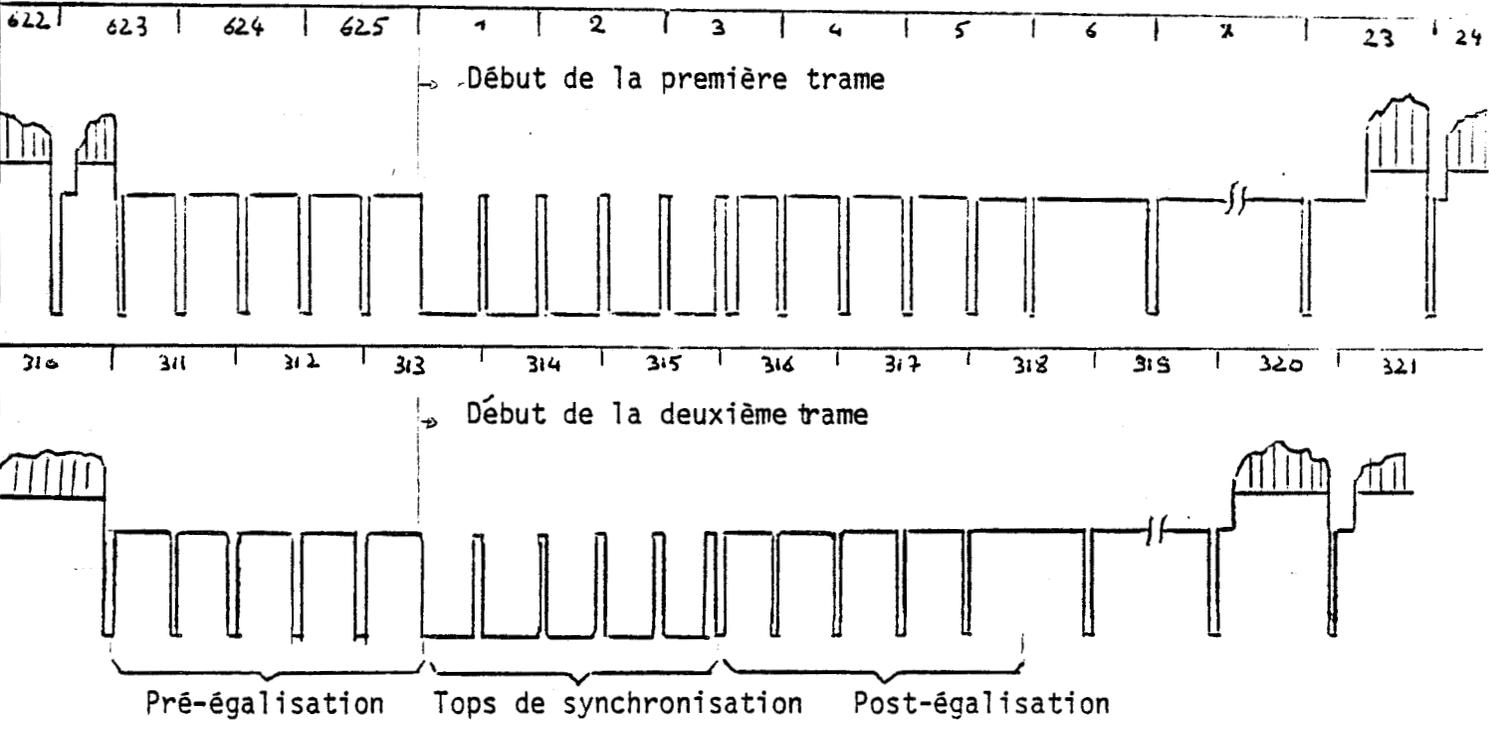


Fig 9 : Signaux de synchronisation verticale

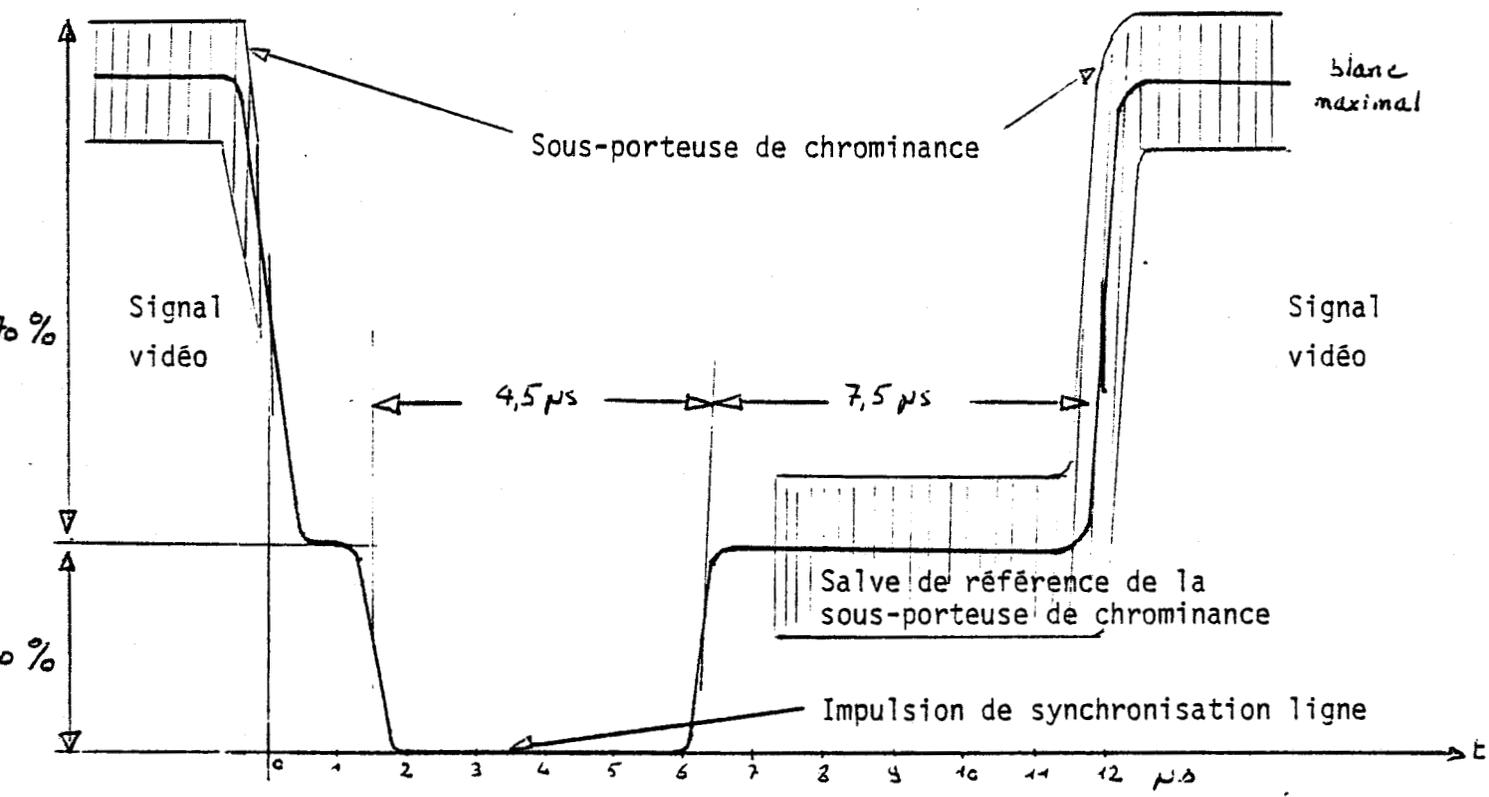


Fig 10 : Signal de synchronisation horizontale



4.2.2 Magnétoscope et caméra

a) Magnétoscope

L'utilisation d'un magnétoscope de type grand public (VHS ou β MAX) nous impose deux contraintes principales.

* Sa bande passante de l'ordre de 3MHz, est plus faible qu'en télédiffusion. De plus le signal vidéo est bruité à l'enregistrement (10 à 20% de l'amplitude maximale).

** Grace à la rotation de ses têtes de lecture le magnétoscope permet l'arrêt sur image, le ralenti ou l'accélération. L'enregistrement se faisant à vitesse normale la longueur physique d'une ligne sur la piste vidéo sera donc :

$$(1) L = V_{RO} \times T \quad \text{avec : } V_{RO} = \text{vitesse têtes} + \text{vitesse bande} = V_t + V_b$$

$$V_t \approx 5 \text{ m/s}; V_b \approx 2 \text{ cm/s}$$

$$T = 64 \mu\text{s}; \text{durée d'une ligne}$$

La relecture en "arrêt sur image" nous donne la relation :

$$(2) L = V_t \times T' \quad \text{avec } L \approx 0,32 \text{ mm}$$

$$(1) \text{ et } (2) \Rightarrow (3) T < T' \quad \text{avec } \frac{T' - T}{T} \approx 4 \text{ ‰}$$

Nous avons une variation de l'intervalle de temps séparant deux tops consécutifs de synchronisation. Le système que nous concevrons devra pouvoir supporter ces variations qui restent toutefois très faibles.

b) Caméra

Il existe des caméras synchronisables extérieurement que notre système aurait pu piloter. Cependant le coût relativement élevé de ces caméras nous oblige à écarter cette solution. C'est donc le signal vidéo-composite de la caméra qui servira à synchroniser le système.

Note : Une étude plus détaillée du magnétoscope est faite en annexe A3.

5) INSERTION DES SIGNAUX D'INFORMATION NUMERIQUES DANS LA TRAME VIDEO

Outre la solution utilisée dans les systèmes ANTILOPE ou VIDEO-LOG que nous pouvons adapter à notre cas particulier nous étudions également la possibilité d'insérer ces signaux dans la zone de "suppression" qui suit chaque top de synchronisation ligne. Ces deux possibilités seront appelées par la suite : Ecriture horizontale et écriture verticale.

5.1) Ecriture horizontale.

Comme dans le système ANTILOPE nous utiliserons un certain nombre de lignes comme supports d'information numérique. Compte tenu de la bande passante des magnétoscopes la durée d'un moment élémentaire d'information sera au moins égale à $1 \mu s$. La longueur utile par ligne étant estimée à $50 \mu s$ nous pouvons stocker 50 bits sur celle-ci. La cadence des trames vidéo dans le standard utilisé étant de 50 trames/seconde nous obtenons donc un débit par ligne de $50 \times 50 = 2500$ bauds/ligne.

Le débit total d'informations varie avec le nombre de lignes inscrites par trame. Disposant de 7 lignes entre les "bouteilles couleur" et le début de l'image "visible" nous pouvons atteindre un débit égal à $7 \times 2500 = 17,5$ KBauds d'informations numériques sans dégrader l'image. Ce débit peut être encore augmenté si l'on accepte une dégradation de l'image (cf fig 12).

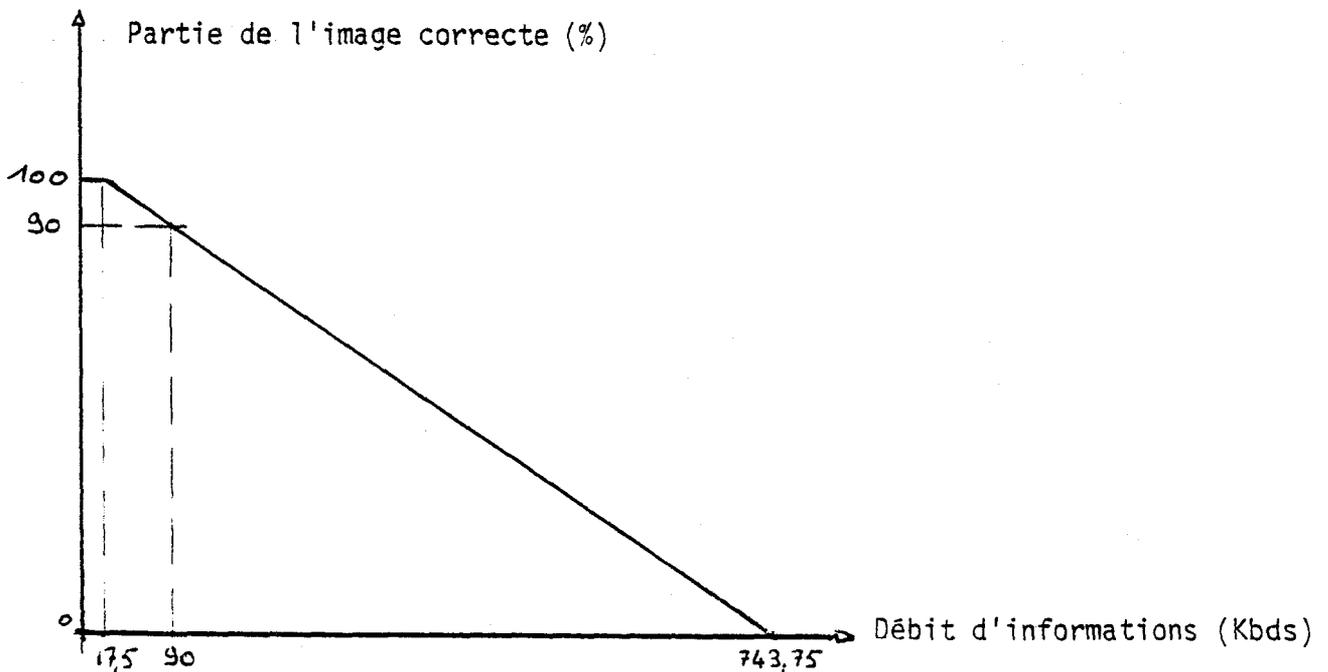


Fig 12 : Partie de l'image non détruite en fonction du débit d'informations désiré. (50 bits par ligne utile)

5.2) Ecriture verticale

Si l'on accepte une légère dégradation du bord gauche de l'image ainsi qu'une dérogation à la norme vidéo prévoyant un palier de "suppression" après le top de synchronisation ligne nous pouvons placer le signal d'information à l'intérieur d'une fenêtre de 2 à 3 μ s après le top ligne (cf fig 13) avant le début du signal de chrominance.

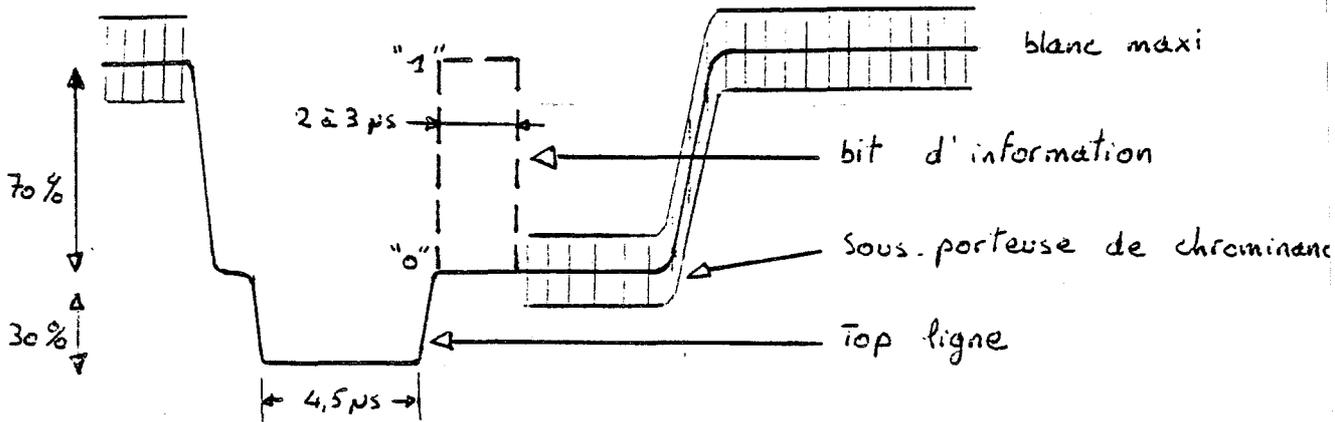


Fig 13 : Emplacement du bit d'information en écriture verticale

Cette opération peut être effectuée durant toute l'image sauf pendant les synchronisations trame. 580 lignes par image peuvent donc être inscrites. En stockant 1 bit par ligne nous obtenons un débit de 14,5 Kbauds.

L'intérêt de cette méthode est une simplification considérable de l'enregistrement et de la lecture de l'information car le top synchro ligne, indispensable pour relire l'image proprement dite, sera alors utilisé pour le codage et le décodage de l'information qui sera repérée par le top ligne la précédant.

Son inconvénient est la limitation de capacité de stockage. Mais nous verrons que dans l'application à traiter, ce procédé pourra convenir. A titre de comparaison un débit de 14,5 Kbauds peut-être obtenu par les configurations suivantes :

Nombre de bits par ligne.	1	20	32	50
Nombre de lignes par trame.	290	15	10	6

Ecriture verticale

Ecriture horizontale

Remarque : Ce procédé ne peut être utilisé si l'amplificateur vidéo du magnétoscope est soumis à un contrôle automatique de gain effectué sur le front arrière du top de synchronisation horizontale. En effet en présence d'un bit "1" ce front aura une amplitude égale à 100 % (et non 30%) du signal vidéo composite. Par conséquent la CAG agira trop fortement et entraînera une perte quasi-totale du signal vidéo contenu dans la ligne.

Pour pallier à cet inconvénient nous pouvons inscrire le bit d'information toujours dans la même fenêtre mais avec une amplitude négative. (cf fg 13 bis)

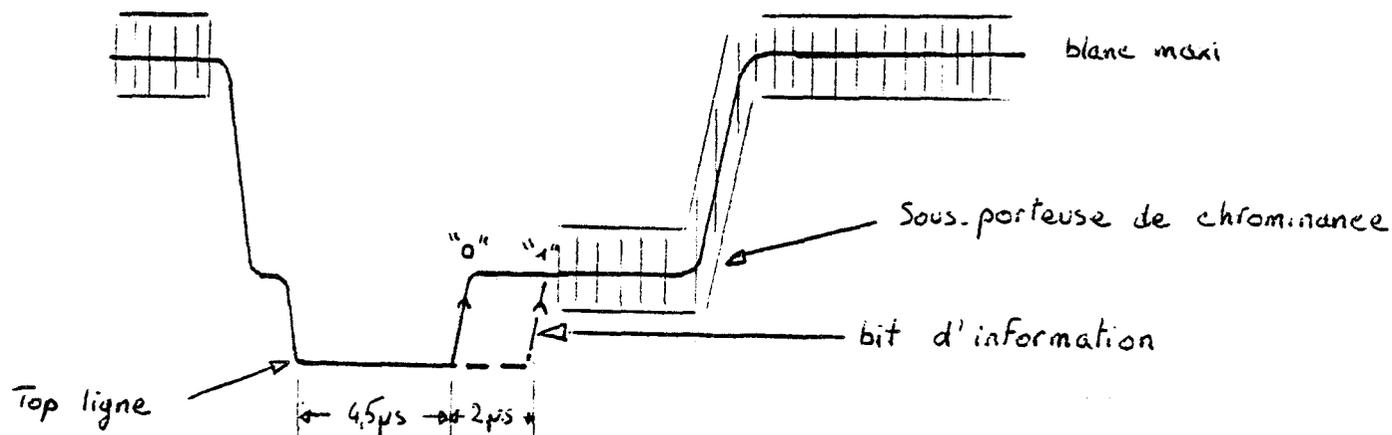


Fig 13bis : Insertion du bit en logique négative

Le problème posé par cette technique est la visualisation sur téléviseur. En effet la visualisation d'un tel signal se traduit par un décalage horizontal entre les lignes précédées par un top de synchronisation normal et celles précédées par un top rallongé. Nous devons donc reformater les impulsions de synchronisation horizontale du signal enregistré.

5.3) Conclusion

La méthode dite "écriture horizontale" nous permet de stocker un nombre important d'informations numériques sur chaque image mais sa mise en oeuvre sera compliquée par la nécessité de coder et décoder les bits inscrits en série sur chaque ligne.

La méthode dite "écriture verticale" limite la capacité de stockage d'information numérique et entraîne une dérogation aux normes vidéo, mais nécessite une mise en oeuvre moins lourde que la précédente . Elle pourra être choisie si nous inscrivons sur chaque image seulement son identification et non les données correspondantes.

CHAPITRE II

ETUDE GENERALE DES PROCEDES DE CODAGE SERIE.

1) INTRODUCTION

L'écriture d'informations numériques sur la piste vidéo d'une bande magnétique de magnétoscope exige une inscription série (encore appelée codage série) des bits d'information sur cette bande magnétique.

Il existe différents types de codage série qui conviennent plus ou moins bien au support de transmission choisi (ici la bande du magnétoscope). C'est pourquoi après avoir rappelé les principes d'acquisition numérique d'une grandeur analogique nous étudierons dans ce chapitre les principaux types de codage série binaire et leurs performances.

2) CHAINE D'ACQUISITION NUMERIQUE D'UNE GRANDEUR ANALOGIQUE.

La fig 14 montre le déroulement d'un processus d'acquisition numérique.

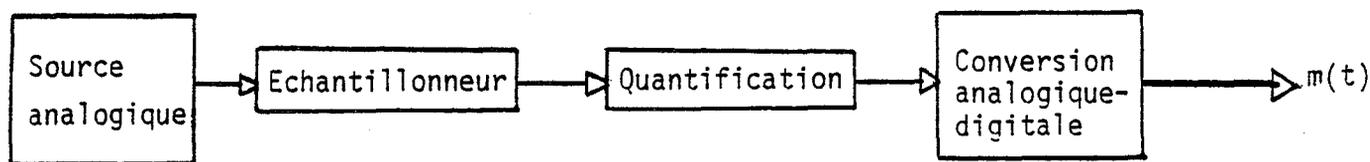


Fig 14 : Chaîne d'acquisition numérique d'une grandeur analogique.

La source d'information engendre un signal analogique. Ce dernier, pour lequel nous pouvons définir une fréquence de coupure f_c , est échantillonné avec une fréquence supérieure à $2 f_c$, afin de donner une suite d'échantillons analogiques d'amplitude V_a contenant la totalité de l'information. (cette suite d'Impulsions Modulées en Amplitude est appelée I. M. A.). Les échantillons sont ensuite quantifiés avec M niveaux pour donner des échantillons quantifiés d'amplitude V_q , puis convertis en mots composés de N digits binaires choisis dans l'alphabet ("0", "1"). La suite des mots, généralement jointifs, constitue le message binaire $m(t)$, qui sera transmis à la place du signal analogique (cette représentation est appelée Modulation par Impulsions Codées M. I. C.). Ces mots étant contigus il est nécessaire d'introduire dans le message des signaux de synchronisation permettant de les séparer. Le message que nous recevons contient donc des bits d'information et des bits de synchronisation.

Ce message que nous recevons contient donc des bits d'information et des bits de synchronisation.

Chaque mot sera constitué de caractères élémentaires et il faudra prévoir un interface ainsi qu'un logiciel afin de séparer les caractères d'information et ceux de contrôle. Ce système sera bien sûr spécifique à la chaîne d'acquisition utilisée.

Par ailleurs le système d'enregistrement sur la bande magnétique de magnétoscope impose une liaison série et donc un transcodage des caractères initiaux.

3) DIFFERENTS TYPES DE CODAGE SERIE

Après avoir donné une représentation mathématique du mot d'information série nous présenterons les divers types de codage série binaire (encore appelés signaux en bande de base) en donnant leurs principales caractéristiques ainsi que leurs spectres de puissance.

3.1) Représentation formelle du mot de données

Soit T la durée du mot d'information et N le nombre de bits jointifs qui le constituent. La durée de chaque bit sera :

$$T_d = \frac{T}{N}$$

Ces bits "0" et "1" seront représentés respectivement par les signaux déterministes $s_0(t)$ et $s_1(t)$ définis dans l'intervalle $(0, T_d)$ et nuls à l'extérieur. Dans la plupart des cas ces signaux sont réels, antipodaux et de même énergie E_d :

$$s_0(t) = -s_1(t) = \sqrt{E_d} \cdot e_0(t)$$

où $e_0(t)$ est un signal déterministe réel, d'énergie unité.

Un mot étant composé de bits jointifs ne se recouvrant pas on peut donc le représenter sous la forme :

$$m(t) = \sum_{R=0}^{N-1} \alpha_R e_R(t) \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} * \alpha_R &= \pm \sqrt{E_d} \\ * e_R(t) &= e_0(t) \cdot \delta(t - RT_d) \\ * \delta &\text{ est le symbole de Kronecker.} \end{aligned}$$

3.2) Signaux en bande de base.

- Notation mathématiques

Nous prenons des signaux modulés dont l'amplitude crête à crête est égale à $2a$. ($-a < s_i(t) < +a$; $i = 0$ ou 1)

Pour certains codages nous définirons :

$$s_{ij}(t) = a'_{ij}(t) + a''_{ij}(t)$$

avec : * $a'_{ij}(t)$ défini sur $[0, \frac{T_d}{2}]$ et nul à l'extérieur

* $a''_{ij}(t)$ défini sur $[\frac{T_d}{2}, T_d]$ et nul à l'extérieur

* $i = 0$ ou 1

* $j \in \mathbb{N}$. j représente la place du bit considéré dans le mot de données numériques.

- Une représentation graphique des différents codes étudiés est donnée à la fig (15)

3.2.1 Codes NRZ (Non return to Zéro)

a) Code NRZ (cf fig 15)

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \left\{ \begin{array}{l} s_0(t) = -a \\ s_1(t) = +a \end{array} \right.$$

Ce code reproduit directement le mot de données car les bits "0" sont représentés par le niveau "-a" et les bits "1" par le niveau "+a"

Toutefois une longue suite de "0" ou de "1" logiques est représentée par un niveau continu, ce qui représente un inconvénient pour certains modes de transmission.

b) Codes NRZ-M et NRZ-S (cf fig 15)

Pour pallier à ce défaut on a créé les codes NRZ-M et NRZ-S

a) Le code NRZ-M introduit une transition devant chaque bit "1" donc une longue suite de "1" ne sera plus représentée par un niveau continu. Ceci est intéressant si l'on sait à priori que le mot de données contient surtout des "1" logiques.

b) Le code NRZ-S est identique au NRZ-M mais pour les bits "0"

Remarque : Un mot codé en NRZ, quelle que soit sa longueur, doit obligatoirement être encadré par un bit START et un bit STOP caractérisant le début et la fin de ce mot.

3.2.2 Code RZ (Return to Zero) (cf fig 15)

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \left\{ \begin{array}{l} a'_{1j}(t) = +a ; a''_{1j}(t) = -a \\ s_0(t) = -a \end{array} \right.$$

Sa construction est la même que pour le code NRZ mais on ajoute une transition au milieu de chaque bit "1".

Ici aussi le mot de données doit être encadré par les bits START et STOP.

3.2.3 Codes Biphases (cf fig 15)

a) Code Biphase (cf fig 15)

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \left\{ \begin{array}{l} a'_{0j}(t) = +a ; a''_{0j}(t) = -a \\ a'_{1j}(t) = -a ; a''_{1j}(t) = +a \end{array} \right.$$

Ce code introduit une transition négative au milieu de chaque bit "0" et une transition positive au milieu de chaque bit "1".

Le signal ainsi codé contient en plus de l'information utile ("0" ou "1") l'information horloge (transition au milieu de chaque bit) permettant de le décoder

b) Codes Biphase-M et Biphase - S (cf fig 15)

- Code Biphase-M

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \begin{cases} a'_{1j}(t) = -a''_{i,j-1}(t) ; a''_{1j}(t) = -a'_{1j}(t) \\ a'_{0j}(t) = -a''_{i,j-1}(t) ; a''_{0j}(t) = a'_{0j}(t) \end{cases}$$

- Code Biphase-S

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \begin{cases} a'_{1j}(t) = -a''_{i,j-1}(t) ; a''_{1j}(t) = a'_{1j}(t) \\ a'_{0j}(t) = -a''_{i,j-1}(t) ; a''_{0j}(t) = -a'_{0j}(t) \end{cases}$$

Ces codes introduisent une transition au début de chaque bit plus une deuxième sur le bit "1" dans le cas du Biphase -M ou sur le bit "0" pour le Biphase-S

Ces 3 codes biphase n'empêchent pas une erreur de signe due à une inversion de polarité entre les niveaux +a et -a. Afin d'éviter ce risque d'erreur on a créé le code Biphase différentiel.

c) Code Biphase différentiel. (cf fig 15)

$$\forall t \in [0, T_d] \quad \begin{cases} a'_{1j}(t) = -a'_{1j-1}(t) ; a''_{1j}(t) = -a'_{1j}(t) \\ a'_{0j}(t) = +a'_{i,j-1}(t) ; a''_{0j}(t) = -a'_{0j}(t) \end{cases}$$

Ce code introduit une transition au milieu de chaque bit plus une transition au début de chaque bit "0".

Message binaire

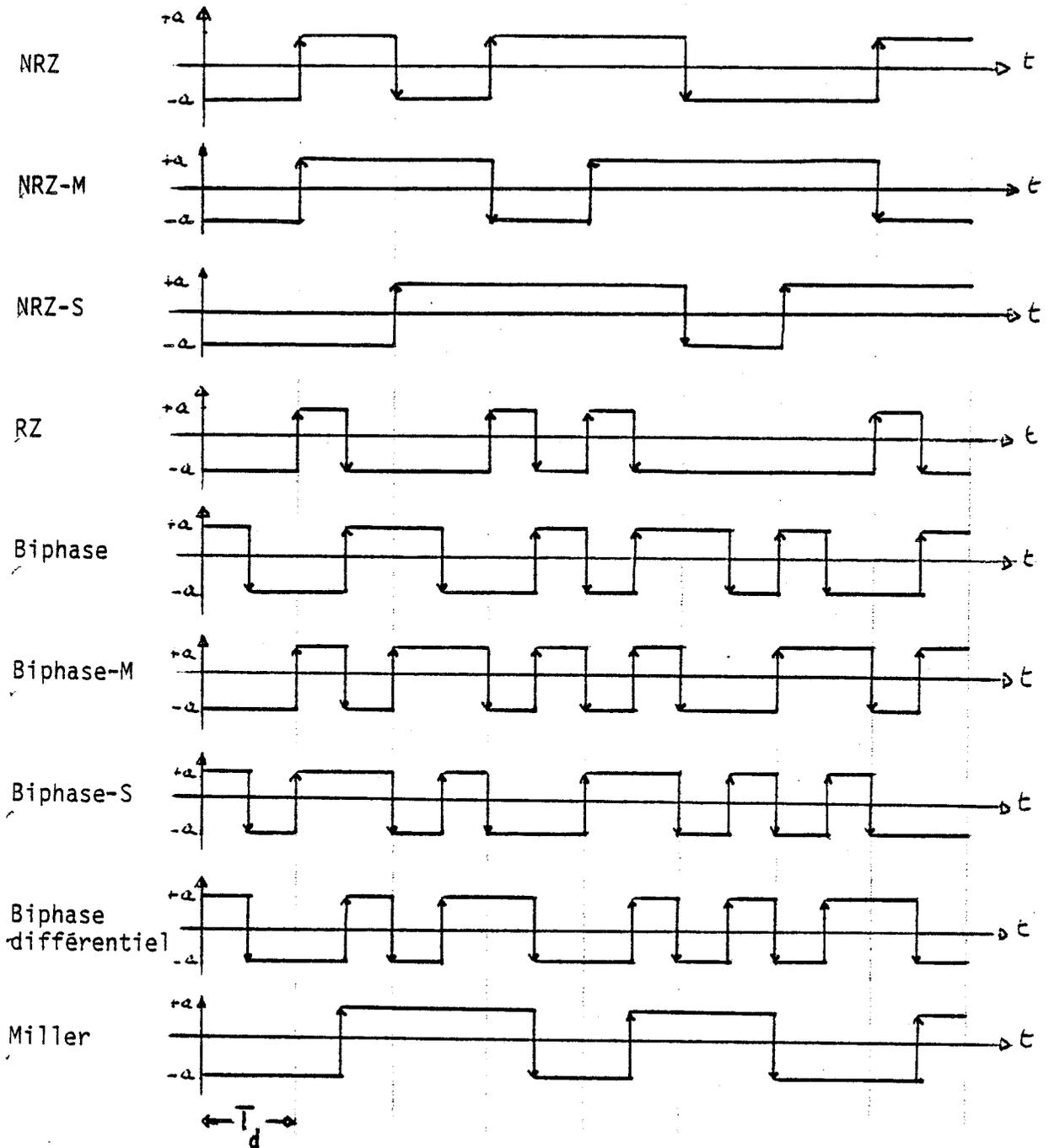


Fig 15 : Signaux en bande de base à deux niveaux



Remarque : Un message biphase est reconnu à partir du 3e bit. Dans le cas de messages très longs et redondants il est donc inutile de faire précéder le message du bit START de reconnaissance.

3.2.4 Code de Miller (ou Delay Modulation) (Cf fig 15)

$$\forall t \in [0, T_d] \left\{ \begin{array}{l} a'_{ij}(t) = a''_{i,j-1}(t) ; a''_{ij}(t) = -a'_{ij}(t) \\ \text{ou bien } s_{0j}(t) = -s_{0,j-1}(t) \\ \text{ou bien } s_{0j}(t) = a''_{i,j-1}(t) \end{array} \right.$$

Une transition est placée au milieu de chaque bit "1". Aucune transition n'est faite pour les bits "0" sauf dans le cas de plusieurs bits "0" consécutifs. Dans ce cas une transition est placée au début du bit "0" suivant immédiatement un bit "0".

Le code est obtenu en supprimant une transition sur deux du code biphase. Sa principale propriété est de posséder un spectre de puissance très concentré. (cf § 33)

3.3) Spectres de puissance des principaux codages. (cf fig 16)

Nous nous contenterons simplement de donner les formules des spectres de puissance $G_m(f)$ dans l'hypothèse de messages très longs et de signaux non déformés.

$$\text{-NRZ : } G_m(f) = a^2 T_d \left(\frac{\sin \pi f T_d}{\pi f T_d} \right)^2$$

$$\text{-RZ : } G_m(F) = \frac{a^2 T_d}{4} \left(\frac{\sin \frac{\pi F T_d}{2}}{\frac{\pi F T_d}{2}} \right)^2 + \frac{a^2 T_d}{4} \delta(F) + \frac{a^2 T_d}{\pi^2} \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \delta\left(F - \frac{2n+1}{T_d}\right)$$

$$\text{-Biphase : } G_m(F) = a^2 T_d \frac{\sin^4 \frac{\pi F T_d}{2}}{\left(\frac{\pi F T_d}{2}\right)^2}$$

$$\text{-Miller : } G_m(F) = \frac{2}{(2\pi F)^2 T_d (17 + 8 \cos \theta)} \times \left(\begin{aligned} &23 - 2 \cos \theta - 22 \cos 2\theta - 12 \cos 3\theta \\ &+ 5 \cos 4\theta + 12 \cos 5\theta + 2 \cos 6\theta \\ &- 8 \cos 7\theta + 2 \cos 8\theta \end{aligned} \right)$$

$$\text{avec } \theta = 2\pi F T_d$$

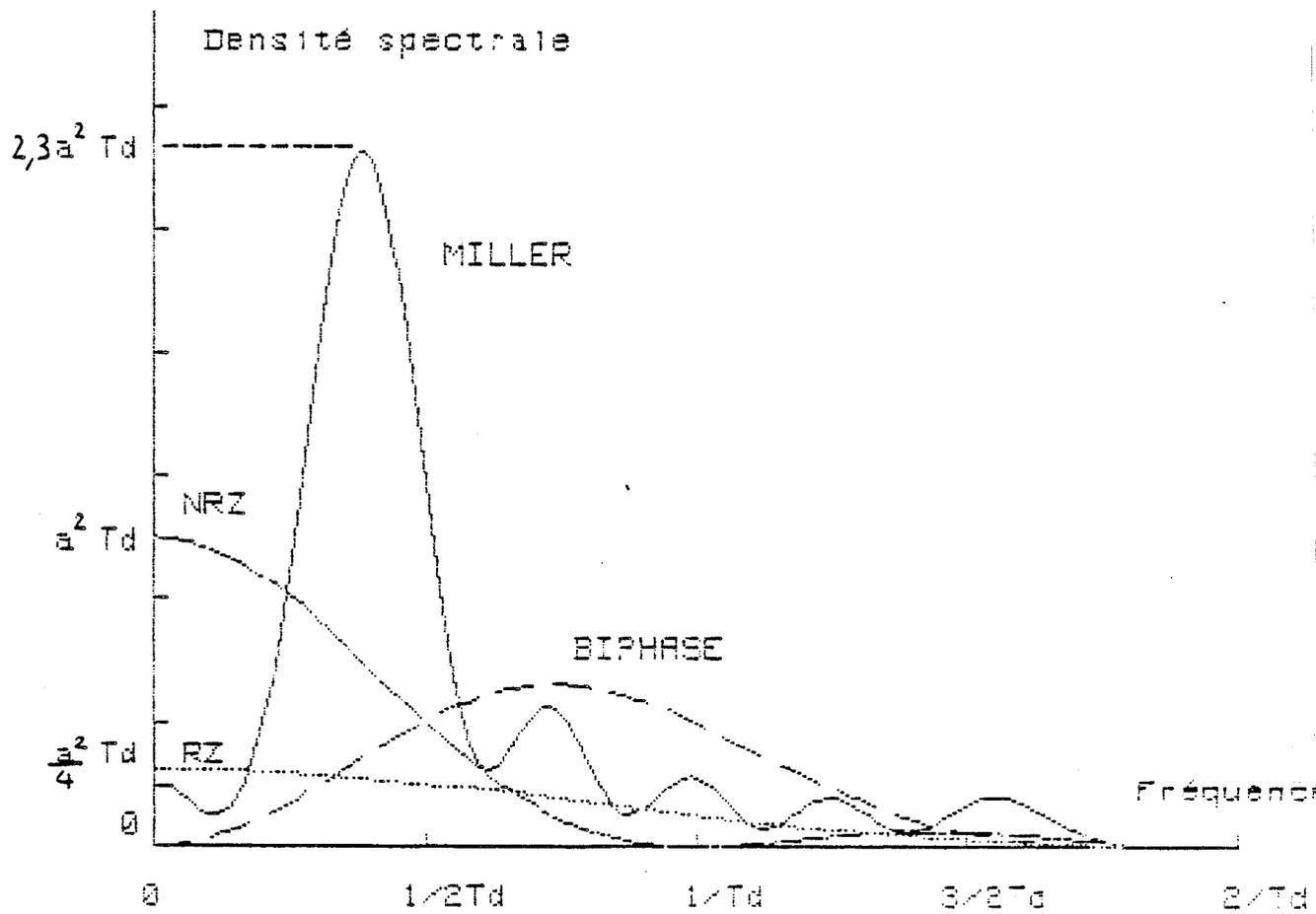
Le spectre du code NRZ présente une forte amplitude au voisinage de la fréquence nulle. La puissance moyenne contenue entre les fréquences $-\frac{1}{T_d}$ et $+\frac{1}{T_d}$ représente 91 % de la puissance moyenne totale du code.

La bande occupée par le spectre du code NRZ est donc assez étroite, de l'ordre de $\frac{1}{T_d}$.

Le spectre du code RZ est lui aussi centré autour de la fréquence nulle. Sa largeur de bande est égale à $\frac{2}{T_d}$ et son amplitude est plus faible que pour le spectre NRZ. Il contient une composante discrète à la fréquence $\frac{1}{T_d}$ qui définit le rythme digital.

Le spectre du code biphase présente un maximum d'amplitude au voisinage de la fréquence $\frac{1}{T_d}$ et s'annule à la fréquence $f=0$. Sa largeur spectrale est égale à $\frac{2}{T_d}$.

Le spectre du code Miller présente un maximum de puissance très élevé à une fréquence voisine de $\frac{1}{2T_d}$ et sa bande spectrale est très étroite. Il s'annule à la fréquence nulle.



SPECTRE DE PUISSANCE DES SIGNAUX EN BANDE DE BASE (P) 0

=====

Fig 16



4) CONCLUSION

Nous pouvons donc écrire les considérations suivantes qui nous guideront dans le choix d'un codage série pour notre système.

Le code NRZ occupant une bande spectrale moins large que le biphasé ou le RZ, il est souvent préféré à ces derniers. Toutefois il oblige à transmettre le continu ce qui est souvent difficile à réaliser, dans les transmissions câblées par exemple.

Le code biphasé ne présente pas cet inconvénient. Il est utilisé quand la largeur spectrale n'est pas un facteur critique. De plus il permet une auto-synchronisation à la lecture grâce à l'information horloge qu'il contient. Il permet la transmission de données à un faible rythme mais avec une grande précision.

Le code de Miller permet d'augmenter ce rythme tout en conservant une bonne précision, cependant la mise en oeuvre d'un tel codage est relativement compliquée.

Le code RZ, dont le spectre possède une composante discrète en $\frac{1}{T_d}$, est utilisé dans les transmissions ayant une largeur spectrale très faible.

Ces systèmes de codage permettent donc, parfois au prix d'une complexité élevée, de réaliser une adaptation aux caractéristiques spécifiques du support de stockage ou de la transmission. Ce choix de codage sera donc fait après avoir étudié plus en détail les contraintes liées à notre dispositif, aux bandes de fréquence qu'il autorise et au bruit dont il peut-être le siège. (cf ch III, § 3231).



CHAPITRE III

PROCEDE 'HORIZONTAL'.

1) INTRODUCTION

Le système est conçu pour permettre l'enregistrement sur la bande magnétique d'un magnétoscope des données issues de la centrale d'acquisition du "470 laboratoire". Ces données sont au nombre de 11 et codées sur 3 caractères A. S. C. I. I. Chaque jeu de données contient donc 33 caractères utiles plus des caractères de synchronisation. Il est envoyé toutes les 25 ms à raison d'un octet chaque 5 ms (soit un débit d'informations utiles égal à 1056 bits /sec)

A priori le procédé d'écriture horizontale permet l'enregistrement d'un jeu de données complet (33 octets) sur chaque trame vidéo, c'est à dire toutes les 20 millisecondes. Un groupe de données étant fourni chaque 250 millisecondes nous pourrions donc l'enregistrer 12 ou 13 fois sur la bande vidéo. Cette redondance d'informations permettra une très bonne correction d'éventuelles erreurs en calculant la valeur moyenne des 12 ou 13 valeurs de chaque donnée enregistrée.

Le débit des informations numériques à enregistrer devra donc être supérieur à 13,2 Kbauds. A cette fin nous réalisons un système d'écriture horizontale permettant l'inscription (ou la lecture) de 40 octets par trame, soit 4 octets par ligne pendant 10 lignes :

- lignes n°17 à 26 pour la 1ère trame.
- lignes n°330 à 339 pour la 2ème trame.

(soit un débit de 16,5 Kbauds)

2) SCHEMA FONCTIONNEL (cf fig 17)

Le système se décompose en trois parties dont les principales fonctions sont :

* Partie analogique (carte vidéo)

- Amplification asservie du signal vidéo-composite.
- Détection de la synchronisation vidéo.
- Mixage ou démixage des données avec le signal vidéo composite.

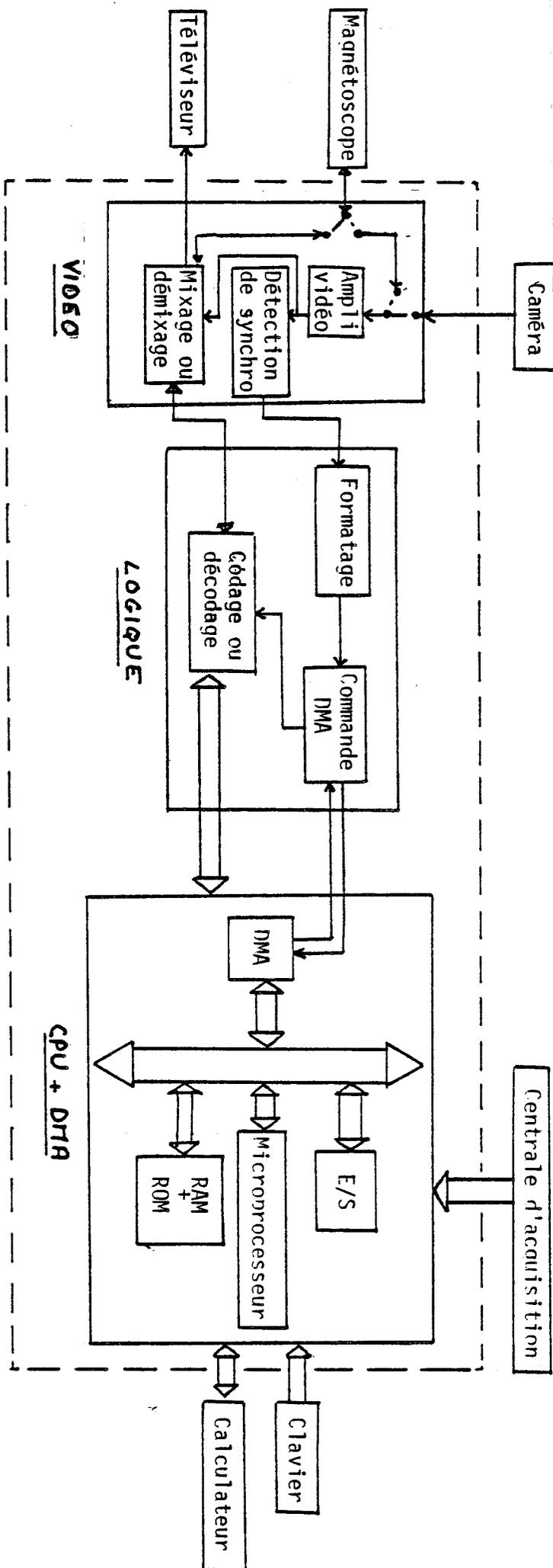


Fig 17 : Schéma fonctionnel du système d'écriture horizontale

* Partie programmable (carte CPU* + DMA*)

- Gestion du système.
- Numérotation et synchronisation des informations numériques avec l'image.

Nota : Un contrôleur de DMA permet d'assurer le transfert rapide des données depuis la carte CPU vers l'interface avec le magnétoscope (ou vice-versa).

* Partie logique (carte logique)

- Génération des signaux formatés de synchronisation à partir de ceux fournis par la carte vidéo.
- Etablissement des signaux de commande du contrôleur de DMA.
- Codage (ou décodage) des données numériques inscrites (ou à inscrire) sur la bande.

L'interface entre le magnétoscope et l'unité centrale de traitement est donc composée de deux cartes successives : la carte vidéo et la carte logique.

* CPU : Central Processing Unit (Unité Centrale de Traitement)

* DMA : Direct Memory Access (Accès Direct à la Mémoire)

3) ARCHITECTURE DU SYSTEME

La carte vidéo étant étudiée au chapitre IV, § 2.1 nous expliciterons dans cette partie le fonctionnement des deux seules cartes "CPU + DMA" et "logique".

Le lecteur trouvera en annexe A4 une présentation technique détaillée de la carte logique.

3.1) Carte "CPU + DMA"

3.1.1. : CPU

L'unité centrale est construite autour d'un unique microprocesseur, le 8085 d'INTEL. Elle doit assurer les fonctions suivantes :

A l'enregistrement : Les données issues de la centrale d'acquisition sont lues par le microprocesseur sur le port d'entrée-sortie parallèle. Elles sont ensuite transférées dans une mémoire RAM. Dès qu'un message complet est ainsi stocké dans cette mémoire, le microprocesseur vient le coder, y adjoindre une identification et enfin le placer dans la mémoire RAM qui sera lue par le contrôleur de DMA.

A la lecture : Le microprocesseur vient lire le message placé par le contrôleur de DMA dans la mémoire RAM. Après avoir décodé et effectué une correction d'erreurs sur ce message le microprocesseur va l'envoyer en totalité (ou simplement son numéro d'identification) au calculateur par l'intermédiaire d'un port d'entrée sortie parallèle.

Dans les deux cas un clavier sera connecté à l'unité centrale afin de permettre la commande du système.

Nous obtenons donc le schéma de principe suivant:

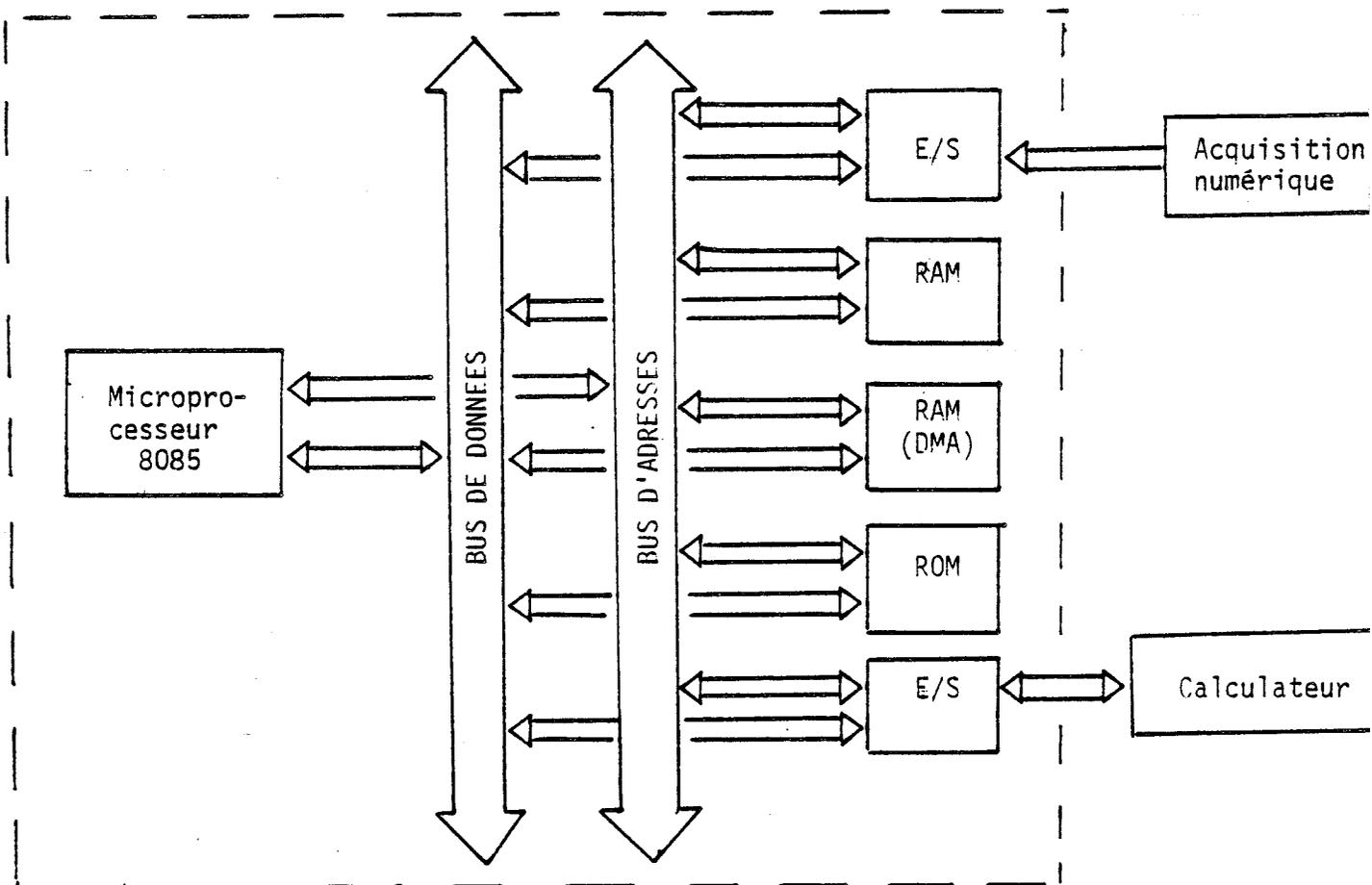


Fig 18 : Schéma de principe de la carte CPU

Nous n'étudierons pas ici les différents composants de cette carte et les liaisons entre eux. En effet au lieu de construire une carte unité centrale spécifique pour notre système nous avons préféré la carte 80/24 d'INTEL qui répond à nos besoins et nous laisse une plus grande marge de manoeuvre (connection série, UART, connection à d'autre cartes déjà existantes, etc...).

3.1.2 DMA (Direct Memory Access)

Pendant l'enregistrement des données numériques sur la bande vidéo nous devons inscrire 40 octets sur 10 lignes du début de chaque trame vidéo, soit toutes les 20 ms. Le microprocesseur doit donc en 5 μ s au plus être interrompu dans son travail et aller chercher en mémoire l'octet désiré pour le fournir à la carte logique. Cet octet sera ensuite codé puis mixé au signal vidéo.

Cette opération est trop rapide pour être effectuée par le microprocesseur. C'est pourquoi nous utilisons un contrôleur de DMA qui, convenablement programmé, nous permet de réaliser cette tâche répétitive très rapidement (3 μ s environ) aussi bien en enregistrement qu'en lecture.

Après avoir présenté le contrôleur de DMA nous étudierons le déroulement d'une opération *DMA et dresserons la liste de tous les transferts *DMA possibles. Nous proposerons ensuite l'utilisation d'un contrôleur particulier pour notre application.

3.1.2.1 Présentation du contrôleur de DMA

a) Le contrôleur et son environnement. (fig 19)

Ce circuit doit pouvoir dialoguer avec :

- Le (ou les) circuit(s) périphérique(s) qui utilisent ses services. (ceux-ci sont désignés sous le terme général de "logique externe").
- Le microprocesseur pour pouvoir stopper celui-ci temporairement et utiliser ses bus de données et d'adresses.

* Transfert DMA : Transfert d'un octet sous contrôle DMA.

* Opération DMA : Ensemble des transferts que le contrôleur DMA doit réaliser.

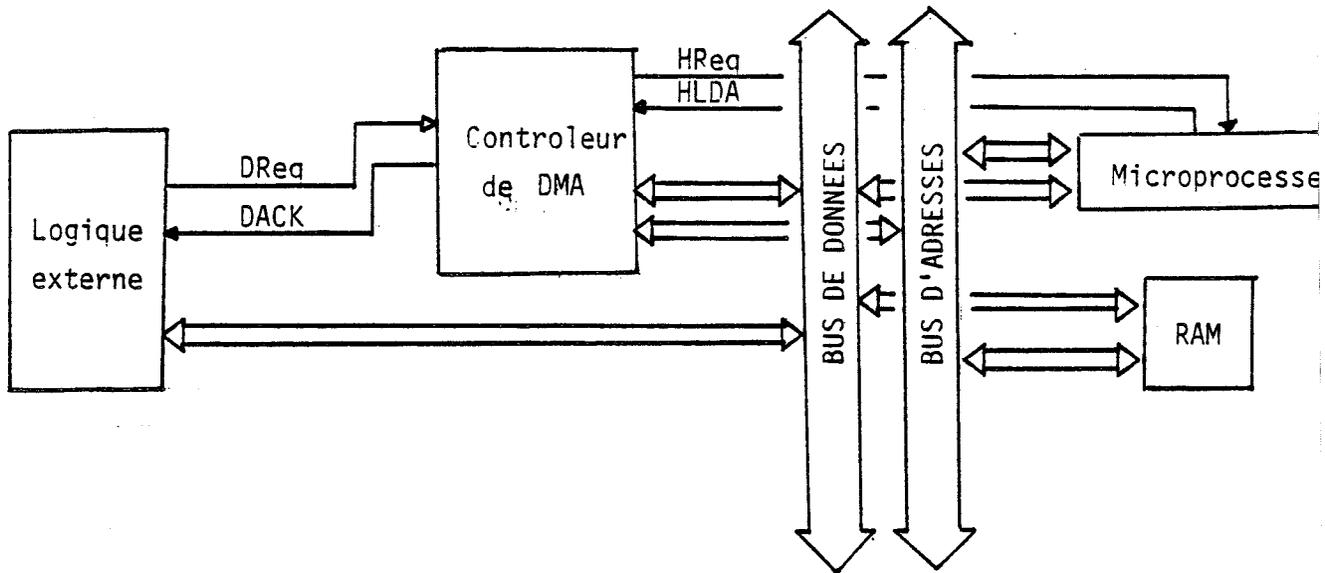


Fig 19 : Le controleur de DMA et son environnement

b) Registres internes du controleur de DMA

Le controleur de DMA est un circuit intégré programmable qui permet de réaliser différentes opérations. A ce titre il contient plusieurs registres programmables par l'intermédiaire du microprocesseur avant chaque opération. Les principaux sont :

- * **Registre d'adresse** : Mémoire la valeur de l'adresse utilisée durant le transfert DMA. cette valeur est incrémentée ou décré- mentée à chaque transfert.
- * **Registre de comptage** :Compteur indiquant le nombre de transfert restants à réaliser.
- * **Registre de commande** : Définit l'opération DMA à exécuter (début de l'opération, arrêt, direction du flux de données, etc...).

* Registre d'état : Donne l'état de toute opération en cours de réalisation.

Suivant la sophistication du contrôleur de DMA nous pouvons rencontrer des registres de mode précisant le type d'opération à réaliser, de demande DMA par soft, des registres temporaires (transfert de mémoire à mémoire) etc...

Toute opération DMA est initialisée à l'aide d'un programme venant de l'unité centrale. Certains contrôleurs possèdent un mode d'autoinitialisation, très utile lorsque les opérations à effectuer sous contrôle DMA sont toujours les mêmes.

3.1.2.2 Déroulement d'une opération DMA. cf fig (20)

La logique externe génère un signal de demande DMA (DReq) qui doit rester valide durant toute l'opération.

Le contrôleur demande ensuite au microprocesseur de stopper son traitement en cours (signal HReq). Ce dernier arrête son calcul, met ses bus de données et d'adresses en haute impédance et renvoie ensuite un signal indiquant son arrêt temporaire (HLDA).

Le contrôleur entre alors dans sa phase active et effectue ses transferts (transfert d'écriture et de lecture signalé par MWR et MRd respectivement) Il signale aussi sa phase de travail par l'intermédiaire de DACK.

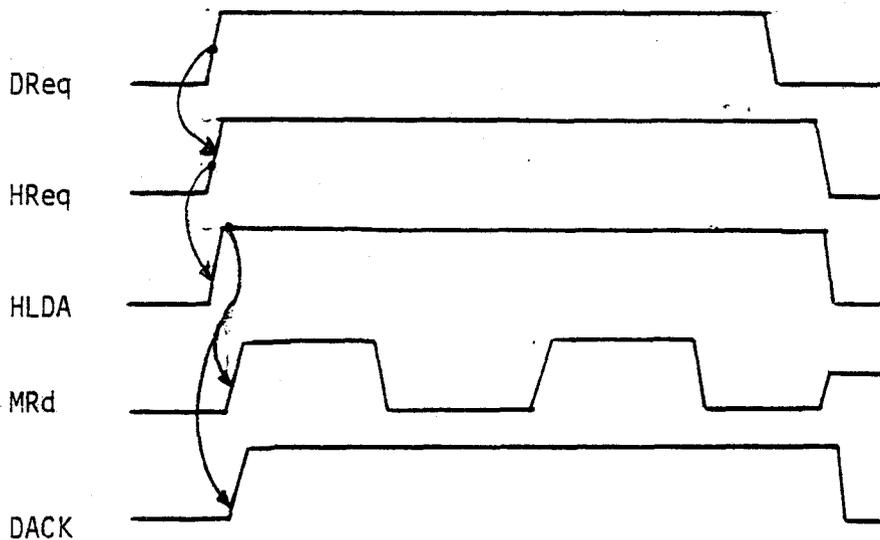


Fig 20 : Timing simplifié d'une opération composée de deux transferts DMA

Les transferts DMA ralentissent donc le traitement effectué par le microprocesseur en l'inhibant temporairement, opération qui peut-être réalisée de deux manière différentes : soit en manipulant le signal d'horloge du microprocesseur (signal étendu d'horloge), soit en forçant le microprocesseur à stopper son traitement et à faire flotter ses connexions de signaux. cf fig (21)

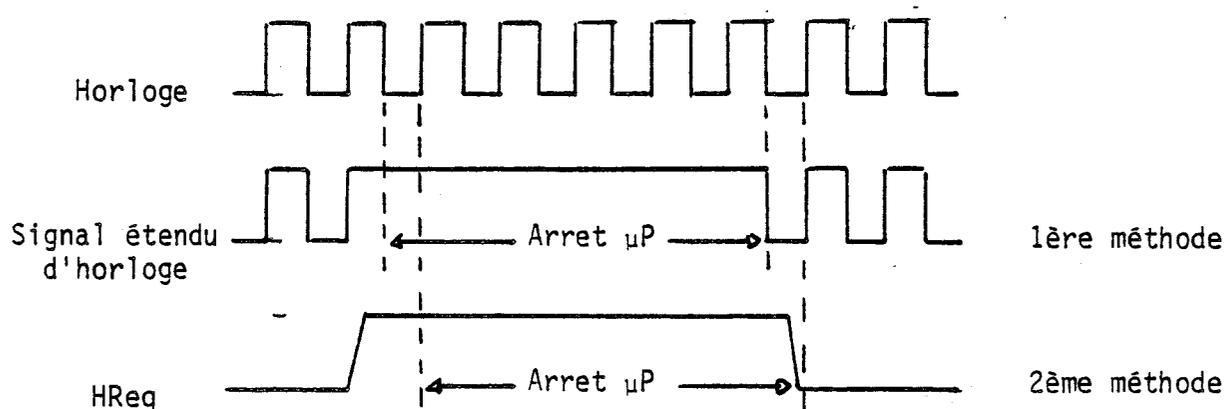


Fig 21 : Inhibition temporaire du microprocesseur

- La plupart des contrôleurs de DMA comprennent en outre :

* Une entrée "READY" permettant de ralentir l'opération DMA en cours si celle-ci s'avère trop rapide vis-à-vis par exemple de la logique externe.

* Une logique interne permettant d'accepter simultanément plusieurs demandes de DMA et de les traiter dans un ordre bien précis.

3.1.2.3. Type de transferts DMA

Nous distinguons trois principaux de transferts :

- Lecture d'un octet mémoire :

Le contrôleur présente sur le bus d'adresses l'adresse de la case mémoire à lire afin de placer l'octet qu'elle contient sur le bus de données. Cet octet pourra alors être envoyé dans la logique externe au moyen d'un buffer de sortie par exemple. Ce transfert est effectué en un seul cycle machine.

- Ecriture d'un octet en mémoire :

Le processus se déroule lui aussi en un seul cycle machine. L'octet qui est présent sur le bus de données est stocké dans la case mémoire dont l'adresse est affichée par le contrôleur de DMA sur le bus d'adresses.

- Transfert de mémoire à mémoire :

Deux cycles machines sont ici nécessaires car le contrôleur de DMA doit fournir successivement les adresses de départ et d'arrivée de l'octet à transférer.

Dans certains microprocesseurs, ceux d'INTEL notamment, le bus de données est multiplexé au bus d'adresses basses. Le transfert se déroule alors comme suit :

1er cycle machine :

- Affichage de l'adresse source par le contrôleur de DMA sur le bus.
- Lecture de l'octet correspondant par le contrôleur et stockage dans son registre temporaire.

2ème cycle machine :

- Affichage de l'adresse d'arrivée par le contrôleur sur le bus.
- Ecriture sur le bus de données, et donc dans la case mémoire d'arrivée de l'octet stocké temporairement dans le contrôleur de DMA.

Exemple : Matériel INTEL

Horloge / Circuit	2 MHz	3 MHz	5 MHz
Microprocesseur 8085	8,5 μ s	5,6 μ s	3,4 μ s
Controlleur DMA 8237/2	1,5 μ s	1,0 μ s	0,625 μ s

Vitesses comparées de transferts (mémoire à périphérique) à l'aide du microprocesseur INTEL 8085 et du contrôleur de DMA 8237/2 INTEL.

Nota : Ces chiffres concernent les transferts les plus rapides réalisés par ces deux circuits.

3.1.2.4 Condition d'utilisation du contrôleur de DMA

- Le contrôleur de DMA utilisé dans notre système est le circuit 8237 d'INTEL (réf 18). Nous ne détaillerons pas ici la carte réalisée autour de ce circuit, une étude complète ayant été réalisée par Mrs Piel et Lotigier (réf 20). Toutefois précisons ici les conditions d'utilisation de ce contrôleur en vue de notre application particulière.

Il doit être programmé afin d'effectuer le transfert de 40 octets au début de chaque trame vidéo. Ils ne peuvent toutefois être transférés consécutivement car une telle opération entraînerait : cf fig 22

- 1) Un codage série des bits d'information avec une fréquence supérieure à 2,5 Mhz qui est incompatible avec la bande passante des magnétoscopes utilisés.
- 2) L'inscription consécutive des $8 \times 40 = 320$ bits qui occuperait environ deux lignes vidéo (soit 128 μ s) et détruirait donc deux tops de synchronisation horizontale.

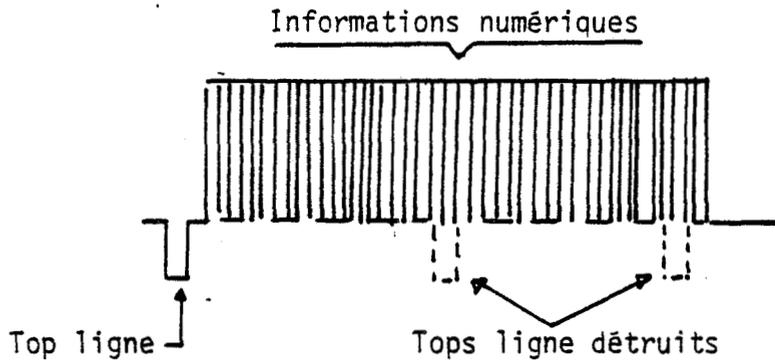


fig (22) : Occupation du signal vidéo-composite par l'inscription consecutive des 40 octets à la vitesse de transfert DMA.

Nous devons donc :

- 1) Utiliser la ligne READY du contrôleur pour qu'il attende entre chaque transfert le temps nécessaire au codage ou au décodage série de l'octet.
- 2) Programmer le contrôleur en mode DTM (Demand Transfer Mode) de manière à inhiber l'opération DMA à chaque top de synchronisation ligne en désactivant le signal de demande DMA (Dreq).

Nous inscrivons ainsi 4 octets sur les lignes (numéro 17 à 26 et 330 à 339) de chaque image vidéo. cf fig (23).

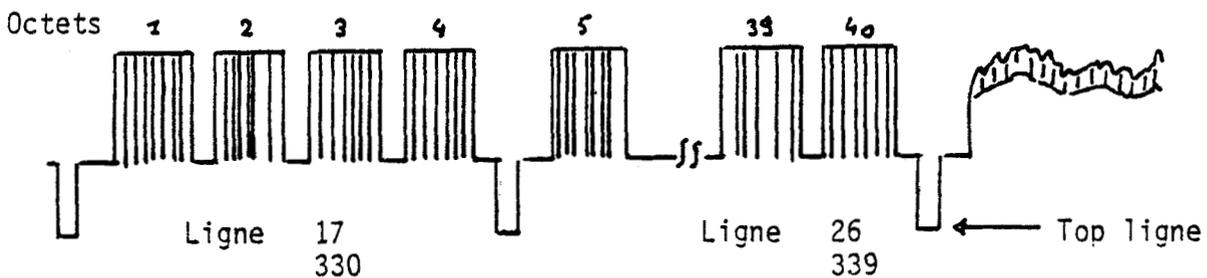


fig 23 : Inscription des octets sur le signal vidéo-composite.

Ce contrôleur disposant de 4 lignes de dialogue (DReq 0,1,2,3 et DACK 0,1,2,3) avec la logique externe nous utiliserons :

- la ligne n°0 pour l'enregistrement des données numériques (ou lecture DMA)
- la ligne n°1 pour la lecture des données numériques (ou écriture DMA)

3.2) Carte logique.

Cette carte doit :

- générer à partir de la synchronisation vidéo des signaux synchronisant le déroulement des opérations logiques.
- établir les signaux de commande du contrôleur de DMA.
- coder (ou décoder) les données numériques à inscrire (ou inscrites) sur la bande vidéo.

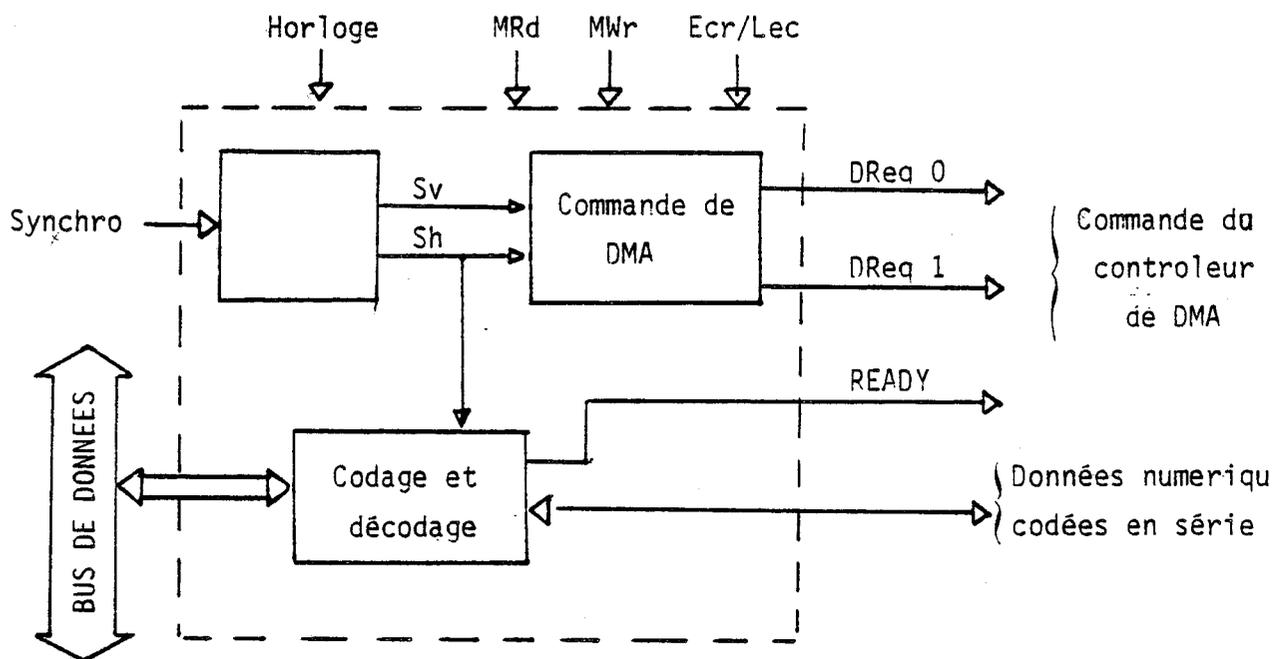


Fig 24 : Schéma simplifié de la carte logique

3.2.1 Signaux issus de la synchronisation vidéo

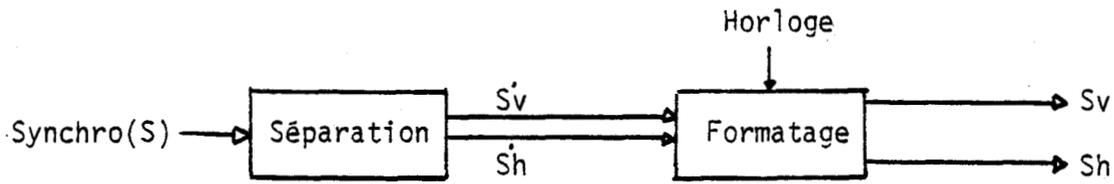


fig 25 : synoptique du circuit de séparation de synchronisation

La séparation des synchronisations ligne et trame est effectuée en intégrant les créneaux négatifs du signal de synchronisation puis en remettant en forme ce signal ainsi intégré. Nous obtenons une impulsion négative S'_v correspondant au top de synchronisation trame. S'_h est composé de pulses négatives déclenchées sur chaque front négatif de S .

S'_v et S'_h vont ensuite commander un générateur de synchronisation vidéo qui délivrera les signaux correspondant exactement à la synchronisation du signal vidéo-composite:

- le top de synchronisation trame S'_v de durée égale $10h^*$
- le top de synchronisation ligne S'_h de durée égale à $1\mu s$

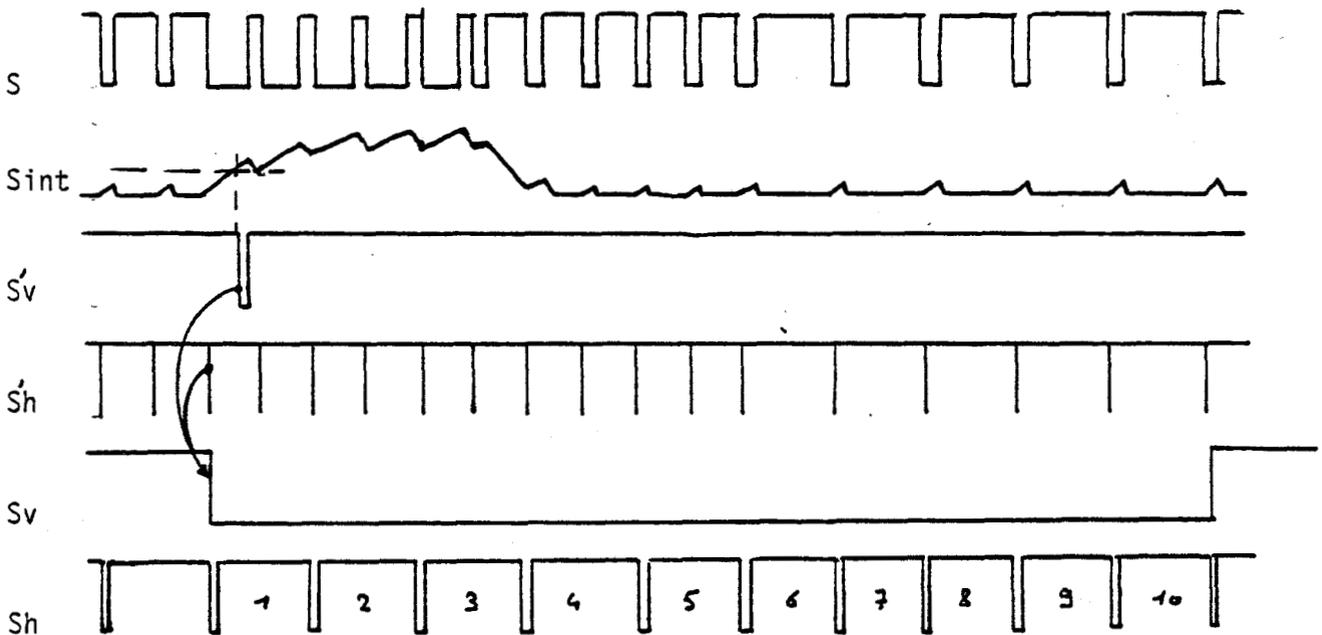


fig 26 : Timing des signaux issus de la synchronisation vidéo.

* h =durée d'une ligne vidéo ($64\mu s$)

3.2.2 Signaux de commande DMA.

A partir de S_v et S_h on génère le signal $f(DMA)$ qui "encadre" les 10 lignes sur lesquelles on vient lire ou inscrire les données numériques de chaque trame. Ensuite on génère le signal de demande de DMA qui est :

- Dreq 0 si l'on enregistre les informations.
- Dreq 1 si on lit les données.

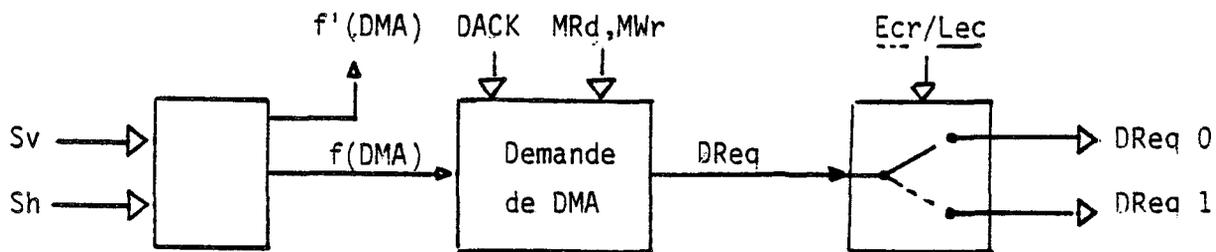
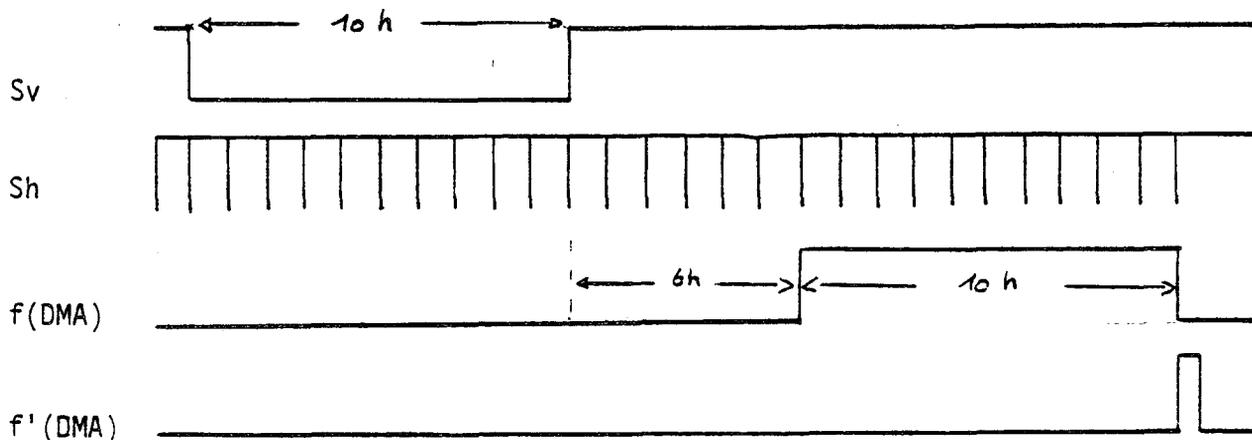


Fig 27 : Synoptique du circuit de demande de DMA

Nota : $f'(DMA)$ est une impulsion g n r e à la fin du signal d'encadrement $f(DMA)$.

x- Timing du signal d'encadrement $f(DMA)$



x Fig 28 : Timing de la génération de $f(DMA)$

- Génération du signal de demande de DMA (Dreq)

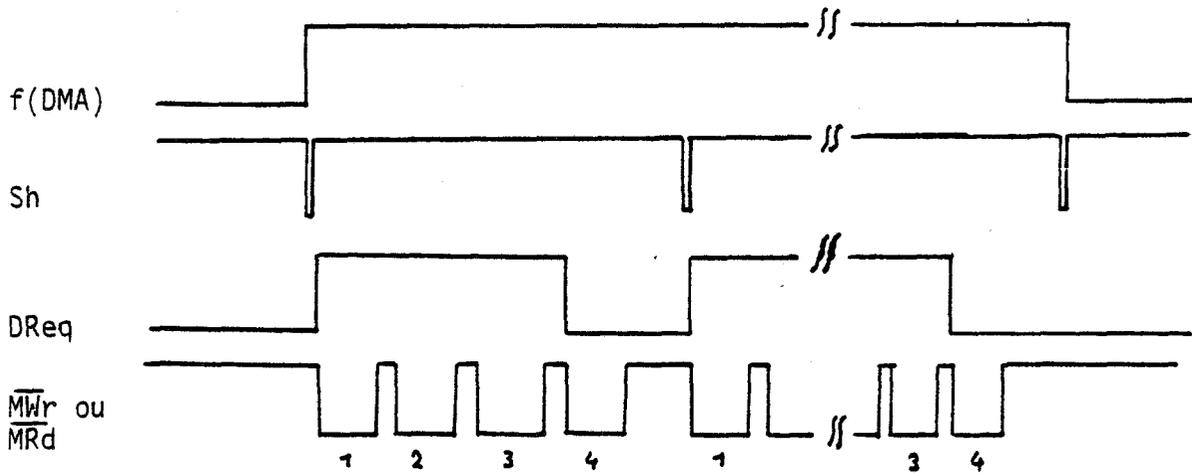


Fig 29 : Timing de la formation de DReq.

Durant l'activation de $f(\text{DMA})$ le signal Dreq est mis au niveau haut à chaque top ligne (représenté par S_h). Il est ensuite inhibé dès l'apparition du signal de lecture ou d'écriture du 4ème octet par le contrôleur de DMA ($\overline{\text{MWR}}$ ou $\overline{\text{MRD}}$)

Le lecteur pourra être étonné par la durée très importante ($9\mu\text{s}$) des impulsions $\overline{\text{MWR}}$ ou $\overline{\text{MRD}}$. En effet le déroulement du transfert DMA est ralenti par activation de la ligne READY du contrôleur de DMA.

- Le signal Dreq est ensuite aiguillé soit vers DReq 0 soit vers DReq 1 suivant l'ordre d'enregistrement ou de lecture des données numériques donné par le microprocesseur.

3.2.3 Codage des informations numériques.

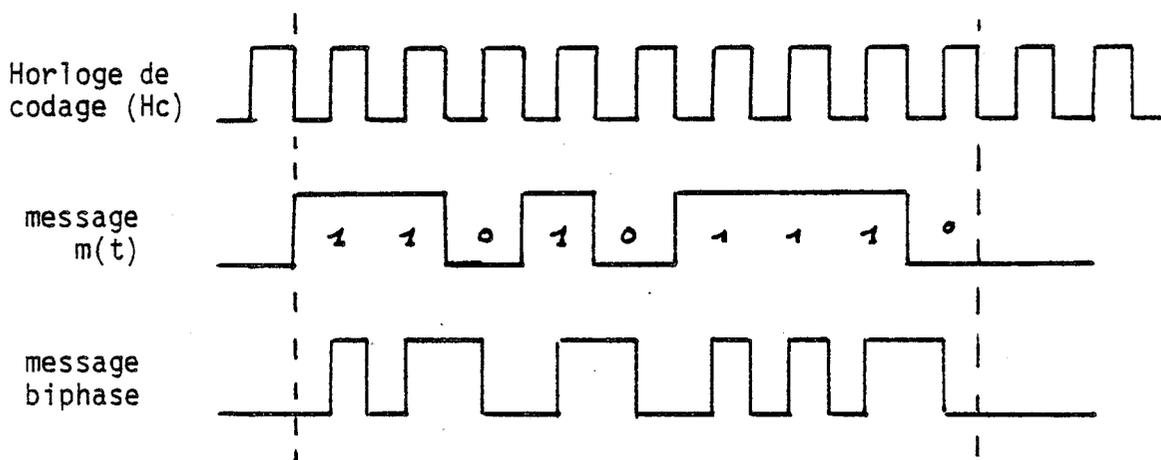
3.2.3.1 choix du codage

Nous adoptons le code biphase (cf ch III, § 3.2) en raison de son autosynchronisation à la relecture.

En effet il suffit d'extraire l'horloge de codage (donnée par la suite des transitions situées au milieu de chaque bit) et de venir lire le signal après chaque front positif de l'horloge. (cf exemple)

Chaque message est constitué de 40 octets non jointifs. Nous devons donc générer un bit START au début de chaque octet afin de ne perdre aucun bit d'information utile.

Exemple : Codage de l'octet (10101110) avec son bit START.



La durée T_d d'un bit est égale à $1\mu s$. Donc la fréquence maximum du signal biphase (signal carré) sera 1 MHz. Le spectre de puissance centré autour de 750 KHZ a une largeur de bande d'environ 1,6 MHz. Ces caractéristiques rendent le spectre de puissance compatible avec les bandes passantes autorisées par le magnétoscope et permettant d'inscrire les signaux numériques codés en biphase sur la bande vidéo.

3.2.3.2 Procédé de codage Biphase.

L'octet présenté en parallèle est décalé en série (codage NRZ). Ce décalage est assuré par l'horloge de décalage H_d dès l'apparition du signal PL. Le signal ainsi obtenu est ensuite codé en biphase à l'aide des signaux f(biphase) et H_c (Horloge de codage). Durant toute cette opération on force la ligne Ready du contrôleur de DMA à zéro pour l'empêcher de transférer les octets suivants. (cf fig 30).

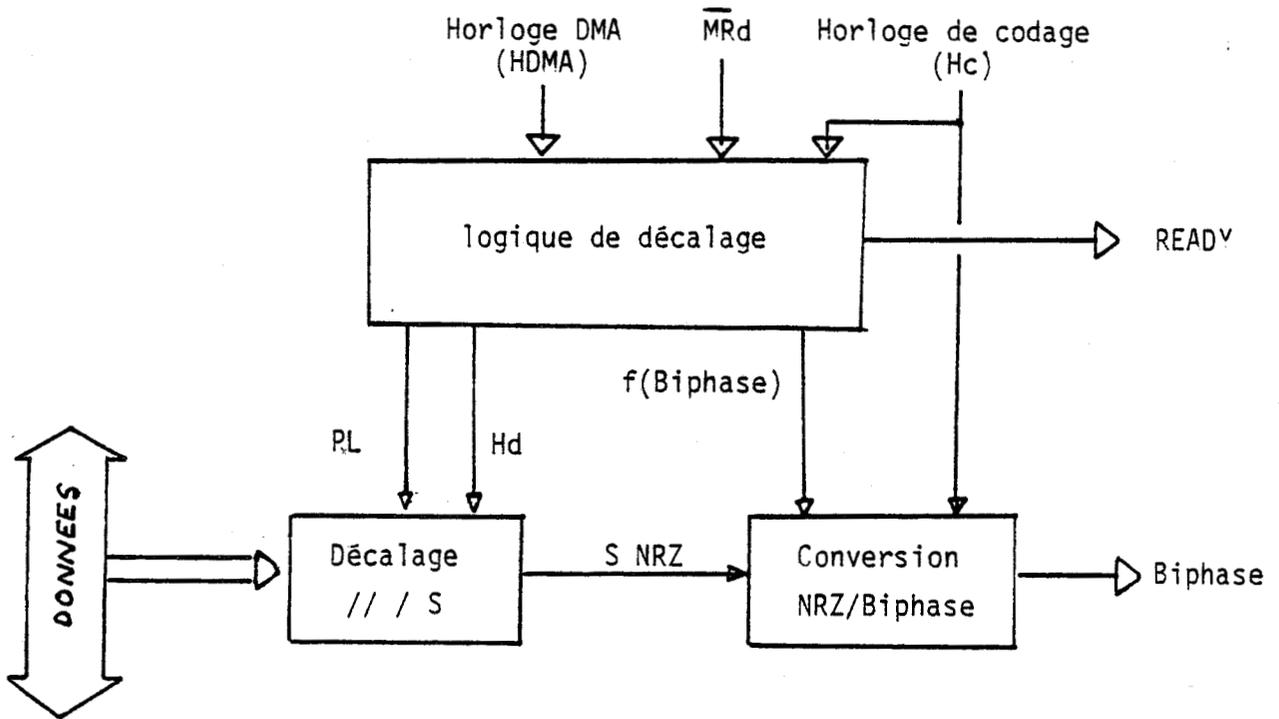


fig 30 : synoptique du système permettant le codage biphasé.

* Chargement du registre à décalage.

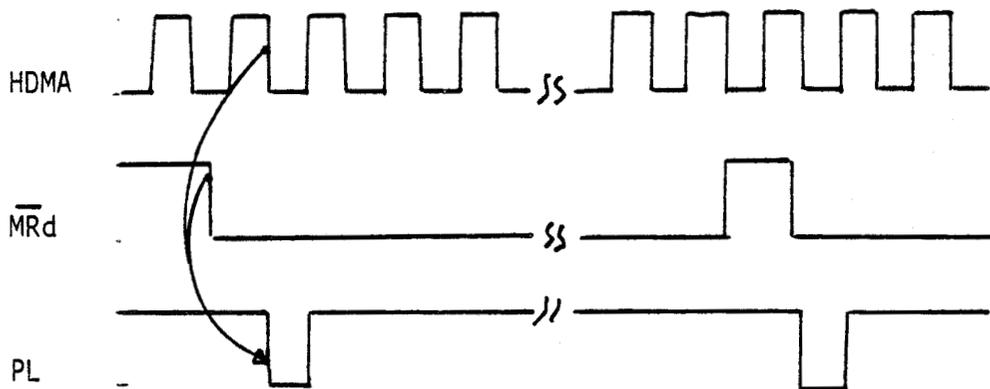


Fig 31 : Génération du signal de chargement PL.

Le signal PL autorisant le chargement du registre est généré par le front descendant de H DMA qui suit immédiatement l'activation du signal MRD.

- Nota : - HDMA représente l'horloge pilotant le controleur de DMA.
- MRd est activé lors de la présentation de l'octet par le controleur de DMA sur le bus de données (cf 2122).

* Génération des signaux de décalage et de codage.

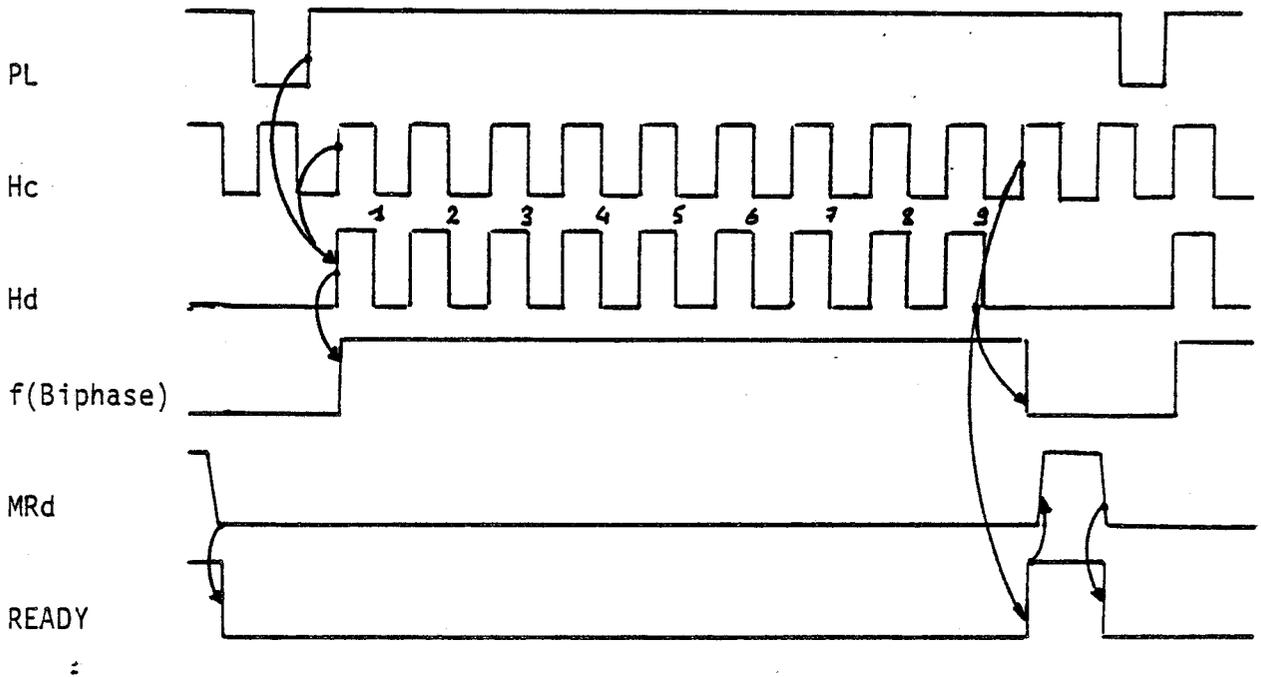


Fig 32 : Timing des signaux de décalage et de codage

L'horloge Hd permettant le décalage est activée sur le front montant de PL (octet chargé). Elle est alors identique à l'horloge de codage H_c . H_d est désactivée au 10^{ème} coup, c'est à dire une fois que le bit START et les 8 bits d'information sont décalés.

Le signal f(biphase) qui "encadre" l'opération de décalage est utilisé lors de la conversion NRZ/ biphase que nous allons étudier.

* Conversion NRZ/Biphase

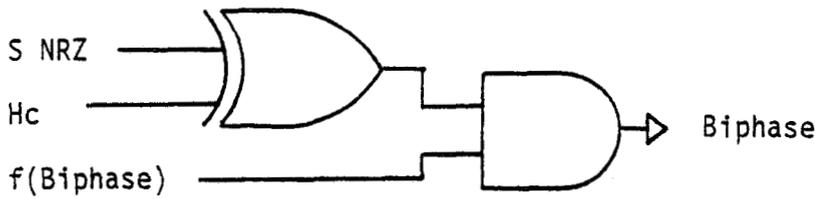


Fig 33 : Schéma de principe de la conversion NRZ/Biphase

On réalise un "ou exclusif" entre le signal S NRZ et l'horloge de codage. Le signal ainsi obtenu contient notre message codé en biphase qu'il suffit d'extraire à l'aide du signal d'encadrement f(biphase).

3.2.4 Décodage des informations numériques.

Nous devons maintenant décoder les octets composant le message biphase et les présenter sur le bus de données afin d'être transférés en mémoire par le contrôleur de DMA.

Le Schéma simplifié du circuit assurant le décodage est le suivant :

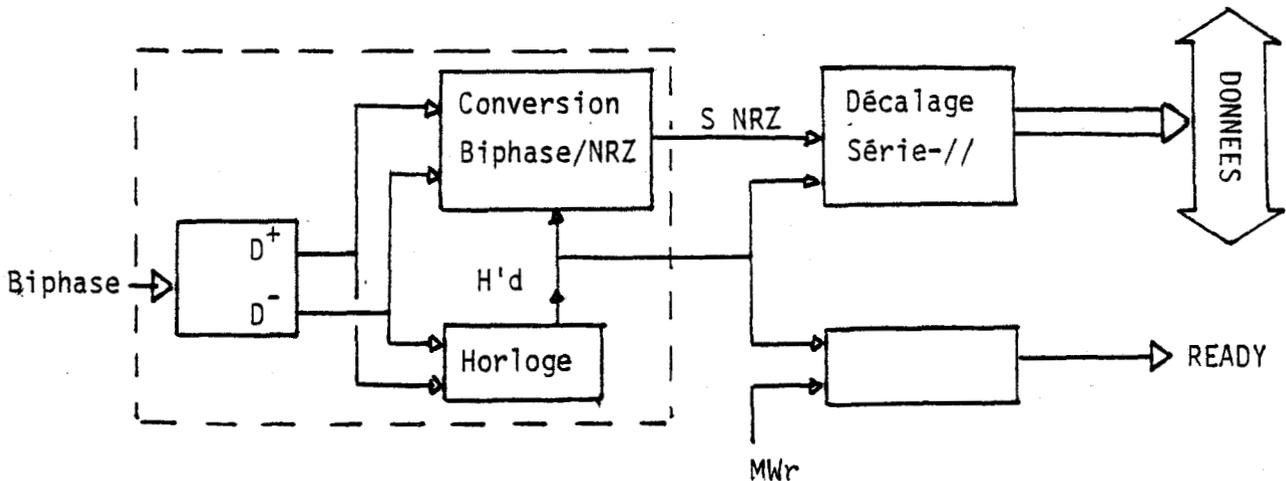


fig 34 : Synoptique du système de décodage.

* Logique de décodage.

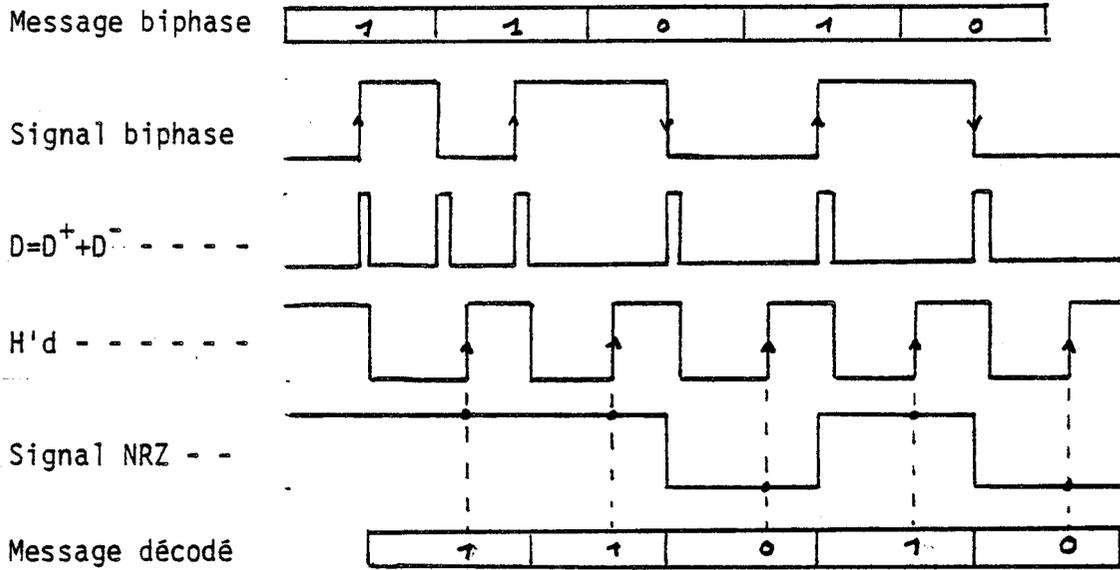
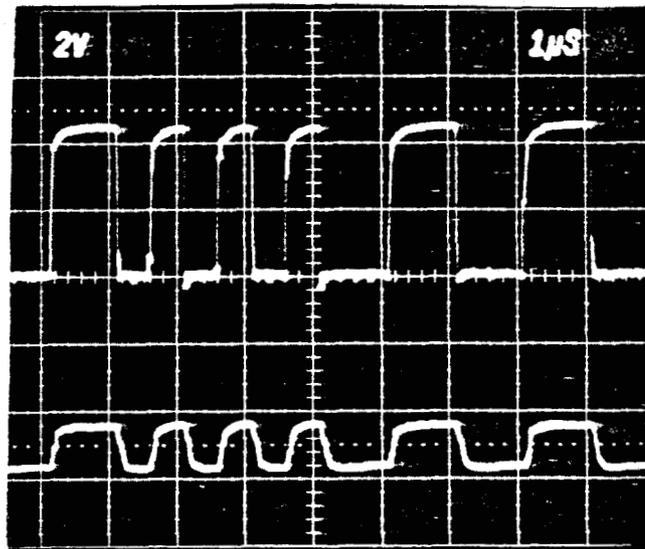


fig 35 : Timing de la conversion NRZ/biphase.

Le signal $D=D^++D^-$ est formé des impulsions positives déclenchées sur chaque front montant et descendant du signal biphase. D nous permet de générer l'horloge de décodage $H'd$ ayant un rapport cyclique de 75%. Cette horloge nous permet d'une part de convertir le signal biphase en signal NRZ et d'autre part de décaler l'octet ainsi codé dans le registre à décalage série-parallèle afin de le présenter sur le bus de données. Une étude plus détaillée de la conversion biphase/NRZ et de ses possibilités est faite en annexe A5.

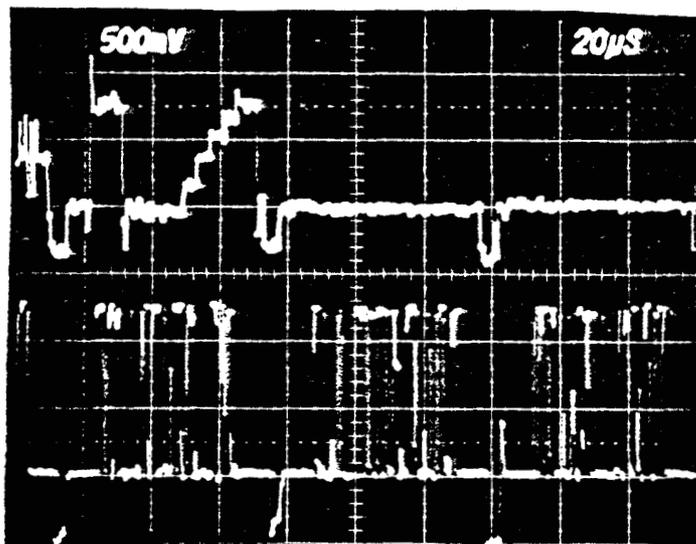
Durant tout le décodage de l'octet la ligne Ready du contrôleur de DMA est maintenue à zéro par un principe analogue à celui décrit au paragraphe 3.2.3.2.



Sortie de la carte
 ◁ — logique vers la
 carte vidéo.

Sortie de la carte
 vidéo vers le
 magnétoscope.
 ◁ —

Photo n° 1 : Codage biphase de l'octet 00001010 avec son bit START = 1



◁ — Signal vidéo-
 composite

◁ — Signal biphase mixé
 au signal vidéo-
 composite.

BUS
 LILLE

Photo n° 2 : Signal vidéo-composite avec et sans les informations
 numériques.

CHAPITRE IV

PROCEDE 'VERTICAL'.

1) INTRODUCTION

Ce procédé est développé en vue de l'insertion dans la trame vidéo d'une identification (nom du sportif, fichier, numéro d'image, etc...) sous forme numérique. Il s'agit donc d'un problème plus simple que celui qui consisterait à inscrire dans l'image toutes les informations provenant des capteurs associés à un sujet filmé.

Nous enregistrons trente octets par trame en plaçant un bit au début de chaque ligne (lignes 8 à 248), ce qui représente un débit de 12 Kbauds, chiffre déjà élevé pour ce procédé (cf 1er chapitre, § 5.2). Comme nous l'avons déjà précisé ce procédé ne nécessite pas un codage spécifique de l'information numérique.

Ces bits sont enregistrés en logique positive (l'amplitude du bit "1" est égale à l'amplitude maximale du signal vidéo).

2) SCHEMA FONCTIONNEL. (cf fig 36)

Nous distinguons trois parties dont les fonctions principales sont :

* Partie analogique (carte vidéo)

- Amplification asservie du signal vidéo-composite.
- Extraction de la synchronisation vidéo.
- Mixage ou démixage des données avec le signal vidéo-composite.

* Partie programmable (carte CPU)

- Gestion de l'ensemble du système.
- Identification des images.

Nota - Le chargement des informations d'identification nécessitant une moins grande rapidité que dans le précédent procédé le microprocesseur effectuera lui-même les transferts d'octets vers (ou depuis) la carte logique.

* Partie logique (carte logique VILOG)

- Etablissement des signaux déterminant l'emplacement exact des bits d'informations sur les lignes vidéo.
- Conversion parallèle-série (ou série-parallèle) des informations numériques.

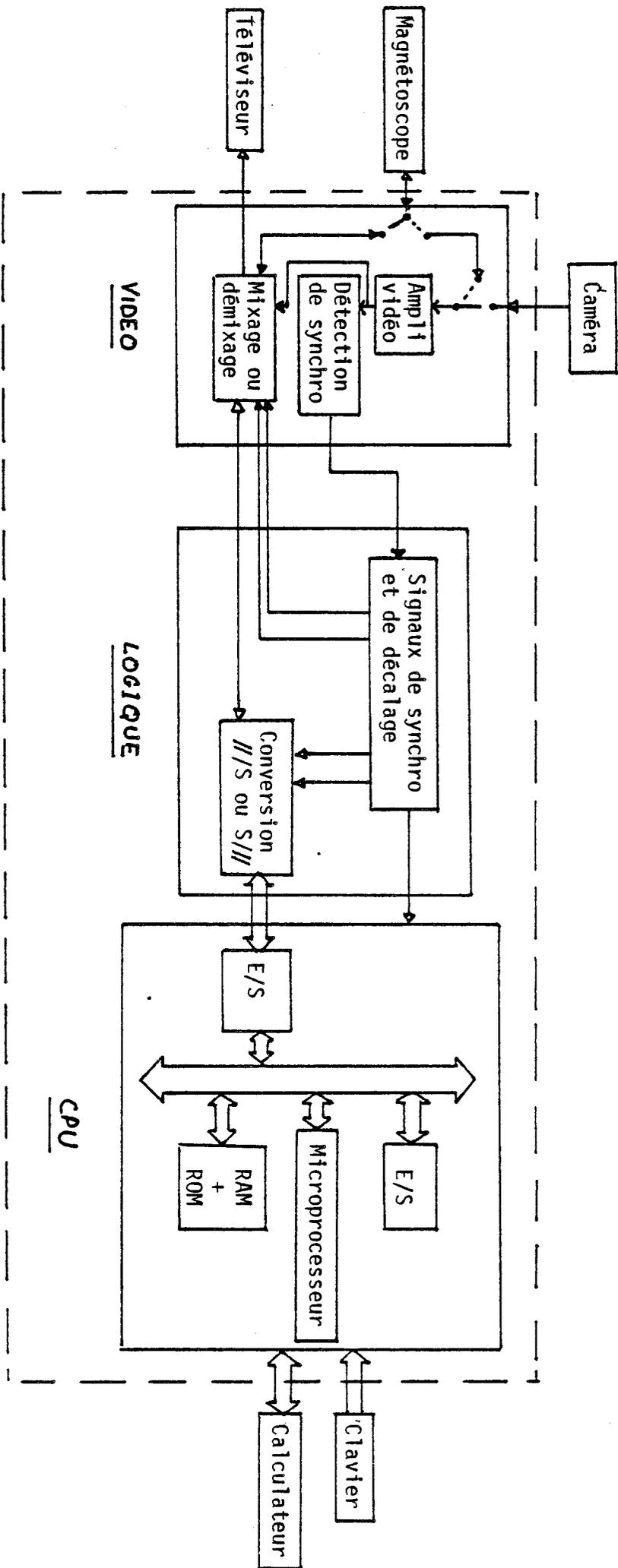


Fig 36 : Schéma fonctionnel du système d'écriture verticale

3) ARCHITECTURE DU SYSTEME

Nous explicitons ici en détail le fonctionnement des trois cartes composant le système.

3.1) Carte vidéo

Cette carte réalise l'interface entre la caméra ou le magnétoscope et la logique de notre système. Ses deux fonctions principales sont :

- La détection du signal de synchronisation vidéo qui conditionne le bon déroulement des opérations de lecture ou d'écriture des informations numériques dans la trame vidéo.
- Le mixage ou le démixage des données avec le signal vidéo composite.

Ces deux opérations ne seront réalisées correctement que si les impulsions de synchronisation du signal vidéo-composite gardent une amplitude constante. Il sera donc nécessaire de réaliser un amplificateur vidéo à contrôle automatique de gain qui régulera le signal délivré par la source (caméra ou magnétoscope).

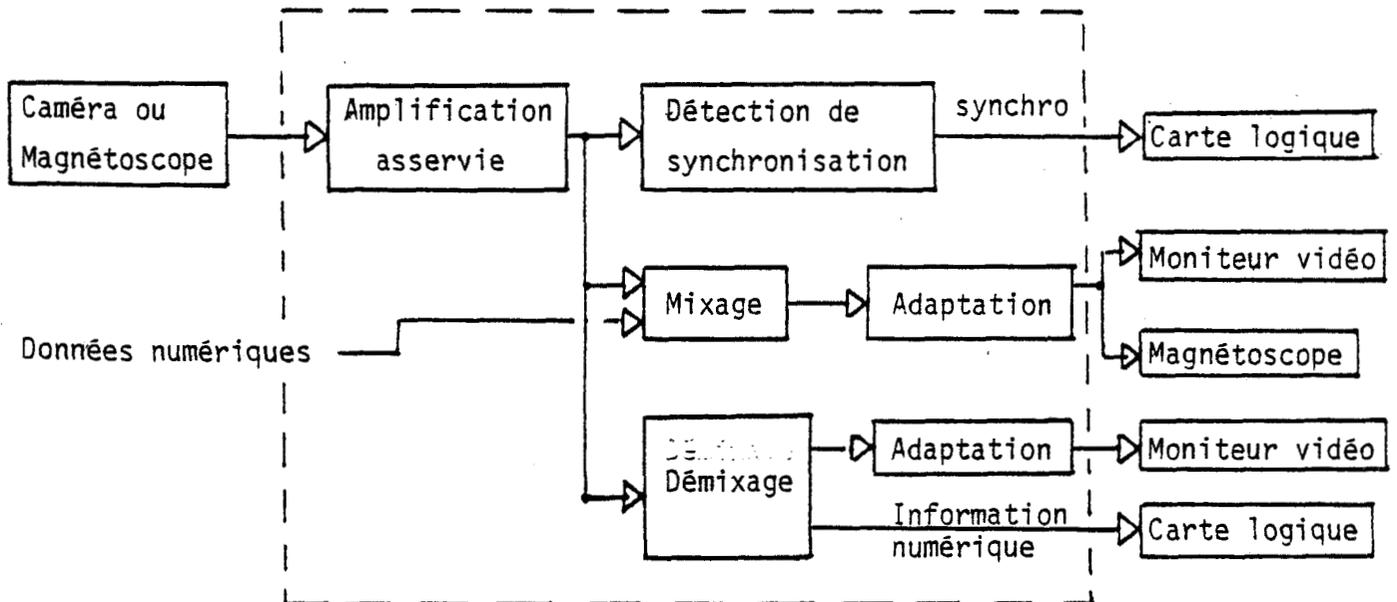


Fig 37 : Synoptique de la carte vidéo

3.1.1 Amplification asservie du signal vidéo-composite (fig 38)

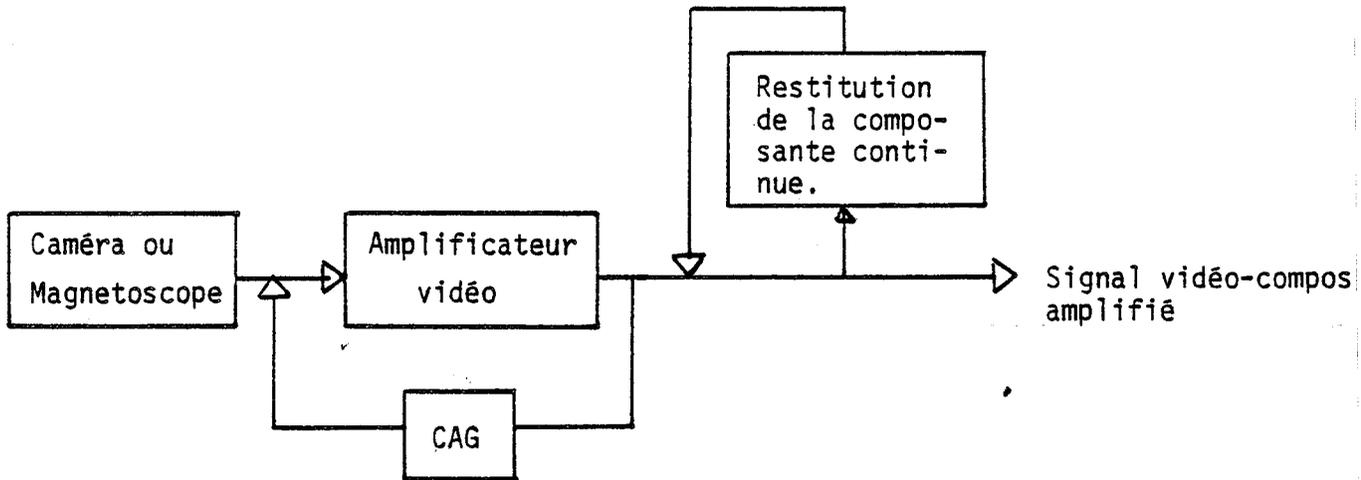


Fig 38 : Amplification asservie

a) Contrôle automatique de gain

Le système doit pouvoir s'adapter à différents magnétoscopes et caméras grand-public qui génèrent chacun le signal vidéo-composite à un niveau différent.

Nous réalisons donc un amplificateur à C. A. G. en envoyant le signal vidéo-composite dans un transistor MOS double-gate dont le gain variable est commandé par une tension proportionnelle à l'amplitude des tops de synchronisation. La constante de temps de cet asservissement peut-être relativement élevée (4 à 5 secondes) puisque ce circuit de C. A. G. ne doit pas être sensible aux fluctuations rapides du signal vidéo-composite.

b) Restitution de la composante continue

Pour effectuer cette C. A. G. nous prenons comme niveau de référence le palier de suppression horizontale (cf ch 1, §4.2). Or après son passage dans l'amplificateur le signal vidéo-composite est recentré autour de sa valeur moyenne, donc le palier de suppression ne constitue plus un niveau de référence (fig 39).

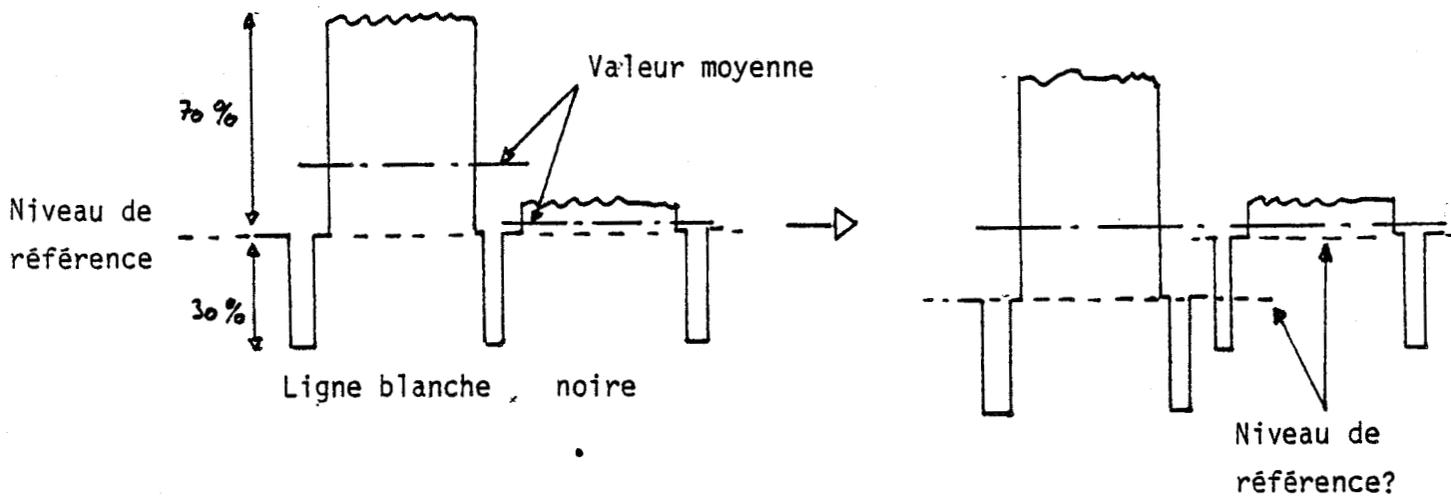


Fig 39 : Restitution du signal vidéo-composite sans la composante continue.

Nous devons donc restituer la composante continue de ce signal. La technique utilisée consiste à détecter le niveau de suppression pour le ramener à une valeur constante.

Soit s le niveau du seuil de détection, e celui du palier de suppression et S le signal obtenu après comparaison du signal vidéo-composite avec s ; S sera formé d'impulsions d'une durée de :

- $5 \mu s$ (durée d'un top ligne) si s est inférieur à e (cf fig 40 a).
- $12 \mu s$ (durée du top plus la suppression) ou plus si s est supérieur à e (cf fig 40 b).

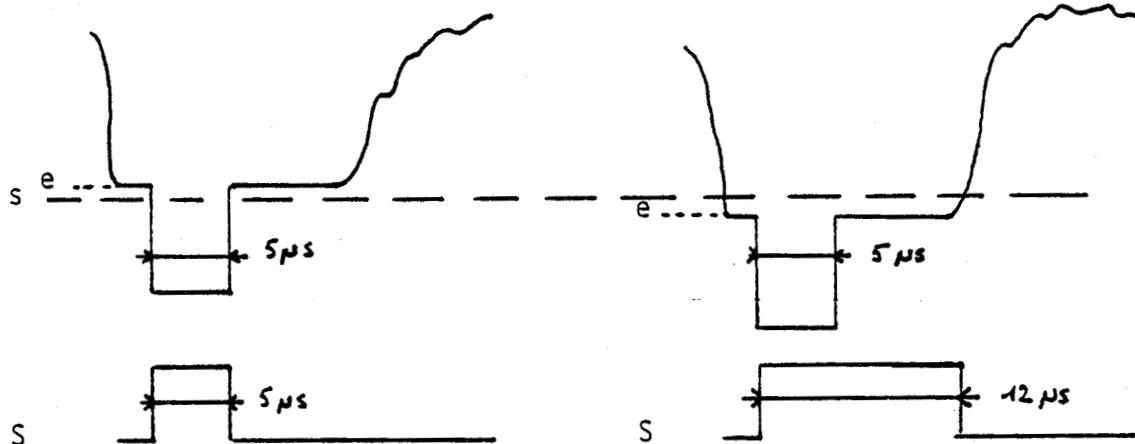


Fig 40.a

Fig 40.b

Nous restituons donc la composante continue du signal vidéo-composite en asservissant le niveau du palier de suppression e au niveau du seuil de détection s de manière à toujours avoir pour le signal S des impulsions d'une durée comprise entre 5 et 12 μs .

Remarque : La restitution de la composante continue est indispensable pour une bonne régénération des composantes de chrominance. (cf annexe 2)

3.1.2) Détection des impulsions de synchronisation vidéo

Cet étage extrait les tops de synchronisation du signal vidéo-composite sans toutefois séparer la synchronisation verticale et la synchronisation horizontale.

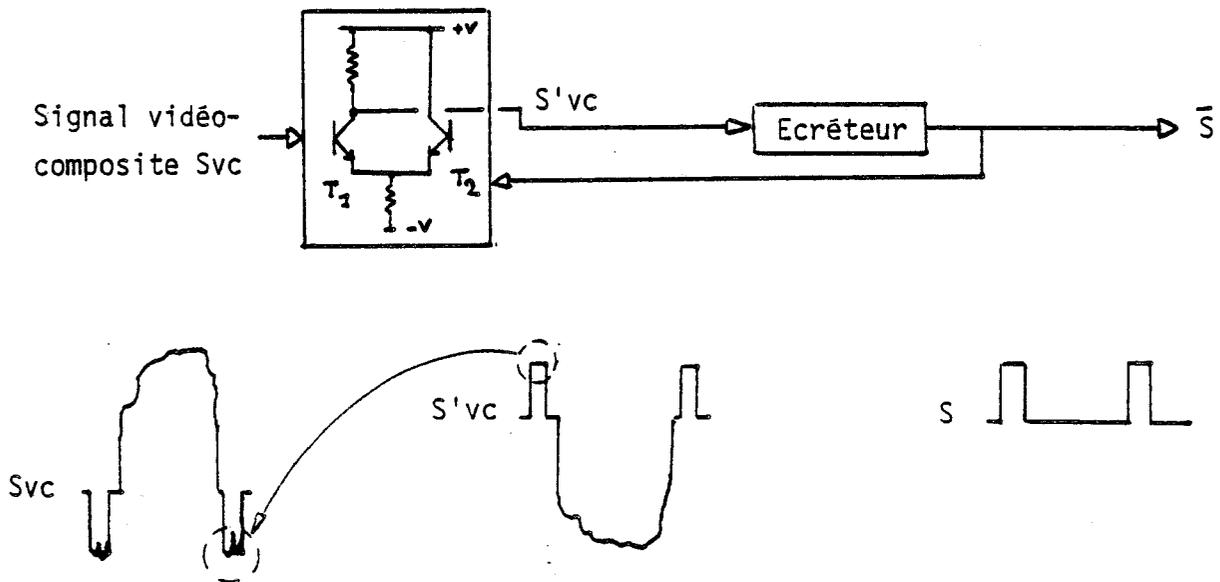


Fig 41 : Détection de la synchronisation vidéo

Le signal vidéo-composite est amplifié et inversé dans l'amplificateur différentiel formé par les deux transistors T_1 et T_2 . Le signal ainsi obtenu S'_{vc} est écrété puis inversé pour donner le signal de synchronisation \bar{S} .

Remarque : Protection contre le bruit.

On effectue une boucle de réaction en renvoyant le signal \bar{S} sur la base du transistor T_2 de l'amplificateur différentiel afin de maintenir

T_2 passant lorsque \bar{S} est au niveau haut (impulsion de synchronisation). Le transistor T_1 est alors bloqué et sa tension de collecteur (S'_{vc}) maintenue à son niveau le plus élevé.

Cette technique permet d'éviter l'amplification du bruit superposé aux impulsions de synchronisation dans le signal vidéo-composite.

3.1.3 Insertion des informations numériques dans le signal vidéo-composite.

Nous devons distinguer ici les deux procédés d'écriture verticale et d'écriture horizontale.

a) Ecriture "horizontale".

Le mixage est réalisé par une porte analogique DG 303.

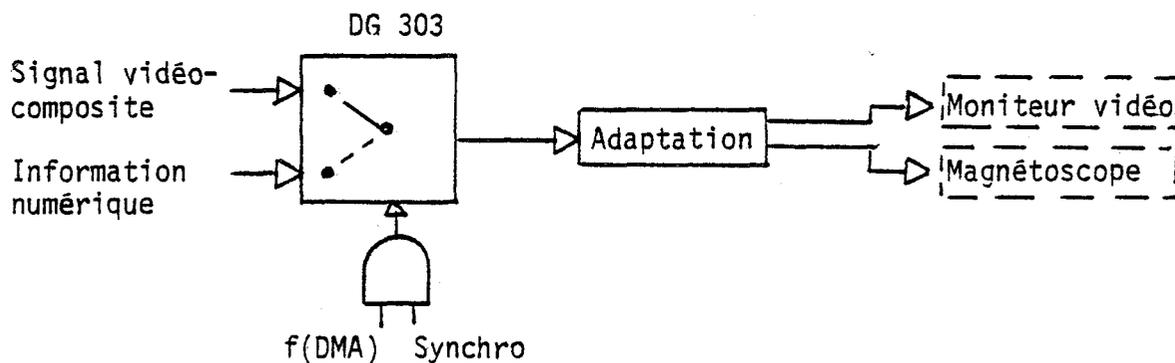


Fig 42 : Mixage des informations

Ces 40 octets d'information sont enregistrés sur dix lignes consécutives de la trame où le signal vidéo est absent. La commande de la porte est donc assurée par la fonction logique ($f(DMA) \times \text{Synchro}$) (cf ch III, § 322) afin de commuter la porte vers les informations numériques uniquement pendant la durée "utile" (60 μ s) de chacune de ces dix lignes.

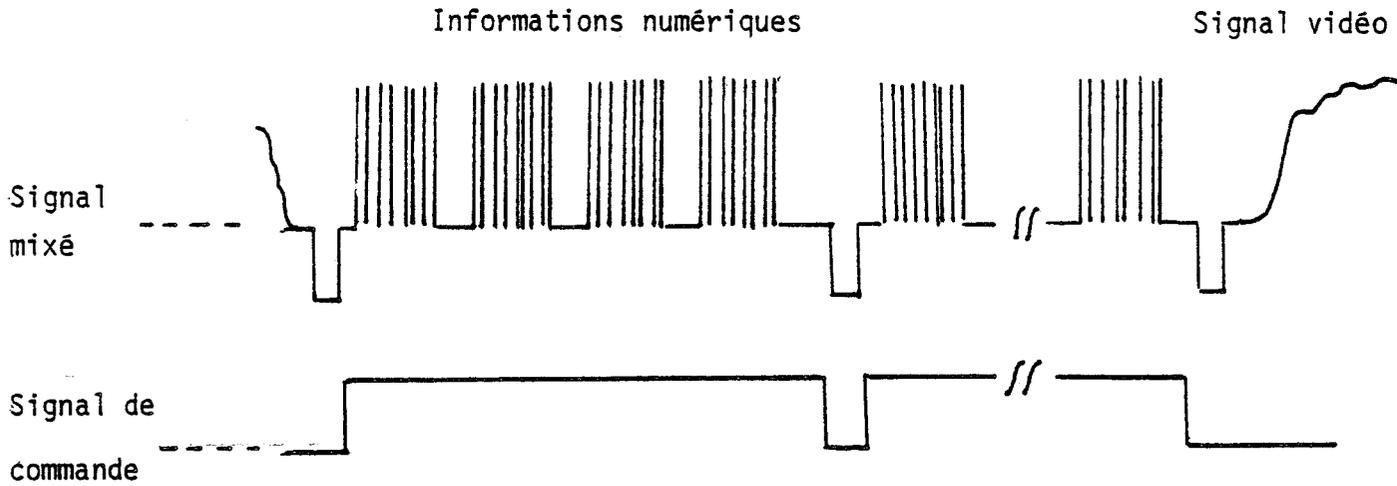


fig 43 : Vidéo + informations numériques

Le signal ainsi mixé qui est représenté à la figure n°43 est ensuite envoyé vers le magnétoscope et un moniteur vidéo par l'intermédiaire de deux circuits adaptateurs d'impédance.

b) Ecriture verticale.

Le procédé est identique au précédent, seules les commandes de la porte analogique sont modifiées.

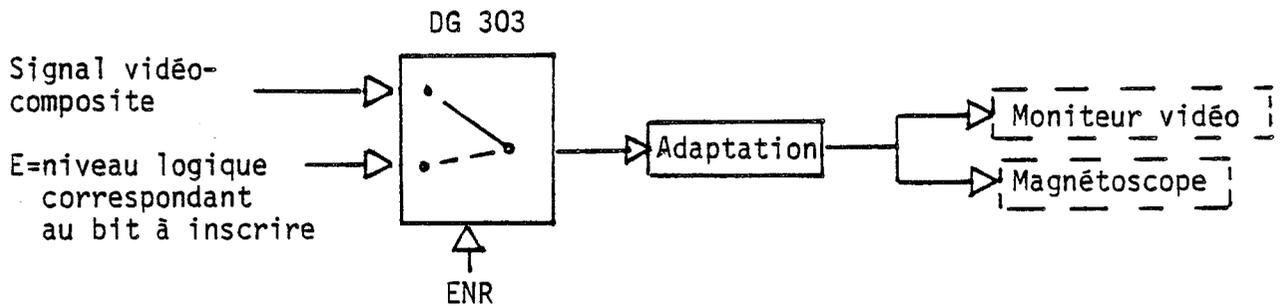


Fig 44

Durant l'impulsion ENR (cf § 2.3.2) générée après chaque top ligne "utile" * on commute la porte analogique vers le signal logique E dont le niveau correspond à la valeur du bit qui doit être inscrit sur la ligne vidéo.

* Ligne "utile" : Une des 240 lignes porteuses d'un bit d'information.

3.1.4 Séparation des informations numériques et du signal vidéo

a) Procédé "horizontal"

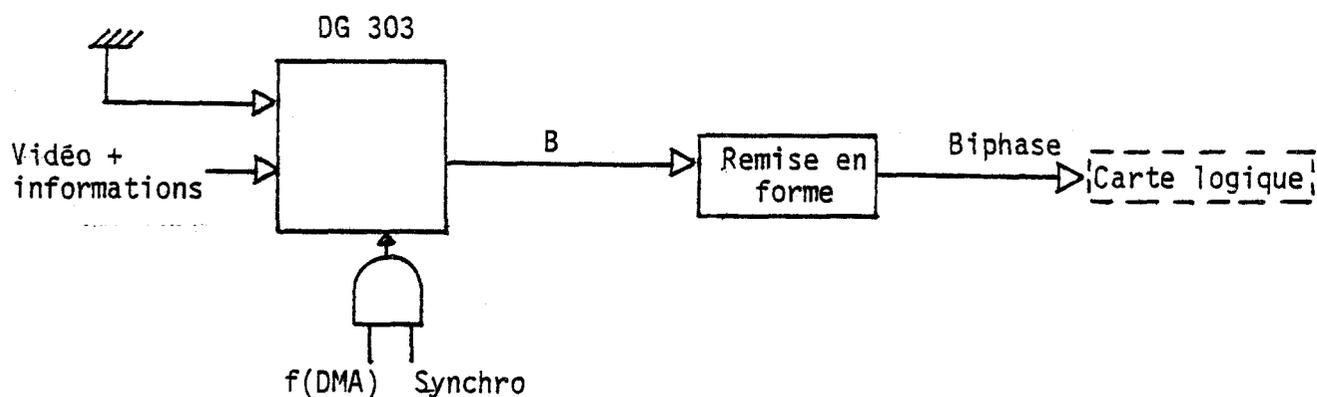


Fig 46 : Démixage des informations

Le démixage est aussi réalisé par une porte analogique DG 303 dont le signal de commande est identique à celui utilisé à l'enregistrement (cf § 3.1.3).

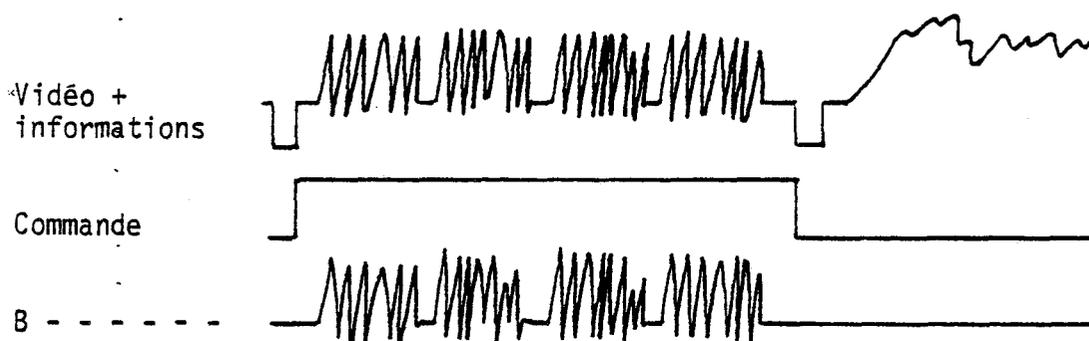


Fig 47 : Démixage

Nous obtenons le signal B correspondant aux informations numériques filtrées qui est envoyé dans un circuit de remise en forme. Ce circuit fixe le seuil de détection du signal biphase et renvoie ce signal sous forme impulsionnelle à la carte logique (cf. photo n°3).

Le lecteur trouvera en annexe A5 une étude de l'influence du niveau du seuil de détection sur le décodage du biphase.

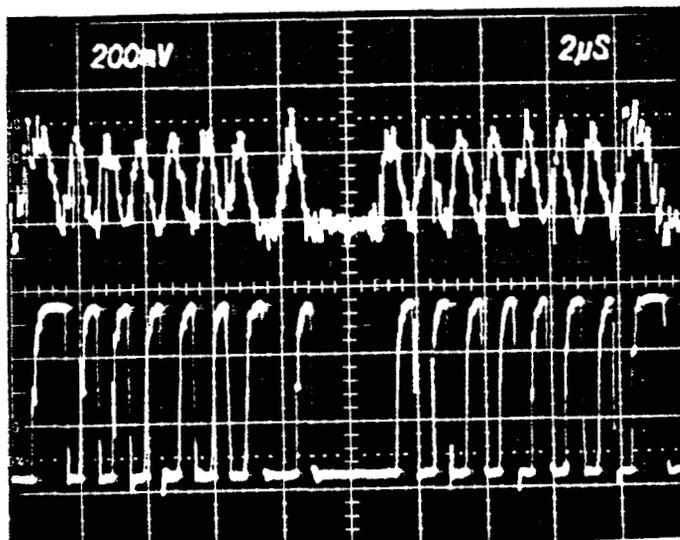


photo n° 3 : Détection du biphase

b) Procédé "vertical"

Le démixage est effectué à l'aide de la même porte analogique DG 303 commandée par l'impulsion LEC (cf § 2.3:2).

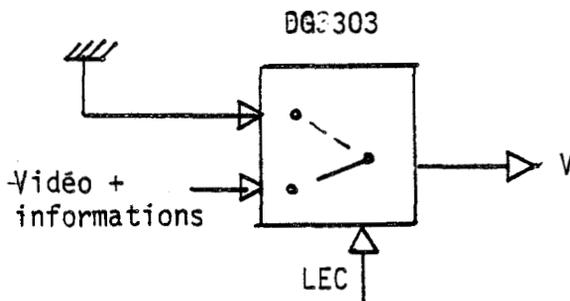


fig 48

Etant donné la nature du signal V (une impulsion d'une durée de 3 µs toutes les 64 µs au plus) il n'est pas besoin de le remettre en forme avant de l'envoyer vers la carte logique.

3.2) Carte CPU

De même type que la carte CPU utilisée dans le procédé d'écriture horizontale elle doit assurer les fonctions suivantes :

-Enregistrement : La carte unité centrale va générer l'identification propre à chaque image sur laquelle on l'inscrira.

C'est elle, et non le contrôleur de DMA comme dans le système précédent, qui est chargée d'envoyer les informations vers la carte logique. Or cette dernière dispose d'un démultiplexeur 16 bits qui assure l'envoi bit à bit de deux octets sur chaque ligne consécutive de la trame vidéo. Donc toutes les 16 lignes le microprocesseur sera interrompu dans son traitement et viendra placer sur un port d'entrée-sortie relié au démultiplexeur le nouveau mot de 16 bits à inscrire sur la trame. Cette opération doit être effectuée en moins de 64 μ s pour que, dès l'apparition du 1er top ligne suivant la demande d'interruption le démultiplexeur soit en mesure de fournir à la carte vidéo le 1er bit du nouveau mot de 2 octets. (cf fig 49)

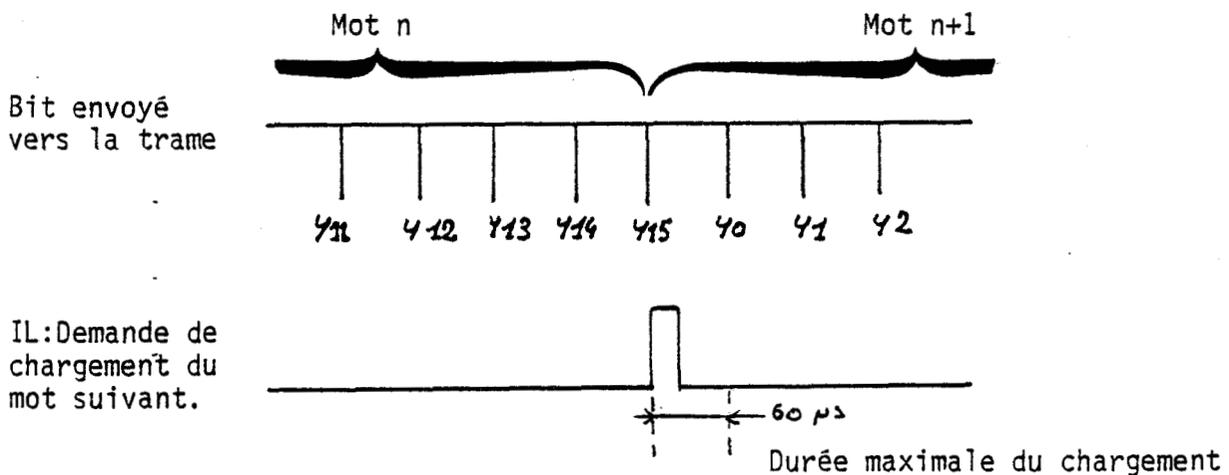


Fig 49 : timing de chargement des informations

Ce procédé nous permet d'enregistrer 30 octets, soit 240 bits sur chaque trame, de la ligne 8 à la ligne 248. Le microprocesseur sera donc interrompu 15 fois par trame pour effectuer le chargement des données vers la carte logique.

- Lecture : Le microprocesseur lit les données inscrites sur chaque trame vidéo, les décode et corrige par redondance les erreurs éventuelles. L'unité centrale envoie ensuite le numéro d'identification de l'image vers le calculateur par l'intermédiaire d'un port d'entrée-sortie parallèle.

Le processus de lecture des informations numériques est identique à celui d'enregistrement. Toutes les 16 lignes le microprocesseur est interrompu dans son travail et vient lire un mot de 2 octets sur un port d'entrée-sortie où se trouvent les 16 bits correspondants aux 16 lignes précédant l'interruption.

Un clavier permettant la commande du système est adjoint à l'unité centrale. A l'enregistrement ce clavier nous permettra aussi de composer l'identification (nom du sportif, n° de fichier, etc...) à enregistrer.

Comme pour le procédé d'écriture horizontale, nous utilisons la carte 80/24 (cf. ref. 18) d'INTEL construite autour du microprocesseur 8085 INTEL.

Cette carte possède notamment un timer d'interruptions, que nous utiliserons pour générer la numérotation d'images, ainsi qu'un contrôleur d'interruptions permettant la hiérarchisation des interruptions venant par exemple de la carte logique, du calculateur, du timer ou du clavier.

3.3) Carte logique VILOG.

Cette carte permet de synchroniser le déroulement des opérations d'enregistrement ou de lecture avec la synchronisation vidéo. Elle doit :

- Repérer chaque début de trame et ligne pour générer correctement les signaux permettant d'écrire ou de lire les bits en lieu et place indiqués (de la 8^{ème} à la 248^{ème} ligne).

- Assurer le transfert des informations numériques de la carte vidéo à l'unité centrale et inversement.

Le synoptique de cette carte est le suivant :

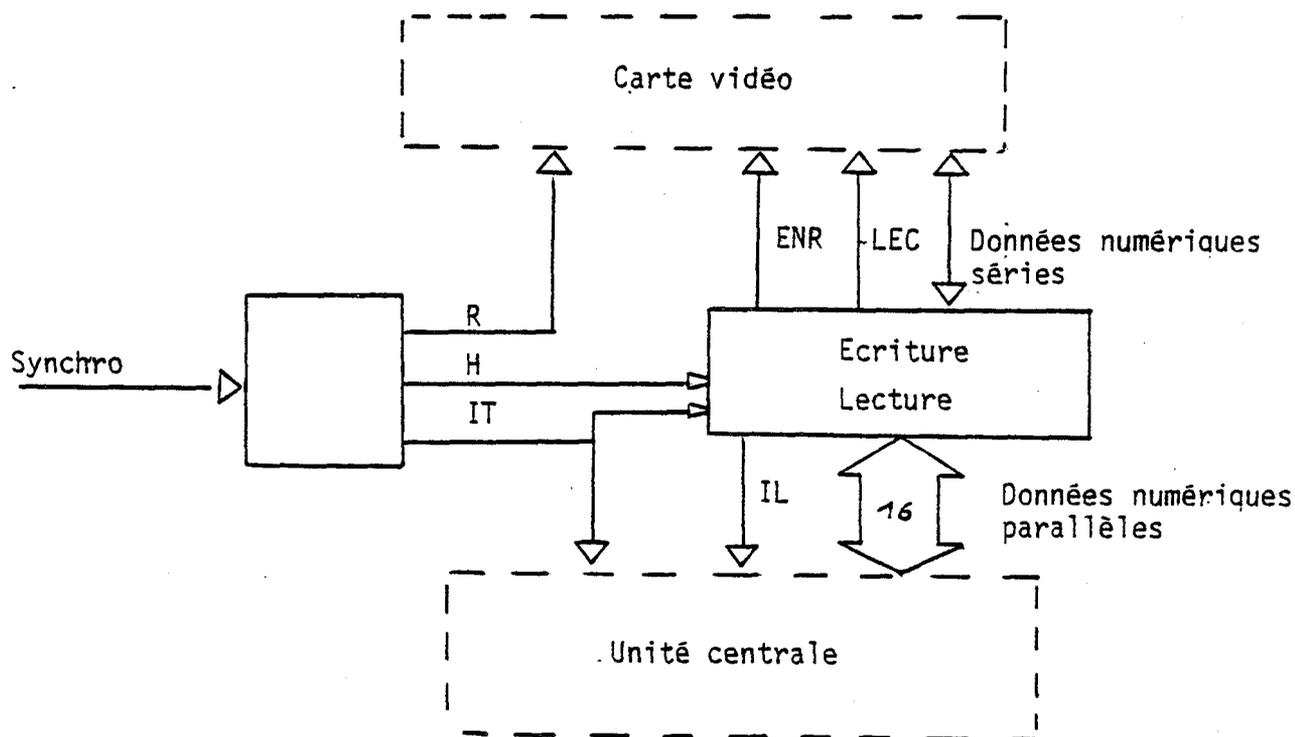


Fig 51 : Synoptique de la carte logique VILOG

Cette carte à été réalisée en logique CMOS

3.3.1 Signaux synchronisant le déroulement des transferts

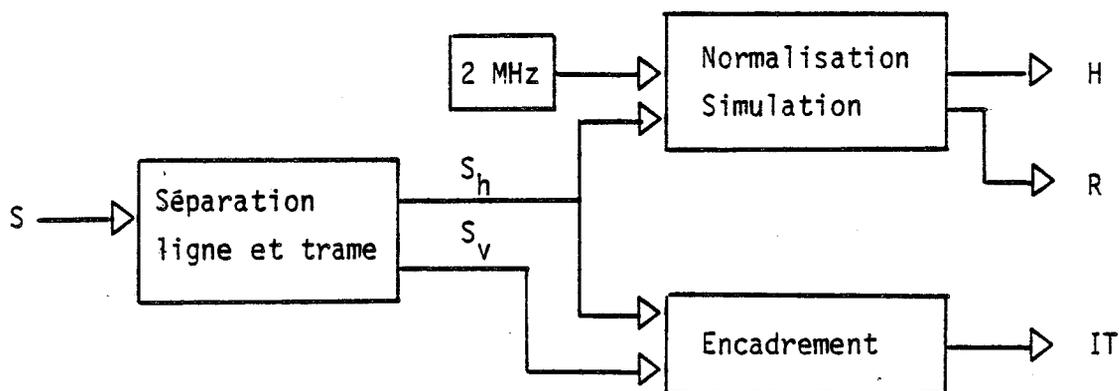


Fig. 52 : Génération des signaux synchronisant le déroulement des transferts.

* Séparation des signaux de synchronisation horizontale et verticale :

La séparation est effectuée en intégrant le signal S de synchronisation vidéo puis en remettant en forme le signal ainsi intégré afin d'obtenir le top de synchronisation verticale S_v . Ce signal de synchronisation horizontale S_h est composé des impulsions négatives déclenchées sur les fronts descendants de S.

* Le signal d'encadrement IT est généré à l'aide de S_h et S_v :

Il autorise l'écriture ou la lecture des bits d'information de la 8^{ème} à la 248^{ème} ligne. De plus il est envoyé au microprocesseur pour lui indiquer un changement de trame.

Le timing de ces signaux est le suivant : (cf. fig. 53)

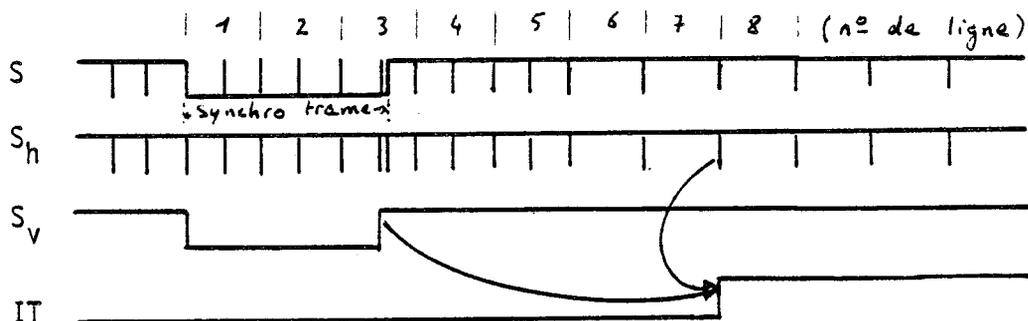


Fig 53

* Normalisation et simulation éventuelle de l'impulsion de synchronisation horizontale :

Nous générons ici une impulsion H d'une durée égale à 500 nanosecondes et située sur le front montant de chaque top ligne durant la période d'encadrement (IT = 1).

La présence de cette impulsion est primordiale car elle conditionne l'inscription ou la lecture correcte du message de 30 octets dans la trame vidéo. Or il peut arriver que S_h ne soit pas détecté à cause par exemple d'un parasitage du signal vidéo-composite à l'enregistrement. Il faut néanmoins que H soit généré sous peine de ne plus savoir décoder le reste du message contenu dans la trame.

Nous avons donc réalisé un circuit qui, à l'aide d'un signal d'horloge à 2 MHz, nous permet de générer l'impulsion H dans le cas où l'impulsion S_h correspondante n'est pas détectée. Afin d'optimiser la détection de la synchronisation vidéo et donc de S_h nous produisons le signal R qui permet de modifier le seuil de détection du top de synchronisation au moment où il doit se présenter. (cf. § 2.1.2)

Le timing de ces signaux est le suivant : (cf. fig. 53 bis)

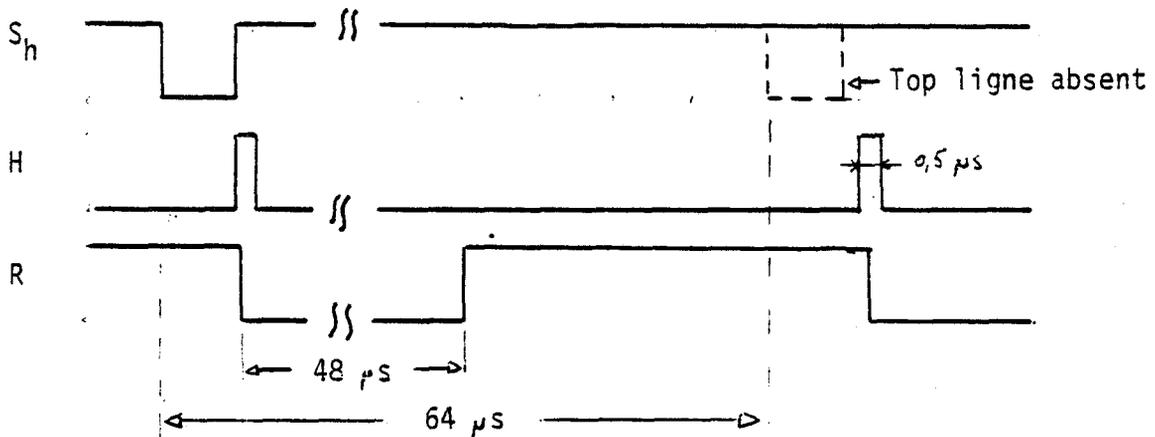


Fig 53 bis

3.3.2 Enregistrement et lecture des données :

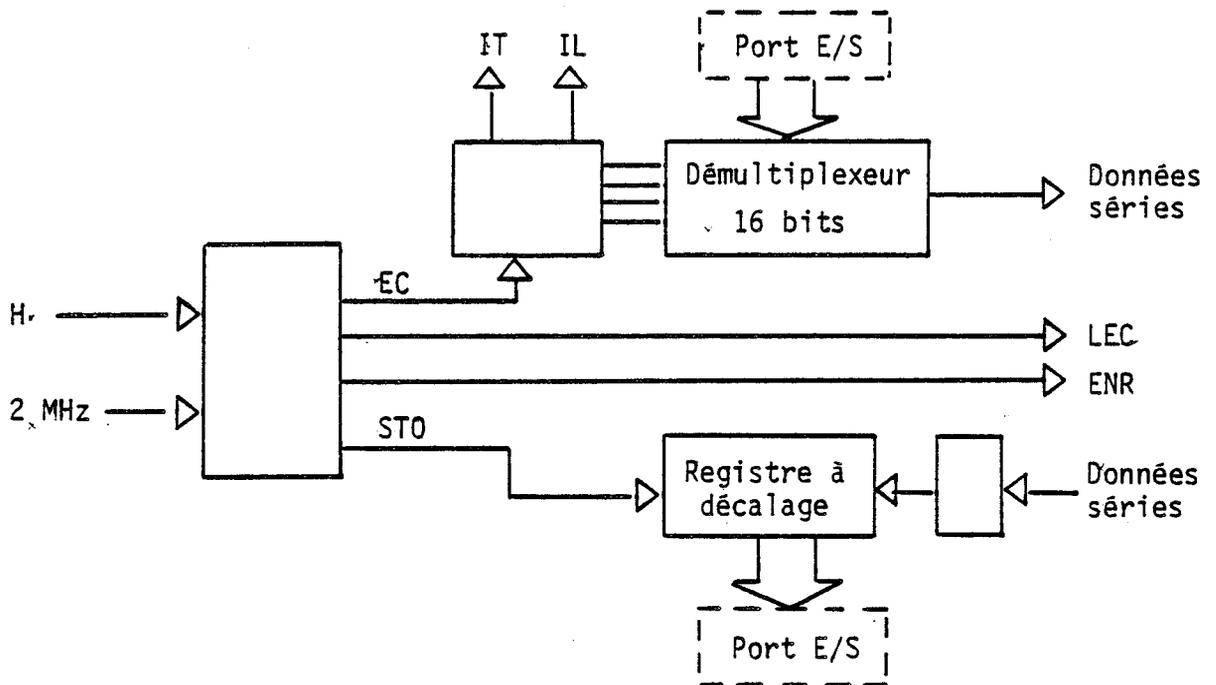


Fig. 54 : Schéma simplifié des circuits permettant l'enregistrement et la lecture des données.

* Procédure d'enregistrement :

Le bit devant être enregistré est présenté à l'entrée de la porte analogique de la carte vidéo par un démultiplexeur 16 bits. Durant l'impulsion ENR cette porte analogique est commutée et permet l'inscription du bit sur la ligne vidéo. Dès que cette impulsion est terminée on donne l'ordre au démultiplexeur de présenter le bit suivant à la porte analogique (signal EC)*.

* Procédure de lecture :

Chaque bit lu est envoyé dans un registre à décalage dont les 16 sorties parallèles sont reliées par l'intermédiaire d'un buffer au port d'entrée-sortie de l'unité centrale.

Durant l'impulsion LEC* le signal vidéo-composite (qui est en fait le bit préalablement enregistré) est envoyé dans un intégrateur situé à l'entrée du registre à décalage. Immédiatement après l'impulsion LEC le signal STO ordonne :

* ENR : enregistrement EC : écriture LEC : lecture

- le décalage des bits présents dans le registre ;
- l'acquisition par ce registre du bit dont la valeur V est stockée temporairement dans l'intégrateur.

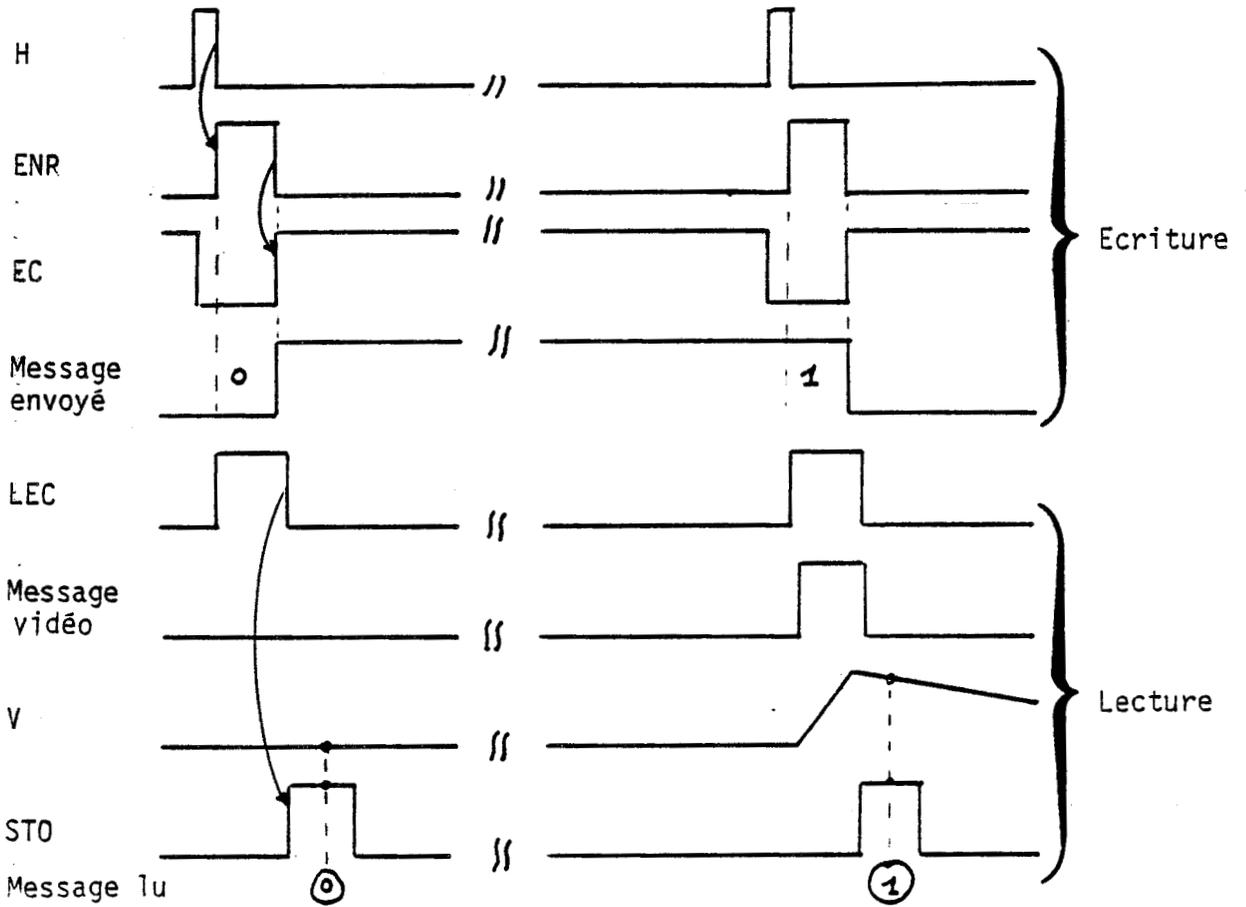


Fig 55 : Séquence d'écriture et de lecture du mot de 2 bits (01)

A l'aide du signal EC on génère toutes les 16 lignes l'impulsions IL ordonnant au microprocesseur d'écrire (respectivement de lire) le mot de 16 bits sur le port d'entrée-sortie relié au démultiplexeur (respectivement au registre à décalage).

CHAPITRE V

LOGICIEL ET COMPARAISON DES DEUX PROCÉDES.

Dans la première partie de ce chapitre nous établissons les programmes permettant d'effectuer des tests comparatifs entre les procédés d'écriture horizontale et verticale, tests qui seront décrits et dont les résultats seront analysés dans la deuxième partie. Le principe de ces tests est simple : Il consiste à inscrire sur chaque trame la même séquence (R) d'octets (ou séquence de référence) puis à relire cette séquence ainsi enregistrée (D) et à la comparer octet par octet avec la séquence de référence, cette opération étant répétée pour chaque trame inscrite.

1) LOGICIEL

Les programmes sont écrits à l'aide du système de développement MDSII INTEL qui permet en outre l'émulation de la carte unité centrale, c'est à dire la mise au point commune du "logiciel" et du "matériel". En effet pendant l'émulation le MDS est directement relié au microprocesseur 8085 INTEL de notre système et permet ainsi :

- Au microprocesseur d'effectuer un programme virtuellement implanté sur la carte CPU mais qui est en fait chargé dans la mémoire vive du MDS (capacité de 32 K octets).
- à l'utilisateur de connaître à tout moment du programme l'état des registres du microprocesseur, des ports Entrée-sortie et des mémoires de la carte unité centrale.

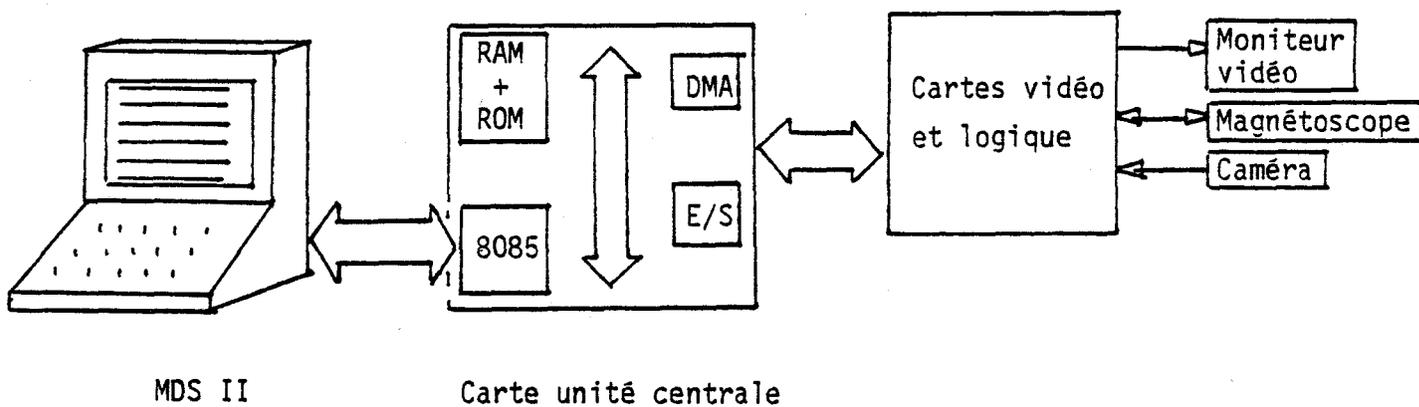


fig 56 : Matériel permettant la mise en oeuvre des deux procédés

Nous utilisons un langage semi-évolué, le PLM (cf ref 22) qui nous permet d'écrire nos programmes plus facilement qu'en langage assembleur. Toutefois un programme écrit en PLM est, une fois compilé, plus important que le programme correspondant écrit en assembleur et par conséquent "s'exécute" plus lentement. Comme nous le verrons il est parfois nécessaire d'écrire en langage assembleur des sous-programmes permettant d'effectuer des tâches simples mais rapides. D'autre part la mise au point des procédés nous oblige à suivre pas à pas le déroulement des instructions réalisées par le microprocesseur. Nous devons donc assimiler la traduction du programme PLM en assembleur qui nous est fournie par le système de développement MDS II.

1.1) Procédé "horizontal".

1.1.1 Programmes d'écriture et de lecture.

Avant d'aborder le programme de test permettant une étude systématique des erreurs inhérentes à ce procédé, étudions la programmation permettant :

a) L'écriture dans la trame vidéo de 40 octets placés dans la mémoire vive (RAM) de l'unité centrale.

b) La lecture des octets enregistrés sur la bande magnétique du magnétoscope.

a) Ecriture :

- Signaux utilisés : - Synchronisation verticale S_v
- Fin de l'encadrement des données $f'(DMA)$
(Ces deux signaux permettent d'encadrer la période nécessaire à la préparation du contrôleur de DMA et aux transferts DMA).

- Initialisation du programme :

Elle se déroule en deux étapes :

* Configuration du port Entrée-Sortie où le microprocesseur vient tester les lignes S_v et $f'(DMA)$,

* Chargement de la séquence type (R) de 40 octets dans la mémoire RAM qui sera lue par le contrôleur de DMA.

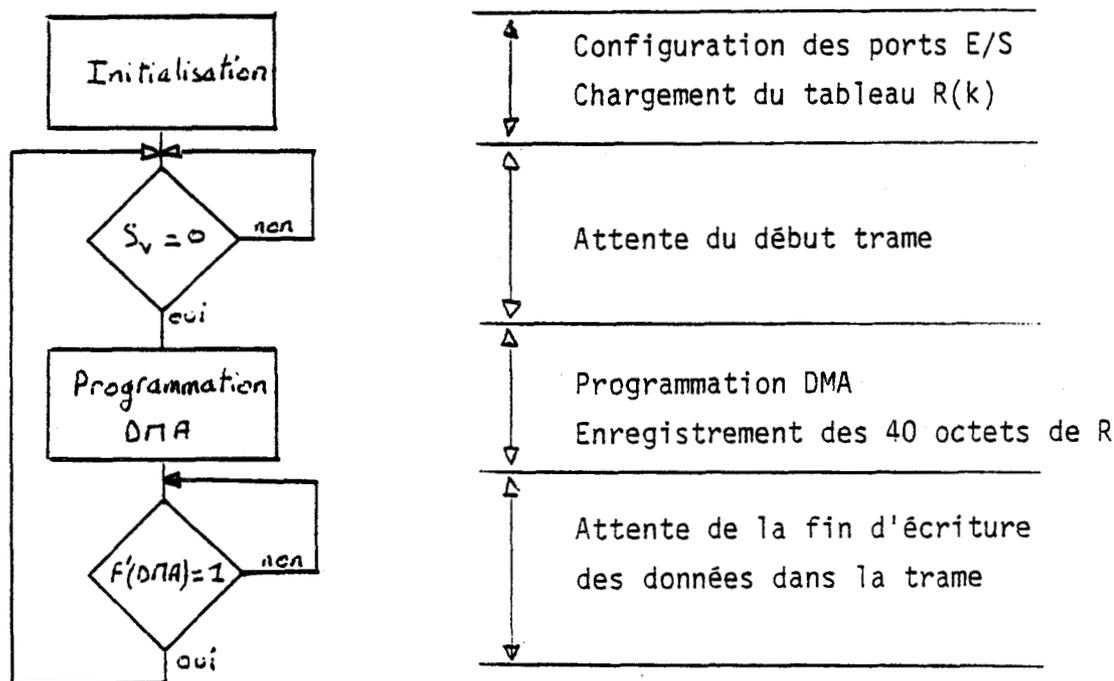
- Programme principal :

A chaque début de trame, signalé par $S_v=0$, nous programmons les registres du contrôleur de DMA nécessaires à l'opération :

- registre de mode ;
- registre de commande ;
- registre de masquage ;
- registre d'adresse ;
- registre compteur-décompteur.

Le microprocesseur attend ensuite le signal de fin de chargement des données par le DMA et revient attendre le top trame suivant en scrutant la ligne S_V .

L'organigramme du programme est le suivant :



Nota : Nous plaçons une boucle d'attente du signal $f'(DMA)$ pour que le microprocesseur ne programme pas plusieurs fois le contrôleur de DMA durant l'impulsion $S_V=0$ qui dure $640 \mu s$.

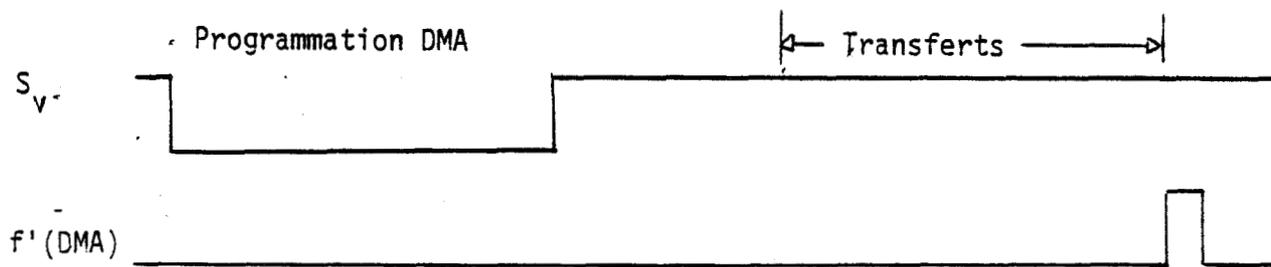


Fig 58

b) Lecture :

Le processus est le même qu'à l'écriture. La phase d'initialisation se limite, toutefois, à la configuration des ports Entrée-Sortie. De plus le contrôleur de DMA est programmé de manière à écrire les données issues de la logique externe dans la mémoire RAM de l'unité centrale.

1.1.2) Programme de test.

Ce programme doit nous permettre de connaître en temps réel le taux d'erreurs* dues à l'enregistrement des données sur la bande vidéo ainsi que leur répartition dans chaque trame et ligne d'inscription.

Nous déterminerons ainsi :

- La proportion d'images justes et d'images fortement entachées d'erreurs, (plus de 35 erreurs par trame).
- Les paquets de trames successivement fausses, ce qui signifierait des pertes de synchronisation vidéo ou "sauts d'images".
- Le nombre de fois où un groupe de 4 octets, correspondant à une ligne d'inscription, est erroné dans son intégralité.

C'est pourquoi nous allons étudier les paramètres suivants :

- T = Nombre total de trames lues
- N = Nombre total d'erreurs
- t(n) = Nombre de trames ayant n erreurs (0 ≤ n ≤ 40).
- e(k) = Nombre de fois où le k^{ème} octet est faux (1 ≤ k ≤ 40)
- L(i) = Nombre de fois où la i^{ème} ligne d'inscription est totalement erronée. (1 ≤ i ≤ 10)
- F(p) = Nombre de trames du p^{ème} groupe de trames successives contenant chacune plus de 35 octets erronés.

* Déroulement du programme

La comparaison des octets enregistrés (D) sur la bande vidéo avec la séquence (R) de référence se fait trame par trame afin de ne pas stocker tous les octets que l'on relit et qui occuperaient une place trop importante dans la mémoire RAM. (une minute d'enregistrement contient 45 Koctets); Lors de cette comparaison nous utilisons les paramètres suivants :

- n = nombre d'erreurs relevées dans la trame (0 ≤ n ≤ 40)
- m = nombre d'erreurs par ligne (0 ≤ m ≤ 4)

* Nous entendons par erreur un octet mal relu.

- $D(i,j)$ = représentation matricielle des octets enregistrés.
- $R(i,j)$ = représentation matricielle des octets de référence ($1 \leq i \leq 10$; $1 \leq j \leq 4$)

(Ces deux groupes d'octets sont stockés dans les emplacements (D) et (R) de la mémoire RAM).

L'organigramme simplifié du programme est le suivant :

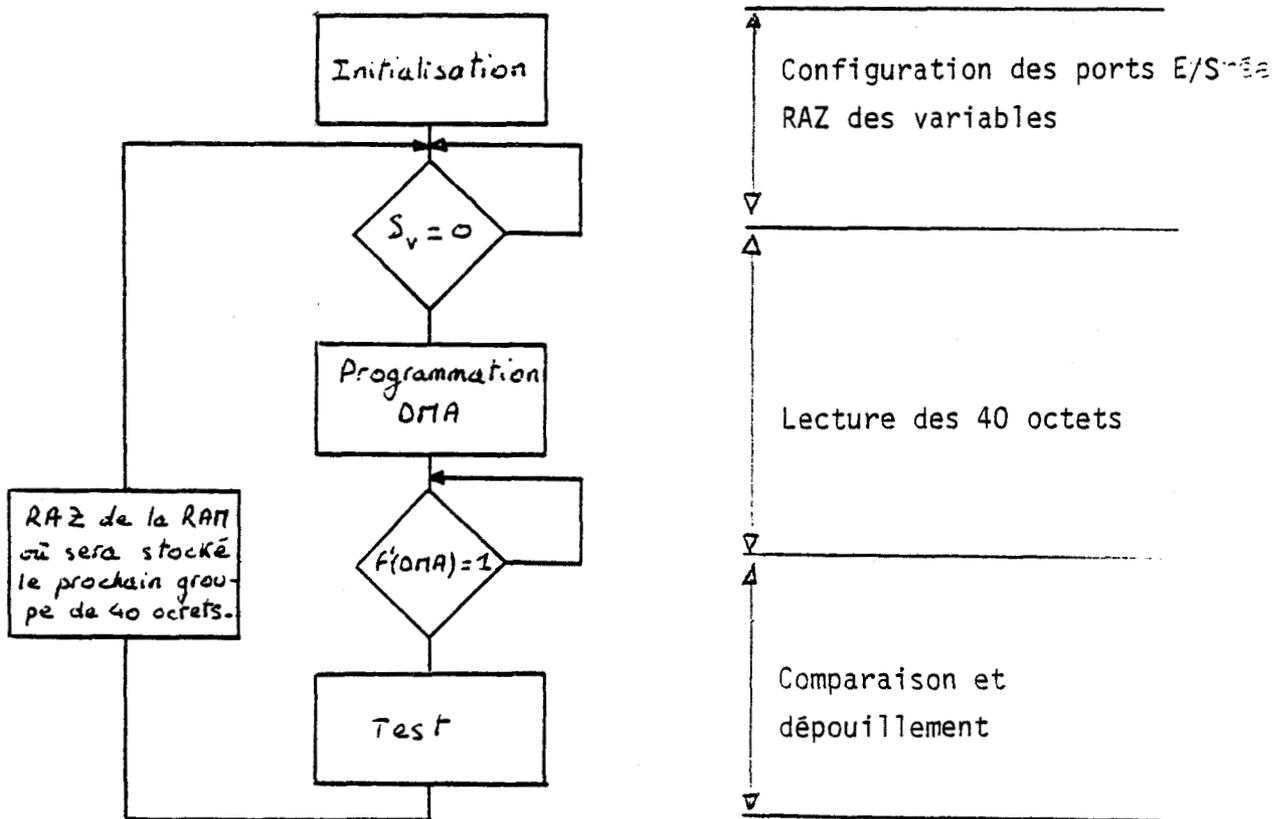
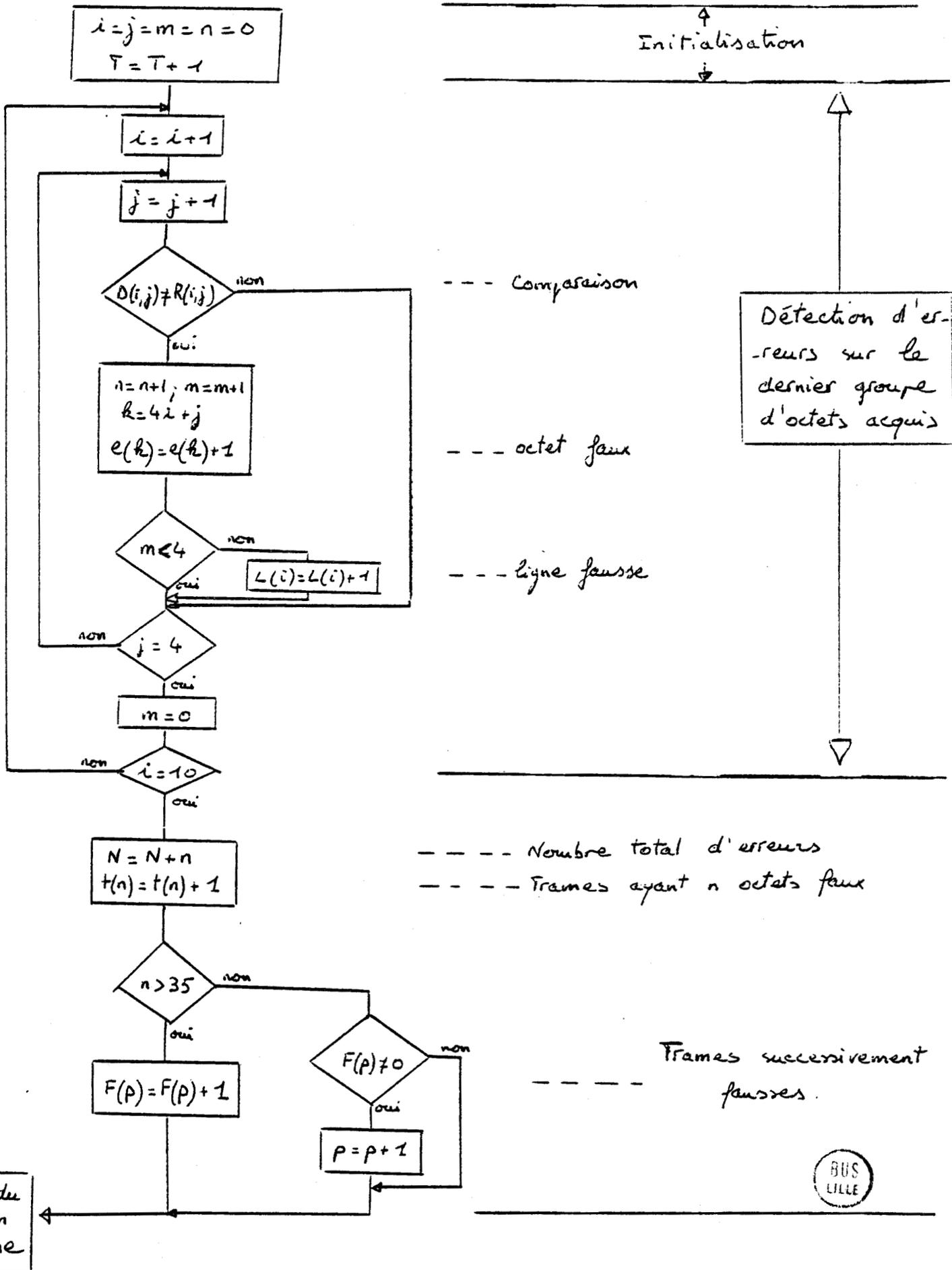


fig. 59 : Organigramme simplifié du programme de lecture (procédé horizontal)

Les "listings" de ces différents programmes sont donnés en annexe A6.

Fig 60 : Organigramme du sous-programme de test.(procédé horizontal)



Remarque : Ne disposant pas de la carte 80/24 INTEL lors des essais de ce procédé nous avons utilisé le KIT SDK-85 INTEL qui remplit toutes les fonctions nécessaires à leurs réalisations.

1.2) Procédé vertical

A chaque trame le microprocesseur effectue le transfert des 30 octets de la mémoire RAM vers la carte logique (ou vice-versa) à raison d'un mot de deux octets toutes les 1,024 millisecondes (cf. ch. IV, § 2.2).

Ces procédures de transfert qui doivent être rapides (1er octet chargé en moins de 60 microsecondes après la demande de transfert $IL = 1$) seront réalisées à l'aide de sous-programmes d'interruptions afin de ne pas occuper le microprocesseur uniquement à la scrutation de la ligne IL.

1.2.1. Programme d'écriture

- Signaux utilisés :
 - Synchronisation verticale S_v
 - Demande de transfert IL
- Phase d'initialisation :
 - Configuration des ports Entrée-Sortie
 - Chargement dans la mémoire RAM de la séquence-type des 30 octets ($R(k_1), 1 \leq k_1 \leq 30$)

- Ecriture des octets : En début de trame ($IT = 0$) le microprocesseur vient charger les 2 premiers octets ($R(1)$ et $R(2)$) dans le port Entrée-Sortie. Ensuite à la première interruption ($IL = 1$) il vient placer le mot suivant de deux octets dans le port et ainsi de suite jusqu'à la 15^{ème} et dernière interruption. Après quoi il attend le top trame suivant pour recommencer le processus.

Remarque :

On utilise deux places mémoires intermédiaires (Y et Z) permettant de stocker pendant la $p^{\text{ème}}$ interruption le mot devant être placé sur le port Entrée / Sortie à la $(p + 1)^{\text{ème}}$ interruption.

Le microprocesseur peut ainsi venir placer le premier octet sur le port Entrée-Sortie moins de 60 microsecondes après la demande d'interruption car il ne doit pas le rechercher à l'intérieur du tableau ($R(k_1)$).

Nous donnons ci-dessous l'organigramme du programme d'écriture verticale.

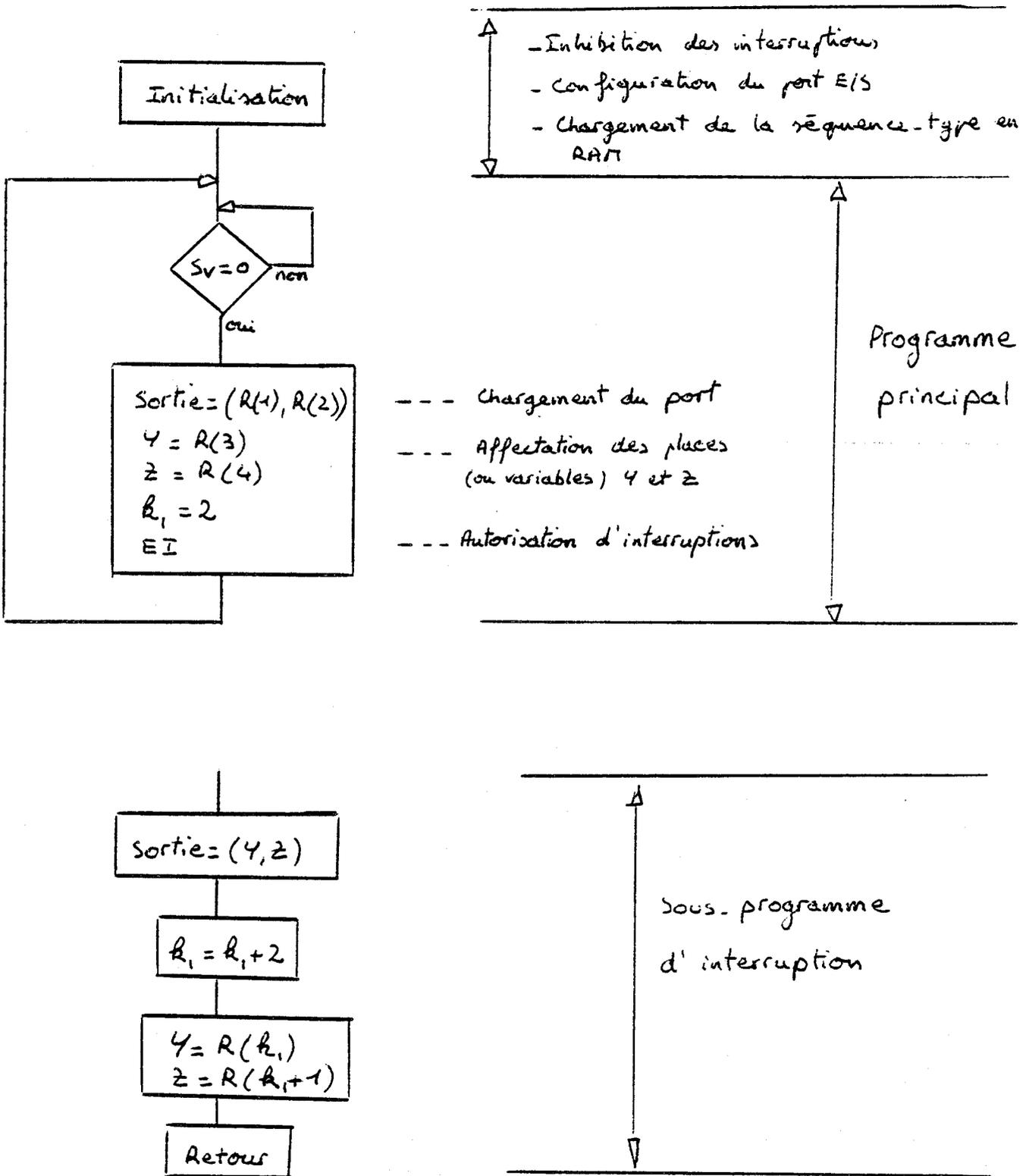


fig 61 : Organigramme du programme d'écriture verticale



1.2.2 Programme de lecture et de test.

Ce programme permet de dépouiller les données en temps réel, c'est à dire trame par trame. La lecture des octets et leur traitement d'erreurs sont ici imbriqués car le microprocesseur doit acquérir un mot toutes les 1,024 millisecondes. Nous devons donc prévoir un stockage transitoire des octets acquis pendant une trame pour pouvoir les traiter à la suivante. Nous réservons dans la mémoire RAM trois emplacements de 30 octets chacun qui sont :

- mémoire (D) : Octets en cours d'acquisition
- mémoire (S) : Octets acquis pendant la trame précédente
- mémoire (R) : Octets de référence

Seuls les paramètres suivants sont étudiés :

T = Nombre de trames lues

N = Nombre total d'erreurs

$e(k)$ = Nombre de fois où le $k^{\text{ème}}$ octet est faux ($1 \leq k \leq 40$)

$t(n)$ = Nombre de trames ayant n erreurs ($0 \leq n \leq 40$)

* Déroulement du programme :

Après initialisation le programme répète le même processus à chaque trame et qui se déroule de la manière suivante :

Dès que l'acquisition dans la mémoire (D) des 30 octets enregistrés sur une trame vidéo est terminée (IT = 0) le microprocesseur transfère ces octets dans la mémoire de stockage temporaire (S) puis remet à zéro le contenu de la mémoire (D). Le système est ainsi prêt à accueillir les octets enregistrés dans la trame suivante.

Cette phase de préparation terminée le microprocesseur traite le contenu de la mémoire de stockage temporaire (S) tout en acquérant les nouveaux octets qui sont présentés par la carte logique. Il revient ensuite scruter la ligne IT qui lui indiquera la fin du transfert des 30 octets inscrits sur la trame (IT = 0).

L'organigramme du programme est le suivant :

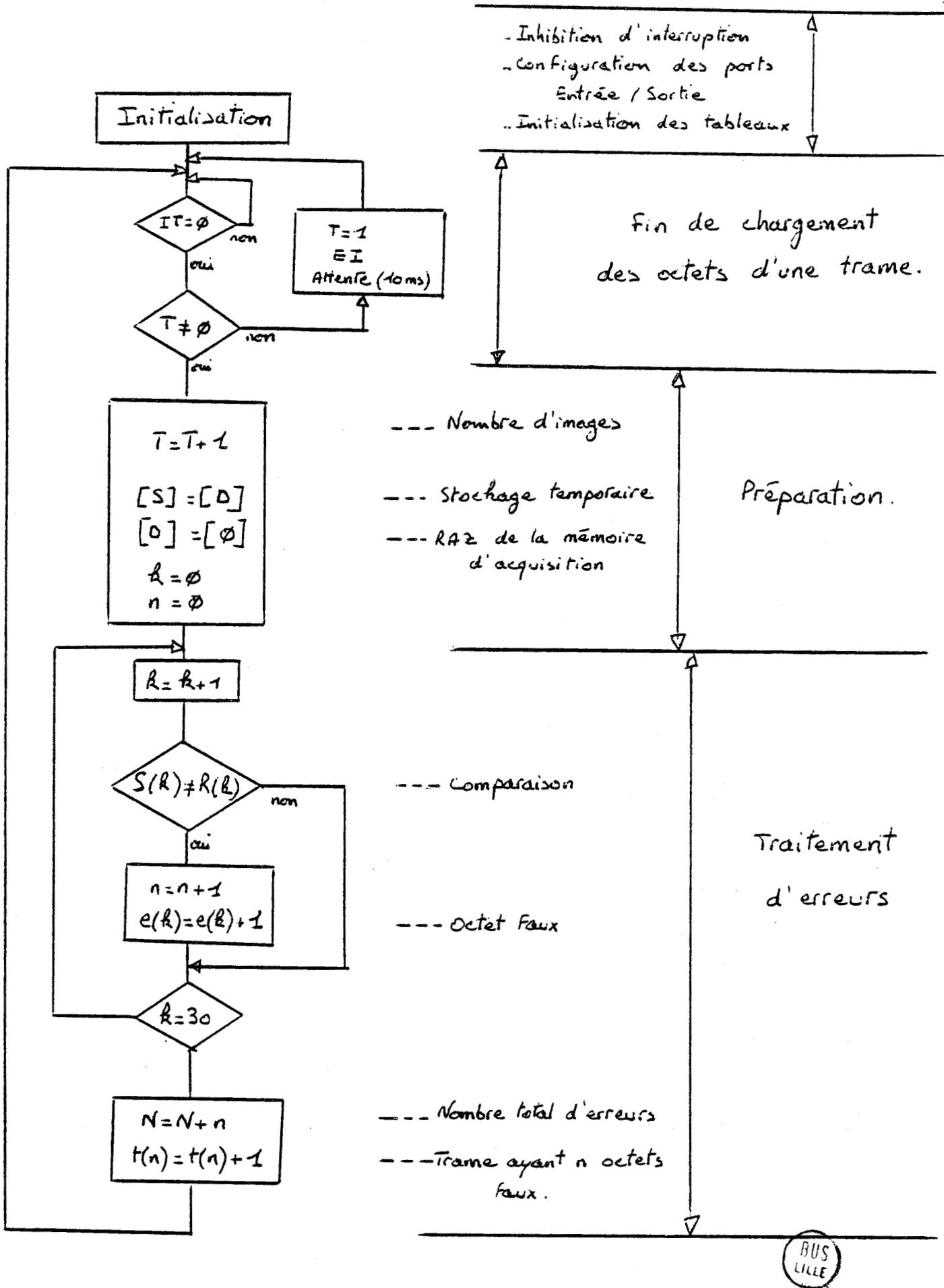
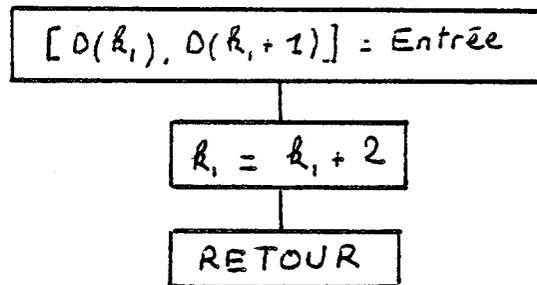


Fig 62 : Organigramme du programme de lecture et de test. (Procédé vertical)

fig 63 : Organigramme du sous-programme d'interruption de lecture (procédé vertical)



Lors d'une interruption (IL = 1) le microprocesseur vient ranger les deux octets, présentés par la carte logique sur le port d'Entrée/Sortie, à l'emplacement qui leur est alloué dans la mémoire (D). Il incrémente ensuite de deux points le compteur déterminant l'adresse des places mémoires réservées au deux octets qu'il devra acquérir à l'interruption suivante.

Remarque : Durant toute la phase d'initialisation on empêche le microprocesseur d'être interrompu et donc d'acquérir des données pour qu'il puisse correctement configurer ses tableaux (D) et (S).

Cette phase terminée et au premier top trame (IT = 0) qu'il détecte le microprocesseur autorise ces demandes d'interruptions afin d'acquérir la première série d'octets qu'il traitera à la trame suivant :

Les listings des programmes permettant la mise en oeuvre du procédé vertical sont donnés en annexe A6.

2) ESSAIS PERMETTANT LA COMPARAISON DES DEUX PROCÉDES

2.1) Conditions de réalisation.

Les tests ont été effectués sur un magnétoscope à cassettes SONY VO 1830 de type semi-professionnel U MATIC. Toutefois, étant déjà fortement usagé, ce magnétoscope était comparable aux magnétoscopes grand-public quant à ses performances.

Ne disposant pas de caméra nous avons utilisé le signal vidéo-composite fourni par un récepteur de télévision.

La séquence - type d'octets enregistrés est représentée par le tableau suivant :

$$R = \begin{bmatrix} 00 & FF \\ 01 & FE \\ \vdots & \vdots \\ 0F & FO \\ \vdots & \vdots \\ 14 & EB \end{bmatrix} \quad (\text{valeurs hexadécimales})$$

Nota : La valeur des octets de rang pair est le complément à 2 de celle des octets de rang impair.

$$\begin{cases} R(2k-1) = k & (1 \leq k \leq 15) \text{ procédé vertical} \\ R(2k) = 255-k & (1 \leq k \leq 20) \text{ procédé horizontal} \end{cases}$$

2.2) Essais :

2.2.1 Résultats généraux :

Les tests sont effectués sur des séquences de deux minutes (soit 240 000 octets) et six minutes (720 000 octets), enregistrées sur une bande UMATIC d'une durée égale à une demi-heure. Les résultats généraux de ces tests sont données dans le tableau ci-après.

Procédé	Support image	Proportion d'octets faux	Trames sans erreurs	Trames ayant plus de 35 erreurs
Horizontal	Mire TV	4,9	61,9	24,0
Horizontal	Film	5,8	64,7	23,7
Vertical	Film	7,2	86,2	39,0

Nous constatons que :

- Le nombre total d'erreurs est plus faible pour le procédé horizontal (5,8 %) que pour le procédé vertical (7,2 %)
- Par contre le nombre de trames sans erreurs est plus élevé pour le procédé vertical (86,2 %) que pour le procédé horizontal (64,7 %).
- Les deux procédés sont sensibles aux pertes de synchronisation (ou encore "sauts d'image") car tous deux ont une proportion non négligeable de trames ayant plus de 35 erreurs (23,7% et 39,0% pour les procédés horizontal et vertical respectivement).
- Pour le procédé horizontal l'enregistrement des informations numériques sur une image stable, comme une mire de télévision par exemple, donne un meilleur taux d'erreurs (4,9 %) que sur une image instable (5,8 %).

-2.2.2 Répartition des erreurs dans la trame

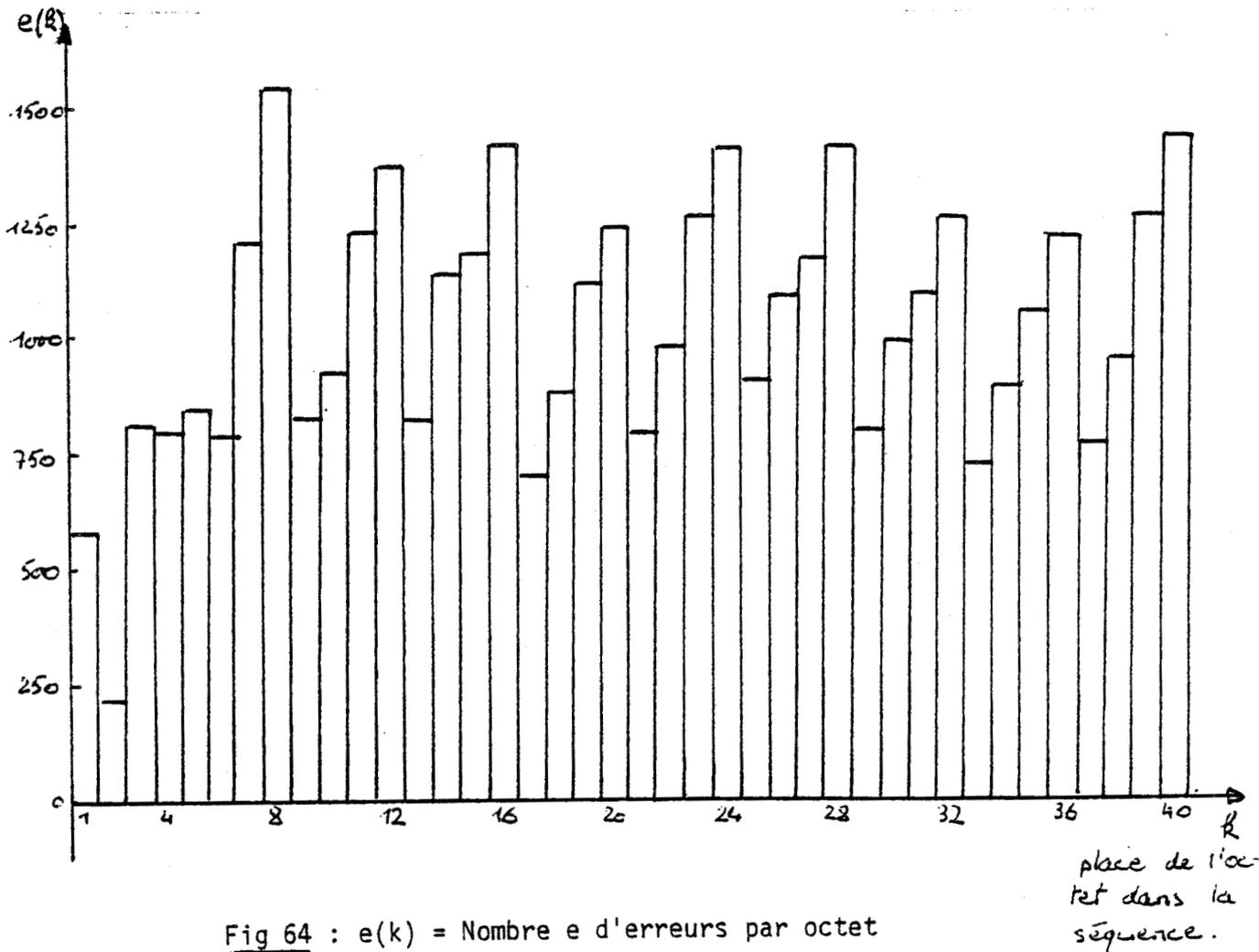
Quelle que soit la position de l'enregistrement sur la bande magnétique les essais ont donné des résultats identiques. Les essais se sont donc montrés répétitifs. C'est pourquoi nous allons étudier les histogrammes établis sur deux séquences de six minutes (une pour chaque procédé) et qui sont représentatifs de tous les essais effectués. Ces histogrammes nous donnent :

- $e(k)$ = Nombre d'erreurs par octet (fig 64 et fig 68).
- $t(n)$ = Nombre de trames ayant n erreurs (fig 65 et fig 67).
- $l(i)$ = Nombre de fois où la $i^{\text{ème}}$ ligne est fautive.
(fig 66, procédé horizontal)

a) Procédé horizontal

Essai de 6 minutes portant sur 17960 trames. Cet essai a donné les résultats suivants:

- 41446 erreurs soit 5,7 %.
- 11806 trames sans erreurs soit 65,7 %.



Nous observons le même phénomène pour les lignes d'inscription numéro 2 à 10 : Le nombre d'erreurs par octet augmente avec sa position dans la ligne. Le premier octet de chaque ligne est faux en moyenne 800 fois alors que le dernier est faux en moyenne 1375 fois.

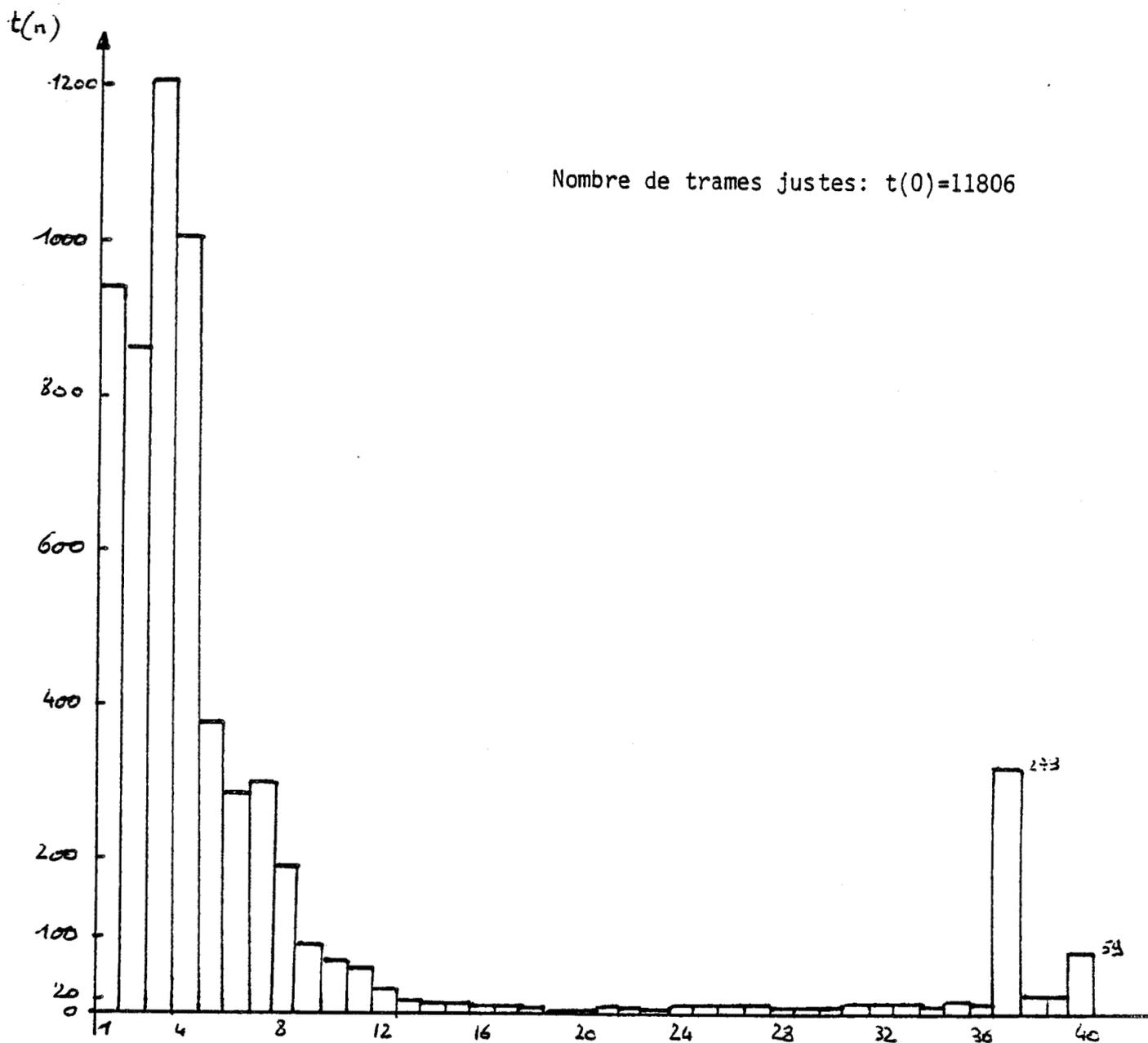


Fig 65 : $t(n)$ = Nombre de trames ayant n erreurs.

Cet histogramme présente deux pics :

- le premier, assez élevé, pour un nombre n d'octets erronés inférieur à 8.
- le deuxième, moins important, pour n égal à 37.



Le nombre d'erreurs contenues dans les trames à fort taux d'erreurs ($n > 35$) représente 35 % du nombre total d'octets érronés. Ce sont les erreurs dues au "sautes d'image". Par contre nous ne rencontrons jamais plus de 3 trames fausses successives.

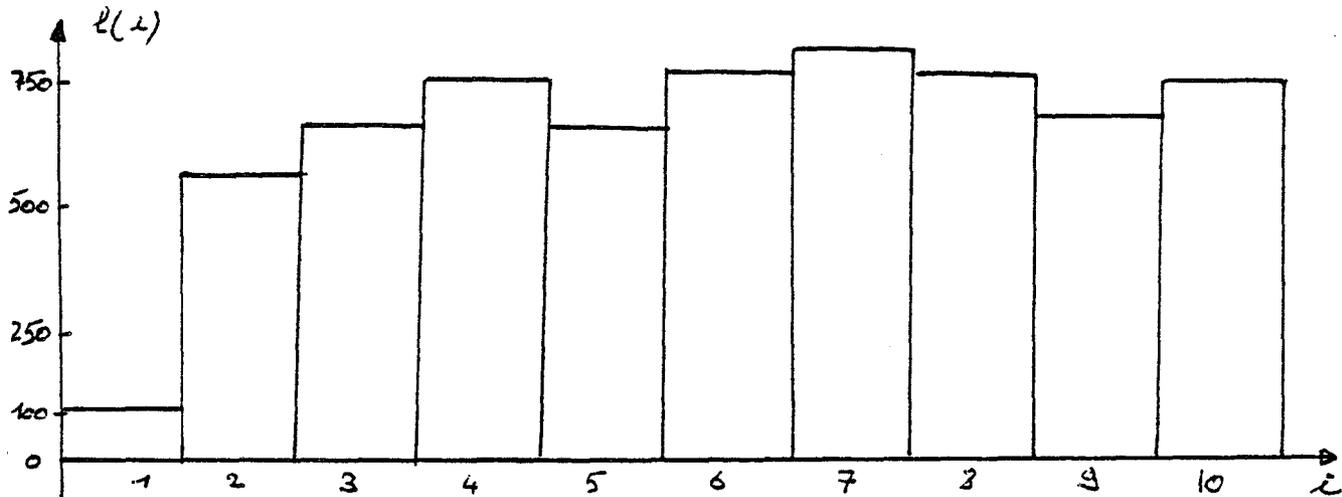


Fig 66 : $l(i)$ = Nombre de fois où la $i^{\text{ème}}$ ligne est totalement érronée

Comme le montre la figure 66 nous voyons que toutes les lignes d'inscription, sauf la première, sont fausses sensiblement le même nombre de fois (700). Le nombre d'erreurs contenues dans ces lignes représente 65 % du nombre total d'erreurs.

La première ligne présente un taux d'erreurs beaucoup plus faible que les neuf autres. Il semble donc que les erreurs contenues dans les trames fortement érronées ($n > 35$) se décomposent comme suit :

- 0 à 4 erreurs dans la 1ère ligne.
- Les 9 autres lignes entièrement fausses.

Si l'on exclut ces lignes dues au trames à fort taux d'erreurs (35 % du nombre total d'erreurs) nous avons donc 30 % des erreurs qui sont dues à un mauvais décodage des 4 octets consécutifs d'une ligne et dont la cause peut être une mauvaise régénération de l'horloge de décodage biphase. Nous les appellerons "erreurs ligne".



Les erreurs inhérentes au procédé horizontal se décomposent comme suit :

Erreurs dues aux "sautes d'images"	2,03 %
Erreurs "ligne"	1,74 %
Erreurs aléatoires	2,03 %
Total	5,8 %

Il n'y a pas plus de quatre trames par "saute d'images".

Remarque : Nous avons comparé des enregistrements de séquences comportant

- uniquement des octets nuls.
- uniquement des octets égaux à AA en code hexadécimal.

Etant donné les caractéristiques du signal biphase un octet nul est représenté par un signal carré de 1 MHz alors que un octet égal à AA est représenté par un signal carré de 500 KHZ.

Ces tests nous ont montré que, si le nombre total d'erreurs restait sensiblement le même dans les deux cas, le nombre de trames sans erreurs était de :

- 45 % pour la séquence de 00
- 80 % pour la séquence de AA

Une augmentation de fréquence du signal biphase entraîne donc un net accroissement des erreurs aléatoires sur le message. Ceci montre que la bande passante réelle du magnétoscope est peu élevée et qu'il serait nécessaire de refaire l'étude du procédé de codage.

b) Procédé vertical :

Essai de 6 minutes portant sur 17837 trames :

-Nombre total d'erreurs : 36881 soit 6,8%

-Nombre de trames sans faute : 15439 soit 86,5%

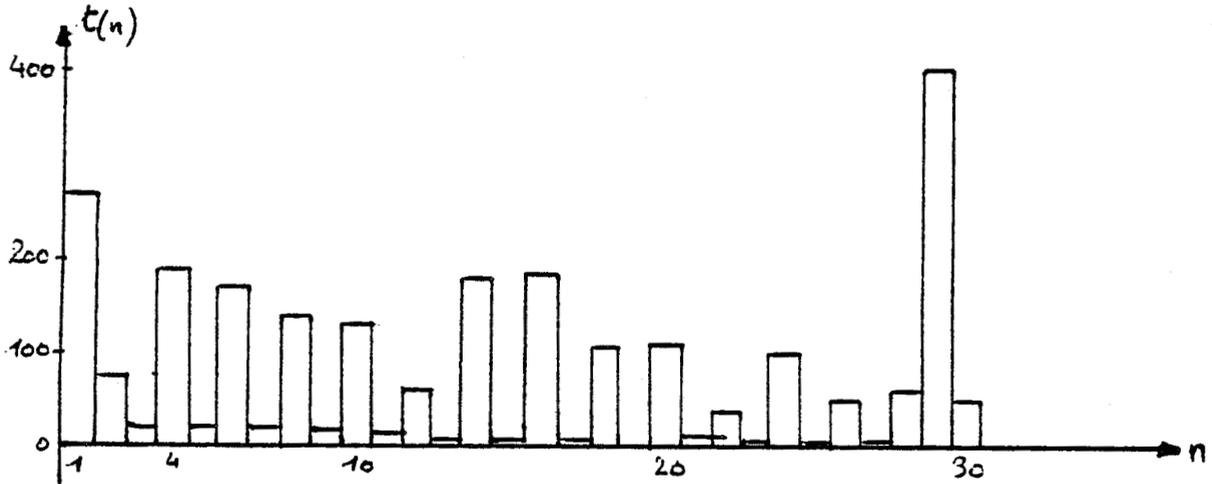


Fig 67 : $t(n)$ = Nombre de trames ayant n erreurs

Nous voyons que cet histogramme est plus étalé que son correspondant dans le procédé horizontal. Toutefois nous voyons que le nombre des erreurs contenues dans les trames fortement erron es ($n \geq 27$) est très important puisqu'il représente 55 % du nombre total d'erreurs.

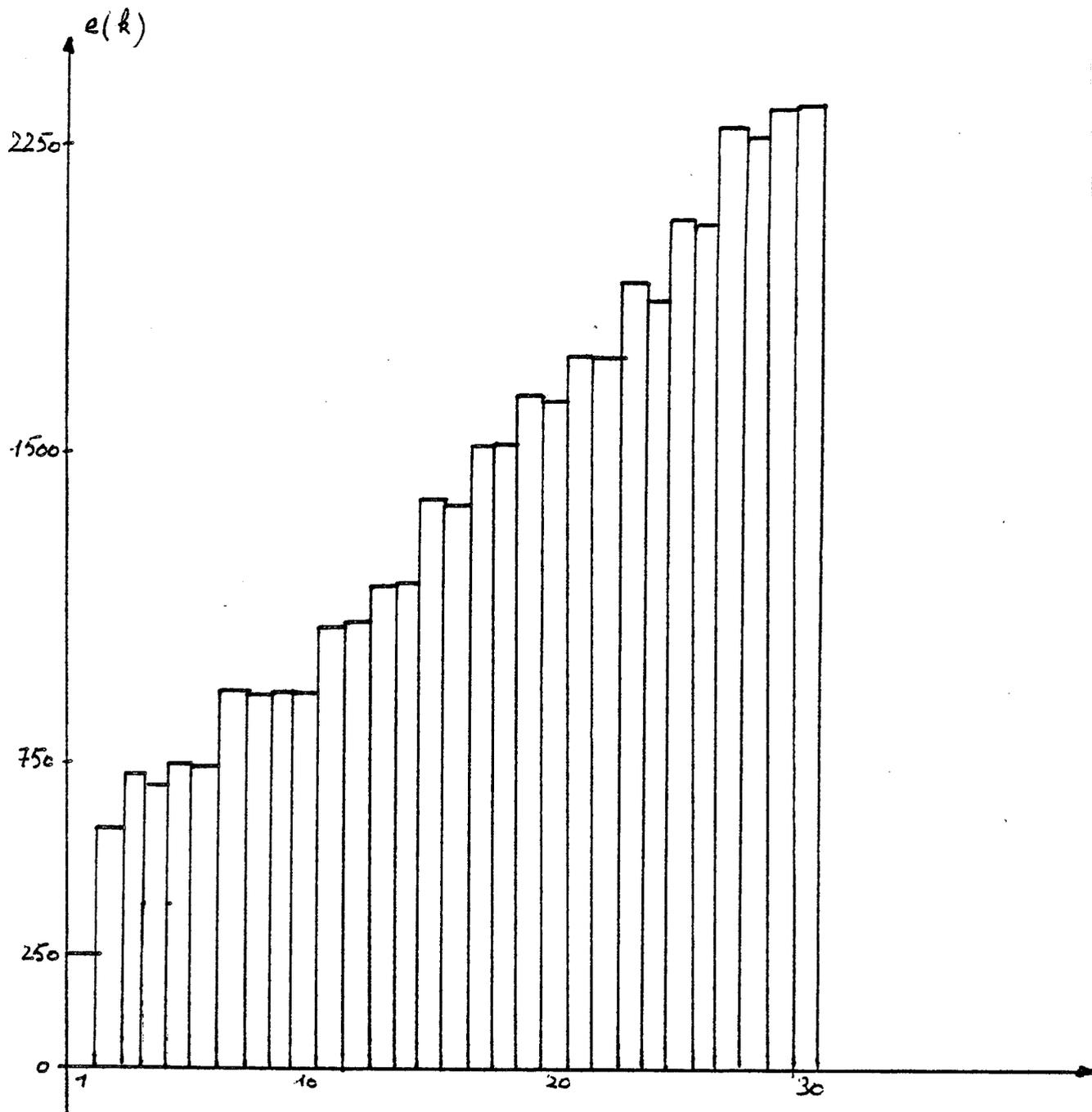


Fig 68 : $e(k)$ = Nombre e d'erreurs par octet

Cet histogramme nous montre que :

- Nous avons le même nombre d'erreurs sur les deux octets qui correspondent au mot de 16 bits échangé entre la carte unité centrale et la carte logique.
- Le nombre d'erreurs par octet augmente avec la place de celui-ci dans la séquence enregistrée sur chaque trame.



Les erreurs semblent donc provenir d'une perte momentanée d'une ou plusieurs impulsions du signal de décalage (STO) des bits dans le mot à relire par la carte unité centrale ou du signal d'interruption IL permettant l'acquisition d'un mot par le microprocesseur (cf. ch IV, § 3.3.2)

c) Remarque :

Nous n'avons pas prévu de code détecteur d'erreurs permettant de diminuer le nombre d'erreurs inhérentes au système utilisé.

En effet prenons par exemple le cas du procédé horizontal. Les données issues du 470 Laboratoire sont rafraichies toutes les 250 ms, donc chaque jeu de données sera inscrit sur 12 ou 13 trames successives. Nous profitons de cette propriété pour effectuer une détection et une correction d'erreurs à l'aide d'un contrôle majoritaire.

Le taux d'erreurs du procédé horizontal est de 5,8%. Nous pouvons admettre d'après les tests effectués que l'erreur sur un octet est équiprobable pour chaque trame (pas ou peu de successions de trames fausses). Donc la probabilité \bar{p} pour que cet octet soit faux sur une trame est égale à 0,058. La probabilité $\bar{p}(7,12)$ d'avoir cet octet faux 7 fois ou plus sur 12 trames successives est alors:

$$\sum_{k=7}^{12} C_{12}^{12-k} p^k \bar{p}^{12-k} = 1,35 \cdot 10^{-6}$$

avec $p=1-\bar{p}$: probabilité pour que l'octet soit juste.

Donc en effectuant à la relecture le contrôle majoritaire suivant:

-Octet déclaré correct dès qu'il a 5 fois la même valeur, et ce sur 12 trames successives-

la probabilité d'erreur sur un octet est égale à $1,35 \cdot 10^{-6}$, chiffre tout à fait acceptable.



3) CONCLUSION

Les deux procédés que nous avons réalisés présentent à l'heure actuelle des performances sensiblement différentes bien que du même ordre de grandeur.

Le procédé horizontal présente un taux d'erreurs plus faible que le procédé vertical (5,8 % au lieu de 7,2 %) mais ce dernier permet d'enregistrer plus de trames sans une seule erreur (86,2 % du nombre total de trames au lieu de 64,7 %). Le premier voit ses possibilités limitées par la fréquence d'inscription des bits sur la bande vidéo du magnétoscope tandis que le second est plus dépendant de la qualité du signal vidéo-composite dans lequel on insère les informations numériques.

Rappelons encore que si le procédé vertical est plus facile à mettre en oeuvre au point de vue matériel le logiciel qu'il implique est plus lourd que pour le procédé horizontal et par conséquent limite le traitement que l'on peut demander au microprocesseur de réaliser simultanément. De plus, étant donné la place du bit d'information sur la ligne vidéo, ce procédé entraîne une dégradation de l'image soit sur sa couleur (le bit d'information empiète sur la salve de chrominance) soit sur sa stabilité horizontale (modification de la durée du top de synchronisation ligne).

Le procédé horizontal est donc préférable au procédé vertical pour réaliser un système qui puisse s'adapter à la plupart des magnétoscopes grand-public.

Informations
numériques

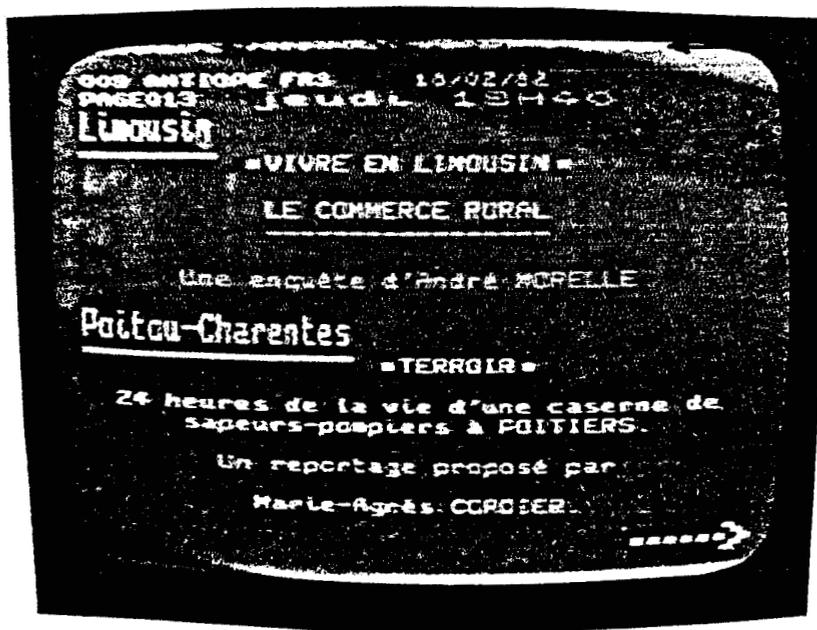


Photo n° 4 : Procédé horizontal.

Informations
numériques

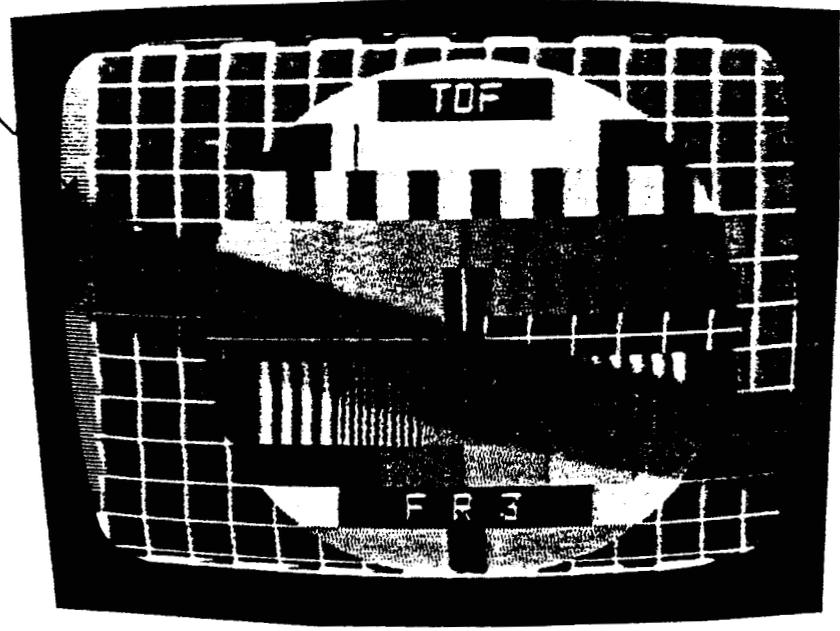


Photo n° 5 : Procédé vertical.

BUS
LILLE

CONCLUSION GENERALE

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Au cours de ce travail nous avons montré la faisabilité de l'enregistrement synchrone d'images et d'informations numériques sur la bande vidéo d'un magnétoscope de bonne qualité mais néanmoins de type grand-public et dont le prix le rend facilement accessible aux éventuels utilisateurs que sont les fédérations sportives. Le système que nous avons mis en oeuvre réalise l'inscription des données à l'intérieur de chaque trame vidéo et autorise donc l'accès à celles-ci lorsque le magnétoscope est en position "arrêt sur image" ou au ralenti.

Nous avons apporté des solutions satisfaisantes aux problèmes liés :

- à la diversité des matériels vidéo connectables en réalisant notamment une carte de contrôle automatique de gain sur le signal vidéo-composite ;
- à la vitesse d'écriture imposée par la fréquence ligne de balayage en concevant un système DMA compatible avec une carte unité centrale 8024 INTEL.

Les premiers résultats obtenus ont été très encourageants puisque le taux d'erreurs brut à la relecture est assez faible (de l'ordre de 4 à 5 %) et que celui-ci peut être abaissé à des valeurs inférieures à 10^{-5} en utilisant la redondance des informations numériques à l'enregistrement.

Le matériel complet, encore sous forme prototype, est constitué de trois cartes au format ISBC et il est donc facilement transportable. Sa réalisation définitive est en cours.

Dans le domaine du sport un tel système, associé à un ensemble vidéo tout à fait classique ainsi qu'à une centrale de mesures, constitue un outil précieux pour l'analyse du geste sportif car il permet d'associer à chaque image les valeurs correspondantes des grandeurs mesurées par les capteurs. Ses capacités pourraient encore être augmentées si l'on envisageait de lui adjoindre un dispositif d'analyse d'image dont une première étape

pourrait comporter une simple numérisation de l'image. Un traitement ultérieur de l'image, réalisant quelques fonctions élémentaires de filtrage et de reconnaissance de forme, permettrait la quantification de certaines grandeurs non mesurées par les capteurs (par exemple la position du corps du sportif) et élargirait ainsi l'approche scientifique du geste sportif et des interactions de l'athlète avec son environnement.

BIBLIOGRAPHIE

B I B L I O G R A P H I E

- (1) DEVAUX Christian : " Etude et réalisation d'une instrumentation d'observation des interactions Homme-Machine dans le domaine du sport de la voile." Thèse de Docteur Ingénieur USTL LILLE Juin 81
- (2) MARTI B. ,POIGNET A. , SCHWARTZ C. , MICHON V. : " The Antiope videotex system." IEEE Trans CE Juillet 79.
- (3) CLIFFORD Colin : " A universal controller for text display systems." IEEE Trans CE Juillet 79.
- (4) NORRIS B., PARSONS B. : " Teletext data decoding , the LSI approach." IEEE Trans CE Août 76.
- (5) AUTON N. : " UK Teletext , evolution and potential." IEEE Trans CE Juillet 79.
- (6) CHITNIS A.M. , COSTA J.M. : " Videotex services , network and terminal alternatives." IEEE Trans CE Juillet 79.
- (7) LOVELESS R. : " " Touch-tone" teletext : a combined teletext view-data system." IEEE Trans CE Juillet 79.
- (8) SCHUETTE W.H. : " "Video-log" A technique for recording analog signals in the television video format." Proceedings of the 11th annual Rocky Mountain bioenergy symposium,
- (9) LAURET J. , CARRASCO R. : " Cours fondamental de télévision." Ed Radio.
- (10) " Télévision en couleur- système SECAM," Dossier Technique TDF 1-02-75.
- (11) DARTEVELLE Ch. : " Les magnétoscopes -Théorie et pratique," Editions Radio Paris 77.

- (12) DARTEVELLE Ch. : " Les magnétoscopes à cassette ." Editions Radio Paris .
- (13) HECHT M. , GUIDA A. : " Delay modulation" Proceeding of the IEEE Juillet 69.
- (14) DUPRAZ J. : " Théorie de la communication."
- (15) MACCHI C. , GUILBERT J.F. : " Téléinformatique."
- (16) VATERKOWSKI M. : " Cours d'électronique appliquée." IDN 3^{ème} année LILLE.
- (17) GABILLARD B. : " Etude et réalisation d'un enregistreur digital magnétique programmable multistandard." Thèse de Docteur Ingénieur USTL LILLE 81.
- (18) INTEL : "- ISBC 80/24 Single board computer hardware reference manual."
"- SDK 85 System design Kit User's manual."
- (19) MARQUILLY G. : " Etude et réalisation d'un dispositif permettant l'enregistrement de données digitales sur cassette vidéo grand public." Rapport de stage IUT LILLE 1981.
- (20) PIEL P. , LOTIGIER G. : " Adaptation du controleur de DMA 8237 INTEL à la carte centrale 80/24 INTEL." Mémoire de fin d'études EUDIL LILLE (à paraître 82).
- (21) DUSQUESNE J. : " Etude et réalisation d'une nouvelle régie audiovisuelle." Mémoire CNAM 1975.
- (22) Mc CRACKEN : " A guide to PL/M programming for microcomputer applications." Addison Wesley 1978.
- (23) AUMIAUX M. : " L'emploi des microprocesseurs ." Masson 1977.

ANNEXES

A N N E X E S

- Annexe 1 : ANTI OPE:organisation générale du système

- Annexe 2 : Système de télévision

- Annexe 3 : Magnétoscope

- Annexe 4 : Caractéristiques de la carte logique du procédé
"horizontal"

- Annexe 5 : Limites de validité du codage biphase

- Annexe 6 : Listings des programmes de mise en oeuvre et de test
des procédés "horizontal" et "vertical"

A N N E X E I
-----ANTIIOPE : Organisation générale du système

Développé en France par le CCETT et exploité par TDF le système ANTIIOPE permet au téléspectateur de visionner des informations transmises en surplus du programme habituel par le biais des canaux de télévision. Ces informations sont regroupées sous la forme d'un journal qui est envoyé régulièrement et peut-être remis à jour instantannément. Le téléspectateur, à l'aide d'un décodeur, peut afficher la page de son choix sur le téléviseur et l'y maintenir le temps qu'il veut.

Au lieu de transmettre la page d'information sous forme analogique (comme une image vidéo), ANTIIOPE traite séquentiellement sous forme numérique les caractères qui la composent, y adjoint une identification, et les envoie sur le réseau de télévision.

L'usager les reçoit par l'intermédiaire de son antenne et affiche la page désirée sur son téléviseur en composant sur un clavier relié à ce dernier l'identification de la page recherchée.

1) Edition des magazines :

Il peuvent être édités de deux manières :

- Edition manuelle : La page de télétexte est composée à l'aide d'un clavier et d'un écran de visualisation. La page terminée est stockée sur disquette et prête à la transmission télé.

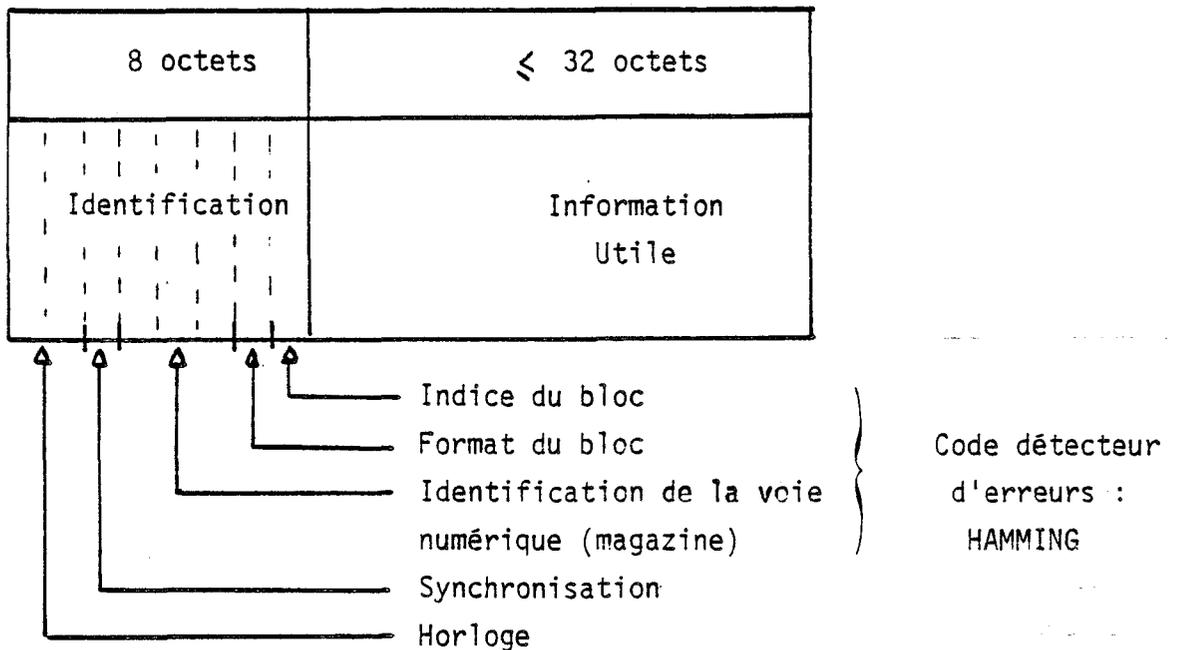
- Edition automatique : Le cas s'applique aux transmissions d'informations issues de systèmes informatiques, comme les bases de données. La mise en page ANTIIOPE est alors effectuée automatiquement à l'aide de programmes de mise en forme et d'un transcodage.

2) Emission et réception des données :

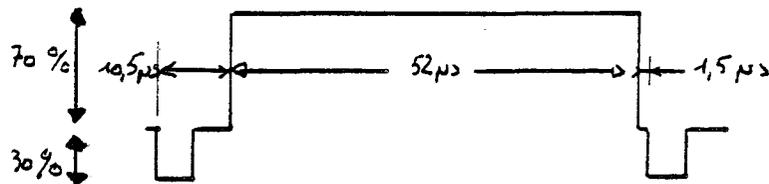
La diffusion des données sur le réseau de télévision est assurée par le système DIDON (Diffusion de Données).

* Emission : (Multiplexeur DIDON)

Le flot de données est découpé en paquets de 32 octets (ou moins). On ajoute à chaque groupe une identification de 8 octets. Un bloc de données est donc constitué de la façon suivante :



Après modulation NRZ ces blocs sont multiplexés au signal vidéo-composite. Un paquet de données est inséré dans une ligne de balayage horizontal.



La fréquence de codage est 6,203 MHz.

Les données sont transmises :

- soit par les quelques lignes inutilisées du début trame.

Les informations télétexte sont alors transmises simultanément au programme de télévision habituel.

- soit sur la totalité des lignes de balayage horizontal.

Le débit d'informations est alors très élevé (4 Mbauds).

* Réception : (démodulateur DIDON)

Il effectue la démodulation du signal ANTIIOPE, le tri de l'information à l'aide de l'identificateur de voie numérique, et enfin la restitution de l'information utile après élimination des préfixes d'identification.

3) Visualisation des textes :

* Terminal Antiope (décodeur + clavier)

Les données télétextes sont démultiplexées du signal vidéo. Par ailleurs le bloc de gestion du terminal ou le clavier génère une identification (numéro de page ou de magazine) qui permet au système de sélectionner les informations numériques correspondantes en comparant les identifications.

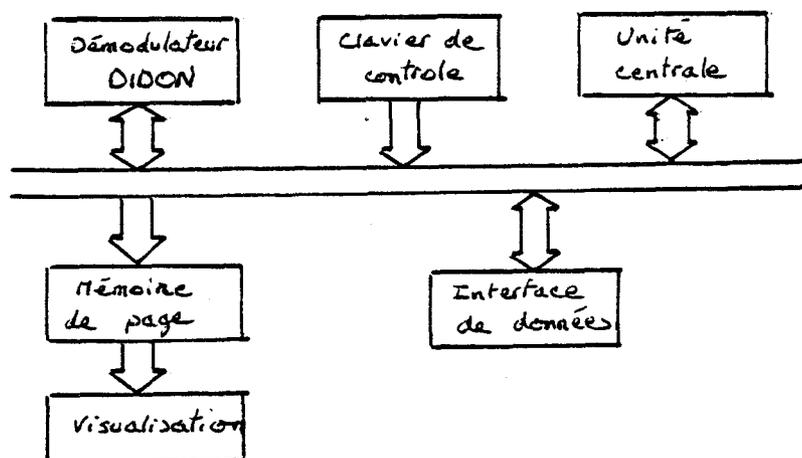
Les données sont alors :

- soit visualisées sur l'écran (mémoire de page, visualisation) ;
- soit envoyées, par un interface, vers une unité de

stockage ou de traitement (micro-ordinateur par exemple).

Nota : Cet interface permet aussi de recevoir des données d'un autre réseau (téléphonique par exemple). Le terminal ANTIIOPE, grâce à ce circuit, peut donc être utilisé dans un système de vidéotex interactif.

Schéma fonctionnel



* Organisation en pages de magazine :

L'ensemble des informations correspond à un magazine qui est transmis de manière répétitive. Ce magazine comporte un certain nombre de pages, une page étant l'ensemble des informations visualisées simultanément sur l'écran. Celle-ci comprend au maximum 24 rangées de 40 caractères et en moyenne 800 caractères, soit 800 octets.

L'utilisateur "feuillette" son magazine en tapant sur son clavier le numéro de la page cherchée. Dès que le décodeur trouve les paquets d'octets correspondants il les affiche en clair sur l'écran.

Le temps moyen d'accès à une page dépend donc du nombre de pages composant le magazine transmis cycliquement et du nombre de lignes par trame utilisées pour la transmission :

Caractéristiques		
Pages/ sec. pour une ligne de données /trame	2 pages/s	
Capacité maxi avec programme	14 pages/s	
Capacité maxi (295 l)	590 pages/s	
Capacité pour un temps d'attente de :	1 ligne/trame	295 l
	20 pages	5900 p
	40 pages	11800 p
5 s		
10 s		

4) Le langage ANTIOPE :

Le langage utilise deux jeux principaux de caractères :

a) Caractères utilitaires :

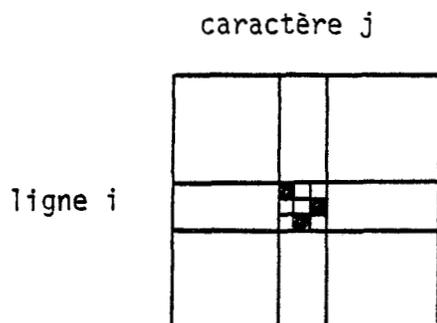
- Alphabet principal :

Il est formé des 26 lettres majuscules, minuscules, des chiffres, des signes de ponctuation arithmétique, et de codes de mises en pages. Tous ces caractères sont codés en ASCII.

- Alphabet "semi-graphique" :

Ces caractères "semi-graphiques" sont obtenus en

découpant le rectangle de visualisation (1 caractère) en 6 caractères élémentaires qui peuvent être "allumés" ou "éteints".



L'écran de visualisation est donc divisé en $(40 \times 2) \times (24 \times 3)$
soit 5760 caractères élémentaires.

b) Caractères de service :

Couleur de fond, clignotement et agrandissement du caractère, etc...

Un troisième jeu de caractères permet de composer des textes dans 16 alphabets différents (cyrillique, arabe, etc...).

A N N E X E II

Systeme de television1) Analyse et transmission d'une image noir et blanc :

L'analyse et la transmission d'une image sont déterminées en fonction des caractéristiques de l'oeil qui sont :

- Une persistance rétinienne égale à $1/15^{\text{e}}$ s. L'oeil ne peut séparer deux images consécutives de moins de $1/15^{\text{e}}$ s.
- L'acuité visuelle, ou pouvoir séparateur de l'oeil, est d'environ une minute d'angle.
- L'oeil procède à une analyse simultanée de l'image formée sur la rétine.

Cette dernière caractéristique nous amènerait donc à transmettre simultanément les millions de points élémentaires qui permettent une bonne définition de l'image vis à vis de l'oeil. Il faudrait alors des millions de canaux véhiculant chacun un point élémentaire. En fait, grâce à la rémanance de la sensation lumineuse, on peut transmettre ces points successivement sur un canal unique à une vitesse suffisamment élevée pour qu'une image complète soit transmise en moins de $1/15^{\text{e}}$ s. Chaque point de l'image est analysé en fonction de sa luminance. Un point blanc donne une tension maximale et un point noir une tension minimale. A la réception ces points seront redistribués aux bons emplacements sur l'écran de télévision grâce à des signaux de synchronisation superposés aux tensions produites par les points élémentaires en fonction de leur luminosité.

Le signal de synchronisation permet au spot qui retrace les points élémentaires sur l'écran de reconnaître les fins de lignes (synchronisation horizontale) et les fins de trame (synchronisation verticale). Le spot est alors ramené au début de la ligne suivante (respectivement au début de la trame suivante).

La durée d'un cycle d'analyse d'image est $1/25^{\text{e}}$ seconde en Europe et $1/30^{\text{e}}$ seconde en Amérique, multiples exacts des périodes du courant électrique fournis par les réseaux, respectivement $1/50^{\text{e}}$ seconde et $1/60^{\text{e}}$ seconde. Toutefois ces durées de cycles sont encore trop proches de la persistance rétinienne et l'on pourrait être gêné par un scintillement de l'image. En fait, on analyse cette dernière deux fois dans le même laps de temps en décalant légèrement les lignes d'analyse d'une fois à l'autre (cf. fig. 1).

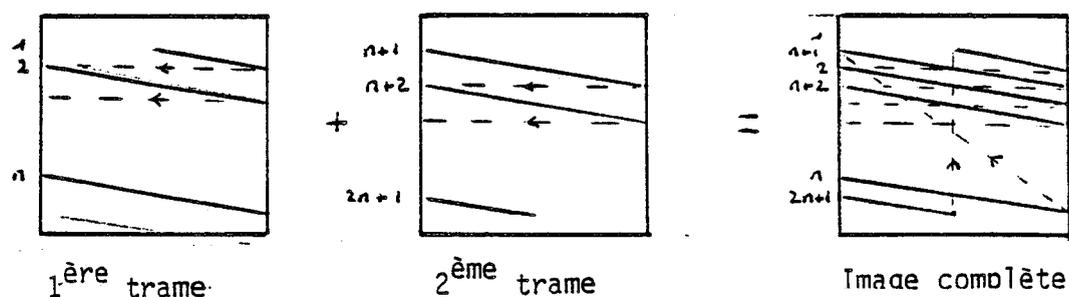


Fig 1 : Principe du balayage entrelacé

On montre que pour avoir une bonne observation de l'image il faut un nombre de lignes d'analyse supérieur à 520. Dans ce cas nous nous plaçons au-delà du seuil d'acuité visuelle de l'oeil.

Dans le tableau suivant nous donnons les diverses caractéristiques des principaux standards mondiaux.

LES DIFFERENTS STANDARDS MONDIAUX

Repère U.E.R.	A	Américain (F.C.C.)		B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
Système	Anglais			Euro-péen Gerber	Belge	O.I.R.T.	Franç.	Belge	Gerber	Gerber	Anglais	O.I.R.T. Euro-péen	Franç.
Nbre de lignes	405	525	625	625	625	625	819	819	625	625	625	625	625
Affectation	V.H.F.	V.H.F./U.H.F.	V.H.F./U.H.F.	V.H.F.	V.H.F.	V.H.F.	V.H.F.	V.H.F.	U.H.F.	U.H.F.	U.H.F.	U.H.F.	U.H.F.
Largeur canal (MHz)	5	6	6	7	7	8	13,15	7	8	8	8	8	8
Largeur bande vidéo (MHz)	3	4	4	5	5	6	10,4	5	5	5	5,5	6	6
Ecart porteuses (MHz)	3,5	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	11,15	5,5	5,5	5,5	6	6,5	6,5
Sens du canal	V > S	V < S	V < S	V < S	V < S	V < S	V > S V < S	V < S	V < S	V < S	V < S	V < S	V < S
Bande résiduelle (MHz)	0,75			0,75	0,75	0,75	2	0,75	0,75	1,25	1,25	1,25	1,25
Nbre de canaux V.H.F.	13	12	12	11	11	11	11	11					
Nbre de canaux U.H.F.		70	70						49	49	49	49	49
Fréquence trame (Hz)	50	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Fréquence ligne (Hz)	10 125	15 750	15 625	15 625	15 625	15 625	20 475	20 475	15 625	15 625	15 625	15 625	15 625
Modulation image	+	—	—	—	+	—	+	+	—	—	—	—	+
Modulation son	A.M.	F.M.	F.M.	F.M.	A.M.	F.M.	A.M.	A.M.	F.M.	F.M.	F.M.	F.M.	A.M.

Nota : F.C.C. = Federal Communication Commission
 Gerber = Normes allemandes définies par le Docteur Gerber et adoptées par plusieurs pays
 O.I.R.T. = Office International de Radio et de Télévision, groupant les pays de l'Est.
 U.E.R. = Union Européenne de Radiodiffusion.

2) Image de télévision en couleur :

2.1) Principes :

On reconstitue le maximum de couleurs à l'aide des trois couleurs primaires suivantes : Rouge, Bleu, et Vert. Donc pour visualiser sur l'écran de télévision une image en couleur il suffit de projeter simultanément les 3 images correspondantes monochromes (rouge, vert, bleu) ; ou bien (comptenu des caractéristiques de l'oeil énoncées précédemment) de projeter les 3 images légèrement décalées l'une par rapport à l'autre dans l'espace ou encore de les projeter successivement.

Pour un système de télévision en couleur il faut rajouter aux signaux de luminance et de synchronisation les signaux de chrominance. A l'émission un analyseur triple fournit trois signaux (R, V, B) correspondant à la proportion de chaque primaire pour la couleur et la luminance du point analysé. Les systèmes de télévision couleur doivent être compatibles avec les systèmes noir et blanc. Donc il faut que la luminance ne soit pas dégradée dans le système couleur.

2.2) Procédés codés de transmissions :

Le codage est l'opération consistant à traiter les signaux primaires pour produire le signal d'image composite unique destiné à la radiodiffusion ou à l'enregistrement magnétique.

On combine dans le codeur les trois signaux primaires R, V, B pour former :

- le signal de luminance : $Y = 0,30 R + 0,59 V + 0,11 B$
- Les signaux de différence de couleur : $R - Y = D_r$
 $B - Y = D_b$

Pour le blanc de référence du système colorimétrique $Y = R = V = B$ donc les signaux de différences de couleur s'annulent.

L'oeil distinguant grossièrement les détails monochromes ou polychromes il n'est pas nécessaire d'attribuer aux signaux de différence de couleur une bande vidéo aussi large que pour le signal de luminance. Cette bande de fréquence sera au maximum égale à 3MHz. (cf fig 2)

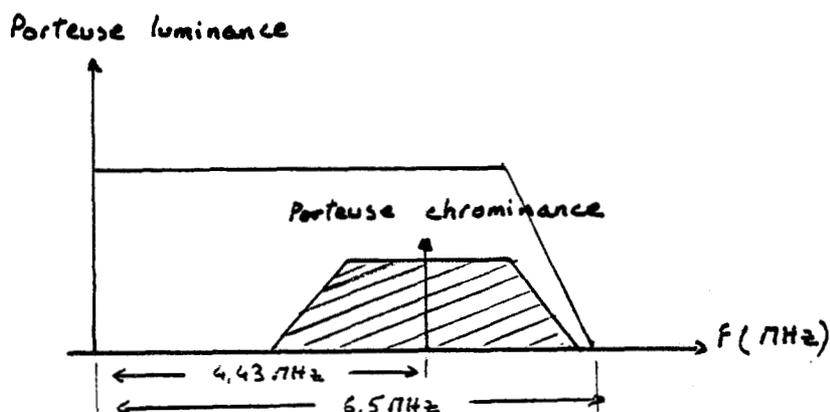


Fig 2 : Spectre de fréquences en T.V.C (norme L)

Le signal de télévision en couleur composite associe le signal de luminance Y à un signal de chrominance modulé Ch porté par une sous-porteuse de chrominance.

Trois systèmes de codage sont utilisés à l'heure actuelle pour transmettre ce signal de télévision en couleur :

- système NTSC
 - système PAL
 - système SECAM
- } (systèmes simultanés)
- (système séquentiel)

* NTSC : On module deux sous-porteuses en quadrature avec les signaux de différence de couleur qui subissent une modulation d'amplitude et de phase. Ce système permet donc de transmettre simultanément le signal de luminance et les deux signaux de différence de couleur. Sur le palier arrière de chaque impulsion de synchronisation horizontale est placée une salve de huit périodes de la sous-porteuse donnant la référence de phase afin de permettre une bonne détection des signaux de différence de couleur.

* PAL : Basé sur le même principe que le système NTSC, il permet d'annuler les défauts dus notamment aux distortions de phase par une inversion alternée au rythme des lignes du signal de différence de couleur D_r . En effet, en admettant que la chromaticité est la même pour deux lignes successives (ce qui est acceptable compte tenu des propriétés de l'oeil) il suffit d'ajouter au signal D_r le signal D_r inversé de la ligne précédente pour éliminer l'éventuelle distorsion de phase. (cf fig 3)

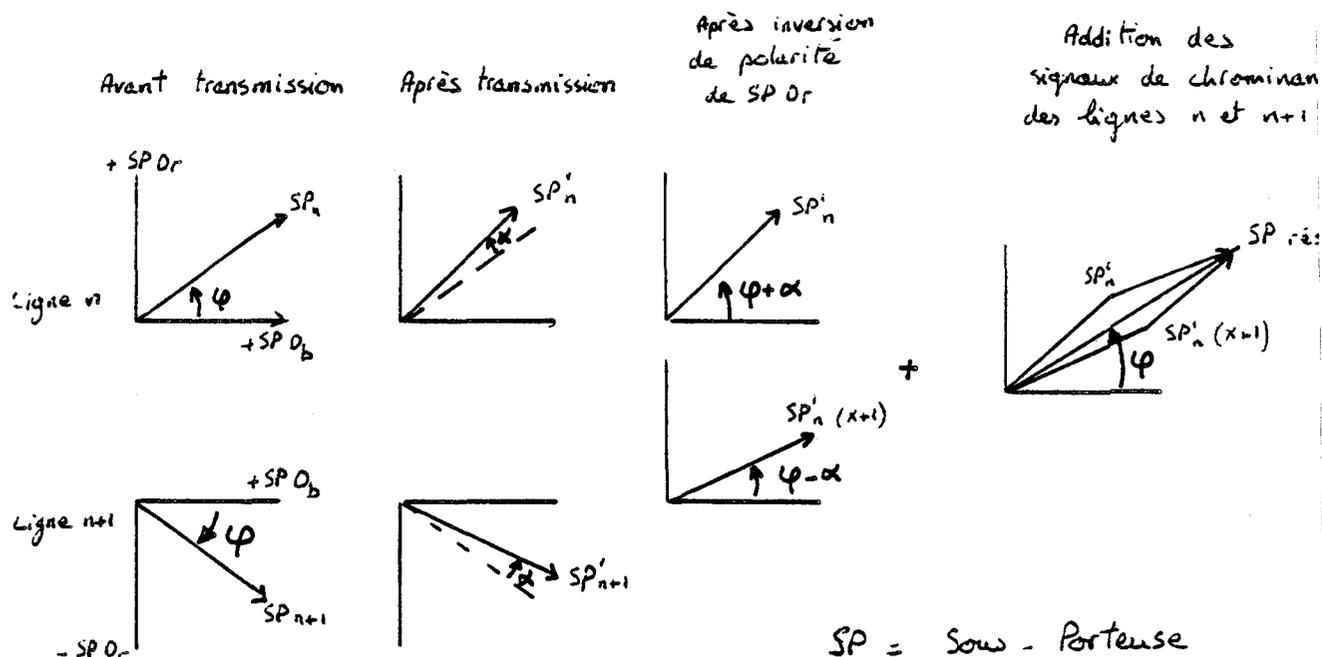


Fig 3 : Compensation d'une erreur de phase dans le système PAL

* SECAM : Le système permet d'éviter la transmission simultanée des deux signaux de différence de couleur en transmettant ces deux informations successivement, une ligne sur deux. A la réception l'information de chrominance (Dr ou Db) est envoyée au système d'analyse et en même temps mémorisée pour être à nouveau envoyée au système d'analyse à la ligne suivante. De cette manière on dispose toujours de l'information de luminance et des deux informations de chrominance. Les deux sous-porteuses de Dr et Db ont des fréquences différentes (4,4 MHz et 4,25 MHz).

A N N E X E III

"Magnétoscope"

Après avoir étudié des procédés d'enregistrement des signaux vidéo sur magnétoscope à bande nous donnerons les principales caractéristiques de deux standards vidéo : le VHS et le BETAMAX.

1) Principes d'enregistrement :

* Les signaux vidéo contiennent des fréquences allant de 0 à 6 MHz. La fréquence maximale f qu'il est possible d'enregistrer (ou de lire) dépend de la vitesse relative V de la bande par rapport aux têtes d'enregistrement et de la largeur " e " de leurs entrefers :

$$e < \frac{V}{2f}$$

Ainsi pour un signal à 5 MHz et avec des entrefers de 2,5 μm la vitesse relative de la bande par rapport aux têtes doit être de 25 m/s, vitesse bien trop élevée si l'on ne fait défiler que la bande devant une tête d'enregistrement fixe. C'est pourquoi dans tous les systèmes de magnétoscope les têtes d'enregistrement auront une certaine vitesse V_t .

* Enregistrement et reproduction des signaux vidéo

Le magnétoscope doit pouvoir enregistrer des composantes à fréquences très basses mais aussi très élevées. Etant donnée la grande vitesse relative de la bande par rapport aux têtes les signaux BF seraient sans action sur les têtes d'enregistrement et par conséquent non enregistrés.

Par conséquent on effectue une modulation de fréquence sur le signal vidéo en utilisant une porteuse dont la fréquence est du même

ordre que la fréquence maximale du signal vidéo. De cette manière les composantes BF et HF du signal vidéo seront enregistrées.

Exemple :

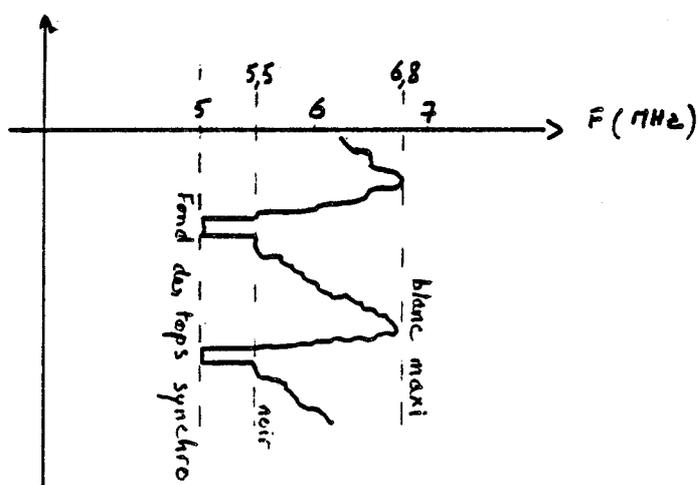


Fig 1 : Modulation de fréquence du signal vidéo-composite

Une autre technique, dite à modulation d'impulsions, est maintenant utilisée et donne de très bons résultats pour les signaux couleur. Elle permet d'augmenter le rapport signal/bruit ainsi que la réponse en fréquence du magnétoscope. Dans cette modulation la durée de chaque demi-période du signal modulant est uniquement déterminée par l'amplitude instantanée du signal modulé à la fin de cette demi période. C'est donc la période, et non la fréquence, qui est liée de façon linéaire à l'amplitude du signal.

2) Procédés d'enregistrement des images vidéo sur magnétoscopes à bandes :

Le premier procédé, AMPEX, fut conçu aux Etats-Unis à partir de 1956 en vue de réaliser des magnétoscopes professionnels de haute qualité. Par la suite les laboratoires TOSHIBA mirent au point leur propre système. Ce procédé et ses variantes ont conquis le secteur grand-public puis professionnel en raison des facilités qu'ils offraient pour l'analyse des images vidéo, notamment grâce à la possibilité d'effectuer des arrêts sur image.

2.1) Procédé AMPEX.

La vitesse relative élevée des têtes par rapport à la bande est obtenue par un balayage transversal de la bande au moyen de quatre têtes situées à la périphérie d'un disque tournant à 250 tours/sec.

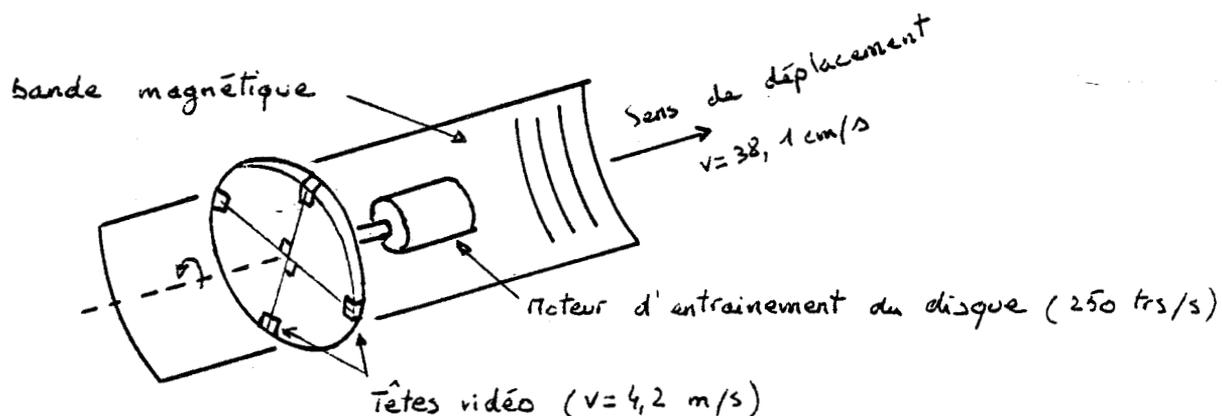


fig. 2 : Système d'enregistrement Ampex.

Le bon contact entre la bande et les têtes est assuré en faisant passer la bande dans un guide concave où l'on crée une dépression.

L'aspect de la bande magnétique après passage devant les têtes vidéo, audio et synchro est le suivant :

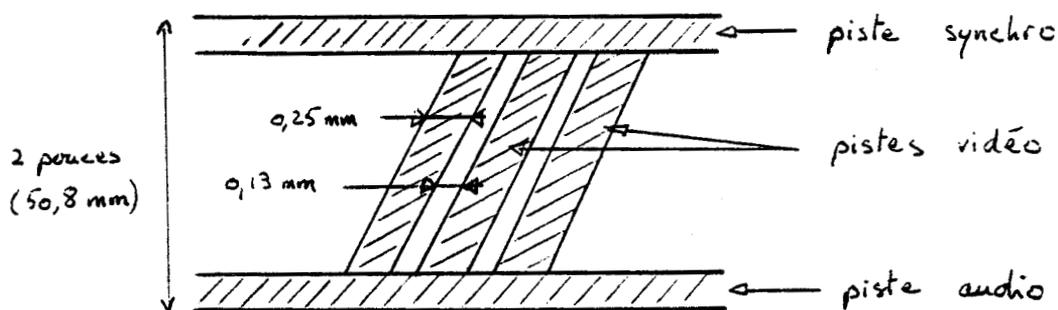


fig. 3 : Bande magnétique après enregistrement.

Une trame est contenue dans 16 pistes vidéo.

2.2) Procédé "TOSHIBA"

* Enroulement alpha :

Ce procédé utilise lui aussi des bandes de 2 pouces et combine le défilement de la bande avec la rotation de la tête d'enregistrement pour obtenir une vitesse relative bande/tête suffisamment élevée.

Toutefois ce système n'utilise qu'une tête vidéo qui permet d'enregistrer une trame complète sur une seule piste vidéo. Cette caractéristique est obtenue grâce à l'enroulement particulier de la bande autour d'un cylindre creux coupé en deux par une fente transversale dans laquelle vient se loger un disque tournant et à la périphérie duquel est placée la tête vidéo. (cf. fig. 4)

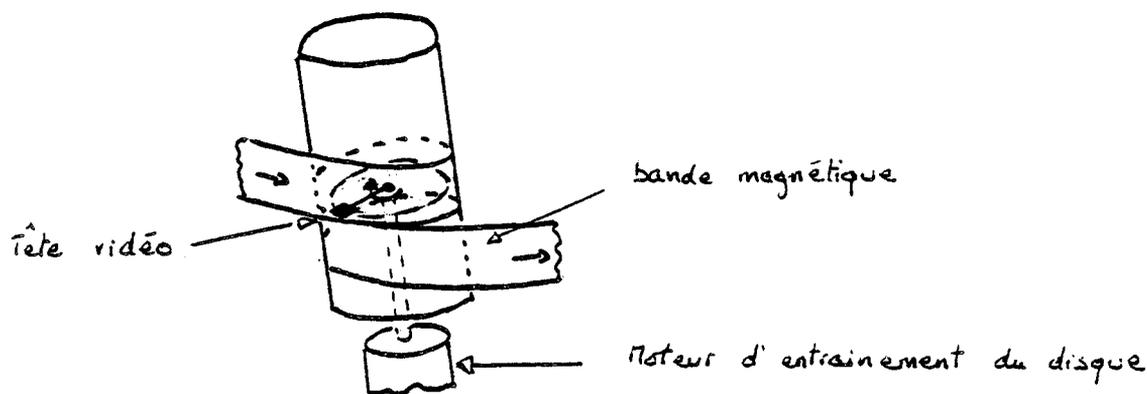


fig. 4 : Exploration de la bande magnétique (enroulement α)

A chaque rotation complète de la tête correspond donc une piste vidéo qui contient la totalité des signaux vidéo d'une trame. (cf. fig. 5)

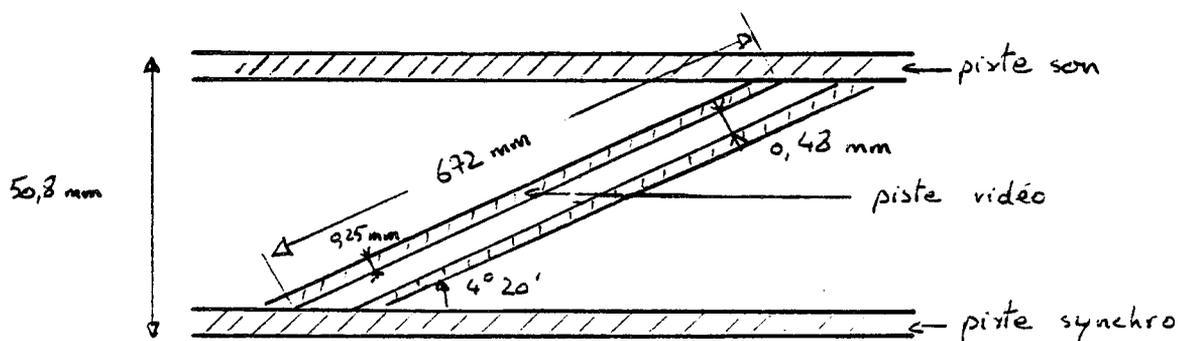


fig. 5 : Bande magnétique après enregistrement

Cette particularité permet d'obtenir une image fixe lorsqu'on arrête le défilement de la bande. En effet, une fois la bande stoppée, la tête lira une trame vidéo entière au cours de sa rotation, puis relira indéfiniment la même trame aux tours suivants. De même si la bande défile au ralenti ce procédé permettra de restituer les images au ralenti.

Afin d'éviter une usure importante de la bande due à son enroulement en alpha autour du cylindre on a créé un coussin d'air entre les deux. Cette technique, ainsi que les circuits d'asservissement très élaborés du moteur assurant la rotation de la tête vidéo, augmentent considérablement le cout de ce procédé qui reste toutefois moins onéreux que le procédé AMPEX à quatre têtes vidéo.

* Enroulement Oméga :

Pour diminuer le cout de ce procédé et le rendre accessible au grand public les constructeurs y ont apporté deux modifications :

- Enroulement en Ω de la bande au lieu de l'enroulement en α .
- Deux têtes vidéo au lieu d'une.

L'exploration de la bande par les têtes vidéo se fait alors de la façon suivante : (cf. fig. 6)

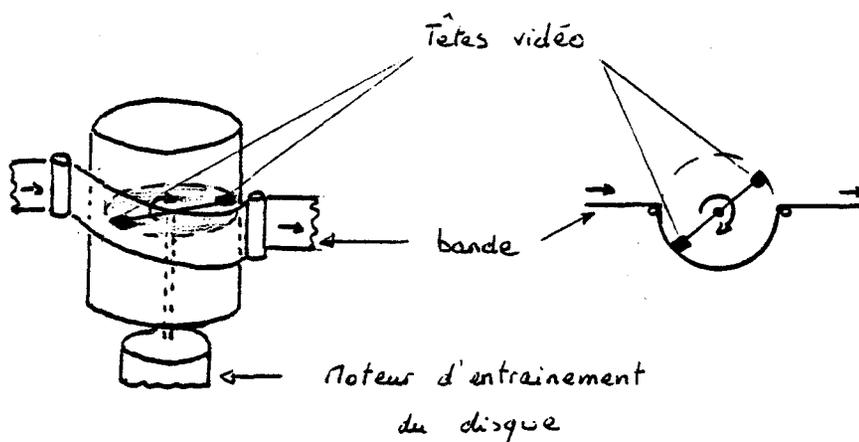


fig. 6 : Exploration de la bande magnétique (enroulement Ω)

Les deux pistes vidéo se recouvrant partiellement (la 2^e tête vidéo a déjà commencé à impressionner la bande lorsque la 1^{ère} termine sa piste) la synchronisation des systèmes d'analyse et de défilement est simplifiée.

Evidemment ce système permet encore la restitution d'une image fixe ou au ralenti, les deux têtes analysant toujours la totalité d'une image lors d'une rotation.

Ce procédé, encore appelé balayage hélicoïdal à deux têtes, a été repris dans tous les systèmes de magnétoscopes à cassettes que nous allons étudier.

3) Magnétoscopes à cassettes :

Ces magnétoscopes de type grand-public ou semi-professionnel connaissent aujourd'hui un développement considérable.

N'ayant pas défini une norme commune plusieurs constructeurs développent leur propre magnéscope adapté au standard de vidéocassette qu'ils ont choisi. Les principaux standards et les firmes qui les développent sont à l'heure actuelle :

- VHS	(JVC, Thomson...)	}	grand-public
- BETAMAX	(Sony)		
- VCR	(Philips)		
- U MATIC	(Sony, Thomson...)		semi-professionnel

Nous donnons ici les principales caractéristiques des standards grand-public les plus utilisés : le VHS et le BETAMAX.

	VHS		BMAX	
Diamètre du tambour	62	mm	74,5	mm
Longueur de piste vidéo	96	mm	116	mm
Largeur de piste vidéo	49	μm	32	μm
Bande passante luminance	2,6	MHz	2,8	MHz
Bande passante chrominance	600	KHz	620	KHz
Rapport signal/bruit vidéo	41	dB	43	dB
Vitesse bande	2,34	cm/s	1,87	cm/s
Rotation têtes	1500	trs/mm	1500	trs/mm
Vitesse têtes	4,869	m/s	5,851	m/s
Largeur entrefer	0,3	μm	0,3	μm

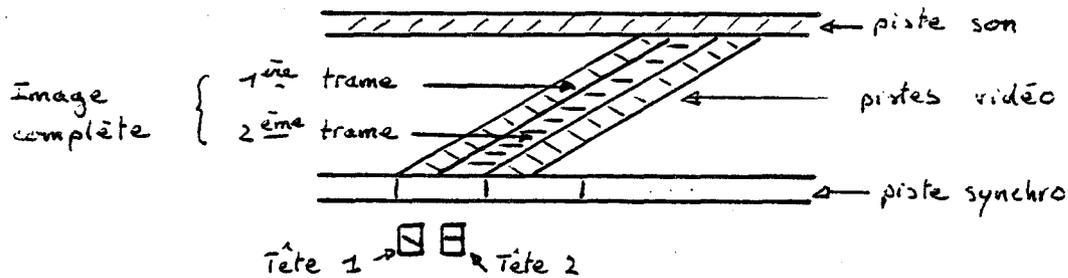


Fig 7 : Bande magnétique après enregistrement

Les pistes vidéo sont jointives. Afin d'éviter des bavures dues à la lecture par une tête de deux pistes consécutives les têtes ont des azimuths opposés. De cette manière la tête ne pourra lire que la piste qui lui correspond et non les deux pistes adjacentes.

ANNEXE IV

Caractéristiques de la carte logique
du procédé "horizontal"

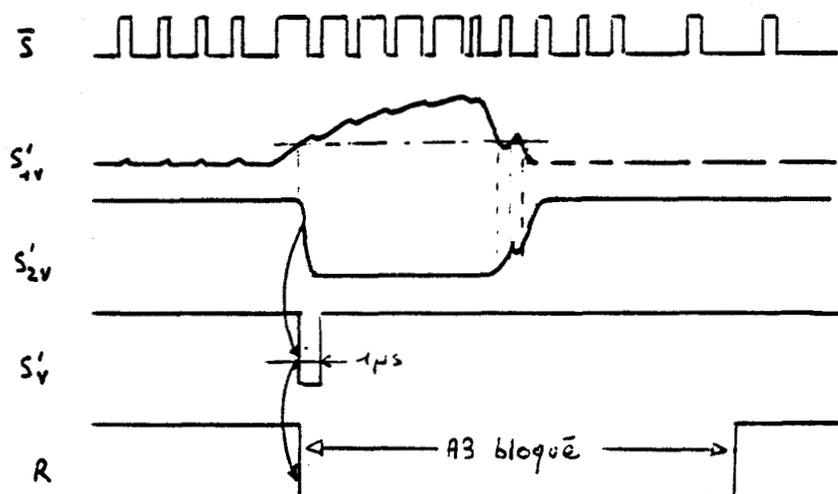
La plupart des composants utilisés ici travaillent en logique TTL. Pour faciliter la description technique de cette carte nous reprenons le plan utilisé lors de sa description fonctionnelle.

1) Signaux issus de la synchronisation vidéo :

a) Séparation des synchronisations ligne et trame

* Trame

Le signal complémenté de synchronisation \bar{S} après adaptation par le transistor T_1 est envoyé dans le montage intégrateur R_1, C_1, R_2 pour donner S'_{1V} . S'_{1V} est inversé par le transistor $T_2(S_{2V})$ puis remis en forme par le circuit monostable A3. Afin d'éviter des déclenchements intempestifs du monostable sur le front arrière de S'_{2V} , un 2^e monostable (A33) vient le bloquer pendant une durée supérieure à celle du top trame.



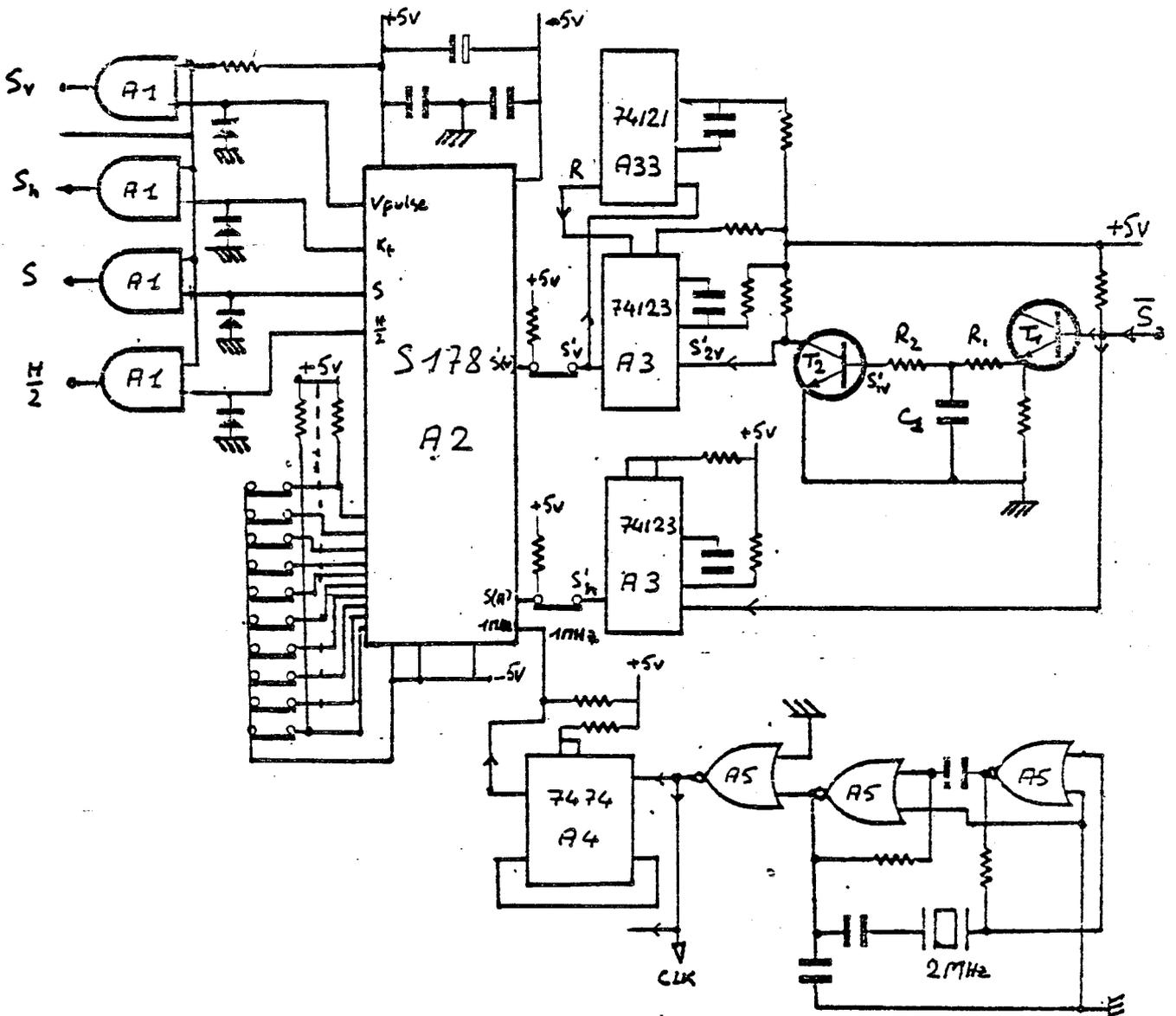


Fig. 1 : Séparation des signaux de synchronisation ligne et trame

* Ligne

Les pulses de synchronisation ligne (S'_h) sont obtenus depuis S par l'intermédiaire du monostable A3. Les pulses ont une durée de 300 ns.

b) Fermeture des signaux de synchronisation

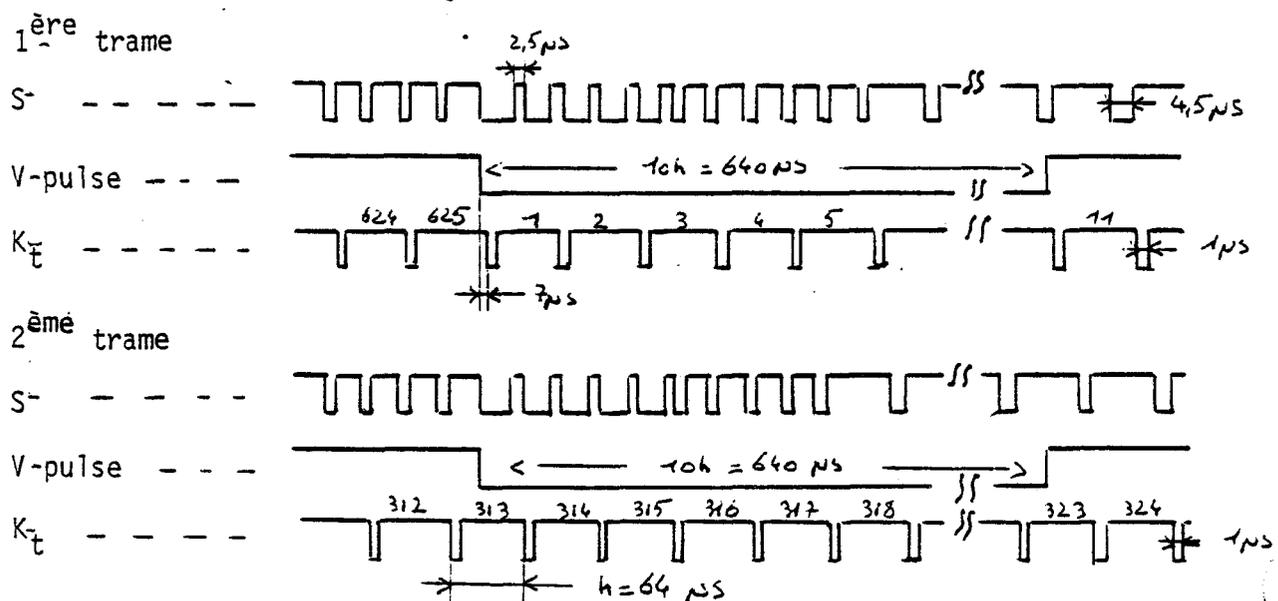
Les impulsions trame ($1 \mu s$) et ligne ($300 ns$) permettent de synchroniser le circuit CMOS générateur de synchronisation. SIEMENS S178 qui est programmé pour fournir les signaux de synchronisation du standard vidéo français. Outre S'_v et S'_h nous devons lui fournir une horloge à 1 MHz et de rapport cyclique 1 : 1.

Ce circuit génère les signaux suivants :

- Signal de suppression A
- Signal de synchronisation S
- Impulsion horizontale H
- Impulsion verticale V
- Impulsion de verrouillage K_t
- Impulsion de suppression horizontale A (H)
- Fréquence de ligne double $H/2$
- 1/2 Fréquence V_r

Pour notre application nous utilisons les signaux K_t et

V: pulse dont voici le timing :



Remarque : Dans la suite de notre exposé V pulse et K_t seront appelés respectivement S_v et S_h .

L'intérêt de ce circuit S178 est de nous fournir des signaux de synchronisation très propres permettant une utilisation plus satisfaisante du contrôleur de DMA.

2) Signaux de commande du controleur de DMA :

a) Signal d'encadrement f(DMA)

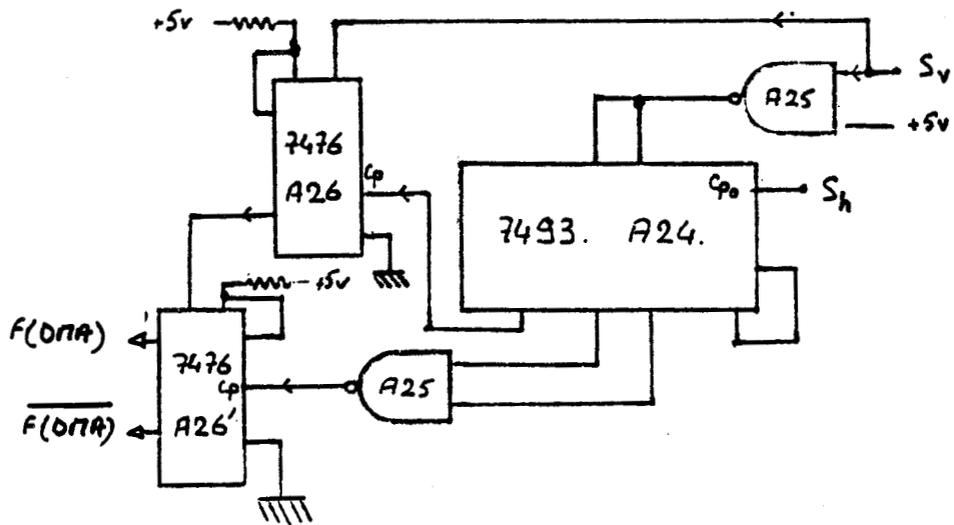
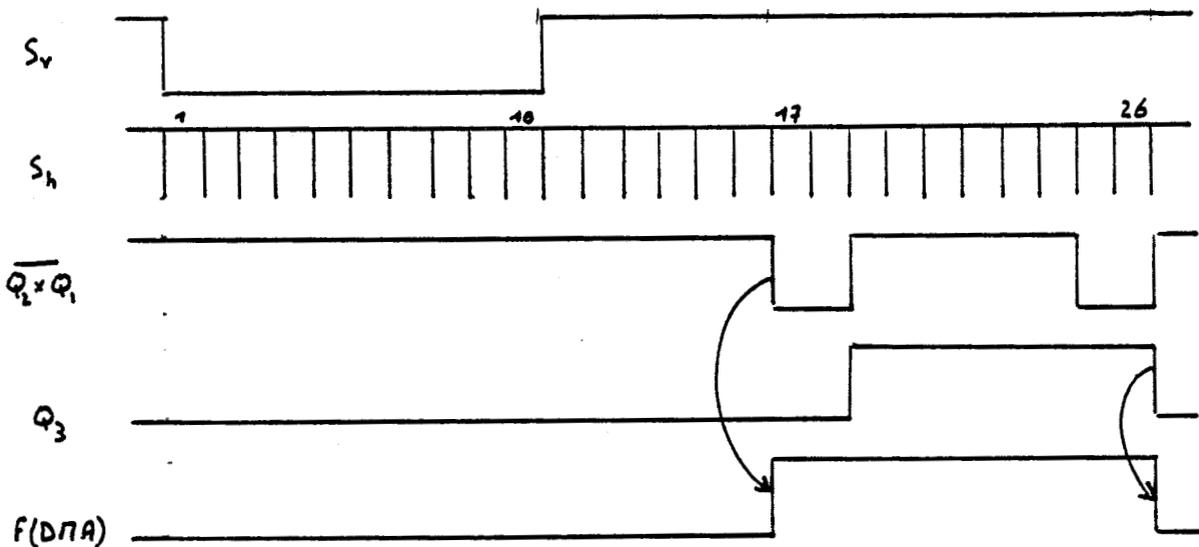


Fig. 2 : Génération du signal d'encadrement f(DMA)

Le front montant de f(DMA) est généré par le changement d'état de la bascule JK(A26') sur le sixième top ligne après la fin du top S_v. Cette bascule est remise à zéro au 16^e top ligne à l'aide de la bascule JK (A 26). Le compteur A24 est réinitialisé à chaque trame par S_v.



b) Demande de DMA (DReq)

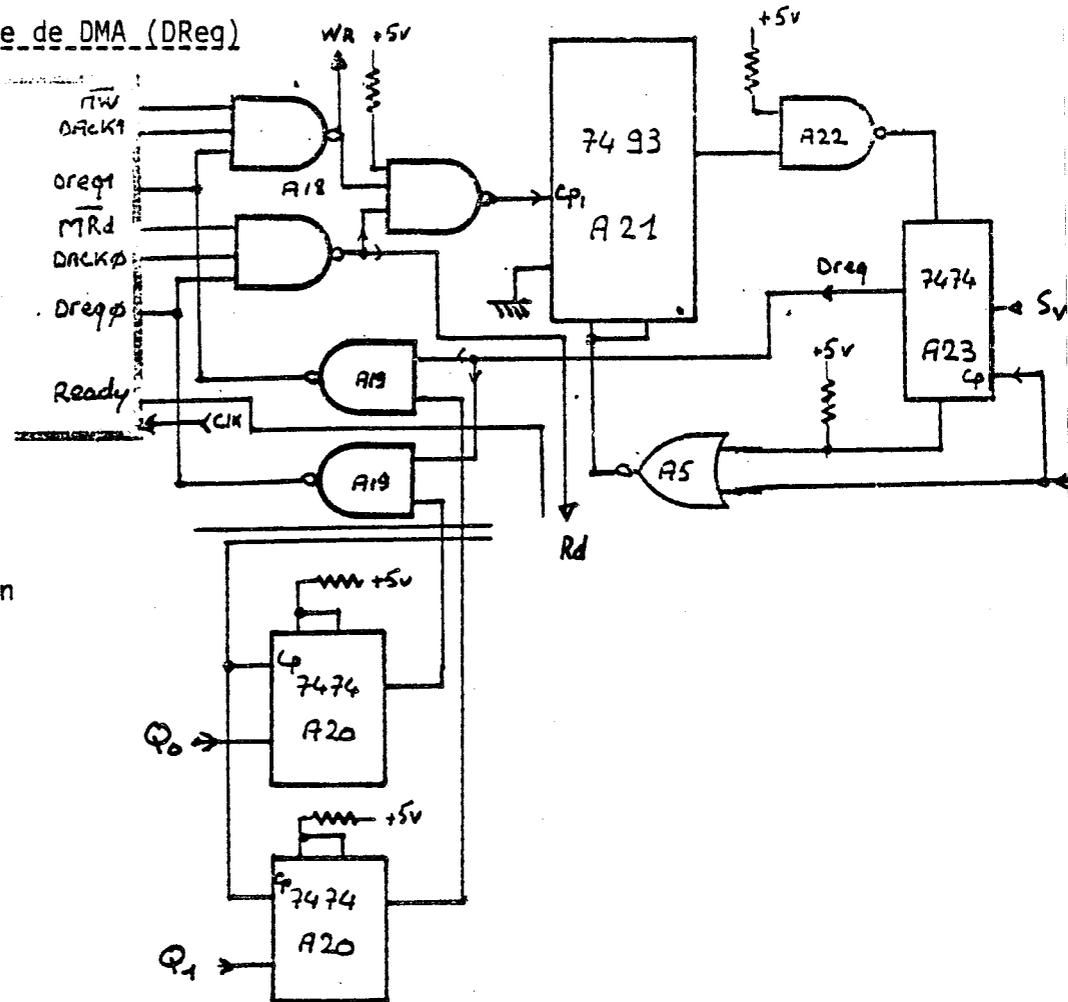


Fig. 3 : Génération
de DReq

DReq est généré par la mémorisation de $f(\text{DMA})$ dans la bascule D (A23) sur les fronts montants de S_h . Elle est réinitialisée à l'aide d'un diviseur par quatre (A21) incrémenté sur les fronts descendants de R_d ou WR . Ce compteur est réinitialisé à chaque ligne par S_h .

DReq est ensuite envoyé sur deux portes NAND dont les deux autres entrées sont attaquées par les signaux Q_0 (mode enregistrement) ou Q_1 (mode lecture) qui permettent à la ligne DReq (respectivement DReq') d'être activée par DReq.

3) Codage biphasé::

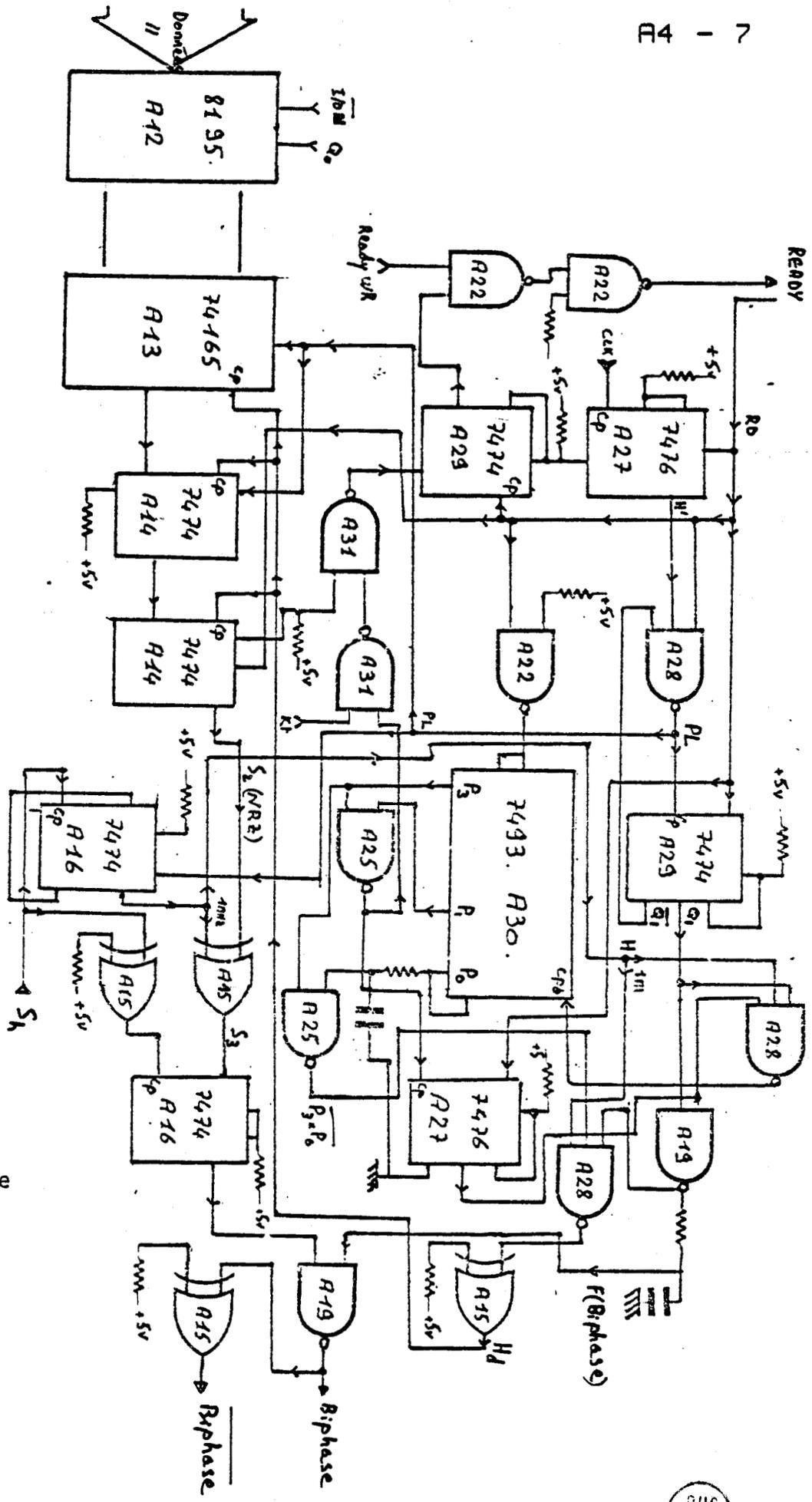
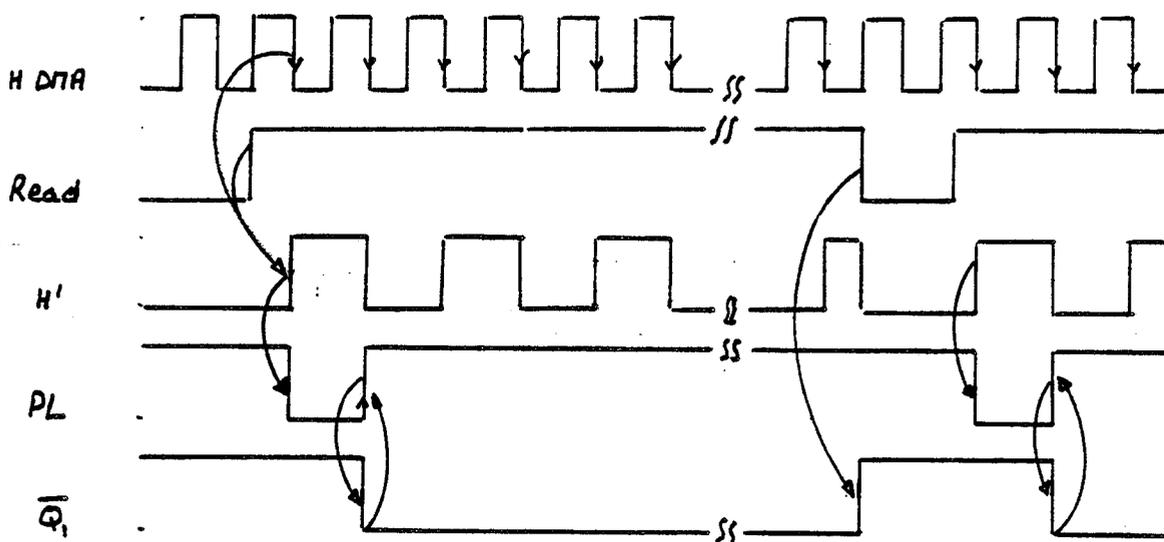


Fig. 4 : Codage biphasé des données



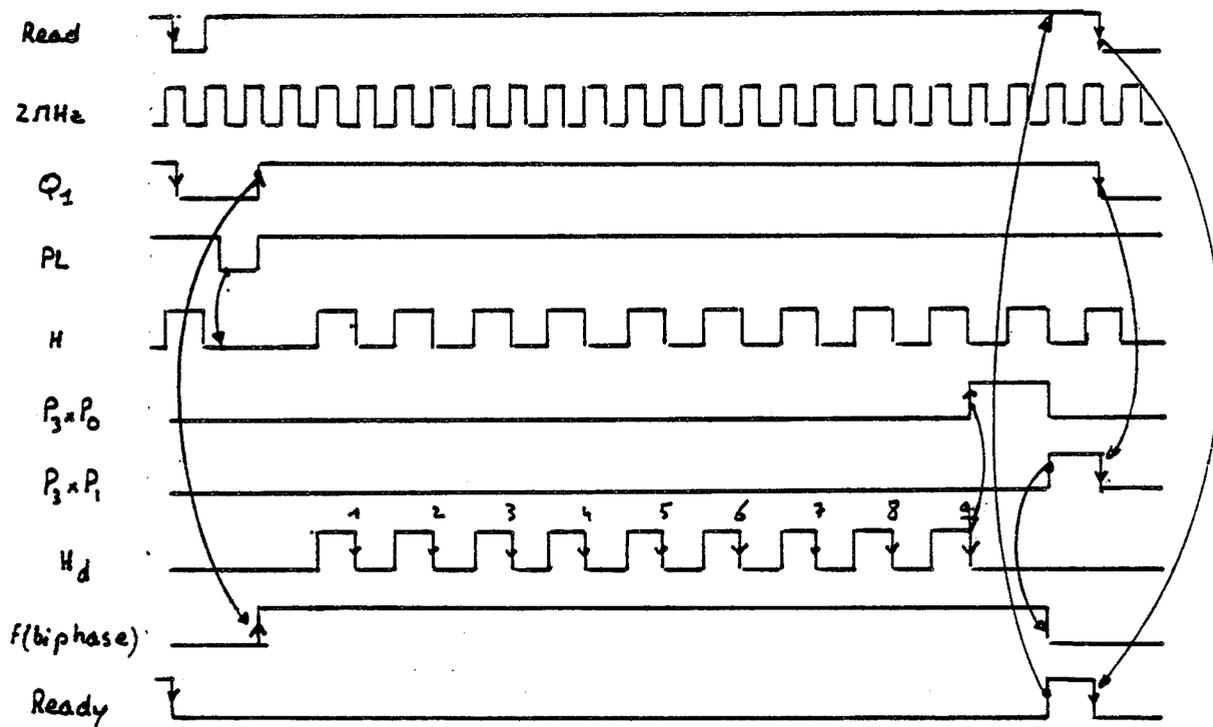
3.1) Chargement du registre à décalage



Le signal Read vient activer la bascule JK dont l'entrée CP est reliée à l'horloge DMA (A27). En sortie nous avons donc la 1/2 fréquence DMA H'.

PL n'est autre que le signal H' autoinhibé après son premier créneau négatif à l'aide de la bascule D (A29). Cette bascule est réinitialisée à chaque Rd.

3.2) Génération des signaux de décalage et de codage



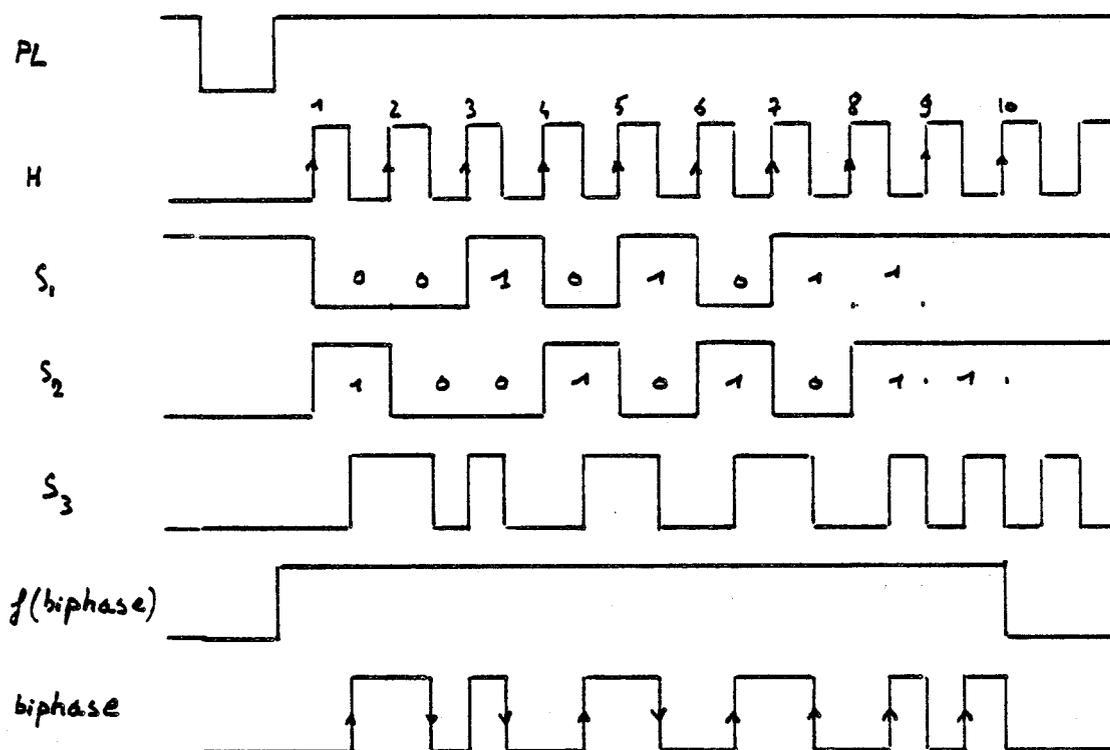
Nous étudions ici la séquence suivie pour le décalage d'un octet (en réalité 9 bits = 1 bit START + 8 bits). Le DMA génère le signal Read (actif en zéro) en présentant l'octet sur le bus de données. Cette impulsion entraîne la remise à zéro du compteur (A30) et de la bascule JK (A27). Dès que l'impulsion Read est terminée (octet présent sur le bus de données) la ligne Ready est mise à zéro par l'intermédiaire de la bascule D(A29), l'impulsion PL est générée et Q_1 activée. Q_1 vient mettre le signal d'encadrement f (Biphase) à 1 et ouvrir la porte A28. PL active la bascule D(A16) afin de générer une horloge H de 1 MHz synchrone de l'horloge externe à 2 MHz. H est envoyée dans les deux portes A28 et A28'. La première aiguille H vers le compteur A30 tandis que la deuxième envoie H vers le registre à décalage A13 (H sera alors appelée H_d Horloge de décalage).

Au 9^e coup d'horloge H ($P_3 \times P_0 = 1$) la porte A28' est inhibée. H_d est donc formée des neuf premières périodes de H et permet d'effectuer neuf décalages successifs. Au 10^e coup de H ($P_3 \times P_1 = 1$) la ligne Ready est réactivée par la remise à zéro de la bascule D (A29), le signal f (Biphase) est remis à zéro, et la porte A28 est inhibée afin de bloquer le compteur A30 dans l'état où il se trouve ($P_3 \times P_1 = 1$; $P_0 = 0$). Le processus est donc bloqué jusqu'à l'apparition du prochain Read.

Remarque : Dans le cas d'un mauvais comptage des bits (par exemple le compteur A30 ne voit que neuf fronts d'horloges) la ligne Ready restera inhibée après le passage de l'octet et bloquera le système. Pour remédier à cet inconvénient nous réactivons cette ligne à chaque top ligne à l'aide de S_h .

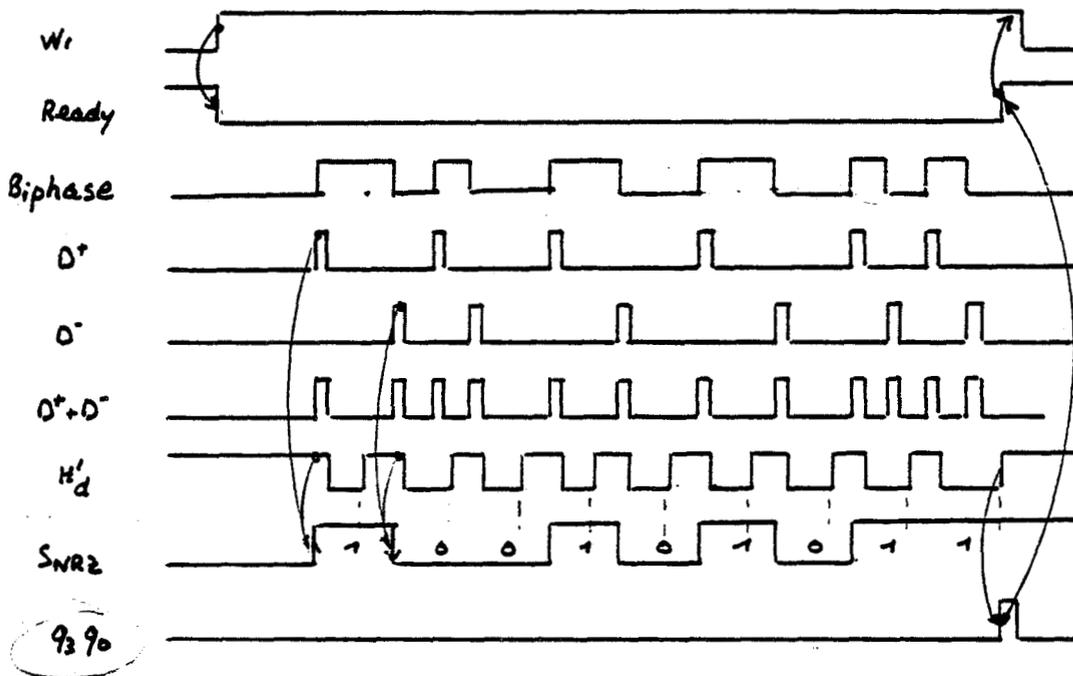
Le signal $P_3 \times P_0$ est retardé pour permettre un bon établissement du 9^e front de l'horloge de décalage H_d .

f (biphase) est lui aussi retardé pour permettre le passage du dernier bit codé en biphase.

3.3) Codage Biphase

Timing du codage biphase de l'octet 00101011.

A l'aide des deux bascules D (A14) on vient placer le bit START (=1) devant l'octet décalé. S₂ représente donc le signal codé en NRZ. La conversion en biphase est effectuée à l'aide de la porte NOR A15 et nous donne le signal biphase S₃ = S₂ ⊕ H_{1MHz}. S₃ est ensuite retardé de 250 nanosecondes par la bascule D A16 puis encadré par le signal f(biphase) dont le front descendant est lui aussi retardé pour laisser passer correctement le dernier bit de l'octet codé en biphase.

4) Décodage biphase :

Timing de décodage du biphase

A l'aide des fronts montants et descendants du biphase on génère en sortie des deux monostables A10 les impulsions D^+ et D^- qui sont envoyées dans la cellule A8. L'horloge de décodage biphase H'_d est générée par le monostable A9 sur les fronts descendants de $D^+ + D^-$. Les impulsions générées par A9 ont une durée d'environ 600 nanosecondes qui empêchent son déclenchement sur une 2^e impulsion de $D^+ + D^-$ trop rapprochée de la 1^{ère} (cas de deux bits égaux successifs). H'_d est envoyée dans A8 afin de générer le signal NRZ correspondant au biphase. Ce signal NRZ est ensuite décalé sur les fronts montants de H'_d .

Le signal Ready, primitivement activé dès l'apparition du W_r (signal indiquant que le DMA est prêt à prendre l'octet présenté sur le bus de données) est désactivé au 9^e front descendant de H'_d , c'est à dire au moment où le dernier bit de l'octet est décalé dans le registre A7. Le contrôleur de DMA jusque là en attente effectue son transfert ($W_r = 1$) sur l'octet d'information utile puisque le 1^{er} bit START a été détruit lors du décalage du 9^e bit. Dès que ce transfert est terminé ($W_r = 0$)

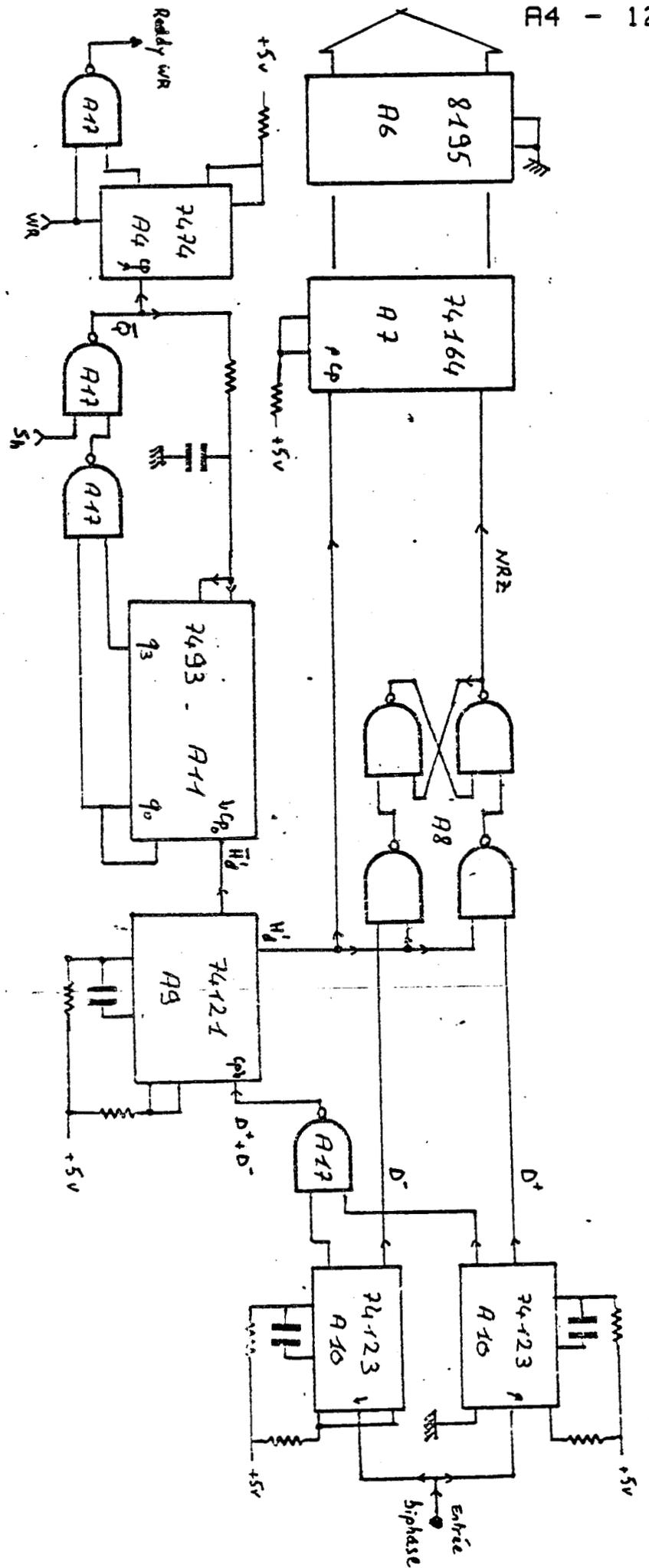
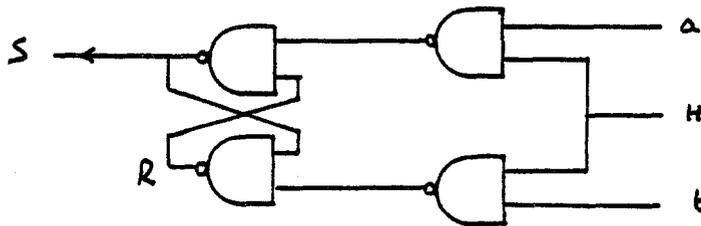


Fig. 5 : Circuit de décodage du biphase

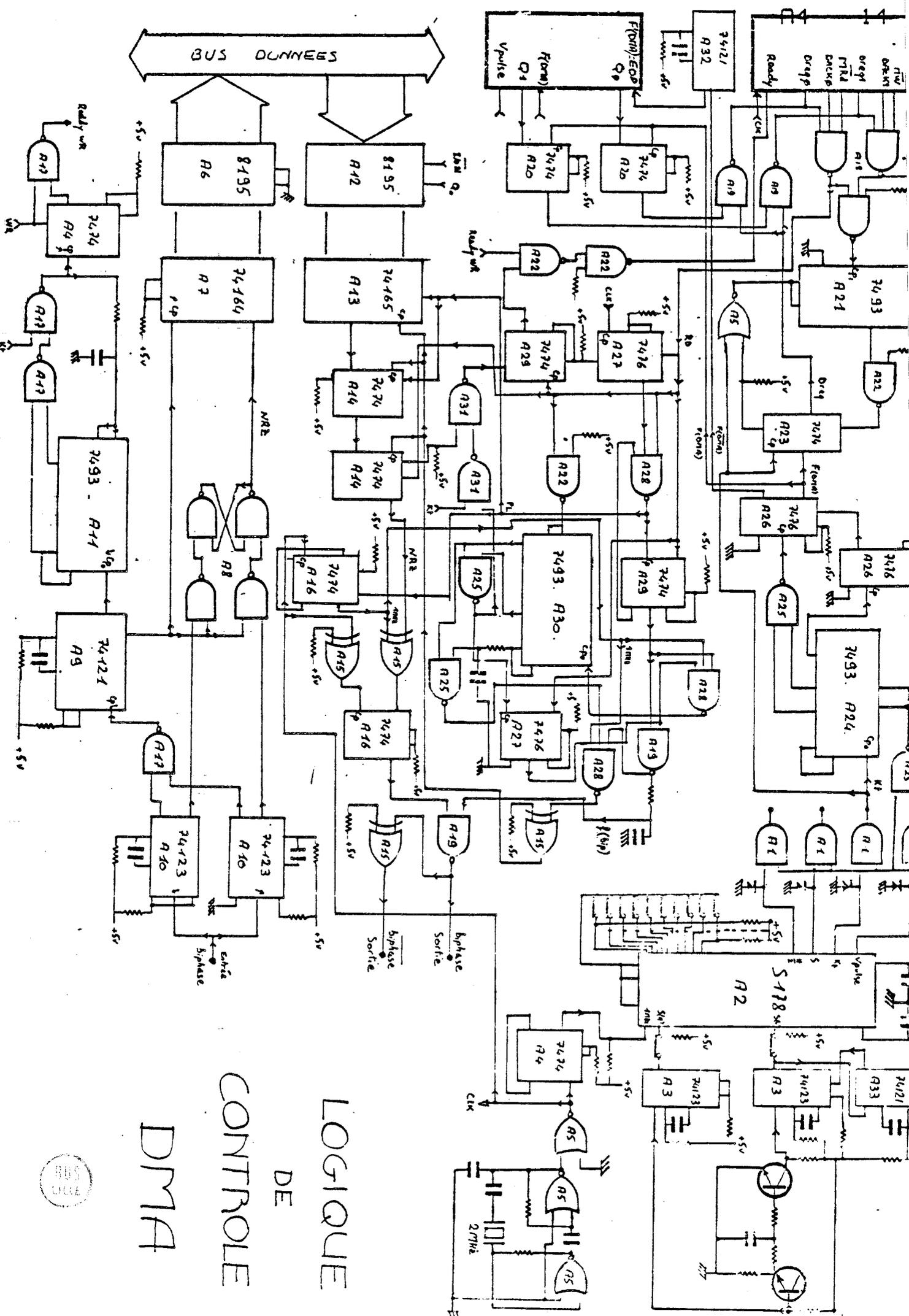


la bascule A4 est remise à zéro ($\bar{Q} = 1$) ce qui permettra la mise à zéro de Ready dès l'apparition d'un nouveau ($W_p = 1$) indiquant que le DMA est prêt à lire l'octet suivant.

Remarque : Nous donnons ici la table de vérité de la cellule A8.



H	a	b	S	$R = \bar{S}$
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



LOGIQUE
DE
CONTROLE
DMA



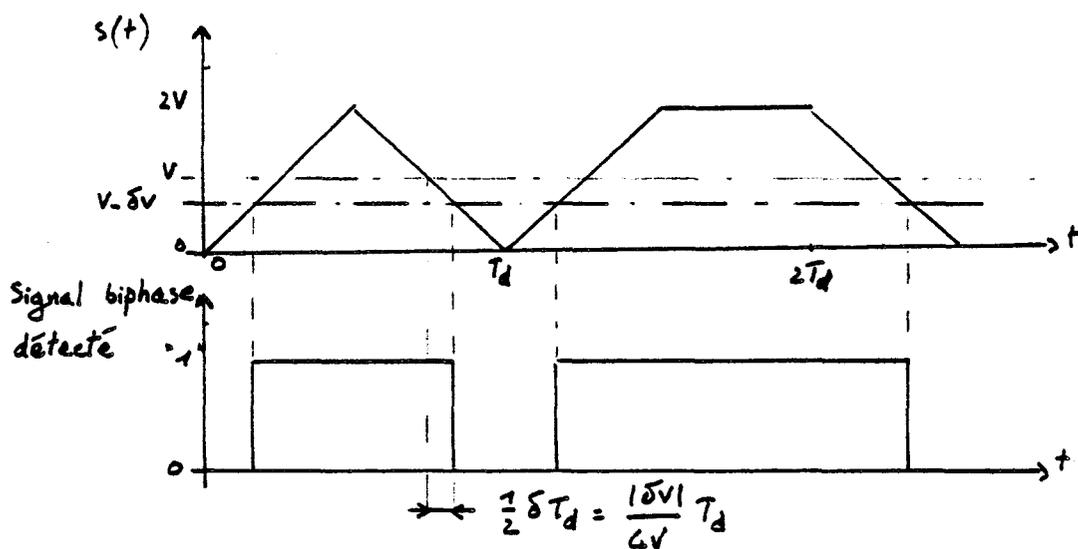


Fig 2 : Allongement des créneaux du signal biphasé détecté du à une baisse V du seuil de détection

2) Décodage du Biphase

Les impulsions a_i et b_i activées sur les transitions du signal biphasé permettent, à l'aide d'un circuit monostable, de générer l'horloge de décodage biphasé H'_d de rapport cyclique $T_0:T_d$ supérieur à 50%. Pendant la durée T_0 d'impulsion d'horloge le monostable ne prend pas en compte les impulsions a_i et b_i qui peuvent se présenter à son entrée. De cette manière nous obtenons un seul coup d'horloge par bit codé. (Dans le cas de la figure 3 nous illustrons cette propriété pour le décodage du premier bit égal à 1 du message.) Les impulsions a_i et b_i sont envoyées dans une cellule à effet mémoire commandée par H'_d afin de générer le signal NRZ correspondant au signal biphasé. Ce code NRZ est ensuite lu à la fin de chaque impulsion de l'horloge H'_d . (cf. fig 3)

Le circuit permettant ce décodage est détaillé en annexe A4.

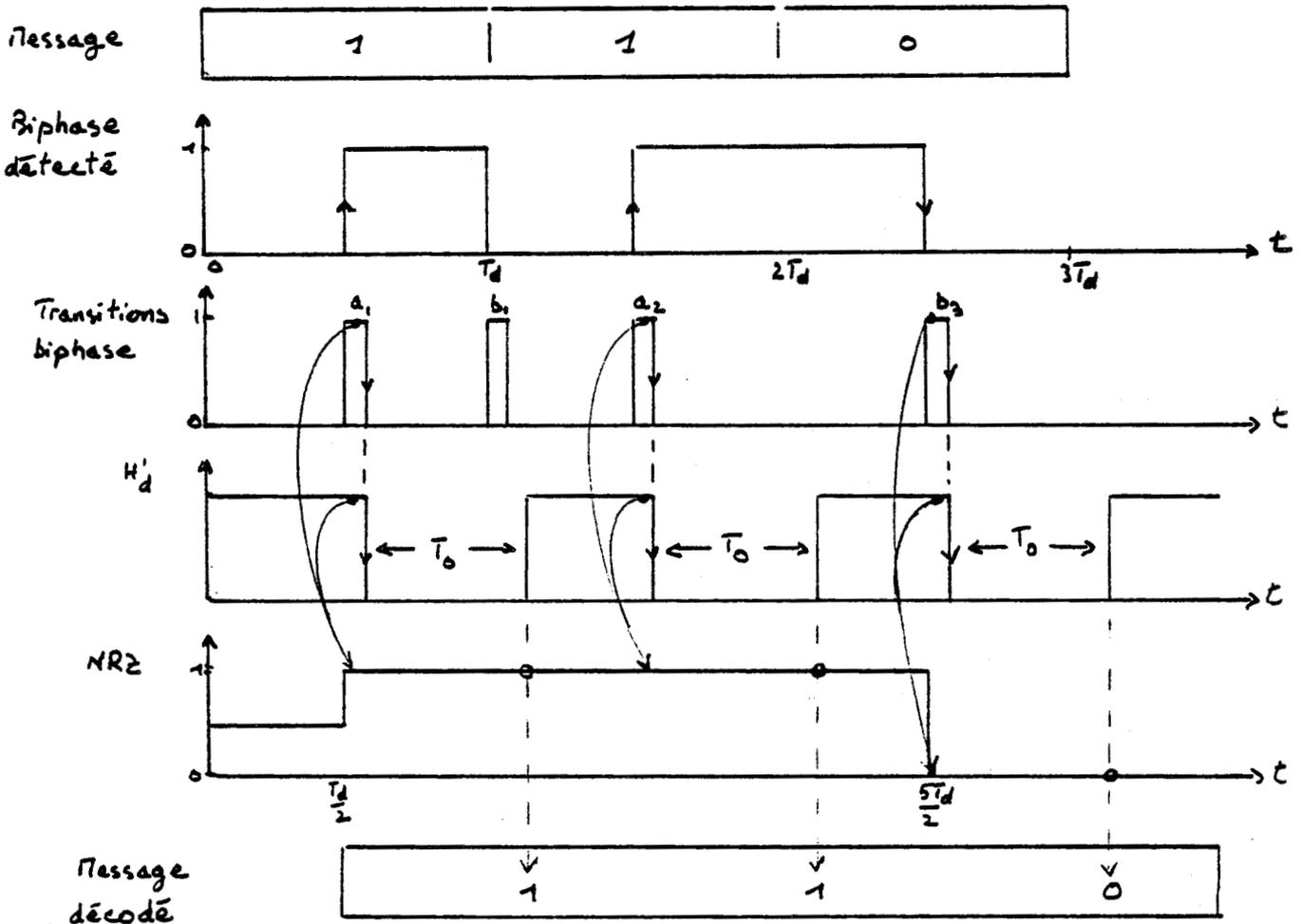


Fig 3 : Décodage du signal Biphase

Le décodage est correct car : $\delta V = 0$, $\frac{T_d}{2} < T_0 < T_d$

Remarque :

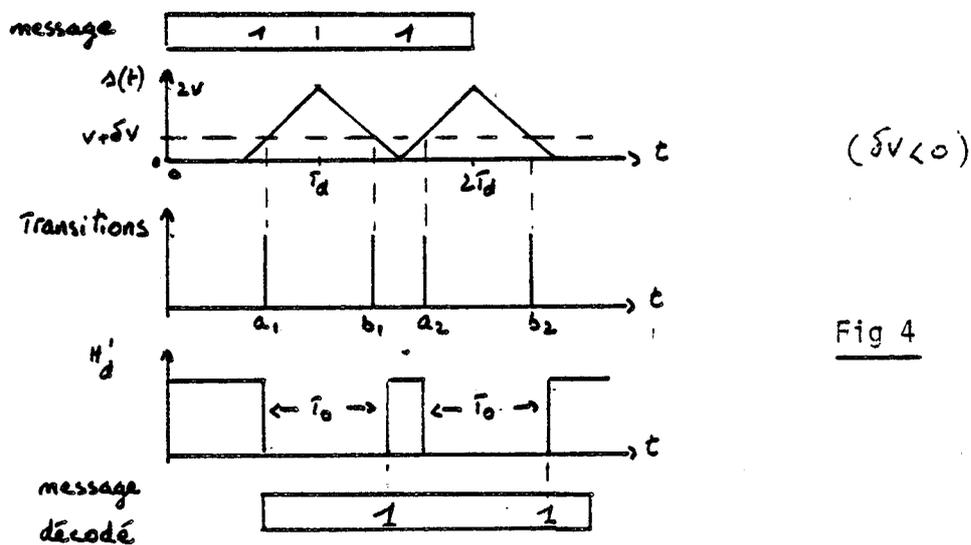
Rappelons que pour décoder correctement les octets biphase nous devons obligatoirement les faire précéder d'un bit START égal à 1. De cette manière le premier front de l'horloge H'_d sera toujours déclenché au milieu du premier bit (START) de notre message biphase.

a_i et b_i sont les impulsions déclenchées respectivement sur les transitions positives et négatives du créneau correspondant au $i^{\text{ème}}$ bit du message.

3) Limites imposées à V et T₀

Rappel: $\begin{cases} \delta V = \text{variation du seuil de détection} \\ T_0 = \frac{T_d}{2} + \delta T_0 \end{cases} \quad (\text{cas normal: } 0 < \delta T_0 < \frac{T_d}{2})$

3.1) Bits égaux à 1 consécutivement



Soit $d(a_i, b_i)$ la durée séparant les transitions a_i et b_i .
 Pour avoir un décodage correct T_0 doit obéir à la relation suivante:

$$(1) \quad d(a_i, b_i) < T_0 < T_d \quad (i = 1 \text{ ou } 2)$$

$$\Leftrightarrow \frac{T_d}{2} + \frac{|\delta V|}{2V} T_d < \frac{T_d}{2} + \delta T_0 < T_d$$

soit encore :

$$(I) \quad \boxed{\frac{|\delta V|}{2V} T_d < \delta T_0 < \frac{T_d}{2}}$$

Dans le cas de bits successivement nuls nous aurons la même condition I si le seuil de détection est trop élevé. (V > 0)

3.2) Suite alternée de bits

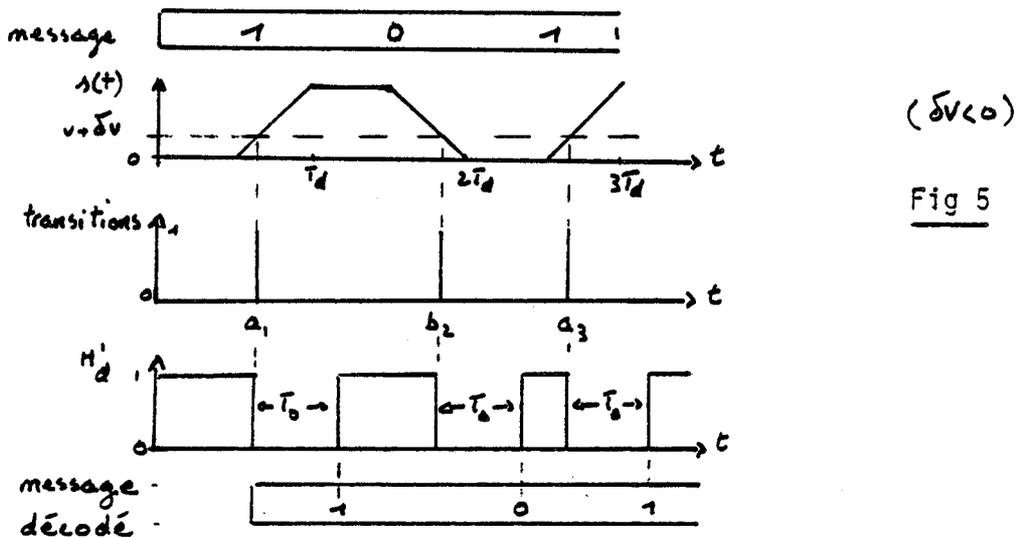


Fig 5

Dans ce cas nous devons prendre en compte toutes les transitions:

$$\begin{cases} T_0 < d(a_i, b_{i+1}) \\ T_0 < d(b_i, a_{i+1}) \end{cases}$$

- si $\delta V < 0$: $T_0 < d(b_i, a_{i+1}) = T_d - \frac{|\delta V|}{2V} T_d$

- si $\delta V > 0$: $T_0 < d(a_i, b_{i+1}) = T_d - \frac{|\delta V|}{2V} T_d$

Nous obtenons donc la condition suivante:

$$(II) \quad \delta T_0 < \left(\frac{1}{2} - \frac{|\delta V|}{2V} \right) T_d$$

Les conditions nécessaires à un décodage correct du signal bi-phase sont donc :

$$(I) \text{ et } (II) \Rightarrow (III) : \quad \frac{|\delta V|}{2V} T_d < \delta T_0 < \left(\frac{1}{2} - \frac{|\delta V|}{2V} \right) T_d$$

avec: V = variation du seuil de détection
 $\frac{T_d}{2}$ = Demi période de l'horloge biphasé
 $\frac{T_d}{2} + \delta T_0$ = Largeur de l'impulsion d'horloge régénérée H_d' .

4) Conclusion

Hormis les octets FF (suite de 1) et 55 (suite alternée) tous les autres octets, compte tenu du bit START égal à 1, sont formés de séquences de bits égaux et de séquences alternées. La condition (III) s'applique donc à la quasi totalité des octets. On peut la représenter graphiquement sous la forme suivante :

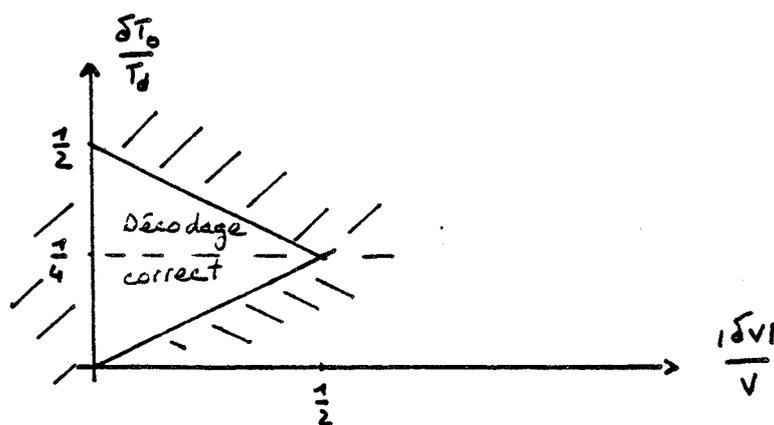


Fig 5 : Domaine de validité du décodage dans le plan $(\frac{|\delta V|}{V}, \frac{\delta T_0}{T_d})$

- Ce graphique montre qu'en fixant δT_0 à $\frac{T_d}{4}$ nous disposons d'une plage maximum de variation de δV , $(-\frac{V}{2} < \delta V < \frac{V}{2})$, qui est très importante.

Dans le cas que nous traitons le seuil de détection est fixé à $V=2$ volts et la période de codage biphasé est égale à 1 s.

δT_0 doit donc être égal à $0,25 \mu s$ et δV peut varier entre +1 et -1 volt.

A N N E X E VI

Listings des programmes de mise en oeuvre et de test
des procédés "horizontal" et "vertical".

1) Programme d'écriture horizontale : ECR1.PLM

```

/*****
/* Programme permettant l'inscription de 40 octets sur 10 */
/* lignes de trame video.
/*****
/*

*/
1  ECRIT:DO;
  /*****Declaration des tableaux et variables *****/
2  1  DECLARE (I,J) BYTE;
3  1  DECLARE DONNEE(40)BYTE AT(8000H); /*Donnees*/
4  1  DECLARE (VPULSE,EOP,ECR) BYTE;
5  1  DECLARE TEST BYTE AT(0C000H);
6  1  DECLARE IMAGE ADDRESS AT(0C002H);
  /***** Initialisation *****/
7  1  INIT:DO;
8  2  OUTPUT(28H)=0CH; /*Configuration du port E-5*/
9  2  IMAGE=0;
10 2  ECR=1H;
11 2  VPULSE=1H;
12 2  END INIT;
  /***** Inscription des donnees *****/
13 1  BOUCLE:DO WHILE ECR=1H;
14 2  DO CASE TEST; /******Choix de la sequence *****/
15 3  DO I =0 TO 19D;
16 4  DONNEE(2*I)=I;
17 4  DONNEE(2*I+1)=255D-I;
18 4  END;
19 3  DO I=0 TO 9;
20 4  DONNEE(4*I)=00H;
21 4  DONNEE(4*I+1)=0AH;
22 4  DONNEE(4*I+2)=0A0H;
23 4  DONNEE(4*I+3)=0AAH;
24 4  END;
25 3  DO I=0 TO 39D;
26 4  DONNEE(I)=0;
27 4  END;
28 3  DO I=0 TO 39D;
29 4  DONNEE(I)=0AAH;
30 4  END;
31 3  END;
32 2  PULSE:DO; /* Attente du top trame */
33 3  DO WHILE (I:=VPULSE AND 02H)(>)0;
34 4  VPULSE=INPUT(29H);
35 4  END;
36 3  END PULSE;

```

The diagram consists of several vertical arrows on the right side of the code, indicating the flow of data or control between different sections:

- A double-headed vertical arrow between lines 3 and 6, spanning the declaration of the DONNEE array.
- A double-headed vertical arrow between lines 8 and 12, spanning the initialization of variables.
- A long vertical arrow pointing downwards from line 14 to line 30, spanning the main loop and pulse waiting section.
- A vertical arrow pointing upwards from line 35 to line 36, indicating the end of the pulse waiting section.

```

37  2      DMA:DO;      /***** Initialisation DMA *****/
38  3          OUTPUT(2BH)=01H;      /*Mode lecture*/
39  3          OUTPUT(9DH)=01H;      /*RAZ flip flop*/
40  3          OUTPUT(98H)=80H;      /*Registre de commande*/
41  3          OUTPUT(9BH)=18H;      /*Registre de mode*/
42  3          OUTPUT(9FH)=0EH;      /*Registre de masquage*/
43  3          OUTPUT(9CH)=0EH;      /*RAZ flip flop*/
44  3          OUTPUT(90H)=00H;      /*Adresse de base 8000h*/
45  3          OUTPUT(90H)=80H;
46  3          OUTPUT(9CH)=80H;      /*RAZ flip flop*/
47  3          OUTPUT(91H)=39D;      /*Nombre de transferts*/
48  3          OUTPUT(91H)=00H;
49  3          END DMA;
50  2      FINDMA:DO WHILE (INPUT(29H) AND 01H) <> 0;
51  3          END FINDMA;
52  2      COMPT:DO;
53  3          IMAGE=IMAGE+1;
54  3      END COMPT;
55  2      END BOUCLE;
56  1      END ECRIT;

```

MODULE INFORMATION:

```

CODE AREA SIZE      = 0149H      329D
VARIABLE AREA SIZE = 0005H      5D
MAXIMUM STACK SIZE = 0000H      0D
68 LINES READ

```

2) Programme de test du procédé horizontal : TESTE.

```

/*****
/* Programme permettant la lecture d'octets inscrits hori-*/
/* zontalement sur la trame video. */
/* Traitement d'erreurs: */
/* IMAGE=Nombre d'images. */
/* CPT=Nombre total d'erreurs. */
/* LIGNE(K)=Nombre de fois ou la ligne K est */
/* fausse. */
/* ER(I)=Nombre de fois ou l'octet I est faux. */
/* ERREUR(N)=Nombre d'images ayant N erreurs. */
/* FAUX(J)=Nombre d'images dans la suite N0 J */
/* d'images consecutives et ayant plus */
/* de 35 erreurs. */
*****/

*/
1 ERREURS:DO;
/***** Declaration des tableaux et variables *****/
2 1 DECLARE IMAGE ADDRESS AT(50000D);
3 1 DECLARE LIGNE(10) ADDRESS AT(50180D);
4 1 DECLARE CPTR ADDRESS AT(50002D);
5 1 DECLARE ERREUR(41) ADDRESS AT (50004D);
6 1 DECLARE NOMBRE BYTE; /*Nombre d'erreurs par image*/
7 1 DECLARE VRAI ADDRESS AT(50086D);
8 1 DECLARE ER(40) ADDRESS AT(50100D);
9 1 DECLARE FAUX(500) BYTE AT(50200D);
10 1 DECLARE TEST BYTE AT(51000D);
11 1 DECLARE (PLACE) BYTE;
12 1 DECLARE (I,J,X,M,N) BYTE;
13 1 DECLARE DONNEE(40) BYTE AT(8100H); /*Octets lus*/
14 1 DECLARE REF(40) BYTE ; /*Donnees etalons*/
/***** Initialisation *****/
15 1 INIT:DO;
16 2 NOMBRE=0;
17 2 IMAGE=0;
18 2 PLACE=0;
19 2 CPTR=0;
20 2 VRAI=0;
21 2 X=0;
22 2 DO I=0 TO 39D;
23 3 ER(I)=0;
24 3 END;
25 2 DO I = 0 TO 9;
26 3 LIGNE(I)=0;
27 3 END;
28 2 DO I=0 TO 40;
29 3 ERREUR(I)=0;
30 3 END;
31 2 DO I=0 TO 499;
32 3 FAUX(I)=0;
33 3 END;

```



```

34 2 DO CASE TEST; /*Choix des données à comparer
35 3 DO I =0 TO 19;
36 4 REF(2*I)=I;
37 4 REF(2*I+1)=255-I;
38 4 END;
39 3 DO I=0 TO 9;
40 4 REF(4*I)=00H;
41 4 REF(4*I+1)=0AH;
42 4 REF(4*I+2)=0A0H;
43 4 REF(4*I+3)=0AAH;
44 4 END;
45 3 DO I=0 TO 39;
46 4 REF(I)=0;
47 4 END;
48 3 DO I =0 TO 39;
49 4 REF(I)=0AAH;
50 4 END;
51 3 END ; /*Configuration du port E-S*/
52 2 OUTPUT(29H)=0CH;
53 2 END INIT;

```

```

54 1 DO WHILE IMAGE<15000D;
55 2 PULSE:DO WHILE(INPUT(29H) AND 02)<>0;
56 3 END PULSE; /*Attente du top trame*/
57 2 DMA:DO; /**** Programmation de la DMA ****/
58 3 OUTPUT(28H)=02H; /*RAZ flip flopp*/
59 3 OUTPUT(9DH)=02H; /*Registre de commande*/
60 3 OUTPUT(98H)=80H; /*Registre de mode*/
61 3 OUTPUT(9BH)=15H; /*Registre de masque*/
62 3 OUTPUT(9FH)=0DH; /*RAZ flip flopp*/
63 3 OUTPUT(9CH)=0DH; /*Adresse de base 8100h*/
64 3 OUTPUT(92H)=00H;
65 3 OUTPUT(92H)=01H; /*RAZ flip flopp*/
66 3 OUTPUT(9CH)=81H; /*Nombre de transferts*/
67 3 OUTPUT(93H)=39D;
68 3 OUTPUT(93H)=00H;
69 3 END DMA;
70 2 FINDMA: DO WHILE (INPUT(29H) AND 01)<>0;
71 3 END FINDMA;
72 2 DETECT:DO; /****** Traitement d'erreurs ******/
73 3 IMAGE=IMAGE+1;
74 3 NOMBRE=0;
75 3 X=0;
76 3 LIGNES:DO M=0 TO 9D; /*Erreurs par image*/
77 4 DO N=0 TO 3;
78 5 I=4*M+N;
79 5 IF DONNEE(I)<>REF(I) THEN
80 6 DO;
81 6 ER(I)=ER(I)+1;
82 6 NOMBRE=NOMBRE+1;
83 6 X=X+1;
84 6 IF X=4 THEN LIGNE(M)=LIGNE(M)+1;
85 6 END;
86 5 END;
87 4 X=0;
88 4 END LIGNES;
89 4

```

```

90 3   OCTETS:DO;
91 4       CPTR=CPTR+NOMBRE;
92 4       ERREUR(NOMBRE)=ERREUR(NOMBRE)+1;
93 4       IF NOMBRE<4 THEN
94 4         DO;
95 5           VRAI=VRAI+1;
96 5           IF FAUX(PLACE)(<)0 THEN PLACE=PLACE+1;
98 5       END;
99 4       ELSE DO;
100 5         IF NOMBRE > 35D THEN FAUX(PLACE)=FAUX(PLACE)+1;
102 5         ELSE DO;
103 6           IF FAUX(PLACE)(<)0 THEN PLACE=PLACE+1;
105 6         END;
106 5       END;
107 4       END OCTETS;
108 3   REINT:DO I=0 TO 39D;
109 4       DONNEE(I)=0CCH;
110 4       END REINT;
111 3       END DETECT;
112 2   END;
      /*****/
113 1   HALT;
114 1   END ERREURS;

```

MODULE INFORMATION:

```

CODE AREA SIZE      = 0324H      804D
VARIABLE AREA SIZE = 002FH      47D
MAXIMUM STACK SIZE = 0002H      2D
137 LINES READ

```



3) Programme de test du procédé vertical : VERTF.

```

/*****
/* Programme permettant l'écriture et la lecture d'octets */
/* inscrits verticalement sur la trame video. */
/* Traitement d'erreurs: */
/*      IM=Nombre d'images. */
/*      CPT=Nombre total d'erreurs. */
/*      ER(I)=Nombre de fois ou l'octet I est faux. */
/*      FAUX(N)=Nombre d'images ayant N erreurs. */
*****/

1      */
      VERTICAL:
      DO:
/*****Declarations des tableaux et variables*****/
2      1      DECLARE X BYTE AT(3302H);
3      1      DECLARE (I,N,U,V,Y,Z) BYTE;
4      1      DECLARE REF(32) BYTE AT(3000H);
5      1      DECLARE TAB(30) BYTE AT(3021H);
6      1      DECLARE STO(30) BYTE AT(3050H);
7      1      DECLARE IM ADDRESS AT(3100H);
8      1      DECLARE CPT ADDRESS AT(3102H);
9      1      DECLARE FAUX(31) ADDRESS AT(3104H);
10     1      DECLARE ER(30) ADDRESS AT(3200H);
11     1      DECLARE MODE BYTE AT(3300H);
12     1      DECLARE LOCI BYTE AT(34H);
13     1      DECLARE LOCA ADDRESS AT(35H);
/***** Sous-programme d'enregistrement *****/
14     1      ENREGISTREMENT:
          PROCEDURE INTERRUPT 1;
15         2          OUTPUT(0E9H)=Y;
16         2          OUTPUT(0E9H)=Z;
17         2          X=X+2;
18         2          Y=REF(X);
19         2          Z=REF(X+1);
20         2      END ENREGISTREMENT;
/***** Sous-programme de lecture*****/
21     1      LECTURE:
          PROCEDURE INTERRUPT 2;
22         2          U=INPUT(0E9H);
23         2          V=INPUT(0E9H);
24         2          TAB(X)=U;
25         2          TAB(X+1)=V;
26         2          X=X+2;
27         2      END LECTURE;
      /*

```



```
*****
*PROGRAMME PRINCIPAL*
*****
```

```
***** Initialisation *****
```

```

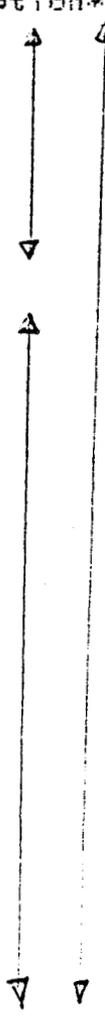
28 1  INIT:DO;
29 2  DISABLE;
30 2  OUTPUT(0EBH)=9AH; /*Ports A,B,Cb en entree
                          et Cb en sortie*/
31 2  OUTPUT(0EAH)=04H; /*E/L=1,enregistrement
                          et A en entree hard*/
32 2  CPT=0;
33 2  X=0;
34 2  Y=0;
35 2  Z=0;
36 2  U=0;
37 2  V=0;
38 2  IM=0;
39 2  N=0;
40 2  DO I = 0 TO 15D;
41 3  REF(2*I+1)=255D-I;
42 3  REF(2*I)=I;
43 3  END;
44 2  DO I=0 TO 29D;
45 3  TAB(I)=0;
46 3  STO(I)=0;
47 3  ER(I)=0;
48 3  FAUX(I)=0;
49 3  END;
50 2  FAUX(31)=0;
51 2  END INIT;
52 1  MAIN:
53 2  DO;
54 2  IF MODE=1 THEN
55 3  DO;
56 3  OUTPUT(0EBH)=88H; /*Ports A,B en sorti
57 3  OUTPUT(0EAH)=00H; /*Mode enregistrement
58 3  LOCI=0C3H;
59 3  LOCA=.ENREGISTREMENT; /*Choix de l'interruptio
60 4  DO WHILE (INPUT(0EAH) AND 80H)=80H;
61 5  OUTPUT(0EBH)=REF(0);
62 5  OUTPUT(0E9H)=REF(1);
63 5  Y=REF(2);
64 5  Z=REF(3);
65 5  X=2;
66 5  ENABLE;
67 5  END;
68 4  IM=IM+1;
69 4  DO WHILE (INPUT(0EAH) AND 80H)=00H;
70 5  END;
71 4  END;
72 3  END ;

```

```

73 2  /***** Programme de lecture *****/
74 3  ELSE DO;
75 3  OUTPUT(0EBH)=9AH; /*Donnees en entree*/
76 3  OUTPUT(0EAH)=06H; /*Mode lecture*/
77 3  LOCI=0C3H;
78 3  LOCA=.LECTURE; /*Choix de l'interruption*/
79 3  DO WHILE MODE=00H;
80 4  IF (INPUT(0EAH)AND 80H)=80H THEN
81 4  IF IM=0 THEN
82 5  DO;
83 5  IM=IM+1;
84 5  ENABLE;
85 5  CALL TIME(100);
86 4  END;
87 5  /***** Traitement d'erreurs *****/
88 5  ELSE DO;
89 5  ENABLE;
90 5  IM=IM+1;
91 5  X=0;
92 5  DO I=0 TO 29D;
93 6  STO(I)=TAB(I);
94 6  TAB(I)=0;
95 5  END;
96 5  TRAITEMENT:DO;
97 6  N=0;
98 6  DO I = 0 TO 29;
99 7  IF STO(I)(<)REF(I) THEN
100 7  DO;
101 8  N=N+1;
102 8  ER(I)=ER(I)+1;
103 7  END;
104 6  END;
105 6  CPT=CPT+N;
106 6  FAUX(N)=FAUX(N)+1;
107 6  END TRAITEMENT;
108 5  END;
109 4  END;
110 3  END;
111 1  /*****
112 1  END MAIN;
113 1  HALT;
114 1  END VERTICAL;

```



MODULE INFORMATION:

CODE AREA SIZE = 028DH 653D
 VARIABLE AREA SIZE = 0006H 6D
 MAXIMUM STACK SIZE = 0008H 8D
 145 LINES READ

