

La norme vidéo analogique

La norme *vidéo* est une norme de balayage et de transmission d'image sous forme analogique. Elle permet de faire communiquer deux appareils par une liaison du type "série", donc de structure légère. Sa conception a été établie initialement pour les besoins de la télévision et son usage s'est répandu dans d'autres domaines. Elle permet de disposer d'une gamme très large d'appareils compatibles entre eux, diffusés à un coût raisonnable. Ses limitations sont liées à celle de notion de norme, ce qui exclut son emploi dès que l'un des éléments ne satisfait pas la norme; c'est le cas lorsque des performances élevées de résolution sont demandées par une application.

La norme se décompose en deux aspects:

- la définition du balayage de l'image.
- la définition du signal électronique comportant l'information "image" et les informations de synchronisation entre appareils.

La norme *vidéo* est internationale; elle possède néanmoins deux variantes non compatibles selon les pays d'origine: la norme US dite NTSC et la norme européenne CCIR.

norme de balayage

Le balayage définit l'ordre de scrutation de l'ensemble des pixels constituant l'image. Il se fait en lignes de gauche à droite, la suite des lignes étant formée de haut en bas; l'origine est le coin supérieur gauche. Il est à remarquer que le signal issu de cette analyse peut être analogique dans le cas de l'analyse d'un milieu continu, la discrétisation n'étant réalisée que dans le sens vertical. Le nombre total de lignes est :

- 625 en norme CCIR
- 525 en norme NTSC

Sur ce nombre total, l'image réelle ne constitue qu'une portion réduite, le reste étant consacré au *retour trame* qui correspond à un temps libre nécessaire physiquement à certains équipements (tube cathodique T.V.) pour revenir en situation initiale de balayage. Le retour correspond à environ 45 lignes pour les deux standards. Il reste donc 480 lignes utiles en NTSC et 580 en CCIR, ce qui donne à ce dernier une supériorité non négligeable.

Le temps consacré à une ligne est de:

- 64 microsecondes en CCIR soit une fréquence ligne de 15.625 KHz ou de
- 63.556 microsecondes en NTSC soit 15.734 KHz.

La différence entre les deux standards est négligeable pour les applications courantes. Comme pour le balayage *trame*, le temps utile d'analyse est limité à 50 microsecondes environ, le reste étant consacré au *retour ligne*.

Le balayage complet d'une image demande donc 40 mS en standard Europe soit 25 images par seconde, ou 33.33 mS en standard US soit 30 images par seconde. Il apparaît que ces vitesses de rafraîchissement sont très insuffisantes pour l'oeil humain qui perçoit un papillotement (*flicker* en anglais), sur moniteur de visualisation classique.

Cet inconvénient est éliminé par la technique de l'*entrelaçage*. Elle consiste à balayer verticalement à vitesse double, ce qui donne naissance à deux demi-images comportant chacune la moitié des lignes soit 312.5 en Europe ou 262.5 en standard US. Les demi-images sont appelées *trame paire* et *trame impaire*, décalées de la hauteur d'une ligne.

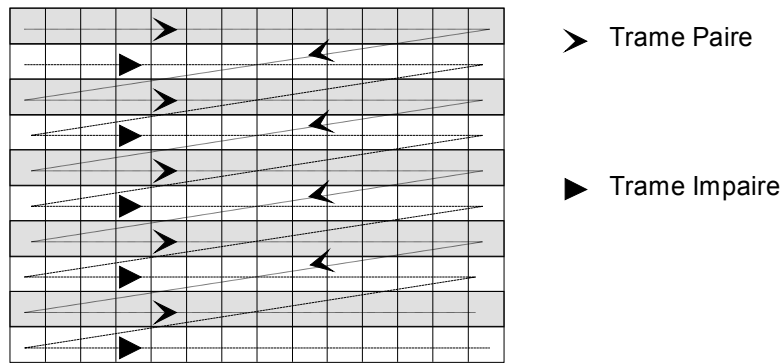


Fig 1: Balayage en demi-trames entrelacées

norme de transmission

La transmission d'une image par liaison *vidéo* demande le transfert de deux types d'informations:

- une information logique permettant de connaître la position du balayage dans l'image; cette fonction est appelée *synchronisation*. Elle consiste essentiellement en une suite d'impulsions *synchro ligne* spécifiant le début de chaque ligne et en une impulsion *synchro trame* en début de chaque nouvelle demi-image. La forme exacte de la *synchro trame* permet de distinguer les trames *paires* et *impaires*. Elle se caractérise par une mise à 0 du niveau logique pendant 2.5 lignes. Les impulsions lignes sont intercalées à fréquence double pendant toute la période de retour (impulsions dites d'égalisation). Le repérage de la parité se fait directement par comptage des impulsions d'égalisation.

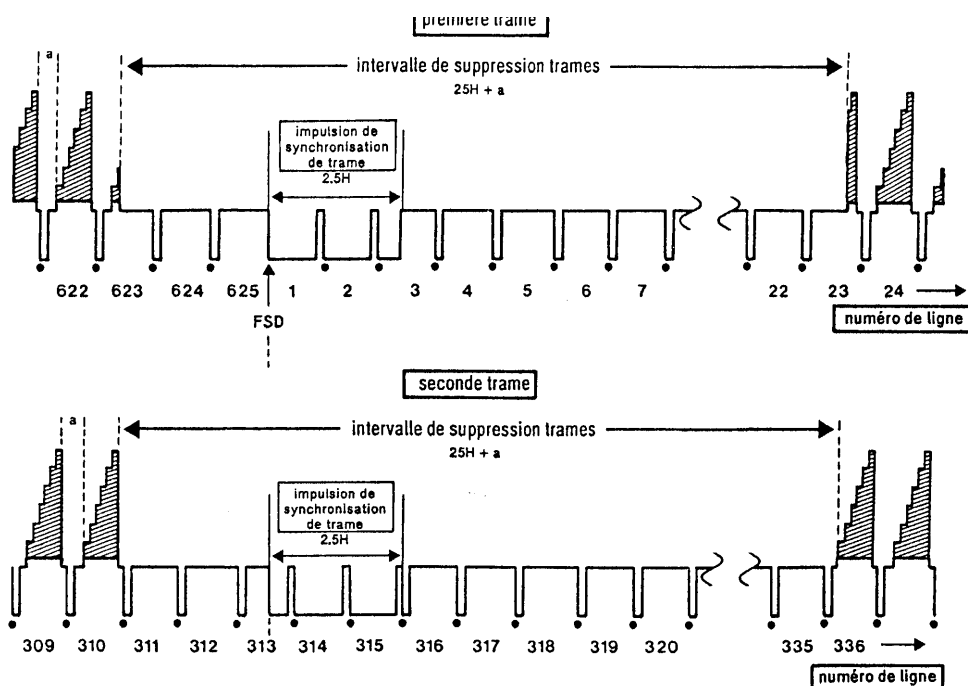


Fig 2 : Synchronisation des trames paires et impaires

- une information analogique (ou échantillonnée-bloquée dans le cas d'un système discrétisé spatialement) correspondant à l'intensité lumineuse de chaque point de la ligne.

On remarque qu'il n'existe pas d'information logique liée à chaque pixel étant donné que la norme a été définie initialement pour les systèmes non discrétisés spatialement.

norme RS170

Les deux informations de synchro et de luminance peuvent être transmises séparément (transmission à synchro séparée) ou mélangées pour donner naissance à un signal *vidéo composite*. Le standard *RS170* définit complètement le signal vidéo composite, en précisant les niveaux de tension des diverses composantes.

Les signaux de *synchro ligne* et *vidéo* sont multiplexés temporellement pour former le signal composite, la fonction de synchro ligne ayant lieu lorsque le signal vidéo est nul (pas d'affichage pendant ce temps). La synchronisation trame se fait pendant les temps de retour trame; le signal vidéo étant aussi nul pendant cette phase.

Le signal courant, hors période de synchro trame, prend l'allure suivante:

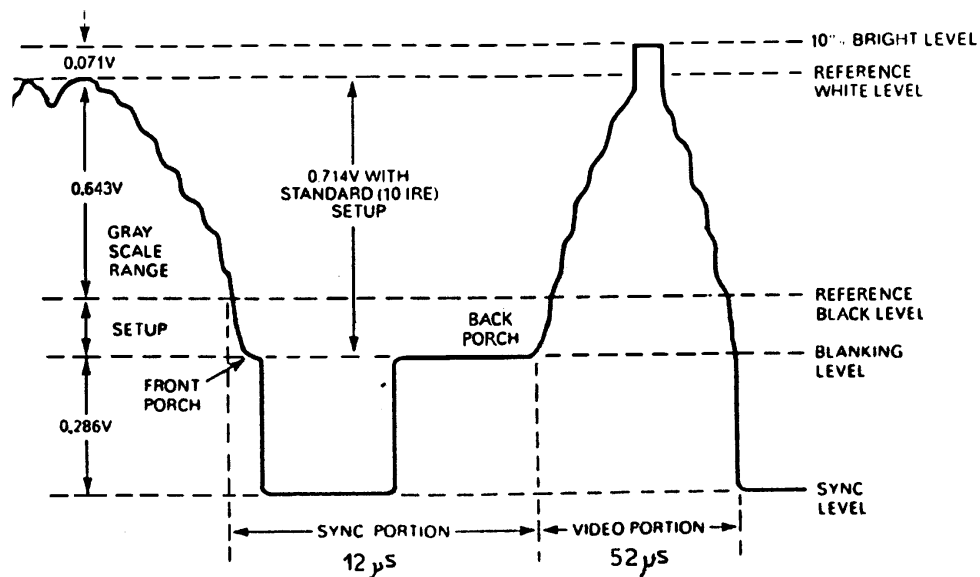


Fig 3- Signal Video Composite

Pour séparer sans erreur possible le signal de synchro du signal vidéo, les niveaux associés sont différents. Les tops de synchro sont négatifs par rapport au niveau de référence et le signal vidéo est positif. Le niveau de référence existe physiquement, juste derrière le top de synchro (back porch). L'échantillonnage du niveau de référence permet de recalibrer le signal à la réception et d'éliminer tout niveau continu parasite.

transmission couleur

Dans la télévision classique, la décomposition couleur d'une image se fait suivant une séparation trichromique du type R V B .

- solution directe

La transmission d'une image couleur peut se faire en utilisant 3 canaux synchrones, chacun étant transmis suivant la norme vidéo. Le plus souvent, la synchro qui est la même pour les trois voies est transmise séparément. Cette dernière solution demande donc 4 canaux de transmission; elle est bien adaptée aux liaisons à faible distance, par exemple entre le système de traitement d'image et le moniteur de contrôle. Elle n'apporte aucune dégradation supplémentaire aux signaux analogiques.

- solution avec encodage

Le but de cette solution est de faire porter par le signal vidéo défini précédemment en mode monochrome les informations supplémentaires relatives à la couleur. La compatibilité avec un système monochrome est ainsi maximale.

La représentation trichromique R V B est transformée par passage matriciel une représentation Y, R-Y et B-Y.

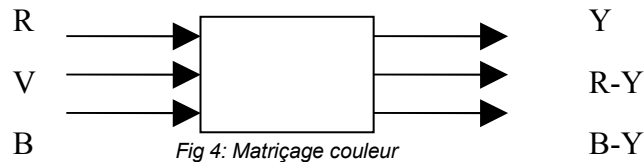


Fig 4: Matricage couleur

Le signal Y est appelé *luminance* et les signaux R-Y et B-Y signaux de *chrominance*. La luminance est transmise dans le signal vidéo comme le signal noir et blanc. La chrominance, après modulation en fréquence, est superposée (par addition) au signal vidéo. [Le signal couleur présente l'aspect suivant]

Le signal couleur appelé *sous-porteuse chrominance* est un signal sinusoïdal de fréquence centrale 4.433 MHz et d'amplitude 280 mV c.c. pour les standards européens.

En standard SECAM, la transmission des signaux R-Y et B-Y se fait séquentiellement une ligne sur deux (perte de résolution couleur dans le sens vertical) alors qu'en standard PAL elle se fait par déphasage des sous-porteuses et mélange (perte de résolution horizontale par suite de la limitation de la largeur de modulation).

L'encodage couleur fait apparaître les problèmes suivants en traitement d'images:

- perte de la bande 4.433 MHz sur le signal luminance
- résolution couleur inférieure à la résolution luminance
- présence de la porteuse couleur qui provoque un artefact sur l'image après échantillonnage du signal.

Ces considérations font qu'il vaut mieux ne pas encoder les signaux couleurs pour une utilisation traitement d'image; dans le cas où le signal est à la norme PAL ou SECAM, il est indispensable de rejeter la porteuse couleur (même après décodage) par un filtre de bande à pente très raide. Attention: ce filtre est absent dans la majorité des systèmes de traitement.

Numérisation de la norme Vidéo

Bien que la norme vidéo ait été établie pour la transmission analogique des images, elle reste respectée par les outils numériques dans un but de standardisation.

La norme vidéo précise déjà la notion de ligne de balayage, c'est à dire la discrétisation spatiale dans le sens vertical. Le nombre de lignes définies dans le standard CCIR ou NTSC correspond au *nombre total* de lignes, l'ensemble de la transmission étant comptée à l'aide de cette unité. Ce nombre comprend en particulier le *retour de trame*, c'est à dire le temps nécessaire à la remonter du faisceau électronique de balayage du coin inférieur droit au coin supérieur gauche (cas du tube cathodique). Il est de 45 lignes pour les deux standards, ce qui 580 *lignes utiles* en CCIR et 480 en NTSC.

Il est donc indispensable pour un système numérique de suivre la norme, ou un sous ensemble. On trouve donc des structures matérielles strictement à la norme (580 lignes), réduites(512

lignes), ce qui laisse une bande "aveugle" en haut et en bas, voire en sous-échantillonnage une ligne sur deux soit une demi-trame (256 lignes). On évite systématiquement d'avoir recours à un re-échantillonnage dans le sens vertical qui conduit à une faible qualité de l'image (battement entre les deux fréquences ligne)

Le format géométrique de l'image étant de 4x3 actuellement, il suffit d'appliquer cette proportion pour obtenir le nombre de pixels le long d'une ligne soit

$$\text{CCIR} : \frac{580 \times 4}{3} = 780 \text{ pixels/ligne}$$

$$\text{NTSC} : \frac{480 \times 4}{3} = 640 \text{ pixels/lignes}$$

On remarque que le standard US correspond au standard VGA, qui permet l'affichage d'images Vidéo sur moniteur PC, opération non-réalisable en standard Européen. De nombreux systèmes de traitement échantillonnent les lignes selon un nombre différent (512 p/l par exemple) ce qui a pour effet de donner naissance à un réseau *non-normé*, c'est à dire des pixels non-carrés. Les calculs faisant appel à la géométrie de l'image doivent prendre en compte cette déformation de l'espace (difficulté de traitement en cas de rotation des images).

La période d'échantillonnage pixels s'obtient en considérant le temps *utile ligne*, soit de l'ordre de 50 μS . Il en résulte une période de $\frac{50}{780} \approx 66 \text{ nS}$ soit une fréquence d'échantillonnage de 15Mhz. En standard US, ces chiffres sont de 100nS soit une fréquence de 10Mhz.

Ces valeurs sont assez importantes puisqu'elles définissent le cadencement des échanges ou des calculs dans un mode d'accès par balayage. De telles vitesses n'ont été accessibles qu'au matériel du type *câblé*, ce qui justifie la structure spécifique des machines de traitement d'image. L'augmentation sensible des performances des architectures à processeur programmé (type PC, DSP, FPGA) permet souvent de traiter en temps réel les images du format TV.

Bien que la transmission analogique d'une image soit en voie d'abandon, le format associé reste présent pour la construction de nombreux capteurs.

L'évolution va dans le sens des nouveaux formats rencontrés sur les outils informatiques ou télévision (1024x768, 1280x720, Full HD 1920x1080 ...). Pour ces résolutions, l'absence de norme analogique impose le choix de la liaison numérique.

Transmission vidéo numérique

La numérisation directe du signal vidéo au niveau du capteur en synchronisme avec l'échantillonnage spatial (caméra dite "numérique") apporte une amélioration très sensible de la qualité de l'image. De plus; elle permet de gérer facilement les capteurs hors standard comme les caméras lignes ou les caméras matricielles de forte résolution.

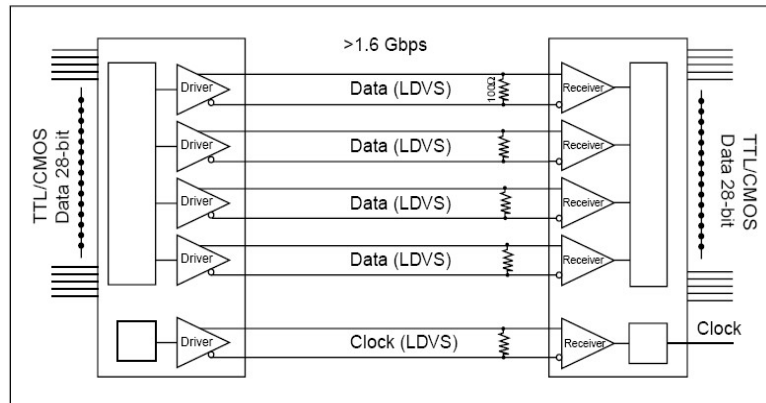
Le couplage numérique utilise actuellement trois standards principaux :

- la transmission sérielle à haut débit de type IEEE1394 (*FireWire*) en mode isochrone. Cette liaison informatique utilise une transmission physique par liaison série en mode différentiel à 400Mhz (800Mhz en version 2) sur deux paires (signal + horloge). Le mode de transfert isochrone permet l'envoi de l'image sous forme de paquets de données de taille fixe à intervalle de temps régulier, sans accusé de réception. Toutes les 125 microsecondes, la caméra envoie un paquet de synchronisation appelé *Cycle Start packet*. Cette technique permet de garantir un débit fixe et d'économiser la bande passante disponible.

••la transmission parallèle directe du type *CameraLink* dont la norme complète est disponible sur <http://www.machinevisiononline.org> Les acteurs majeurs de la vision industrielle (Cognex, Pulnix, Euresys, National Instrument...) proposent une gamme de produits sur ce standard.

La transmission s'appuie sur des transmetteurs LVDS (Low Voltage Differential Signaling) capables de transmettre à la vitesse maximale de 1,9 Ghz.. Les informations transmises qui peuvent comporter jusqu'à 28 bits (24 bits vidéo, signalisation pixel, ligne, trame, autre) sont sérialisées sur 4 bits avec horloge (multiplexage 7:1). Cette solution représente un compromis entre complexité/coût et performance.

Fig 5: Liaison CameraLink



La liaison comprend aussi un adressage caméra (4caméras peuvent être multiplexées sur la même entrée de carte d'acquisition) et une liaison série classique pour la télécommande de la caméra. L'ensemble de ces liaison est regroupé sur un connecteur unique. Pour les applications complexes, un deuxième connecteur est adjoint pour véhiculer deux groupes de 28 bits supplémentaires (caméras très haute résolution).

••la transmission *GigE Vision* : elle repose sur le standard Ethernet Gigabit et permet la transmission d'une image sous forme de paquets de données à 1000 Mbps . Son gros avantage sur FireWire est la distance maximale de la liaison (jusqu'à 100m), bien adapté à l'environnement industriel. Le coût reste très faible puisque la liaison s'appuie sur des composants (coupleurs, connecteurs, câbles) à grande diffusion. De plus, elle permet la liaison d'une ou plusieurs caméras vers un ou plusieurs calculateurs.