

# SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

---

SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

Claude A. BOZZO

DCAN de TOULON  
GESTA/CAPCA

---

## RESUME

La nature et les caractéristiques des systèmes de visualisation associés aux dispositifs de traitement du signal, aux récepteurs, aux appareils d'extraction ou de détection, évoluent très rapidement depuis quelques années.

Les moyens matériels ou logiciels disponibles actuellement permettent, en effet, d'introduire un certain nombre de notions :

- banalisation des moyens de visualisation et de dialogue,
- numérisation de la vidéo réelle (ou vidéo "brute") et introduction des mémoires d'images latentes et d'une gestion dynamique de ces mémoires permettant d'effectuer du traitement d'image,
- exploitation de structures de balayage classiques (TV, cavalier etc...) ou nouvelles (balayage matriciel),
- exploitation simultanée des modulations de brillance et d'amplitude, de la polychromie, etc....

L'exposé proposé a pour ambition de présenter une synthèse relative aux principaux axes de développements dans le domaine des systèmes de visualisation et de présentation associés aux problèmes de traitement du signal et de traitement de l'information.

## SUMMARY

The increasing number of display, monitoring and control devices in real time military systems and the versatility of new electronic equipments and modules should allow in a near future to replace the classical display systems by more sophisticated equipments with :

- very high luminance multichrome CRT's
- digitalized rough video,
- associated bulk memory (allowing the integration of a wide number of data),
- color screens and consoles
- software keyboards,
- TV, raster, stroke writing mode etc...

The first results of tests of the new concepts carried out for several years in parallel with simulator tests (technical, operational and ergonomic considerations, emphasize the capabilities and advantages of these new display systems.



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

1. - CLASSIFICATION DES DISPOSITIFS DE PRESENTATION  
ET DE VISUALISATION - CRITERES DE CHOIX DES  
ECRANS DE VISUALISATION

1.1 - Introduction

Il est possible de classer les dispositifs de présentation et de visualisation en considérant :

a) les technologies d'écran

- tubes à rayon cathodiques,
- écrans plats:
  - plasma,
  - cristaux liquides,
  - diodes électroluminescentes,
- dispositifs à projection.

b) les modes de balayage

- balayage systématique (balayage matriciel restreint et balayage " $\rho$ ,  $\theta$ "),
- balayage aléatoire (balayage "cavalier")
- balayage multimode (qui combine les deux modes précédents), et adressage matriciel.

c) la nature et l'origine de la vidéo présentée

- vidéo synthétique (issue d'un système de traitement de l'information),
- vidéo réelle ou brute (issue d'un récepteur ou d'un senseur au sens général).

La vidéo brute peut être elle-même :

- analogique,
- numérique.

La vidéo numérique peut être associée à un dispositif de mémorisation MIL (Mémoire d'Image Latente)

d) le mode de présentation de l'information visualisée

- |                     |   |  |
|---------------------|---|--|
| - vidéo synthétique | } | par points et adressage matriciel.                               |
|                     | } | par segments enchaînés (vecteurs) et adressage en mode cavalier. |
| - vidéo brute       | } | modulation de brillance,<br>modulation d'amplitude.              |

e) la rémanence de l'écran et son caractère mono ou polychrome

- rémanence longue ou courte,
- écran monochrome ou polychrome.

1.2 - Technologie d'écrans

1.21 - Ecrans plats

Les différentes technologies d'écrans plats font actuellement l'objet de nombreuses recherches. Les écrans plats présentent en effet, par rapport aux tubes à rayons cathodiques, plusieurs avantages et, en particulier :

- le faible encombrement en profondeur,
- l'absence d'aberrations géométriques,
- l'adressage matriciel généralisé (lignes et colonnes)

Certains inconvénients subsistent encore pour ce type d'écrans et nous ne considérerons donc par la suite que les tubes à rayons cathodiques qui sont actuellement les plus répandus dans le domaine des visualisations graphiques mono ou polychrome.

On peut citer parmi les inconvénients généraux :

- la difficulté d'obtenir, industriellement, des panneaux polychromes,
- le fait que la couleur soit obtenue souvent au détriment de la résolution,
- la complexité des circuits de commande de lignes et colonnes.

a) Panneaux à plasma

A commande alternative ou continue, ils utilisent la luminance d'un gaz ionisé pour visualiser l'information. Ils permettent l'observation par transparence et sont actuellement bien adaptés à la présentation d'informations alphanumériques. Les évolutions pourraient aller dans le sens de l'exploitation de la couleur et de l'intégration des commandes.

b) Cristaux liquides en panneau

Les cristaux liquides sont des matériaux similaires à des fluides, mais présentant, dans certaines plages de température, certaines caractéristiques optiques des cristaux : le cristal peut être rendu transparent ou opaque suivant l'orientation de ses molécules sous l'action d'un champ électrique. Les panneaux de cristaux liquides permettent la formation d'une image par diffusion à partir d'une source extérieure (la luminance de l'écran est proportionnelle à l'intensité de la source).

Il existe également des panneaux céramiques PLZT de nature solide mais de principe de fonctionnement analogue à celui des cristaux liquides (diffusion de lumière par excitation locale).

SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
 PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

c) Diodes électroluminescentes

Leur principe de fonctionnement est basé sur l'émission de lumière par recombinaison de porteurs dans une diode. Elles sont surtout employées unitairement (dans les couleurs rouge, vert, jaune ou bleu) comme voyant ou comme mosaïque d'affichage alphanumérique.

NATURE DE L'ECRAN	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Panneaux à plasma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structure plate et rigide.</li> <li>Bonne résolution (100 points/inch).</li> <li>Bon contraste (25/1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monochromie.</li> <li>Tenue aux conditions d'environnement (température, tenue en dépression).</li> <li>Demi-teintes difficiles à obtenir (8 niveaux de gris).</li> <li>Choix limité des dimensions de panneaux et mauvais rapport surface utile / surface totale de l'écran.</li> </ul>
Panneaux à cristaux liquides	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne luminance (car dépendant d'une source extérieure).</li> <li>Bonne résolution.</li> <li>Nécessité d'une faible puissance pour la commande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monochromie</li> <li>Tenue aux conditions d'environnement (risque de destruction irréversible à basse température).</li> <li>Tenue dans le temps.</li> <li>Temps de réponse importants.</li> <li>Uniformité de brillance non assurée sur toute la surface du panneau.</li> <li>Mauvais rapport surface utile / surface totale de l'écran.</li> </ul>
Diodes électroluminescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luminance très élevée.</li> <li>Temps de commutation très courts.</li> <li>Nécessité de faibles tensions de commande.</li> <li>Bonne fiabilité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexité et définition en polychromie.</li> <li>Connexions importantes au niveau de l'écran.</li> <li>Forte dissipation pour obtenir une brillance acceptable.</li> <li>Mauvais rapport surface utile / surface totale de l'écran.</li> </ul>

Il existe également des panneaux électroluminescents où un matériau semi-conducteur émet des photons sous l'action d'un champs électrique interne.

1.22 - Tubes à rayons cathodiques

On peut distinguer :

a) les tubes monochromes  
 exploités (cf paragraphe 2.3) en balayage cavalier et (ou) en balayage télévision.

b) les tubes multichromes  
 - tube "à pénétration de faisceau" et barrière de potentiel.

Le changement de couleur est obtenu par variation de la haute tension, ce qui permet de modifier l'énergie du faisceau d'électrons afin d'obtenir une pénétration sélective des phosphores. On utilise le rouge et le vert comme couleurs de base, le jaune

et l'orange comme couleurs intermédiaires. En général le choix des couleurs est volontairement limité à trois (rouge, jaune, vert) pour assurer un bon contraste en ambiance lumineuse élevée.

Ce tube est fabriqué industriellement et a été préféré à ceux utilisant d'autres procédés de sélection de couleurs en raison des conditions d'environnement du matériel embarqué.

Une variante de ce tube est le tube birémanement bi ou tricolore qui peut, dans certains cas, offrir un bon compromis entre le volume de la mémoire et la quantité d'informations présentées. On peut également envisager des variantes de tube à pénétration à double canon

- tubes à grille et trifaisceau

(télévision "grand public"). Ces tubes à "shadow mask" (masque à fentes verticales) existent soit avec trois canons en ligne (tubes PIL) soit avec un canon et un faisceau d'électrons divisé en trois par une optique appropriée (TRINITRON SONY). Ces tubes ne résistent pas aux conditions d'environnement rencontrées dans les systèmes embarqués.

Il existe bien entendu de nombreux autres procédés qui ne seront pas cités ici car la plupart ne font l'objet à ce jour d'aucun programme d'industrialisation (et pour certains ne sont pas encore complètement validés au plan technique).

1.3 - Modes de balayage et modes de présentation de l'information visualisée

1.31 - Introduction

a) Il existe deux modes principaux de balayage :

- le balayage systématique,
- le balayage aléatoire (ou "cavalier" : "stroke writing").

Le balayage systématique peut lui-même être effectué en coordonnées polaires (balayage en  $\rho$ ,  $\theta$  d'un PPI d'un radar de veille classique) ou en coordonnées cartésiennes ( balayage suivant les lignes ou les colonnes, comme par exemple en télévision "grand public"). Nous appellerons ce deuxième type de balayage "balayage systématique matriciel" (restreint)

Il faut noter que les deux modes de balayages ("aléatoire" et "systématique"), qui présentent chacun des avantages spécifiques en fonction du problème posé, ne sont pas incompatibles : leur utilisation simultanée (technique "multimode") généralise les possibilités d'exploitation d'un système de visualisation et apporte une solution rationnelle à de nombreux problèmes.



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

b) On peut également distinguer, pour ce qui concerne la vidéo, deux natures et deux origines différentes:

- la vidéo synthétique est issue d'un système de traitement de l'information. En général, cette vidéo synthétique est présentée en mode "cavalier" (par vecteurs enchaînés ou par points (adressage matriciel)

- la vidéo réelle (ou vidéo brute) est issue d'un récepteur ou d'un senseur et provient d'une mémoire numérique ou analogique associée à ce récepteur (Mémoire d'Image Latente ou MIL). Elle peut être superposée à la vidéo synthétique et présentée en modulation d'amplitude, en modulation de brillance ou simultanément selon les deux modes. Cette vidéo réelle peut exploiter un balayage systématique (vidéo radar PPI par exemple ou vidéo TV associée à un écartomètre) ou, dans certains cas, un balayage aléatoire. Elle peut exploiter l'effet de rémanence (rémanence longue des PPI Radar par exemple), la vidéo synthétique étant, en général, présentée en rémanence courte puisque les informations correspondantes peuvent varier à la cadence des traitements (qui peut être très importante).

vision que nous définirons comme le cas particulier du balayage matriciel correspondant au standard télévision du "grand public" (625 ou 1200 lignes; entrelacement; modulation de brillance)

On peut caractériser le balayage systématique matriciel le plus général de la façon suivante : soit une mémoire de "volume" qui, dans son plan xy (cf figure 2) est associée à un écran rectangulaire. La mémoire est lue de façon séquentielle et, à chaque ensemble  $x_0, y$  d'adresses correspond sur l'écran une verticale (ou une horizontale).

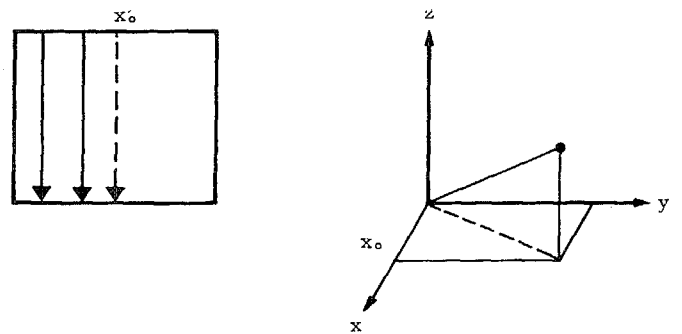


FIGURE 2

TYPES DE PHOSPHORES UTILISES OU UTILISABLES

FREQUENCE D'ENTRETIEN	PERSISTANCE	COULEUR			
		ROUGE	ORANGE	JAUNE	VERT
0,1 à 1 Hz	LONGUE		P38		
~ 20 Hz	ANTI-SCINTILLEMENT				E64
40 à 50 Hz	MOYENNE				E63

E21
(E20)
(E17)
}
BIREMANENT  
TRICHROME

FIGURE 1

Il existe donc une relation biunivoque entre les adresses successives dans la mémoire et le déplacement systématique du spot sur l'écran.

La troisième coordonnée z est rabattue dans le plan xy et l'on met donc en mémoire, à chaque adresse, soit une modulation d'amplitude, soit une modulation de brillance, soit une information relative à la couleur envisagée, soit une combinaison de ces informations. Il est donc possible, avec ce couple mémoire-écran (Mémoire d'Image Visualisée MIV) de créer tous les types de vidéos classiques et ce simultanément (en utilisant le même écran).

L'utilisation d'un convertisseur  $[\rho, \theta] \rightarrow [x, y]$  permet, en particulier, de traiter avec des mémoires MIV de cette nature (mémoire de point ou mémoire de ligne) le problème de la présentation d'une vidéo de type "vecteur tournant" en polaires (vidéo radar  $\rho, \theta$  de type PPI)

1.32 - Vidéo numérisée et visualisations à mémorisation propre

Il existe une certaine confusion entre les notions de balayage systématique de type matriciel restreint (ligne ou colonne), qui recouvre une classe très large de modes de balayages, et le balayage télé-

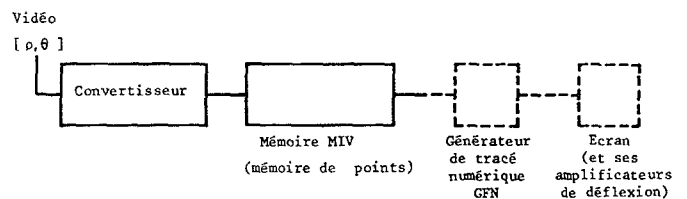


FIGURE 3



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

LA FIGURE 4

ssif de tracé synthétique (posi-  
, caractères, symboles)  
image synthétique autonome en  
(positions, traits, caractères,  
aire)  
image synthétique autonome en  
  
fonction vidéo réelle numérisée  
fonction vidéo réelle panorami-  
  
e visualisée (mode x, y)  
e visualisée radar (mode  $\rho, \theta$ )  
e latente  
d'azimut radar  
d'azimut sonar  
associé à un tube de vidéo type A  
VZ/EL radar  
distributeur de vidéo  
statique vidéo ( $\rho, \theta$ ) vidéo ma-  
)  
  
statiques modes AZ, type A,  
, sonar mode matriciel, GE op-  
mode vidéo matricielle (x,y)  
  
balayage radar (modes  $\rho, \theta$   
  
de visualisation à balayage  
matriciel et à mémorisation pro-  
couvrir un nombre important de  
ation et de couplages sur des  
et possible d'obtenir simulta-  
  
e multimode (aléatoire et sys-  
  
ion d'amplitude et la modula-  
  
e,  
  
on des chaînes vidéo synthéti-  
  
de la même visualisation sur  
(par les biais des MIL, des  
statiques et de la compres-

1.5 - Paramètres graphiques et photométriques in-  
tervenant dans le choix d'un écran

Le choix d'un écran fait intervenir un cer-  
tain nombre de paramètres liés, en particulier, aux ca-  
ractéristiques de l'oeil. La résolution et la défini-  
tion de l'écran vont évidemment influencer sur la défini-  
tion des MIV (ainsi d'ailleurs que l'existence de  
niveaux de gris etc ...). La fréquence de rafraîchis-  
sement influera sur la rapidité des générateurs de  
vidéo etc ... .

Il faut donc envisager :

- la définition du cône visuel (optimal:1  
à 2° d'ouverture ; bonne vision dans un cône de 30°),
- la définition des contrastes et des niveaux  
de gris.

L'oeil n'accepte pas toute la dynamique de  
luminance et travaille par adaptation dans un domaine  
glissant dont l'amplitude varie de 1 à 1000. Il faut  
par exemple au moins 7 niveaux de gris (3 bits) pour  
ne pas augmenter au-delà de 3 secondes le temps de  
reconnaissance d'une forme de petite dimension (écho  
radar).

- la résolution (réponse en fréquence spa-  
tiale)

L'oeil peut être assimilé à un filtre spa-  
tial bidimensionnel passe bas suivi d'un détecteur de  
crête. L'oeil s'intègre donc, par sa fonction de modu-  
lation de transfert, dans la chaîne d'acquisition et de  
traitement (bande passante maximale : 3 cycles/mm à  
50 cm pour les luminances courantes ; pouvoir de ré-  
solution : 1 minute d'angle pour un objet de luminance  
1 footlambert sur un fond de luminance moitié).

- la vision de la couleur (réponse spectrale  
de l'oeil)

Les caractéristiques précédentes de l'oeil  
ne sont pas identiques dans tout le spectre visible  
s'étalant de 400 à 700 nanomètres de longueur d'onde  
(l'oeil est un filtre passe bande).

- la sensibilité chromatique (discrimination  
des teintes)

L'oeil ne peut reconnaître que 5 à 9 teintes  
au maximum avec une préférence décroissante pour les  
teintes suivantes : bleu, rouge, vert, violet, orange,  
jaune.



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALIS  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMEN

Il est bien entendu toujours possible de considérer l'un ou l'autre des modes décrits ci-dessus dans un cas particulier de fonctionnement qui peut être intéressant pour des raisons techniques ou technologiques.

C'est, en particulier, le cas du balayage télévision qui est un cas particulier de balayage matriciel et qui peut être (systèmes "bright display" avec mémoire de points) ou non "télévision standard" associé à une mémorisation (MIV et éventuellement MIL).

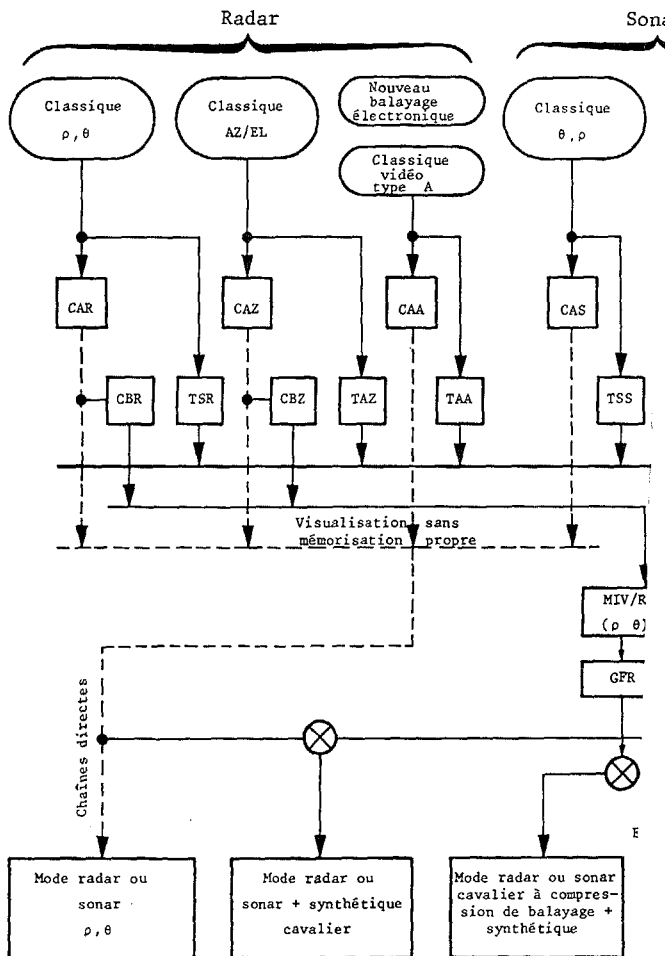
Il est donc possible d'envisager des visualisations pour lesquelles les chaînes de vidéo synthétique et de vidéo brute sont séparées et sont ou non de même nature (numérique pour la vidéo synthétique, analogique ou numérique pour la vidéo brute).

La vidéo synthétique est décrite en mode cavalier (aléatoire) classique. Elle exploite un générateur synthétique (ou GIS) indépendant du générateur vidéo (ou GFN dans le cas de vidéo numérique).

li.  
dé.  
ty  
  
ce  
ur  
té  
vi  
ri  
t.  
e  
t  
s  
r

LEGENDES ASSOCIEES A

- GTS Générateur pa  
tions, traits
- GIS Générateur d'  
mode cavalier  
symboles, mém
- GTV Générateur d'  
mode TV
- GFN Générateur de
- GFR Générateur de  
que numérisée
- MIV Mémoire d'imag
- MIV/R Mémoire d'imag
- MIL Mémoire d'imag
- CAR Convertisseur
- CAS Convertisseur
- CAA Convertisseur
- CAZ Convertisseur
- PDV Permutateur-Di
- TSR Transformateur  
tricielle (x, y
- TAZ
- TAA } Transformateurs
- TSS } sonar classique
- TSN } tronique, TV en
- TTM
- TTV
- CBR } Compression de l
- CBZ } ou AZ/EL)



Les systèmes de type matriciel système pré permettent donc de possibilités de présenter des capteurs. Il est en effet :

- un balayage (matriciel)
- la modulation de brillance,
- la trichromie
- la séparation de la vidéo synthétique et vidéo réelle
- le couplage des capteurs différents (MIV, des transformateurs de balayage).

FIGURE 4 : SYSTEME DE VISUALISATIONS BAN



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
 PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

- le contraste de couleur

Un contraste de brillance élevé tend à réduire le contraste de couleur et vice-versa (codage en pseudo-couleur en particulier permettant d'améliorer les probabilités de détection et d'identification correcte).

- la réponse temporelle (scintillement ou flicker)

L'analyse de la bande passante temporelle de l'oeil conduit à déterminer la fréquence critique en deça de laquelle se produit le "flicker". Elle varie de 20 Hz pour une luminance de 5 footlambert à 50 Hz pour une luminance de 50 footlambert.

La publication très intéressante de M. DIEUDONNE "Visualisations polychromes - Etat de l'Art et Perspectives" (auquel nous avons d'ailleurs fait de larges emprunts) présente le tableau de synthèse suivant :

Résolution de l'écran	3 à 4 paires de lignes par millimètre à un taux de modulation de l'ordre de 5 %.
Définition de l'écran	Dépendant de l'utilisation, de l'ordre de 1000 x 1000.
Dimension d'écran pour un opérateur assis	de 14 à 16 pouces de diagonale embrassant le cône optimal de l'oeil.
Fréquence de rafraîchissement	Dépendant du phosphore ; de l'ordre de 40 Hz pour les phosphores à pénétration et pour une luminance de 5 à 50 footlambert.
Niveau de gris	de 8 à 12 teintes.
Nombre de couleurs	Fonction de la technologie, doivent pouvoir être discernables (9 au maximum à choisir dans un ordre bien défini).
Contraste	S'étagera de 2/1 à 20/1 si modulation de brillance et de 20/1 en présentation synthétique
Brillance de l'écran	Autour de 20 footlambert (et peut varier de 1 à 50 footlambert en restant dans le domaine photopique de l'oeil).
Variation de luminance sur l'écran	Moins de 20 % soit un demi-niveau de gris.
Niveau moyen de luminance de l'environnement	Environ 50 % de l'éclairement moyen de l'écran.
Hauteur des caractères	Environ 12 minutes d'arc, soit 2 mm pour une observation à 50 cm.

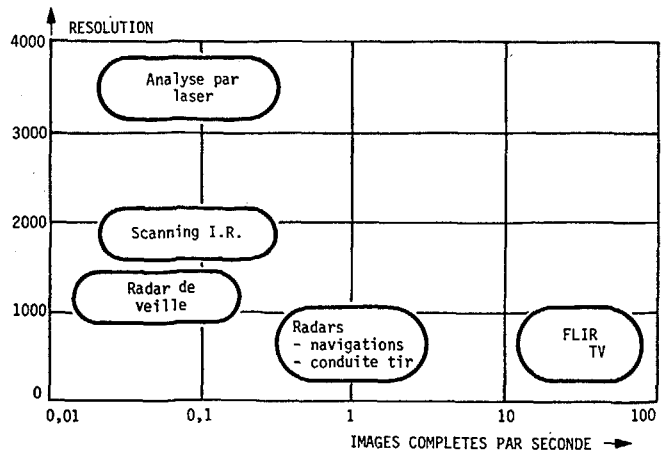


FIGURE 5 - CLASSIFICATION DES BESOINS EN VISUALISATION

2. - ANALYSE DE L'ARCHITECTURE D'UN SYSTEME DE VISUALISATION A TUBE CATHODIQUE - PROBLEMES DE VIDEO REELLE

2.1 - Structure d'un système à vidéo réelle numérisée

L'existence d'une vidéo réelle numérisée et de MIL et MIV (cf. paragraphe 3.2) permet d'améliorer notablement la structure d'un système de visualisation. En effet :

2.11 - Les chaînes vidéo réelle et synthétique peuvent être rendues complètement indépendantes.

2.12 - Les liaisons utilisées pour la vidéo réelle et pour la vidéo synthétique peuvent être identiques (bus à procédure HDLC par exemple).

2.13 - Il est possible d'implanter dans les consoles :

- un processeur de gestion permettant (cf. figure 6) de réaliser, au niveau de la console et en micrologiciel (ou en matériel câblé), toutes les opérations qui sont, par essence, locales : échelles, excentrement, traitement de zones "système" etc ...

- les générateurs vidéo (et en particulier le générateur vidéo réelle),

- les mémoires de rafraîchissement et, en particulier, les MIV (et leurs dispositifs de gestion).

Les consoles sont donc indépendantes et "intelligentes".



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

2.14 - Les organes centraux de couplage comportent (quand cela est nécessaire)

- les Mémoires d'Images Latentes MIL
- les dispositifs d'aiguillage et de formatage (au niveau vidéo synthétique et au niveau vidéo réelle).

La visualisation n'impose donc pas de format pour les données issues des senseurs et la vidéo synthétique peut être décrite à un niveau symbolique élevé par le système Amont de traitement de l'information.

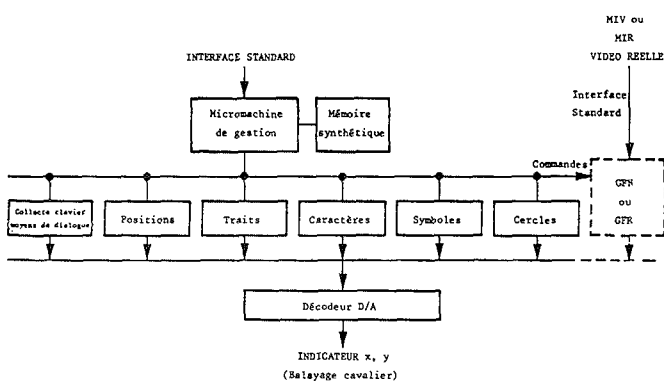


FIGURE 5 : STRUCTURE INTERNE D'UNE CONSOLE

## 2.2 - Mémoires d'Images Latentes (MIL)

### 2.21 - Organisation des MIV et des MIL

Dans tout récepteur (au sens large), on peut distinguer un certain nombre de sous-ensembles fonctionnels qui permettent de passer du signal brut issu du capteur élémentaire (hydrophone, doublet, cellule infrarouge, etc ...) à la présentation plus ou moins synthétique effectuée sur un moyen de visualisation (qui peut être, par exemple, un écran ou un traceur) exploité par un opérateur (qui peut d'ailleurs être ou non interactif).

Dans l'ensemble de la chaîne nous distinguerons par exemple :

- l'Antenne au sens large : senseurs ou capteurs, les filtrages associés et la formation de voie ainsi que certains prétraitements,
- le traitement du signal : il correspond à une étape de "filtrage" du flot rapide de données fortement bruitées et "non corrélées" en provenance des senseurs qui permet d'élaborer un flot plus lent d'"informations" (ou des données sûres),
- le traitement de l'information : il correspond à une étape de reconnaissance de forme (reconnaissance du type d'émission, caractéristiques et signature de l'objet) et, en général, à l'association

des informations élémentaires arrivant séquentiellement dans le temps pour former des pistes (problèmes de poursuite),

- la présentation de l'information et les visualisations associées (gestion interactive de l'information traitée).

Le traitement du signal se présente donc comme un "filtre" placé sur le flot de données en provenance des senseurs élémentaires. Si ce filtre est sophistiqué et efficace (extracteur par exemple), l'information présentée sera très "synthétique" et la charge de visualisation sera très faible (la tâche de l'opérateur sera également simplifiée). Ce filtre existe en fait toujours et la vidéo dite "réelle" n'est jamais celle obtenue directement à partir de l'antenne. Cependant, si le traitement du signal n'est pas très élaboré (ou s'il est difficile à effectuer), la visualisation sera très chargée et travaillera dans des conditions difficiles. L'opérateur devra alors, en jouant sur les paramètres dont il dispose (modulations d'amplitude et de brillance, échelle etc ...), extraire en temps réel l'information qui lui est nécessaire. Quelle que soit la solution choisie et la "pondération" respective des tâches, les performances de la visualisation (20 à 30 MHz par exemple) et les capacités limitées de l'opérateur conduisent à rechercher de nouvelles solutions et ce, tout particulièrement pour les récepteurs passifs "Large Bande".

Avec des récepteurs entièrement numériques, il est possible d'associer au traitement du signal des Mémoires d'Images Latentes qui sont des mémoires multidimensionnelles dans lesquelles sont stockées toutes les informations issues du traitement et ce, sur des "tranches" de temps, de fréquence etc ... importantes. Ces mémoires doivent être considérées comme des hypercubes à  $n$  dimensions dans lesquelles on peut avoir accès rapidement selon tous les axes, selon des lignes, des tableaux, des cubes etc ...

Si l'opérateur dispose de  $m$  écrans ( $m$  typiquement de l'ordre de 3 à 5), il peut à chaque instant, par accès dans la (ou les) MIL, demander la présentation d'une tranche déterminée de l'information de base et exploiter cette information en temps réel (traitement d'image) à l'aide du processeur de gestion associé à la MIV (Mémoire d'Image Visualisée) de l'écran.





SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

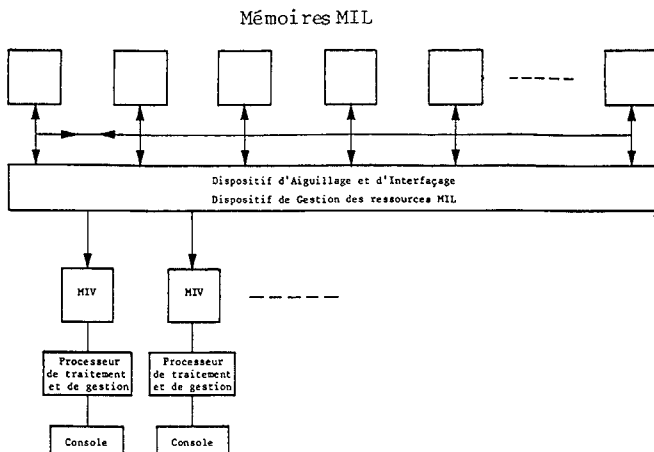


FIGURE 7 - ORGANISATION MIV/MIL

L'image et la vidéo présentées peuvent donc être très différentes de l'image latente. L'opérateur peut ainsi jouer sur les modulations, effectuer des normalisations (CAG numérique généralisé), demander des traitements numériques complexes (pondérations, filtrage spatial etc ...) sur l'image instantanée qui lui est présentée sans perdre l'information de base contenue dans l'image latente (comme c'est le cas, en particulier, pour les visualisations analogiques classiques : PPI Radar ou sonar etc ...). Il peut donc être interactif, non seulement au niveau de la vidéo synthétique, mais encore au niveau de la vidéo "réelle". Pour un récepteur actif, il peut stopper l'émission pendant les phases d'analyse de l'image latente (Radar de veille par exemple) etc ... .

#### 2.22 - Problèmes de réalisation

La réalisation des MIV ne présente pas de difficultés particulières. Par contre, celle des MIL ainsi que celle des dispositifs d'aiguillage et de gestion des ressources MIL conduit à des difficultés techniques et technologiques importantes (du moins pour les dispositifs embarqués : il faut en effet noter qu'une MIL courante peut avoir une capacité de 10 à 100 Mégabits).

Pour ce qui concerne le choix des composants, des technologies semblent très prometteuses mais ne peuvent encore être raisonnablement choisies (mémoires à bulles, CCD, etc ...). Dans le domaine des mémoires à semi-conducteurs, les MOS statiques (et non les dynamiques) répondent aux différentes conditions d'environnement (en particulier en température) et permettent d'obtenir des volumes acceptables compte tenu de leur facteur d'intégration actuelle.

Le problème du dispositif d'aiguillage et de gestion des MIL n'est pas, à notre connaissance, résolu de façon satisfaisante actuellement et beaucoup de travail reste à faire dans ce domaine. Les solutions dans ce domaine sont bien connues, mais les plus ambitieuses (matrices "CROSS-BAR") doivent encore être étudiées au plan technique (automates de gestion) et au plan technologique (circuit intégré de permutation "CROSS-POINT").

Les solutions plus classiques adoptées consistent à utiliser des structures à bus commun qui présentent de nombreux inconvénients :

- capacités limitées (goulot d'étranglement du bus géré en temps partagé),
- disponibilité peu satisfaisante (une panne de bus est catastrophique).

#### 2.23 - Problèmes de restitution de la vidéo réelle

Ces problèmes se posent surtout en vidéo radar et, en particulier, quand il est souhaitable de mélanger de la vidéo réelle et de la vidéo synthétique chargée.

On peut envisager différentes solutions suivant que la vidéo réelle est analogique ou numérique. Les décrire toutes est impossible et nous ne donnerons ici que quelques éléments succincts.

##### a) Vidéo réelle analogique

La solution la plus répandue (restitution "temps réel") consiste à répartir aléatoirement la vidéo synthétique dans les périodes de restitution de la vidéo réelle. Cette solution conduit à une vidéo "mitée" et limite les capacités en tracé de vidéo synthétique (20 % du temps total).

On peut envisager des solutions faisant intervenir une compression de vidéo "temporelle". Avec un radar de veille, après acquisition et regroupement, on met en mémoire les échantillons d'une radiale (1000 échantillons par exemple) et on restitue en parallèle les échantillons de la radiale précédente (2 mémoires de radiale en flip-flop). La restitution, beaucoup plus rapide que l'acquisition, permet d'affecter au synthétique un temps de tracé plus important (75 % du temps total) ; de plus, la vidéo réelle n'est pas "mitée". Il est également possible d'envisager des solutions plus élaborées avec les tubes birémanents (rémanence longue pour la vidéo réelle, courte pour la vidéo synthétique) et une compression analogique étendue.



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

b) Vidéo réelle numérisée

L'utilisation d'une mémoire MIV (éventuellement d'une MIV/R avec un mode d'adressage bien adapté au radar) associée à un générateur de tracé (vidéo réelle) permet de répartir le temps de tracé (qui ne dépend que de la rémanence du phosphore) de façon quelconque entre la vidéo synthétique et la vidéo réelle. On effectue, de plus un regroupement d'échantillons permettant, pour des échelles différentes, de présenter la vidéo à l'opérateur sans perte d'information compte tenu de la bande passante spatiale Ecran-Oeil. Bien entendu le temps de tracé adopté pour la vidéo réelle doit être compatible des caractéristiques de cette vidéo et des capacités du générateur de tracé (GFN ou GFR suivant la nature de la MIV et l'existence ou non d'un TSR). On peut également, dans ce cas, envisager l'utilisation de tubes birémanents bichromes ou trichromes.

3. - PROCEDURES ET MOYENS DE DIALOGUE "SYSTEME-OPERATEUR" - VISUALISATION ET TRAITEMENT DES INTER-ACTIONS

3.1 - Introduction

Un terminal graphique n'est pas, en général, un simple dispositif d'affichage. Il dispose d'un certain nombre de moyens de dialogue, le problème principal et le plus délicat consistant à gérer efficacement ces moyens.

On dit qu'une application est conversationnelle lorsque l'utilisateur peut en interrompre à tout moment l'exécution pour demander des informations ou pour modifier le contexte (valeurs de variables, adresse de la prochaine instruction à exécuter, etc..).

Par contre, dans une application interactive, c'est l'opérateur qui dirige l'exécution et le système graphique ne peut pas, en certains points particuliers, être activé sans intervention de l'utilisateur. Ce mode de travail est généralement celui des applications graphiques.

Ces deux modes ne s'excluent pas, ils sont même complémentaires.

On peut distinguer quatre types de fonctions réalisées par les différents moyens de dialogue existant sur les consoles graphiques (en considérant les écrans à rafraîchissement).

a) Désignation d'une entité graphique ou d'une partie d'une entité graphique (terme pris au sens d'une

fonction, par opposition au moyen : crayon lumineux, clavier, ...).

Cette action permet d'activer un programme d'application relatif au graphisme qui doit être traité. On trouvera, par exemple, des opérations d'effacement, de recopie, d'identification ... etc ...

b) "Touches" ou Menu. L'utilisateur dispose, à un moment donné, de la possibilité de faire appel à une fonction parmi une liste. Il décide quelle est la fonction appropriée au vu de la situation présente sur l'écran.

Il s'agit donc d'influer sur le déroulement du programme en cours d'exécution par le biais de rupture de séquence.

c) Collecte de coordonnées (Positionning)

d) Entrée de valeurs. Cette action correspond à des changements de valeurs de paramètres afin d'influer sur les résultats du programme en cours d'exécution.

3.2 - Traitement Synchron ou Asynchrone des interactions

On distingue généralement 2 types de traitement :

a) Traitement Synchron :

L'opérateur demande l'activation d'un ou plusieurs événements. Le programme doit alors permettre de tester l'apparition de ces événements (avec ou sans attente).

b) Traitement Asynchrone :

L'opérateur active des événements auxquels est attachée une procédure de traitement dont l'exécution sera déclenchée lors de l'arrivée de l'évènement et ceci indépendamment du programme utilisateur.

Le principal inconvénient de ce type de traitement est la difficulté de programmation (problèmes de parallélisme et de synchronisation).

En fait, dans la majorité des systèmes graphiques interactifs, on peut distinguer :

- d'une part un traitement d'interruption (Système) par nature même asynchrone
- d'autre part une gestion "utilisateur" des événements, généralement synchrone.

SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

3.3 - Fonctions interactives

3.31 - Désignation

L'utilisateur veut pouvoir identifier une partie de ce qui est affiché sur l'écran à un moment donné.

Le dispositif spécifique de cette fonction est le crayon lumineux ou la boule. A l'aide de l'un de ces moyens on pointe la partie désignée.

Cette action peut être simulée, par tablette et par clavier alphanumérique (en introduisant les coordonnées, ou le nom).

Le principal problème de cette technique vient des risques de mauvaise identification, soit parce que le champ de vision du photostyle est trop grand, soit parce que l'on a montré une intersection de vecteurs.

La solution consiste à donner une indication relative à ce qui a été vu (brillance, clignotement) et à attendre une validation de la part de l'utilisateur. Tant que l'accord n'a pas été obtenu, la recherche se poursuit dans la liste de visualisation.

3.32 - "Touches" ou "Menu"

3.321 - Méthode des claviers de fonctions

On associe à chaque fonction une touche, de manière qu'à l'instant voulu, le simple fait d'appuyer sur cette touche déclenche l'action associée.

On peut avoir des "menus" hiérarchisés, l'appui sur une touche donnant accès non pas à une action, mais à un ensemble d'actions. Ceci conduit également à avoir la possibilité d'autoriser l'emploi de certaines touches et d'interdire l'emploi des autres. On peut aussi utiliser le fait que l'on peut allumer les touches par programme. On conviendra alors généralement que ne seront allumées à un certain moment que les touches autorisées.

Du point de vue de l'utilisateur, l'emploi de touches de fonctions est très simple.

Leur inconvénient est leur manque de clarté, c'est-à-dire que l'utilisateur n'a pas toujours présente à l'esprit l'information précise associée à la touche et la place de cette information dans la hiérarchie des actions possibles. D'autre part, l'opérateur doit intervenir sur un clavier qui est, en général, placé sur une tablette horizontale et ne peut donc conserver une vision permanente de l'écran.

3.322 - Méthode des claviers logiciels (claviers à libellés variables)

La technique consiste alors à réserver une portion de l'écran pour faire apparaître les différentes commandes et les différents libellés. Par simple désignation d'un élément du menu, il est fait appel une action programmée, qui peut d'ailleurs à son tour se décomposer en plusieurs sous-actions que l'on sélectionnera à l'aide d'un nouveau menu. On obtient ainsi une structure hiérarchisée. Il n'est pas nécessaire pour l'opérateur de se souvenir de l'aborescence des actions possibles.

L'intitulé des actions peut apparaître en clair ou par symboles.

Cette technique est très efficace. En effet, il suffit de désigner un élément d'un menu, puis d'un deuxième éventuellement, pour voir se sélectionner très rapidement l'opération définitive (après un certain nombre d'options éventuelles).

Chaque action peut être validée et un compte rendu de l'action peut être effectué à chaque instant. L'opérateur ne quitte pas l'écran des yeux et il dispose en général d'un guide de frappe.

La méthode du clavier logiciel semble être la seule compatible avec une banalisation des consoles. Les libellés pouvant être modifiés par logiciel (pour leur nature et pour leur organisation relative), seule la nature et la répartition des moyens d'actions (boutons) est un paramètre figé dans la conception du système. Ceci a permis d'utiliser les mêmes visualisations pour d'autres applications et, en particulier, pour des applications de type semi-graphique marquées : visualisations de synoptiques et de faces parlantes de meubles d'exploitation.

Il faut enfin noter que, grâce à l'emploi des claviers logiciels, il a été possible d'améliorer le "packaging" des consoles en supprimant des claviers de fonctions codées qui étaient, sur les réalisations plus anciennes, très encombrants et spécifiques (même si le logiciel permettait d'interpréter de façon différente certains codes). Le gain en place a permis de passer de tubes de 15 pouces à des tubes de 21 pouces en conservant des dimensions hors tout identiques.

Le principal inconvénient de cette technique est qu'il faut réserver un minimum de place sur l'écran, ce qui n'est pas toujours possible. On utilise en général des écrans de 15, 17, 19 ou 21 pouces, rectangulaires de préférence (voir ci-dessous).



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

Les réalisations de claviers logiciels différent :

- par l'implantation du clavier sur l'écran,
- par le mode de désignation de la touche sur l'écran.

a) Implantation du clavier sur l'écran

La méthode est, à l'évidence bien adaptée aux écrans rectangulaires. Un exemple de solution d'implantation est donné ci-dessous.

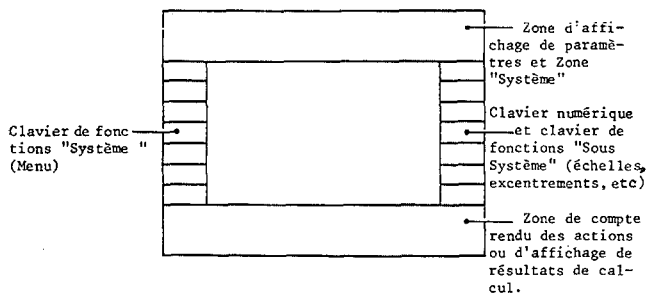


FIGURE 8 : EXEMPLE DE STRUCTURE DE CLAVIER LOGICIEL

Les libellés sont variables. Ils sont donc différents d'une image à l'autre. On ne visualise, à chaque instant, que les informations qui sont strictement nécessaires à l'opérateur et celles là seulement. Le clavier est donc d'importance évolutive et l'opérateur n'a pas à mémoriser ou à traiter d'informations inutiles. Il n'a pas, d'autre part, à connaître l'arborescence des actions possibles car cette arborescence est implicite et associée de façon bi-univoque à la structure du clavier présenté. Les comptes rendus de ses actions sont présentés dans une zone spéciale, ou peuvent également être présentés sur la touche correspondant à la commande.

b) Mode de Désignation de la touche sur l'écran

Les différentes solutions possibles sont a priori très variées (cf. problèmes de désignation).

Dans certaines visualisations, on utilise le doigt de l'opérateur lui-même (procédé Digitatron), le photostyle, ou la boule et le manche. Il semble cependant préférable d'exploiter des boutons ou touches implantés le long de l'écran.

3.323 - Tablettes

On peut réserver certaines zones de la tablette et leur associer des actions. Généralement on pose sur celle-ci une feuille de papier comportant le découpage et la signification des différentes zones

Il faut remarquer que, dans ce cas, l'utilisation de menus hiérarchisés devient impossible, aucune indication ne pouvant être apportée à l'utilisateur sur les opérations qu'il a, ou n'a pas, le droit de faire. Cette utilisation reste cependant intéressante dans le cas où le répertoire d'actions est faible.

3.33 - Collecte et Entrée de coordonnées

Celle-ci peut être effectuée par photostyle, tablette, joystick ou boule roulante.

3.331 - Photostyle

Le problème est que le photostyle ne peut détecter qu'un point déjà allumé. Le placer sur un endroit non éclairé est sans effet, le balayage de l'image par le spot ne passant jamais par ce point.

Il faut donc utiliser une technique permettant de pouvoir désigner n'importe quel point de l'écran, allumé ou non.

a) La première méthode consiste à couvrir l'écran d'une grille de points ou de caractères permettant une localisation approximative de l'endroit à désigner. Elle n'est, hélas, ni très commode ni très précise.

b) La deuxième technique (technique de "poursuite") consiste à asservir un symbole mobile aux déplacements du photostyle.

Ce symbole, généralement une croix, est déplacé à travers l'écran jusqu'à la position désirée. Il est affiché par programme en un coin de l'écran et peut donc être désigné par le photostyle (schématisé par un cercle). L'asservissement est obtenu grâce à un traitement intense des interruptions dues au photostyle.

Ce procédé permet de faire suivre les déplacements à la main, à condition de ne pas dépasser une vitesse fonction essentiellement de la charge de l'écran.

Ce processus de poursuite conduit à une charge importante du processeur de visualisation associé. Il existe, bien entendu, des méthodes permettant de diminuer cette charge, mais elle reste cependant toujours importante et ce procédé est donc, en général, très peu exploité dans les systèmes de visualisation embarqués.

SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

3.332 - Tablettes

Deux types d'utilisation peuvent être faits :

- récupération de coordonnées couple par couple (pointage)
- récupération de l'ensemble des coordonnées formant une courbe.

3.333 - Clavier de fonctions

On peut de même utiliser quatre touches et un symbole.

A chacune est attaché un sens de déplacement du symbole d'un certain pas (en haut, à droite, en bas, à gauche).

Cette technique est intéressante lorsque les points appartiennent à une grille (dont les mailles ont la dimension du pas).

3.34 - Introduction de valeurs

C'est ici le rôle spécifique du clavier alphanumérique.

Un certain nombre d'outils peuvent être mis à la disposition de l'utilisateur :

- mise en place automatique du curseur,
- vérification de la syntaxe de ce qui est frappé (entier, réel, etc ...),
- possibilité de correction de ce qui est frappé,
- vérification du format par spécification de zone,
- conservation des valeurs sur l'écran.

3.341 - Le photostyle est nettement moins bien placé dans ce type d'utilisation. Le palliatif le plus courant consiste à afficher l'ensemble des lettres ou chiffres afin de permettre une construction pas à pas de la valeur par désignations successives. C'est le cas, en particulier, de l'utilisation du clavier logiciel.

3.342 - Les tablettes font, sur ce point, l'objet d'études quant à la reconnaissance de caractères inscrits sur leur surface.

3.343 - Les manivelles (qui peuvent également être des potentiomètres ou des manches) permettent d'afficher un paramètre dont la nature est éventuellement analogique, dont la dynamique est importante et qui n'exige pas une définition précise (paramètre ou fonction lue "au vol").

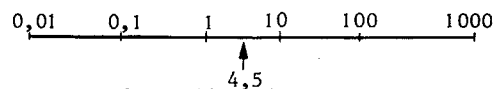
Ceci est souvent le cas dans les systèmes embarqués, en particulier lors des phases d'initialisation et de réinitialisation (affichage d'une vitesse, d'une position, d'un cap, etc ...).

Ces manivelles sont associées à un dispositif de validation de l'information ("Bien pointé").

Les manches et les boules permettent les mêmes actions sur un ou deux paramètres (un paramètre selon chacun des axes X et Y). Deux manches ou deux boules sont donc équivalents à quatre manivelles.

\*Echelles

Par exemple, échelle logarithmique :



Le curseur étant déplacé avec le manche ou la boule, la valeur désignée est affichée instantanément.

\*Light handle

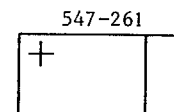


FIGURE 9

les mouvements de la croix :

- vers le haut incrémentant le nombre,
- vers le bas décrémentant le nombre.

3.35 - "Horloge"

Dans un certain nombre d'applications interactives, par exemple lorsqu'on veut animer une image, on a besoin d'un événement se produisant à un rythme régulier.

Dans les consoles à rafraîchissement, on utilise généralement une interruption liée au cycle de rafraîchissement de la console.

3.36 - Fonctions secondaires

De nombreuses fonctions interactives spécialisées voient le jour peu à peu.

Pour le dessin sur écran on peut citer :

a) La méthode d'Entraînement (Dragging)

Modification du positionnement d'un objet en même temps que celui du symbole (ou du crayon de la tablette).





SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

b) Le tracé Elastique (Rubberband)

Liaison systématique du dernier point accepté à la position courante du symbole par un segment de droite. Ceci permet de faciliter le tracé de certains dessins en particulier.



FIGURE 10

c) Suivi de tracé

Ligne brisée joignant les différentes positions du symbole à chaque cycle.

d) Lignes avec contraintes

Ligne brisée ne comportant que des horizontales et des verticales par exemple.

Chaque moyen d'entrée ou de dialogue voit d'autre part, peu à peu, son utilisation se doubler de programmes de correction simultanée par le système (correction des tremblements du photostyle, .... etc .... ).

3.4 - Facteurs humains intervenant dans la gestion des interactions et qualités pratiques d'un système de visualisation

La principale difficulté rencontrée, lors de la programmation des interactions, est la prise en compte des problèmes "humains".

Tout d'abord, il est essentiel que le langage soit proche de l'utilisateur (non informaticien), donc simple et cohérent.

Ensuite interviennent un certain nombre de facteurs psychologique liés au matériel (confusion ou inconfort) ou aux moyens de dialogue. Les facteurs les plus importants sont les suivants :

3.41 - Temps de réponse

Il doit être soigneusement évalué et étudié pour éviter la fatigue de l'opérateur. Ce temps de réponse dépend du matériel et des algorithmes utilisés. De plus, toutes les actions ne demandent pas le même temps de réponse.

On peut distinguer trois types d'actions :

- actions "lexicales" ; exemple : prise

en compte d'une désignation, de l'enfoncement d'une touche ... .

La réponse doit être de l'ordre de 50 ms.

- actions "syntaxiques" ; exemple : initialisation d'une piste, adoption d'éléments de travail pour une piste, baptême etc ...

La réponse souhaitée est de 0,5 s à 4 s maximum.

- actions "sémantiques" : très variables suivant l'application, dans le cas d'actions de longue durée, il faut si possible informer l'utilisateur de l'évolution de la tâche initialisée.

Exemple d'action sémantique : déclencher un algorithme de travail.

Un temps de réponse excessif est toujours très irritant pour l'opérateur. Un remède partiel consiste à prévoir un certain nombre de messages l'informant du déroulement des différentes phases de l'action demandée.

3.42 - Informations présentées et associées aux moyens de dialogue

Elles doivent être élaborées et regroupées, claires et lisibles :

Ceci paraît évident mais, trop souvent, on observe des lettres trop petites ou trop tassées ne tenant pas compte du pouvoir séparateur de l'oeil.

Il faut également présenter l'information sous une forme digeste et synthétique ne nécessitant ni dictionnaire, ni code complexe.

D'autre part, les informations présentées doivent être fidèles et sûres (des libellés trop souvent inexacts engendrent un manque de confiance chez l'opérateur) et les modes dégradés soigneusement étudiés.

3.43 - Diversité dans la représentation

Il faudra rechercher des techniques évitant la monotonie et la fatigue. Pour cela, on pourra utilement utiliser :

- . la couleur,
- . les caractères de grosseur variable,
- . les effets de loupe et d'excentrement,
- . les clignotements,
- . les surbrillances,
- . le codage en fausse couleur, etc ...





SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

### 3.44 - Dialogue homme-machine

Il doit être facile et simple au plan de l'exploitation (système de dialogue souple, en particulier pour l'entrée de textes). Dans les systèmes embarqués, ce point est tout particulièrement important dans les situations délicates. Il est essentiel que l'opérateur puisse agir de façon "réflexe".

## 4. - LOGICIEL ASSOCIE A UN SYSTEME DE VISUALISATION A TUBE CATHODIQUE

### 4.1 - Introduction

On peut envisager d'exploiter deux niveaux de logiciel pour la mise en oeuvre de systèmes de visualisations.

- le niveau assembleur et macro-assembleur
- le niveau symbolique et, en particulier, le logiciel graphique interactif.

Dans un cas comme dans l'autre, les logiciels doivent être portables.

### 4.2 - Assembleur et macro-assembleur

Le logiciel de base doit permettre la production, sur un ordinateur courant, de programmes binaires exécutables sur la machine cible (processeurs de visualisation).

Le langage source peut être de deux niveaux :

- le langage assembleur,
- un langage défini par l'utilisateur et traduit en code assembleur par un processeur appelé macro-générateur.

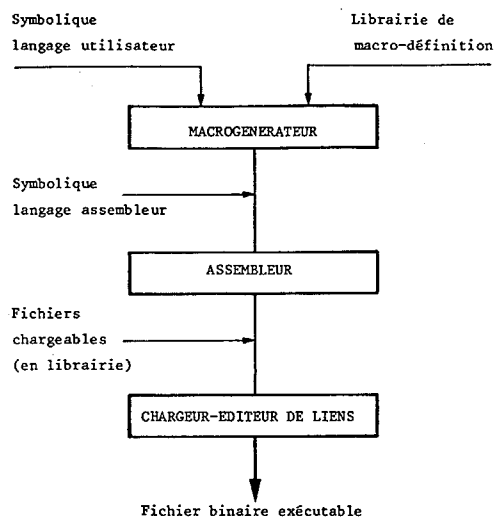


FIGURE 11 : ASSEMBLEUR GRAPHIQUE

### 4.3 - Logiciel graphique interactif

#### 4.31 - Objectifs d'un logiciel graphique

Le logiciel graphique interactif doit être utilisable en temps réel sur des consoles à mémoire et processeur graphique incorporés et doit être implanté sous un (ou plusieurs) moniteur(s) "temps réel".

Il permet d'effectuer :

- principalement, des tracés dynamiques de courbes :
  - . Trajectoires d'engins,
  - . Courbes d'azimétrie,
  - . Volumes d'action ... etc
- la gestion d'une bibliothèque graphique implantée sur mémoire de masse pour utiliser des images statiques,
- la gestion du dialogue "opérateurs-processus" à l'aide des moyens d'entrée suivants : clavier logiciel, clavier numérique, boule, manches, manivelle, etc ... .

Afin de faciliter la transportabilité de ce logiciel graphique pour des consoles de divers types, le système de programmation conçu comporte en général deux couches de logiciel :

- la première, dite "externe", indépendante du matériel de visualisation, constitue une liste de données relatives à une console virtuelle "universelle".
- la seconde, dite "interne" est fonction du matériel de visualisation utilisé et permet, par transcodage approprié, le passage de la console virtuelle à la console réelle choisie.

#### 4.32 - Concepts généraux

a) L'utilisation, à partir d'ordinateurs différents, de terminaux graphiques divers, conduit actuellement les concepteurs de systèmes graphiques à élaborer des logiciels indépendants des matériels, permettant d'une façon générale de répondre aux besoins suivants :

- assurer un interface indépendant du système de visualisation,
- assurer également la transportabilité vis à vis du calculateur pilote,
- permettre de travailler sur un système multi-console.



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

- ne pas être orienté vers une application particulière,
- être conçu de façon modulaire afin de pouvoir y rajouter facilement de nouvelles fonctions,
- assurer, dans le cadre de la conduite de processus une rapidité d'exécution correcte pour exploiter au maximum les possibilités d'interaction "processus - opérateur",
- permettre deux types de construction d'images:

- . en mode visualisation ou immédiat: les divers éléments d'une image apparaissent au fur et à mesure du déroulement du programme d'application.

- . en mode construction lorsque l'utilisateur ne veut faire apparaître l'image sur l'écran qu'à l'issue de sa construction définitive.
- permettre à l'utilisateur d'ignorer, autant que faire se peut, l'organisation du terminal graphique,
- occuper le moins de place possible.

b) L'indépendance du logiciel graphique par rapport à la configuration informatique sur laquelle il est implanté, conduit pour une application particulière, à adopter la structure schématisée par la figure suivante.

- le système de modélisation est particulier d'un type d'applications donné et permet à l'utilisateur de construire, modifier et manipuler des objets graphiques propres à un terminal virtuel.

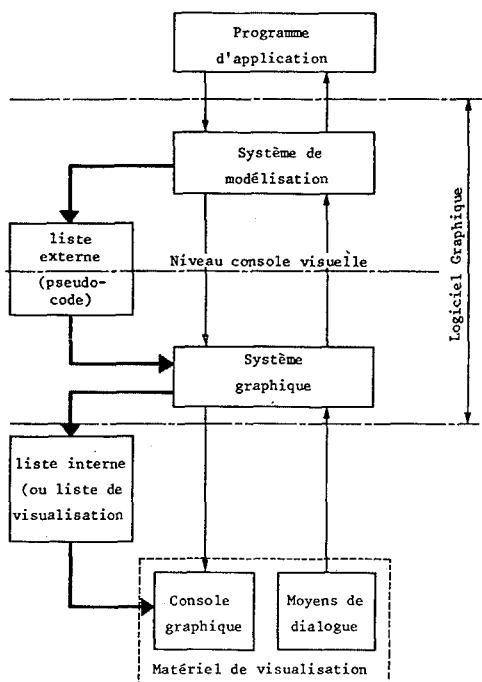


FIGURE 12

L'ensemble des ordres graphiques qui décrivent ces objets constitue la liste externe.

Le système graphique traduit ces données et ces directives "banalisées" (pseudo-code) en code interne assimilable par le processeur graphique de la console. L'ensemble des ordres graphiques ainsi obtenue constitue la liste interne, ou liste de visualisation, située dans la mémoire de régénération du terminal.

Le système graphique permet en outre, via le système de modélisation, de transmettre au programme d'application les informations fournies par les moyens de dialogue de la console.

c) Pour parvenir à une structure idéale répondant aux caractéristiques énoncées dans le paragraphe a). Il suffit de généraliser cette conception en développant une arborescence de système de visualisation. On aboutit ainsi à la notion de noyau graphique qui est un système graphique évolué dont l'organisation est schématisée sur la figure 13.

Les applications de la première famille (A) sont décrites dans un langage particulier, traduit en pseudo-code par le système de visualisation n° 1.

Les applications de la seconde famille (B) sont décrites dans un autre langage, traduit par le système de visualisation dans le même pseudo-code que celui de la première famille.

Le système graphique n'a plus qu'à connaître à quel terminal il doit s'adresser pour traduire le pseudo-code en code interne approprié.

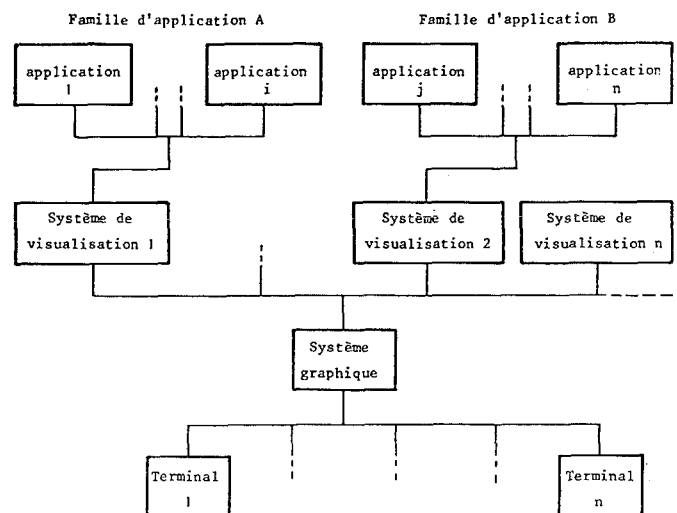


FIGURE 13 : SCHEMA DU NOYAU GRAPHIQUE

SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

Cependant, le concept de noyau graphique, théoriquement très satisfaisant, est difficile à mettre en pratique, en raison notamment de la taille mémoire nécessaire à son implantation et de la complexité de sa mise en oeuvre.

Néanmoins ces principes généraux, spécialement l'indépendance de l'ensemble des programmes graphiques par rapport au système de visualisation, doivent présider à l'élaboration de tout logiciel interactif qui doit être un compromis satisfaisant pour diverses grandes familles d'applications.

d) Les principes généraux d'un logiciel graphique "idéal" étant définis, il faut maintenant concevoir un langage, ou tout au moins une série de primitives graphiques interactifs, qui seront mis à la disposition du programmeur d'application.

Les principales qualités d'un tel langage doivent être les suivantes :

- Faciliter l'utilisation du langage :

. les codes des instructions graphiques doivent être clairs et faciles à retenir (qualité mnémotique).

. le nombre d'instructions doit être suffisant pour assurer la souplesse de la programmation sans pour autant rendre la langue verbeux. On favorisera d'autre part les instructions ayant peu de paramètres.

- Autoriser la gestion de deux types d'espaces :

. l'espace utilisateur ou espace réel, dans lequel se déroule le processus ; c'est un univers que l'utilisateur connaît généralement bien et qu'il peut donc décrire facilement dans le système de coordonnées qui lui convient le mieux.

. l'espace écran, décrit en unités de déplacement propres au terminal graphique, ou plus simplement en unités telles que le millimètre ou le dixième de millimètre. Cet espace est en effet plus approprié pour définir des tableaux, écrire des textes ou afficher des valeurs.

- Mettre à la disposition de l'utilisateur des outils de tracé, et de mise en page simples et non "ambigus".

- Assurer la plus grande indépendance possible entre les fonctions de sorties (création de dessins) et les fonctions d'entrée (dialogue à partir des moyens d'entrée des terminaux).

- Assurer la possibilité d'une gestion d'images fixes ou images statiques, cataloguées en mémoire, afin de gagner du temps dans la phase de construction des dessins.

- Empêcher dans la mesure du possible, l'utilisateur de pouvoir intervenir directement dans les zones mémoire contenant les données et les ordres graphiques ; ceci, par mesure de sécurité et pour que le système soit le plus transparent possible.

- Assurer l'indépendance du système vis à vis des terminaux graphiques en supprimant les différences entre les sorties sur consoles, traceurs, microfilms etc ... .

- Mettre à la disposition des responsables du logiciel graphique, des outils de mise au point qui faciliteront la modification de certaines fonctions ou l'adjonction de nouvelles.

Enfin, il est indispensable que le traducteur du langage ou des primitives, soit muni d'un système très rigoureux de détection d'erreurs syntaxiques et sémantiques.

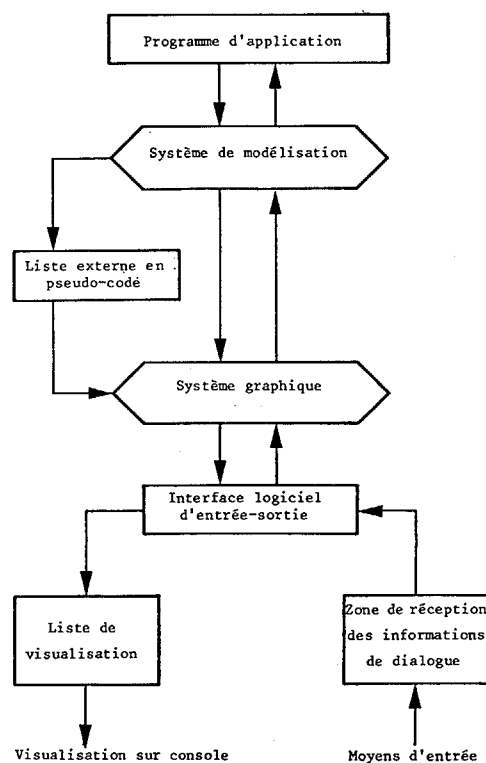


FIGURE 14 : INTERFACES DU SYSTEME GRAPHIQUE -



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

5. - STANDARDISATION FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME DE VISUALISATION - PROBLEMES DE DISPONIBILITE ET DE MAINTENABILITE

Outre la définition fonctionnelle des équipements qui est toujours nécessaire pour concevoir des systèmes permettant d'assurer avec les meilleurs performances les fonctions opérationnelles, il est indispensable d'effectuer un certain nombre de travaux préliminaires destinés à définir une politique cohérente pour l'étude, le développement et la réalisation d'un ensemble d'équipements modulaires en vue d'atteindre le meilleur niveau possible sur le plan de la disponibilité opérationnelle des matériels. Pour cela, il est nécessaire d'adopter une politique de développement conduisant à :

- des standardisations parfaitement définies,
- une fiabilité de conception et de réalisation pour tous les constituants des systèmes,
- une simplification de la maintenance destinée à alléger les charges de la logistique (amélioration de l'aptitude à la maintenance).

Ces objectifs doivent être pris en compte et considérés comme prioritaires dès la conception des matériels.

5.1 - Standardisation fonctionnelle

Pour un système modulaire de visualisation il est possible d'envisager quatre niveaux de standardisation.

- 5.11 - Au niveau produit, on considère des matériels tels que :
- . console de visualisation
  - . console (table) horizontale de grande surface
  - . coupleur de visualisation.

L'assemblage de ces produits et l'exploitation d'interfaces standardisés (bus de type HDLC, etc ...) permet de réaliser des sous-systèmes de visualisation avec le minimum d'études.

5.12 - A un niveau inférieur, on standardise des sous-ensembles fonctionnels (SEF) tels que :

- micromachine de visualisation
- mémoire d'image vidéo
- générateur d'image, etc ...

qui se retrouvent dans chaque produit. C'est ainsi que la même micromachine peut être utilisée pour assurer

la gestion des coupleurs de visualisation, des consoles, des tables horizontales ou des mémoires d'images.

5.13 - En poursuivant la décomposition des équipements, on définit des unités fonctionnelles banalisées ou modules (UFB) (groupes de cartes) :

- interfaces (bus, canal etc ...)
- générateurs (traits, symboles, cercles, ...) etc ...

Ces unités permettent de réaliser, au niveau des produits, des variantes plus ou moins performantes en fonction des spécifications du système.

5.14 - Enfin, au niveau de la carte, une normalisation mécanique et électrique précise et un découpage fonctionnel optimisé doivent permettre à terme de diminuer le nombre de types de cartes et présentent les avantages suivants :

- réduction du nombre des rechanges,
- possibilité de concentrer les efforts d'étude sur un petit nombre de circuits,
- diminution de l'importance et du coût des outillages de test.

Il est ainsi possible de mettre sur pied progressivement une politique de standardisation Fonctionnelle associée à une politique de fiabilisation. Pour cela, dans un premier temps, on pourra réaliser une documentation fonctionnelle des cartes et des spécifications de tests fonctionnels après avoir séparé les cartes standards d'intérêt général (mémoires par exemple), et les cartes spécifiques.

5.2 - Standardisation du packaging

Parallèlement à cette standardisation fonctionnelle, une normalisation mécanique permet l'assemblage et l'interchangeabilité des divers sous-ensembles; c'est ainsi que :

- les conteneurs (baies, consoles, coffrets),
- les tiroirs,
- les paniers,
- les cartes,

doivent être mécaniquement parfaitement définis et normalisés.

La philosophie adoptée consiste à partir, pour la définition du standard, de la carte et non de l'armoire et à assurer une compatibilité ascendante. Les paniers permettent d'intégrer des cartes ou des modules. Ces paniers sont conçus pour être eux-mêmes intégrés dans des tiroirs normalisés ou dans des coffrets étanches ou non étanches. Les coffrets peuvent



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

être fixés sur des chaises et les tiroirs dans des armoires.

### 5.3 - Disponibilité opérationnelle

Compte tenu de certains progrès technologiques qui permettent, avec moins de difficulté qu'auparavant, d'atteindre, au niveau des équipements des performances très suffisantes pour l'exploitation opérationnelle, il est possible d'orienter les études des systèmes en prenant comme critère principal la disponibilité opérationnelle ; en effet, pour obtenir des caractéristiques satisfaisantes du point de vue de la fiabilité et de la maintenance, qui sont les deux composantes de la disponibilité, il est nécessaire que ces objectifs soient pris en compte dès la conception des matériels (la disponibilité est en fait une fonctionnelle plus ou moins complexe des MTBF et MTTR).

#### 5.31 - Fiabilité

La politique en matière de fiabilisation des systèmes conduit à analyser plus particulièrement certains aspects fondamentaux des orientations techniques et technologiques possibles.

5.311 - Au niveau de l'organisation des systèmes embarqués, tant sur les plans matériel que logiciel, une analyse doit être faite pour définir des systèmes survivant à la première panne. Pour cela, :

a) il faut prendre soin de tester la "fiabilité de la conception" et disposer de moyens et de méthodes de test élaborés (Réseaux de PETRI, CAO, etc ...). Ces moyens permettent notamment de simuler le fonctionnement des circuits logiques dans tous les cas possibles et de dépister ainsi les défauts fugaces qu'il est toujours très difficile de localiser sur les équipements (impossibilité d'identifier et de reproduire la distribution des paramètres provoquant le défaut).

b) il faut définir les redondances strictement nécessaires, compte tenu des fonctions opérationnelles, afin de conserver au système les performances nominales en cas d'avarie d'un circuit d'une Unité Fonctionnelle Banalisée ou d'un sous-Ensemble Fonctionnel. C'est ainsi que des organes centraux de couplage aux capteurs, qui constituent un noeud, doivent être doublés (redondance active) tandis que des matériels répétitifs tels que mémoires d'image ou consoles sont organisées

de telle sorte que n'importe quelle fonction puisse être reprise au niveau d'un autre matériel en cas d'avarie. Cette disposition est rendue possible par la banalisation fonctionnelle que la standardisation des matériels permet. Les choix effectués résultent de l'exploitation d'un programme de calcul de disponibilité qui permet de tenir compte de tous les facteurs importants (MTFB, MTTR, nombre de dépanneurs, architecture du système, etc ...) au niveau des UFB ou des SEF.

5.312 - Au niveau de la conception des circuits, les études doivent être orientées sur la recherche de la fiabilité :

a) en généralisant les modules numériques au niveau le plus élevé possible.

b) en employant des circuits intégrés LSI et en optimisant le découpage fonctionnel afin de diminuer les interconnexions qui sont toujours très pénalisantes au niveau de la fiabilité.

c) en utilisant une technologie homologuée déjà éprouvée sur des réalisations (TTL) et en gamme basse consommation (LS) afin de faire fonctionner des circuits à la température la plus basse possible ; en effet la durée de vie des composants est divisée par 2 lorsque la température passe de 40° à 60°.

d) en évitant de faire fonctionner les circuits aux limites de leurs performances (fréquence, "fan-out").

5.313 - Au niveau de la réalisation des circuits, la politique suivie a consisté à utiliser des composants en gamme de température adéquate. Il est donc possible de fabriquer des équipements :

a) en composants standards

b) en composants fiabilisés avec un contrôle de qualité.

c) en technologie microélectronique hybride avec un programme de contrôle d'approvisionnement et de fabrication. Ceci laisse la possibilité de développer de nouveaux matériels dans cette technologie sans remettre en cause le découpage fonctionnel ni avoir à rerédiger les nouvelles documentations fonctionnelles et la documentation de test ; seule la documentation de contrôle de qualité est à adapter au standard de fabrication et au niveau de qualité souhaité.





SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

5.314 - La fiabilité des produits doit être renforcée en disposant, au niveau des fonctions élémentaires, un certain nombre de circuits permettant le contrôle de bon fonctionnement en temps réel de type "GO, NO GO", par un test intégré. Cette disposition permet au niveau "système" de visualiser les informations caractérisant une avarie qui vient de se produire, même si elle ne provoque pas de défaut immédiatement perceptible. Ces comptes rendus d'avarie permettent également de déclencher, selon la situation opérationnelle, soit une reconfiguration, soit une mise en maintenance de l'équipement.

5.4 - Maintenance et logistique - aptitude à la maintenance

La structure des équipements doit être orientée dès le début de l'étude en fonction des deux critères suivants :

- disposer de moyens efficaces de test et d'aide à la localisation d'avarie afin de diminuer le temps de réparation (MTTR),
- réduire les coûts de la logistique par une limitation très stricte du nombre de type de carte et la possibilité d'emploi de moyens de test automatisés.

Au niveau de chaque Sous-Ensemble Fonctionnel, les circuits sont découpés et organisés de façon à permettre des autocontrôles (compte rendu cyclique d'anomalie par mot d'état) microprogrammés ou programmés. Pour cela, un certain nombre de circuits fonctionnels sont complétés par des circuits simples de contrôle (bit de parité, possibilité de relire un registre chargeable, etc ...). Ces moyens permettent de mettre en oeuvre les facilités de maintenance suivantes :

- tests de bon fonctionnement intégrés se déroulant en transparence du programme opérationnel et conduisant à un diagnostic de type "GO-NO GO". Ce type de test se déroule au niveau "système" avec une période de l'ordre de la minute, et ne doit pas occuper un temps important de l'unité centrale des machines ; ils sont, pour ces raisons, en majeure partie microprogrammés au niveau local (console, mémoire d'image, coupleur par exemple) et seule l'interprétation du constat d'anomalie est traitée par programme au niveau des organes centraux.

- programme de vérifications rapides qui réside en permanence dans l'équipement et peut être mis en oeuvre sur demande de l'opérateur "système".

Dans ce cas, il s'agit d'un déroulement accéléré des tests précédents qui peut suspendre très brièvement le fonctionnement normal d'une unité. Le retour au fonctionnement normal est automatique. Ce type de test permet la vérification du bon fonctionnement d'ensemble à la mise sous tension ou en cas de doute de l'opérateur.

- programmes de localisation d'avarie pouvant être déroulés lorsque l'équipement est en mode maintenance "préventive". Ils permettent de localiser la panne à un niveau correspondant à un petit nombre de cartes (de 1 à 5 au maximum). Ils se situent soit au niveau de la maintenance par "fonctions" soit au niveau de la maintenance système. Le retour en situation opérationnelle peut ne pas être immédiat, car il faut reconfigurer les liaisons (et une partie des logiciels).

L'ensemble de ces moyens, associés à la bonne accessibilité des circuits (tiroirs sur glissière avec trainard) doit permettre un dépannage rapide par changement d'un groupe de carte identifié (l'exploitation des circuits numériques supprime tout réglage après remplacement des cartes).

L'optimisation du découpage fonctionnel des circuits en cartes conduit à développer une documentation de tests fonctionnels et des programmes de tests sur banc automatique (banc de tests fonctionnels) qui permet :

- le déstockage des rechanges,
- la réhabilitation d'une carte douteuse,
- l'identification de la carte en panne dans un lot réputé défectueux par les programmes de localisation d'avarie.

5.5 - Documentation associée

Outre les documentations classiques (notes techniques, notices descriptives, notices d'exploitation, etc ...) la cohérence de la politique de standardisation des matériels s'appuie sur une documentation détaillée, au niveau des cartes, qui comporte :

5.51 - La spécification fonctionnelle sommaire de chaque carte qui permet :

- a) aux services techniques de juger de l'opportunité de développer la carte et de la classer en "standard" ou "spécifique".



SYSTEMES MODULAIRES DE VISUALISATIONS EMBARQUEES  
PRINCIPAUX AXES DE DEVELOPPEMENT ET PERSPECTIVES

---

b) aux utilisateurs de connaître les caractéristiques essentielles de la carte au moment de la conception des circuits et du découpage en cartes.

5.52 - La spécification fonctionnelle détaillée de chaque type de carte donnant aux utilisateurs toutes les caractéristiques fonctionnelles et les caractéristiques d'utilisation (charges, "fan out"....).

5.53 - La documentation spécifiant les tests et permettant le contrôle fonctionnel des cartes au niveau utilisateur. Cette documentation permet notamment de rédiger des programmes de test sur banc automatique.

5.54 - La documentation spécifiant les tests dynamiques et paramétriques de corrélation de qualité de fabrication.

R E M E R C I E M E N T S

Nous remercions vivement Monsieur J. DIEUDONNE qui a bien voulu nous prodiguer ses conseils pour la préparation de cette publication et Messieurs J. MAIGRE et H. PERSON qui ont été à l'origine de la plupart des travaux effectués au CAPCA dans le domaine des visualisations depuis 1971.