

SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

CONVERTISSEUR STATIQUE DE BALAYAGE RADIAL $(\rho, \theta) \rightarrow$ MATRICIEL (X, Y) .
DIGITAL SCAN CONVERTER $\rho, \theta \rightarrow X, Y$.

M. Jean DIEUDONNE

Société SINTRA - 26, Rue MALAKOFF 92600 ASNIERES

RESUME

SUMMARY

L'exposé qui suit présente un nouveau procédé de conversion statique de balayage radial $(\rho, \theta) \rightarrow$ matriciel (X, Y) permettant en particulier la présentation de la vidéo d'un radar panoramique sur un écran matriciel, tel que moniteur télévision, panneau à plasma, panneau à cristaux liquides, ...

Le principe de conversion utilise un mode d'échantillonnage des informations en "carré" autour du radar, assurant un préformatage implicite selon une des deux directions de la matrice.

Ce mode d'échantillonnage permet :

- d'utiliser un algorithme de conversion réalisable en logiciel ou micrologiciel en temps réel,
- de réduire de 50 % le nombre d'échantillons traités en vue de la présentation dans la fenêtre carrée de l'écran,
- enfin de réduire, selon les échelles de présentation, de 50 % à 100 % l'erreur moyenne de positionnement sur l'écran d'un point quelconque d'une radiale. Ainsi, la précision moyenne de présentation de la vidéo d'un radar panoramique est la même sur un moniteur télévision haute définition (1100 lignes) et un échantillonnage circulaire ($\Delta \rho$ constant) ou bien sur un moniteur TV au standard 625 lignes et un échantillonnage "carré". Cette propriété influe beaucoup sur les dimensions de la mémoire vidéo utilisée et sur les débits d'informations vers l'écran.

This paper is a presentation of a new process of digital scan converter " $\rho, \theta \rightarrow X, Y$ " generally used for displaying panoramic radar data on "X, Y" type displays such as TV monitor and/or flat panel (plasma, liquid crystal, ...).

The converter uses a simple "square" sampling mode around the radar center, giving for each sample, one coordinate directly in the X, Y grid format of the screen.

The main properties are :

- ease to implement the algorithm with software and/or firmware because the simple formula and reduction of operations at each iteration,
- reduction by a 50 % factor of the number of primary samples to be processed before being put in the video memory and display on the square screen,
- finally, reduction of 50 % to 100 %, according the selected scale, of the mean error of position for any point to be displayed on the X, Y screen. For instance, the mean accuracy is quite the same, either with a high resolution TV monitor (1100 l.) and a "circular" sampling, or with a standard 625 l. TV monitor and a "square" sampling.



CONVERTISSEUR STATIQUE DE BALAYAGE RADIAL (ρ, θ) \rightarrow MATRICIEL (X, Y) .

1 - INTRODUCTION

Les développements technologiques récents en matière de procédés de visualisation nous conduisent à utiliser dans un proche avenir des écrans de type matriciel comme les moniteurs de télévision et/ou les divers écrans plats (plasma, cristaux liquides, ...).

L'utilisation de ces technologies pour la présentation d'informations de nature quelconque nécessite l'emploi de plusieurs fonctions essentielles avec en particulier la mise au format matriciel de l'information, quel que soit le mode primaire de définition spatiale de celle-ci.

Un cas particulier important consiste à présenter sur un écran matriciel une information définie en mode radial panoramique et s'applique entre autre à tous les radars de veille et de navigation.

La transformation de balayage "radial/matriciel" et la présentation du résultat sur écran sont effectuées par les éléments de la chaîne donnés sur la figure 1 ci-dessous :

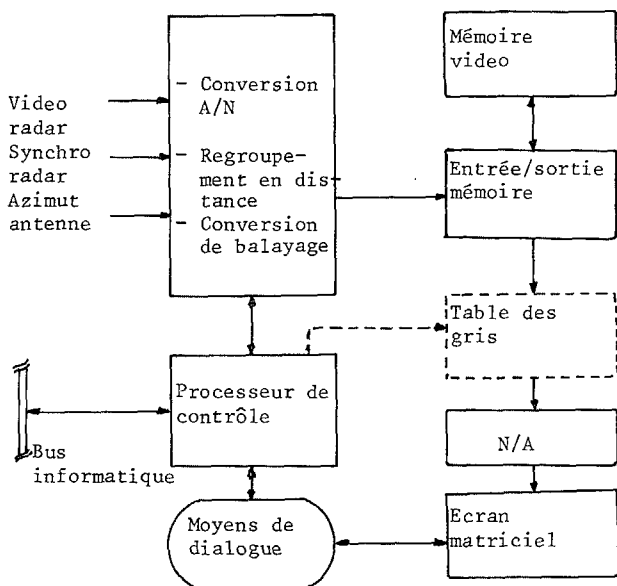


Figure 1

Les éléments essentiels de cette chaîne sont :

- l'échantillonnage et la numérisation de la video radar inscrite à une fréquence tenant compte du spectre en fréquence de la video et du critère de Nyquist (on prend généralement $f_e \geq 2,5/\tau$, si τ est la largeur d'impulsion),
- le regroupement en distance de "paquets" d'échantillons élémentaires pour tenir compte de l'échelle de présentation,
- le calcul des coordonnées X et Y dans la matrice écran à partir des coordonnées ρ et θ de chaque échantillon "composite" résultant,
- enfin la mémorisation des échantillons en mémoire video, après éventuellement filtrage temporel (rémance variable) et filtrage spatial (interpolation entre deux azimuts discrets, ...).

2 - MODE CLASSIQUE DE CONVERSION RADIAL/MATRICIEL (Figure 2)

Le mode classique de conversion radial/matriciel s'effectue généralement en paramétrique. Une radiale (radar) est définie dans le temps par une suite d'échantillons video ayant :

- un azimut " θ " constant,
- une distance relative à la position du radar de :

$$\rho(t) = \sum_{\text{Km.0}}^{\text{fin de portée}} \Delta \rho$$

$$= \frac{\Delta \rho}{\Delta t} \times \sum_{\text{top synchro (i=0)}}^{\text{fin de portée (i max)}} i \cdot \Delta t$$

avec $\Delta \rho$ = quantum distance constant (après regroupement des échantillons).

Le point courant M(t) de la radiale a pour coordonnées :

$$M(t) \begin{cases} X(t) = \rho(t) \cdot \sin \theta \\ Y(t) = \rho(t) \cdot \cos \theta \end{cases}$$

et généralement, l'azimut θ est l'un des 2^n azimut discrets équirépartis sur 2π radians ($\Delta\theta = 2\pi/2^n$).

Le principe de base de la transformation consiste à calculer les coordonnées du point M'(t), appartenant à la matrice écran qui est le plus proche de M(t) :

$$M'(t) \begin{cases} X'(t) = E \{ X(t) + \delta \times 0,5 \} \\ Y'(t) = E \{ Y(t) + \delta \times 0,5 \} \end{cases}$$

avec $E \{ u \}$ = partie entière de

$$\delta \begin{cases} = + 1 \text{ si } X(t) > 0 \\ = - 1 \text{ si } X(t) < 0 \\ = 0 \text{ si } X(t) = 0 \end{cases}$$

3 - ECHANTILLONNAGE "EN CARRE" (Figure 3)

Le mode classique de conversion de balayage (défini précédemment) utilise un échantillonnage à fréquence constante. Le lieu des échantillons est donc l'intersection des 2^n radiales et d'une suite de cercles équirépartis, tous centrés sur le radar. L'intervalle entre 2 cercles successifs vaut " $\Delta \rho$ ".

Mais le processus final étant la représentation des informations sur une matrice orthonormée, SINTRA a défini un mode d'échantillonnage plus apte à cette représentation finale. Ce mode d'échantillonnage fait l'objet d'une demande de brevet en cours.

Dans ce mode d'échantillonnage, le lieu des échantillons est l'intersection des 2^n radiales avec une suite de carrés équirépartis, centrés sur le radar, dont les côtés sont parallèles aux axes de l'écran matriciel et dont l'intervalle de distance entre 2 carrés successifs correspond au pas de la matrice écran, après regroupement des échantillons pour tenir compte de l'échelle de présentation.

L'échantillonnage est obtenu simplement par une fréquence $f(\theta) = f_0 \times \cos \theta$ sur les quadrants $(0 + \frac{\pi}{4}, \text{ modulo } \pi)$ et $f(\theta) = f_0 \times \sin \theta$ sur les quadrants $(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}, \text{ modulo } \pi)$ " f_0 " est la fréquence d'échantillonnage selon les axes X_0 et Y de l'écran. Elle est $\sqrt{2}$ fois plus élevée que la fréquence d'échantillonnage précédente, pour permettre de respecter le critère de Nyquist dans les directions des diagonales $(\pm \frac{\pi}{4})$ où $f(\frac{\pi}{4}) = f_0 / \sqrt{2} \geq 2,5/\tau$.


 CONVERTISSEUR STATIQUE DE BALAYAGE RADIAL $(\rho, \theta) \rightarrow$ MATRICIEL (X, Y)

La transformation de balayage "radial/matriciel" est, dans ce principe, déjà effectuée implicitement selon une des deux directions du plan.

Chaque radiale est définie, dans une direction " θ " de l'intervalle $(0 \pm \frac{\pi}{4} + k\pi)$ par le point courant :

$$M1 \begin{cases} X_1 = i \times \text{tg } \theta \\ Y_1 = i \end{cases}$$

et dans une direction " θ " de l'intervalle $(\frac{\pi}{2} \pm \frac{\pi}{4} + k\pi)$ par le point courant :

$$M2 \begin{cases} X_2 = j \\ Y_2 = j \cdot \text{cotg } \theta \end{cases}$$

Le point M'_1 , correspondant à l'affectation de M_1 au point le plus proche de la matrice "écran", a pour coordonnées :

$$M'_1 \begin{cases} X'_1 = E \{ i \cdot \text{tg } \theta + \delta \times 0,5 \} \\ Y'_1 = Y_1 = i \end{cases}$$

$$M'_2 \begin{cases} X'_2 = X_2 = j \\ Y'_2 = E \{ j \cdot \text{cotg } \theta + \delta' \times 0,5 \} \end{cases}$$

De même avec

$$\delta \begin{cases} = +1 & \text{si } i \cdot \text{tg } \theta > 0 \\ = -1 & \text{si } i \cdot \text{tg } \theta < 0 \\ = 0 & \text{si } i \cdot \text{tg } \theta = 0 \end{cases}$$

$$\delta' \begin{cases} = +1 & \text{si } j \cdot \text{cotg } \theta > 0 \\ = -1 & \text{si } j \cdot \text{cotg } \theta < 0 \\ = 0 & \text{si } j \cdot \text{cotg } \theta = 0 \end{cases}$$

4 - CARACTERISATION DU PROCÉDE

L'échantillonnage en "carré", qui tire son nom du principe utilisé, procure au système les propriétés suivantes :

- l'algorithme de transformation "radiale/matriciel" s'effectue simplement par une machine (micro) programmée par itération simple sur une seule coordonnée :

$$M'_1(i+1) \begin{cases} X'_1(i+1) = E \{ X_1(i) + \text{tg } \theta + \delta \times 0,5 \} \\ Y'_1(i+1) = i+1 \end{cases}$$

- ce mode de balayage réduit par $\sqrt{2}$ la quantité de pixels à modifier en mémoire, ce qui permet d'utiliser toutes choses égales par ailleurs une mémoire vidéo plus lente dans ce cas (en effet avec l'échantillonnage à " $\Delta\rho$ " constant, un écran de $10^3 \times 10^3$ pixels nécessite au moins $10^3 \times \sqrt{2}$ échantillons pour définir une diagonale de 10^3 pixels ; avec l'échantillonnage "carré", 10^3 échantillons suffisent pour définir 10^3 pixels en diagonale),
- l'échantillonnage "carré" permet de réduire considérablement l'erreur moyenne et l'erreur maximale d'affectation radial/matriciel dans des proportions dépendant un peu du taux de regroupement d'échantillons en distance. Pour un regroupement des échantillons 4 par 4, on obtient par simulation les résultats suivants :

Mode d'échantillonnage	Erreur moyenne en distance simulée sur l'octant $(0, +\frac{\pi}{4})$ (longueur moyenne du segment MM')		
	(1)		
	Selon X	Selon Y	En distance MM'
Echantillonnage "carré" ($f_0 \cos \theta$)	0,25 e	0	0,25 e
Echantillonnage " f" constant	0,25 e	0,5 e	0,56 e

Pour présentation sans regroupement d'échantillons, la simulation donne les résultats suivants :

Mode d'échantillonnage	Erreur moyenne en distance simulée sur $(0, +\frac{\pi}{4})$
Echantillonnage "carré" ($f_0 \cdot \cos \theta$)	0,25 e
Echantillonnage " $\Delta\rho$ " constant	0,37 e
	(1)

Ce cas fréquent de présentation montre nettement que la précision d'affichage d'un point sur l'écran est en moyenne (et aussi en maximum) légèrement meilleure avec un échantillonnage "carré" et une définition d'écran de 500 lignes utiles (standard 625 l) qu'avec l'échantillonnage " $\Delta\rho$ " constant et une définition écran de 1000 lignes utiles. Lorsqu'il n'y a pas de regroupement de pixel, comme en mode "zoom", le gain en précision de positionnement d'un pixel sur l'écran, d'un mode d'échantillonnage à l'autre, est encore de 50 % (0,25 e contre 0,37 e).

(1) e = pas de la matrice écran.



CONVERTISSEUR STATIQUE DE BALAYAGE RADIAL $(\rho, \theta) \rightarrow$ MATRICIEL (X, Y)

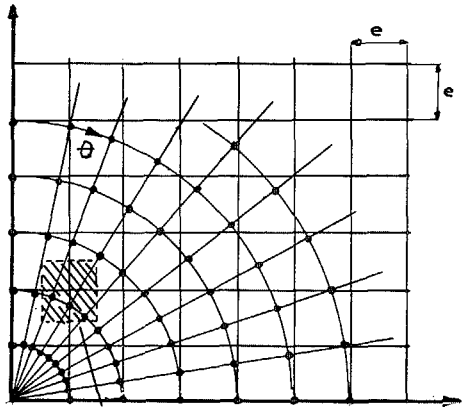


Figure 2
ECHANTILLONNAGE "CIRCULAIRE"

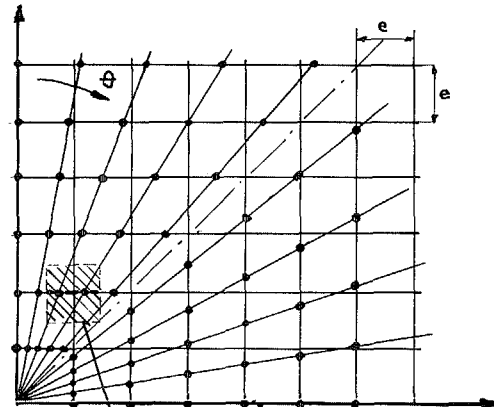
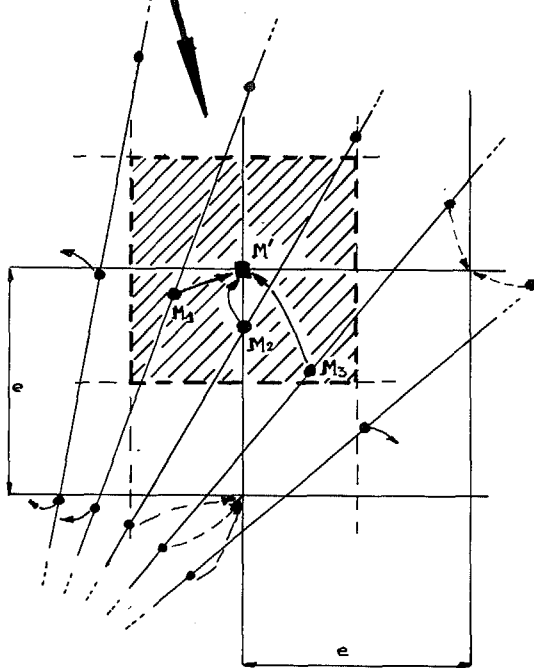
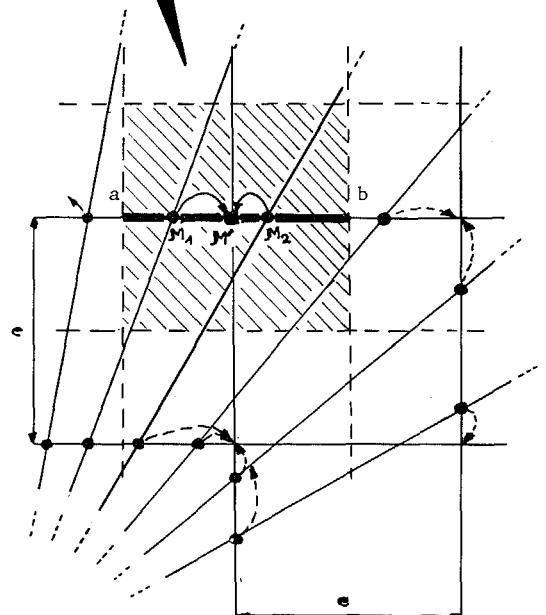


Figure 3 :
ECHANTILLONNAGE "CARRE"



ZOOM SUR UN POINT DE LA MATRICE ECRAN

Tous les échantillons M_i contenus dans le carré hachuré de côté "e" sont regroupés en M' .



ZOOM SUR UN POINT DE LA MATRICE ECRAN

Tous les échantillons M_i du segment (a, b) de longueur "e" sont regroupés en M' .

Légende :

- — Echantillon sur la radiale
- Trait continu : pas de la matrice écran
- - - - Trait pointillé : domaine réparti autour d'un point de la matrice écran.