



TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

Nice 1<sup>er</sup> au 5 juin 1971

---

UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

François GIRES et Joël GUYOT

THOMSON - C.S.F. Division ASM 06-Cagnes /Mer

---

**RESUME**

Un schéma général des méthodes de traitement en optique incohérente, de signaux électriques basse fréquence, est indiqué auquel se rattache l'essentiel des corrélateurs utilisés aujourd'hui.

Le principe d'un corrélateur utilisant comme support de l'information l'écran d'un oscillographe cathodique est donné. Pendant l'exposé oral seront présentés les détails de réalisation de cet appareil et les performances obtenues.

**SUMMARY**

A general survey of non coherent optical processing methods is given, applying in particular to low frequency electric signals ; most of correlators used today are relevant to this processing system.

The principle of a correlator which processes informations displayed on a cathodic screen, is studied. During the lecture details will be stated about the realization of this equipment, and the obtained performance.



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

François Gires et Joël GUYOT

THOMSON - C.S.F. Division ASM 06-Cagnes/Mer

-----

Il existe une grande variété de corrélateurs optiques. Dans les problèmes qui nous intéressent ici, reconnaître la présence d'un code dans un signal complexe, le débit d'information est faible, quelques centaines de bits par seconde. Pour cette raison, et aussi parce que les corrélateurs utilisant la cohérence d'une onde lumineuse, fragiles et délicats, se prêtent mal à la réalisation de matériel embarcable, nous n'avons porté notre attention que sur l'utilisation possible de la lumière naturelle incohérente.

La fonction d'intercorrélation de deux signaux réels  $g(t)$  et  $h(t)$  est :

$$C(\tau) = \int g(t) h(t-\tau) dt$$

Il faut donc faire successivement un produit et une intégration. La fonction produit est très facile à réaliser en optique puisque l'intensité lumineuse transportée par un faisceau de lumière, est proportionnelle au produit de la brillance de la source par la transmission de tous les écrans transparents traversés. L'intégration peut être spatiale ou temporelle.

Les signaux envisagés ici étant omnidimensionnels, puisque ne dépendant que du temps, et les

UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

moyens optiques analysant des surfaces, on pourra se servir de la seconde dimension à divers usages, par exemple pour analyser simultanément plusieurs voies.

S'il est possible dans une certaine mesure de rendre la brillance d'une source fonction du temps, il est très difficile de rendre la transparence d'un écran fonction du temps. Il nous faudra presque toujours effectuer une transposition temps  $\longrightarrow$  espace et fabriquer à l'aide des fonctions  $g(t)$  et  $h(t)$ , des fonctions  $G(x)$  et  $H(x)$ .  $G$  et  $H$  seront souvent des fonctions simples du temps du genre  $G(x - vt)$ .

1.- SYSTEMES DE CORRELATION BASES SUR L'OPTIQUE GEOMETRIQUE.

En lumière incohérente, seules les propriétés de l'optique géométrique sont utilisables. Le montage le plus simple est celui de la Fig. 1 :

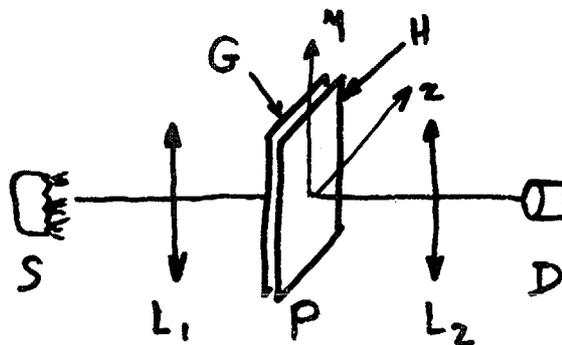


Fig. 1

La source  $S$  éclaire uniformément grâce à la lentille  $L_1$ , le plan  $P$  dans lequel sont placés côte à côte les transparents  $G(x, y)$  et  $H(x, y)$ . La



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

lumière transmise est rassemblée par  $L_2$  sur un détecteur D avantageusement placé dans le plan conjugué à celui de S.

Pour pouvoir modifier rapidement G ou H, on peut préférer les placer dans deux plans conjugués par une troisième lentille  $L_3$ .

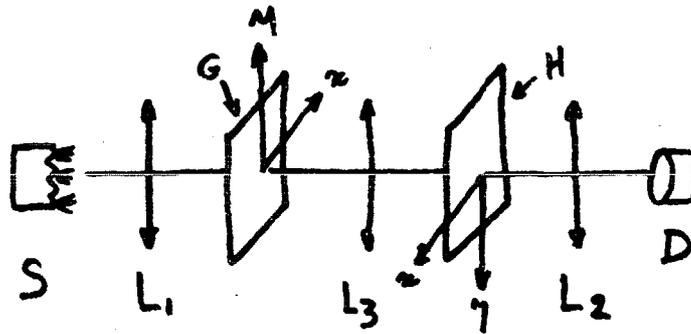


Fig. 2

Le courant débité par le détecteur est :

$$I(t) = k S(t) \iint G(x,y) H(x,y) dx dy$$

en supposant que le flux émis par S soit une fonction du temps. Si H ou G sont soumis à un déplacement à vitesse constante  $v$ , on aura par exemple :

$$I(t) = k S(t) \iint G(x-vt, y) H(x,y) dx dy.$$

Il est facile d'imaginer à partir de là, toute une variété de corrélateurs dont beaucoup ont été réalisés. Nous en citerons quelques uns sans pré-



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

tendre en épuiser la liste.

Pour simplifier, nous supposons que  $G(x,y,t)$  représente le "signal",  $H(x,y,t)$  la "copie". Leur rôle peut bien sûr être inversé.

Méthodes pour réaliser la translation d'un transparent  $G(x-vt,y)$ .

La première méthode consiste à réaliser le transparent sous la forme d'un film photographique et d'en assurer mécaniquement la translation (ou la rotation). C'est une méthode évidemment plus simple pour la copie qui se répète cycliquement, que pour le signal, bien que des films photochromiques aient été utilisés avec succès pour cet usage.

Une seconde méthode emploie pour support de l'information, une cuve à diffraction de la lumière par les ultrasons. Le signal  $g(t)$  est transformé par un transducteur piézoélectrique, en contrainte élastique appliquée à un matériau optiquement transparent. Les modifications d'indice de réfraction diffractent la lumière et l'image obtenue est projetée sur le transparent  $H(x)$  qui représente le code. L'intégration est ici purement spatiale.



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

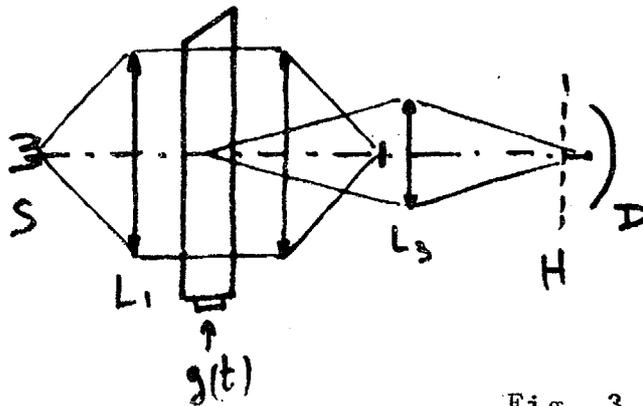


Fig. 3

Dans une troisième méthode, on remplace l'ensemble (S, L<sub>1</sub>, G) par un écran placé dans le plan de G. Cet écran peut être formé d'une mosaïque de diodes électroluminescentes qui, attaquées séquentiellement, synthétiseront la fonction  $G(x, t)$  ou encore par un écran oscillographique sur lequel s'affichera le signal  $g(t)$  qu'il sera possible de faire défiler pour obtenir  $G(x, t)$ . Nous étudierons en détail cette dernière solution.

Il est évidemment possible de faire défiler à des vitesses différentes  $G(x)$  et  $H(x)$ . Sans intérêt pour la corrélation, cette méthode permet d'accéder à la compression de temps, la convolution, le retournement temporel, etc...

Corrélation sans déplacement

Si nous renonçons à déplacer les transparents  $G(x)$  et  $H(x)$ , reprenons le schéma de la Fig. 2 en éliminant la lentille L<sub>3</sub>, et retournons le transparent H ( $H'(x, y) = H(-x, -y)$ )



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

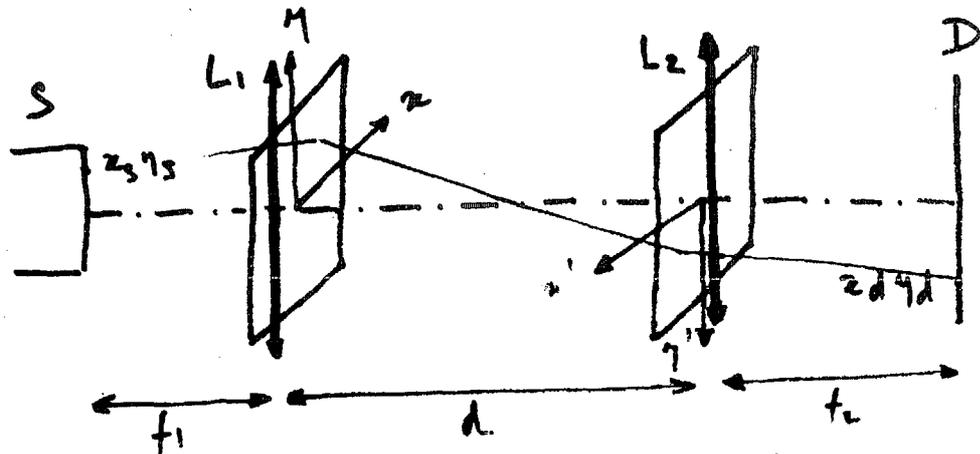


Fig. 4

Appelons  $f_1$  la distance focale de  $L_1$ ,  $f_2$  celle de  $L_2$  et  $d$  la distance entre  $L_1$  et  $L_2$ . Un point de côté  $(x_s, y_s)$  de  $S$  est conjugué avec le point

$$x_d = -\frac{f_2 x_s}{f_1} \quad \text{et} \quad y_d = -\frac{f_2 y_s}{f_1} \quad \text{du plan dans lequel}$$

est situé le détecteur  $D$ .

Un pinceau de rayon issu du point  $(x_s, y_s)$  et traversant  $G(x,y)$  au point  $(x,y)$ , traversera  $H(x)$  au point  $x' = \frac{d}{f_1} x_s - x$ , et viendra apporter à l'éclairement du point  $(x_d, y_d)$  une contribution.

$$\Delta I = k G(x,y) H\left(x - \frac{d}{f_1} x_s\right).$$

L'éclairement obtenu sur le plan détecteur au point  $(x_d, y_d)$  sera :

$$I(x_d, y_d) = k \iint G(x,y) H\left(x - \frac{d}{f_1} x_s, y - \frac{d}{f_1} y_s\right) dx dy.$$



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

Dans le plan D apparaît donc la fonction de corrélation bidimensionnelle de G et H qui peut être observée ou transformée en signal électrique si l'on place en D, la rétine d'un vidicon par exemple.

Cette méthode très utile pour le traitement optique, d'objets bidimensionnels (reconnaissance de caractères) est peu attrayante pour le traitement des signaux électriques. On peut cependant l'utiliser avec un détecteur ponctuel si on accepte de faire défiler  $G(x-vt)$ . Le courant du photo-détecteur passe par un maximum pour la position de  $G(x)$  qui maximalise l'intercorrélation.

Utilisation de  $S(t)$

Nous avons jusqu'ici supposé que la source S avait une brillance constante dans le temps. Si l'on module cette brillance avec le signal à traiter on peut utiliser le dispositif suivant :

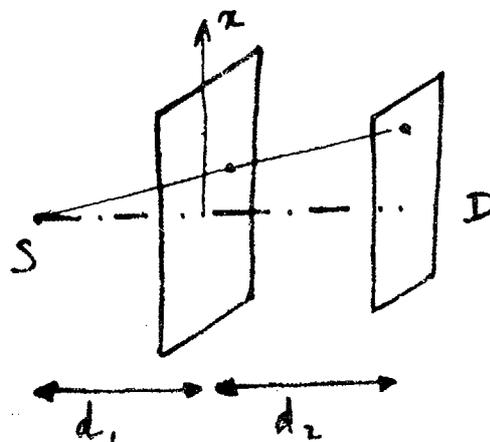


Fig. 5



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

La brillance de S est proportionnelle à  $g(t)$ , le transparent G et les lentilles disparaissent. H est animé d'une translation uniforme. Un pinceau de lumière passant par le point  $(x,y)$  de H atteint le plan détecteur en un point :

$$(x_d = x \frac{d_1 + d_2}{d_1} ; y_d = y \frac{d_1 + d_2}{d_1} ) \text{ dont l'éclair-}$$

rement est :

$$\Delta I(x_d, y_d) = k g(t) h(x-vt, y).$$

Si l'on intègre la lumière reçue en ce point, on obtient l'éclairement :

$$I(x_d, y_d) = k \int g(t) h(vt-x) dt$$

qui, si l'on fait le choix convenable de la vitesse nous donne la corrélation cherchée. Si la vitesse est erronée, on obtient la corrélation optimum avec un signal  $g(t')$  affecté d'un effet Döppler.



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

2. - DESCRIPTION DU CORRELATEUR TOPAD

L'appareil que nous décrivons ici se rattache à la troisième méthode de la première classe. La source de lumière est un écran d'oscillographe cathodique sur lequel on fait défiler le signal  $g(t)$  à traiter. Une tranche de durée  $T$  de ce signal apparaît en permanence et on forme l'image de cette tranche à l'aide d'un objectif photographique sur un transparent qui porte le "code" dont on cherche à détecter la présence.

Défilement du signal

Pour assurer le défilement du signal, on utilise un DELTIC dont nous rappelons brièvement le principe.

Le signal à traiter est échantillonné, échantillonné à cadence convenable et les échantillons sont présentés à l'entrée d'une ligne à retard ou d'un registre à décalage. La durée de stockage dans la ligne à retard, est légèrement plus courte que la période d'échantillonnage, et les échantillons se présentant à la sortie, sont reinjectés à l'entrée.

En état de régime, le registre à décalage contient  $n$  échantillons ( $n$  étant sa capacité) représentant une tranche de signal de durée  $nT$  ( $T$  étant la période d'échantillonnage). Pendant une période d'échantillonnage, le registre débite donc  $n$  échantillons successifs, pendant la période



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

suiivante les mêmes  $n$  échantillons diminués de l'échantillon le plus ancien et enrichis d'un échantillon nouveau.

Si nous affichons sur un oscilloscope, le débit du registre après avoir synchronisé le balayage avec la période d'échantillonnage, nous verrons défiler le signal en temps réel, chaque "image" étant celle d'une tranche  $nT$  du signal, l'image suivante étant la même tranche translatée d'un échantillon.

Fonction produit

Dans ce corrélateur, ce n'est donc pas la fonction copie  $H(x)$  qui est mobile mais la fonction signal  $G(x,t)$ . Le produit obtenu en formant l'image de l'écran sur un masque portant la copie.  $G$  et  $H$  étant des fonctions essentiellement positives, une transformation est nécessaire pour tenir compte des termes négatifs dans la fonction de corrélation. Pour cela, le signal est reporté sur deux lignes complémentaires, l'éclairement global de l'écran étant alors constant. Le masque est lui-même formé de lignes complémentaires conjuguées des premières. La lumière ayant traversé le masque, est alors rassemblée sur un photo-détecteur et intégrée. Chaque balayage fournit à une constante additive près, la valeur de la fonction de corrélation pour un retard  $\tau$  donné. L'ensemble reconstitue la fonction de corrélation  $C(\tau)$ .



UTILISATION DE L'ECRAN OSCILLOGRAPHIQUE COMME SUPPORT  
DE L'INFORMATION POUR LA CORRELATION OPTIQUE DE SIGNAUX  
BASSE FREQUENCE

---

Réalisations

Pendant la présentation de cet exposé seront indiqués divers exemples de réalisations et leurs performances comparées à celles d'autres corrélateurs optiques. Plusieurs méthodes d'obtention de "voies" Döppler seront indiquées.