

**CORRELATEUR JOINT OPTIQUE APPLIQUE  
A LA DETECTION MULTICIBLE**

G.KERYER\*, L.GUIBERT\*\*, P.PELLAT-FINET\*\*,  
J.L. de BOUGRENET de la TOCNAYE\*\*

\* ECOLE NAVALE Lanvéoc-Poulmic 29240 Brest Naval

\*\* Groupe Optique et Systèmes de Communication, E.N.S.T. de Bretagne, BP832, 29285 Brest CEDEX

**RÉSUMÉ****ABSTRACT**

On discute des avantages et inconvénients de l'utilisation d'un corrélateur joint non linéaire sous l'angle de la sélectivité et de la robustesse. On propose une implantation optique basée sur l'utilisation d'une valve optique à cristal liquide ferroélectrique. Du fait de ses temps de commutation rapides et de sa bistabilité, ce composant permet le traitement de plusieurs cibles, aussi bien qu'une modification de sa réponse non linéaire à une intensité. L'ajustement de cette non linéarité et son influence sur la sélectivité et la robustesse du corrélateur sont démontrés expérimentalement.

We discuss the trade-off of using a non-linear joint transform correlator regarding selectivity and robustness. We propose an optical implementation based on the use of a ferroelectric liquid crystal light valve. Due to its fast switching speed and bistability the device allows multi-target processing as well as the adjustment of its non-linear intensity response. The adjustment of the non-linearity and its influence on the selectivity and robustness of the correlator are experimentally demonstrated.

**1. INTRODUCTION**

La corrélation est une méthode très couramment utilisée en reconnaissance des formes. Depuis les travaux de VANDER-LUGT<sup>1</sup> l'optique est apparue comme un moyen très commode de réaliser des corrélateurs temps réels. A côté des corrélateurs classiques à mémoire (le spectre de la référence est mémorisé dans le plan de FOURIER du corrélateur), le corrélateur joint<sup>2</sup> ou sans mémoire (on superpose les spectres réalisés conjointement de la référence et de l'objet) présente de nombreux avantages pour l'application visée ici, surtout avec le développement des modulateurs spatiaux optiquement adressés. Dans ce dernier (JTC), l'objet étudié et la référence sont placés côte à côte dans le plan d'entrée, une transformée de FOURIER conduit au spectre joint, qui après élévation au carré subit une deuxième transformation de FOURIER. Dans le plan de sortie (plan de corrélation), de part et d'autre de la figure centrale (correspondant à l'autocorrélation objet-objet et référence-référence) on observe la figure d'intercorrélation objet-référence.

Que cela soit pour le corrélateur classique<sup>3</sup> ou le JTC<sup>4</sup>, un traitement non linéaire du spectre permet d'améliorer les propriétés discriminantes du corrélateur, par augmentation de l'intensité des pics d'autocorrélation et diminution des lobes latéraux. Malheureusement, en contre-partie on rend le corrélateur sensible aux distorsions<sup>3</sup> et aux

fausses alarmes<sup>5</sup>. Ce défaut devient un inconvénient majeur lorsque plusieurs objets à reconnaître se trouvent dans le plan d'entrée. Cette étude expérimentale a pour but de montrer qu'il est possible de trouver un compromis en jouant sur la sévérité de la non linéarité.

**2. REALISATION DU CORRELATEUR JOINT**

Il s'agit d'identifier dans une scène un ou plusieurs panneaux de limitation de vitesse où l'on a réalisé au préalable une détection de contour numérique dans la fenêtre d'étude (FIGURE-1). On comprendra alors aisément que le temps réel s'impose. La contradiction entre la recherche d'un pouvoir discriminant suffisant, compte tenu de la similitude des panneaux à reconnaître (FIGURE-1), et d'une robustesse minimale, en raison des diverses distorsions possibles, nous impose de trouver un compromis entre ces deux dernières propriétés.

L'optique permet de satisfaire la contrainte temps réel. De plus, le JTC optique par le biais d'un modulateur spatial de lumière électriquement adressé placé dans le plan d'entrée, autorisera une reconfigurabilité rapide des références et des objets. Cependant dans l'étude menée ici, nous avons utilisé, dans un premier temps, une diapositive.

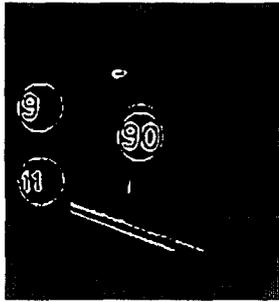


FIGURE-1: plan d'entrée du corrélateur joint

Nous proposons le JTC tout optique dont le montage est présenté FIGURE-2. A des fins de comparaison, le JTC linéaire est obtenu en substituant au modulateur spatial de lumière optiquement adressé MSLOA (dans la phase de lecture) une diapositive ( $\gamma = 1$ ) où est enregistré (lors de la phase d'écriture) le spectre joint.

La transformation du spectre joint, en densité spectrale de puissance et l'application de la non linéarité peuvent être faites simultanément par l'utilisation d'un modulateur spatial de lumière, optiquement adressé MSLOA, utilisé comme plan d'entrée de la deuxième lentille de FOURIER (FIGURE-2). Le MSLOA utilisé ici, est un modulateur spatial bistable à cristal liquide ferroélectrique fourni par la société STC TECHNOLOGY<sup>6</sup>, pour lequel l'écriture et la lecture peuvent être faites consécutivement avec la même source lumineuse, contrairement à d'autres types de montage<sup>7</sup>. Chaque domaine du cristal liquide, ne peut être mis que dans deux états stables mémorisés. Cependant, parce que la densité de domaines mis dans un état donné est proportionnelle à la densité surfacique de charge, des niveaux de gris peuvent être observés sous certaines conditions de lamination et en fonction de la tension appliquée. L'enregistrement ces niveaux de gris présente un comportement non linéaire en fonction de la lamination à l'écriture; la non linéarité du MSLOA est aisément ajustable par des paramètres tels que l'éclairement, la tension électrique appliquée et la durée d'écriture<sup>8</sup>. La possibilité de le faire fonctionner à 1000 cycles par seconde est un atout supplémentaire.

L'étude expérimentale a été précédée d'une phase de simulation numérique, en s'appuyant sur le modèle de non linéarité  $E^k$  (où  $E$  est l'intensité du spectre joint) proposé par JAVIDI<sup>9</sup>. Les résultats de cette étude sont résumés sur la FIGURE-3. Ils montrent très nettement, d'une part le gain apporté par la non linéarité: affinement des pics correspondant à l'autocorrélation, effondrement des intercorrélations et des lobes latéraux des pics (sources de confusion en présence de plusieurs objets proches dans le plan d'entrée). D'autre part, on notera, dans le cas ultime de la binarisation, l'apparition significative

d'harmoniques introduits par la non linéarité (qui par le jeu de superpositions deviennent sources de fausses alarmes en présence de bruits ou d'objets multiples). Nous observons qu'une valeur de  $k$  voisine de 0,2-0,3 constitue un bon compromis.

Les résultats expérimentaux obtenus avec le JTC tout optique décrit plus haut et pour comparaison avec le JTC linéaire, sont résumés<sup>10</sup> sur la FIGURE-4.

L'effet de seuillage de la densité spectrale de puissance est très nettement perceptible sur les FIGURE-4(a) ainsi que les conséquences sur le plan de corrélation FIGURE-4(b). L'affinement des taches de corrélation, l'affirmation d'une prédominance des autocorrélations par rapport aux intercorrélations, se renforcent avec la non linéarité, comme en témoignent les profils de ligne réalisés suivant l'axe autocorrélation-intercorrélation (FIGURE-4(c)). Nous observons également des taches de corrélation correspondant aux harmoniques supérieurs.

### 3. DISCUSSION

Cette étude ne comportait que deux références et un objet, tous en position fixe. Dans la pratique l'objet peut se trouver n'importe où dans une fenêtre, et le nombre de références doit être plus important. Compte-tenu de ces exigences, et pour limiter toute ambiguïté sur la reconnaissance de l'objet, en particulier à cause des harmoniques, il est nécessaire de limiter le nombre de références à deux et de les placer comme indiqué sur la FIGURE-6.

En effet, comme l'a montré l'étude précédente, la non linéarité fait apparaître les harmoniques dont les transformées de FOURIER sont (généralisation d'après<sup>9</sup>):

$$K_{1,m,n}(O,R_1,R_2) \cdot \cos(l(a u_x - a u_y / 2 + \phi_{R1S})) \cdot \cos(m(a u_x + a u_y / 2 + \phi_{R2S})) \cdot \cos(n(a u_y + \phi_{R1R2}))$$

où  $\phi_{R1S}$ ,  $\phi_{R2S}$  et  $\phi_{R1R2}$  sont respectivement les phases des différents termes spectraux du spectre joint et  $u_x$ ,  $u_y$  les fréquences spatiales. Ces harmoniques sont susceptibles d'être interprétés comme des fausses alarmes, il convient donc d'éviter les domaines indiqués FIGURE-6, en limitant le nombre de références à 2.

Pour cette raison, le multiplexage temporel peut constituer une solution, qui peut être mise en oeuvre grâce à une valve ferroélectrique (MSLOA) permettant des fréquences élevées (supérieures à la fréquence vidéo utilisée pour rafraichir l'objet).

*Ce travail a été rendu possible grâce au soutien financier de la Direction des Recherches et Affaires Scientifiques de Peugeot S.A. dans son souci d'améliorer la sécurité.*

**BIBLIOGRAPHIE**

- 1 A. VANDER-LUGT: IEEE trans.Inf.Theory IT-1,139(1964)
- 2 C.S. WEAVER, J.W. GOODMAN: Appl.Opt. 5,1248(1966)
- 3 B.V.K.VIJAYA KUMAR, ZOUHIR BAHRI: Appl.Opt.28,250(1989)
- 4 B. JAVIDI, J.WANG: Appl.Opt.30,967(1991)
- 5 F.T.S. YU, F.CHENG, T. NAGATA, Don A. GREGORY: Appl.Opt.28,2988(1989)
- 6 J.L. De BOUGRENET DE LA TOCNAYE, J.R. BROCKLEHURST: Appl.Opt 30,179(1991)
- 7 L. PICHON,J.P. HUIGNARD:Opt.Com. 36, 277(1981)
- 8 M. KILLINGER, J.L. De BOUGRENET DE LA TOCNAYE, P. CAMBON, R.C. CHITTICK, B. CROSSLAND: Appl.Opt., special issue,summer 1991
- 9 B. JAVIDI: App.Opt. 29, 1215(1990)

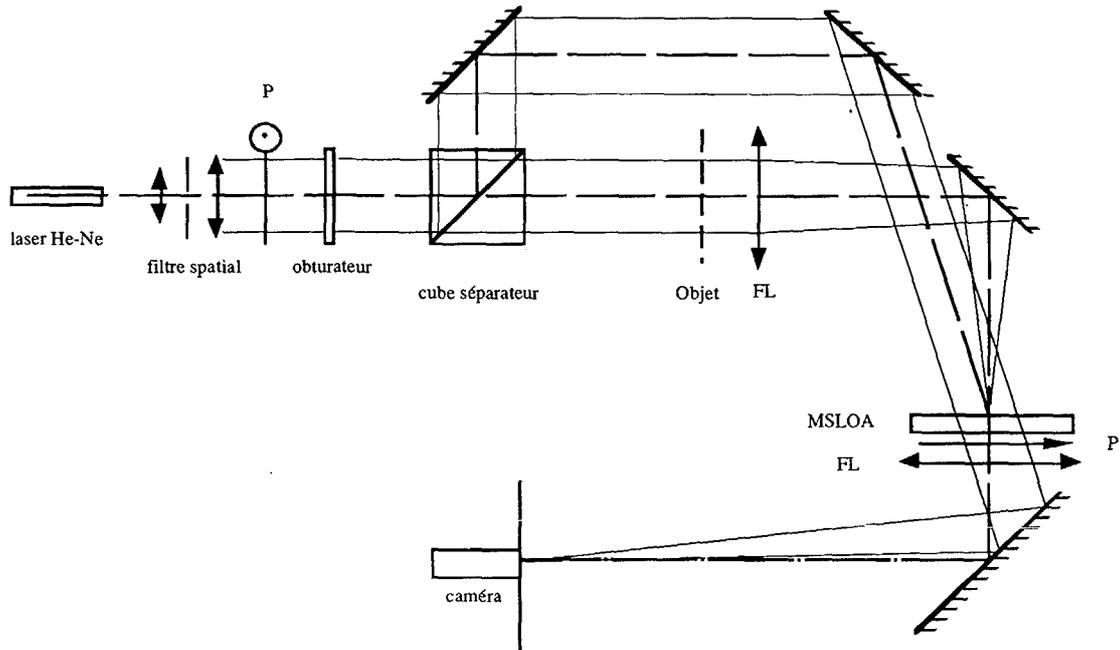


FIGURE-2: Montage optique du corrélateur joint.

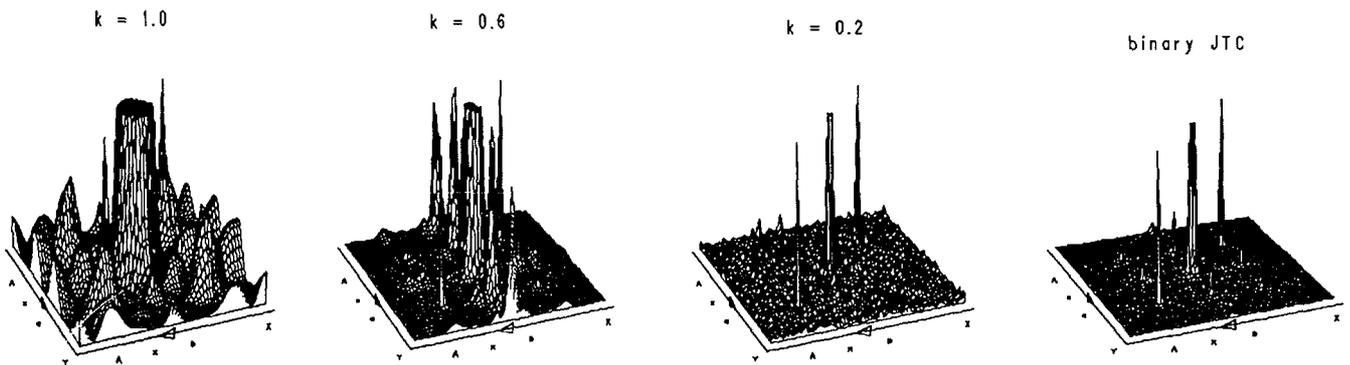


FIGURE-3 :simulation montrant l'influence de la non linéarité k sur les figures de corrélation.

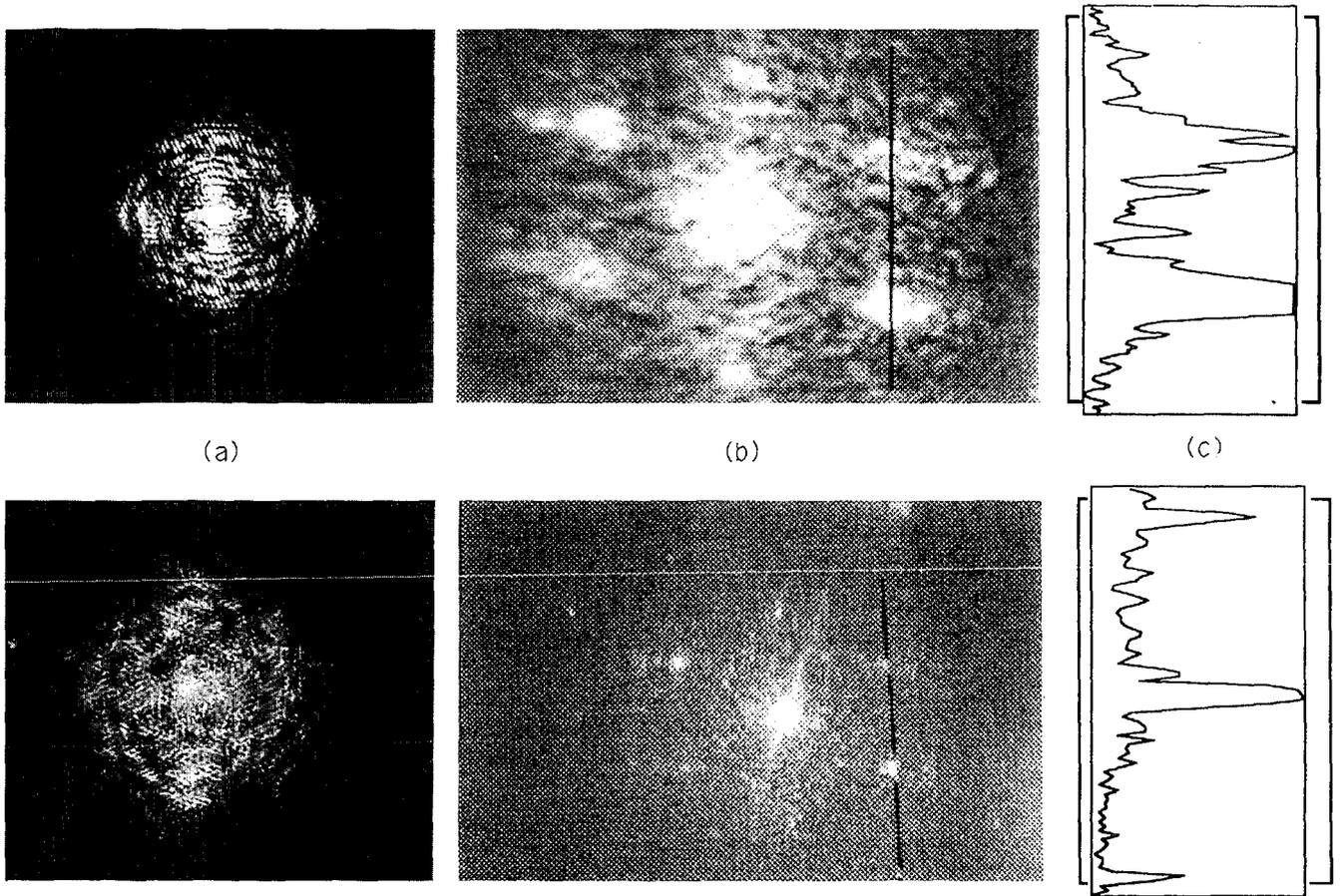


FIGURE-4: Spectre joint(a), plan de corrélation(b) et profil de ligne dans ce plan(c), dans les cas linéaire (1ère rangée) et non linéaire (2ème rangée).

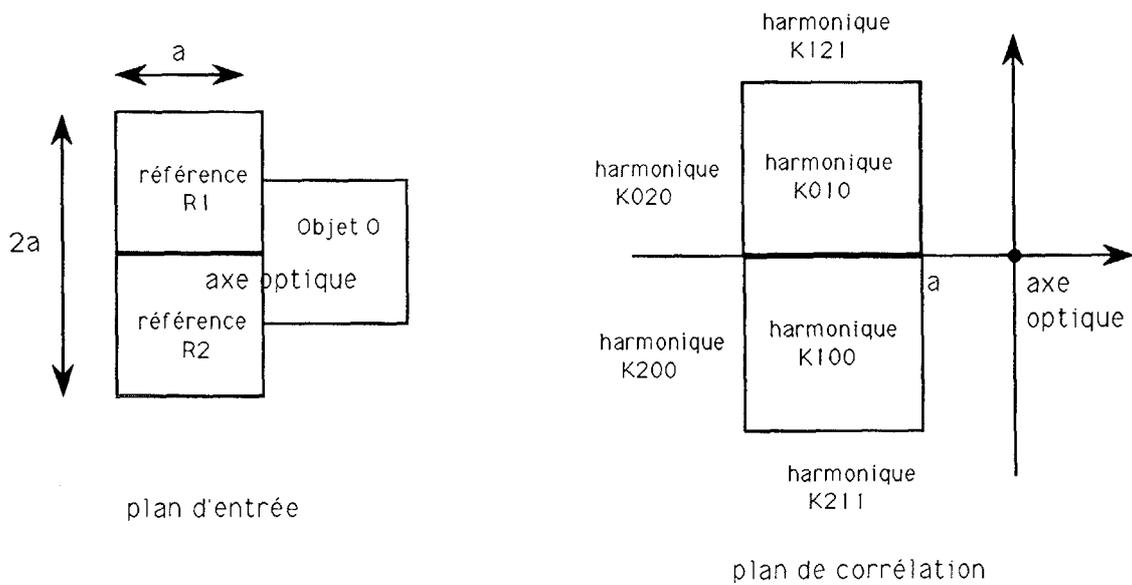


FIGURE-6: Répartition des différents harmoniques dans le plan de corrélation