

# VERS UN OPERATEUR D'ANALYSE « MOUVEMENT/TEXTURE ».

SLELANDAIS - J.BERENGUER - J.DECOURBE - S.FLAMME - LLACASSAGNE - RZARITA

CEh4IF / LRE

22, allée Jean ROSTAND -91025 EVRY CEDEX - FRANCE

Tel: (1) 69 47 73 00 - E-mail: lelandai@antares.lre.univ-evry.fr

## RESUME

L'analyse de textures est utilisée dans beaucoup d'applications (médical, contrôle qualité, imagerie satellite, . . .). Actuellement on se rend compte que les approches vont plus vers une coopération de méthodes issues de l'analyse de textures ou d'autres domaines du traitement d'images. Le but du travail présenté ici consiste en un essai de définition d'un opérateur (( 2D+t )) basé sur l'analyse de textures et de mouvement.

En premier nous présentons la réalisation d'un générateur de textures nous permettant de fabriquer des images de test aux caractéristiques connues.

Ensuite nous calculons des paramètres texturaux sur ces images à partir de méthodes telles que les matrices de cooccurrences, les matrices de longueurs de plages, les filtres de Laws, . . . afin de vérifier si les caractéristiques souhaitées sont réellement présentes.

Enfin nous avons fait subir différentes rotations aux images de test. Après chaque rotation nous avons recalculé les valeurs des paramètres texturaux. Nous analysons leur évolution en relation avec le mouvement subi par la texture et présentons des tableaux et des courbes pour étayer nos réflexions.

Tous les calculs présentés sont faits avec le système KHOROS et les différents logiciels développés sont accessibles comme des applications de Cantata.

## ABSTRACT

For a few years, methods in texture analysis have been developed and applied in various fields (biomedical, quality control, satellite imagery, . . .). Actually many people don't work with one method but with texture analysis methods combined with methods from other fields of image processing. The basic idea of our work is trying to use texture analysis and motion to make a (( 2D+t )) operator.

The work we describe here is made up of three parts:

- 1) A texture generator is created in order to get test images with particular characteristics like orientation, granularity, . . .
- 2) On these test images, textural features are computed through several methods (cooccurrence matrix, run lengths, Laws'filters, . . .) in order to verify that the images have the expected characteristics;
- 3) Other computations of these textural features are made on the same images after having rotated them for various angle values. For each image, the evolutions of the features are analysed to see if it is possible to cor-relate them with the change of direction.

All the computation is made within the KHOROS system and our generator and other 'methods are built as Cantata applications.

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années de nouvelles méthodes ont été développées pour l'analyse de textures et appliquées dans des domaines différents. A titre d'exemples, on peut citer la classification dans des images aériennes réalisées par une combinaison de méthodes s'appuyant sur des techniques de multi-résolution et d'analyse statistiques [SAL-92], la caractérisation de produits extrudés par une analyse structurelle de l'image combinée à une étude statistique des primitives extraites [w-88], [SER-90] ou aussi la segmentation d'images de cuir par une double approche de type fractale et réseau de neurones [AUB-94]. A travers ces quelques exemples, il est clair que l'orientation d'un certain nombre de travaux va vers la coopération de méthodes plutôt que vers la définition d'une nouvelle méthode unique pour résoudre des problèmes posés dans des applications diverses. L'idée de base qui nous guide dans le travail présenté ici est de la même nature: collaboration de méthodes. Mais à la différence des travaux précédents, nous essayons de faire coopérer des méthodes d'analyse de textures avec des méthodes d'analyse temporelle. Notre but est d'arriver à la définition d'un opérateur (( 2D+t )) permettant de définir les zones en mouvement dans une image en s'appuyant sur une analyse orientée régions; une région étant caractérisée par sa texture. Avant d'arriver à cet opérateur, nous avons commencé par étudier différentes méthodes de caractérisation de textures en analysant leur comportement face aux mouvements subis par ces textures.

Il existe un nombre important de méthodes de caractérisation de textures et des comparaisons de ces méthodes ont été présentées dans plusieurs articles et ouvrages [p-791], [CON-80], [TOM-90] mais remarquons que le choix d'une méthode est fortement lié au but visé: classification, segmentation ou contrôle qualité. En classification on cherche à retrouver dans une image des textures qui ont des paramètres caractéristiques connus. En segmentation le but est d'obtenir différentes régions dans une image, chacune étant caractérisée par des attributs texturaux. En contrôle qualité on essaye le plus souvent de détecter des défauts dans un matériau tel que bois, tissu, métal, ..Un défaut sera vu comme une variation des valeurs des paramètres de la texture saine. Si le contrôle est effectué de manière dynamique (défilement d'un tapis supportant le matériau à contrôler ou caméra manipulée par opérateur) cela va introduire des variations dans les directions d'analyse du matériau. Ces variations ne sont pas des défauts et ne doivent

bien sûr pas être vues comme tels. Par contre le mouvement peut sûrement nous donner des transformations complémentaires par rapport à l'analyse statique pour isoler des défauts (apparition de nouvelles régions par rapport à l'image précédente). Comment inclure ce paramètre mouvement à l'analyse de textures? Nous proposons un début de réflexion sur cette question.

Le travail décrit ici est composé de trois parties:

1) Un générateur de textures a été développé dans le but d'obtenir des images de test qui possèdent des attributs de textures particuliers tels que orientation, granularité,...

2) Sur ces images tests nous avons calculés des paramètres par différentes méthodes (matrices de coocurrences, matrices des longueurs de plages, filtres de Laws, ..) afin de vérifier que les images fabriquées par le générateur possédaient bien les caractéristiques espérées.

3) Ces mêmes paramètres de textures ont été recalculés sur les images initiales après qu'elles eussent subi des rotations d'angles variés. Pour chaque image nous analysons l'évolution des paramètres dans le but de trouver une relation entre ceux-ci et les changements de directions subis par l'image.

Tous les logiciels présentés ici ont été réalisés avec le système KHOROS pNIL-901. Nous avons soit utilisé des programmes pré-existants, soit développé nos propres applications qui ont été intégrées comme des contributions de KHOROS accessibles par CANTATA.

## LE GENERATEUR DE TEXTURES

Le but de ce générateur est d'obtenir un outil de test pour créer des images texturées présentant des propriétés particulières comme une direction principale, x% de bruit ou un grain particulier. Ce générateur utilise un modèle auto-regressif mono et multi-résolution [CRO-83], [DEC-94], [BER-94]. Nous utilisons la propriété fondamentale de tout signal markovien qui est que la densité de probabilité d'un échantillon X, conditionnellement à tout son passé ne dépend en réalité que d'une partie de son passé.

Cette propriété appliquée aux images permet de prédire la valeur d'un pixel à partir d'une combinaison d'un nombre fini de ses prédécesseurs. Si l'on note S l'ensemble des sites  $s(i,j)$ ,  $0 < i < N_1$  et  $0 < j < N_2$ , où  $N_1$  et  $N_2$  définissent la taille de l'image, alors la valeur du pixel X, est fonction d'un

ensemble de  $r$  sites (( parents )),  $r$  étant l'ordre du modèle envisagé. Désignons par FP la fonction de prédiction donnant la valeur d'un pixel en fonction des sites prédécesseurs:

$$Fp(x, t) = \sum_{k=1}^r h_k v(k), L(k)$$

Où  $h$  représente les différents coefficients de prédiction et  $v(k)$  est un index pour indiquer la position des pixels utilisés dans la fonction de prédiction.

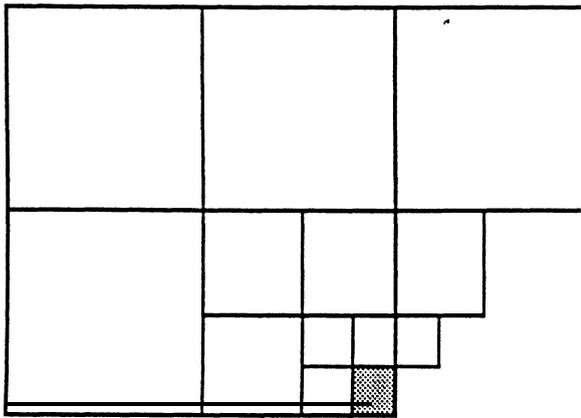


Figure 1

Il est également possible d'utiliser ce type de modèle à une échelle plus grande que le pixel de manière à mieux traduire les propriétés de l'image. En effet une primitive texturale peut être de taille supérieure à un voisinage de quelques pixels. Dans ce cas on utilisera un modèle multi-résolution (figure 1). La fonction de prédiction est alors calculée avec deux types de sites prédécesseurs, les pixels ou les ensembles de pixels. Pour ces derniers on calculera une valeur moyenne du niveau de gris, à travers le voisinage choisi, que l'on coefficientera. L'expression de la fonction de prédiction devient alors:

$$FP(X_s) = F\left(\sum_{m=1}^{C(m)} \frac{\sum_{k=1}^{C(m)} h_{k,t} X_{s-w(t,k,m)}}{C(m)}\right)$$

où  $w(t,k,m)$  représente l'indice du  $t^{\text{ième}}$  pixel du  $k^{\text{ième}}$  site du  $m^{\text{ième}}$  niveau hiérarchique, et  $C(m)=2^{2n-2}$  est la taille d'un site parent du  $m^{\text{ième}}$  niveau.

La valeur du pixel est alors:

$$X_s = FP(X_s) + B(X_s)$$

où  $B(X_s)$  est un bruit.

Dans notre générateur il est possible d'utiliser trois niveaux de voisinages pour calculer FP. Le bruit peut-être gaussien ou décorréolé du signal image. A la fin de cet article, nous présentons les six textures utilisées dans les calculs (figure 2). Ce sont des images de taille 256x256 définies sur 256 niveaux de gris. Un tableau récapitulatif des coefficients ayant servis pour générer ces textures est présenté ci-dessous (tableau 1). On remarquera que ces textures présentent soit une direction privilégiée (Tex1 et Tex2), soit une relative isotropie (Tex3), soit des orientations selon deux directions principales à un niveau de résolution (Tex4 et Tex5) ou avec deux niveaux de résolution (Tex6).

NOM	SIGMA	C11	C12	C13	C14	C21 à C24	Commentaires
TEX1	50	0,9	0	0	0	0	orientation 0°
TEX2	50	0	0	0	0,9	0	orientation 45°
TEX3	20	0,2	0,2	0,2	0,2	0	isotrope
TEX4	10	0	-0,2	0	0,8	0	tendance à 45°
TEX5	10	0,3	0	0,6	0	0	orientation 0° et 90°
TEX6	10	0	-0,2	0	0,7	0/0,2/0/-0,7	directions sur 45° et 135°

Tableau 1

## METHODES DE CARACTERISATION

Pour commencer nous avons choisi quatre méthodes nous permettant d'obtenir des paramètres caractéristiques de la texture présente dans l'image. Trois d'entre elles sont bien connues et nous les présenterons rapidement. La quatrième n'est pas à proprement parler une méthode d'analyse de texture, il s'agit plutôt d'une technique permettant d'estimer l'orientation. Ses auteurs l'ont appliquée au cas des textures et à celui du mouvement, deux applications qui ne pouvaient que susciter notre intérêt pour ce travail. Nous présenterons cette méthode en dernier.

### \*Matrices de cooccurrences [HAR-73].

L'extraction de paramètres de type « statistiques du deuxième ordre » est souvent basée sur l'utilisation des matrices de cooccurrences. Une matrice de cooccurrence contient les estimations des probabilités de transitions d'un niveau de gris « i » en un niveau de gris petit « j » entre deux pixels voisins. La relation de voisinage est donnée par un vecteur de transition qui permet d'obtenir la distance entre les pixels et l'orientation. Pour une image  $I(x,y)$ , pour les niveaux de gris possibles pour cette image et pour un vecteur de transition  $\delta=(a,b)$ , nous essayons d'estimer:

$$P_{\delta}(i,j) = P(I(x,y) = i, I(x+a,y+b) = j).$$

L'estimation de cette matrice est réalisée en comptant toutes les occurrences de la transition niveau  $i$ /niveau  $j$  dans l'image entre deux pixels remplissant les conditions d'orientation et de distance, et en divisant cette quantité par le nombre de pixels présents dans l'image. Les valeurs couramment utilisées pour le vecteur de transition sont:  $\delta=(0,d)$ ,  $\delta=(d,0)$ ,  $\delta=(d,d)$  et  $\delta=(-d,d)$  pour  $d$  petit tel que 1, 2, 3.

Nom de l'attribut de texture	Notation
Second Moment Annulaire	COOC-1
Contraste	COOC-2
Corrélation	COOC-3
Variance	COOC-4
Moment des différence inverses	COOC-5
Somme des moyennes	COOC-6
Somme des variances	COOC-7
Somme des entropies	COOC-8
Entropie	COOC-9
Variance des différences	COOC-10
Variance des Entropies	COOC-11
Mesure 1 de corrélation	COOC-12
Mesure 2 de corrélation	COOC-13
Coefficient de corrélation maximum	COOC-14

Tableau 2

De nombreux paramètres peuvent être calculés à partir de ces matrices. Haralick en propose quatorze (tableau 2); mais les plus utilisés sont le second moment angulaire ou ASM qui est une mesure de l'homogénéité de l'image, le contraste qui mesure les-variations locales et la corrélation qui représente la linéarité de l'image. Une corrélation importante dans une direction d'analyse indique la présence de structures linéaires orientées dans cette direction.

Pour les six textures sur lesquelles nous avons appliqué cette méthode nous pouvons remarquer que l'orientation principale de la texture va se traduire par un maximum sur la corrélation et le second moment angulaire et un minimum sur le contraste dans une direction d'analyse proche de cette orientation. Ceci est vrai pour **Tex1** et **Tex2** qui ont une direction forte, mais aussi pour **Tex4** et **Tex5** qui présentent pourtant une deuxième direction orthogonale à la principale. Le maximum du coefficient de corrélation (COOC-14) tend vers l'infini dans la direction principale de la texture. Ceci est moins vrai dès que plusieurs orientations sont présentes dans la texture. Pour **Tex3** qui a été créée avec des coefficients homogènes dans les quatre directions, on retrouve bien cette relative isotropie dans des valeurs très proches des différents

coefficients. **Tex6** est la texture créée avec deux niveaux de résolution. Elle pourrait donc traduire une structure de type macro-texture. On remarque que seule la direction principale à  $45^\circ$  est vue, la pondération par C12 et C22 (orientation à  $135^\circ$ ) étant très peu sensible dans les valeurs des coefficients.

**\*Matrices des longueurs de plages [GAL-75].**

Une plage de niveaux de gris est un ensemble de longueur maximale de pixels connectés selon une direction donnée ayant tous le même niveau de gris. Chaque plage peut être caractérisée par son niveau de gris, sa longueur et sa direction. Pour une image donnée et pour chacune des quatre directions ( $\Theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  et  $135^\circ$ ), nous pouvons calculer une matrice des longueurs de plages  $L_\Theta$  dans laquelle  $L_\Theta(i,j)$  indique le nombre de fois où une plage de niveau «  $i$  » et de longueur «  $j$  » apparaît dans l'image. Soit  $N_g$  le nombre de niveaux de gris présents dans l'image et  $N_r$  la longueur maximum possible d'une plage dans l'image, alors la matrice obtenue est de taille  $N_g \times N_r$ . Cinq paramètres sont calculés pour résumer l'information contenue dans chaque matrice  $L_\Theta$  (tableau 3).

Nom de l'attribut de texture	Notation
Accentuation des petites plages	LDP-1
Accentuation des grandes plages	LDP-2
Hétérogénéité des niveaux de gris	LDP-3
Hétérogénéité des longueurs de plage	LDP-4
Pourcentage des plages	LDP-5

Tableau 3

Les valeurs obtenues sur les six textures montrent que pour une orientation forte présente dans l'image (**Tex1** et **Tex2**), on obtient un maximum des valeurs pour l'accentuation des petites et des grandes plages et une valeur minimum pour l'hétérogénéité des longueurs de plage et le pourcentage des plages. Il est plus difficile de se prononcer sur la signification de l'hétérogénéité des niveaux de gris. Dès que plusieurs orientations sont présentes dans l'image (**Tex4** et **Tex5**) seule l'orientation la plus forte est perceptible dans les valeurs des coefficients. Pour **Tex3** tous les coefficients ont des valeurs voisines traduisant donc assez bien cette isotropie. Pour **Tex6** l'orientation principale a été bien marquée par les valeurs des coefficients, mais l'autre orientation n'est pas perceptible.

*\*Filtres de Laws [LAW-80]*

Le principe de cette méthode consiste à décomposer l'image sur une base de différents filtres. Ces filtres sont construits de manière à permettre la détection des contours, des régions homogènes ou des pics présents dans l'image. On utilise une base de cinq vecteurs (5x1) pour constituer des filtres 5x5 (figure 3).

L5	-	[	14	6	4	1	]
E5	-	[	-1	-2	0	2	1
S5	-	[	-1	0	2	0	-1
W5	-	[	-1	2	0	-2	1
R5	-	[	1	-4	6	-4	1

Figure 3: Vecteurs utilisés comme base aux filtres de laws.

A partir d'une image on calcule n nouvelles images qui sont les résultats du filtrage de l'image initiale par n filtres différents. On construit alors un vecteur des caractéristiques a n composantes. Chacune d'elles étant donnée par:

$$E_n = \frac{1}{I \cdot J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (y_{n(i,j)} - \bar{y}_n)^2$$

où n est le numéro de l'image filtrée et i et j définissent l'espace.

L'information de direction est donnée par la composante maximum du vecteur. Cette méthode est utilisée pour comparer deux textures différentes; dans ce cas les vecteurs de chacune d'elles ont des valeurs différentes.

Pour notre travail, nous avons utilisé cinq filtres: L5L5, E5E5, S5S5, W5W5 et R5R5. Nous calculons après sur les cinq images obtenues la composante du vecteur qui correspond en fait à la variance de l'image. Le filtre L5L5 (LAW-1) est de type filtre passe-bas, il amplifie donc les petites régions assez homogènes. Le filtre E5E5 (LAW-2) annule les relations entre pixels selon les directions à 0° et 90°; dans les angles du filtre on prend en compte les zones homogènes. Le filtre S5S5 (LAW-3) va amplifier les textures ayant des relations de type plutôt macroscopiques puisque tous les pixels autour du point central sont affectés d'un coefficient nul. Le filtre W5W5 (LAW-4) a une structure voisine du filtre E5E5 mais dans les angles il va amplifier les variations locales. Le filtre R5R5 (LAW-5) est de type passe-haut; il va mettre en évidence les brusques ruptures telles que des contours. Les résultats obtenus montrent tous une forte composante pour le filtre L5L5. Pour les filtres

E5E5 et W5W5 qui annulent les relations horizontales et verticales, cela est très sensible entre les images Tex1 et Tex2, les résultats obtenus pour Tex1 étant beaucoup plus faibles.

*\* Estimation multidimensionnelle d'orientation de textures [BIG-9 1].*

L'approche choisie ici est la détection de l'orientation dans un espace a n dimensions fondée sur la transformation de Fourier. Cette méthode n'est pas dédiée à l'analyse de textures. Les auteurs l'appliquent aussi à la détection du mouvement dans une séquence d'images. Le but est de détecter l'orientation en s'appuyant sur le fait qu'une image linéairement symétrique a une transformée de Fourier concentrée sur une droite vectorielle. On cherche donc à modéliser le spectre de Fourier d'une image quelconque, c'est à dire non linéairement symétrique, par une droite vectorielle au sens des moindres carrés. La solution de ce problème revient à analyser les valeurs propres d'une matrice. Pour approximer cette matrice on utilise les données du domaine spatial et non plus du domaine fréquentiel, ceci grâce au théorème de Parseval. La méthode peut être implémentée dans un espace à deux dimensions en utilisant les propriétés de l'espace complexe. A chaque vecteur composé des coordonnées de l'image on associe un nombre complexe. La recherche des valeurs propres citées précédemment nous permet d'obtenir trois critères:  $\theta$  (BGW-1) qui est en relation avec l'orientation principale de la texture, Cfl (BGW-2) qui rend compte de l'énergie moyenne contenue dans la texture et Cf2 (BGW-3) qui traduit la répartition de l'énergie selon l'axe principal d'orientation et son axe orthogonal. Pour les textures présentées nous avons calculé ces trois paramètres.

ANALYSE APRES UNE ROTATION

De nombreux auteurs ont travaillé sur des méthodes différentes de caractérisation de textures, mais peu se sont préoccupés du mouvement ou des variations que pouvaient subir la texture au cours du temps. Si nous utilisons des statistiques du premier ordre, il n'y a pas de problème puisque c'est une méthode isotrope mais les résultats obtenus ne sont pas satisfaisants. Haralick [HAR-73] propose une solution pour prendre en compte ces changements de direction en utilisant les résultats d'une analyse par cooccurrences. Une fois obtenues les quatre

matrices, on calcule les trois coefficients: **ASM**, contraste et corrélation, pour chacune d'elles et on **fait** la moyenne de ces quatre valeurs. La texture est donc en final représentée uniquement par trois valeurs. Laws [**LAW-80**] propose également de s'abstraire des problèmes de rotation par une moyenne des composantes de son vecteur. Ces approches ne sont pas satisfaisantes car on conçoit bien que la notion de moyenne s'accompagne d'une perte d'information. Si deux textures sont relativement proches dans leurs caractéristiques, introduire une moyenne des coefficients d'analyse risque d'entraîner la confusion entre elles. Plus récemment Polana et Nelson [**POL-92**] ont proposé une méthode de reconnaissance visuelle du mouvement. Ils appellent leur technique « analyse temporelle de textures » et l'appliquent au contrôle et à la surveillance. Ils utilisent en fait une coopération de méthodes basées sur de l'analyse statistiques à travers des **séquences** d'images. Les textures choisies sont extraites de scènes naturelles (turbulences, surface de l'eau, feuilles d'arbre,...).

Si le problème du mouvement paraît peu important pour des micro-textures ne présentant pas d'orientation principale, par contre, il faut l'intégrer à la démarche de caractérisation pour les autres types de textures. En effet nous allons montrer que les paramètres caractéristiques évoluent avec les variations de la texture et en particulier avec les variations d'orientation.

Sur les six textures générées, nous avons **fait** un calcul exhaustif de tous les coefficients fournis par les quatre méthodes décrites précédemment. Pour cela nous avons fait subir à chacune de ces textures trois rotations d'angles égaux à 5°, 25° et 60° (tableau 4). Nous avons vérifié que notre algorithme de rotation n'introduisait pas de changement important des niveaux de gris dans l'image en calculant les histogrammes de chacune des quatre images obtenues (figure 4).

Par la suite pour les textures **Tex1** et **Tex3**, nous avons fait un suivi plus systématique de huit paramètres. Pour cela nous avons appliqué des rotations d'angle égal à 5° entre 0° et 40°. Nous avons tracé les courbes d'évolution de ces paramètres (figure 5).

On peut remarquer que les courbes **COOC-1** et **LDP-1** ont des allures très voisines. Le maximum d'orientation pour **Tex1** serait un peu décalé vers 5°; mais après les valeurs restent assez élevées malgré la rotation. Le minimum de **COOC-2** vient appuyer cette notion de direction principale autour de 5°. La courbe **BGW-1** donne bien une valeur maximum pour 0° avec une diminution plus nette

après. Pour **Tex3** on obtient des courbes qui sont souvent parallèles à celles de **Tex1** mais avec des valeurs moins fortes, sauf pour la norme du vecteur de Laws.

Ces observations nous conduisent à la réflexion qu'il est **difficile** de bien distinguer des textures qui sont essentiellement **différentes** par leur orientation comme le sont **Tex1** et **Tex3**.

Les matrices de cooccurrences donnent des résultats intéressants mais qui sont trop sensibles à la surface de la primitive élémentaire. Les matrices de longueur de plages nécessiteraient de diminuer **considérablement** le nombre de niveaux de gris dans l'image pour avoir des plages significatives. Cette réduction **entraînant** bien sûr une perte d'information. Les filtres de Laws semblent adapter pour discriminer des textures très différentes. La méthode « **BGW** » retient notre attention en ce sens où elle permet de distinguer des orientations **différentes** et qu'elle peut aussi s'adapter à une orientation d'un mouvement.

## CONCLUSION

Notre travail sur ce sujet est assez récent. Nous présentons ici les premiers résultats obtenus. Il est évident que ce travail doit continuer. En effet les résultats présentés montrent qu'une méthode unique d'analyse de textures n'est pas assez robuste pour permettre d'apprécier les variations de mouvement. Nous allons orienter notre recherche vers des méthodes d'analyse plus complexes telles que l'analyse par ondelettes ou par **fractals** que nous pourrions combiner à l'estimation d'orientation. Nous devons également nous pencher sur le problème de la détection du mouvement. En effet la prise en compte du temps doit nous permettre d'**affiner** notre analyse sur certaines régions de l'image. Par ailleurs nous allons compléter le générateur de textures pour pouvoir travailler sur des textures réalistes. Ceci se fera par adjonction d'algorithmes de type **analyse/synthèse** de textures. Nous devons aussi retravailler la notion de bruit pour avoir **différents** modèles à proposer.

## REFERENCES

[**AUB-94**] AUBRY A. • HUANG T.  
« Texture classification by **neural networks**, **fractals**, and edge **detection**: a comparative study »  
SPRANN'94, **IMACS** International Symposium on Signal **Processing**, Robotics and Neural Networks,

25-27 April 1994, Lille, France, pp. 145-148.

[BER-94] BERENGUER J. - LACASSAGNE L.  
« Analyse de textures: Génération et caractérisation de micro-textures »  
Projet de fin d'études - EPITA - Paris - Décembre 1994.

[BIG-91] BIGUN J. - GRANLIUND G.H. - WIKLUND J.  
« Multidimensional orientation estimation with applications to texture analysis and optical flow »  
IEEE Trans. on PAMI, vol 13, n°8, August 1991, pp. 775-790.

[CON-80] CONNERS R.W. - HARLOW C.A.  
« A theoretical comparison of texture algorithms »  
IEEE Trans. on PAMI, vol 2, n°3, May 1980, pp. 204-222.

[CRO-83] CROSS G.R. - JAIN A.K.  
« Markov random field texture models »  
IEEE Trans. on PAMI, Vol 5, n°2, January 1983, pp 25-39.

[DEC-94] DECOURBE J. - FLAMME S.  
« Suivi temporel d'objets dans des images texturées à faible niveau de contraste »  
Projet de fin d'études, INT, Evry, Janvier 1994.

[GAL-75] GALLOWAY M.M.  
« Texture analysis using gray level run lengths »  
CGIP 4, 1975, pp. 172-179.

[HAR-73] HARALICK R.M., SHANMUGAN K., DINSTEN I.  
« Textural features for image classification »  
IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol 3, n°6, November 1973, pp. 610-621.

[HAR-79] HARALICK R.M.  
« Statistical and structural approaches to texture »  
Proceedings of the IEEE, Vol 67, n°5, May 1979, pp. 786-804.

[LAW-80] LAWS K.I.  
« Rapid texture identification »  
SPIE Vol.238 Image Processing for Missile Guidance, 1980, pp. 376-380.

[MAL-88] MALOIGNE-FERNANDEZ C. - SMOLARZ A. - VANHECKE E. - BOUVIER J.M.  
« Caractérisation de produits alimentaires extrudés par des méthodes d'analyse d'images texturées »  
Applications de l'IA à l'agriculture et l'agrochimie, Premières Journées Internationales de Caen, 29-30 Sept. 1988, pp. 244-264.

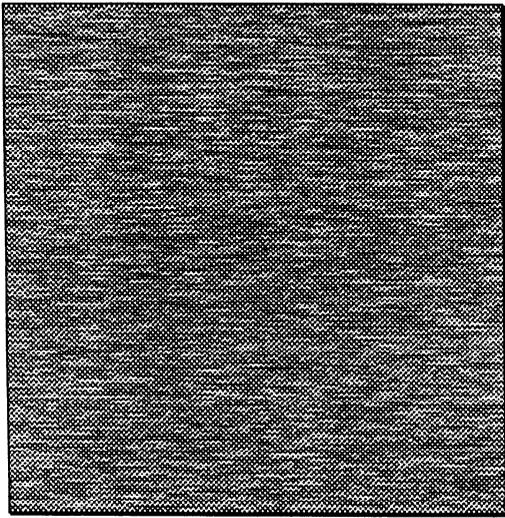
[POL-92] POLANA R. - NELSON R.C.  
« Recognition of motion from temporal texture »  
IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1992, pp. 129-134.

[SAL-92] SALI E. - WOLFSON H.  
« Texture classification in aerial photographs and satellite data »

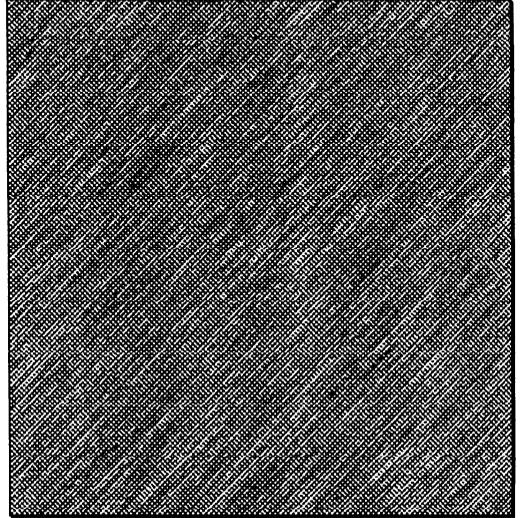
INT. J. Remote Sensing, Vol 13, n° 187, 1992, pp. 3395-3408.

[SER-90] SEROT J. - LELANDAIS S. - BERTRAND D. - ROBERT P.  
« Characterization of extruded products using texture analysis methods »  
EUSIPCO 90, V° European Signal Processing Conference, Barcelone, September 1990, pp. 1007-1010.

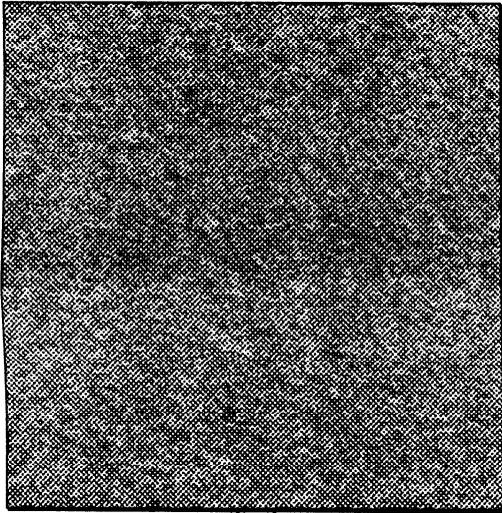
[TOM-90] TOMITA F. - TSUJI S.  
« Computer analysis of visual textures »  
Kluwer Academic Publishers, USA, 1990.  
[WIL-90] WILLIAMS C.S. - RASURE J.R.  
« A visual language for image processing »  
Proceedings of the 1990 IEEE Workshop on Visual Languages, pp. 86-91.



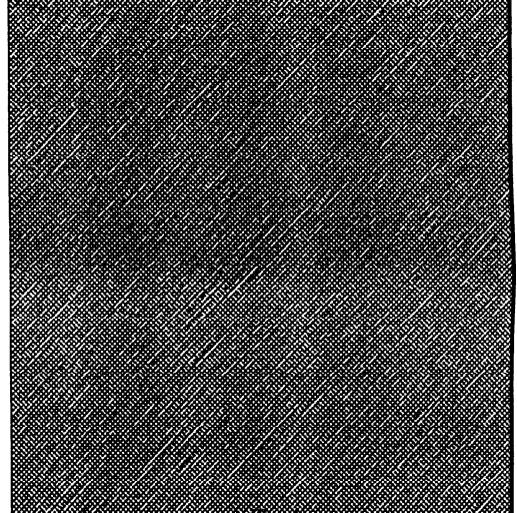
Tex1



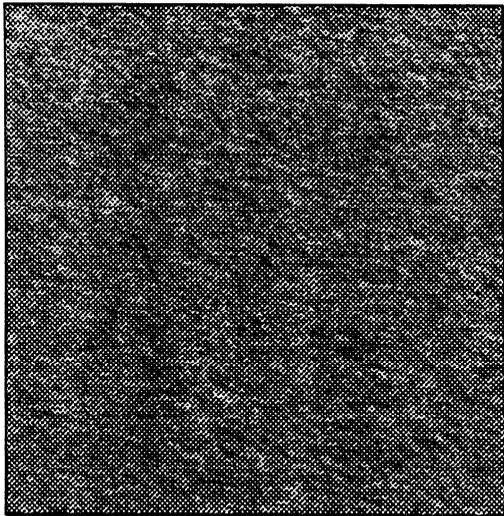
Tex2



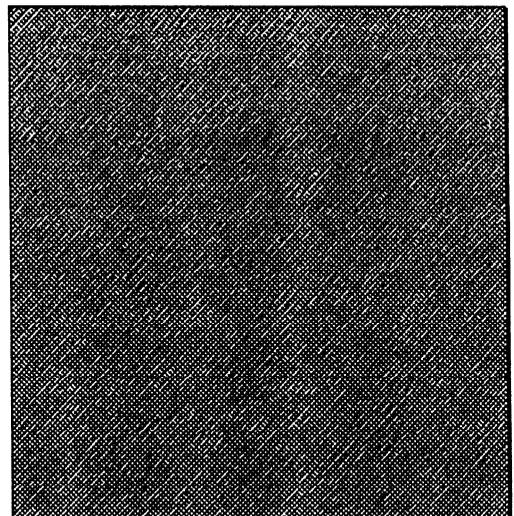
Tex3



Tex4



Tex5

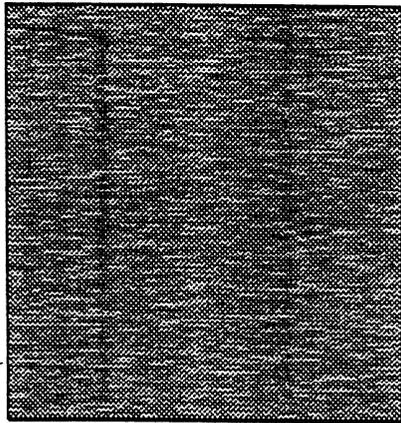


Tex6

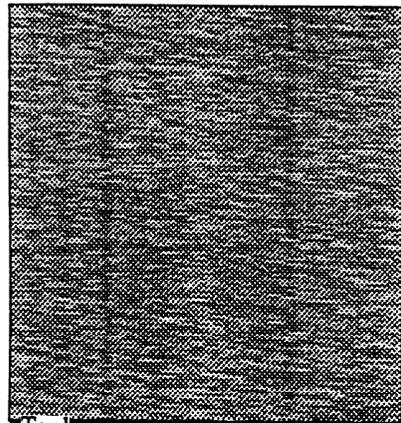
figure 2. Les six textures issues du générateur.

	TEX1	SANS	ROTATION		TEX1	AVEC	ROTATION	de 5°	TEX1	AVEC	ROTATION	de 25°	TEX1	AVEC	ROTATION	de 60°	ORDRE DE
	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	GRANDEUR
COOC-1	1.330	1.320	2.640	1.328	2.199	2.142	4.832	2.222	2.267	2.091	3.091	2.746	2.872	<b>2,103</b>	2.316	3.057	<b>e-04</b>
COOC-2	13.230	13.240	1.622	13.230	6.274	6.897	0.781	5.934	5.727	7.748	2.252	<b>3,009</b>	<b>2,774</b>	7.810	5.430	2.273	<b>e+02</b>
COOC-3	4.168	4.168	4.389	4.168	1.981	1.974	<b>2,043</b>	1.985	1.822	1.799	1.859	1.851	1.863	1.806	1.833	1.869	<b>e+10</b>
COOC-4	11.640	11.640	11.640	11.640	8.933	8.932	<b>8,931</b>	8.932	8.608	8.608	8.608	8.608	8.408	8.409	8.410	8.409	<b>e+03</b>
COOC-5	3.349	3.402	9.158	3.555	5.273	4.979	13.360	5.409	5.619	4.569	8.361	7.205	7.693	4.446	5.738	8.070	c-02
COOC-6	<b>2,096</b>	<b>2,096</b>	<b>2,096</b>	2.096	1.845	1.845	1.845	1.845	1.810	1.810	1.810	1.810	1.788	1.789	1.789	1.789	et-02
COOC-7	4.433	4.432	4.544	4.432	3.432	3.426	3.483	3.435	3.309	3.290	3.342	3.335	3.258	3.211	3.234	3.263	<b>e+04</b>
COOC-8	2.172	2.172	2.310	2.172	2.127	2.113	2.216	2.134	2.134	<b>2,089</b>	2.193	2.182	2.183	2.084	2.136	5.191	<b>e+00</b>
COOC-9	4.003	4.003	3.707	4.003	3.803	3.811	3.461	3.798	3.791	3.814	3.657	3.707	3.690	3.811	3.783	3.658	<b>e+00</b>
COOC-10	0.365	0.365	1.021	0.365	0.718	0.678	1.934	0.737	0.789	0.657	1.213	1.055	<b>1,068</b>	0.632	0.784	1.159	e-06
COOC-11	1.879	1.879	1.429	1.879	1.716	1.737	1.275	1.704	1.696	1.763	1.499	1.561	1.543	1.765	1.684	1.501	<b>e+00</b>
COOC-12	2.226	2.199	16.800	2.233	0.261	0.217	2.034	0.286	2.952	1.743	9.888	7.321	8.019	1.703	3.194	9.690	c-02
COOC-13	<b>2,932</b>	2.915	7.026	2.936	3.090	2.829	7.372	3.229	3.276	2.546	5.626	4.955	5.150	<b>2,515</b>	3.398	5.577	<b>e-01</b>
COOC-14	1.350	1.735	infini	3.762	infini	1.728	infini	infini	1.604	1.094	infini	infini	infini	0.494	3.774	infini	e-03
LDP-1	3.380	3.317	3.311	3.312	3.435	3.336	3.335	3.331	3.372	3.357	3.341	3.325	3.341	3.364	3.363	3.324	<b>e+04</b>
LDP-2	10.480	3.992	3.429	3.528	16.430	5.939	5.899	5.445	9.550	7.999	6.393	4.842	6.487	8.913	8.700	4.867	c-321
LDP-3	7.110	9.030	7.240	8.660	8.810	1.156	9.050	1.079	9.000	1.172	9.070	1.161	9.120	1.071	9.060	1.038	<b>e+03</b>
LDP-4	7.796	3.123	2.669	2.778	1.164	4.630	4.488	4.202	7.236	6.144	4.953	3.729	4.924	6.680	<b>6,596</b>	3.678	<b>e+03</b>
LDP-5	<b>3,139</b>	<b>3,199</b>	<b>3,205</b>	<b>3,203</b>	<b>3,089</b>	<b>3,180</b>	<b>3,182</b>	<b>3,185</b>	<b>3,147</b>	<b>3,161</b>	<b>3,176</b>	<b>3,191</b>	<b>3,176</b>	<b>3,154</b>	<b>3,155</b>	<b>3,192</b>	<b>e-319</b>
BGW-1	<b>0,111</b>				<b>0,192</b>				<b>0,891</b>				<b>0,576</b>				<b>e+00</b>
BGW-2	<b>6,647</b>				<b>5,892</b>				<b>10,654</b>				<b>5,534</b>				<b>e+03</b>
BGW-3	<b>0,025</b>				<b>0,067</b>				<b>0,086</b>				<b>0,003</b>				<b>e+00</b>
LAWS-1	<b>2,320</b>				<b>2,252</b>				<b>2,234</b>				<b>2,196</b>				<b>e+07</b>
LAWS-2	<b>2,859</b>				<b>2,301</b>				<b>6,317</b>				<b>7,629</b>				<b>e+04</b>
LAWS-3	<b>4,088</b>				<b>2,233</b>				<b>9,342</b>				<b>1,366</b>				<b>e+03</b>
LAWS-4	<b>6,852</b>				<b>2,308</b>				<b>1,074</b>				<b>1,688</b>				<b>e+03</b>
LAWS-5	<b>2,422</b>				<b>4,363</b>				<b>1,559</b>				<b>2,770</b>				<b>e+05</b>

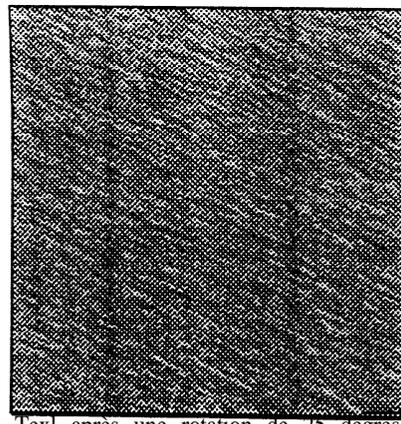
Tableau 4



Text.



Text après une rotation de 5 degrés.



Text après une rotation de 25 degrés.



Text après une rotation de 60 degrés.

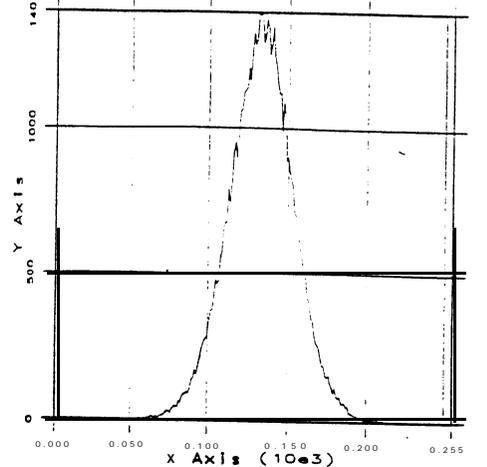
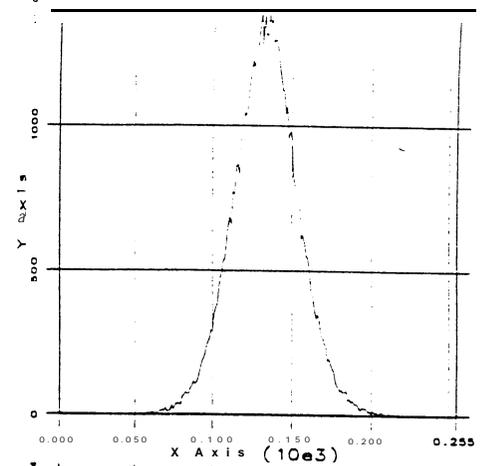
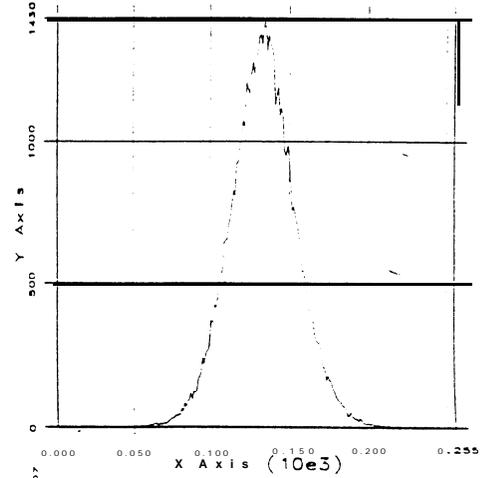
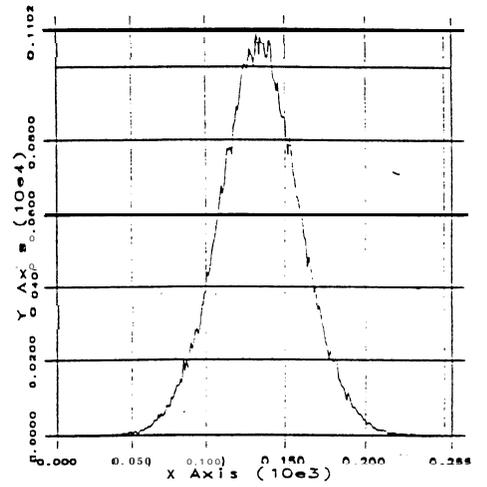
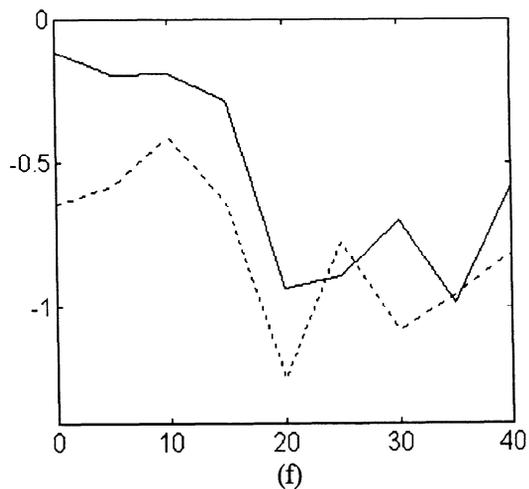
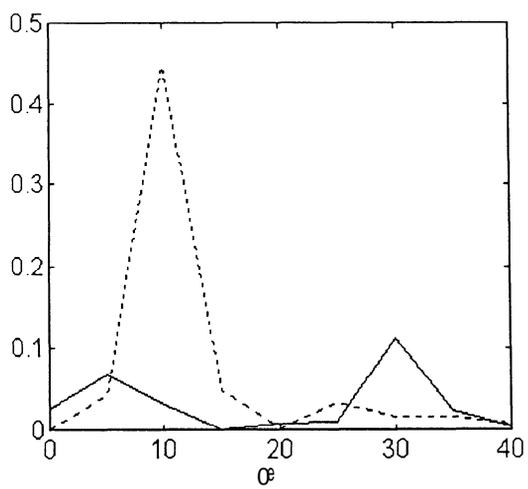
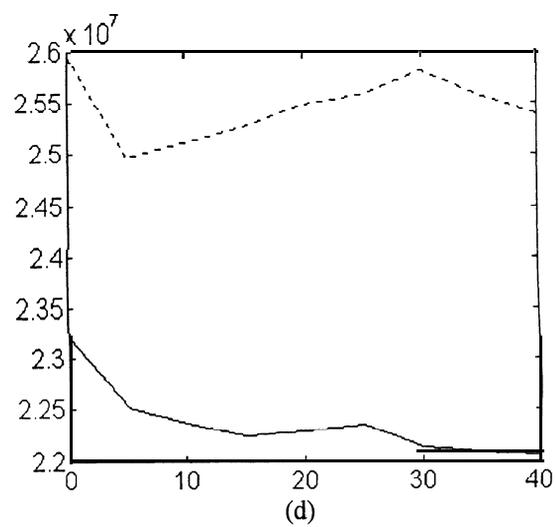
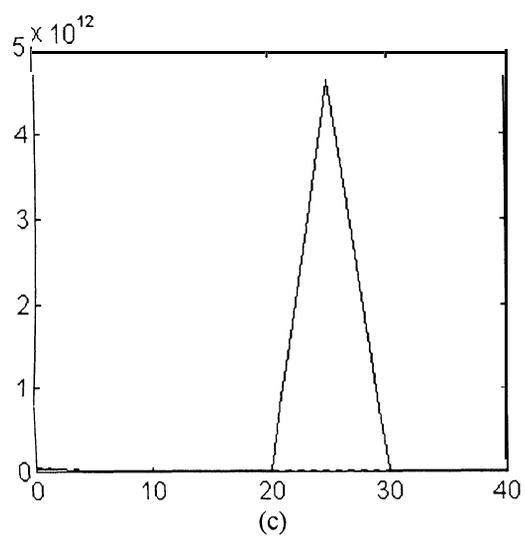
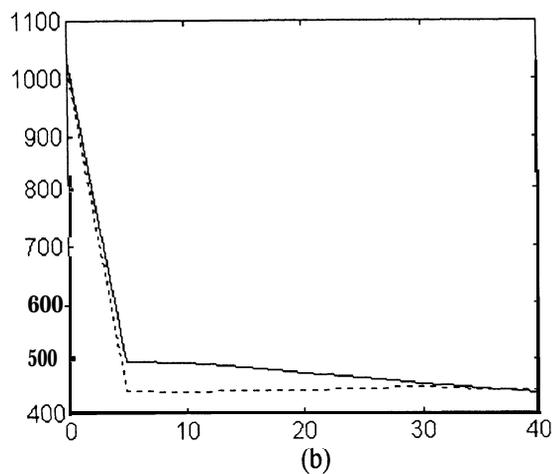
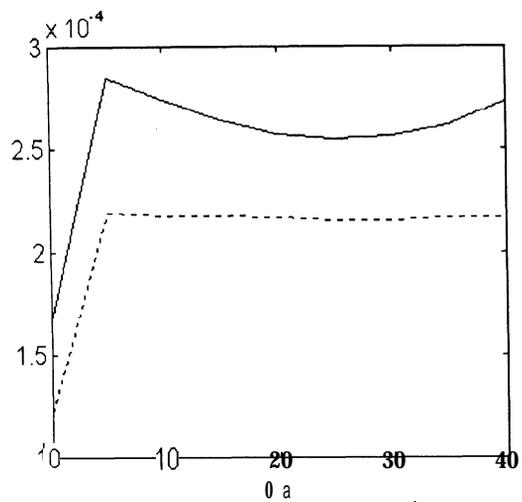


figure 4. Text avec différentes rotations et les histogrammes correspondants.



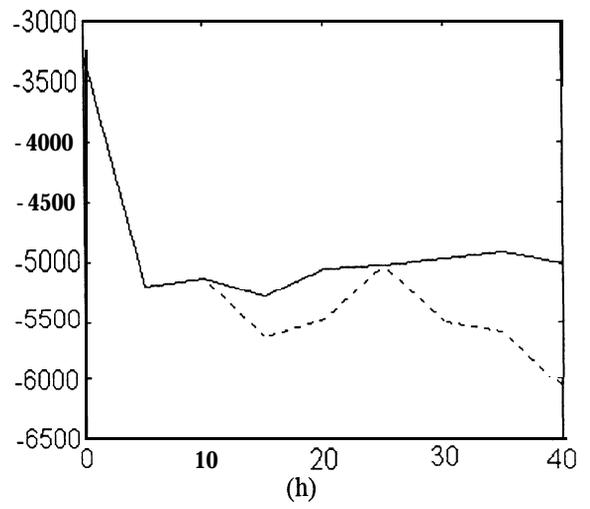
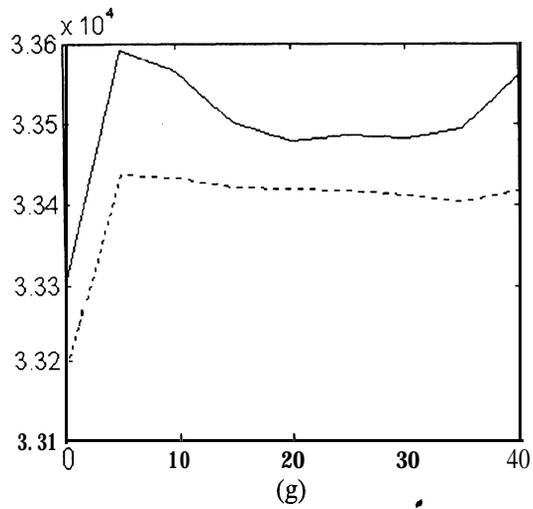


figure 5. Courbes présentant l'évolution de différents paramètres sur Tex1 (trait plein) et Tex3 (pointillés) pour des angles de rotation allant de 0 à 40 degrés (pas de 5 degrés):

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| (a) cooc_1.                   | (e) BGW_3. |
| (b) cooc_2.                   | (f) BGW_1. |
| (c) cooc_3.                   | (g) LDP_1. |
| (d) Norme du vecteur de Laws. | (h) LDP_4. |