

ETUDE DE L'EFFET DE MASQUAGE SUR TEXTURES :  
APPLICATION AU CODAGE DES IMAGES

V. COAT\*

D. BARBA\*\*

\* Laboratoire d'Automatique, I.N.S.A., 20, avenue des Buttes de Coësmes - 35043 RENNES CEDEX -

\*\* I.R.E.S.T.E., 3, rue du Maréchal Joffre - 44000 NANTES -

Nous nous intéressons dans cet article, au problème de l'évaluation du masquage apporté par un fond texturé sur la visibilité d'une dégradation qui lui est superposée. Dans un précédent papier, nous nous étions limités au cas des dégradations purement spatiales. Nous étendons maintenant cette étude au cas des dégradations temporelles.

Le travail se scinde en deux parties :

- une partie expérimentale afin de disposer de mesures de seuils différentiels de visibilité
- une deuxième phase destinée à mettre en correspondance ces mesures avec des données objectives fournies par les méthodes d'analyse et de caractérisation de textures retenues (par le calcul des corrélations).

Certains paramètres caractéristiques étant assez fortement corrélés avec les mesures expérimentales, on peut les utiliser dans un codeur MICD pour analyser l'environnement du point à coder afin de rendre la loi de quantification adaptative en fonction des caractéristiques de ce voisinage local.

## I. INTRODUCTION

Le problème de la modélisation du signal de texture pour des applications allant de l'analyse à la synthèse d'images en passant par le codage, reste encore maintenant complexe, du fait de la grande disparité qui existe dans les textures naturelles (cela va de la texture complètement aléatoire jusqu'à la texture parfaitement structurée).

Ici, nous nous intéressons aux mécanismes mis en jeu par le système visuel lors de la perception d'une zone texturée. Notre but est l'évaluation du masquage apporté par une image de texture sur la visibilité d'une dégradation lorsque celle-ci lui est superposée, c'est-à-dire estimer l'augmentation du seuil local de visibilité de cette dégradation sur la texture par rapport à la valeur de seuil mesurée sur fond uniforme (où le masquage est considéré comme nul). L'effet de masquage est un paramètre important à prendre en compte lors de la conception et l'optimisation de systèmes de traitement d'images destinées à la visualisation. Jusqu'à présent, ce phénomène a surtout été étudié sur contours et uniquement dans le cas de dégradations fixes temporellement. Les résultats obtenus ont permis de le modéliser afin d'en tenir compte dans diverses applications (ex : codage). Sur textures par contre, il n'existe pas actuellement de modèle, car les phénomènes mis en jeu dans ce cas sont nombreux et plus complexes.

Dans une étude précédente [1], nous avons étudié le masquage apporté par différentes textures sur la visibilité d'une dégradation purement spatiale. Nous prolongeons maintenant ce travail par l'étude du masquage sur textures dans le cas de dégradations temporelles.

Après un bref rappel des résultats obtenus antérieurement, nous parlerons des nouvelles expériences réalisées et énoncerons les résultats obtenus. La dernière partie sera consacrée à la définition pour un système MICD, d'un nouveau quantificateur adaptatif dont l'adaptativité est réalisée grâce à l'utilisation des résultats précédents.

In this paper, we are interested in evaluating masking effect brought by textures on the visibility of an impairment which is superimposed. Earlier, we have only studied the case of purely spatial impairments. Now, we extend this study to the case of temporal impairments.

The work is divided into two parts :

- an experimental part to obtain differential visibility thresholds measures.
- a second stage to make the correspondance between these measures and objective parameters given by texture characterization methods (by correlation calculation).

The best parameters can be used in an ADPCM coder to analyze the neighborhood of the coding point in order to adapt the quantization law to the characteristics of the local vicinity.

## II. RAPPELS

Précédemment [1], nous avons essayé de mettre en évidence les facteurs jouant sur le masquage apporté par un fond texturé sur la visibilité d'une dégradation purement spatiale. Lors d'une première expérience faite sur textures non normalisées (dynamique d'origine mais même valeur moyenne), nous avons constaté que le paramètre principal jouant sur la valeur du masquage était la dynamique de la texture, mesurée par son écart-type. La variation du seuil (exprimé en dB) en fonction de l'écart-type de la texture a été trouvée linéaire quel que soit le type de dégradation spatiale superposée à la texture.

La mise en relation de ces données expérimentales avec des paramètres caractéristiques fournis par les trois méthodes d'analyse de textures retenues (la méthode de l'intégrale curviligne de D. Barba, la méthode des extréma locaux de O.R. Mitchell et celle des histogrammes locaux de G. Lowitz), par le calcul des corrélations, a fait apparaître que certains paramètres étaient en bonne correspondance avec les mesures de seuils. Ce sont principalement les paramètres capables de détecter une orientation privilégiée dans la texture.

Une deuxième expérience sur textures normalisées cette fois, a conduit à l'énoncé de quelques résultats d'ordre qualitatif. Seuls deux facteurs influencent encore la valeur du masquage ; ce sont la nature de la texture et celle du "stimulus" (ou dégradation) qui lui est superposé. On constate alors que :

- quand la texture de fond est relativement homogène, la visibilité d'un stimulus est d'autant meilleure que celui-ci est inhomogène.

- plus un stimulus est homogène et moins il est perçu et ceci, indépendamment de la nature de la texture de fond.

- Enfin, dans le cas de textures de fond assez inhomogènes selon certaines orientations, la visibilité du stimulus dépend de la corrélation entre les directions privilégiées et mouvementées de la texture de fond et celles du stimulus, le cas le plus favorable étant un stimulus en opposition de phase par rapport à la texture fond.



Après ce bref rappel des résultats obtenus dans le cas d'une dégradation purement spatiale, nous pouvons aborder maintenant l'étude réalisée dans le cas des dégradations temporelles.

III. NOUVELLES EXPERIENCES REALISEES ET RESULTATS OBTENUS

Pour toute cette partie, le stimulus utilisé est un stimulus de type bruit blanc gaussien temporel. L'intérêt est double :

1) le facteur temps doit être pris en compte puisqu'il intervient dans notre application ultérieure à savoir le codage d'images animées.

2) ce stimulus est parfaitement décorrélé par rapport à la texture de fond, d'où la suppression du facteur "Nature du stimulus", jouant sur la valeur du seuil différentiel de visibilité.

Le premier test réalisé est une série de mesures psychovisuelles sur une gamme de 4 textures et 3 valeurs d'écart-type  $\sigma_T$  pour chacune d'elles. Le nombre de textures peut paraître restreint ; ceci est volontaire afin de ne pas accroître de manière inconsidérée le nombre d'expériences à réaliser.

Nous avons représenté l'évolution du rapport  $R = \sigma_{B_T} / \sigma_0$  mesuré pour chaque texture en fonction de son écart-type  $\sigma_T$  sur la figure I ci-dessous,  $\sigma_0$  désigne l'écart-type du stimulus de bruit temporel sur fond uniforme au seuil de visibilité,  $\sigma_{B_T}$  est l'écart-type de ce même stimulus sur la texture T.

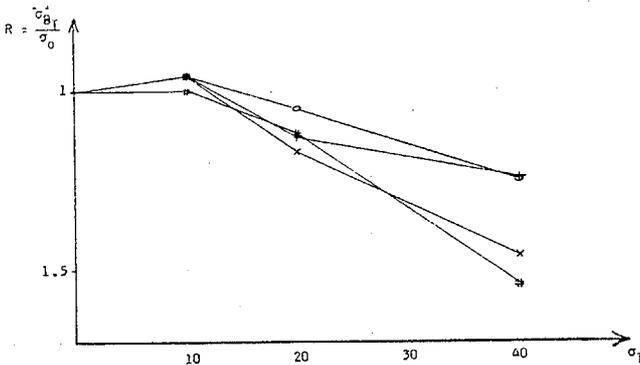


Figure I : Variation du rapport R en fonction de l'écart-type global de la texture.

Au vu de ces courbes, quelques commentaires s'imposent. On constate une absence de masquage dû aux textures jusqu'à un écart-type de l'ordre de 10. La diminution de seuil observée à  $\sigma = 10$  n'est pas significative du fait qu'elle tombe dans la précision des mesures ; on considère donc le seuil comme constant jusqu'à  $\sigma = 10$ . Au delà, on observe l'apparition d'un effet de masquage qui s'amplifie quand l'écart-type croît. On retrouve bien là le fait que l'écart-type est le facteur le plus important jouant sur la valeur du seuil de visibilité. Il faut tout de même préciser que cet effet de masquage dû aux textures reste assez faible comparé aux valeurs trouvées sur contours.

Ensuite vient la mise en correspondance des données expérimentales avec les paramètres caractéristiques des textures issus de l'analyse. Le tableau I donne les valeurs des coefficients de corrélation pour les meilleurs paramètres caractéristiques. Chaque paramètre est exprimé sous la forme  $\Delta P = P_T - P_0$  où  $P_T$  est la valeur de P sur la texture et  $P_0$  la valeur de P sur fond uniforme. La signification de chaque paramètre est donnée en détails dans [1]. Précisons simplement que  $\Delta P_{moy}$  désigne la moyenne des 8 composantes du vecteur  $\Delta P$  (une composante par orientation),  $\Delta P_{min}$  est la moyenne des 4 composantes les plus faibles et  $\Delta P_2$  est la deuxième composante de  $\Delta P$ .

Méthodes	Méthode de l'intégrale curviligne			Méthode des extréma locaux			
	paramètre de corrélation	$\Delta u_{moy}$	$\Delta u_2$	$\Delta u_{min}$	$\Delta n_{moy}$	$\Delta n_2$	$\Delta n_{min}$
pour les seuils à $\sigma = 10$		-0.28	0.45	0.52	-0.12	0.66	0.92
à $\sigma = 20$		0.89	0.46	0.57	0.86	-0.08	0.39
à $\sigma = 40$		0.27	0.91	0.97	0.92	0.82	0.90
à $\sigma = 20,40$		0.82	0.95	0.94	0.94	0.77	0.89
à $\sigma = 10,20,40$		0.91	0.97	0.97	0.93	0.87	0.94

Méthodes	Méthode des histogrammes locaux	Méthode des matrices de cooccurrence	
	$\Delta H$	$\Delta CON$	$\Delta ENT$
pour les seuils à $\sigma = 10$	0.33	-0.16	0.00
à $\sigma = 20$	-0.09	0.35	0.81
à $\sigma = 40$	-0.47	0.47	0.83
à $\sigma = 20,40$	-0.66	0.78	0.84
à $\sigma = 10,20,40$	-0.83	0.85	0.91

Tableau I : Valeurs des coefficients de corrélation calculés

Dans l'ensemble, les valeurs sont assez fortes, sauf quand on ne considère que les seuils estimés sur textures d'écart-type  $\sigma = 10$ . Ceci est dû à l'absence de masquage sur les textures de dynamique faible, ce qui entraîne peu de différences dans les valeurs de seuils mesurées. Les paramètres ne sont alors pas suffisamment fins pour différencier les textures. Au-delà par contre, la séparation qui intervient entre textures structurées et aléatoires est correctement perçue par les paramètres caractéristiques ; les corrélations calculées deviennent bonnes. D'où la possibilité de prédire les seuils de visibilité exprimés en écart-type de bruit  $\sigma_{B_T}$  à partir des valeurs de paramètres caractéristiques. La formule de prédiction utilisée s'écrit :

$$\sigma_{B_T} = \sigma_0 + \rho \cdot \left[ (P_T - P_0) \cdot \frac{\text{Var}^{1/2}(\sigma_{B_T})}{\text{Var}^{1/2}(\Delta P)} \right]$$

avec  $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_0 : \text{écart-type du bruit au seuil de visibilité sur fond uniforme} \\ \rho : \text{coefficient de corrélation entre } \sigma_{B_T} \text{ et le paramètre caractéristique } \Delta P = P_T - P_0 \\ \text{Var: est la variance} \end{array} \right.$

L'application de cette formule donne les valeurs de seuils prédites consignées dans le tableau II.

Texture	Valeurs originales	Valeurs prédites par :			
		$\Delta u_{moy}$	$\Delta u_2$	$\Delta u_{min}$	$\Delta H$
Herbes $\sigma = 10$	0.96	1.09	1.10	1.10	2.59
Eau $\sigma = 10$	0.96	1.10	1.05	1.07	2.65
Chevrons $\sigma = 10$	0.96	1.08	1.07	1.07	2.59
Laine $\sigma = 10$	1.00	1.08	1.10	1.10	2.59
Herbes $\sigma = 20$	1.17	1.23	1.26	1.25	2.86
Eau $\sigma = 20$	1.13	1.23	1.14	1.18	2.79
Chevrons $\sigma = 20$	1.05	1.19	1.18	1.19	2.84
Laine $\sigma = 20$	1.12	1.21	1.25	1.25	2.88
Herbes $\sigma = 40$	1.46	1.52	1.59	1.57	3.06
Eau $\sigma = 40$	1.24	1.51	1.31	1.41	2.79
Chevrons $\sigma = 40$	1.25	1.44	1.42	1.45	2.98
Laine $\sigma = 40$	1.54	1.48	1.57	1.57	2.93

Texture	Valeurs originales	Valeurs prédites par :				
		$\Delta n_{moy}$	$\Delta n_2$	$\Delta n_{min}$	$\Delta CON$	$\Delta ENT$
Herbes $\sigma = 10$	0.96	1.44	1.17	1.24	1.04	1.32
Eau $\sigma = 10$	0.96	1.55	1.06	1.27	1.02	1.32
Chevrons $\sigma = 10$	0.96	1.38	1.17	1.24	1.03	1.27
Laine $\sigma = 10$	1.00	1.44	1.22	1.32	1.03	1.30
Herbes $\sigma = 20$	1.17	1.70	1.34	1.47	1.15	1.53
Eau $\sigma = 20$	1.13	1.70	1.22	1.45	1.05	1.50
Chevrons $\sigma = 20$	1.05	1.58	1.34	1.40	1.10	1.49
Laine $\sigma = 20$	1.12	1.72	1.45	1.59	1.09	1.52
Herbes $\sigma = 40$	1.46	1.84	1.45	1.64	1.55	1.72
Eau $\sigma = 40$	1.24	1.78	1.34	1.57	1.15	1.69
Chevrons $\sigma = 40$	1.25	1.73	1.45	1.57	1.36	1.71
Laine $\sigma = 40$	1.54	1.96	1.67	1.81	1.30	1.72

Tableau II (suite): Valeurs prédites des seuils différentiels de visibilité.

C'est la méthode de l'intégrale curviligne qui semble donner les meilleures prédictions et notamment le paramètre  $\Delta\mu_2$ .

L'application directe de ces résultats au codage des images n'est pas envisageable ; en effet, en codage, on ne s'intéresse pas à des mesures faites au seuil de visibilité mais plutôt à l'évaluation de la qualité des images par la mesure de la gêne subjective apportée par une dégradation (ici stimulus de bruit temporel) superposée à l'image qui dans notre cas, est une texture. Nous avons donc évalué la qualité d'images de textures bruitées temporellement en reprenant le jeu de textures précédentes ainsi que les mêmes valeurs d'écart-type ( $\sigma = 10, 20, 40$ ).

L'écart-type  $\sigma_{BT}$  mesuré au seuil, correspond à la valeur obtenue pour la note 4.5 (de l'échelle à 5 notes du CCIR), les notes obtenues par les textures de référence (non bruitées) étant ramenées à 5. La figure II ci-dessous représente l'évolution du rapport  $R' = \frac{\sigma_{BT}}{\sigma_O}$  en fonction de l'écart-type  $\sigma_T$  de la texture pour chacune des 4 textures testées.

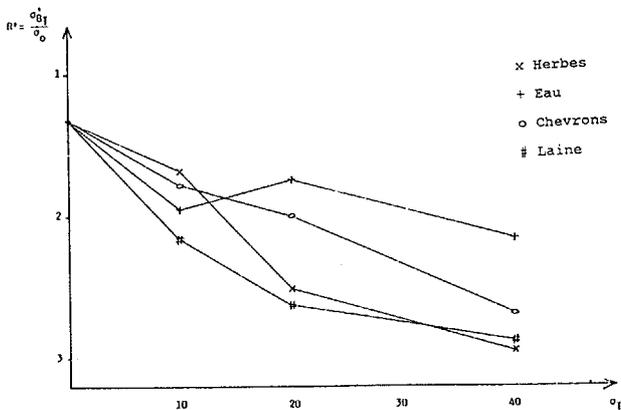


Figure II : Evolution du rapport R' en fonction de l'écart-type  $\sigma_T$  de la texture.

L'allure de ces courbes est assez similaire à celle observée lors de l'expérience précédente. Il faut toutefois noter qu'ici, l'effet de masquage apparaît même pour une dynamique de texture encore faible. La similarité observée conduit à penser qu'une simple translation permet de passer des courbes obtenues en psychovisuel aux courbes relatives aux mesures de qualité. Il reste à calculer les valeurs de translation. C'est ce qui est fait dans le tableau III ci-après.

Texture	Valeurs originales de R en psychovisuel	Valeurs originales de R' en subjectif	Rapport
			$\frac{R'}{R}$
$\sigma_T = 10$			
Herbes	0.96	1.68	1.95
Eau	0.96	1.95	
Chevrons	0.96	1.78	
Laine	1.00	2.16	
$\sigma_T = 20$			
Herbes	1.17	2.51	1.99
Eau	1.13	1.74	
Chevrons	1.05	2.00	
Laine	1.12	2.63	
$\sigma_T = 40$			
Herbes	1.46	2.95	1.95
Eau	1.24	2.16	
Chevrons	1.25	2.69	
Laine	1.54	2.88	

Tableau III : Calcul des coefficients permettant de passer des seuils estimés lors de la 1<sup>ère</sup> expérience à ceux de la 2<sup>ème</sup> expérience.

Au vu de ce tableau, il apparaît que le coefficient assurant la translation des valeurs de seuils est une constante ( $\approx 1.96$ ). Il en découle que la formule de prédiction peut être utilisée pour prédire cette nouvelle série de valeurs de seuils moyennant une légère modification. En effet celle-ci devient:

$$\sigma_{BT} = \left( \sigma_O + \rho \cdot \left[ (P_T - P_O) \cdot \frac{\text{Var}^{1/2}(\sigma_{BT})}{\text{Var}^{1/2}(\Delta P)} \right] \right) \cdot \text{COEFF}$$

avec

- $\sigma_O$  : écart-type du bruit au seuil de visibilité sur fond uniforme
- $\rho$  : coefficient de corrélation entre  $\sigma_{BT}$  et  $\Delta P = P_T - P_O$
- Var : est la variance.
- COEFF : coefficient multiplicatif assurant la translation des valeurs de seuils.

Il reste à définir COEFF. En toute rigueur, sa valeur devrait être celle du rapport moyen trouvé précédemment, soit COEFF = 1.96. Une autre possibilité est d'assurer une bonne prédiction des seuils correspondant aux cas où la visibilité est la meilleure. La valeur du paramètre COEFF est alors plus faible de l'ordre de 1.75. Ici, nous avons pris une valeur intermédiaire (COEFF = 1.86) pour prédire les seuils.

Texture	Valeurs originales	Valeurs prédites par : $\Delta\mu_2$
Herbes	1.68	2.05
Eau	1.95	1.95
Chevrons	1.78	1.99
Laine	2.16	2.05
Herbes	2.51	2.34
Eau	1.74	2.12
Chevrons	2.00	2.19
Laine	2.63	2.33
Herbes	2.95	2.96
Eau	2.16	2.44
Chevrons	2.69	2.64
Laine	2.88	2.92

Tableau IV : Comparaison des valeurs prédites et des valeurs mesurées.

D'une façon générale, la prédiction par le paramètre  $\Delta\mu_2$  est assez satisfaisante, suffisamment du moins pour envisager maintenant d'appliquer ces résultats à la définition puis l'optimisation d'un nouveau quantificateur adaptatif pour un système de codage MICDA. C'est l'objet de notre dernier paragraphe.



#### IV. APPLICATION AU CODAGE

Le quantificateur que nous présentons ici, n'utilise qu'une loi de quantification fixe non linéaire. L'adaptativité est alors réalisée par compression ou dilatation de cette loi unique, le facteur de compression ou dilatation, étant défini à partir de l'analyse locale du voisinage du point à coder. Ce mode d'adaptativité est à opposer à celui qui consiste à commuter entre plusieurs lois de quantification selon la valeur d'un certain critère.

Le schéma type du codeur est alors le suivant :

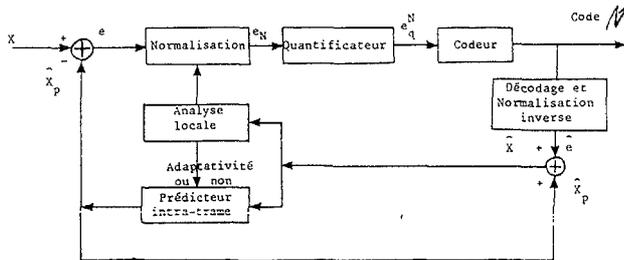


Figure III : Bloc-diagramme du codeur proposé en codage d'images par système MICD.

Tout le problème réside alors dans le choix des opérations à réaliser au niveau de l'analyse locale afin de caractériser au mieux le voisinage local et causal (du fait du système de codage MICD) du point à coder. Notre choix s'est porté sur la caractérisation de cette zone par la méthode de l'intégrale curviligne puisque c'est elle qui fournit les paramètres les plus corrélés à la valeur du seuil local de visibilité et donc du même coup, à la valeur du masquage (cf. paragraphe précédent). La valeur  $\mu$  de l'intégrale est donc calculée sur les quatre orientations du voisinage causal (c'est-à-dire  $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  et  $135^\circ$ ) en intra-trame puisque la prédiction est également faite en intra-trame. A partir du vecteur caractéristique à 4 composantes, sont extraits les paramètres suivants : la valeur min et le  $\theta_{\min}$  correspondant, la valeur max et  $\theta_{\max}$ . On calcule aussi un nouveau paramètre appelé  $DISP = (Max - Min) / Min$ , destiné à mesurer le degré d'isotropie de la zone considérée. La valeur de  $DISP$  permet de faire un premier classement du point à coder. Ensuite, à l'intérieur de chaque classe sont définies des sous-classes dépendant en premier lieu de la valeur min mais aussi, des valeurs prises par  $\theta_{\min}$  et  $\theta_{\max}$  par rapport à l'orientation favorisée par le prédicteur choisi. Dans chaque sous-classe, le facteur de compression ou dilatation de la loi dépend de la valeur de chacun de ces paramètres.

#### V. CONCLUSION

Les bonnes corrélations trouvées entre certains paramètres caractéristiques fournis par la méthode de l'intégrale, et les mesures de seuils de visibilité, ont permis d'utiliser ces paramètres pour réaliser l'adaptativité d'un nouveau quantificateur pour système de codage MICD. L'optimisation de ce quantificateur n'étant pas terminée, nous présenterons les performances de ce nouvel algorithme lors du congrès.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] V. COAT, D. BARBA : "Evaluation du seuil de visibilité sur images texturées ; corrélation avec diverses caractérisations de textures". 10ème colloque GRETSI, Nice 1985, pp. 829-834.

#### REMERCIEMENTS

Cette étude a été soutenue par le CCETT (convention C9099Z).