

**TRAITEMENT NON-LINEAIRE DES IMAGES : APPLICATION D'UN  
MODELE BIOLOGIQUE DE LA RETINE**G. YAHIAOUI <sup>(1)</sup>, N. AZMY <sup>(2)</sup>, J-F. VIBERT <sup>(2)</sup>

(1) INFOROP Techniques Avancées  
Laboratoire de neuronique.  
14/30, rue de Mantes, 92700 Colombes, FRANCE.

(2) Laboratoire d'Informatique Orienté Neurosciences,  
CNRS UA1162, CHU St ANTOINE  
27, rue Chaligny, 75571 PARIS Cedex 12, FRANCE.

**RÉSUMÉ****RESUME :**

Ce papier présente une application au traitement d'images d'une architecture neuronale à forte vraisemblance biologique qui conduit à des résultats significatifs en pré-détection de contours, compression d'images, et extraction des objets par rapport au fond.

**INTRODUCTION :**

Les réseaux de neurones constituent une voie particulièrement intéressante pour le traitement d'images. En effet, suivant le classique modèle de Stockham [1] & [2], le modèle de production d'une image est multiplicatif et non pas convolutif, ce qui confère au signal "image" une nature particulière qui pousse à explorer la voie des traitements non-linéaires et donc, en particulier, les réseaux neuronaux.

Le choix de l'architecture d'un réseau de neurones peut être résolu de plusieurs manières :

- en s'appuyant uniquement sur l'expérience du spécialiste.
- en utilisant une approche méthodologique, comme A.G.E.N.D.A. [3] par exemple, en appui de l'expérience du spécialiste.
- en s'inspirant fortement d'architectures biologiques qui interviennent dans un processus intéressant pour l'application envisagée (la rétine pour le traitement d'images). C'est cette troisième démarche que nous avons suivie dans le cadre de la recherche présentée dans ce papier.

**ABSTRACT****ABSTRACT :**

This paper deals with an application of neural networks to image processing. We propose a neural architecture inspired of biological retina that gives good simulation results on edge detection, image compression, and objects extraction.

**UN MODELE DE RESEAU ADAPTE A  
LA VISION : LA RETINE  
BIOLOGIQUE :**

Le pré-traitement rétinien de l'information est le fait des premières couches neuronales du processus de vision. Ce prétraitement est souvent négligé au profit des traitements supérieurs réalisés au niveau du cortex, même dans les études neuronales de la vision à forte vraisemblance biologique.

Pourtant, ce prétraitement rétinien existe et présente un grand intérêt pour le traitement d'images où la pertinence des traitements de bas niveau est souvent la condition nécessaire la plus difficile à obtenir.

Sans rentrer dans des détails biologiques complexes, nous pouvons dire que les propriétés de traitement de la rétine découlent d'une part des propriétés de connectivité de l'architecture parallèle, et d'autre part des caractéristiques temporelles de certaines cellules.

Parmi toutes ces propriétés, nous nous sommes polarisés dans un premier temps sur la modélisation et la simulation des caractéristiques purement spatiales. En particulier, nous avons implanté un réseau consistant en une simplification du schéma de la rétine.



biologique en tenant compte de les voies dites indirectes (cf. figure 1).  
 Le réseau simulé est donc un réseau comportant deux couches (cf. figure 2) dont la deuxième comporte des intra-connexions qui constituent le principe d'inhibition latérale [4].

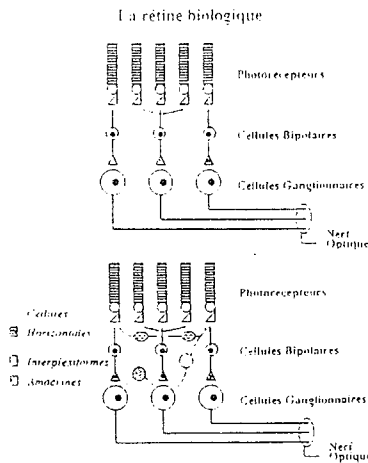


Fig. 1 : sur cette figure, on peut voir la voie principale de la rétine, puis sur le schéma suivant, cette même voie principale complétée par les cellules des voies indirectes

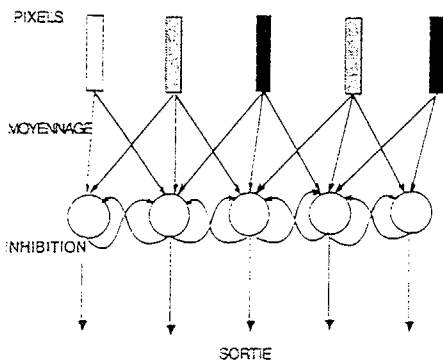


Fig 2 : l'architecture simulée est une simplification de l'architecture rétinienne qui implémente le principe de l'inhibition latérale.

Remarque : les conditions de stabilité de cette architecture biomimétique ne font pas l'objet de ce papier [5].

**RESULTATS SUR DES IMAGES TESTS :**

Nous présentons à ce terme les résultats intéressants observables sur des images tests. Ces images tests sont des mires de barres en niveaux de gris et des dégradés. Ce sont des images de synthèse, donc non-bruitées.

Il est important de constater que notre simulation cellulaire sur images de synthèse nous permet de reproduire un résultat macroscopique bien connu des spécialistes de la vision : l'effet MACH [6].

Cet effet, illusion d'optique, consiste en une distorsion des luminances qui nous fait voir comme non uniformes des plages de gris uniformes, et ce, en fonction des niveaux de gris adjacents (cf. figure 3).

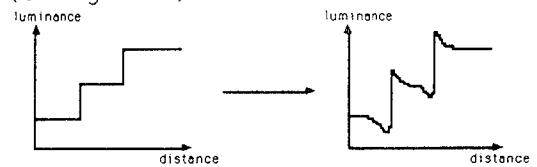


Fig. 3 : les transitions verticales sont renforcées par des oscillations. Un objet uniforme sur fond uniforme se verra entouré d'un double trait de contours.

Un deuxième effet qui mérite d'être mentionné est ce que nous avons appelé "la réduction arbitraire de flou". Cet effet consiste en une transformation d'une rampe de niveaux de gris en deux rampes côte à côte (cf. figure 4).

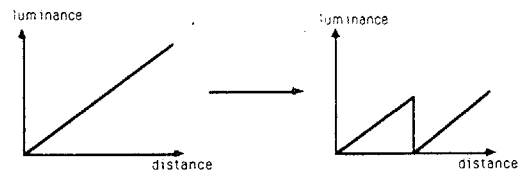


Fig. 4 : un objet flou sera entouré d'un double trait de contours.

Ce dernier effet est intéressant dans le cas du traitement d'images floues. En effet, lorsqu'un objet est flou, la transition de niveaux de gris entre l'intérieur de l'objet et son extérieur ne comporte pas de hautes fréquences. En d'autres termes, une transition idéale quasi-verticale sera transformée en une rampe de pente finie. Il est alors important, pour le problème de la segmentation [7], de savoir couper cette rampe et choisir "arbitrairement" l'intérieur et l'extérieur de l'objet.

### **SIMULATION APPLIQUEE A DES IMAGES REELLES BRUTEES :**

Nous avons choisi des images de tests réalistes, du point de vue de la problématique du traitement d'images. En effet, sur des images de synthèse, de nombreux types de traitements peuvent permettre d'obtenir des résultats équivalents. Le but du test sur images réelles est de se faire une idée de la robustesse et de l'effet visuel obtenu sur des signaux très bruités.

Pour ces considérations, nous avons choisi des images à caractéristiques militaires : ces images sont très bruitées; elles représentent des objets qui sont sensés être furtifs dans le visible, ce qui conduit à des caractéristiques statistiques de l'image très défavorables.

Le résultat obtenu confirme les résultats décrits précédemment sur des images de synthèse.

En fonction des paramètres du réseau, nous avons isolé deux effets intéressants (cf. figures 5, 6 & 7) :

#### a- une prédétection des contours très robuste, avec élimination quasi-totale du fond :

La figure 6 montre l'effet de prédétection des contours. On peut noter l'apparence de zones quasi-homogènes à l'extérieur comme à l'intérieur du char. Cette segmentation par zones permet d'extraire au moins partiellement l'objet par rapport à son fond.

La prédétection de contours est opérée en suivant le processus observé de façon isolée sur les images de synthèse : une séparation en forme de palier entre deux niveaux de luminance se voit entouré d'un trait sombre et d'un trait clair. Cette redondance dans l'opération de prédétection de contours permet statistiquement de s'affranchir des problèmes de bruit dans l'image. Cela explique la robustesse du processus.

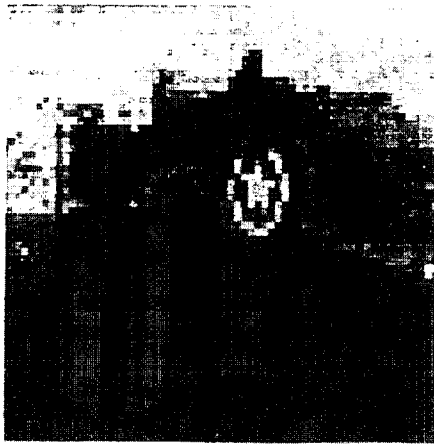
#### b- une compression de l'image "conservant l'effet visuel", avec élimination quasi-totale du fond et un motif noir sur fond blanc qui "semble corrélé" à la texture :

Il est intéressant de noter que l'effet de binarisation relève exactement du même processus que l'effet de prédétection de contours. Il s'agit uniquement d'un traitement local des contrastes qui interagissent en s'inhibant mutuellement. Lorsque l'inhibition est trop importante, elle aboutit à une binarisation de l'image. Comme il s'agit du même processus que celui décrit précédemment, il est naturel de conserver les propriétés liées aux contours et à l'émergence de zones homogènes.

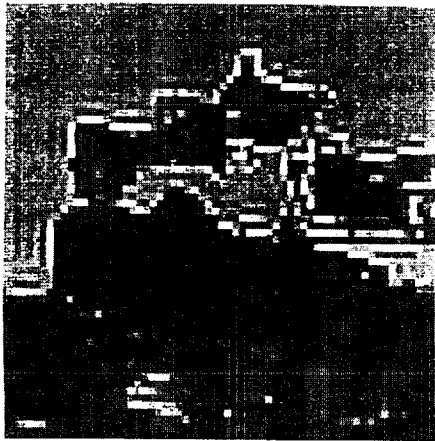
La binarisation présentée est non réversible, mais elle conserve l'aspect visuel global, et pourrait être utilisée dans la télésurveillance de zones. Remarquons que le mouvement dans les images rajoute de l'information, et permet d'interpréter visuellement ces images compressées même dans les cas les plus défavorables.

En ce qui concerne la forme des motifs obtenus lors de la binarisation, nos recherches actuelles tentent de déterminer son taux de corrélation au niveau de gris moyen et à la texture. Cette voie de recherche semble pleine de promesses, et aboutit déjà à des expérimentations intéressantes.

Ces deux effets sont obtenus sur plusieurs types d'images avec les mêmes coefficients. Cela montre que le phénomène de l'inhibition latérale est stable et fiable.



**Fig. 5 : image initiale bruitée; contraste mauvais; présence de zones floues, bruit de fond important.**



**Fig. 6 : prédétection de contours mise en évidence, élimination quasi-totale du bruit de fond, effets de segmentation en zones homogènes dans l'objet.**



**fig. 7 : image compressée, fond pratiquement éliminé, obtention d'un motif qui "semble corrélé à la texture".**

## PERSPECTIVES

Les travaux présentés dans ce papier ne permettent pas d'ajuster automatiquement le degré de connectivité de l'inhibition latérale ainsi que les valeurs d'inhibition. Ces ajustements automatiques sont réalisés dans la rétine biologique et sont l'objet de nos recherches actuelles.

Cette adaptativité met en jeu deux phénomènes distincts :

- d'une part, les neuromodulateurs (Amacrines D) qui modulent la connectivité de l'inhibition latérale,
- et d'autre part, un processus de rétroaction via les cellules interplexiformes qui permet de reboucler les traitements de haut niveau sur les traitements de bas niveau.

## CONCLUSION

Notre démarche, qui a nécessité la collaboration de chercheurs d'horizons différents, a pu être validée par la démonstration de l'existence d'applications pratiques en traitement d'images des architectures biomimétiques.

## REFERENCES

- [1] : T.G. STOCKHAM, "Image processing in the context of a visual model", Proc. IEEE, vol60, No 7, Jul 72.
- [2] : B. BAXTER, "Image processing in the human visual system", Ph.D. Thesis, University of Utah, 1975.
- [3] : G. YAHIAOUI, "Séminaire sur les réseaux neuronaux : méthode A.G.E.N.D.A.", DECUS, Juin 1991, Paris.
- [4] : T. KOHONEN, "Self-organization and associative memory", 2nd ed., Springer 1988.
- [5] : N. AZMY, J-F. VIBERT & G. YAHIAOUI, "Critical dependence of neural networks processing on between neuron delays", ICANN91, Helsinki, Juin 1991.
- [6] : T.N. CONNSWEET, "Visual perception", Acad.Press, New York, 1970.
- [7] : V. SERFATY-DUTRON, "La programmation par mécanismes : de la compréhension d'algorithmes en traitement d'images à leur conception", Thèse de doct., Univ. Paris-sud, Janv.91
- [8] : J-L. AMAT, G. YAHIAOUI, "De nouvelles approches en reconnaissance de formes: coopération des techniques symboliques, algorithmiques et neuromimétiques", soumis à RFIA91, Nov.91.