



## SYSTEME DE VISION POUR LA SURVEILLANCE DES PASSES A POISSONS

Nathalie Castignolles, Michel Cattoen et Michel Larinier

ENSEEIH-T-GTTSI

2, rue Charles Camichel 31 071 Toulouse Cedex

Tel : 61.58.82.00

Fax : 61.58.82.37

E-mail : castigno@len7.enseeiht.fr

### RÉSUMÉ

Le but de cet article est de présenter un système automatique pour la surveillance des passes à poissons basé sur l'analyse d'images (comptage et identification des espèces). Le système proposé fonctionne en deux phases : la première est une phase d'enregistrement sur le site d'images comprimées, la deuxième consiste en un dépouillement automatique des enregistrements. Ce dernier met en oeuvre un processus de suivi pour accomplir le comptage et un processus de reconnaissance d'espèces qui utilise, après extraction de caractéristiques pertinentes, une règle bayésienne de classement avec rejets.

### ABSTRACT

The aim of this paper is to describe an automatic system based on image processing to monitor fishways (species identification and counting). The proposed system works in two stages : the first is a storage stage of compressed images, the second consists of an automatic viewing of stored images. The latter uses a tracking process to accomplish the counting and a species recognition process. For that, discriminant shape features are extracted and a bayesian classification rule with rejection criteria is implemented.

## 1. INTRODUCTION

L'édification par l'homme de barrages sur les rivières a constitué l'une des causes essentielles de la raréfaction, depuis le début du siècle, des principales espèces migratrices. Face à ce problème ont été construits des dispositifs de franchissement des obstacles appelés "passes à poissons". Des vitres y sont installées pour permettre l'observation et le comptage par espèces des poissons qui les traversent. Actuellement un opérateur réalise ce travail par dépouillement de bandes vidéo enregistrées. Devant son caractère fastidieux, nous cherchons à l'automatiser en utilisant une machine de vision. En un premier temps celle-ci devra compter et identifier huit espèces : grands salmonidés migrateurs (saumon et truite de mer), alose, lamproie, anguille, truite de rivières, barbeau, brème. Les taux maximum d'erreurs admissibles vont de 5 à 25 %, selon les espèces.

## 2. ACQUISITION DES IMAGES

Les images sont acquises dans la passe à poissons expérimentale de Tuilière, située sur la Dordogne en France. Celle-ci est éclairée à l'arrière par un caisson étanche contenant plusieurs néons et fermé à l'avant par un matériau translucide qui diffuse la lumière. Ce type d'éclairage permet d'obtenir des images bien contrastées où les poissons apparaissent comme des silhouettes noires sur un fond blanc (technique des ombres chinoises). D'autre part, afin d'éliminer les effets de flou dus aux mouvements rapides des poissons, la caméra utilisée est équipée d'un obturateur électronique, avec un temps d'intégration de 2 millisecondes.

La figure 1 présente les conditions d'acquisition des images mises en place à Tuilière (vue de dessus de la passe au niveau de la vitre d'observation) ; la photo 1 est un exemple d'image acquise dans ce site.

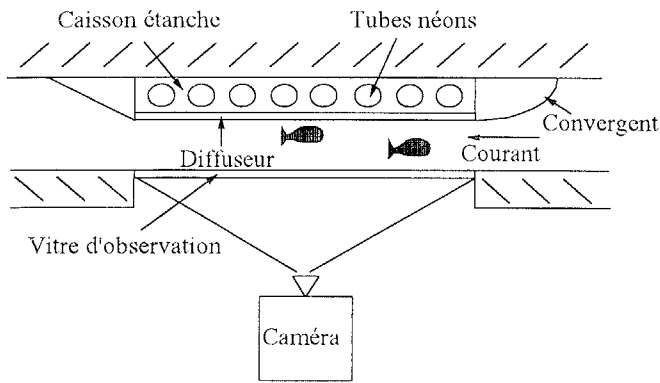


figure 1

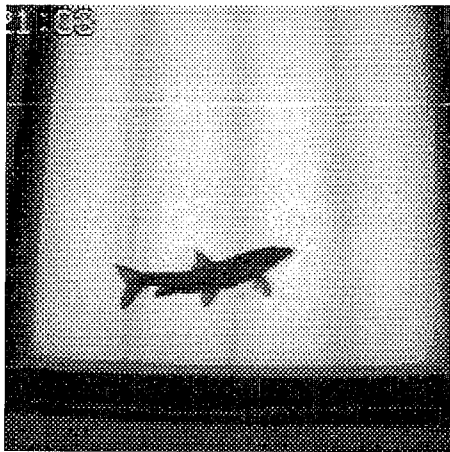


photo 1

Dans un premier temps, étant donné qu'on ne prévoit aucune intervention dans l'environnement résultant d'une décision prise par le système, le traitement des images en temps réel n'est pas nécessaire. Le système réalisé effectue un dépouillement automatique en temps différé d'images enregistrées sur le site et stockées sur un support numérique.

### 3. COMPRESSION ET STOCKAGE EN TEMPS REEL

Etant donnée la vitesse de passage élevée de certains poissons, il est nécessaire de numériser 25 images par seconde. Avec un format  $256 \times 256 \times 8$  bits, un disque optique d'une capacité de 1 Go ne permet de stocker qu'une dizaine de minutes d'enregistrement. De plus, une telle vitesse de stockage (1,6 Mo par seconde) ne peut être atteinte avec des systèmes classiques. Une compression est donc nécessaire. Une carte électronique a été développée pour la réaliser en temps réel. La technique de codage repose sur une description par segments d'images binaires. Un segment est une suite de pixels à "1" consécutifs

sur une ligne. A chaque ligne de l'image dans laquelle un segment au moins est détecté on associe les informations suivantes, codée chacune sur huit bits : nombre de segments, ordonnée de la ligne, abscisses droite et gauche de chaque segment. Les images sont regroupées en séquences constituées de listes de codes doublement chaînées (avant-arrière) qui sont stockées dans des fichiers.

### 4. DEPOUILLEMENT AUTOMATIQUE DES IMAGES ENREGISTREES

Un poisson doit être compté lorsqu'il traverse la passe d'aval en amont et décompté dans le cas contraire. Il ne doit pas être compté s'il fait demi-tour. Pour cela, un processus de suivi de chaque poisson est mis en oeuvre dès qu'il entre dans le champ d'observation et jusqu'à ce qu'il en sorte. Le suivi s'accomplit sur les centres de gravité en utilisant des fenêtres de poursuite (figure 2).

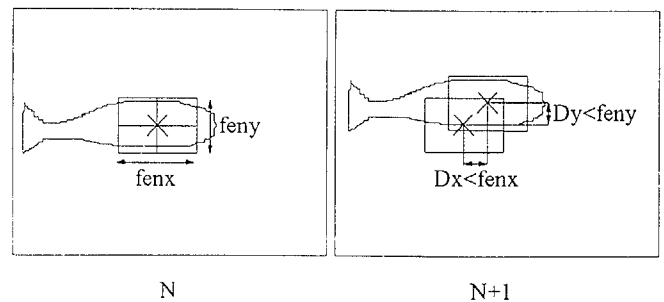


figure 2

Au cours de son suivi, un objet donné est soumis à un processus de reconnaissance dans chaque image où il est non tronqué par un des bords. Pour cela, sept caractéristiques de forme pertinentes ont été déterminées, à partir d'une base de données d'apprentissage composée de 2 300 images, de manière à obtenir un bon compromis entre efficacité de discrimination et temps de calcul. Les caractéristiques retenues, classées par ordre de pouvoirs discriminants décroissants, sont données dans le tableau de la figure 3 avec leurs temps de calcul en millisecondes. Le micro-ordinateur utilisé est du type 486 DX2-66 Mhz.



<b>Caractéristiques :</b>	<b>Temps de calcul (ms) :</b>
cf1 : premier moment de Hu	0,45
cf2 : surface	négligeable
cf3 : périmètre	0,7
cf4 : deuxième moment de Hu	calculé avec cf1
cf5 : nombre de sommets donnés par l'approximation polygonale des contours	4,27
cf6 : taux de concavité	0,35
cf7 : hauteur	1,16
<b>Total :</b>	<b>6,93</b>

figure 3

La plupart des caractéristiques sont directement calculées à partir de la représentation codée de l'objet. Elles forment un vecteur caractérisant l'objet à reconnaître qui est envoyé vers un processus de classification bayésien, avec rejets de distance et d'ambiguïté. Lorsqu'il sort du champ d'observation, nous avons donc pour un poisson donné plusieurs résultats de reconnaissance. Un vote majoritaire avec seuil de décision est alors utilisé pour décider de son espèce ("reconnaissance dynamique"). Ce seuil de décision correspond au pourcentage minimal d'images de la traversée qui doivent donner le même résultat de reconnaissance pour autoriser la décision. Si ce seuil n'est pas atteint, le poisson est considéré comme "non identifié". L'utilisateur pourra dans ce cas indiquer son espèce grâce à l'édition d'un fichier de résultat créé au cours du dépouillement automatique.

## 5. RESULTATS

Les taux de compression obtenus permettent d'enregistrer, en moyenne, les images correspondant à environ 4 jours de passage sur un disque optique de 128 Mo. La durée d'enregistrement minimum observée est de 17 heures, la durée maximum de 8 jours et 8 heures.

La figure 4 donne les pourcentages de reconnaissance dynamique obtenus, en utilisant d'une part une règle de décision bayésienne "linéaire" (hypothèse d'égalité des matrices de covariance des différentes classes) et, d'autre part, une règle de décision bayésienne "quadratique" (sans hypothèse).

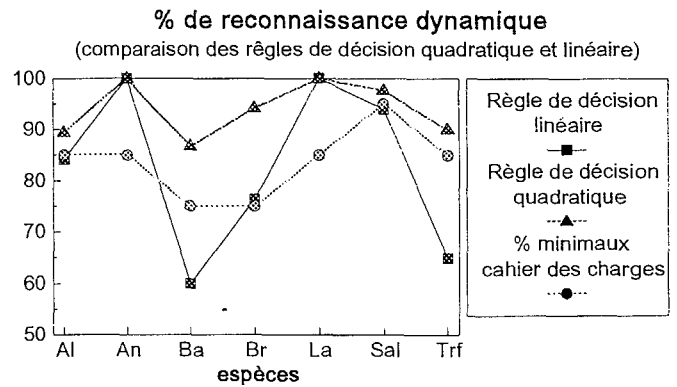


figure 4

Les résultats de reconnaissance obtenus avec la règle de décision bayésienne quadratique vont de 86 à 100 %, selon les espèces. Ils sont donc inclus dans le cahier des charges.

Les seuils de rejet sont déterminés à partir de la base de données d'apprentissage qui a servi à la recherche des caractéristiques pertinentes. On impose un seuil de rejet de distance pour chaque classe. Le seuil de rejet d'ambiguïté est fixé de manière à obtenir un bon compromis entre le nombre de poissons "bien classés mais rejetés" et le nombre de poissons "mal classés et pourtant non rejetés". Les courbes de la figure 5 comparent les pourcentages de poissons "correctement classés", incluant les poissons "bien classés non rejetés" et les poissons "mal classés rejetés", avec et sans utilisation des critères de rejet.

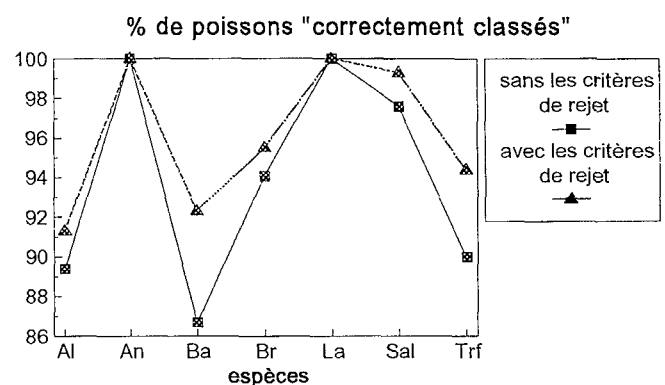


figure 5

L'utilisation des critères de rejet améliore la reconnaissance car elle permet d'éviter de mal classer certains poissons. Un poisson non classé ("non identifié") n'est pas perdu puisque son espèce peut ensuite être indiquée par un opérateur humain, grâce à l'édition du fichier de résultats associé à la séquence d'images traitée.



Le temps de traitement moyen mesuré par image est de 15 millisecondes, mais il peut atteindre 150 millisecondes dans le cas d'un passage simultané d'un nombre important de poissons. Même si la plupart du temps (10 mois dans l'année) le système est capable de fonctionner en temps réel, il ne le peut pas en période de pointe. Cependant, il fonctionne en temps différé sans accumulation de données. En effet, en moyenne, la durée de dépouillement des images mesurée est bien inférieure à leur durée d'enregistrement (80 fois plus faible lorsqu'on utilise un pentium, 36 fois plus faible lorsqu'on utilise un 486 DX2-50 Mhz).

## 6. PROBLEME DES RECOUVREMENTS

Un problème se pose lorsque plusieurs poissons viennent à se recouvrir : étant donné que les images traitées sont binaires, on a des difficultés à reconnaître, même à l'oeil, plusieurs poissons qui se recouvrent (photo 2).

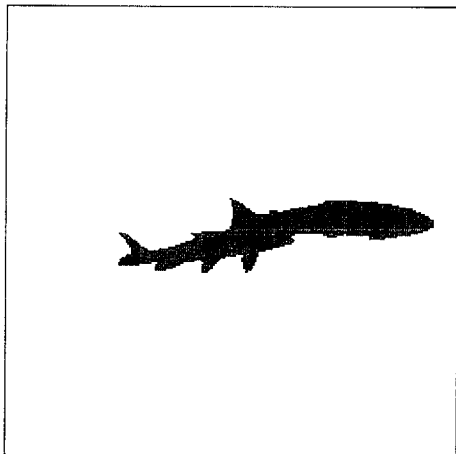


photo 2

La détection des recouvrements et des séparations est basée sur la comparaison du nombre d'objets d'une image à la suivante, en tenant compte des entrées et/ou sorties éventuelles de l'image.

Lorsqu'un recouvrement est détecté lors de la traversée, on le suit comme un objet pour lequel on ne réalise pas la reconnaissance. Dans le cas où des poissons entrent déjà recouverts dans la fenêtre de traitement, la reconnaissance s'accomplit sur les formes recouvertes. Deux situations sont alors possibles :

- soit une séparation se produit et nous fait comprendre qu'il s'agissait d'un recouvrement. La reconnaissance des poissons séparés débute alors et on

ne tient plus compte des résultats de reconnaissance des images précédentes.

- soit les poissons restent recouverts durant toute leur traversée. Ils sont alors reconnus comme un seul poisson. Néanmoins, étant donné la forme particulière d'un recouvrement, le seuil de rejet en distance est dépassé, dans la plupart des images. De plus, à la fin de la séquence, le seuil de décision n'est pas atteint. Cette forme est donc considérée comme "non identifiée".

## 7. CONCLUSION

Le système de surveillance des passes à poissons présenté ici est un système de dépouillement automatique en temps différé d'images enregistrées en continu sur le site. Le dispositif d'enregistrement d'images comprimées a été installé dans la passe à poissons en juin 1994 et fonctionne en parallèle avec le magnétoscope. Le système de dépouillement automatique des enregistrements est testé sur un nombre important de séquences afin d'être totalement validé avant de pouvoir remplacer l'opérateur humain. Le problème majeur en ce qui le concerne est lié aux situations de recouvrement d'un nombre important de poissons. Cependant, celles-ci se produisent uniquement lors de périodes de pointe, périodes qui sont limitées dans le temps.

## 8. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le CEMAGREF ainsi que la Direction des Etudes et Recherches d'EDF pour leur soutien technique et financier.

## 9. REFERENCES

Arnason H., Bengoetxea K. and Pau L. F., "Vision applications in the fishing and fish products industries", *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol.2, n° 4, pp.657-671, 1988.

Castignolles N., Cattoen M. and Larinier M., "Fish species recognition using a bayesian classification process", in *Journal on Communications : Image Processing II*, Volume XLV, pp. 21-24, July-August 1994.

Cattoen M., "Enregistrer en continu des images numérisées en binaire", *Revue Electronique* n° 42, novembre 1994.