

## RECONSTRUCTION ET EXTRACTION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES D'UN POISSON

**Bacelar A., Neyran\* B., Chorier\*\* C., Gimenez G., Dziedzic\*\* A.**

CREATIS, URA CNRS (#1216) et affiliée à l'INSERM, INSA 502 69621 Villeurbanne cedex (France)

\* équipe de l'Université Lyon I

\*\* Station d'Hydrobiologie Lacustre, INRA, 75 avenue de Corzent 74203 Thonon-Les-Bains

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Corréler les paramètres géométriques d'un poisson, extraits par traitement d'images, avec son écho ultrasonore, est un problème jamais traité en classification des espèces de poissons. Nous présentons ici les premiers essais d'un algorithme de reconstruction et d'extraction des paramètres géométriques sur de vrais poissons. Il est montré que trois caméras sont nécessaires pour extraire de manière robuste les paramètres du poisson. Des manipulations sont en ce moment étendues à plusieurs espèces afin de réaliser une classification,

Correlate geometric parameters of a fish, extracted by image processing, with its ultrasonic echo, is a problem never dealt with in classification of fish species. We present here, first results of a reconstruction and extraction of geometric parameters algorithm with real fishes. It is proved that three cameras are necessary to extract fish parameters accurately. Experiments on different species are in progress to do a classification.

### 1. INTRODUCTION

La classification des espèces de poissons est un problème souvent traité dans la recherche appliquée. La reconnaissance d'un type de poissons se fait généralement en utilisant les signaux échographiques du poisson [1], et dans certaines conditions favorables, par traitement d'images [2]. Dans le cas de la classification à partir de la signature ultrasonore, la très grande variabilité de cet écho en fonction de la position et de l'orientation du poisson, est d'autant plus gênante que cette variabilité semble plus importante que celle inter-espèces. Dans notre étude, nous voulons extraire optiquement les paramètres géométriques d'un poisson (volume, longueur, largeur, hauteur, centre de gravité, angles de positionnement) afin de les corréler avec son écho ultrasonore. Notre travail consiste surtout à mettre en oeuvre une méthode de reconstruction robuste afin de retrouver correctement les caractéristiques du poisson. Pour l'extraction des paramètres, nous ne savons pas a priori avec quelle précision elle doit être obtenue. Nous pouvons simplement penser (et l'étude théorique le confirmera) que deux caméras sont insuffisantes pour une extraction satisfaisante de paramètres. L'apport d'une troisième caméra - comme dans [3], section VI - permet d'améliorer la précision obtenue sur ces paramètres, en étant moins sensible à la position de l'objet par rapport aux caméras. La méthode a été précédemment testée sur des poissons en plastique dont la position et l'orientation étaient connues. Les essais présentés ont été réalisés sur un carassin doré (poisson rouge), mais des manipulations sont en

cours à la station d'Hydrobiologie Lacustre de Thonon-Les-Bains (INRA) sur des espèces lacustres : ombles, perches et tanches.

### 2. METHODE DE RECONSTRUCTION

L'algorithme de reconstruction du volume minimal englobant, à partir de deux ou trois vues orthogonales, a été exposé dans [4]. La reconstruction de ce volume se fait à partir de la rétroprojection et de l'intersection des lignes composant les différentes vues. Sur ces vues, l'information considérée se réduit à l'ombre du poisson. Le volume reconstruit final se présente comme un nuage de points, situé sur le contour du volume englobant et se prête facilement au calcul des différents paramètres d'orientation recherchés.

#### 2.1. Centre de gravité

Comme l'objet reconstruit est décrit par un nuage de points situé sur sa surface englobante, les coordonnées du centre d'inertie sont donc estimées par la moyenne des coordonnées des  $n$  points du nuage.

#### 2.2. Angles de positionnement

Les angles d'orientation sont calculés par rapport au centre de gravité  $G$  du poisson, pris comme nouvelle origine. Pour extraire les trois angles d'orientation  $\theta, \varphi, \psi$  [Figure 1],



nous cherchons les vecteurs propres du nuage de points. Ils définissent les axes principaux et donc l'orientation de l'objet. Le premier axe d'inertie donne les angles  $\theta$  et  $\varphi$ . Le deuxième axe d'inertie donne le troisième angle  $\psi$ . Nous avons essayé d'améliorer le calcul de l'angle  $\psi$  en essayant de considérer une section du poisson moins circulaire et contenant ainsi plus d'informations sur l'angle de gisement  $\psi$ . Nous prenons un plan perpendiculaire à l'axe du poisson, le coupant au tiers inférieur (queue). L'intersection de chacune des droites avec ce plan nous donne un nuage de points dont l'axe d'inertie fournit une valeur de  $\psi$ .

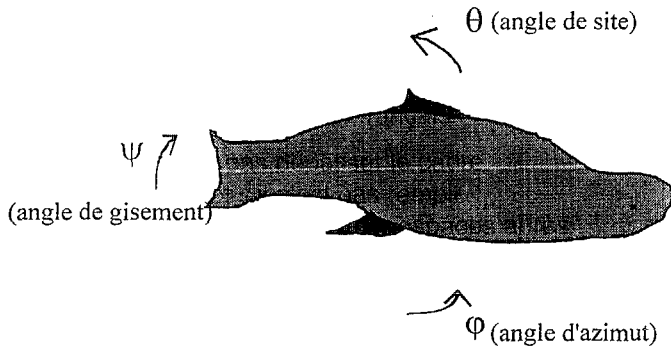


Figure 1. Les trois angles d'orientation du poisson.

**2.3. Volume, longueur, largeur, hauteur**

Pour le calcul des autres paramètres, nous orientons les axes du repère global 3D suivant les axes principaux en leur faisant subir trois rotations  $\theta$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$ . Les dimensions maximales et minimales en X, Y, Z du nuage de points donnent la longueur, la largeur et la hauteur du poisson.

Le volume est ensuite codé sous forme d'une matrice de (160 x 40 x 40) voxels, permettant une définition suffisante pour le calcul du volume. Tous les voxels traversés par un segment sont considérés comme faisant partie de l'objet. Cette représentation permet de visualiser le volume en 3D.

**3. THEORIE DEUX VUES-TROIS VUES**

En théorie, et à partir d'un raisonnement dans un plan, on a montré que suivant le cas (suivant l'orientation du poisson par rapport aux caméras), le rapport (volume reconstruit / volume réel) varie entre 1,48 dans le cas favorable où les axes de l'ellipse sont dirigés suivant les axes des caméras ( $\theta=0^\circ$  ou  $90^\circ$ ), et 4,56 dans le cas où l'ellipse est à  $45^\circ$  [Figure 2] avec deux caméras. L'apport de la troisième caméra permet de réduire considérablement ce rapport principalement dans les cas défavorables.

Avec deux caméras, nous notons un manque de robustesse dans les calculs de paramètres (surtout vers  $40-50^\circ$  cas défavorable).

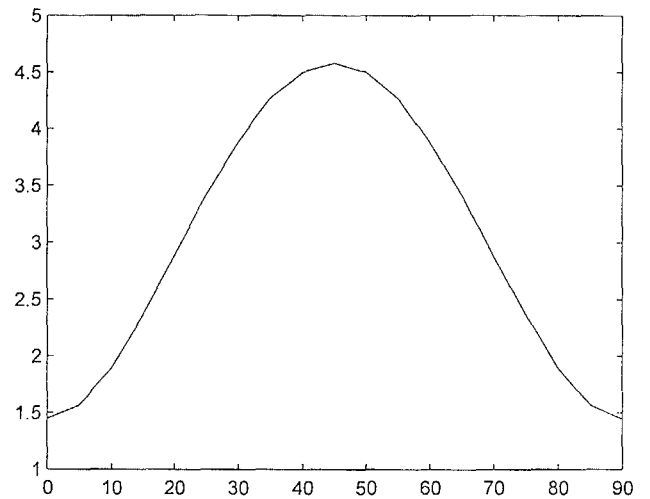


Figure 2. Rapport (volume reconstruit / volume réel) en fonction de l'angle entre l'axe principal de l'ellipse et l'axe d'une caméra.

Une troisième caméra, d'axe perpendiculaire à la surface reconstruite ici avec deux caméras, permettra de limiter ces problèmes. De plus, en considérant une orientation quelconque du poisson dans l'espace, elle résout les nombreux cas où le poisson n'est pas dans une configuration favorable par rapport à deux caméras.

**4. VALIDATION DE LA METHODE**

Nous avons tout d'abord validé notre algorithme sur un poisson plastique dont on connaissait a priori la position angulaire à  $\pm 2^\circ$  ainsi ses dimensions et son volume.

Le cas pratique confirme l'amélioration de l'extraction des paramètres avec trois caméras [Tableau 1].

nb de caméras	vol.recons / vol.initial	écart avec le centre de gravité initial en cm (x,y,z)	long. / long. initiale	larg. / larg. initiale	haut. / haut. initiale	écart $\theta$ en $^\circ$	écart $\varphi$ en $^\circ$	écart $\psi$ en $^\circ$
deux	1.79	1.1 0.3 0.3	1.03	1.63	1.20	2	3.8	6.2
trois	1.22	0.3 0.2 0.3	1.01	1.31	1.09	1.6	1.7	3.1

Tableau 1. Comparaison des valeurs moyennes des différents paramètres avec les valeurs exactes (initiales).

**5. RESULTATS DES MANIPULATIONS**

Nous avons commencé à réaliser des essais sur un carassin doré (poisson rouge). Pour pouvoir extraire les paramètres et reconstruire le poisson, nous avons dû tout d'abord repérer son espace vital en réalisant la calibration de celui-ci.

**5.1. Calibration**

Pour calibrer, nous avons utilisé une approche linéaire qui minimisait l'erreur de projections au sens des moindres carrés [5].

Notre cage de calibration était un cube de 25 cm de côté. Pour chaque matrice d'étalonnage, nous avons repéré six points dans l'espace 3D et dans la projection correspondante.

Pour un point n'ayant pas servi à la calibration, l'erreur de projection est inférieure à un pixel sur chaque image.

L'erreur de reconstruction d'un point 3D, n'ayant pas servi à la calibration, à partir de ses trois projections 2D, est inférieure à 0,8 mm.

Ces erreurs de calibration sont tout à fait tolérables pour notre application.

**5.2. Résultats-Discussion**

Notre manipulation[Figure 3] est constituée de deux ou trois caméras disposées approximativement de façon orthogonales.

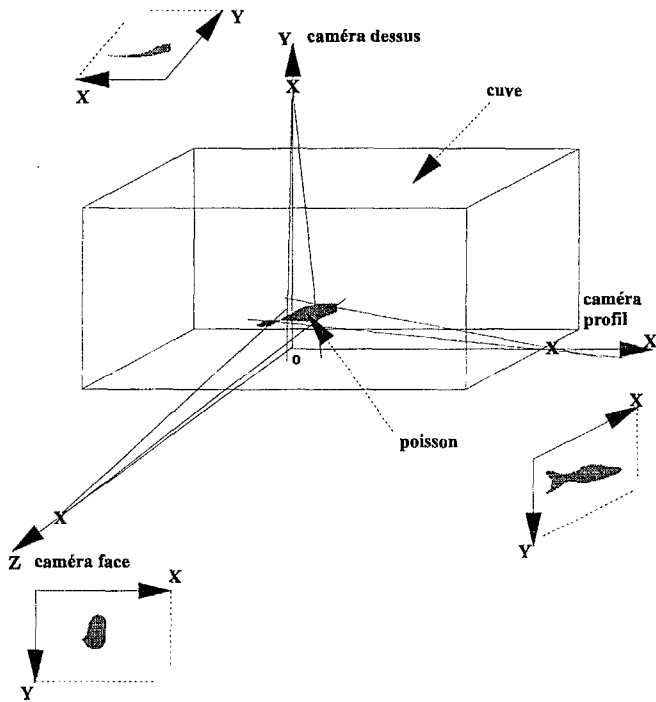
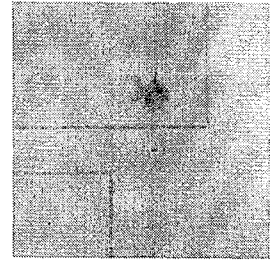
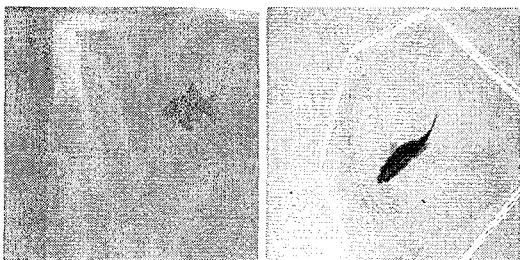


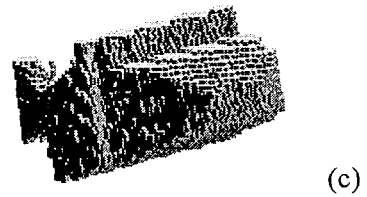
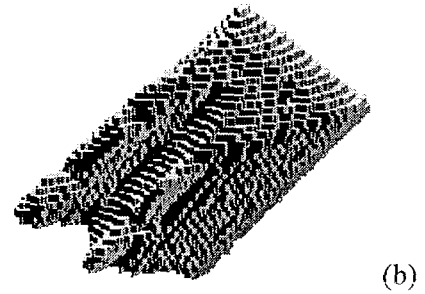
Figure 3. Positionnement des caméras vis-à-vis du poisson.

Les figures 4 5 6 donnent les trois images acquises du poisson. Le poisson n'est pas ici dans une position favorable à la reconstruction (dirigé suivant les axes des caméras).

Les figures 7 8 9 donnent les trois reconstructions avec les différents couples possibles de caméras, et la figure 10 la reconstruction utilisant les trois caméras. On vérifie ici que dans un cas d'orientation quelconque, la troisième caméra est indispensable si l'on veut que le volume reconstruit ait une signification. Cela se retrouve dans le tableau 2 où les paramètres géométriques trouvés avec deux caméras sont complètement erronés : angles  $\theta$  (b),  $\varphi$  (a),  $\psi$  ainsi que la hauteur et le volume.



Figures 4.5.6. Les trois images de poisson.



Figures 7.8.9. Reconstructions avec deux vues.

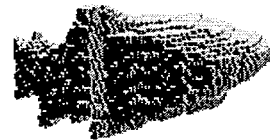
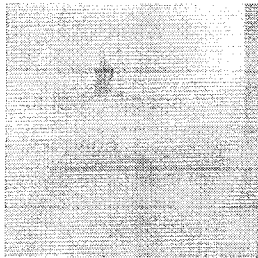
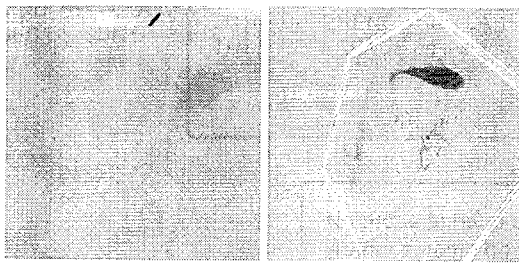


Figure 10. Reconstruction avec trois vues.

nb de caméras	volume en cm <sup>3</sup>	Centre de gravité en cm (x,y,z)	longueur en cm	largeur en cm	hauteur en cm	$\theta$ en °	$\varphi$ en °	$\psi$ en °
deux	(a) 15.5	-0.4 12.4 -2.5	3.4	5.8	4.2	26.6	-64.1	36.8
	(b) 40.1	-0.6 12.2 -2.8	6.9	3.6	7.1	85.8	27.0	24.5
	(c) 14.6	-0.2 12.3 -2.1	6.4	1.6	4.2	-1.5	27.1	12.0
trois	11.7	-0.4 12.2 -2.4	6.1	1.7	3.6	-4.1	28.0	8.7

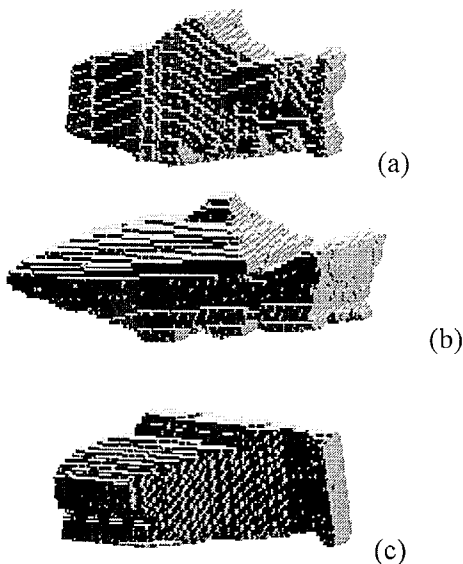
Tableau 2. Extraction des paramètres du poisson.



Figures 11.12.13 Trois autres acquisitions de poisson.

Les figures 11, 12, 13 donnent les trois images acquises dans la configuration particulière où le grand axe du poisson est orienté suivant l'axe d'une caméra.

Les figures 14, 15, 16 donnent les trois reconstructions réalisées avec les différents couples possibles de caméras. Seule une de ces reconstructions (a) est acceptable, les deux autres sont mauvaises car peu d'informations pertinentes existent dans une des vues utilisées (face au poisson). La figure 17 donne la reconstruction avec trois caméras. La reconstruction et les paramètres géométriques sont alors corrects.



Figures 14.15.16. Reconstructions avec deux vues.



Figure 17. Reconstruction avec trois vues.

nb de caméras	volume en $\text{cm}^3$	Centre de gravité en cm $(x,y,z)$	longueur en cm	largeur en cm	hauteur en cm	$\theta$ en $^\circ$	$\varphi$ en $^\circ$	$\psi$ en $^\circ$
deux	(a) 13.4	-4.7 13.5 -3.9	6.2	2.2	4.0	15.8	-8.9	7.5
	(b) 26.6	-4.8 13.5 -4.0	7.1	2.3	3.8	9.4	2.4	6.0
	(c) 12.9	-4.7 13.7 -3.4	6.4	2.0	3.5	6.0	-7.8	0.0
trois	9.0	-4.6 13.6 -3.8	6.0	2.0	3.7	13.4	-11.0	9.8

Tableau 3. Extraction des paramètres du poisson.

## 6. CONCLUSION

Seule la configuration avec trois caméras permet d'avoir des résultats fiables et robustes, à peu près indépendants des configurations géométriques particulières du poisson.

La manipulation a permis de valider expérimentalement notre algorithme car nous retrouvons la forme du poisson et les différents paramètres sont extraits pour être corrélés à l'écho ultrasonore. L'acquisition des trois vues du poisson et du signal se fait de façon quasi-simultanée (temps total d'acquisition inférieur à 0.1s, négligeable par rapport au mouvement du poisson). Le temps de calcul un peu élevé (1mn) de la reconstruction sur un petit ordinateur n'est pas très gênant car notre application n'est pas destinée au temps réel. Cette reconstruction est appliquée dans plusieurs centaines de cas et sur des espèces lacustres différentes.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] R.H.Love "Target strength of an individual fish at any aspect," J.Acoust.Soc.Am., 1977, vol. 62, no. 6, pp. 1397-1403.
- [2] N.Castignolles "Automatic system for monitoring fish passage at dams," SPIE, Applications of Digital Image Processing XVII, San Diego, California, USA, July 1994, vol. 2298, pp.419-429.
- [3] J.Y.S.Luh and J.A.Klaasen "A three-dimensional vision by off-shelf system with multi-cameras," IEEE PAMI, Jan.1985, vol. 7, no.1, pp. 35-45.
- [4] A.Bacelar, B.Neyran, G.Gimenez "Reconstruction 3D à partir des vues orthogonales d'un objet" Traitement Du Signal, 1994, vol.11, no.2, pp.205-217.
- [5] N.Ayache "Vision stéréoscopique et perception multi-sensorielle" in InterEditions (Ed.), Paris, Science informatique, 1989.