

CALCIF : UN LOGICIEL DE MESURE DES ANNEAUX DE CROISSANCE SUR PC-AT

Philippe LAVAL¹, Serge PLANES²

RESUME

Ce logiciel, destiné à des micro-ordinateurs compatibles, permet la saisie d'images d'écaillés ou d'otolithes, des traitements d'images simples pour mettre en évidence les circoli, et leur détection après avoir positionné des lignes de mesure sur l'écran (avec sortie des mesures correspondantes). Il est écrit en Turbo Pascal (interfacé avec une bibliothèque de primitives graphiques), en employant une conception orientée, objet qui le rend facilement compréhensible et évolutif. Il s'adapte aisément à de nombreuses cartes graphiques.

CALCIF, A SOFTWARE FOR MEASUREMENT OF CALCIFIED STRUCTURES ON PC-AT

ABSTRACT

This software runs on PC-AT compatible micro-computers equipped with one of many commercially available high resolution graphic cards providing a resolution $\geq 512 \times 480$ pixels, with 256 gray levels. Its originality lies in its well-engineered structure. Contrary to most image analysis softwares, where performance is at premium, in CALCIF the emphasis was put on a sound and clear design, using object-oriented methods with Turbo Pascal 5.0. Good performances were obtained by interfacing it with the HALO'88 TM (Trade Mark) graphic library.

¹ URA 716 du CNRS, Station zoologique, BP 28, 06230 VILLEFRANCHE SUR MER

² Laboratoire de biologie marine, Université de Perpignan

(adresse actuelle : Laboratoire d'ichtyoécologie tropicale et méditerranéenne, E.P.H.E.,
Université de Perpignan, 66025 PERPIGNAN Cedex)

he wide range of drivers in HALO'88 for graphic cards, printers, pointing devices, scanners, had the additional benefice of a large portability. The HALO'88 interfacing occurred only at a low-level (displaying lines, moving the mouse cursor, changing the color palette). All "classical" image processing algorithms were programmed in Turbo Pascal, taking only into account the 640 K of memory directly addressed by MS-DOS. No use was made of supplementary graphic planes available on some boards. Programming the algorithms in Pascal did not increase speed, but improved understanding and maintainability.

CALCIF allows capture, display and storage of images, calibration, measurement of distances, setting of a window, processing (contrast enhancement, filtering, subtraction, histogram, binarization), and the detection, counting, and positions of circuli across lines set with the mouse. This software is aimed at applications not needing the availability of a workstation or a mini-computer, for example for routine or light exploratory works. Only a few peripheral equipments are needed to use it on standard personal computers.

CALCIF est un logiciel de traitement d'image et de mesure, plus particulièrement conçu pour la mesure semi-automatique des distances entre anneaux de croissance dans les structures calcifiées (écailles, otolithes). Son écriture a été entreprise il y a plusieurs années, après avoir établi la faisabilité d'un tel logiciel sur micro-ordinateur (Laval et Gandelin, 1987). A l'époque il n'existait que la possibilité de faire appel à des moyens lourds de traitement d'image, sur mini-ordinateurs ou matériels spécialisés. On a cherché à réaliser un outil à la portée du budget d'un laboratoire moyen, disposant déjà d'un micro-ordinateur, auquel il suffit d'adjoindre une carte de saisie et d'affichage haute résolution, un second moniteur et une caméra vidéo.

Sur le plan informatique, on s'est efforcé de rester le plus loin possible du matériel, et de faire un logiciel clair et compréhensible, en conservant des performances acceptables. Cette conception s'oppose à ce qu'on rencontre généralement en analyse d'image, où l'accent est plutôt mis sur l'utilisation maximale des possibilités du matériel, au détriment d'une construction rationnelle. Ces logiciels trop liés au matériel ont une contrepartie pour l'utilisateur : un coût trop important des modifications lorsqu'apparaît inévitablement un matériel plus performant. De plus, il est souvent impossible de connaître les options qui ont été choisies pour implémenter les algorithmes : qu'advient-il des valeurs négatives après un filtrage (on les remplace par 0, on prend la valeur absolue ?), que deviennent les pixels situés sur les bords (on leur donne la valeur du pixel adjacent, on les met à 0 ?), etc. L'utilisateur non informaticien est obligé de «faire confiance à l'ordinateur», et tant pis si le logiciel n'est pas documenté dans le détail de toutes ses options.

CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL

CALCIF se caractérise par les points suivants :

POUR L'UTILISATEUR

- Il tourne sur micro-ordinateurs de type PC-AT, équipés d'une carte de saisie vidéo et d'affichage sur 256 niveaux de gris ou pseudo-couleurs; plus de 15 marques de cartes avec une définition d'au moins 512 x 480 sont utilisables, des moins chères aux plus élaborées.

- Un traitement complet est réalisable : saisie avec caméra vidéo, améliorations d'image, traitements limités à une fenêtre, binarisation, détection automatique des circoli selon des directions indiquées avec la souris, impression de l'image, etc. (détail ci-après). Les résultats des mesures peuvent être enregistrés au format DIF, pour être repris dans des tableurs (Lotus 1-2-3 et autres), des programmes de dessin ou des programmes écrits par l'utilisateur.

- L'interface avec l'utilisateur est simple, à base de menus, avec rattrapage des fausses manoeuvres. Différents dispositifs de pointage (souris, boules, manettes) peuvent être utilisés pour marquer points, lignes ou fenêtres sur l'image.

POUR LE PROGRAMMEUR AYANT ACCES AU CODE SOURCE

- CALCIF est écrit en langage de haut niveau (Turbo-Pascal 5.0), y compris les algorithmes de traitement d'image. On n'a pas repris des bibliothèques toute faites, dont les options de calcul ne sont pas souvent documentées. Seuls l'accès à la carte vidéo et la manipulation du curseur graphique font appel à une bibliothèque largement diffusée, HALO'88 (Media Cybernetics), qui assure des performances convenables et la «portabilité» du programme sur de nombreuses cartes graphiques et imprimantes.

- L'architecture logicielle et le style d'écriture informatique ont fait l'objet d'une attention particulière. Le programme a été réécrit plusieurs fois afin de parvenir à une grande clarté et à un maximum de simplicité, ce qui est l'un des objectifs les plus difficiles à atteindre en informatique, et un aspect souvent négligé dans les programmes commerciaux (il faut développer vite).

- L'utilisation rationnelle des « unités » du Turbo Pascal 5.0, qui permettent de masquer les détails du codage informatique, a conduit à une conception orientée objets facilitant l'évolution et la maintenance du logiciel.

- Le logiciel est complètement paramétré. Il s'adapte à n'importe quelle carte ou périphérique supportés par HALO'88 en changeant quelques constantes situées dans une unité bien localisée (HALO'88 fournit des pilotes pour la plupart des cartes, dispositifs de pointage, scanners et imprimantes du commerce).

- CALCIF est un logiciel ouvert : une fois sa structure comprise (ce qui est simple car la décomposition en unités est claire et toutes les procédures sont commentées), il est relativement facile d'ajouter de nouveaux traitements. La modularité et le masquage de l'information dans les unités interdisent les interactions involontaires entre variables appartenant à des unités différentes.

FONCTIONNALITES DU LOGICIEL

On trouvera ci-après une liste succincte des différentes possibilités offertes actuellement par le logiciel. Les dernières options, relatives à la détection des circuli et à la mesure des distances inter-circuli, comprennent presque un tiers du code informatique.

- Saisie de l'image avec une caméra noir et blanc, stockage sur le disque dur avec incorporation d'une palette de couleurs.
- Lecture de l'image sur le disque. Une autre palette de couleurs peut être lue à partir d'un fichier auxiliaire ou d'une autre image.
- Etalonnage de l'image en vue des mesures (l'étalonnage est enregistré dans un fichier et peut être réutilisé ultérieurement pour d'autres images).
- Définition d'une fenêtre dans laquelle se feront tous les traitements.
- Affichage des paramètres courants de l'image (fichier, étalonnage, coordonnées de la fenêtre de travail).
- Zoom de l'écran (plusieurs grossissements).
- Visualisation des valeurs des pixels autour d'un point désigné avec la souris.
- Changements de la palette (pseudo-couleurs, noir et blanc, vidéo inverse).
- Mesure de la distance entre deux points de l'image.
- Reproduction de l'image sur imprimante.
- Filtrages divers (laplaciens, filtrage par la médiane), inversion des pixels.
- Augmentation du contraste par égalisation de l'histogramme.
- Soustraction d'images.
- Stockage d'une image sur disque à un stade intermédiaire du traitement.
- Histogramme des niveaux de gris.
- Binarisation de l'image à partir d'un seuil choisi interactivement sur l'histogramme avec la souris.
- Sur l'image binarisée : positionnement de lignes de mesure avec la souris, choix d'un seuil de détection des circuli, détection automatique des circuli, impression de leur nombre et de leurs coordonnées, enregistrement optionnel de ces coordonnées en format DIF, impression de l'image avec les lignes de mesure.
- Ecriture optionnelle d'un compte-rendu de session.

Trois menus permettent de circuler entre ces options (lorsque leur succession a un sens).

SPECIFICATIONS TECHNIQUES

MATERIEL

Micro-ordinateur compatible PC-AT, avec 640 K de mémoire, disque dur et dispositif de pointage (souris). Un second moniteur, couleur haute-résolution (en fonction de la carte graphique), Multisync par exemple, est nécessaire.

Cartes graphiques (+ numérisation) : parmi les nombreuses cartes possibles, on peut citer : AT&T Targa M8, Chorus Frame Grabber, 3M/Comtal, Control System Artist 10 et Artist Illustrator, Data Translation DT-2851 et 2853, IBM PGA, Imaging Technology FG-100 AT / series 151 / PC Vision / PC Vision Plus, Matrox MVP-AT, Number Nine Revolution, Orchid Technology Designer VGA, Verticom H-256 et M-256, Vision Technology Vision 16, etc. Cette carte doit pouvoir cohabiter avec la carte du moniteur de l'ordinateur (adresses différentes). Le logiciel n'utilise qu'un plan image.

Caméra : l'acquisition se fait en pseudo-couleurs, donc une caméra N&B, genre caméra de surveillance, est suffisante (une caméra couleur peut convenir). Le standard de cette caméra (PAL, NTSC) dépend de la carte graphique choisie. Un petit moniteur de contrôle de l'image avant numérisation est utile mais pas indispensable.

LOGICIEL

Le logiciel (env. 11 000 lignes de Turbo Pascal 5.0) peut être distribué soit sous forme compilée, paramétré en fonction des périphériques spécifiés (cette configuration pouvant être modifiée ultérieurement), soit en code source. Dans les deux cas l'acquisition d'une licence d'utilisation doit être prévue auprès de Media Cybernetics ou d'un distributeur agréé, pour l'inclusion de la bibliothèque HALO'88.

L'installation d'un logiciel configuré se fait très simplement par recopie de la disquette originale dans un sous-répertoire du disque dur.

PERFORMANCES

Il est difficile de donner des vitesses de calcul, celles-ci variant fortement selon le matériel utilisé : ainsi ce programme a été mis au point sur un micro-ordinateur muni d'un processeur 80286 à 8 MHz, alors qu'il devient courant de trouver des 80386 à 25 ou 33 MHz, avec un disque dur à temps d'accès très faible. Dans le premier cas il faut 13 s... pour lire une image de 512 x 480 pixels sur le disque, la charger en mémoire et l'afficher en totalité; dans le second ce temps est de l'ordre de 2 à 3 s. Ce sont les filtrages et autres améliorations de l'image de départ qui prennent le plus de temps ; c'est pourquoi le logiciel permet de définir interactivement une zone de l'image, une fenêtre, dans laquelle se feront les traitements. La détermination des meilleurs filtrages se fait par tâtonnements. La même séquence d'opérations peut ensuite être appliquée aux images constituant une série prise dans des conditions

comparables.

Les divers traitements disponibles ont pour but l'obtention d'une image binarisée, c'est-à-dire sur laquelle on a fait apparaître les lignes de croissance en noir sur un fond d'une autre couleur. Une fois cette image obtenue, la détection des lignes de croissance (avec calcul de leurs coordonnées et leurs distances) se fait en une fraction de seconde, même s'il y a une centaine de circoli.

Les méthodes de calcul praticables sur un micro-ordinateur ne permettent pas de transformer une mauvaise image, sur laquelle un observateur a du mal à voir quelque chose, en une préparation saisissante de netteté (en tout cas pas en quelques minutes). On peut néanmoins grandement améliorer le contraste d'une ligne peu marquée, de façon à permettre sa détection par l'ordinateur.

Avec les méthodes classiques, « manuelles », on observe pour des comptages effectués au microscope sur des otolithes de Loup (*Dicentrarchus labrax*) par des observateurs entraînés, des variations allant de 50 à 100 % du nombre de stries comptées sur une même préparation (Planes et Laval, 1990). L'intérêt de ce logiciel réside dans sa rapidité de mesure, qui permet des répétitions dans une ou plusieurs zones préalablement sélectionnées par l'opérateur, et dans la plus grande objectivité obtenue. Ce n'est pas un système-expert, qui à l'aide d'une base de connaissances pourrait décider de continuer la mesure un peu plus loin car il y a une poussière sur la ligne actuelle. C'est surtout un outil, qu'on peut utiliser d'une manière statistique, ce qui n'était pas envisageable avec la méthode « manuelle ».

Les essais ont montré qu'on obtenait des résultats comparables en travaillant sur des photographies bien contrastées ou en montant la caméra vidéo directement sur l'oculaire du microscope. Pour étudier l'accroissement journalier des otolithes de larves de Loup, il a été nécessaire de recourir à la microscopie électronique à balayage, à partir de photographies. Il faut choisir un format tel que l'image ou la partie d'image à étudier couvre la totalité du champ de la caméra, sinon on perd de la résolution. La comparaison avec la méthode « manuelle » montre une meilleure détection des anneaux de croissance avec l'ordinateur, dont les mesures sont parfaitement répétables. Pour les otolithes de larves et juvéniles de Loup étudiés en M.E.B., le gain de temps ne devient appréciable que pour les individus âgés de plus de 30 jours (Planes *et al.*, sous-presse) ; en-deça la part du temps la plus importante est prise par la préparation des échantillons.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de l'aide du PNDR (Programme national d'étude du recrutement, IFREMER-CNRS). Mme Lagardère (CREMA - L'Houmeau) a apporté une aide efficace, par ses conseils et la connaissance de son matériel biologique, aux essais des premières versions.

REFERENCES

- GANDELIN M.H., LAVAL P., 1987. The measurement of intercirculi distances on fish scales using a video camera and a microcomputer. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 43 : 179-181.
- PLANES S., LAVAL P., 1989. Automatisation du comptage et de la mesure des stries de croissance d'otolithes : application à la croissance journalière des larves et juvéniles du Loup *Dicentrarchus labrax*. Panneau présenté au *Congrès de la Société zoologique de France*, Perpignan 22-24 juin 1989.
- PLANES S., LAVAL P., 1990. Mise au point d'une méthode de lecture des otolithes de Loup (*Dicentrarchus labrax*) par analyse d'image. *J. Rech. océanogr.*, 15 (1/2) : 42-45.
- PLANES S., LAVAL P., LECOMTE-FINIGER R. (sous-presse). An image analysis method for ageing and estimating growth of larvae and juveniles of Sea-Bass (*Dicentrarchus labrax*). *J. appl. Ichtyol.*