

Astronomie : un logiciel interactif de visualisation et de traitement d'images Visual+

Astronomy : an Interactive Software for Images Viewing and Processing Visual+

par J. VETOIS

Centre d'Analyse des Images MAMA Observatoire de Paris 77 avenue Denfert Rochereau 75014 PARIS

Résumé

La généralisation des stations de travail dans les laboratoires d'astronomie a amené le développement de logiciels de visualisation et de traitement des images numérisées dans les environnements standards Unix et X-Window. L'application décrite dans cet article utilise les possibilités des interfaces graphiques pour faciliter le travail de l'utilisateur. Des fonctions spécifiques au traitement des images astronomiques (calcul du "fond de ciel", recherche et affichage des objets) ont été ajoutées à celles offertes par les logiciels d'analyse d'images.

Mots clés : astronomie, traitement des images, recherche des objets

Abstract

The recent increasing use of workstations in astronomy laboratories induces the development of viewing and processing numerized images softwares in Unix and X-Window environments. The application described in this article uses the graphic interfaces abilities to make easier the user's work. Specific functions for astronomic images processing (skybackground, objects searching and drawing) have been added to those usually existing in images analysing softwares.

Key words : Astronomy, image processing, objects searching

Les plaques photographiques sont encore largement utilisées en astronomie car elles donnent accès à de larges zones du ciel et permettent par analyse des clichés anciens d'étudier les mouvements et les variations d'éclat des objets. Aujourd'hui ce dépouillement des clichés est automatisé et des microdensitomètres ont été construits dans de nombreux pays (notamment en Angleterre, aux USA et en France).

La MAMA (Machine Automatique à Mesurer pour l'Astronomie), instrument conçu et mis en oeuvre par l'Institut National des Sciences de l'Univers (CNRS) [1] est une des machines les plus performantes actuellement tant du point de vue rapidité que précision. Le principe de base est la lecture en transparence de plaques ou de films photographiques posés sur une table mobile selon deux axes. Une lampe munie d'un filtre chromatique éclaire le cliché par en dessous et une optique lit le signal grâce à un détecteur Reticon multivoie de 1024 photodiodes. Avec un tel système, 1024 pixels sont numérisés simultanément et cet ensemble autorise l'analyse en cinq heures avec un pas de 10 microns d'un cliché de 35 centimètres de côté. La qualité mécanique de la table lui permet de faire des mesures extrêmement précises : meilleures que 1 micron en précision absolue et 0.2 microns en répétitivité géométrique. Le détecteur fournit une mesure du flux lumineux avec une erreur absolue de 2 %. L'analyse des clichés

à l'aide de cette machine a déjà permis d'obtenir de nombreux résultats scientifiques [2].

Les logiciels de traitement d'images développés dans les laboratoires d'astronomie comme MIDAS [3] ou STII [5] et gérés par des langages de commande n'offrant ni la souplesse, ni les possibilités d'intégration nécessaires, la généralisation des stations de travail a permis la création de logiciels interactifs de visualisation des images numérisées par la MAMA dans l'environnement X-Window utilisant les possibilités de cette interface et bénéficiant de sa généralisation à l'exemple de Visual+ comme application autonome lisant des fichiers images enregistrés sur disque et de AcqVisual intégré dans la chaîne des traitements de la MAMA par un réseau Ethernet.

Il est à noter qu'une version de Visual+ a été également développée sur MacIntosh : MacVisual.

1. La visualisation d'images avec Visual+

Visual+ est un programme de visualisation d'images (en niveaux de gris). Il accepte les fichiers image sous un format quasi-

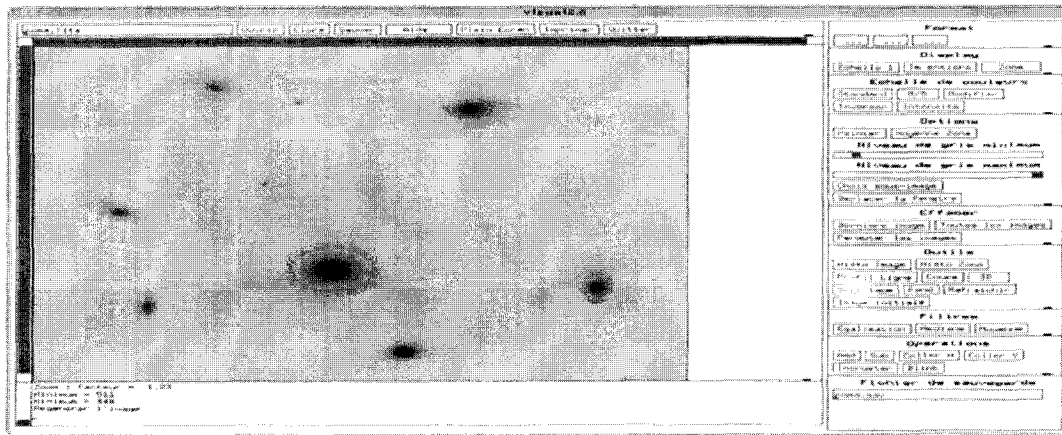


Fig. 1. – Interface de Visual+

standard en astronomie : FITS [4] ainsi que sous le format STII [5] encore utilisé dans certaines applications. On peut lire également des images dans des formats différents en fournissant interactivement un certain nombre de paramètres de l'image (nombre de lignes, de colonnes, longueur de l'entête). MacVisual travaille aussi sous les formats de la micro-informatique : PICT et TIFF [6]. L'interface de Visual+ (figure 1) a été développée sous X-Window (version 11.4) en utilisant les bibliothèques de Widgets ATHENA assurant ainsi la portabilité du logiciel sur différentes plateformes (DEC, SUN et HP). Cette interface permet :

- de spécifier et d'éditer le nom du fichier de l'image à traiter
- de sélectionner selon certains critères une partie des objets de l'image traitée.
- d'éditer les noms du fichier de sauvegarde, les catalogues contenant les paramètres des objets détectés et les conditions de sélection des objets.
- d'afficher d'éventuels messages pour l'utilisateur.
- d'accéder à une documentation en ligne.

Celle de MacVisual a été adaptée aux normes Macintosh et ne surprendra donc pas un familier de ce système. Une fenêtre affiche les commentaires de Visual+ aux actions entreprises par l'utilisateur. Ces messages sont stockés dans un fichier de telle façon que l'utilisateur puisse conserver une trace de son travail. Visual+ adapte l'image aux dimensions de l'écran et permet de faire des zooms de l'image entière (si cela est possible) ou de zones de l'image sélectionnées par l'utilisateur. Les différentes vues ainsi obtenues sont gérées par une pile. Deux tables de couleurs sont directement utilisables : une dite "Standard" correspond aux "fausses couleurs" utilisées ordinairement à la MAMA pour afficher les images, une dite "Noir et Blanc" permet de retrouver l'aspect des clichés astronomiques. L'utilisateur peut inverser et modifier interactivement les tables de conversion des niveaux de gris ("Look Up Table"). Une opération dite d'égalisation d'histogramme peut être utilisée avec certaines images peu contrastées.

2. Analyse et traitement d'images

Visual+, s'il n'est pas un logiciel complet de traitement d'images, offre néanmoins une palette d'outils qui ne se limitent pas à ceux utilisés couramment en astronomie :

Fonctions	Opérations réalisées
pointer	enregistrement des coordonnées et de la valeur du pixel désigné par le curseur dans un fichier
moyenne	calcul de la moyenne et de l'écart-type d'une zone de l'image
histogramme	tracé de l'histogramme de l'image ou d'une zone de celle-ci
3D	tracé en 3 dimensions d'une zone de l'image définie interactivement
profil	tracé du profil d'une ligne de l'image désignée interactivement
coupe	tracé de la coupe de l'image selon un axe quelconque
seuillage	seuillage de l'image
filtres	filtre de la moyenne filtre de la médiane
opération entre images	addition ou soustraction des deux images au sommet de la pile. Incrustation et concaténation
opérateurs de convolution	Laplacien, filtre de Gauss ... L'utilisateur peut ajouter d'autres masques de convolution à ceux fournis.
opérateurs morphologiques	opérateurs classiques de la morphologie mathématique : érosion, dilatation, ouverture, fermeture

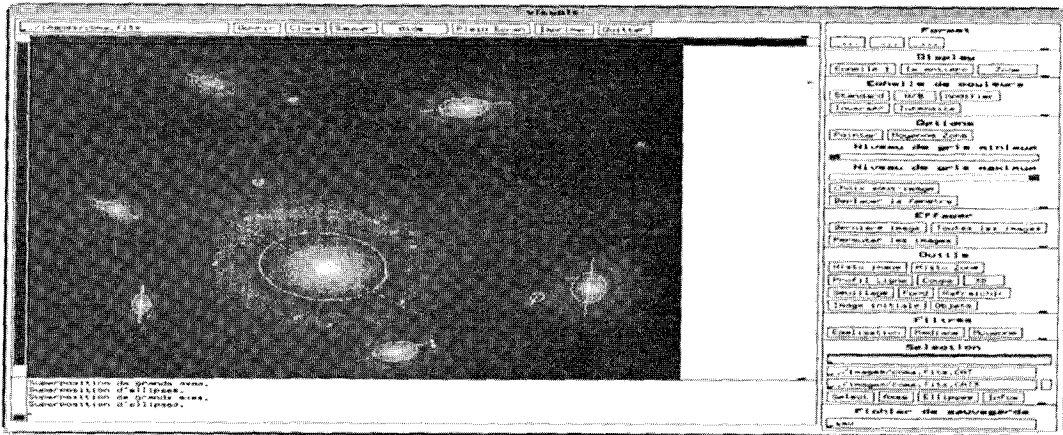


Fig.2. – Affichage des objets sélectionnés

Pour les images astronomiques, Visual+ fournit deux outils de base :

- calcul du "fond de l'image" et soustraction de celui-ci. Cette fonction est utilisée pour retrancher le "fond de ciel" des clichés astronomiques. Le principe de l'algorithme utilisé consiste à mailler l'image, à estimer le fond de ciel dans chacune des mailles en calculant son histogramme. Les valeurs éloignées de la moyenne locale à plus de 3 écarts-type (étoiles ou objets brillants contenus dans la maille) sont rejetées et l'itération de ce procédé conduit en général à une évaluation correcte de la moyenne du fond dans une maille. Ce fond moyen calculé dans chaque maille est ensuite étendu à toute l'image par interpolation linéaire ou quadratique.
- détection des objets contenus dans l'image et calcul des paramètres fondamentaux de ceux-ci. L'algorithme s'appuie sur la connectivité des objets [7] et nécessite un seul balayage de l'image. Les paramètres calculés pour chaque objet sont : l'aire, le flux, la boîte d'encadrement, les coordonnées du centre de gravité, les coordonnées du centre d'inertie, la valeur et les coordonnées d'un pixel de valeur maximale et les paramètres de l'ellipse de dispersion des valeurs des pixels de l'objet (a, b, excentricité, orientation en degrés).

3. Sélection des objets et photométrie

L'astronomie cherche à définir d'une manière précise la position des objets et leur éclat mesuré par la magnitude selon la relation :

$$magnitude = -2.5 \log Flux + Cte$$

Pour cela, on utilise la présence sur les clichés photographiques d'objets de référence, dont la magnitude et la position ont été mesurées avec précision et répertoriées dans des catalogues. Le réponse des émulsions photographiques n'étant pas une fonction

linéaire, il en est de même des mesures de flux par la MAMA. Pour déterminer la magnitude de tous les objets obtenus à un certain seuil, on établit une relation magnitude en fonction du log(flux) en calculant le polynôme des moindres carrés du 3ème degré sur les couples de données (magnitude, log flux) des standards de la plaque. Une image 1024 x 1024 pouvant déjà contenir des milliers d'objets, il a été décidé d'intégrer à la version antérieure de Visual :

- un module de sélection des objets détectés selon des critères définis par l'utilisateur
- l'affichage pour chacun des objets sélectionnés de l'ellipse de dispersion et de son grand axe (figure 2)
- l'accès par un simple pointé sur l'objet à toutes les informations sur un objet.

Ce travail a été réalisé par Cyril Bortzmeyer et Stéphane Guiral [8].

La sélection des objets crée un second catalogue issu du premier mais dont chaque objet vérifie les critères définis par l'utilisateur. Ceux-ci doivent être exprimés à l'aide des mots-clé suivants :

- num : numéro de l'objet
 - x, y : coordonnées du centre de gravité de l'objet (en mm)
 - seuil : seuil de sélection des objets
 - aire : aire des objets (en nombre de pixels)
 - a, b : axes de l'ellipse de dispersion de l'objet
 - teta : angle d'inclinaison de celle-ci
- sous la forme d'expression respectant la grammaire suivante (avec la notation de Backus-Naur)

liste-de-conditions	→	vide
		condition
		liste-de-conditions
		opérateur-logique condition
condition	→	expression relation constante-numérique
expression	→	mot-clef
		fonction "(" expression ")"
		expression opérateur expression
mot-clef	→	num x y flux seuil aire a b
		teta
fonction	→	sqrt int ln exp log
opérateur	→	"+" "-" "*" "/" "%"
relation	→	"<" ">" ">=" "<=" "=="
		"!="
opérateur-logique	→	" " "&&" "!"

Exemple :

log (flux) > 5.6 && seuil == 600 && aire > 100

Le module de sélection fait appel après analyse de la condition à l'utilitaire Unix awk qui filtre les lignes d'un fichier texte source selon des "motifs" ou des conditions fournis par l'utilisateur.

4. AcqVisual, version intégrée au système pilotant la MAMA

AcqVisual possède les mêmes fonctionnalités du point de vue visualisation et traitement d'images que Visual+. Les procédures réalisant l'interface et la visualisation sont quasiment identiques dans les deux applications. Simplement alors que Visual+ lit les fichiers des images sur disque, AcqVisual reçoit les images d'un serveur (en l'occurrence un ordinateur "ENCORE" qui pilote l'acquisition) par l'intermédiaire d'un réseau Ethernet sous les protocoles TCP/IP ou UDP. AcqVisual est constitué de deux processus (figure 3) asynchrones coordonnés par des sémaphores comme dans le problème du "producteur-consommateur" [9].

5. Pour conclure

Visual+ a été conçu dans l'environnement de la MAMA mais il permet à un astronome de traiter rapidement et d'une manière interactive des clichés photographiques. A titre d'exemple, citons son utilisation dans un programme d'observation visuelle d'échantillons de quasars connus en vue d'en extraire d'éventuels mirages gravitationnels [10] et dans celui de la recherche systématique de quasars dans un champ de 40 degrés carré au Pôle Galactique Nord [11]. Il peut aussi être utilisé pour l'enseignement de l'astronomie tant dans les lycées que dans les universités [12].

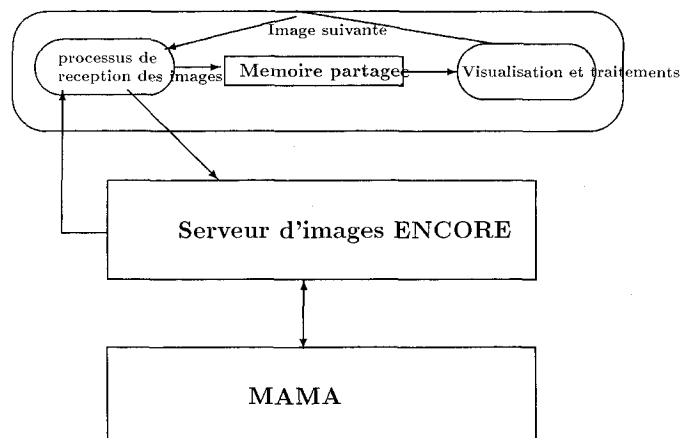


Fig. 3. - AcqVisual : schéma de principe

D'autres applications peuvent être aussi envisagées dans d'autres domaines scientifiques où l'analyse d'images est une composante importante.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. Guibert, O. Moreau Photographic Astronomy with MAMA The Messenger 1991, 64, 69
- [2] J. Guibert The MAMA facility : a survey of scientific programmes Digitised Optical Sky Survey H.T. MacGillivray and E.B. Thomson (eds) Kluwer Academic Publishers 1992
- [3] K. Banse , P. Grosbol, D. Ponz, C. Ounnas, R. Warmels The Midas Image Processing System in Instrumentation for Ground Based Astronomy : Present and Future Springer Verlag 1989
- [4] Wells, Grosbol, Griesen, and Harten. FITS : a Flexible Image Transport System Astronomy & Astrophysics Supplement Series 44, 1981, p. 363
- [5] A. Bijaoui Traitement numérique des images en Astrophysique Ecole d'été d'Aussois édité par l'Observatoire de Nice 1982
- [6] C. Lepecq, N. Rimoux Les fichiers graphiques sur ordinateurs Volume 1 Armand Colin 1991
- [7] R. K. Lutz An algorithm for the real time analysis of digitalised images The Computer Journal Volume 23 Number 3, 1979
- [8] C. Bortzmeyer, S. Guiral Rapport de stage, EFREI, Paris, 1993
- [9] M. Ben-Ari Processus concurrents. Introduction à la programmation parallèle. Masson 1986
- [10] Moreau O., Claeskens J.-F., Gosset E., Reboul H. and Surdej J. : 1993, "Systematic search for gravitational mirages among general quasar samples" (Liège, 21-25 juin 1993), in *Proceedings of the 31st Liège Int. Astroph. Coll. "Gravitational Lenses in the Universe"*, pp. 189-192.
- [11] O. Moreau, H. Reboul Systematic search for UV-excess quasar candidates in 40 square degrees at the North Galactic Pole à paraître dans *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*
- [12] J. Vétois Traitement d'images et enseignement de l'astronomie Les Cahiers Clairaut , 63, 1993

Manuscrit reçu le 30 Novembre 1993.

Version révisée Février 1995

FICHE DE PRESENTATION DU LOGICIEL

titre	visual+ visual2.0 (station Unix) MacVisual (Mac)
type	application interactive
langage	langage C
résumé	Visualisation et analyse interactive d' images astronomiques
matériel	station Unix ou Terminal X MacIntosh; processeur 68020 ou au delà; coprocesseur arithmétique conseillé
mémoire vive	Station : 8Mo Mac : 4 Mo
système	station : Unix Système V Mac : Mac Os version 6.05 ou au delà
graphisme	station : écran Couleur 8 plans graphiques Mac : moniteur couleur 13 pouces ou plus
environnement	station : système de fenêtrage X-Window; librairie Widget Athéna
entrées	station : fichier image; format FITS ou défini par l'utilisateur Mac : fichier image; format FITS, TIFF ou PICT (ou défini par l'utilisateur)
sorties	fichier image; catalogue d'objets fichier de mesures (pointés, zones) impression Laser des images
contact	J. Vétois CAI (MAMA) Observatoire de Paris 77 avenue Denfert-Rochereau 75014 PARIS tel : 40512096 E mail : vetois@lifac1.ens-cachan.fr
documentation	aide intégrée au logiciel
état	logiciel en cours d'utilisation au CAI
maintenance	envoi de mises à jour
acquisition	logiciel du Domaine Public