UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR STRASBOURG

Thèse présentée pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Louis Pasteur
Strasbourg I

Doctorat européen

Discipline : Sciences de la Terre et de l'Univers

par Nausicaa DELMOTTE

Identifications croisées multi-longueurs d'ondes
Application aux
populations stellaires des Nuages de Magellan
et aux
étoiles jeunes de notre Galaxie

Soutenue publiquement le 7 novembre 2003

Membres du jury

M^me Agnès ACKER	Professeur	Strasbourg	Examinateur
M Olivier BIENAYMÉ	Astronome	Strasbourg	Rapporteur interne
M Fernando COMERÓN	Astronome associé	ESO	Co–Directeur de Thèse
M Daniel EGRET	Astronome	Paris	Directeur de Thèse
M^me Mary KONTIZAS	Professeur associé	Athènes	Rapporteur externe
M Jordi TORRA	Professeur associé	Barcelone	Rapporteur externe

UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR STRASBOURG

Ph.D. degree
Louis Pasteur University
Strasbourg I

European doctorate

Field: Earth and Universe Sciences

by Nausicaa DELMOTTE

Multiwavelength Cross–Identifications of Stars

Application to

Stellar Populations in the Magellanic Clouds

and to

Young Stars of our Galaxy

Publicly defended on 7th November 2003

Members of the jury

Mrs Agnès ACKER	Professor	Strasbourg	Examiner
Mr Olivier BIENAYMÉ	Astronomer	Strasbourg	Internal Referee
Mr Fernando COMERÓN	Associate Astronomer	ESO	Co-Advisor
Mr Daniel EGRET	Astronomer	Paris	Advisor
Mrs Mary KONTIZAS	Associate Professor	Athens	External Referee
Mr Jordi TORRA	Associate Professor	Barcelona	External Referee

A ma famille.

Lieux de travail Research Places

Cette thèse à label européen a été effectuée :

★ d'une part à l'Observatoire Astronomique de Strasbourg, France, au sein de l'équipe CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) ;

★ d'autre part au sein de l'Organisation Européenne pour des Recherches Astronomiques dans l'Hémisphère Austral (ESO, *European Southern Observatory*), Garching bei München, Allemagne.

De plus, j'ai bénéficié d'un monitorat, 64 heures TD par an, dans le cadre du CIES (Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur) Alsace. Au cours de ces trois années de thèse, j'ai donc enseigné à l'Université Louis Pasteur : la mécanique céleste, l'astronomie fondamentale, l'algorithmique et la programmation en langage C en DEUG MIAS, la planétologie, la communication et la méthodologie de la recherche en DEUG STU.
J'ai également contribué à la traduction française de la série d'exercices d'astronomie pour le collège/lycée intitulée ESA/ESO Astronomy Exercise Series (voir http://www.astroex.org/).

This european doctorate has been conducted both:

★ at the Strasbourg Astronomical Observatory, France, within the CDS (Strasbourg astronomical Data Center) team;

★ at the European Southern Observatory (ESO), Garching bei München, Germany.

Furthermore I have been involved throughout these years in a teaching program, 64 hours per year, in the framework of CIES Alsace. I taught celestial mechanics, fundamental astronomy, planetology, algorithmic and C programming, communication and research methodology to students in their 1st and 2nd year at Louis Pasteur University.
I also helped translating from english to french the ESA/ESO Astronomy Exercise Series for use in high school (see http://www.astroex.org/).

CDS, Observatoire Astronomique de Strasbourg
11 rue de l'Université
67000 Strasbourg - FRANCE
Tél. +33 (0)3 90 24 24 10
Fax. +33 (0)3 90 24 24 32

ESO Headquarter Garching
Karl–Schwarzschild–Str. 2
85748 Garching bei München - GERMANY
Tel. +49 89 3200 60
Fax. +49 89 320 2362

CIES Alsace
Faculté de Médecine
11 rue Humann
67085 Strasbourg Cedex - FRANCE
Tél. +33 (0)3 90 24 31 25/26
Fax. +33 (0)3 90 24 31 24

Remerciements

Je tiens à remercier le directeur de l'Observatoire Astronomique de Strasbourg, Jean-Marie Hameury, et le responsable de l'Office for Science de l'ESO, Bruno Leibundgut, pour m'avoir accueillie au sein de leur laboratoire respectif pendant mes trois années de thèse.

Ce travail de thèse n'aurait pas été possible sans tout d'abord la confiance de mon directeur de thèse, Daniel Egret, qui m'a permis de participer à des projets européens tournés vers la construction de l'Observatoire Virtuel. Ensuite, mon co-directeur, Fernando Comerón, m'a permis de développer le volet astrophysique de mon travail de recherche en me sensibilisant au domaine passionnant des étoiles massives. Finalement, j'ai eu la chance de me rendre au Chili à l'Observatoire de La Silla afin d'appréhender la dimension observationnelle de l'astronomie sur le WFI. L'émerveillement devant la beauté complexe des nébuleuses gazeuses est sans fin. J'ai aussi eu le plaisir de contempler les Nuages de Magellan à l'œil nu… et de découvrir un magnifique pays !

Les premiers temps passés à Strasbourg sont marqués par plusieurs amitiés : Sandrine (et sa compréhension), Laurent (et ses moqueries), Jérôme (et les week-ends en Alsace), Lars (et les pointeurs en C) et Christèle (fan de Kandinsky). Je n'oublie pas non plus les moniteurs du CIES, Josselin, Julien et Paul, pour leur ouverture d'esprit et leur monde si différent de celui de l'astronomie, mais tout aussi fascinant. Le temps passé à l'ESO a été riche culturellement grâce à sa communauté internationale et surtout franco-italiano-chilienne avec en particulier Aurore (ALMA-girl), Giancarlo (sorry, sorry, sorry), Jérémy (et ses blagues tordues), Ricardo (et le Mahna Mahna), Thomas (et ses ragots) … et bien d'autres !

Un clin d'œil à Sébastien, premier compagnon d'aventure en astronomie depuis le DEA, ainsi qu'à Hélène, amie d'enfance, et Catherine, Alsacienne de cœur.

Un merci très spécial à Sébastien, qui construit mes télescopes, et est l'artisan d'une certaine daube niçoise…

Finalement, un grand merci à ma famille et mes parents qui m'ont toujours encouragée dans mes études et soutenue dans les moments difficiles.

Résumé

Cette thèse bénéficie de la mise à disposition publique récente des grands relevés infrarouges et visibles et s'inscrit dans le cadre de l'Observatoire Virtuel émergent.

Nous avons réalisé un *Master Catalogue of stars towards the Magellanic Clouds* (MC2) basé sur l'identification croisée multi-longueur d'onde des catalogues de sources ponctuelles DENIS, 2MASS, GSC-II et UCAC. D'importants résultats sur la précision et la calibration astro-photométriques de ces catalogues ont été établis. Le MC2 est accessible en ligne au travers d'une interface web spécialement conçue pour gérer sa nature composite. Nous avons produit des vues multi-spectrales du GNM, où ses populations stellaires variées se distinguent de façon remarquable dans les diagrammes couleur-couleur et couleur-magnitude construits à partir de magnitudes à la fois visibles et infrarouges.

Nous avons calibré les magnitudes absolues des étoiles de type B dans le proche infrarouge, en fonction de leur type spectral. Nous avons combiné des mesures de distance de grande qualité basées sur les données Hipparcos avec la photométrie homogène des sources ponctuelles proche-infrarouges 2MASS. Les données ont été corrigées de l'extinction et nous avons évalué par le biais de simulations la contribution de divers erreurs de mesure et effets physiques (binarité, rotation) à la dispersion observée sur la calibration. C'est une étape nécessaire à la détermination de la structure du disque jeune Galactique et des distances et propriétés de jeunes amas ouverts découverts par les grands relevés infrarouges tels 2MASS.

Nous avons commencé une analyse morphologique et multi-longueur d'onde de régions ionisées et de leurs étoiles dans le GNM, imagées en bande étroite. L'interaction réciproque des étoiles massives avec le milieu interstellaire environnant permet d'approfondir l'histoire de formation stellaire locale et le contenu stellaire de ces régions ainsi que d'obtenir un schéma de leur évolution dynamique.

Mots-clefs : *grands relevés, catalogues astronomiques, Observatoire Virtuel, identification croisée, analyse de données, statistiques, populations stellaires, Nuages de Magellan, distances, infrarouge, étoiles de type jeune, structure Galactique, régions HII, étoiles massives, milieu interstellaire, imagerie en bande étroite, histoire de formation stellaire.*

Abstract

My thesis benefits from the recently released infrared and visible large surveys and takes place within the framework of the ongoing Virtual Observatory.

I built a Master Catalogue of stars towards the Magellanic Clouds (MC2) based on multiwavelength cross-identifications of the DENIS, 2MASS, GSC-II and UCAC point source catalogues. I derived important results on the astro-photometric accuracy and calibration of the cross-identified catalogues. The MC2 can be queried on-line through a dedicated web interface I designed to handle its composite nature. I produced multispectral views of the LMC where its various populations discriminate remarkably well in colour-colour and colour-magnitude diagrams based on both infrared and visible wavelengths. The MC2 provides an unprecedented basis for the study of stellar populations in the Magellanic Clouds and for further cross-identifications with catalogues at other wavelengths.

I calibrated the absolute magnitudes of the B-type stars in the near-infrared, as a function of their spectral types. I combined high quality Hipparcos-based distance measurements with homogeneous photometry from the near-infrared 2MASS point sources. I corrected the data from extinction effect and assessed by means of simulations the contribution of various measurement errors and physical effects (binarity, rotation) to the scatter observed in the calibration. It is a mandatory step towards the determination of the structure of the young Galactic disk and of the distances and properties of young open clusters revealed by large area infrared surveys such as 2MASS.

I started a morphological and multiwavelength analysis of ionized regions and their stars in the LMC, observed in narrow-band imaging. Massive stars and their reciprocal interaction with the surrounding interstellar medium enable to gain insight into the local star formation history and stellar contents of these regions and to obtain a sketch of their dynamical evolution.

Keywords: *Surveys, Astronomical Catalogues, Virtual Observatory, Cross–Identifications, Data Analysis, Statistics, Stellar Populations, Magellanic Clouds, Distances, Infrared, Early–Type Stars, Galactic Structure, HII Regions, Massive Stars, Interstellar Medium, Narrow–Band Imaging, Star Formation History.*

Publications related to this work [a]

- REFEREED ARTICLES:
  - 2003
    "Near-Infrared absolute magnitude calibration for B-type stars."
    N. Delmotte and F. Comerón
    Submitted to A&A.

  - 2003
    "The kinematical map of the ionized gas of the supergiant shell LMC2."
    A. Laval, P. Ambrocio-Cruz, M. Rosado, Y. P. Georgelin, M. Marcelin, F. Comerón, **N. Delmotte** and A. Viale
    Submitted to AJ.

  - 2003
    "On the usefulness of finding charts. Or the runaway carbon stars of the Blanco & McCarthy field 37."
    C. Loup, **N. Delmotte**, D. Egret, M.-R. Cioni and F. Genova
    ADS 2003A&A...402..801L - astro-ph 302385

  - 2002
    "The Master Catalogue of stars towards the Magellanic Clouds.
    I. Multispectral surveys of the Large Magellanic Cloud."
    N. Delmotte, C. Loup, D. Egret, M.-R. Cioni and F. Pierfederici
    ADS 2002A&A...396..143D - astro-ph 0209207 - Cover page A&A Journal

Publications related to this work [b]

- CONFERENCE PROCEEDINGS:
  - 2002
    "The Master Catalogue of stars towards the Magellanic Clouds."
    N. Delmotte, C. Loup, D. Egret and M.-R. Cioni
    VO conference Toward an International Virtual Observatory
    Scientific Motivation, Roadmap for Development and Current Status
    Garching bei München, Germany, June 10-14, 2002
    To appear in the Springer-Verlag series "ESO Astrophysics Symposia".
  - 2001
    "Cross-identification of Dense Stellar Catalogues towards the Magellanic Clouds."
    N. Delmotte, D. Egret, C. Loup and M.-R. Cioni
    JENAM 2001, Joint Discussion Virtual Observatory
    Munich, Germany, September 10-15 2001
    Astronomische Gesellschaft Abstract Series, Vol. 18.
  - 2001
    "Cross-matching DENIS and 2MASS Point Sources towards the Magellanic Clouds."
    N. Delmotte, D. Egret, C. Loup and M.-R. Cioni
    SPIE conference, Astronomical Data Analysis
    San Diego, USA, August 2001
    in Proc. SPIE Conf. vol. 4477, pp 301.

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux