

ASTROMATIC UNE ACTIVITÉ DE SERVICE DÉDIÉE AU DÉVELOPPEMENT D'OUTILS LOGICIELS DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES IMAGES ASTRONOMIQUES GRAND CHAMP

LA FABRICATION DES CATALOGUES: UN TRAVAIL FASTIDIEUX

SKYMAKER, STUFF ET LES SIMULATIONS D'IMAGES

SEXTRACTOR

LA SUITE ASTROMATIC

LES UTILISATEURS

PSFEX ET LA MODÉLISATION DE LA RÉPONSE IMPULSIONNELLE

LES DÉFIS DU "MULTI-RELEVÉ"

SCAMP ET LE PROJET DANCE

SEXTRACTOR 3

Le problème de la construction de catalogues à partir de clichés du ciel est presque aussi ancien que celui de la photographie astronomique. De la "Carte du Ciel" aux relevés récents, beaucoup d'efforts ont été accomplis en France pour tenter de rationaliser, puis automatiser le processus.

À l'IAP, la machine "XY" perfectionnée par François Sèvre à la fin des années 80 permettait déjà l'étalonnage astrométrique semi-automatisé de plaques photographiques, et la mesure de positions dans des catalogues obtenus par identification visuelle. À partir des années 90, la Machine Automatique à Mesurer pour l'Astronomie (MAMA) installée à l'Observatoire de Paris assura la numérisation en masse de plaques photographiques pour plusieurs programmes scientifiques de l'institut.

L'évaluation des performances des codes d'analyse de données passe inévitablement par des simulations d'image. AstrOmatic a développé ses propres outils pour simuler de façon réaliste de très larges quantités d'observations du ciel en un temps restreint ; SkyMaker et Stuff sont régulièrement mis à contribution pour évaluer précisément les performances d'imageurs grand champ en projet, comme Imaka ou plus récemment MegaCam-RED.

Alors doctorant à l'IAP, Emmanuel Bertin développe au début des années 90 un outil logiciel totalement automatisé d'extraction de sources : SExtractor (Source Extractor). Sa finalité est alors la construction d'un catalogue d'un million d'objets extraits de plaques numérisées à la MAMA pour un programme d'identification de sources infrarouges initié par Michel Dennefeld. Avec l'aide d'un autre doctorant, Stéphane Arnouts, l'outil est facilement adapté pour fonctionner sur les images des détecteurs à transfert de charge (CCD) et extraire le catalogue photométrique du relevé ESO-Sculpteur conduit par Valérie de Lapparent. L'outil diffuse alors rapidement dans la communauté mondiale ; en produisant notamment les catalogues des premières observations ultra-profondes des télescopes Keck et Hubble. Depuis, plus de 4000 travaux scientifiques ont fait appel à SExtractor.

Au fil de plusieurs grands relevés tels que DeNIS, l'ESO Imaging Survey, et surtout le CFHT Legacy Survey (pour lequel le centre de traitement TERAPIX dirigé par Yannick Mellier est créé à l'IAP à la fin des années 90), une série d'outils vient progressivement compléter SExtractor. Pour tous ces outils qui forment désormais la suite logicielle **AstrOmatic**, les priorités sont toujours les mêmes: automatisation maximale, robustesse, et vitesse d'exécution. À partir de 2009 le soutien aux centaines d'utilisateurs réguliers est assuré via un site web dédié: astromatic.net. Quelque temps après, Florence Durret et Gary Mamon viennent prêter main forte au futur service d'observation AstrOmatic à l'IAP.

Les utilisateurs des outils AstrOmatic sont majoritairement des astronomes professionnels, comme le révèle notamment l'empreinte prédominante des grands observatoires et centres de traitement de données dans la distribution géographique des requêtes effectuées sur le site astromatic.net. On compte cependant parmi les utilisateurs plus occasionnels des astronomes amateurs avertis intéressés par l'exploration de très grands champs.

Une connaissance précise de la réponse impulsionnelle et de ses variations sur le champ de vue est indispensable pour effectuer les mesures astrométriques, photométriques et morphométriques les plus précises, et caractériser la qualité des images.

L'outil AstrOmatic PSFEX (PSF Extractor) automatise totalement le processus de modélisation de la réponse impulsionnelle, y compris pour les données sous-échantillonnées, et fournit une série de diagnostics destinés au contrôle-qualité.



L'accumulation d'images profondes obtenues sur les mêmes régions du ciel avec divers instruments grand-champ offre désormais la possibilité d'élargir les dimensions spectrale et temporelle des données. De fait, la possibilité d'analyser conjointement de vastes ensembles hétérogènes d'observations est un enjeu déterminant pour la valorisation scientifique des grands relevés actuels et à venir.

Grâce à son approche "tout-terrain", la suite logicielle AstrOmatic autorise une automatisation poussée de la manipulation de données hétérogènes. Plusieurs expériences servent actuellement de laboratoire pour le développement des logiciels AstrOmatic plus avant dans cette direction.

Coordonné par H. Bouy (Center for Astrobiology, Madrid), DANCe étudie la cinématique d'amas ouverts proche par le biais d'images d'archives et d'observations plus récentes, et met à profit la capacité du logiciel AstrOmatic SCAMP à réaliser un étalonnage croisé photométrique et astrométrique de grande précision sur des dizaines de configurations instrumentales différentes et impliquant des milliers de poses. Les mesures de mouvements propres obtenues atteignent une précision d'une fraction de milliseconde d'angle par an jusqu'à la magnitude i-22.

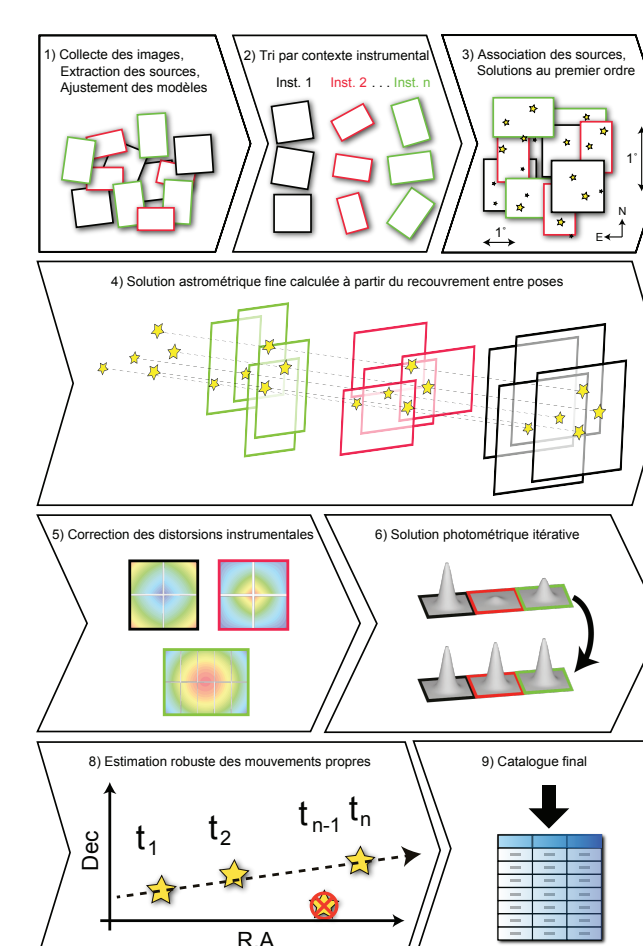
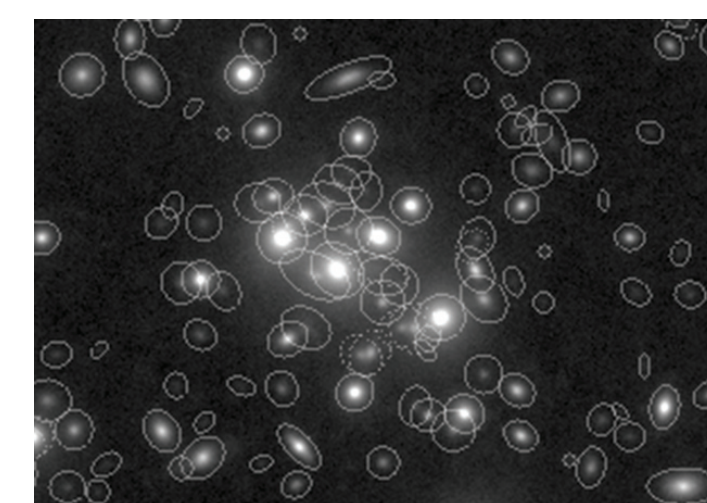


Schéma de fonctionnement de l'outil AstrOmatic SCAMP dans le contexte du projet DANCe (Bouy et coll. 2013)

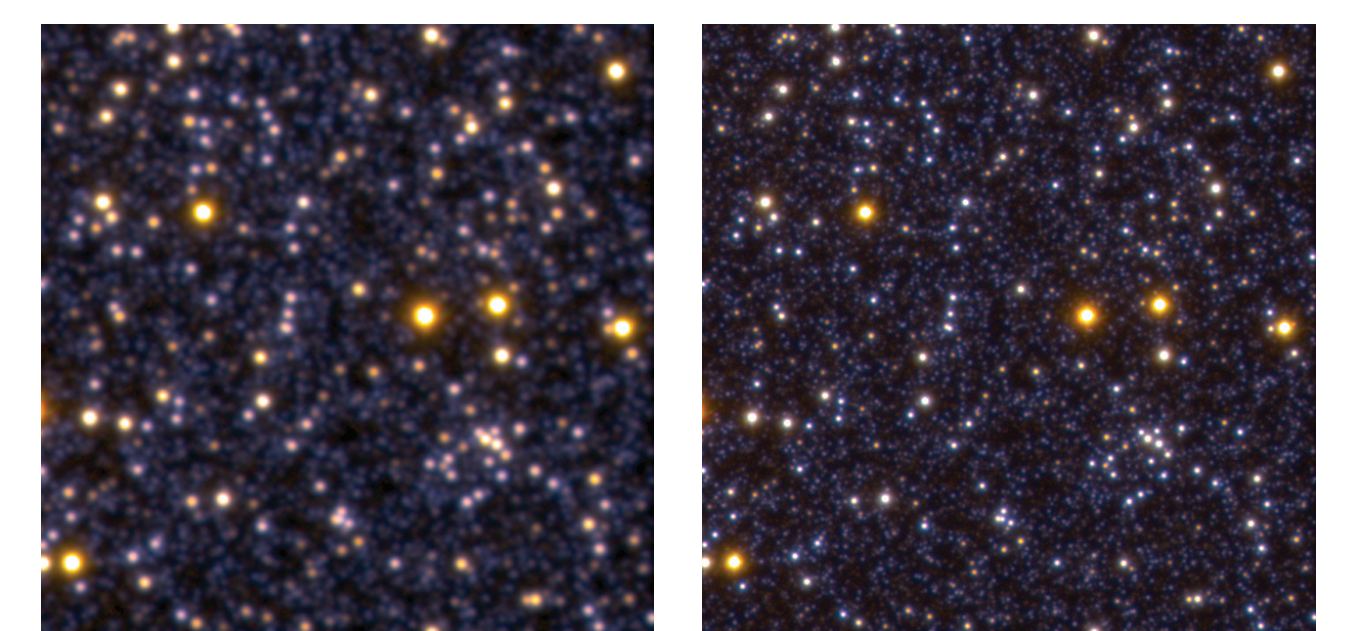
Actuellement en développement, la version 3 de SExtractor offre la possibilité d'analyser simultanément le contenu de plusieurs milliers d'images de qualité hétérogène sur des grilles de pixels indépendantes. Cette nouvelle approche doit rendre largement superflues les opérations complexes d'homogénéisation de réponse impulsionnelle et de combinaison d'images dans les grands relevés sol. SExtractor 3 améliore également grandement la précision des mesures sur les sources superposées. Le prototype mis au point est expérimenté au sein de plusieurs projets, au premier rang desquels le Dark Energy Survey, et à l'IAP les études de morphométrie multispectrale des galaxies conduites par Valérie de Lapparent et l'ANR AMALGAM coordonnée par Raphaël Gavazzi.



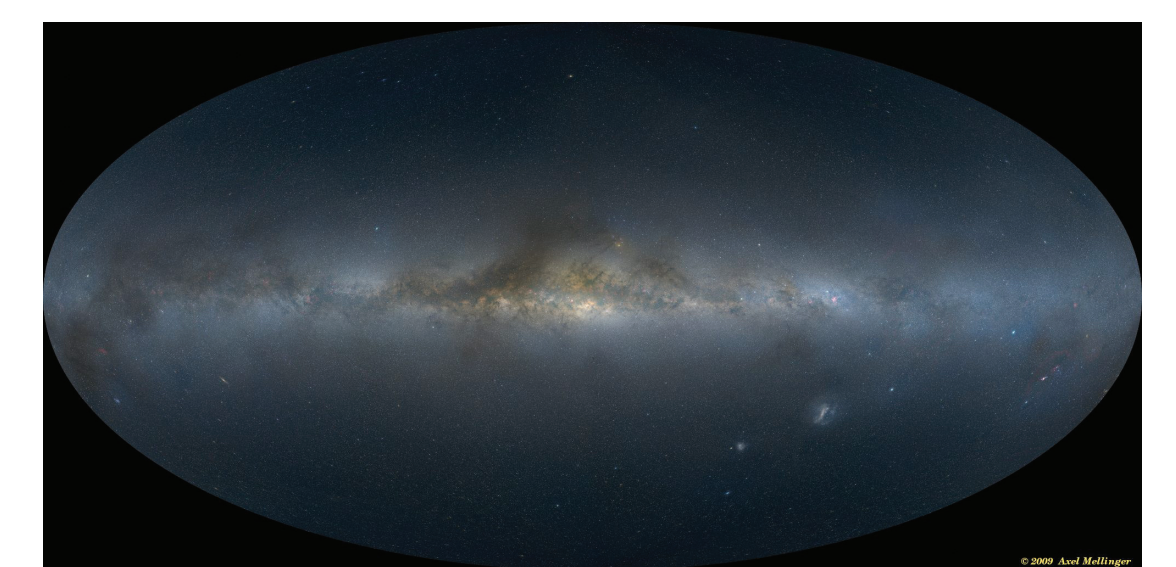
Le bureau des mesures des clichés à l'Observatoire de Paris (Klumpke 1895)



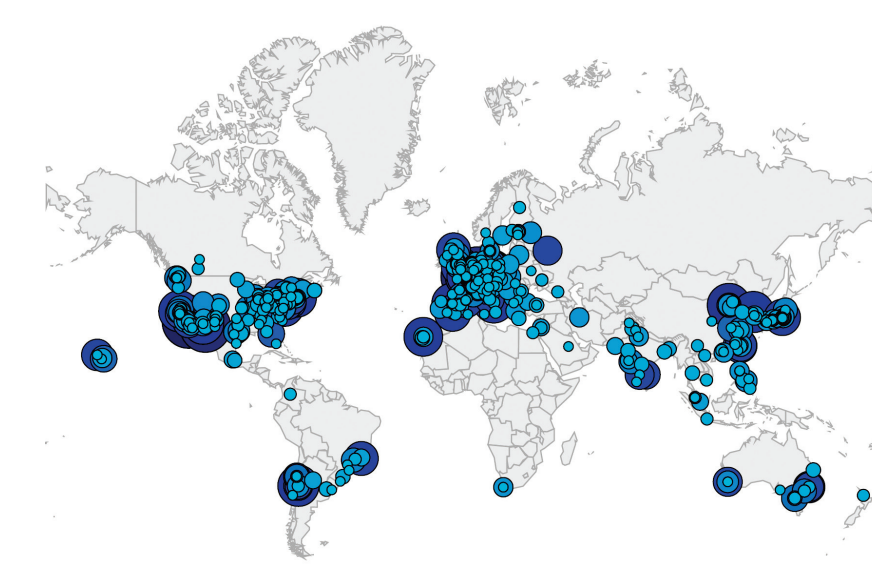
Segmentation d'image (haut) et identification des sources (bas) opérées par SExtractor dans un amas de galaxies dense.



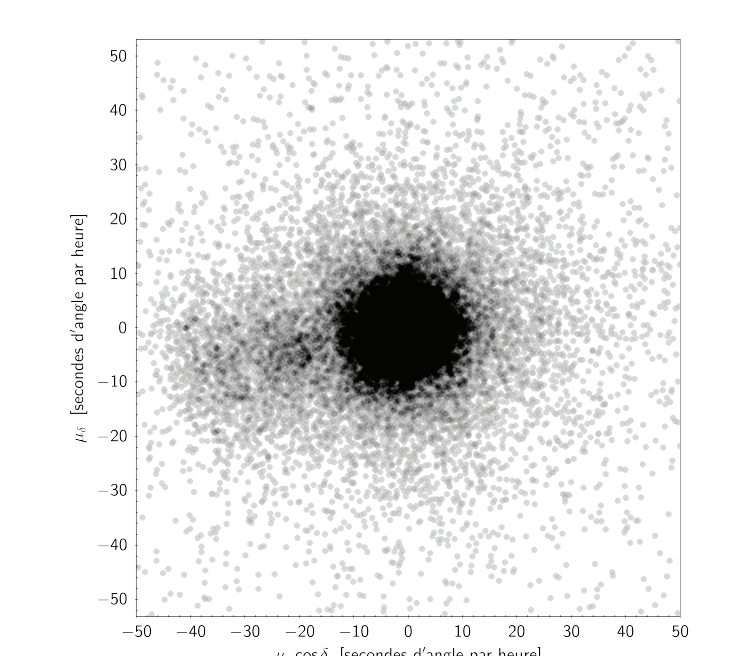
Fragments d'images simulées d'une pose d'une heure par filtre visible sur un champ stellaire situé dans la région du bulbe galactique, avec l'instrument MegaCam (à gauche) et la caméra à optique adaptative du projet Imaka (à droite) au foyer primaire du télescope de 3.6m CFHT.



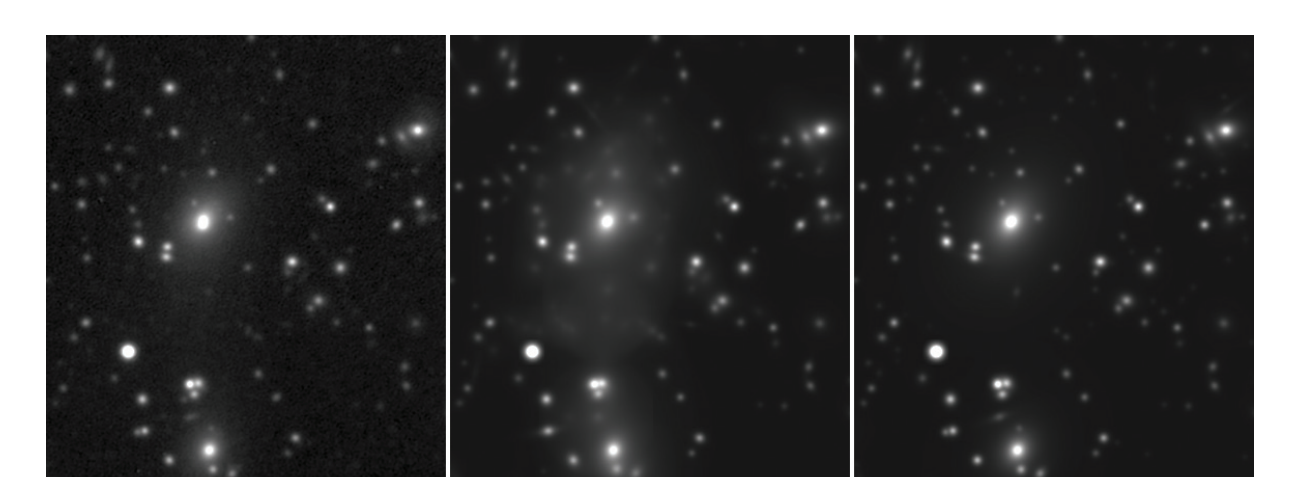
Avec l'aide des outils AstrOmatic SExtractor et SWarp, Axel Mellier a combiné plus de 3000 images numériques obtenues dans les deux hémisphères pour créer le grand panorama intégré du ciel constituant la base du Cambridge Photographic Sky Atlas.



Cartes PSFEX de la largeur à mi-hauteur (à gauche), de l'ellipticité (au centre) et de l'asymétrie (à droite) de la réponse impulsionnelle sur une pose obtenue avec la caméra grand champ à mosaïque de détecteurs MegaCam.



Mouvements apparents mesurés pour 3 millions de sources dans la région des Pléiades par le projet DANCe: a) à l'échelle de la dizaine de secondes d'angle par heure, mettant principalement en évidence les astéroïdes de la ceinture principale regroupés le long de l'écliptique (nuage de points dans la partie gauche) et b) le même diagramme agrandi: quatre millions de fois, où l'on distingue clairement la petite tâche créée par le mouvement relatif des étoiles de l'amas des Pléiades (Bertin et coll. 2013).



Modélisations de la distribution de lumière dans les amas de galaxies BCG010-548A par SExtractor 2 (au centre) et une version préliminaire de SExtractor 3 (à droite), comparées à l'image originale (à gauche) justement conjugué des sources superposées dans SExtractor 3 apporte une robustesse bien supérieure aux mesures des extensions diffusées des galaxies situées dans les zones denses du ciel.

