

Astrometry.net consiste en une suite de logiciels, écrits en C et en Python, permettant d'effectuer efficacement l'astrométrie autant sur des images scientifiques (par exemple en format .fits) que pour des images d'astronomie amateur. Dans le cas particulier qui intéressera la plupart d'entre nous, celui-ci permet de fournir une entête standard contenant les transformations de coordonnées entre les coordonnées (X,Y) d'une image .fits et les coordonnées (RA,DEC) en format J2000. Le code permet même de calculer les distortions de deuxième ordre dans une image en fournissant les polynômes SIP, qui sont un standard en astronomie (en particulier ds9, IRAF et les routines de l'astrolib en IDL les comprennent bien).

La beauté de cette librairie réside non pas dans le fait qu'elle soit écrite en Python, mais dans sa robustesse et sa puissance divinatoire : vous pouvez fournir au code une image contenant un champ d'étoiles sans lui dire quoi que ce soit (et sans header) et il arrivera avec un très haut taux de succès à faire son astrométrie. Bien entendu, vous pouvez optionnellement fournir plusieurs indices pour accélérer le temps de calcul, comme la taille de votre champ, sa position approximative, etc. La version complète du code, pouvant rouler sans connection internet, peut s'installer sur un ordinateur personnel en nécessitant entre 3 et 30 Gig d'espace disque (selon l'utilisation que vous prévoyez en faire). Pour accomplir sa tâche, le programme se fie à une combinaison des catalogue USNO-B et 2MASS, contenant au total plus d'un milliard et demi de sources, ce qui rend (à mes yeux) presque shamanesque son coût relativement faible en espace disque. Il y a un autre grand avantage à cette librairie, et c'est qu'elle ne vous fournira jamais de réponse fausse lorsqu'elle n'arrive pas à trouver la position astronomique d'un champ d'étoiles. Ça ne m'est jamais arrivé en passant une dizaine de milliers d'images dans le code et l'article cité ci-haut nous assure que ça n'arrive jamais.

Cependant, il ne faut jamais oublier que faire l'astrométrie peut être une tâche hardue (ceux qui ont déjà essayé de le coder et qui ont du même fait perdu 10% de leurs capillarité me comprennent). Ainsi, il arrive que sur certains champs d'étoiles très denses, ou au contraire très peu denses, que le code n'arrive à aucune solution : ce qui est bien est qu'il vous l'admette, sans vous donner une fausse réponse au lieu. Aussi, le temps de calcul requis pour effectuer l'astrométrie peut varier entre 0.5 secondes pour un champ d'étoiles facile avec quelques indices, ou bien une trentaine de minutes pour un champ d'étoiles un peu pathologique pour lequel vous ne connaissez pas trop d'informations. Habituellement, lorsqu'on utilise bien le code sur un champ qui n'est pas trop pathologique, 5 minutes suffisent amplement.

Vous l'aurez deviné, une librairie de codes en Python et C, ça doit être l'enfer de l'installer sur une machine qui ne roule pas sous linux, non ? La réponse est non, ça s'installe même sur Windows à l'aide du populaire émulateur linux qui s'appelle Cygwin, c'est juste un peu plus compliqué (mais c'est quand même très raisonnablement faisable). Je n'ai pas essayé de l'installer sur Mac mais c'est probablement plus facile que sur Windows. Allez voir les liens à la fin du document pour plus d'informations sur comment l'installer.

Les développeurs de cette série de codes entretiennent une philosophie de libre-partage des données astronomiques, c'est pourquoi ils fournissent les fichiers nécessaires à l'installation du code (c'est-à-dire les fichiers d'index, vous verrez plus tard) sur demande à condition que vous leurs spécifiez personnellement, par email, que vous utiliserez ces données à des fins non-lucratives, donc pour un projet comme Opiomm ou bien pour publier un papier scientifique.

Il est possible d'appeler les routines d'astrometry.net directement à partir d'IDL, même si celles-ci sont écrites en Python et en C. C'est ce que j'ai fait dans un code s'appelant "astrometrynet.pro" que vous pourrez obtenir en demandant aux organisateurs de l'atelier étudiant. Le paquet est un fichier compressé en ZIP contenant les routines de l'astrolib, ainsi que celles de ma librairie personnelle, dont vous aurez besoin pour le faire fonctionner. Vous devrez lire l'entête de "path\_library.pro" et "astrometrynet.pro", ainsi que de modifier vous-mêmes un peu path\_library.pro pour faire fonctionner le tout (allez lire les entêtes et vous comprendrez !).

Si vous ne désirez pas traiter un nombre élevé d'images, une solution beaucoup plus simple et plus "manuelle" s'offre à vous : le site web <http://nova.astrometry.net/>. Vous pouvez y uploader une image .fits et des serveurs mis à votre disposition se chargeront de faire l'astrométrie, vous livrant en retour un header contenant tout ce dont vous avez besoin. Vous avez même la possibilité de vous créer un compte via OpenID, par exemple en reliant votre compte Gmail, et vous pourrez consulter à posteriori les images que vous aurez soumises. Malgré la forte intention de Mr. Hogg de rendre l'information astronomique plus accessible avec Astrometry.net, une option vous permet de rendre les images que vous envoyez au serveur "confidentielles", c'est-à-dire qu'elles ne seront pas postées sur la page d'introduction du site web, où tous pourraient la consulter.

Cependant, ses possibilités ne s'arrêtent pas là : vous pouvez aller jusqu'à fournir des images en format .jpg sur Flickr et le programme pourra annoter sur vos images ce qui vous enchante, comme des grilles de coordonnées, des constellations, des noms d'objets, des "Long Cats", etc.

C'est bien beau tout cela, mais comment s'y sont-ils pris pour construire cette librairie de codes, presque magique, qui devine si bien et si rapidement l'emplacement de vos étoiles ? Eh bien leur secret vous sera ici dévoilé. Lorsqu'on tente de deviner la position d'un champ d'étoiles dans le ciel, la principale difficulté est qu'on ne connaisse à priori ni l'orientation, l'échelle et la position exacte du champ. Non seulement c'est un problème de minimisation à 6 paramètres, mais certaines étoiles sont coquines et possèdent un grand mouvement propre. Il ne sera donc jamais possible de trouver une solution exacte, car certaines étoiles pourraient avoir bougé, ou bien être seulement des taches sur votre CCD. En plus, il y a un bruit toujours présent dans la détermination des positions de vos étoiles qui ne soit pas représentable par une transformation linéaire. La question se pose alors ; comment faites-vous, vous autres, lorsque vous tentez de reconnaître un finding chart avec vos yeux ?

Ce que l'on tente naturellement de faire, c'est de reconnaître des “formes”, ou des “micro-constellations” d'étoiles, qui soient semblables entre votre champ et le champ de référence. C'est la façon dont fonctionne l'algorithme d'astrometry.net. Plus précisément, celui-ci prend pour commencer une combinaison aléatoire de 4 étoiles, suffisamment brillantes, dans votre image. Les deux étoiles les plus éloignées deviennent les points de repères, c'est-à-dire les positions (0,0) et (1,1) d'un système de coordonnées orthogonal (un “quadrillé” ayant subi une transformation linéaire). Les coordonnées des deux autres étoiles définissent alors le “nom” de la constellation. La raison pourquoi ceci est ingénieux est que, peu importe la rotation et l'échelle de votre champ, pour une combinaison d'étoiles données, le “nom” de la constellation sera le même : Il est alors déjà possible de faire une courte liste des endroits dans le ciel contenant une constellation semblable. En continuant ainsi avec des constellations de moins en moins brillantes, le code finit par converger vers une réponse positive ou négative, avec un taux de fausse réponse extrêmement faible. Maintenant, vous êtes en mesure d'apprécier le logo du projet.

Il est temps de vous expliquer pourquoi certaines utilisations du code prennent moins d'espace disque que d'autres. Pour accélérer la vitesse d'exécution, l'équipe d'astrometry.net ont déjà calculé à partir de 2MASS et USNO-B un immense nombre de “noms de constellations”, ou “d'index” comme ils les appellent. Ceux-ci ont alors été classés selon la taille des constellations, dans des “fichiers d'index” (index files). Par exemple, le fichier d'index #200 contient les constellations de tailles entre 2 et 2.8 minutes d'arc. Ainsi, lorsque vous désirez faire l'astrométrie d'un grand nombre d'images, mais que vous savez que vos images font 30 x 30 minutes d'arc (exemple pris totalement au hasard), vous n'aurez besoin que de certains fichiers d'index, ceux qui font environs entre 0.3 et 30 minutes d'arc.

### Liens utiles :

- Article de D.Lang, D.Hogg et al. sur le sujet : <http://adsabs.harvard.edu/abs/2010AJ....139.1782L>
- Site web du projet : <http://astrometry.net/>
- Site web où vous pouvez uploader vos images : <http://nova.astrometry.net/>
- Informations pour l'installation : <http://trac.astrometry.net/browser/trunk/src/astrometry/README>
- Forum des utilisateurs du projet (si vous avez des questions !) : <http://forum.astrometry.net/>
- Plus d'informations sur la transformation linéaire et les polynômes SIP standards : [http://tdc-www.harvard.edu/wcstools/SIP\\_distortion\\_v1\\_0.pdf](http://tdc-www.harvard.edu/wcstools/SIP_distortion_v1_0.pdf)