

Le ciel profond plus proche: projet StarTrack

B. Lott, CENBG, Août 2019

Introduction

Parmi les sciences fondamentales, l'astronomie jouit auprès du grand public, quel que soit son âge, d'une place privilégiée. Cet engouement se traduit par l'existence d'associations d'observateurs amateurs, la tenue d'événements populaires comme la Nuit des Etoiles, la publication de revues de vulgarisation dédiées. Cependant, malgré cet intérêt, une grande partie du public observe rarement le ciel et le connaît mal. C'est malheureusement encore plus vrai chez les jeunes. Il suffit de sonder des lycéens pour découvrir que moins de 20% ont déjà vu la Voie Lactée. Cette situation est évidemment liée à la pollution lumineuse et à l'urbanisation importante de la population. Cependant, même si des études récentes montrent que plus de la moitié de la population mondiale ne peut plus voir la Voie Lactée, des zones préservées, trop peu nombreuses certes, persistent parfois à des distances relativement raisonnables (~ 30 km) de centres urbains. Les résultats du sondage évoqué plus haut évoluent peu que l'on pose la question à des élèves de Bordeaux ou de Pau, alors que ces derniers ont des zones sombres épargnées de la pollution lumineuse bien plus proches de chez eux que les premiers. Une grande méconnaissance des possibilités d'observation existe donc.

Contempler un beau ciel étoilé est une source d'émerveillement, qui comblera beaucoup. Mais comment aller plus loin, au-delà de la connaissance des constellations les plus communes, et partir à la découverte d'objets célestes plus difficiles ? Franchir ce pas est compliqué par plusieurs facteurs. Il nécessite un équipement adéquat, souvent coûteux et difficile à maîtriser. De plus, les objets sont petits dans le ciel. Les instruments permettant des grossissements importants présentent de petits champs de vue, ce qui est vrai même pour des jumelles. Plus d'un amateur s'est découragé devant la difficulté de mettre l'objet désiré dans le champ de vue de son instrument (bien que l'avènement de la technologie « GOTO » sur les montures de télescope évoluées ait représenté un progrès considérable). Ces difficultés en rebutent beaucoup et peu accepteront l'investissement en argent et en temps d'apprentissage nécessaires pour goûter aux plaisirs de l'astronomie amateur. Peut-on développer une approche intermédiaire entre les observations visuelles et télescopiques ? La photographie avec un appareil standard équipé d'un petit téléobjectif et placé sur une petite monture (compensant la rotation apparente du ciel) peut constituer une telle approche. Une pose assez longue permet de révéler des objets invisibles à l'œil nu et le grand champ de vue garantit que l'objet désiré y soit présent. Même si l'objet sera petit sur la photo, avec peu de détails, il sera intéressant de comparer l'image avec celles obtenues avec des instruments plus puissants. Nous présentons ici une monture astronomique à fabriquer soi-même pour un coût très faible (quelques dizaines d'euros). Cette monture permet la photographie de la Voie Lactée et d'objets célestes relativement étendus du ciel profond avec des temps de pose relativement longs (15-30s).

Description de la monture proposée

La règle donnant la durée maximum T d'exposition *sans monture* en fonction de la longueur focale F est :

$$T(s)=500/F(mm)$$

Exemple : $T=10s$ pour une focale $F=50$ mm. Au-delà de cette durée, la rotation du ciel devient excessivement visible en créant des trainées derrière les objets (étoiles « filées »). La monture proposée permet d'augmenter cette durée d'un facteur compris entre 5 et 10. Ex : $T=15-30s$ pour une focale de 150 mm.

La monture est basée sur le concept de « barn door » (« porte de grange »). Elle peut supporter le poids d'un appareil reflex mais le poids peut dégrader les performances de suivi à fort grossissement. La conception réalisée par Martin Ankor est décrite à l'URL suivante : <https://www.thingiverse.com/thing:2377686>, suivant une idée d'Alex Kuzmuck. Deux plaquettes articulées autour d'un axe (à aligner avec l'axe de la Terre) s'écartent l'une de l'autre avec une vitesse angulaire correspondant au taux sidéral. Une des plaquettes est fixée sur un pied photographique. La rotation de l'autre plaquette, portant l'appareil photo, est assurée par un moteur pas à pas via une tige filetée courbée et un système d'engrenage. Le pilotage est réalisé avec un microprocesseur arduino nano. Quelques améliorations ont été apportées au design original, en particulier en ajoutant un roulement à bille pour la roue dentée principale. La plupart des pièces sont imprimées à l'aide d'une imprimante 3D (fichiers et images, ainsi que le code arduino sont disponibles à <ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/>). Cette technique présente de nombreux avantages : le coût de revient est très faible, les cotes mécaniques sont respectées à un niveau suffisant, le travail d'assemblage est minimal. Le moteur pas à pas est commandé par un microprocesseur arduino. Le projet décrit ici utilise un arduino nano, mais un arduino uno fera également l'affaire (cependant le boîtier prévu ne pourra le contenir). Le prix de revient est d'environ 30-40 euros (entre 4 et 20 euros pour l'arduino, 5-8 euros pour le moteur pas-à-pas et son contrôleur, 9 euros pour les trois roulements à bille, 5 euros de visserie). A cela s'ajoutent une rotule photo (~15 euros) pour fixer l'appareil photo et un laser vert (10 euros) pour l'alignement, éventuellement une alimentation externe USB (type « Powerbank » pour recharger un téléphone portable, environ 20 euros).

L'alignement se fait de manière simple, rapide et relativement précise à l'aide d'un laser vert qui se place sur un berceau solidaire de la monture proche de son axe¹. Il s'agit d'orienter le plateau du pied photo supportant la monture de telle sorte que le faisceau laser pointe vers l'étoile polaire pour assurer un alignement suffisant. Cet alignement pourra être vérifié régulièrement pendant la séance d'observation. Le laser peut également servir à orienter l'appareil photo vers l'objet voulu, en le plaçant dans un berceau solidaire de la griffe flash de l'appareil photo². Le faisceau laser, parallèle à l'axe de l'appareil photo, est dirigé alors vers l'objet grâce à la rotule supportant l'appareil. Il est à noter que malgré tous les efforts investis des étoiles plus ou moins « filées » seront souvent présentes sur les photos: pour diminuer cet effet, il faut réduire soit le temps de pose soit la longueur focale de l'objectif (si c'est un zoom) ou essayer de parfaire l'alignement.

¹ Voir photo à ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/20190901_102439_resized_1.jpg

² Voir photo à ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/20190901_105547_resized_1.jpg



Figure 1 Gauche : Schéma de la monture (Crédit : Martin Ankor) . Droite : exemple de réalisation, monté sur un pied.

Réglage de l'appareil photo

Bien qu'il soit difficile d'être très spécifique étant donné la variété d'appareils sur le marché, voici quelques conseils généraux :

- distance de mise au point : à l'infini. Débrayer l'autofocus si possible et mettre au point manuellement ;
- sensibilité (ISO) : faire des essais, mais 1600 ou 3200 est un bon choix de départ; 3200 est souvent la valeur maximale permise par les appareils compacts ;
- format RAW si possible pour permettre le traitement ;
- mode manuel.
 - o ouverture complète du diaphragme (ou fermer d'une valeur, ce qui permet souvent d'améliorer les performances de l'objectif);
 - o vitesse d'exposition : 15-30 s, voire plus si l'appareil le permet. Faire des essais en fonction de la qualité du suivi du ciel, estimée à partir de la taille des étoiles ;
- déclenchement : au retardateur ou via WIFI si l'appareil le permet, pour éviter les vibrations lors du déclenchement.

Quelques exemples de photos

Les photos suivantes ont été réalisées à moins de 25 km de Bordeaux avec un compact Canon G16 de 12 Mpx (ISO 3200, f/D=2.8, 30s de pose, sauf indiqué autrement).

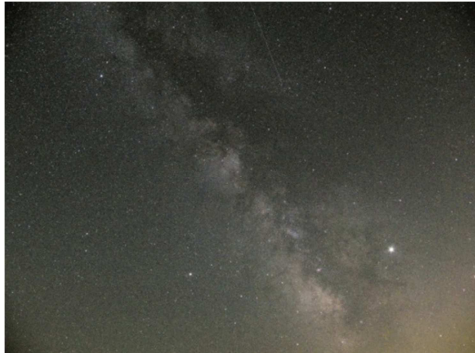


Figure 2 Vue large de la Voie Lactée



Figure 3. Région centrée sur la nébuleuse America

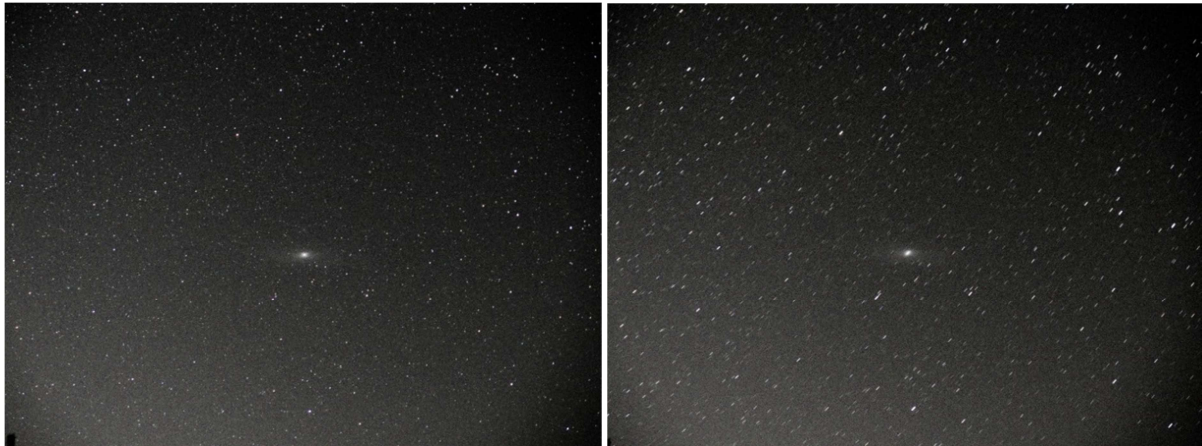


Figure 4. M31 avec suivi (gauche) et sans suivi (droite) (zoom x4).



Figure 5. Autre vue de M31 avec un plus fort grossissement.



Figure 6. Partie centrale de la Voie Lactée avec quelques objets remarquables.

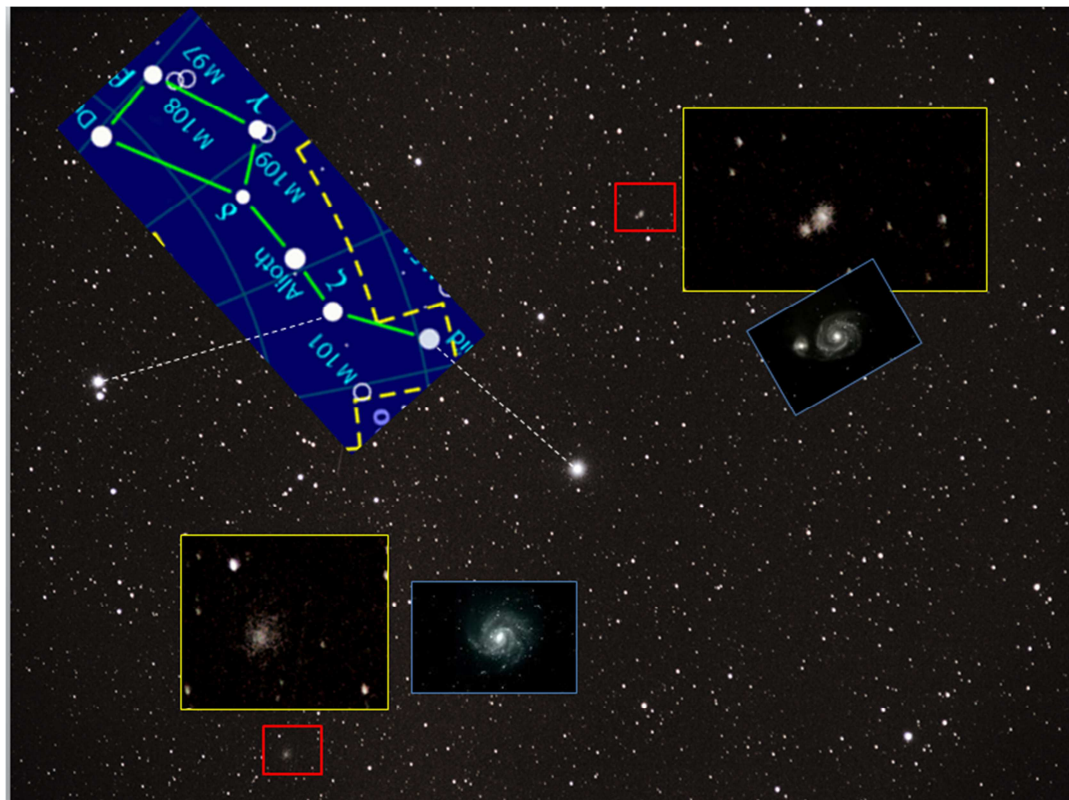


Figure 7. Région du ciel dans la constellation de la Grande Ourse (5x30s de pose, empilement avec le logiciel DeepSkyStacker). Les deux étoiles brillantes sont les deux étoiles de l'extrémité de la « Casserole », Mizar et Alkaid, séparées d'environ 7°. Les zones en rouge entourent les galaxies spirales M51 (en haut) et M101 (en bas). Ces zones sont zoomées dans les encarts jaunes et comparées à des photos réalisées à l'aide d'un petit télescope de 200 mm dans les encarts bleus.

Construction de la monture

Les fichiers des pièces à imprimer sont disponibles à :

<ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/>

Roulements à billes

- 2 roulements 22 mm (2.70 euros) <https://fr.rs-online.com/web/p/products/6189957/>
- 1 roulement 32 mm (3.72 euros) <https://fr.rs-online.com/web/p/products/6190323/>
- 1 interrupteur (0.84 euro) <https://fr.rs-online.com/web/p/products/7346918/>

Visserie :

- 8 vis de 2.5x8, 2 écrous de 2.5
- 2 vis de 3x20, 2 « cous de 3, 2 rondelles de 3
- 6 vis de 5 x 20, 2 vis de 6 x 15, 8 écrous de 5, 2 rondelles de 5
- 2 vis de 8 x 40, 2 écrous de 8
- Tige filetée de 6. Longueur ~25 cm.

Note : La tige filetée doit être courbée avec un rayon de courbure de $r=177$ mm. A défaut d'une cintreuse, ce rayon de courbure peut être obtenu en courbant la tige autour d'un objet de même diamètre (un gabarit en contreplaqué épais à faire soi-même ou un poteau conique par exemple). Cette technique est plus facile à réaliser avec une tige longue (~50cm). La régularité de la courbure peut être vérifiée à l'aide d'un gabarit à imprimer³.

Le pas de la tige de 6 est de 1 mm, donc l'écrou de 6 tournant autour de cette tige et entraîné par la grande roue dentée va produire un déplacement de la tige et donc du plateau supérieur de 1 mm par tour. Une journée de suivi dans le ciel ($24\text{ h}=86400\text{ s}$) correspond à $2\pi r=1112\text{ mm}$. Une distance de 1 mm doit être réalisée en $86400/1112=77.7\text{ s}$, ce qui représente donc la période de rotation de la grande roue dentée. Le rapport entre le nombre de dents de la grande et de la petite roues dentées est de $50/10=5$. La petite roue dentée doit faire un tour en $77.7/5=15.6\text{ s}$. Les paramètres dans le code arduino sont choisis pour remplir cette condition.

Arduino nano

Des clones existent comme :

https://www.amazon.fr/dp/B07GYK1LXL/ref=pe_3044141_189395771_TE_3p_dp_1

Il est nécessaire d'installer le pilote pour communiquer avec la carte :

<https://sparks.gogo.co.nz/ch340.html>

Code Arduino

<ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/mount.ino> nécessitant la librairie AccelStepper :
<ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/AccelStepper/>

³ ftp://www.cenbg.in2p3.fr/astropart/StarTrack/gabarit_tige.stl

Note : Il se peut que le programme de téléchargement ne reconnaisse pas la carte comme une « nano ». Dans ce cas, indiquer simplement Arduino Uno comme type de carte.

Moteur pas-à-pas

Le moteur pas-pas avec son interface est un 28YBJ-48 DC 5V 4 Phases avec un module pilote ULN2003.

<https://www.cdiscount.com/juniors/radiocommande-robot/28ybj-48-dc-5v-4-phase-5-fil-moteur-pas-avec-conse/f-1208503-auc7422950996265.html>

Rotule photo

Exemple:

<https://www.amazon.fr/SIOTI-M%C3%A9tallique-Inclinable-Num%C3%A9rique-T%C3%A9l%C3%A9phone/dp/B071GQLJKZ>