

Astronomie

Du visuel ...

... à la photo

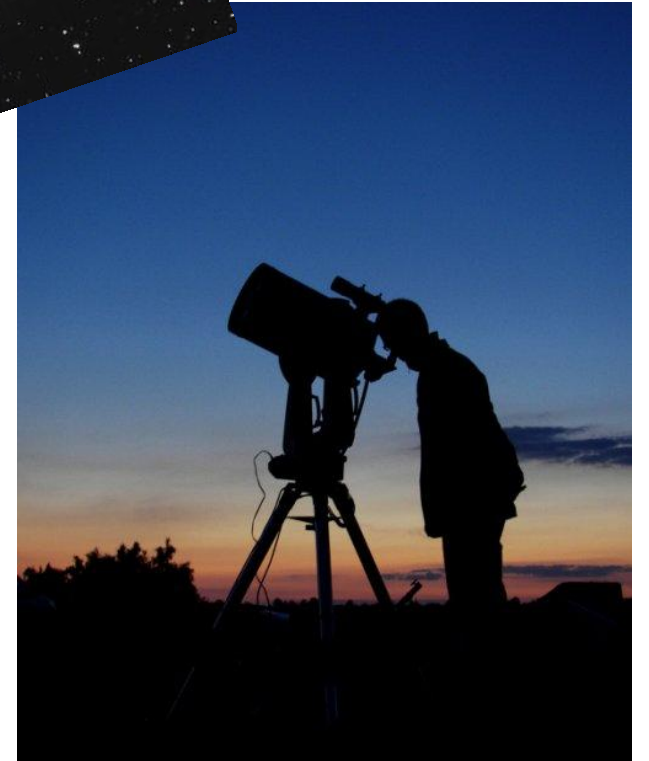


Olivier
Ravayrol

13/06/2019

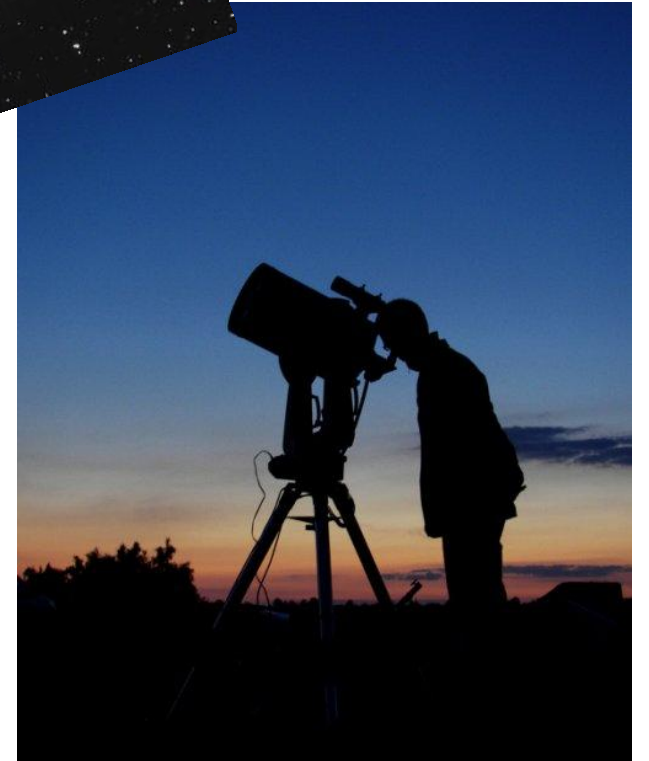
Sommaire

- Introduction
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



Sommaire

- **Introduction**
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



Quelques dates clés

- 1543 : Copernic : La Terre n'est pas le centre de l'Univers !
- 1609 : Kepler : Lois des mouvements des planètes
- 1610 : Galilée : 1^{ère} lunette + observation des satellites de Jupiter
- 1687 : Newton : 1^{er} télescope + loi de la gravitation
- 1860 : Huggins : Spectroscopie => naissance de l'Astrophysique
- 1905 : Schwarzschild : prédiction des trous noirs
- 1916 : Einstein : Théorie de la Relativité Générale
- 1929 : Hubble : Expansion de l'univers
- 1931 : Jansky : Emissions radio => naissance de la Radioastronomie
- 1948 : Gamow : Théorie du Big Bang
- 1970 : Rubin : Hypothèse de la matière noire
- 1975 : Hawking : Evaporation des trous noirs
- 1995 : Mayor et Queloz : Découverte de la 1^{ère} exoplanète
- 2015 : Première détection d'ondes gravitationnelles
- 2019 : Première image d'un trou noir



Systèmes de coordonnées et Magnitude

- **Système de coordonnées**

- L'observateur terrestre est au centre du repère
- Les lignes imaginaires sont représentées sur la sphère céleste

- **Type Azimutal : dépend du lieu et de l'heure !**

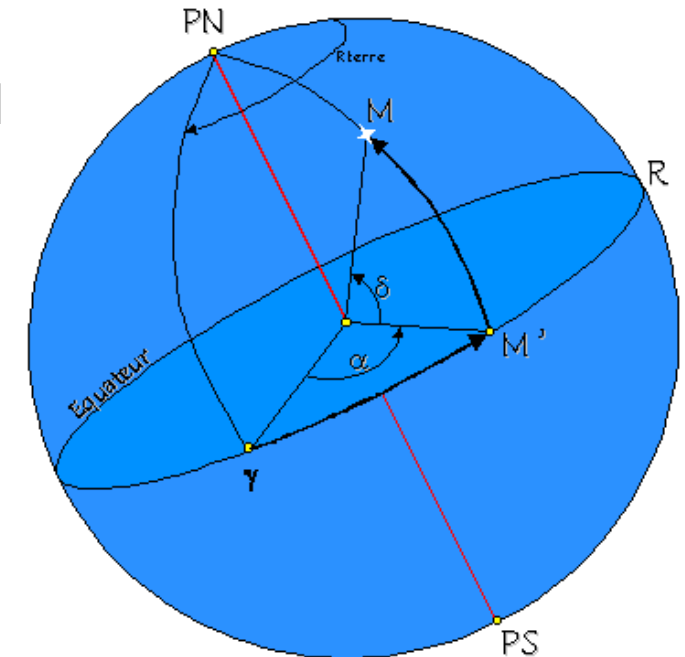
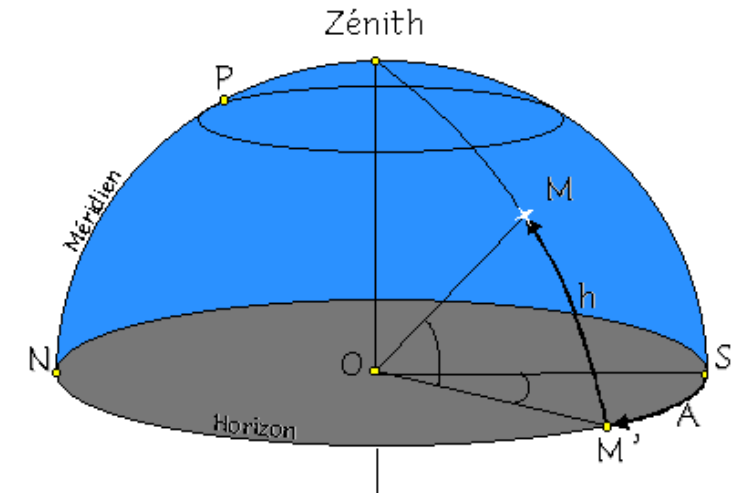
- Azimut : origine = Sud $[0^\circ \text{ à } 360^\circ]$
- Hauteur : origine = Horizon $[0^\circ \text{ à } 90^\circ]$

- **Type Equatorial : système uniforme**

- Déclinaison ($\Leftrightarrow$ Latitude projetée) : origine = équateur céleste $[-90^\circ \text{ à } 90^\circ]$
- Ascension Droite ($\Leftrightarrow$ Longitude projetée) : origine = Pt Vernal $[0^\circ \text{ à } 360^\circ]$ (intersection entre l'écliptique et l'équateur céleste)

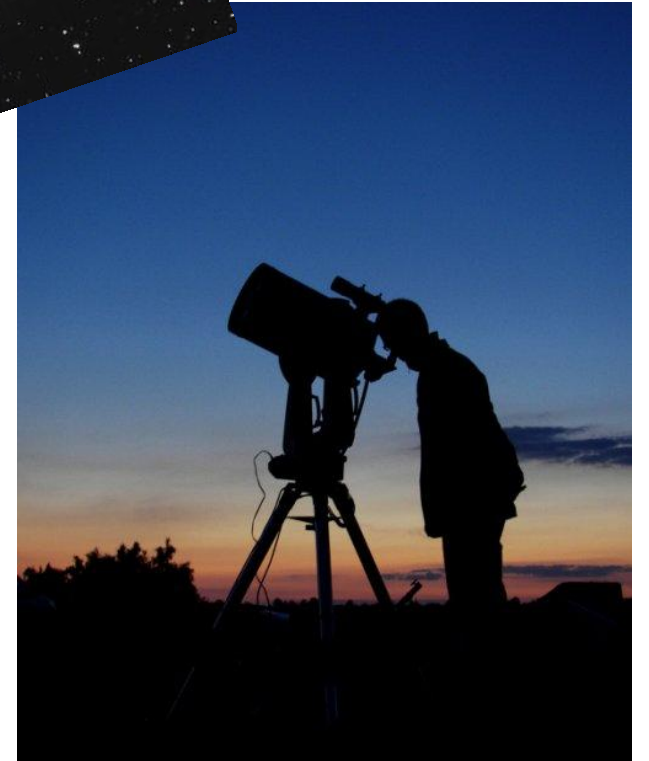
- **La Magnitude apparente**

- Sert à mesurer la luminosité d'un objet céleste
- + c'est élevé et - c'est lumineux (échelle log inverse)
- Polaris = 2,09 ; Vega = 0 ; Sirius = -1,46 ; Soleil = -26,78

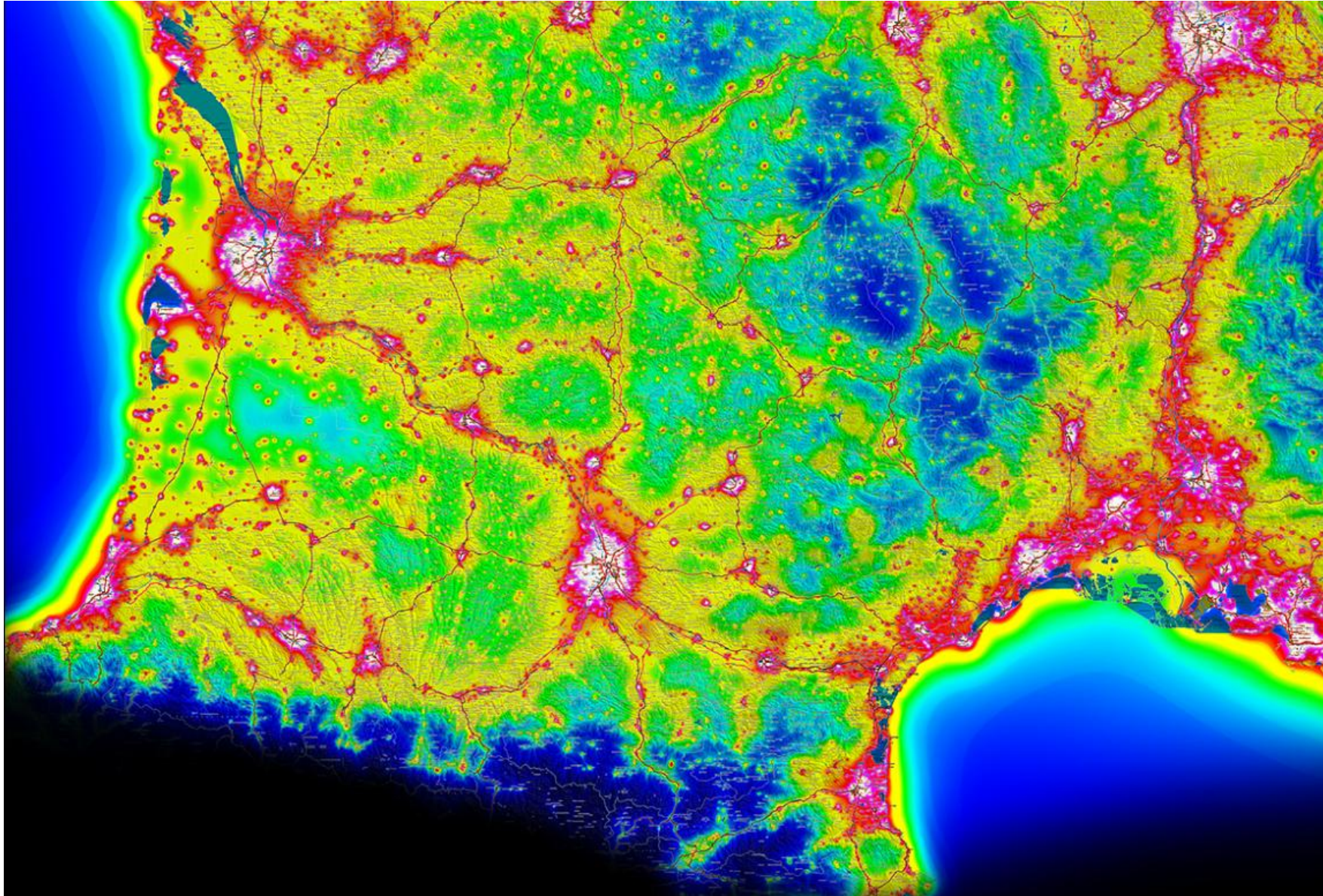


Sommaire

- Introduction
- **La pollution lumineuse**
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



La vraie guerre des étoiles : La pollution lumineuse !



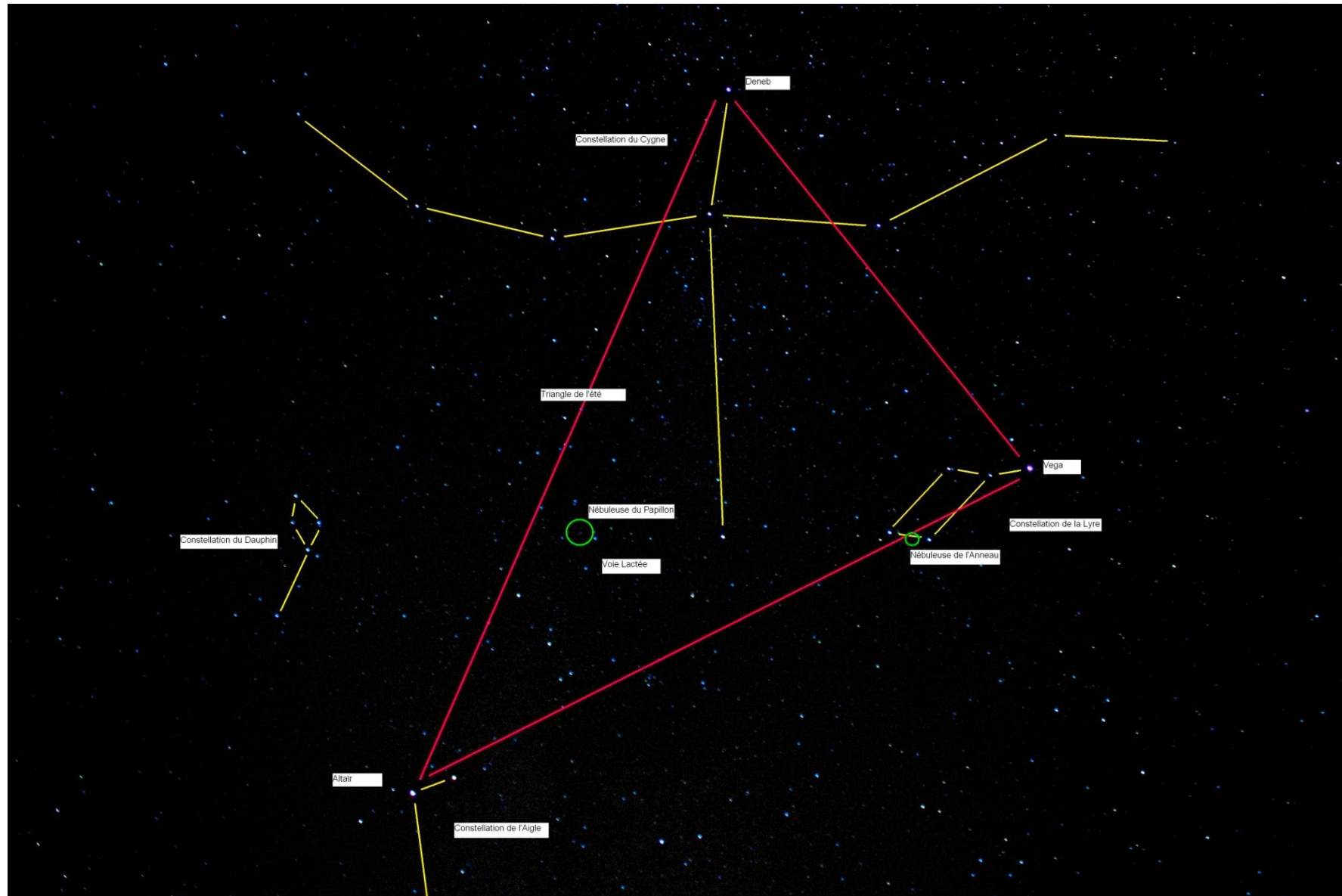
Exemple avec un ciel de campagne (simulation)



Exemple avec un ciel de banlieue d'une grande ville (simulation)



Le triangle de l'été



Certaines communes éteignent leurs éclairages la nuit : **avant**

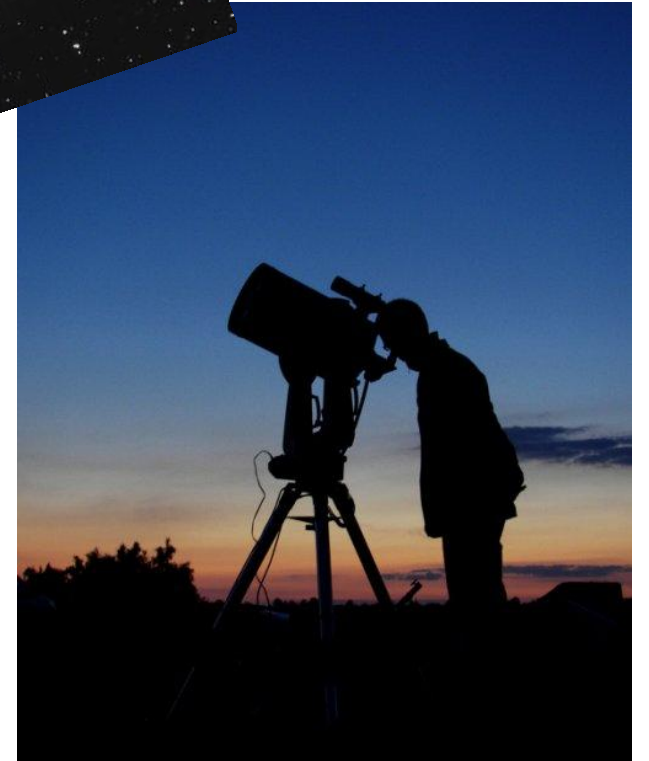


Certaines communes éteignent leurs éclairages la nuit : **après**



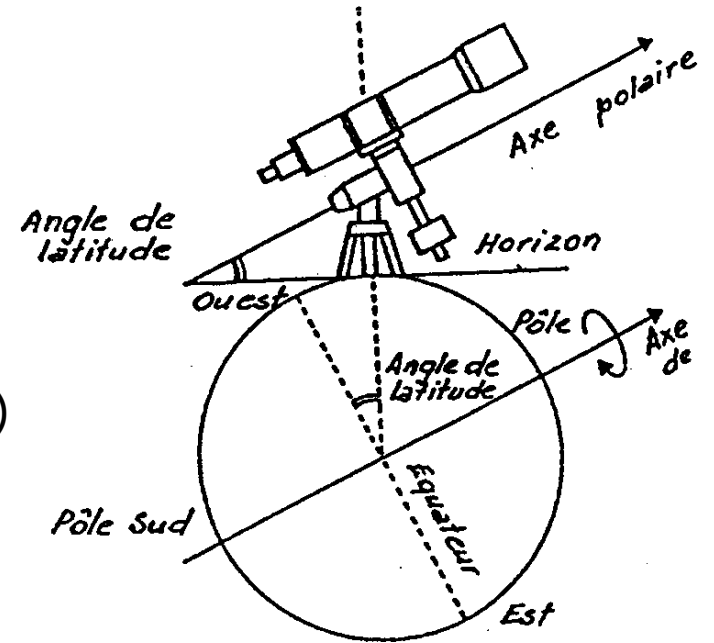
Sommaire

- Introduction
- La pollution lumineuse
- **L'observation visuelle**
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



La mise en station

- **Avantage de la monture équatoriale**
 - L'axe de rotation de la terre est (presque) aligné sur l'étoile polaire
 - Il suffit d'aligner l'axe « AD » de la monture sur la Polaire
 - La monture équatoriale a « juste » à suivre la rotation terrestre pour suivre un objet céleste pointé (vitesse sidérale via un moteur)
- **Mise en station de la monture équatoriale**
 1. Le trépied de la monture doit être de niveau
 2. Alignement sur la Polaire à l'aide du viseur polaire
 3. Mise à jour des coordonnées GPS du lieu d'observation
 4. Alignement sur 3 étoiles brillantes via la raquette ou un logiciel sur un PC connecté à la monture (correction par triangulation)
 5. Sauvegarde des points d'alignement pour ne pas tout refaire
 6. La monture est prête à chercher et suivre un objet céleste (GoTo)



Observation visuelle : le plus accessible

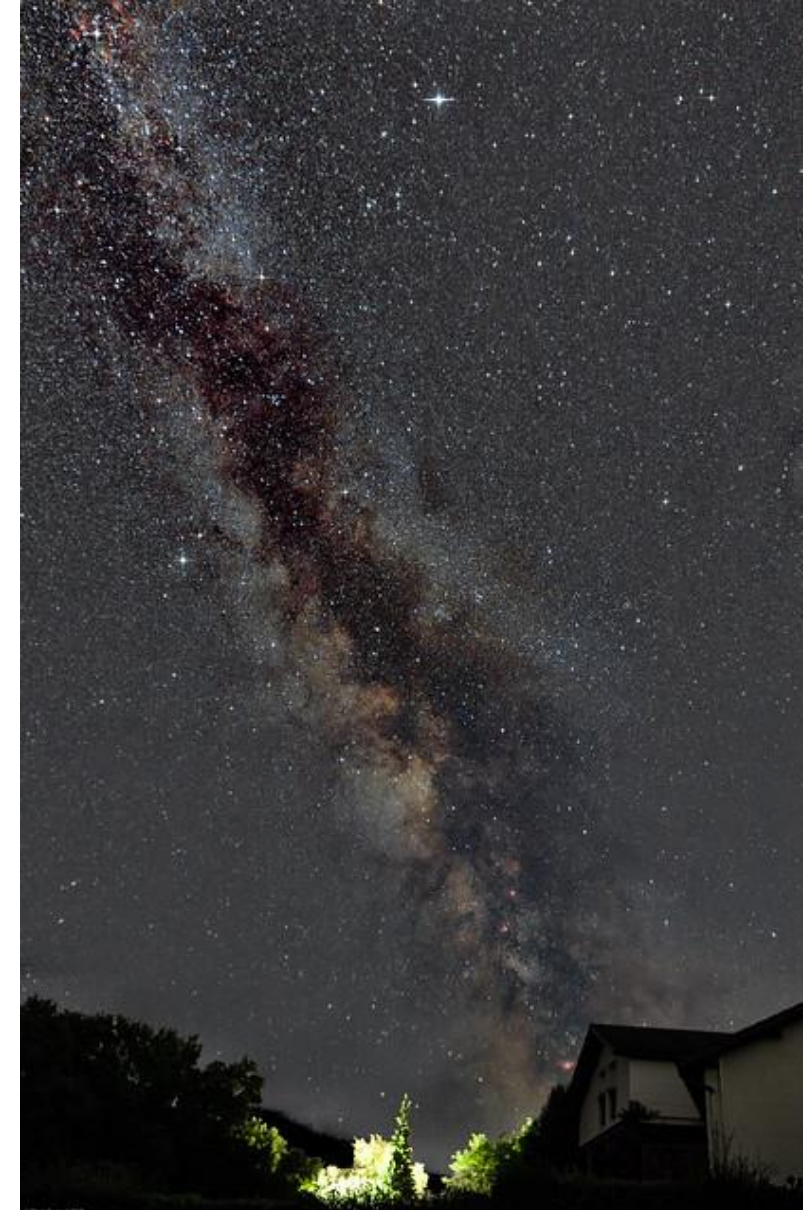
■ Les yeux

- Attendre 10 mn environ pour s'adapter à l'obscurité
- Il faut se repérer à partir de la Grande Ourse => Polaire
- On peut observer :
 - La Voie Lactée
 - Constellations et certains amas d'étoiles (Les Pléiades)
 - La galaxie d'Andromède
 - Les planètes
 - Etoiles filantes



■ Les jumelles

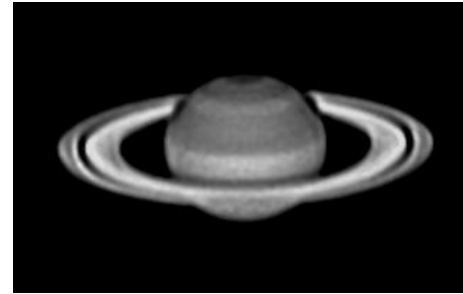
- Utiliser de préférence un trépied pour une vue stabilisée
- Régler chaque oculaire séparément sur une étoile brillante
- Permet d'avoir un effet « 3D »
- On peut observer :
 - Les amas d'étoiles ouverts (Double amas de Persée)
 - Les nébuleuses brillantes (Orion)
 - Jupiter et ses satellites



Observation visuelle : Lunette et télescope

■ Lunette (réfracteur) ou Télescope (réflecteur) ?

- Les 2 permettent de tout voir mais dépend du diamètre
- La luminosité de l'instrument dépend du rapport Focale / Diamètre
 - $F/D > 10$: idéal pour les objets lumineux comme les planètes
 - $F/D < 5$: idéal pour les objets peu lumineux comme les galaxies
 - F/D petit : idéal pour la photo car diminue le temps de pose
- La résolution et le grossissement augmente avec le diamètre
 - Grossissement max de l'instrument $\sim 2,5 \times \text{Diamètre}$
 - Grossissement = Focale instrument / focale oculaire
 - Si $G > G_{\text{max}}$ alors l'image sera floue !



■ Facteurs différenciants

- Le prix d'une lunette est beaucoup plus élevé à diamètre égal
- Le télescope a besoin d'être « collimaté » régulièrement
- La lunette permet d'obtenir des images plus contrastées
- Le télescope est plus encombrant à transporter
- Privilégier le diamètre de l'instrument => télescope car moins cher



Observation visuelle : les accessoires

■ Oculaires : 3 focales suffisent

- Grand champ : $f > 20$ mm
- Champ moyen : $f \in [10 \text{ mm} ; 20 \text{ mm}]$
- Fort grossissement : $f < 10$ mm mais à grand angle ($> 60^\circ$)



■ Lentilles de Barlow

- Augmente la focale de l'oculaire et donc le grossissement
- Les coefficients multiplicateur vont de 2x à 5x
- Certaines possèdent également un correcteur de champ



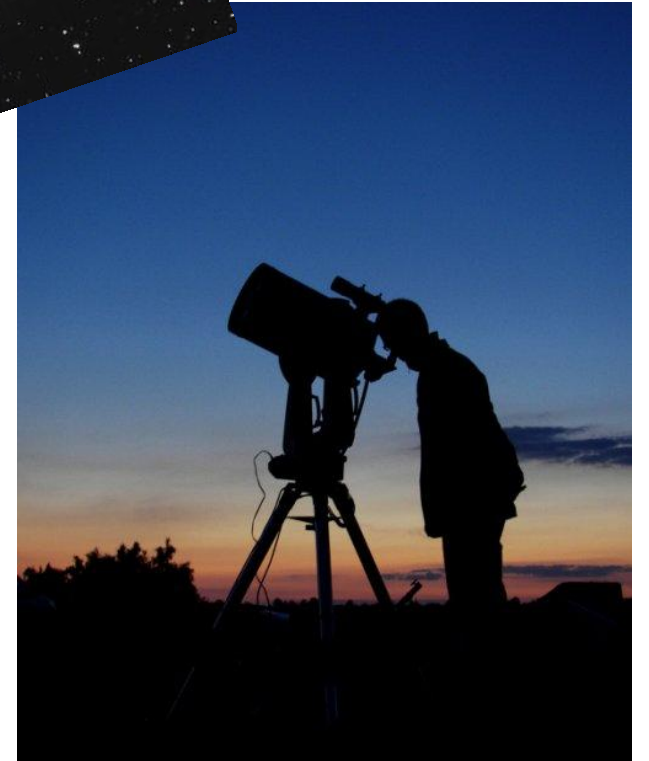
■ Filtres

- Lune : polarisant variable
- Soleil :
 - Filtre solaire pour les tâches solaires
 - Filtre H-Alpha pour les protubérances (mais très cher)
- Ciel profond : filtre anti pollution lumineuse (type UHC ou CLS)
- Planètes : différentes couleurs afin d'améliorer le contraste selon la planète à observer



Sommaire

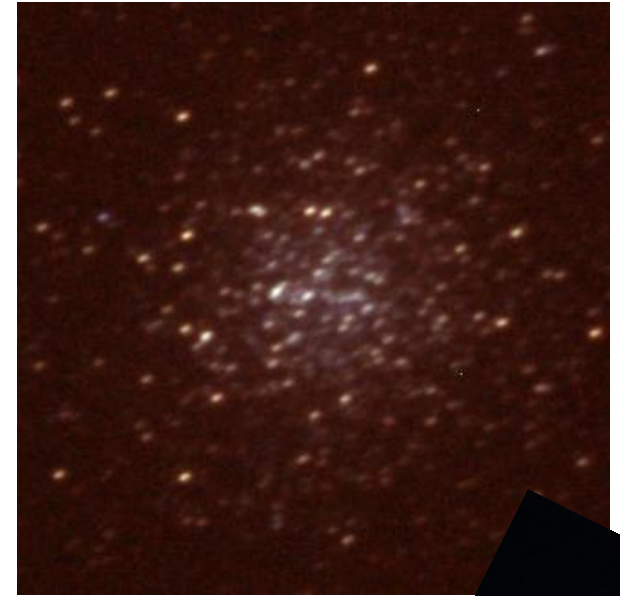
- Introduction
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- **L'astrophotographie**
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



L'astrophotographie : les difficultés commencent !

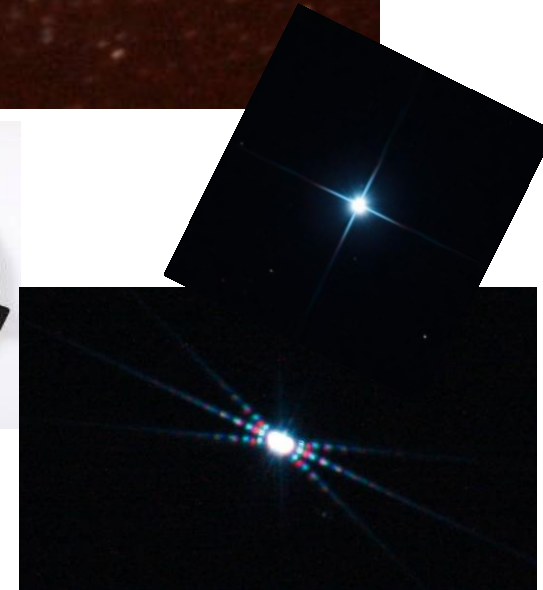
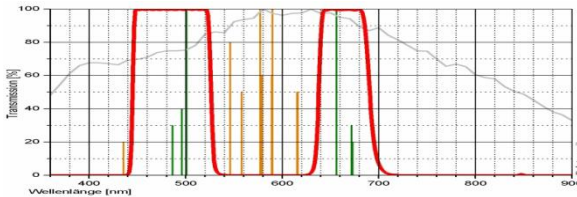
■ Problèmes

- Luminosité faible => temps de pose long => stabilité requise
- La mise en station n'est pas parfaite => le suivi dérive
- La monture suit l'objet mais il y a les jeux mécaniques
=> L'erreur périodique est importante (vis sans fin)
=> La photo est floue !
- La pollution lumineuse est élevée => photo orange !
- Le focus n'est pas assez précis => problème de netteté !
- La photo est trop bruitée => « grains » dans la photo !
- Il y a des poussières et des pixels chauds dans la photo



■ Contournements

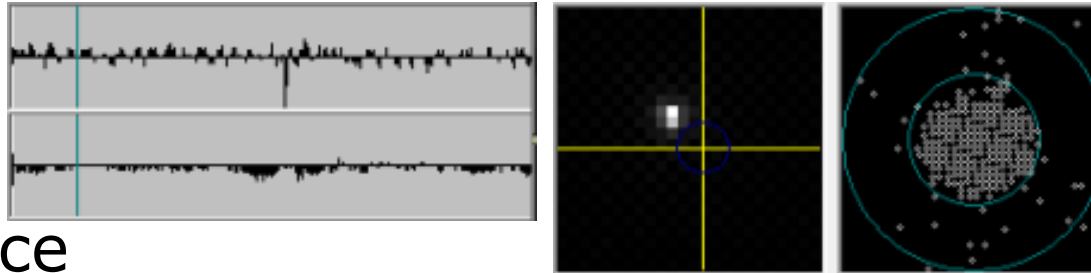
- Focus réalisé à l'aide d'un masque de Bahtinov
- Mise en place d'un automatisme sur le suivi : l'autoguidage
- Ajout d'un filtre anti-pollution lumineuse
- Diminution du bruit dans la photo : on additionne plusieurs photos
- Retrait des poussières et des pixels chauds à l'aide de « flats » et de « darks »



L'astrophotographie : l'autoguidage

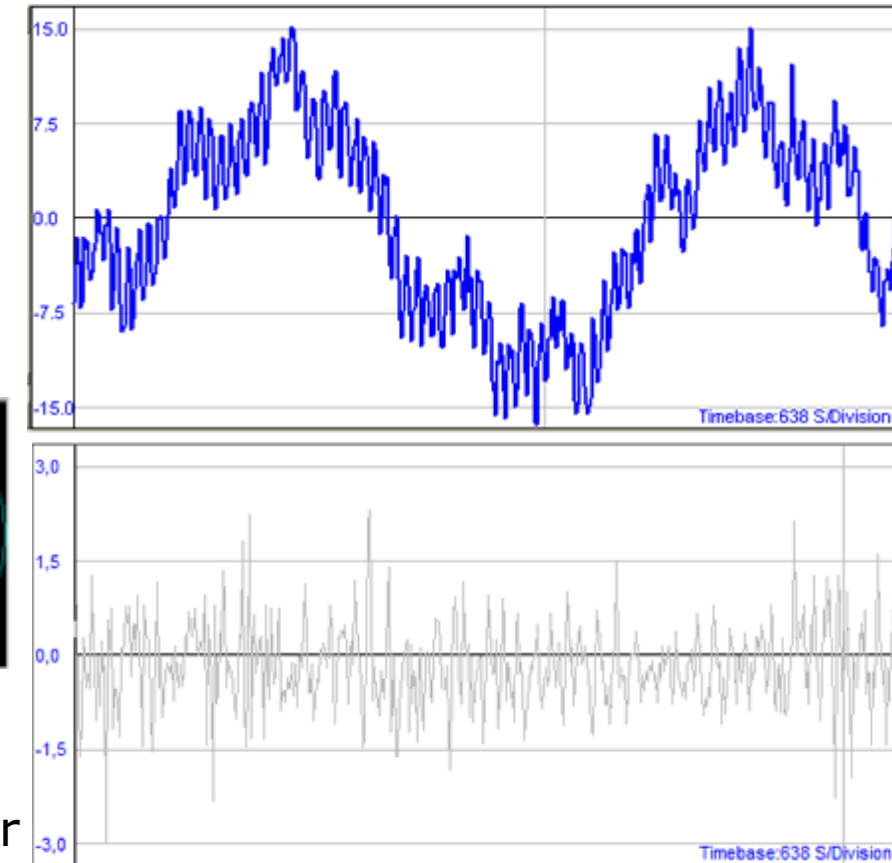
■ Principe

- Mesurer l'erreur de suivi / position initiale
- Le suivi s'écarte du seuil de tolérance ?
- Si oui : envoyer des ordres à la monture en + ou -
- Erreur inférieure au seuil de tolérance ?
- Si oui : arrêter d'envoyer les ordres



■ Mise en place

1. Ajouter en parallèle de l'instrument une petite lunette
2. Monter une caméra monochrome sur la lunette
3. Sélectionner une étoile « guide » près de l'objet à imager
4. Utiliser une application de guidage (Guidemaster ou PHD2)
5. Régler le focus et faire une calibration sur l'étoile choisie
6. Verrouiller le suivi de la monture sur l'étoile guide
7. L'application envoie alors des ordres de suivi à la monture



L'astrophotographie : le prétraitement est essentiel

■ But

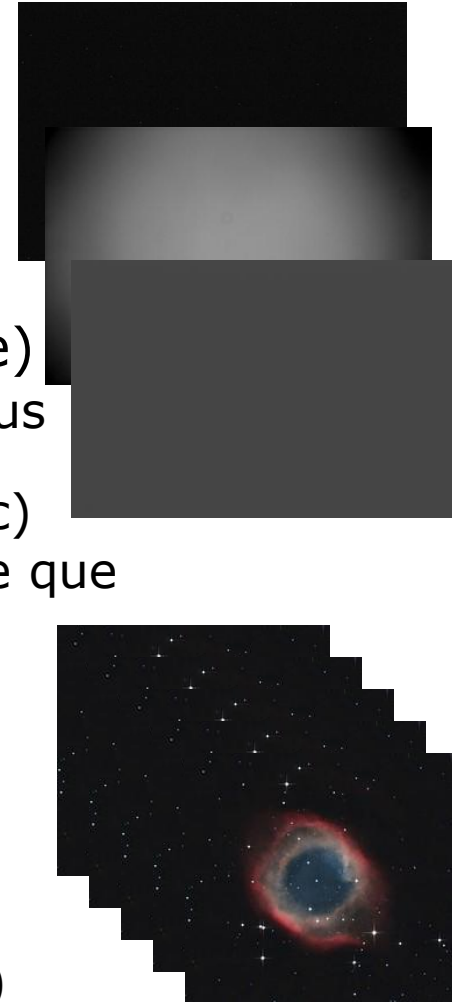
- Diminuer le bruit dans l'image
- Retirer les défauts : poussières et pixels chauds

■ Méthode : faire des calibrations (comme pour l'imagerie spatiale)

- Faire des « offsets » : photo avec obturateur fermé et temps de pose le plus court possible (mesure du courant d'obscurité)
- Faire des « flats » : photo avec le même focus sur un fond uniforme (blanc)
- Faire des « darks » : photo avec obturateur fermé et même temps de pose que l'objet (mesure du bruit thermique)
- Faire plusieurs photos brutes de l'objet (> 10)

■ Procédure

1. Créer les images de calibration « maître » : pile médiane des calibrations
2. Créer les images brutes prétraitées avec la formule suivante :
$$\text{brute_prétraitée} = (\text{brute} - \text{dark_maître}) / (\text{flat_maître} - \text{offset_maître})$$
3. Aligner toutes les brutes prétraitées entre elles (transformation géométrique calée sur les étoiles)
4. Additionner toutes les brutes prétraitées en une seule image



Exemple de prétraitement : **Brute** (240 s / 800 iso)



Exemple de prétraitement : **Somme de 27 photos prétraitées**



Exemple de prétraitement : **Flat maître** (1/6s – 800 iso)



Exemple de prétraitement : **Sans flat**



Exemple de prétraitement : **Avec flat**



Schéma de principe de ma plate-forme dédiée à la photo

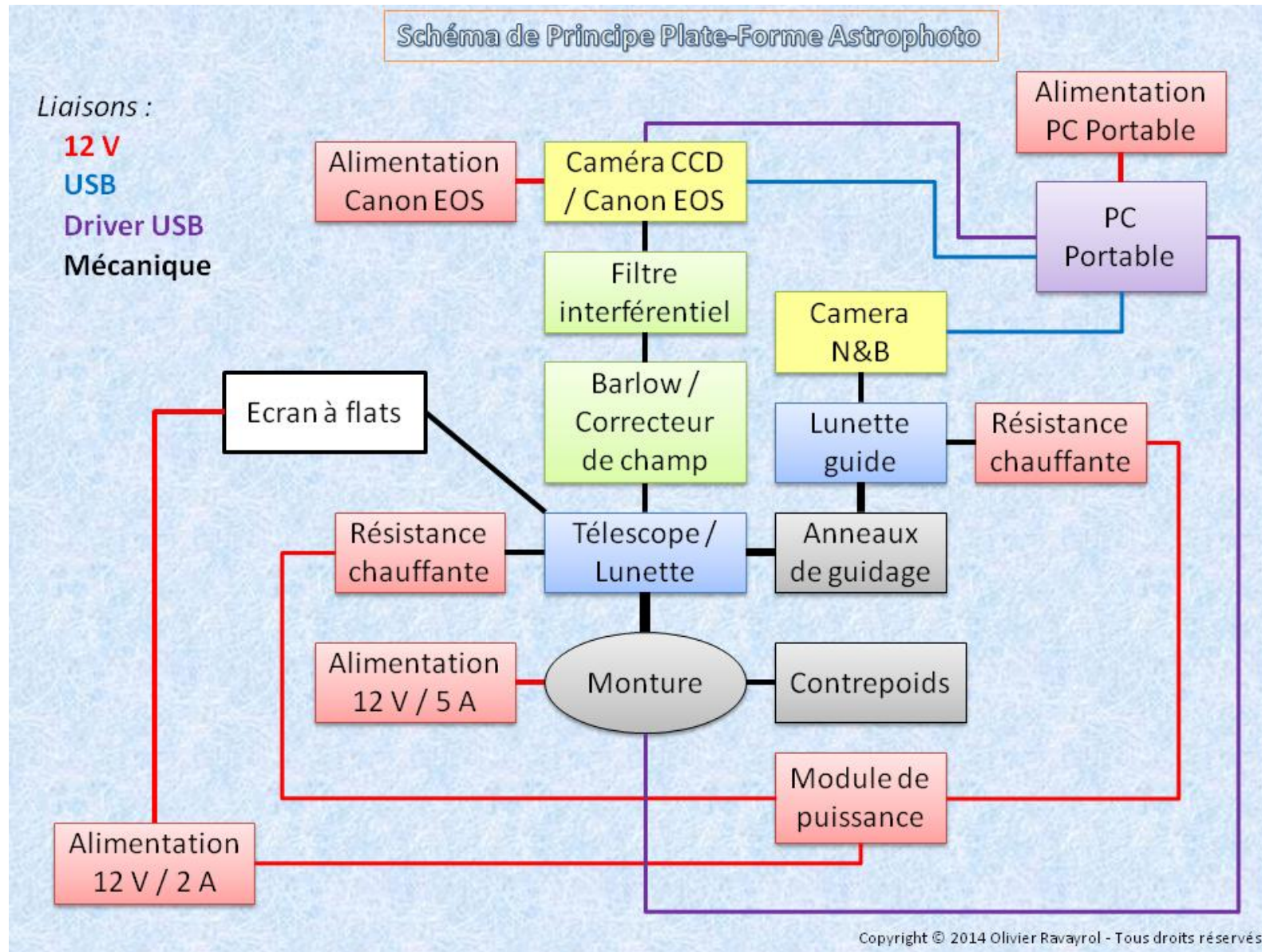
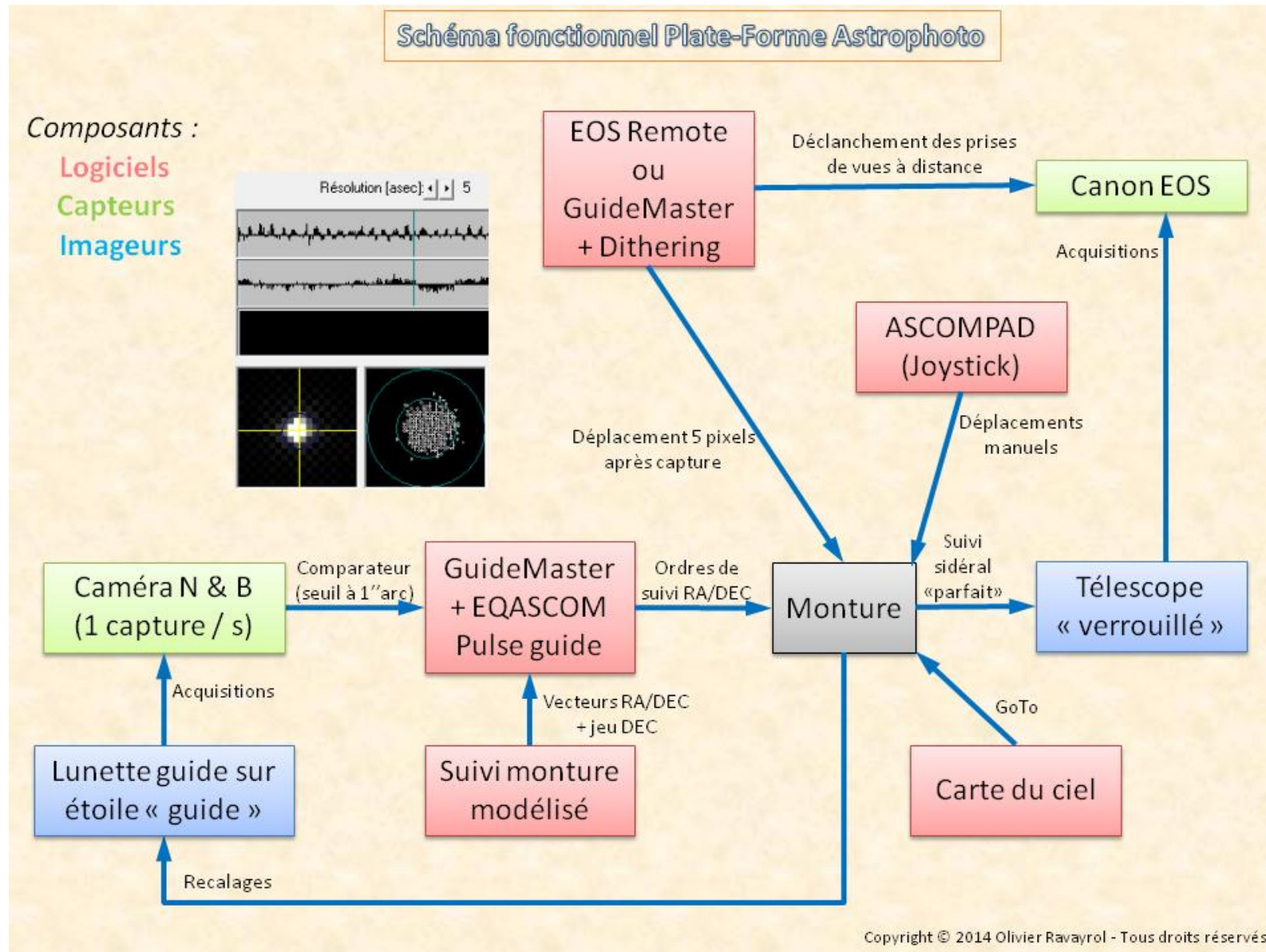


Schéma fonctionnel de ma plate-forme dédiée à la photo



Supervision des acquisitions en remote via WiFi (pilotage à distance)

Exemple de séance d'acquisition avec autoguidage

The screenshot displays the Guidemaster français 2.0.25 software interface, which is used for controlling a telescope and camera system. The interface is divided into several panels:

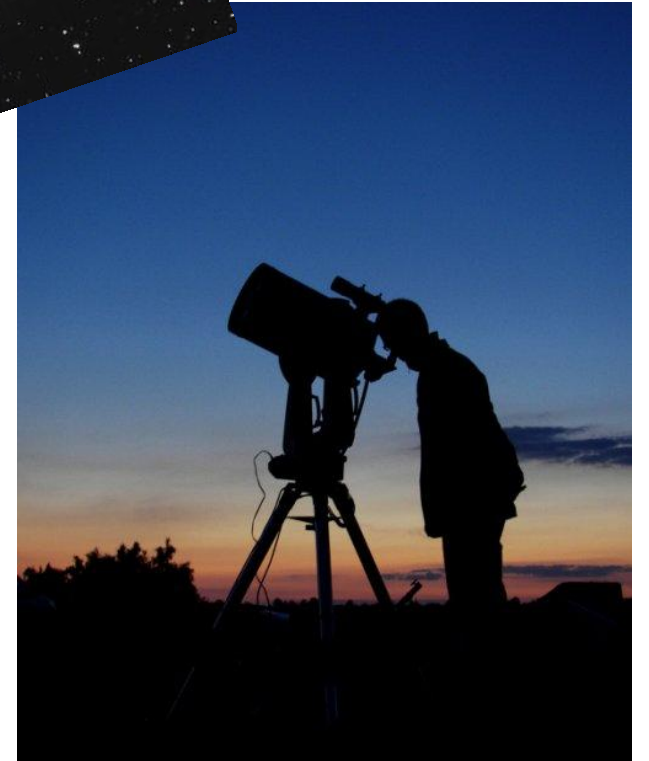
- Left Panel:** Contains various control buttons and settings, including 'Dall', 'Mise au point', 'Calibration', 'Autoguidage', 'Exposures', 'Gain', 'Ajouter les images', 'Connecté', and 'E'. It also shows a status bar at the bottom with 'Telescope: ASCOM' and a system tray with a clock and date.
- Central Panel:** Displays the 'EQMOD HE' window, which includes a 'Mise-à-jour' button, a 'Moniteur Autoguidage ASCOM' window showing AD and DEC graphs, and a 'Vitesse de Suivi Siderale' section with buttons for 'AD' and 'DEC'.
- Right Panel:** Shows the 'Autoguidage' window with settings for 'Activer le guidage', 'Agressivité', 'Automatic deact. of one DEC axis', 'Moyenne DEC', 'Moyenne AD', 'Delta AD', 'Delta DEC', 'Luminosité', 'Taux', 'CumulAD', and 'CumulDE'. It also includes a 'Fichier data' section and an 'Agressivité dynamique' section.
- Bottom Right Panel:** Displays the 'EOS 450D' window, which shows camera settings such as 'MANUAL', '00:30', 'ASTRO_5', 'BULB', 'F0.0', '800', and 'RAW+L'. It also includes a 'Menu de prise de vue' section with options for 'Mode d'image', 'Régl. détail', 'Enr. fichier Régl. utilisateur', and 'Écran live'.
- Bottom Right Dialog:** A small dialog box titled 'État des prises à retardement' (State of delayed shots) is open, showing a table of acquisition statistics:

État des prises à retardement	
Délai avant la prise suivante	07:40
Nb de prises effectuées	0
Nb d'échecs de prise	0
Nb de prises à effectuer	40
Temps d'exposition	00:30

At the bottom of the dialog is an 'Arrêt' (Stop) button.

Sommaire

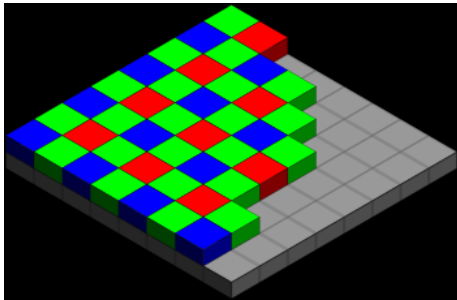
- Introduction
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- **Techniques avancées**
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



Astrophotographie avancée : capteurs & filtres

■ Les capteurs

- Caméra monochrome CCD refroidie : Le top mais très cher
- Caméra monochrome CMOS refroidie : Bon rapport qualité/prix (bruit bien maîtrisé)
- APN (CMOS non refroidi) :
 - Capteur couleur => 3x moins sensible qu'un monochrome (matrice de Bayer)
 - Il faut les faire refiltrer pour qu'ils voient mieux dans le rouge !
 - Capteur non refroidi => bruit plus important sur les longues poses



■ Les filtres interférentiels

- Diminue la pollution lumineuse
- Ne laisse passer que les raies d'émission des nébuleuses pour un meilleur contraste : essentiellement H-Alpha, Oxygène 3, Sulfure d'hydrogène 2
- Permet de créer des images en fausses couleurs « Hubble »



Astrophotographie avancée : la trichromie

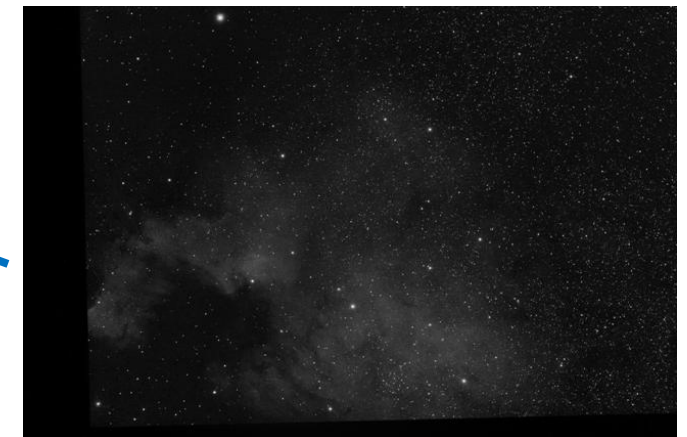
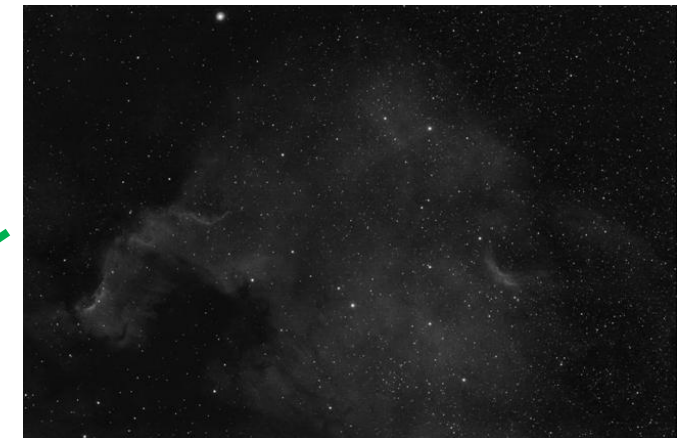
- Les capteurs monochromes sont 3x plus sensibles
- Il faut prendre 3 photos en les alignant pour faire une photo couleur :
 - Soit 4 filtres Luminance, Rouge, Vert, bleu => photo L-RVB
 - Soit 3 filtres SII, H-Alpha, OIII => photo Ha-SHO



SII

Ha

OIII



Astrophotographie avancée : luminance et couleur

- La couche luminance : correspond au signal utile de l'objet
 - Photo monochrome sans filtre ou avec la couche la plus détaillée (Ha)
 - Doit contenir la plus grande partie du signal utile
 - Doit être le moins bruité possible
 - Doit être le plus détaillé possible
- La couche couleur : permet de coloriser la couche luminance
 - Correspond aux couches RVB ou SHO vu précédemment
 - La présence de bruit est moins gênant
 - Le détail a moins d'importance



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Luminance



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Couleur RVB



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : L-RVB



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Luminance



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Luminance Ha



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Couleur RVB



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Ha-RVB



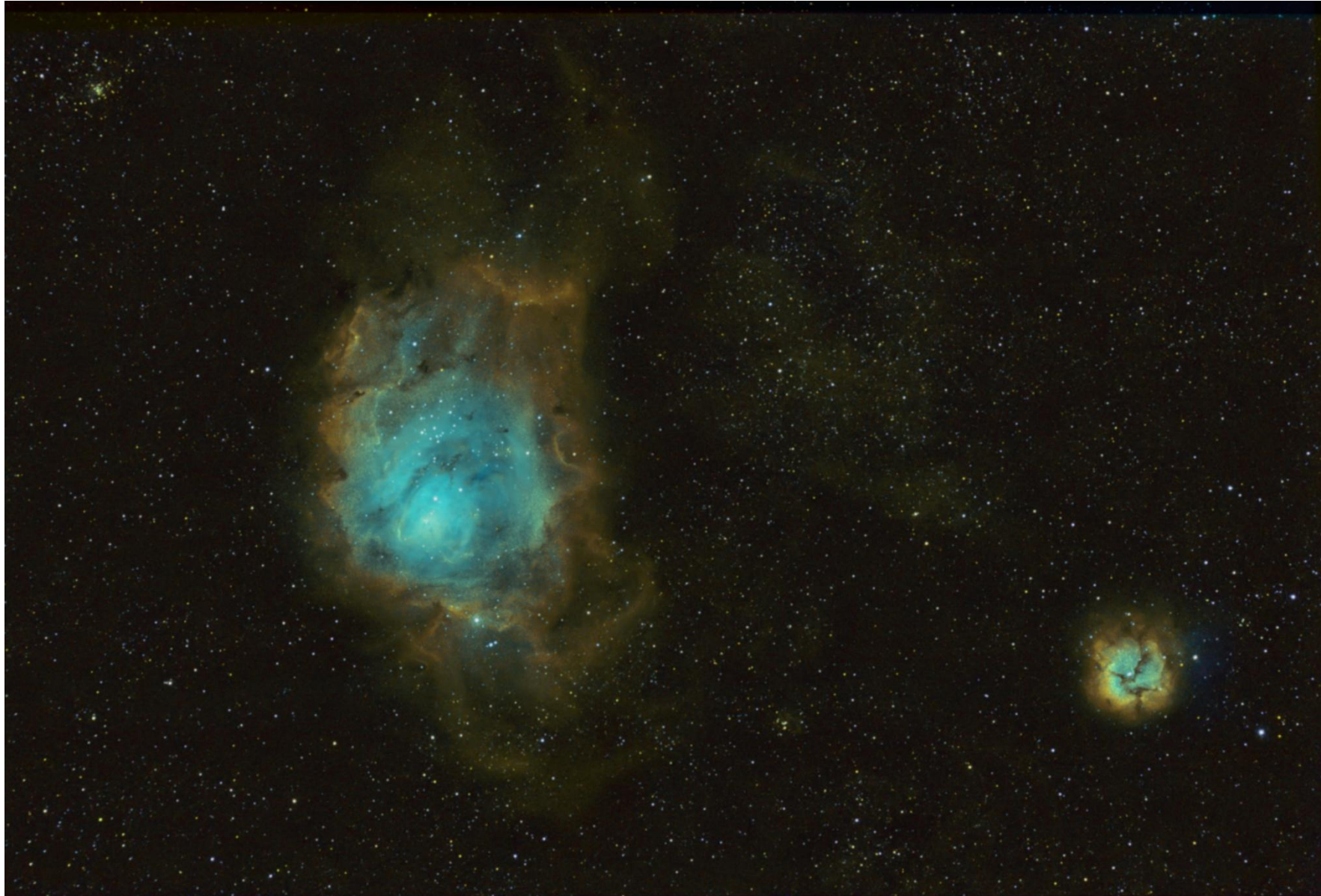
Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : L-RVB



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Luminance Ha



Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Couleur SHO

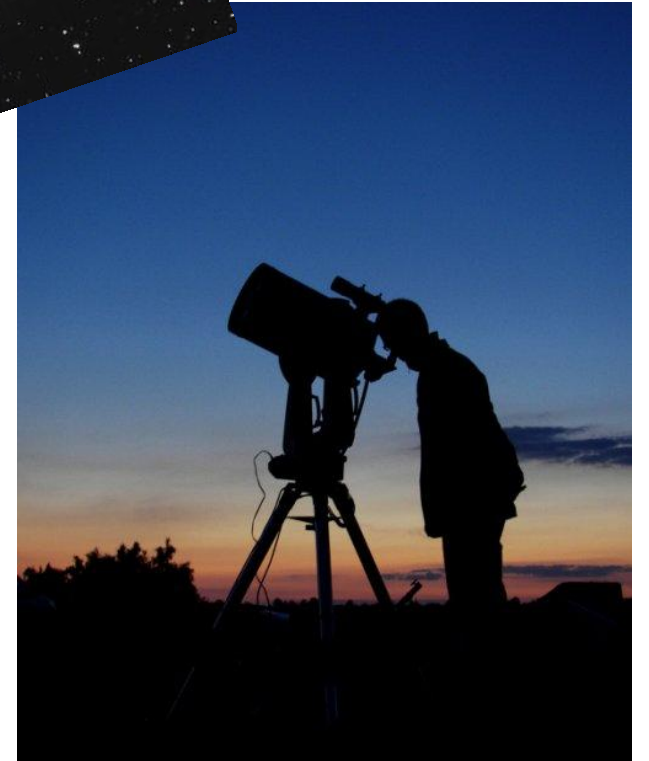


Exemple avec les nébuleuses M8 & M20 : Ha-SHO



Sommaire

- Introduction
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- **Similitudes avec la télédétection optique**
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles

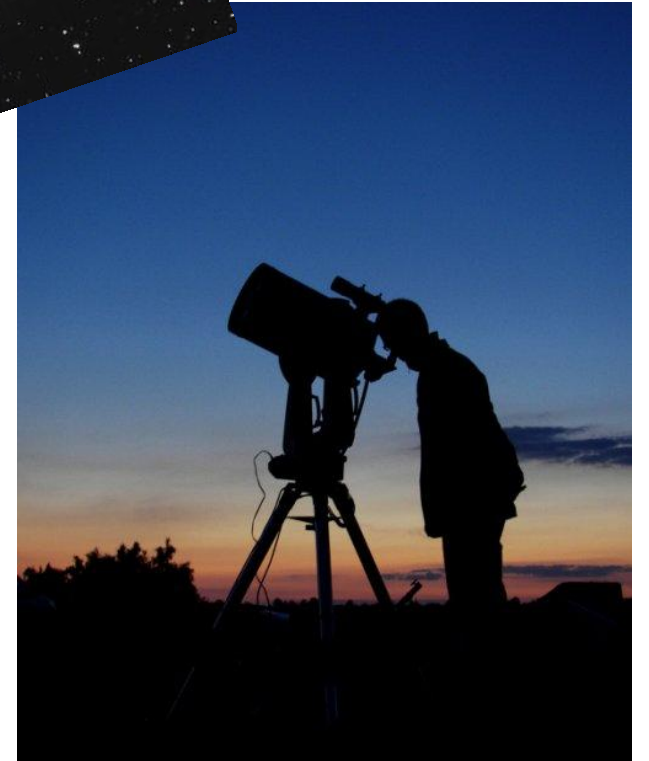


Similitudes avec la télédétection optique

Item comparé	ASTROPHOTO	TELEDETECTION OPTIQUE (Exemple avec Pléiades)
Programmation	Applications de contrôles / connexions physiques	Stations de contrôle / commande (+ antenne)
Imageur	Télescope (tube carbone) ou Lunette $D = 150 \text{ à } 250\text{mm}$, $F = 900 \text{ à } 1200\text{mm} \Rightarrow F/D = 4 \text{ à } 6$	Télescope tube carbone $F = 13 \text{ m}$, $D = 650 \text{ mm} \Rightarrow F/D = 20$
Capteur	1 capteur CCD ou CMOS (Moy de 20M pixels, taille pixel = 3 à 5 μm)	Panchro : 5 barrettes CCD (6000 pixels / barrette, taille pixel = 13 μm) Couleur : 5 x 5 barrettes CCD (bandes B0 à B3, 1500 pixels / barrette, taille pixel = 52 μm)
Calibrations	Offset : mesures du courant d'obscurité Darks : mesures du bruit thermique Flats : mesures des défauts de l'optique	Radiométrie essentiellement : étoiles, bord de Lune, déserts et glace
Focus	Etoile brillante (avec masque de Bahtinov)	Cibles connues au sol
Déplacement visée	Courroies / roue dentées	Roues de réaction
Précision de la visée	Alignement sur les étoiles Recalages réguliers sur la cible ajustée à cause des jeux mécaniques	Recalage des positions x,y,z sur l'orbite par télémétrie laser ou radiolocalisation Recalage des attitudes ϕ, θ, ψ avec pointage sur les étoiles (star tracker)
Stabilité de la visée	Jeux mécaniques pendant le suivi de la rotation de la terre Vibrations (vent, contraintes mécaniques) $\Rightarrow$ Asservissement à l'aide d'une lunette + caméra de guidage	Microvibrations mais maîtrisées (110 $\mu\text{rad/s}$ max)
Acquisition	1 acquisition par filtre $\Rightarrow$ 4 acquisitions / 4 filtres pour avoir une image couleur L-RGB	1 image = 1 mosaïque ou 1 scan de plusieurs acquisitions (1 acquisition = 25 images d'un coup) Possibilité de stéréoscopie/tri-stéréoscopie Mode "vidéo" possible
Temps de pose	3 à 7 mn en moy / acquisition car objet faiblement lumineux (il faut acquérir un maximum de photons !) (Luminance en binx1 , couleur en $\text{binx2} \Rightarrow 1 \text{ pixel} = 4 \text{ pixels} \Rightarrow$ sensibilité élevée mais résolution dégradée $\Rightarrow$ temps de pose réduit)	Très court car vitesse de déplacement au sol importante et détecteur très sensible La surface est lumineuse car éclairée par le soleil et souvent acquise près du Nadir
Récupération des images	Instantané à chaque fin d'acquisition (quelques secondes) Pas de compression	Stockage dans la mémoire bord Compression des images pour optimisation de la taille disponible Vidage mémoire à chaque passage au dessus du centre de réception (données cryptées)
Traitement	Retrait du gradient lié à la pollution lumineuse Réduction du bruit Amélioration de la luminosité de l'objet (addition de plusieurs poses)	Correction radiométrie Correction géométrique Correction atmosphérique
Création image couleur	Luminance ou filtre Ha (résolu) + bandes couleur ou SHO (moins résolu)	Bande Panchro (résolution à 70 cm) + bandes couleurs B0-3 (résolution à 2,8 m)

Sommaire

- Introduction
- La pollution lumineuse
- L'observation visuelle
- L'astrophotographie
- Techniques avancées
- Similitudes avec la télédétection optique
- Quels matériels pour quels budgets ?
- Informations utiles



Quel matériel pour quel budget ? Visuel

Instrument	Modèle	Coût au 01/06/19 (€)	Remarques
Visuel			
Trépied photo + rotule	Charge max 15 kg	150	Léger (1,7 kg) et peu encombrant une fois plié
Jumelles	15 x 70	99	
Jumelles	20 x 80	180	
Lunette achromatique	120/600	375	Avec monture AZ3 non motorisée (1er prix)
Télescope	200/1000	625	Avec monture NEQ5 motorisable (1er prix)
Télescope Dobson Flex tube	Skywatcher 300/1500 GoTo	1080	Grand diamètre => le top pour le visuel du ciel profond ! Démontable pour le transport
Lunette solaire	60mm / H-Alpha	1500	Pour l'observation du Soleil uniquement H-Alpha : permet de voir les protubérances
Oculaire	28mm	40	Grand champ
Oculaire	20 mm / champ 62°	90	Champ moyen
Oculaire	8 mm / champ 82°	150	Zoom
Lentille de Barlow	3x	80	Permet d'augmenter la focale et donc le grossissement pour observer les planètes
Filtre lunaire	Polarisant variable	40	Réduit la luminosité excessive de la Lune
Filtre solaire	Astrosolar safety film	25	Feuille A4 à fixer sur l'objectif Permet de voir les taches solaires
Filtre anti-pollution lumineuse	UHC visuel	99	Améliore le contraste des objets du ciel profond

Quel matériel pour quel budget ? Photo

Instrument	Modèle	Coût au 01/06/19 (€)	Remarques
Monture équatoriale	Skywatcher HEQ5 Pro GoTo	1000	Charge max photo = 10 kg (très bon rapport qualité / prix / charge utile)
Monture équatoriale	Skywatcher HEQ6-R Pro GoTo USB	1500	Charge max photo = 17 kg (monture lourde à transporter)
Télescope	Skywatcher 200/1000 - F/D=5	380	Petit champ / planètes (9 kg)
Télescope	TS Optics 200/800 Carbone - F/D=4	1100	Petit champ / planètes (très bon rapport qualité / prix) Poids léger avec 7,4 Kg
Lunette autoguidage	Skywatcher 80/400	100	Pour l'autoguidage
Lunette	Skywatcher 72/420 (F/D=6) APO doublet	330	Grand champ / champ moyen
Lunette	TS Optics 80/480 (F/D=6) APO triplet	800	Grand champ / champ moyen (très bon rapport qualité / prix)
APN	Réflex Canon EOS 1300D défiltré	680	Société EOS For ASTRO' Facile à utiliser pour débiter la photo astronomique et polyvalent (Voie Lactée) Possibilité de faire de la couleur Hubble
Caméra astronomique CMOS	Monochrome ZWO ASI 1600MM Pro	1500	Ciel profond et planétaire
Caméra planétaire CMOS	Monochrome ZWO ASI120MM	200	Planètes / Autoguidage
Objectif grand champ	Samyang 14 mm (F/D=2,8)	330	Voie Lactée et paysages nocturnes étoilés
Correcteur de champ télescope	Baader MPCC	160	Corrige la coma des étoiles en bord de champ
Roue à filtre	Motorisée 7 positions	350	Permet de changer de filtre sans démontage et refocus
Filtre LRVB	1 filtre luminance, 3 filtres Rouge, Vert, bleu	100	Permet de créer des images en vraie couleur
Filtres SHO	3 filtres D=31,75 SII, H-Alpha, OIII en 12nm	390	Permet de créer des images en couleur Hubble 12nm pas suffisant si pollution lumineuse ou pleine Lune
Filtres SHO	3 filtres D=31,75 SII, H-Alpha, OIII en 6nm	600	Permet de créer des images en couleur Hubble 6nm 2x + cher que 12nm mais beaucoup mieux si pollution lumineuse + Lune
Lentille de Barlow	APM ED 2,7x avec correcteur de coma intégré	170	Permet d'augmenter la focale et donc le grossissement pour la photo des planètes
Laser de collimation pour Newton	Hotech	140	Permet de collimer le télescope Newton facilement (nécessaire avant chaque séance d'acquisition)
Masques de Bahtinov	2 diamètres différents	50	Permet de régler le point de focus facilement sur une étoile brillante 1 pour le Newton et 1 pour la lunette
Ecran à flats	Diamètre > au Newton	120	Permet de créer des images de calibration des défauts de l'optique Sert également pour la lunette
Budget photo avec Lunette		2830	Monture HEQ5 + Lunettes TS Optics + Guidage + caméra guidage + EOS
Budget photo avec Télescope		3440	Monture HEQ5 + Télescope TS Optics + Guidage + caméra guidage + EOS + Laser + Barlow
Budget photo "Pro"		6530	Monture HEQ6-R + Télescope & Lunette TS Optics + Guidage + caméra astro + Laser + Barlow + filtres L-RVB & SHO

Informations utiles

- Formation CFP « La tête dans les étoiles » (Gers) : www.fermedesetoiles.com
- AIP : Association proposant des stages et de nombreux tutaux en astrophoto (<http://www.astro-images-processing.fr>)
- Livre recommandé : « Astrophotographie » de Thierry Legault (<http://www.astrophoto.fr/astrophotographie.html>)
- Revue Ciel & Espace : nombreux articles et podcasts (<http://www.cieletespace.fr/>)
- Magasin d'astronomie à Toulouse : <http://laclefdesetoiles.com>
 - Céline et Sébastien Vauclair (Dr en Astrophysique) seront vous conseiller ;-)
- Sur le web :
 - Astrosurf : <http://www.astrosurf.com>
 - Forum traitant de tous les sujets liés à l'astronomie (très nombreux retours d'expériences)
 - Logiciels et éphémérides synthétiques des principaux événements
 - Webastro : communauté française d'astronomie (<http://www.webastro.net>)
 - Association Française d'Astronomie : <http://www.afastronomie.fr/>
- Logiciel :
 - Stellarium : Planétarium (<http://www.stellarium.org/fr/>)
 - Atlas Virtuel de la Lune : (<http://ap-i.net/avl/fr/start>)

Plus de détails sur mon site perso ...



Questions - Réponses

