

Deux phémus de Jupiter à la webcam

Motivation

Les phénomènes mutuels (phémus) de Jupiter sont les éclipses et les occultations des satellites de Jupiter visibles tous les 6 ans (plus d'informations sur :

http://www.imcce.fr/fr/presentation/equipes/GAP/travaux/phemu09/index_fr.html).

Ils sont intéressants pour l'amateur car ils permettent de pratiquer des techniques de photométrie différentielle sur des objets très lumineux (magnitude 4). Ce gros mot consiste à mesurer la variation de la luminosité reçue par les objets observés. On obtient des courbes colorées qui font la joie des membres de la SAR pendant les plénières.

C'est ce que nous avons réalisé la nuit du 17/08/09, équipés d'un gros télescope SkyOptic de 200mm et d'une webcam PL1M (normalement destinée à l'autoguidage !). Nous avons capturé le satellite Galiléen Europe occulté puis éclipsé par IO.

Le « challenge » était d'exploiter les données brutes (sans noir ni PLU, ni bias) d'un capteur 8 bits avec une focale (1.6 m) nettement inférieure à celle recommandée par l'IMCCE (> 5m).

A noter que la datation précise de l'événement a été réalisée en parallèle par Jacques Montier à l'aide de l'Eventaude (voir : <http://www.astro-rennes.com/actualites/aout2009/phemus.pdf>).

Configuration

Le SkyOptic 200 (formule Newton ouvert à 4) est montré en avant-plan ci-dessous (on distingue dans le fond Jacques Montier, qui tenait absolument à être sur la photo pour nous montrer son teeshirt rose).



Le tube est monté sur une monture CELESTRON CG5 approximativement mise en station au viseur polaire (Jacques lui fait du Bigourdan – c'est pour cela qu'il y a une tente sur la droite : il se repose pendant les dérives).

La webcam PL1M (avec une barlow 2x) est placée au foyer – ce qui nous donne une focale de 1600

mm. Avec des px de 5.2 um, l'échantillonnage est de 0.67 arc"/px.

Comme on ne voulait pas se tromper de cible, nous nous sommes arrangés pour avoir Jupiter dans le champ (~1/4 de degré), ainsi que IO, Europe et Callisto.

Le phénomène a été enregistré avec des poses de 0.8s (gain =2%), toutes les 10 secondes à l'aide de QGVideo, logiciel de capture livré avec la caméra PL1M.

Nous avons pris soin de ne pas saturer le capteur – car avec seulement 8 bits, la valeur max. 255 est rapidement atteinte (surtout que Jupiter est dans le champ – quant à elle totalement saturée).

On obtient un AVI – en fait plusieurs AVI car il y a eu 4 plantages Windaube – il a donc fallu assembler les 4 séquences vidéo à l'aide de VirtualDub (le couteau Suisse du traitement vidéo).

Traitement

C'est le plus rigolo car grandement simplifié par l'utilisation du logiciel LIMOVIE.

(http://www005.upp.so-net.ne.jp/k_miyash/occ02/limovie_en.html).

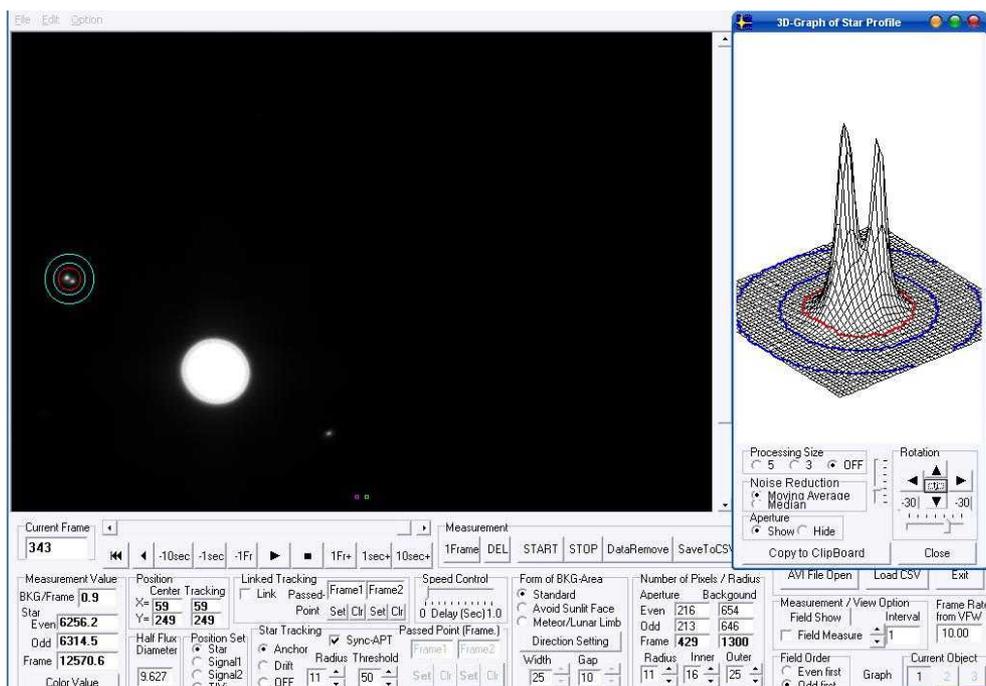
Ce merveilleux outil (gratuit) permet (entres autres) d'extraire et de calculer le flux lumineux des objets directement à partir du flux AVI. Il est même capable de suivre les objets en mouvement (ce qui a été notre cas, puisque nous avons passé notre temps à recentrer le champ pendant la capture : la prochaine fois on écouterait Jacques et son Bigourdan).

Il faut d'abord isoler l'objet à mesurer. On va mesurer IO et Europe en même temps, c'est à dire entourer les deux satellites avec le cercle rouge – en ajustant la taille du cercle de sorte que les deux satellites soient bien encadrés.

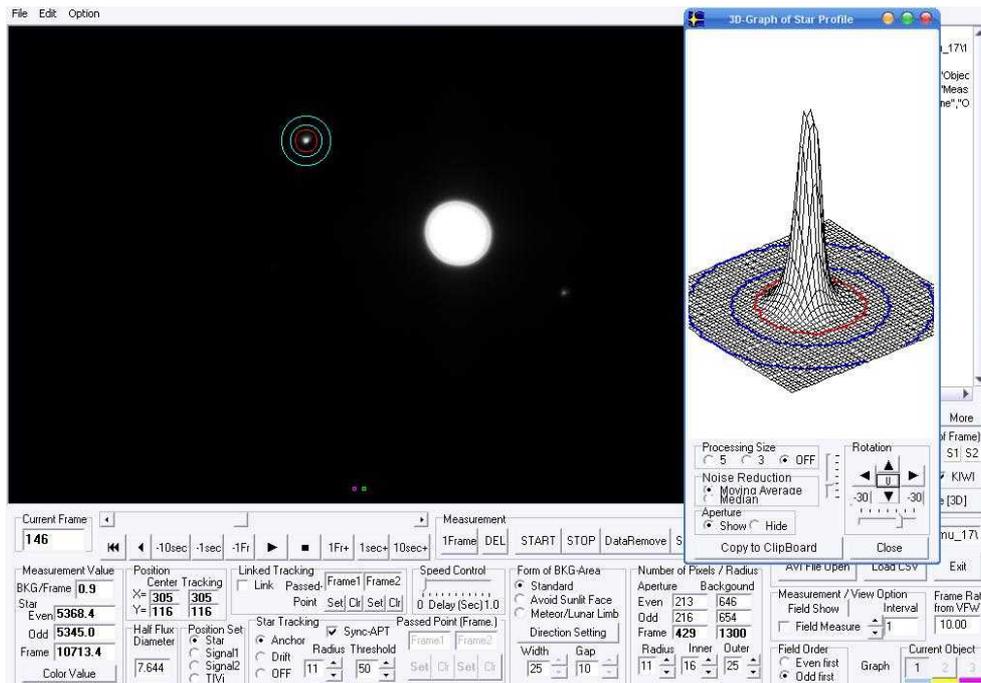
Ensuite on étale le cercle bleu suffisamment loin du cercle rouge mais pas trop (pour ne pas embarquer d'autres objets).

Cela s'appelle de la photométrie d'ouverture : le flux mesuré à l'intérieur du cercle bleu est le fond de ciel – il sera soustrait au flux mesuré à l'intérieur du cercle rouge qui est le flux « brut » de l'objet.

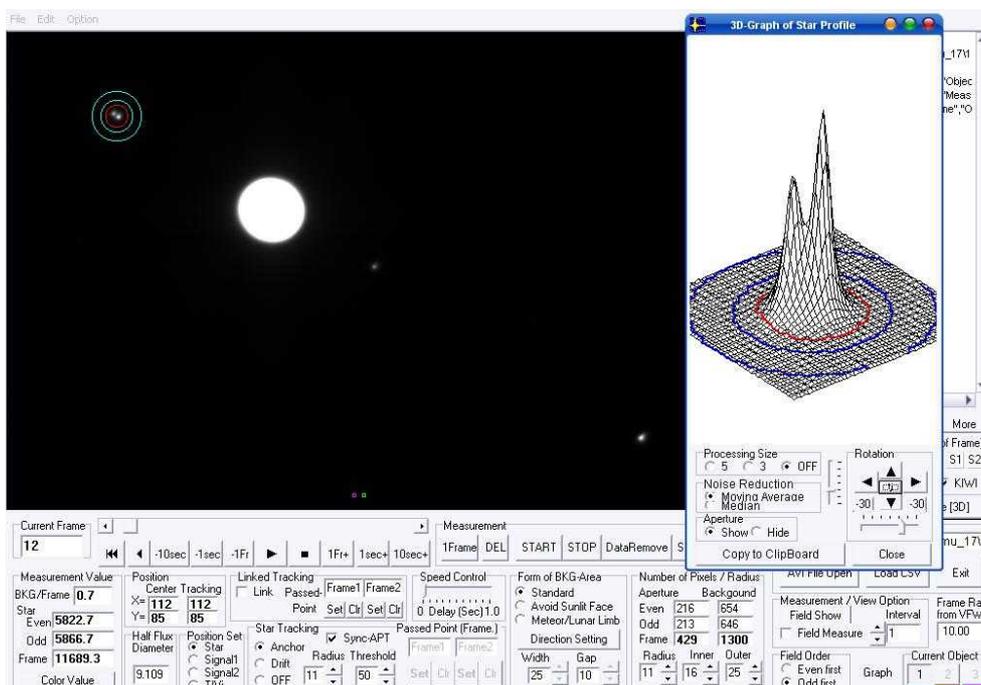
En début de phénomène, IO et Europe sont encore séparés ce qui donne :



En milieu de l'occultation, IO et Europe sont bien confondus – on obtient :



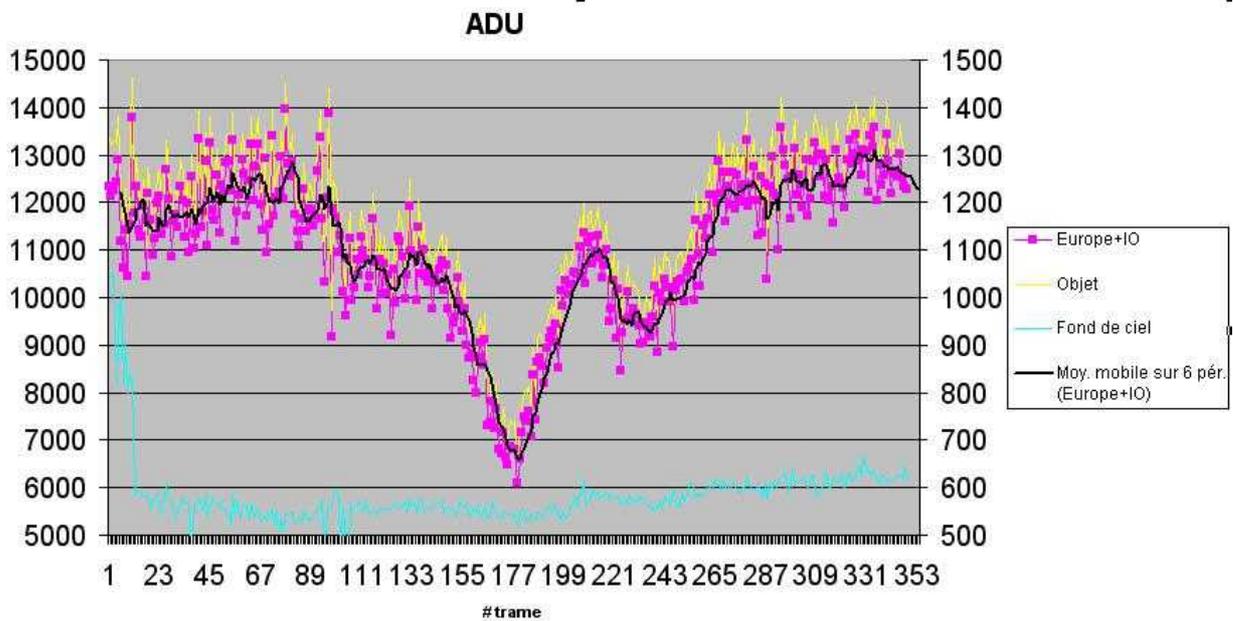
En fin de phénomène, Io et Europe sont de nouveau séparés :



Et on lance la mesure... – Limovie génère un fichier CSV que l'on reprend sous Excel (pardon sous OpenOffice).

Résultats

Sans Callisto



La courbe bleue est le fond de ciel (échelle de droite) – la courbe jaune est la mesure brute de l'objet et la courbe rose est la mesure calculée par Limovie (échelle de gauche) en tenant compte du fond de ciel.

Les flux sont en ADU (Analog to Digital Units) – ils représentent l'addition des valeurs de pixels contenus dans les cercles rouges (429 px) et bleus (1300 px).

La courbe noire est une extrapolation de la courbe rose (moyenne mobile).

On distingue bien l'occultation, suivie de l'éclipse.

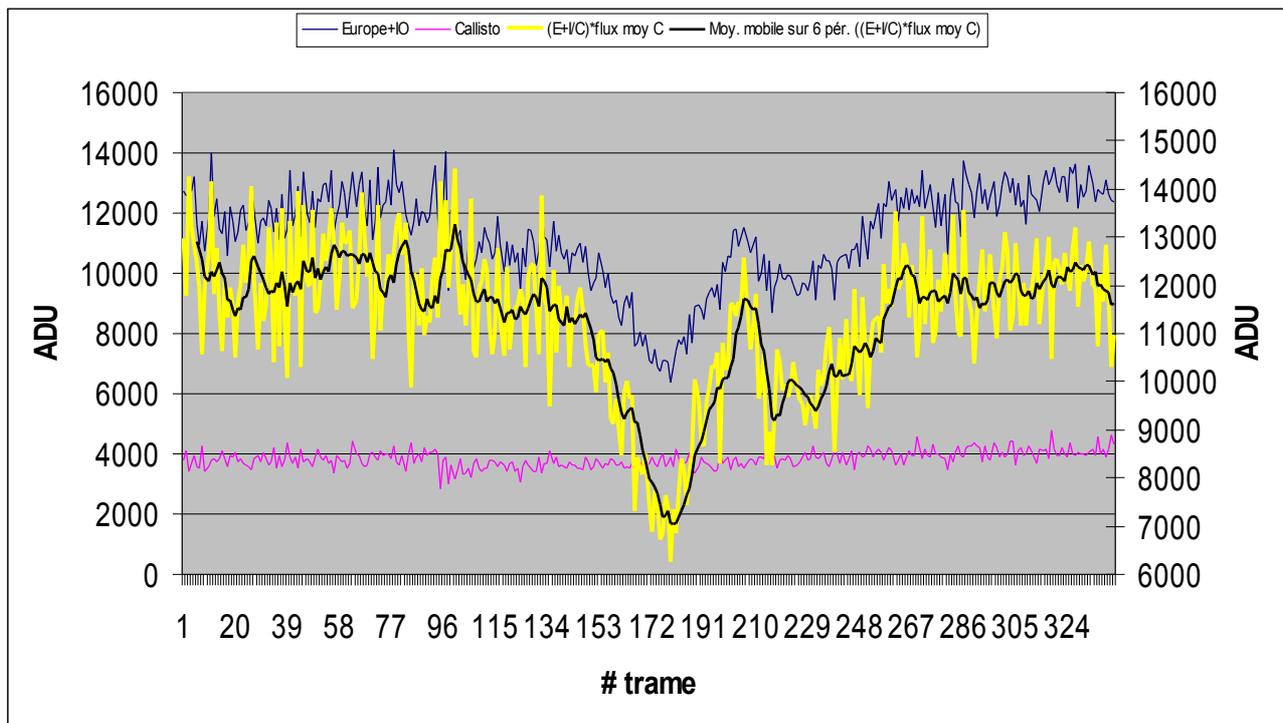
Mais les valeurs des plateaux avant et après ne sont pas stables – il n'est pas possible de calculer précisément la variation de flux par rapport à une valeur de référence – on laisse tomber cette méthode.

Avec Callisto comme référence

Par chance, nous avons Callisto dans le champ. Si le flux de IO et Europe varie « anormalement », on aura Callisto qui variera également de la même manière – en supposant le flux de Callisto constant, nous devrions pouvoir corriger la mesure précédent de IO et Europe.

Nous relançons Limovie et mesurons Callisto parallèlement à IO et Europe. Le fichier Excel produit contient les deux séries de points.

Nous obtenons :



Callisto est la courbe rose (valeurs calculées par Limovie) – Europe et IO sont cumulés sur la courbe bleue.

La courbe jaune est, pour chaque trame, égale à :

$$(\text{Flux IO+Europe} / \text{Flux Callisto}) * \text{Flux moyen Callisto}$$

Le Flux moyen de Callisto a servi à « normaliser » le flux de IO+Europe.

Les plateaux avant et après sont maintenant (à peu près) exploitables.

Les trames du plateau de référence avant occultation donnent une moyenne de 11892.5 ADU avec une dispersion de 111.8 (9.4 %) - les trames au plus bas de l'occultation sont à 6900.5 ADU en moyenne avec une dispersion de 526.1 (7.6%).

On en déduit une chute de luminosité de $11892.5 - 6900.5 = 4992$ ADU soit 41.9 %

En magnitude, cela fait une **chute de 0.59 +/- 0.07** $(2.5 * \log(6900.5/11892.5))$

l'IMCCE annonce une chute de 0.624 – finalement pas si éloignée de la nôtre (à l'incertitude prêt) – donc on est content.

Le plateau de l'éclipse est trop irrégulier – nous ne l'avons pas mesuré.

En conclusion

- On peut faire de la photométrie différentielle avec une webcam 8 bits sur des objets lumineux, malgré une dispersion des valeurs importante (proche de 10%)
- le manque de PLU, noirs et bias est clairement handicapant ; on peut convertir les AVI en FITS et effectué un prétraitement classique, mais on perd en simplicité et en rapidité de traitement (Limovie)
- le 04 Octobre dernier, avec un instrument encore plus petit (mak de 102 ouvert à 13), nous avons mesuré l'occultation du 04 Octobre et mesuré une chute de **0.09 mag** seulement – nous sommes presque prêts pour le milli-mag...

Pascal.