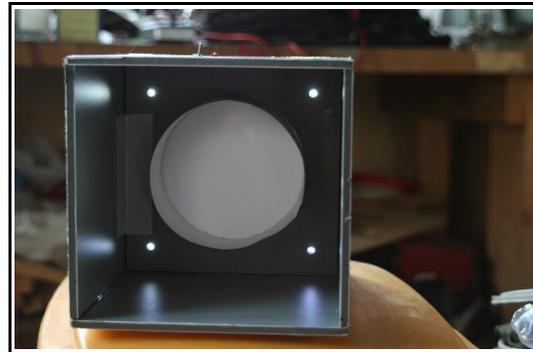


LES FLATS - Théorie, utilisation, construction d'une boîte à flats

(c)JF BRUNELLI 2006



1- Utilité et fonctionnement de la Plage de Lumière Uniforme (PLU ou flat).

La plage de lumière uniforme ou flat est une image de la chaîne optique, prise dans des conditions d'éclairage uniformes, qui permet de nettoyer une image des imperfections de la chaîne optique traversée par la lumière (poussières, vignettage, etc...)

Supposons une chaîne optique (lunette astronomique ou télescope, lentille de barlow ou réducteur de focale, filtres). La lumière traverse cette chaîne optique avant d'atteindre le capteur numérique. Prenons une image de notre nébulosité préférée.

Appelons F_i le flux de lumière qui devrait arriver sur le capteur si la chaîne optique était parfaite et F_f le flux qui arrive réellement sur le capteur, le rapport entre les deux flux est de 1, on a donc $F_f/F_i=1$

Imaginons qu'une poussière se situe sur une des lentilles sur le trajet optique. On voit bien sur l'image finale l'effet de cette poussière : une tache plus sombre que le reste de l'image, et floue. A l'endroit de la poussière, la lumière est affaiblie. Mettons que 20% de la lumière soit absorbée ou diffusée par la poussière. Le rapport entre le flux qui devrait atteindre le capteur et le flux qui y parvient réellement est donc de 0.8 à l'endroit de cette poussière. L'image est localement plus sombre.

Éclairons notre objectif de façon uniforme, et faisons une image. Cette image sera uniformément éclairée, avec une tache sombre à l'endroit de la poussière. Localement, le flux qui arrive sur le capteur sera aussi 20% plus faible que le flux théorique.

Récapitulons : nous avons l'image de notre nébulosité sur laquelle le rapport de transmission entre la lumière qui devrait arriver sur le capteur et la lumière qui y parvient réellement est de 1, sauf à l'endroit de la poussière où il est de 0.8.

Nous avons également une image d'une lumière uniforme, sur laquelle de la même façon le rapport de transmission entre la lumière qui devrait arriver sur le capteur et la lumière qui y parvient réellement est de 1, sauf à l'endroit de la poussière où il est de

0.8.

Divisons maintenant l'image de notre nébulosité par l'image de lumière uniforme. Iris appelle cette opération « division par le flatfield ».

Iris va diviser la valeur de chaque pixel de l'image de départ par la valeur de chaque pixel de l'image de lumière uniforme.

Sur l'image de lumière uniforme, tous les pixels ont la même valeur de luminosité sauf à l'endroit de la poussière où cette valeur est 0.8 fois plus faible.

Donc sur l'image de la nébulosité, tous les pixels vont être divisés par la même valeur. Iris va s'arranger pour « normaliser » l'image de lumière uniforme, il va fixer la valeur des pixels de l'image de lumière uniforme à 1.

Appelons V_i la valeur de luminosité des pixels sur l'image. Sur l'image de lumière uniforme, cette valeur est de 1.

Aux endroits non affectés par la poussière, nous aurons une valeur après division de : $(V_i \times 1) / (1 \times 1) = V_i$, la division n'a rien changé sur l'image de départ.

Au niveau de la poussière, la valeur sur l'image est $V_i \times 0.8$, et sur l'image de lumière uniforme elle est de 1×0.8 .

Quand nous effectuons la division, nous obtenons : $(V_i \times 0.8) / (1 \times 0.8) = V_i$.

La division par la plage de lumière uniforme a redonné aux pixels situés à l'endroit de la poussière la valeur théorique qu'ils auraient eu si la chaîne optique était parfaite.

La luminosité est repassée de $V_i \times 0.8$ à V_i . Localement, la luminosité a été augmentée de 20%, compensant complètement l'affaiblissement dû à la poussière.

Résultat, sur l'image, la tache sombre disgracieuse a disparu !

L'utilisation d'un flat ou PLU permet donc un « nettoyage en profondeur » de l'image.

Pour simplifier, nous avons pris l'exemple du traitement d'une poussière sur la chaîne optique. Mais la PLU permet de corriger d'autres défauts et non moins importants.

Le vignettage qui est présent sur les optiques à forte ouverture est complètement annulé par l'utilisation d'un flat. L'assombrissement typique de l'image depuis le centre vers les bords disparaît totalement.

Autre effet bien moins visible mais cependant fondamental : Sur un capteur CCD, tous les photosites n'ont pas la même réponse. Pour un éclairage donné, certains répondent plus faiblement que d'autres, ce qui peut se traduire de façon très locale par une inhomogénéité de l'image, une sorte de granulosité. La PLU corrige complètement ce défaut, puisqu'elle reproduit fidèlement la réponse de chaque photosite, et la division redonne la luminosité que l'image aurait eu si les photosites répondaient tous de la même façon.

Lors de la division par le flat, l'image sera adoucie, et bien plus homogène.

Cette correction n'est pas que cosmétique. Si l'on désire faire de l'astrométrie et analyser la magnitude des étoiles, il est absolument fondamental que la réponse des photosites soit homogène, sinon les mesures peuvent être faussées (si par exemple une étoile tombe sur un photosite qui répond plus faiblement que les autres, sa magnitude semblera plus faible qu'en réalité).

Lors de la prise des flats, il est fondamental de ne jamais changer les réglages de mise au point ou d'orientation du capteur. En effet, lors de la division, un affaiblissement local dû à une poussière sur l'optique doit avoir strictement la même place au pixel près sur l'image brute et sur la PLU, sinon la division ne corrigera pas les défauts, et pire, fera apparaître des zones plus claires sur l'image, tout en laissant en place les zones sombres !

Il faut également faire une prise de flats immédiatement après la prise de vue (certains

se resservent de flats anciens pour traiter leurs images, ce qui est une erreur grossière), car d'une séance à l'autre des poussières peuvent se déposer sur le capteur (ou au contraire disparaître). Si elles n'ont pas été prises en compte lors de la prise du flat, elles ne seront évidemment pas corrigées !

Le soin apporté à la prise des images de flat est fondamental.

La source de lumière doit être parfaitement homogène. Si elle ne l'est pas, le flat contiendra des informations de gradient de lumière qui n'existent pas dans la chaîne optique, et son application conduira à des gradients sur l'image finale.

Pour cela, on fait des prises de vue soit directement sur le ciel au lever du jour, soit on utilise une boîte à flats qui délivre sur l'objectif une lumière parfaitement uniforme.

L'exposition du flat est également très importante. Le signal moyen doit correspondre à peu près aux 2/3 de la dynamique du capteur de l'imageur. Il ne faut en aucun cas monter au-delà, au risque d'avoir des zones saturées qui ne seront pas exploitables, seront écrêtées, et conduiront à une mauvaise application du flat sur l'image.

Par exemple, avec une boîte à flat contenant 4 leds blanches, montée sur une lunette 80 ED et avec un EOS 350D, je fais des séries d'images avec 10s de pose en 400 ISO, ce qui me donne le signal voulu et non saturé. Le temps d'exposition en soi importe peu puisque le logiciel de traitement va normaliser le flat. Il faut cependant assez de signal pour que la dynamique des poussières et autres gradients de vignettage puisse s'exprimer.

2- Construction d'une boîte à flats:

La boîte est composée d'un caisson en carton plume (sandwich de mousse et de carton, disponible dans les magasins de bricolage ou de création artistique) qui vient s'emboîter sur l'objectif. 4 leds blanches éclairent l'objectif de façon indirecte, via une plaque en polystyrène ou PVC translucide qui diffuse la lumière. La lumière obtenue est parfaitement homogène.

2.1- Le matériel:

- carton plume avec une face blanche ou grise de 6 mm d'épaisseur
- une plaque de polystyrène ou pvc blanc translucide, épaisseur 2mm
- un morceau de bristol blanc
- de la bande adhésive toilée de 4cm de largeur (ou autre)
- 4 diodes leds blanches haute luminosité, de 5mm de diamètre
- une led rouge de 3mm de diamètre (témoin d'allumage)
- une résistance de $100 \Omega \frac{1}{4} W$
- une résistance de $470 \Omega \frac{1}{4} W$ pour la led témoin.
- un interrupteur miniature
- un coupleur de pile de 9V
- une pile de 9V
- du fil électrique fin
- un petit morceau de bande velcro adhésive
- un cutter
- un compas de découpe

- un fer à souder
- de la colle rapide pour papier et carton

2.2 La réalisation:

Les dimensions du montage dépendront évidemment du diamètre de votre instrument. Je vous conseille donc de les adapter. J'ai adapté les miennes à celles d'une lunette Orion ou skywatcher 80 ED. La boîte à flats s'emboîte sur le pare-buée de la lunette et le diamètre de l'évidement correspond au diamètre extérieur du pare-buée.

- Découpez le carton plume selon votre plan, évidez les parties circulaires en coupant soigneusement à l'aide du compas de découpe.
- Collez la plaque de plastique translucide en sandwich entre les deux fonds évidés.
- Collez la plaque de renfort évidée en dessous.
- Découpez une bande de bristol de 50mm de largeur et d'une longueur correspondant au périmètre de l'évidement. Collez cette bande à l'intérieur de l'évidement, en appui sur la plaque translucide en prenant soin qu'elle soit bien plaquée le long de l'évidement. Cette bande de bristol servira de déflecteur pour éviter à la lumière des leds de parvenir directement à la plaque translucide.
- Percez les 4 trous de 5mm aux 4 coins des plaques évidées et insérez les diodes led blanches. Maintenez les en place soit par des petits points de colle, soit par des supports pour leds.
- Percez dans un des flancs un trou de 3mm pour la led témoin d'allumage et un trou pour l'interrupteur.
- Faites le câblage électrique en prenant soin de respecter la polarité des leds (le méplat est du côté du +, le + correspond également à la patte la plus longue).
- Vérifiez votre câblage en allumant les leds, la led rouge témoin doit également s'allumer.
- Collez un morceau de velcro sur la pile de 9V, et la partie inverse à l'intérieur de la boîte, la pile sera alors immobilisée.
- Procéder à l'assemblage de la boîte, en disposant des points de colle sur les surfaces en contact. Rigidifiez l'ensemble en collant de la bande adhésive sur toutes les jointures et arêtes, à l'intérieur et à l'extérieur de l'ensemble.
- Assemblez le couvercle de la boîte en collant l'un sur l'autre les deux carrés. Si votre carton bulle n'est pas blanc, prévoyez de coller un morceau de bristol blanc sur la face intérieure du couvercle. La réflexion de la lumière sera améliorée.



La boîte terminée (sans le couvercle). On aperçoit les 4 leds, la plaque translucide et le déflecteur en bristol.

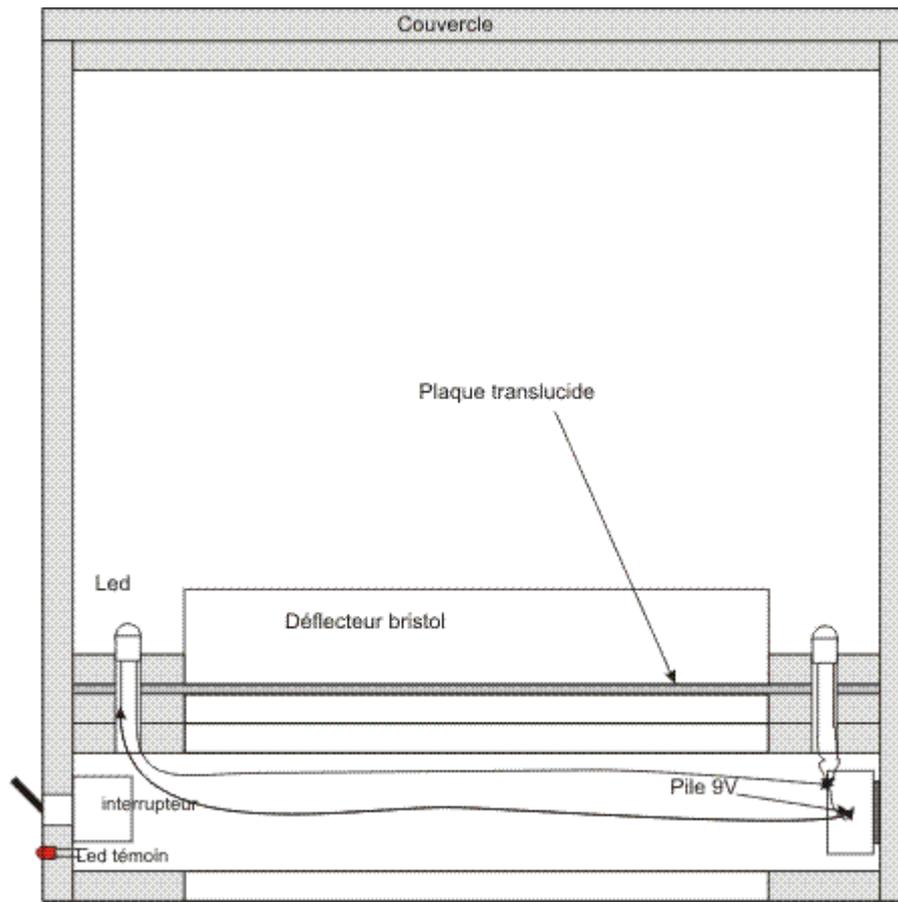
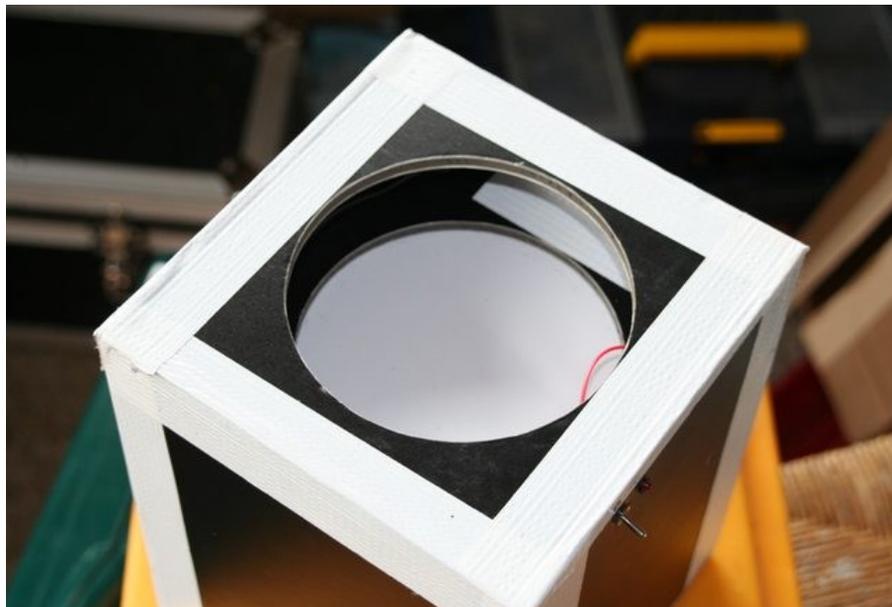


Schéma de la boîte



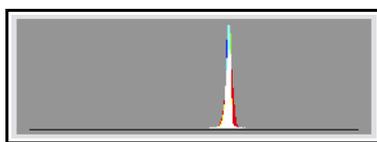
5- Utilisation de la boîte à flats

Pour la réalisation de vos flats, mettez la boîte en place en l'emboîtant sur le pare-buée de la lunette, allumez les leds.

Ne changez surtout pas la mise au point, ni l'orientation de votre appareil numérique, la fiabilité du flat obtenu en dépend.

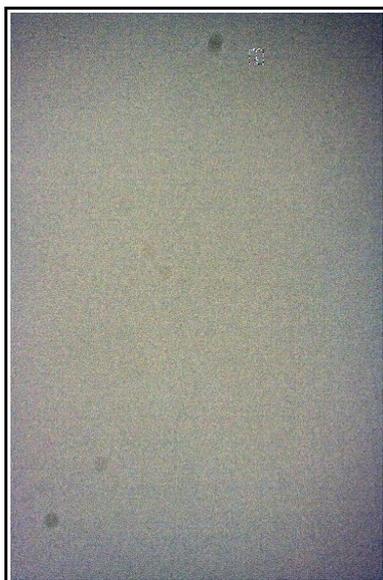
D'expérience, je fais 9 poses de 10s à 400 ISO pour obtenir un flat correct.

Selon votre montage, faites une pose de 10s à 400 ISO et vérifiez sur l'histogramme qui est donné à l'arrière de votre APN que le pic est situé en gros aux 2/3 de la dynamique du capteur. L'important est qu'il n'y ait strictement aucun signal à la droite de l'échelle, ce qui correspondrait à une saturation du capteur (temps de pose trop long), et conduirait à un flat inutilisable. Corrigez si besoin en modulant le temps de pose.



Histogramme d'un flat correctement exposé

Voici un flat pris en pose de 10s à 400 ISO. J'ai volontairement resserré fortement les niveaux pour montrer les poussières sur le chemin optique ainsi que le vignettage:



A la prise de vue, et sans toucher les niveaux, vous ne devez pratiquement rien apercevoir sur l'image de PLU, si ce n'est un fond gris uniforme.

Les puristes feront une série de darks au même temps de pose que le flat. Le dark

obtenu sera soustrait des images brutes des flats, de façon à éliminer le bruit et les pixels chauds dus au temps de pose de 10s ou plus. Les images de flat ainsi traitées seront alors compositées pour donner un flat maître qui sera ensuite divisé des images brutes pour faire disparaître les imperfections (voir le tuto sur le prétraitement des images).