

Astrophotographie des planètes, du Soleil et de la Lune

Principes de base

Les astronomes professionnels ont été les premiers à utiliser des capteurs numériques pour l'obtention d'images des astres. Leur coût élevé a tenu longtemps ce matériel éloigné des amateurs. Ce temps est loin derrière nous, même si l'écart entre les professionnels et les amateurs reste conséquent du fait des budgets mis en œuvre. Les capteurs numériques des amateurs sont maintenant très performants.

La supériorité du numérique par rapport à l'argentique est établie en planétaire comme en ciel profond, et plus aucun astronome professionnel ni amateur n'a aujourd'hui recours à la pellicule.



Meilleure image argentique de l'auteur

*Première image numérique de l'auteur
Certains satellites sont visibles*

L'apparition des webcams et leurs évolutions a changé la donne. Pour un prix modeste, à la portée de tout amateur, l'imagerie planétaire¹ devient très accessible.

Les défauts de ces caméras sont nombreux, mais elles s'améliorent constamment. La nature numérique du signal capté permet de corriger une grande part de ces défauts.

Ce document se propose de voir comment produire une image fixe, fidèle à la réalité, à partir d'un film réalisé à l'aide d'une webcam du commerce ou d'une caméra planétaire spécialisée. Il donne quelques pistes qui ont permis de produire des images correctes.

¹ Le terme planétaire est mal choisi. Il englobe les planètes, mais aussi le Soleil, la Lune, les astéroïdes, les comètes....

Les caméras

Les plus anciennes sont la Vesta Pro, la ToUcam de Philips et assimilées. Elles ont le même capteur CCD de 640 x 480 pixels (307 200 pixels), avec des photosites de 5,6 μ , ce qui met la taille du capteur à 3,6 x 2,7 mm.



Certains fabricants ont amélioré ces webcams en les spécialisant en faible lumière, en augmentant leur cadence de prises de vues, la taille de leur capteur, leur sensibilité, etc.

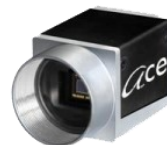
Le débat reste vif entre les tenants des capteurs N&B et ceux des capteurs couleurs. Les capteurs N&B sont plus sensibles (pas de matrice de Bayer), mais nécessitent une roue à filtre si l'on désire un résultat en couleurs. Puisqu'en planétaire le temps est généralement compté (cas de la Lune et de Jupiter, du fait du mouvement des ombres sur la Lune et de la rotation de Jupiter), une prise de vues avec filtres va devenir relativement pénalisante. Alors qu'un capteur couleur est certes moins sensible, mais ne nécessite qu'une seule prise.

Le capteur d'une webcam n'est pas refroidi. Un bruit de fond important aux longs temps de pose empêche d'obtenir des résultats appréciables en ciel profond.



Les caméras un peu plus récentes sont les DMK de Imaging Source, et assimilées. Ce sont les premières caméras spécialisées en astronomie et abordables. Elles sont aujourd'hui pénalisées par leur faible vitesse d'acquisition, la faible taille de leur capteur, et leur moindre sensibilité.

Les plus performantes sont, par exemple, les ACE de chez Basler. Mais d'autres marques proposent des caméras d'aussi bonne facture (ZWO, Atik...). Ces caméras sont rapides et peuvent donner des images codées sur 12 bits ou plus (8 bits pour la DMK). Elles sont également plus onéreuses. Certaines sont refroidies et permettent des poses longues.



La tendance actuelle est ainsi la construction de caméras pouvant fonctionner aussi bien en planétaire qu'en ciel profond.

Il est possible de choisir soit un capteur monochrome, soit un capteur couleur pour chaque marque de caméra récente. Le capteur couleur possède une matrice de Bayer qui permet de reconstruire une image en couleurs interpolée à partir des photosites filtrés. Le capteur N&B n'a pas cette matrice colorée et est donc plus sensible.

Le principe

Obtenir une image planétaire numérique de qualité avec une webcam ou une caméra planétaire, passe par la réalisation d'un film généralement au format SER, format spécialement étudié pour ce type d'application.

Chaque image du film est triée selon la netteté et le contraste de zones préprogrammées au traitement. Seules les meilleures zones des images auront droit à être traitées.



Puisque la turbulence ou un mauvais suivi décale l'objet d'une image à l'autre, il faudra les recadrer (cette opération s'appelle la *registration*) de façon à pouvoir ensuite les superposer exactement.

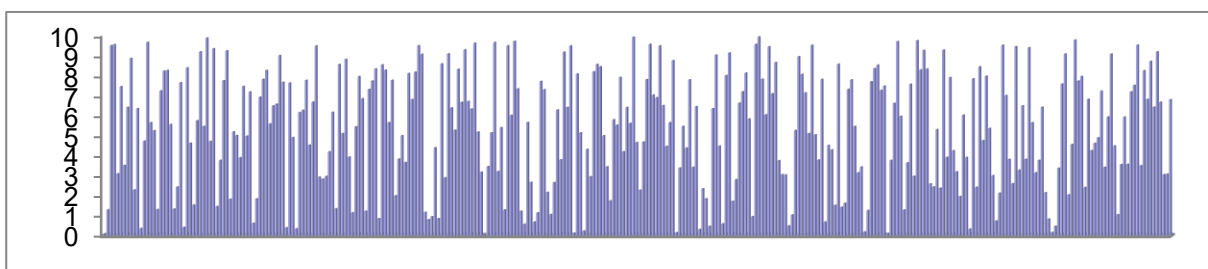
La superposition (ou *compositage*) permet de réduire significativement le bruit observé dans les images individuelles, et d'augmenter leur dynamique, c'est-à-dire le nombre des valeurs de gris présentes dans l'image.

La réduction du bruit tient au fait qu'il est aléatoire. Les mathématiques nous apprennent que le bruit augmente selon la racine carrée du nombre de vues superposées, alors qu'un détail réel monte en fonction directe du nombre de vues. Plus le nombre de vues superposées sera grand, plus le bruit sera proportionnellement limité.

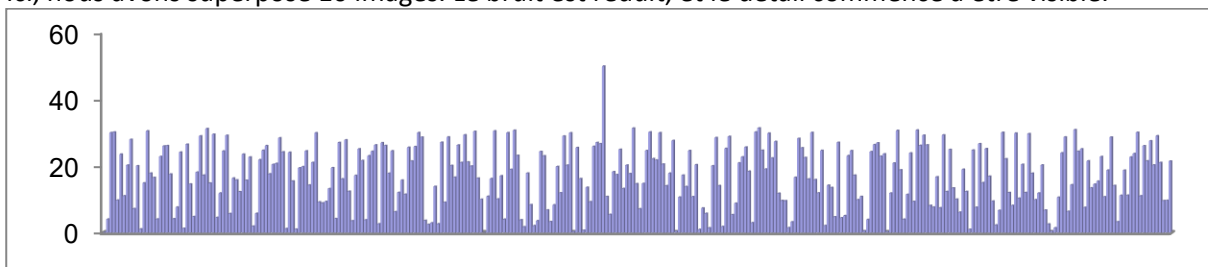
	1 image	10 images	100 images	1000 images
Bruit	5	15,8	50	158
Détail	5	50	500	5000
Bruit restant	100%	32%	10%	3%

Imaginons un détail de niveau 5 (sur 256), noyé dans un bruit de niveau 5 également. Il est invisible sur une vue individuelle. Si l'on additionne 10 images, le détail aura un niveau $5 \times 10 = 50$, alors que le bruit aléatoire ne sera que de $5 \times \sqrt{10} = 15,8$. Le détail se distingue du bruit. Avec une addition de 1 000 images, le bruit est à 158, alors que le détail est à 5 000. Le bruit devient alors très faible.

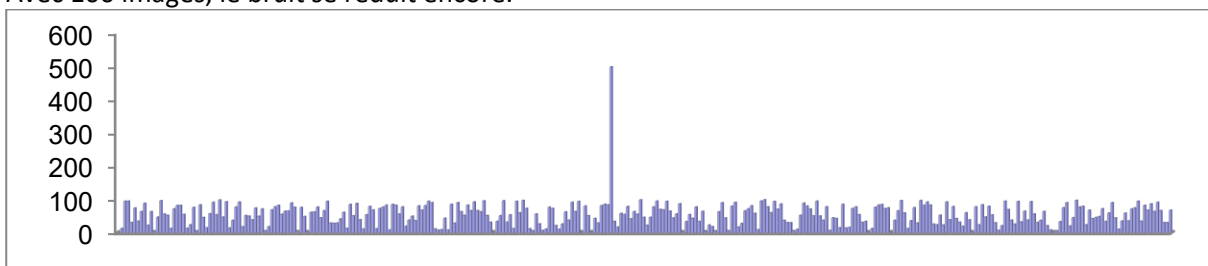
Une autre façon de voir les choses : cette rangée de pixels montre le niveau de bruit, aléatoire, codé de 1 à 10 (sur 256). Dans ce bruit se cache un détail de niveau 5. Il sera présent dans toutes les images individuelles, mais noyé.



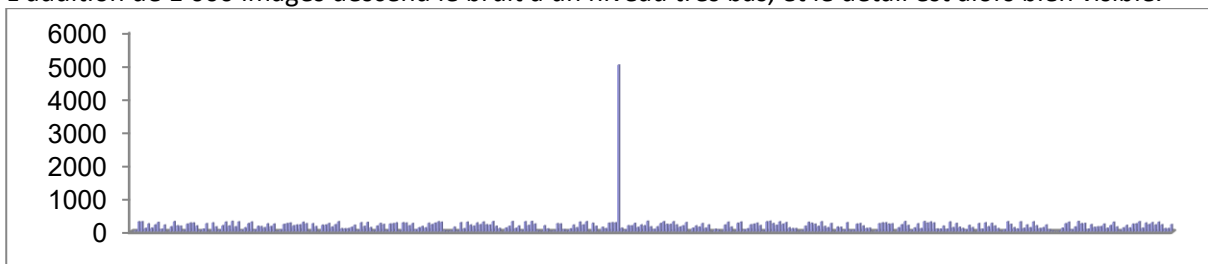
Ici, nous avons superposé 10 images. Le bruit est réduit, et le détail commence à être visible.



Avec 100 images, le bruit se réduit encore.



L'addition de 1 000 images descend le bruit à un niveau très bas, et le détail est alors bien visible.



La différence est très spectaculaire à l'œil sur l'écran. L'image compositée est beaucoup plus douce, plus contrastée, contient plus de détails. La « neige » initiale de l'image brute individuelle a disparu.



Image brute



Image compositée

C'est dans l'image compositée que se trouvent les détails les plus fins, souvent cachés.

Le traitement consistera à les rendre visibles par l'application de filtres de type masque flou ou ondelettes, entre autres techniques (voir plus loin).

La chaîne d'obtention d'une image se compose donc des éléments suivants :

- La prise de vue.
- Le prétraitement.
- Le traitement.
- La mise en valeur.

La prise de vue

C'est de loin la phase la plus importante de la chaîne.

Il est essentiel de bien savoir qu'un mauvais film ne donnera jamais une bonne image, même avec le meilleur traitement du monde.

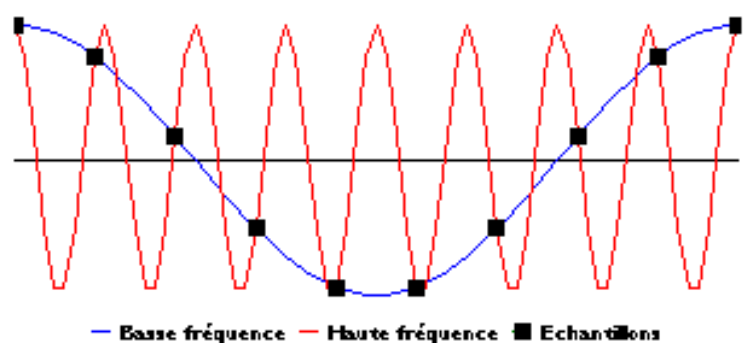
Matériel astronomique et caméra

Il est évident que le montage optique qui servira à la prise de vue influera sur le résultat.

Pour choisir le matériel le mieux adapté, il convient de maîtriser la notion d'« **échantillonnage** ».

L'échantillonnage sert à convertir un signal analogique périodique, en un signal numérique représentatif, le plus proche possible de la réalité analogique. Cet échantillonnage est réalisé en « prélevant », en « échantillonnant » des valeurs du signal initial pour le reproduire. Si les prélèvements sont trop espacés dans le temps, le signal sera mal reproduit.

Dans l'exemple qui suit, l'échantillonnage (en bleu) ne reproduit pas la courbe d'origine (en rouge), car les échantillons sont trop espacés :



Harry Nyquist et Claude Shannon ont démontré que la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure à deux fois la fréquence maximale contenue dans le signal d'origine. C'est l'« échantillonnage de Nyquist », l'échantillonnage idéal qu'il faut atteindre.

Comme illustration, citons la reproduction numérique de la musique (signal d'origine analogique). L'oreille humaine perçoit des sons jusqu'à la fréquence de 20 000 hertz (20 000 oscillations par seconde). Pour convertir ce signal de 20 kHz en un signal numérique de qualité suffisante, il faut prélever un échantillon à une fréquence double, soit 40 kHz ou plus, c'est-à-dire à au moins 40 000 échantillons par seconde. De fait, la norme d'échantillonnage en musique est de 44kHz.

En astrophotographie, l'échantillonnage d'une image représente la portion angulaire du ciel vue par un photosite, et rendue par un pixel. Il s'exprime en seconde d'arc par pixels ("/pix) et doit être au moins la moitié de la fréquence spatiale maximale, c'est-à-dire des plus petits détails discernables, fournis par l'instrument.

L'échantillonnage de Nyquist (E_N) est l'optimum que peut donner l'instrument d'optique. Il se calcule ainsi :

$$E_N = 0,206 \cdot \lambda / 2D$$

λ : longueur d'onde en nm

D : diamètre de l'optique

Il est à comparer avec l'échantillonnage (E) donné par l'ensemble télescope + caméra.

$$E = 206 \cdot p / f$$

p : taille des photosites de la caméra, en μ

F : focale résultante de l'optique en mm

Exemple :

Télescope C8 (D = 200 mm, f = 2000 mm) et APN 350D (pixels de 6,4 μ). La longueur d'onde moyenne du visible est autour de 550 nm.

$$E = 206 \cdot p / f = 206 \times 6,4 / 2000 = 0,66 \text{ "/pix.}$$

$$E_N = 0,206 \cdot \lambda / 2D = 0,206 \times 550 / 400 = 0,28 \text{ "/pix.}$$

On voit que l'échantillonnage de notre système peut se rapprocher de l'optimum avec une lentille de Barlow. Dans ce cas, la focale résultante passe à 4000 mm, l'échantillonnage est divisé par 2 et passe à 0,33 "/pix, ce qui s'approche mieux de l'optimal.

Réaliser une bonne image commence par *le plus important*, dans l'ordre :

- Mise en station et équilibrage irréprochable de la monture.
- Mise en température de l'optique.
- Excellente collimation, dans les conditions de prise de vue.
- Turbulence atmosphérique la plus réduite possible.
- Et enfin, mise au point parfaite.

Si nous avons prise sur la plupart des paramètres (mise en station, équilibrage, mise en température, collimation et mise au point), la turbulence est ce qu'elle est et nous n'y pouvons rien, du moins pour ce qui concerne la turbulence d'altitude, celle qui translate les images.

Il faut savoir que cette turbulence se réduit généralement fortement en seconde partie de nuit. Il est donc avantageux d'attendre cette période pour opérer (ce qui permet également d'atteindre un bon équilibre thermique de l'instrument).

Ce n'est pas toujours facile, les occasions étant assez rares. Par exemple, la Lune ou les planètes seront photographiées le matin, lorsqu'elles sont hautes dans le ciel, non loin du méridien. Il faut de plus un ciel dégagé, non perturbé...

Quant à la turbulence locale ou instrumentale, elle se réduit par une bonne mise en température du tube (turbulence instrumentale), et en s'isolant le plus possible de l'atmosphère : éviter les transferts thermiques entre notre corps et l'atmosphère à l'aide de pulls en laine, doudounes, gants... seuls les yeux ont le droit d'apparaître !

Eviter que la ligne de visée passe au-dessus de maisons chauffées, voitures, copains, fumeurs ou autres « objets » chauds.

Un mot sur le cadrage à l'écran des planètes : ***opérer par approches successives.***

Le capteur de la caméra est si petit qu'il correspond à un grandissement énorme, à un champ extrêmement petit. Trouver une planète dans ces conditions est très incertain et problématique... à moins de disposer d'une monture permettant un pointage très précis.

Centrer tout d'abord l'objet au centre du champ à l'aide d'un oculaire de grande focale afin de peu grossir, et avoir un champ important. Centrer. Passer ensuite à un oculaire de courte focale (+ éventuellement une Barlow) pour obtenir un champ plus petit et centrer plus précisément l'objet. Un oculaire réticulé est d'un grand secours.

Remplacer alors l'oculaire par la caméra, sans la Barlow, souvent nécessaire. Sur l'ordinateur, l'objet doit être à l'écran si le suivi est correct. A ce stade, il est possible qu'aucune image n'apparaisse. Cela est dû à un décalage de la mise au point. Avant de conclure que l'objet est parti (?), essayer de focaliser correctement. Lorsque l'image est présente et nette à l'écran, la recentrer le plus précisément possible. On peut maintenant placer la Barlow, et refaire la mise au point en espérant que l'objet soit toujours là. Recentrer encore une fois si nécessaire.

La facilité de réaliser une bonne mise au point sera fonction de la turbulence, comme c'est le cas pour la collimation.

Question : filtre Infra-rouge (IR) ou pas ?

Réponse : les capteurs de nos caméras sont très sensibles à la lumière IR. Ces longueurs d'ondes donnent une résolution moindre qu'en lumière visible. On peut aussi se poser la question de la saturation du capteur par cette lumière IR. Il faut savoir que le verre arrête partiellement une partie de ce rayonnement, et l'efficacité d'un filtre additionnel devant la caméra dépend de l'absorption préalable des surfaces optiques comme une lame de fermeture d'un Schmidt-Cassegrain ou le verre des lentilles d'une Barlow. A essayer donc avec son propre matériel pour évaluer l'utilité d'un filtre IR. Pour ma part, je l'utilise systématiquement.

Configuration informatique

Un ordinateur est un élément nécessaire. Un portable est une solution permettant de se déplacer n'importe où, mais doit être suffisamment performant pour accepter la taille des fichiers créés et le débit nécessaire aux liaisons caméra-ordinateur. On préférera la mémoire SSD, plus rapide.

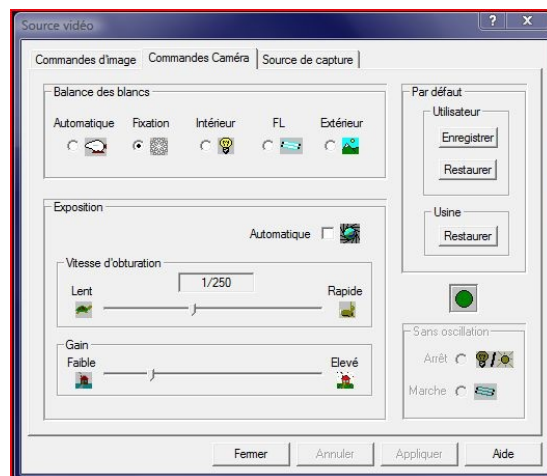


La durée d'une charge de la batterie est également un élément à prendre en compte pour les prises de vue en nomade.

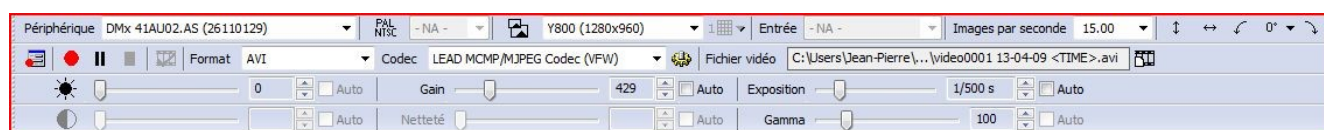
Voyons maintenant comment régler la caméra pour optimiser nos chances de réussite. Les principaux réglages d'une caméra planétaire sont généralement :

- La durée du film.
- Le nombre d'images prises par seconde.
- Le temps de pose de chaque image.
- Le réglage du gain de la caméra.
- Le gamma, le contraste, la luminosité, et la balance des blancs pour une image couleur.

Certains logiciels font en sorte de maximiser automatiquement le nombre d'images par seconde. Ce réglage n'existe donc pas dans ce cas. Il suffit de préciser le temps de pose unitaire pour que le logiciel applique la vitesse d'acquisition maximale.



Réglages du gain et de la vitesse d'obturation dans Iris



Réglages dans le logiciel de capture de la DMK (IC Capture)

Durée du film

Plus nombreuses seront les images du film, plus nous aurons de chances d'en récolter d'utilisables. Il faut donc réaliser un film le plus long possible, sachant qu'il sera tout de même limité par le mouvement de l'astre. Par exemple, la planète Jupiter tournant sur elle-même en environ 10 heures, un point de sa surface passera d'un pixel de la webcam à l'autre après 1,5 mn environ, pour un rapport F/D de 25. Tout dépendra donc de la résolution à atteindre.

De même, l'ombre portée des parois d'un cratère lunaire au terminateur bouge relativement vite. La prise de vue sera limitée en temps pour éviter ce flou dû au mouvement du sujet.

Typiquement, les films de la Lune durent 2 mn, de Jupiter 1 mn et demi, de saturne 4 mn, 5 mn ou plus (sauf si des détails du globe sont visés). L'expérimentation est ici la règle, chacun se forgeant son opinion sur son propre matériel et la résolution finale à atteindre.

Nombre d'images par secondes

Si ce réglage existe, il doit être au maximum pour obtenir un grand nombre d'images dans le film. Mais attention à la capacité de l'ordinateur à enregistrer ces débits !

Prenons pour exemple une caméra HD (1920 x 1200 pixels, soit 2,3 Mo par image), capable de fournir 150 images par seconde. Le disque de l'ordinateur devra pouvoir enregistrer $2,3 \times 150 = 345$ Mo par seconde. Seul un disque SSD en est capable.

A défaut, le nombre d'images enregistrées sera moindre, ou le disque fera des doublons inutiles au traitement.

Temps de pose de chaque image

Figurer la turbulence implique un temps de pose court. En contrepartie, la luminosité s'en ressent, et l'image risque d'être sous-exposée, avec une faible dynamique (100 ou moins, au lieu des 256 possibles sur 8 bits). Le temps de pose unitaire dépendra donc de l'objet visé.

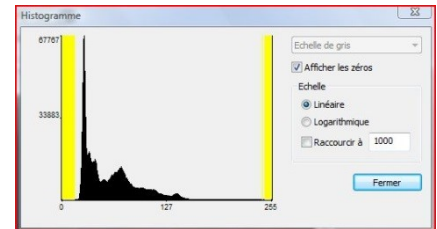
De plus, il faut laisser à l'image individuelle le temps de se faire. Un temps de pose de 1/60^{ème} de seconde va bloquer immédiatement l'acquisition si nous imageons à 100 images par seconde.

Réglage du gain

Il permet d'amplifier électroniquement le signal, et donc d'augmenter artificiellement la luminosité des images. Cette fonction serait extrêmement intéressante si le gain n'augmentait pas parallèlement le bruit du capteur.

L'opération de compositage, ayant pour objet de diminuer ce dernier, sera moins efficace. Plus le gain sera élevé, plus il faudra un nombre important de bonnes images pour réduire le bruit. L'avantage est donc aux objets lumineux. Un compromis doit être trouvé entre le temps de pose unitaire et le gain.

Les logiciels des caméras récentes disposent de la fonction histogramme. Ce graphique permet de régler le couple temps de pose individuelle - gain (en minimisant le gain) de façon à utiliser la quasi-totalité de la dynamique du capteur, au moins 80%.



Histogramme dans IC Capture

Contraste, luminosité, balance des blancs

Il est préférable de laisser les réglages de luminosité, de contraste et de balance des blancs d'un capteur couleurs sur une position neutre, et d'ajuster ces paramètres en post-production, au traitement.

Le prétraitement

Nous avons en notre possession un film au format SER non compressé, sans perte.

Le prétraitement consiste à transformer le film en une image unique à très faible bruit, où tous les détails sont présents, mais pas forcément visibles.

En fonction des sujets et des conditions de prises de vues, certains logiciels de prétraitement et/ou techniques de traitement seront plus appropriés que d'autres. Seuls des essais permettent de trancher. Les différences sont généralement subtiles, mais significatives.

Nous ne rentrerons pas dans le détail des fonctions et réglages des différents logiciels, et nous limiterons aux principes utilisés.

En planétaire, le prétraitement comporte les étapes suivantes (logiciels tels Registax 6 ou Autostackert) :

- Conversion du film SER en une suite d'images individuelles.
- Détermination de la zone intéressante de l'image, rognage (opération réalisée par le photographe).
- Choix des meilleures zones parmi l'ensemble des images.
- Détermination du nombre de zones à additionner (opération réalisée par le photographe).
- Registration par zone.
- Compositage par zone.
- Reconstruction de l'image entière.

En couleurs, le traitement peut être fait pour chacune des trois couches R, V et B, et l'image finale reconstituée par addition des 3 couches.

Avec une caméra couleurs sur la Lune par exemple (la Lune est grise, sans couleur en première approximation), pour obtenir une image N&B, opérer sur la couche verte, qui est sans conteste la meilleure (la matrice de Bayer compte deux fois plus de photosites filtrés en vert qu'en rouge ou en bleu).

D'autres logiciels comme Iris, plus ancien, procèdent un peu différemment :

- Conversion du film .AVI (Iris ne connaît pas les fichiers SER) en une suite d'images individuelles.
- Détermination des images globalement les meilleures (les plus contrastées, les plus nettes).
- Détermination du nombre d'images à additionner.
- Registration.
- Morphing.
- Compositage.

La difficulté tient au fait qu'une image individuelle n'est pas forcément bonne ou mauvaise (nette ou floue). Elle peut contenir des zones nettes et des zones floues, ou des zones décalées d'une image à l'autre (du fait de la turbulence).

Iris traite ce problème avec un morphing qui tente avec plus ou moins de succès de recalcr ces zones, mais n'améliore pas la netteté d'une zone floue.

La méthode utilisée par Registax et Autostackert consiste à repérer, dans toutes les images disponibles, les zones nettes, de les registrer et de les additionner séparément. L'image complète est ensuite reconstituée par une mosaïque.

Cette dernière méthode donne de bien meilleurs résultats.

[Le choix des zones à composer](#)

Avec Autostackert, le choix des zones peut être automatique ou manuel. L'automatisme fonctionne très bien, après avoir choisi la taille des zones.

[Le choix du nombre d'images ou de zones à composer](#)

De ce nombre dépendra l'efficacité de la réduction du bruit de fond, et de l'amélioration de la dynamique de l'image finale (nombre de niveaux de gris). On a donc intérêt à choisir le plus grand nombre d'images possible, ce nombre étant limité par leur qualité. Additionner des images floues donnera une image finale floue...

Une règle générale circule. Elle consiste à composer entre le tiers et la moitié des images du film, mais encore une fois, l'expérimentation est bonne conseillère. Tout dépendra de la qualité du film original. A la limite, si toutes les images sont bonnes (ce qui est extrêmement rare !), il faut les additionner toutes.

Mais si quelques images du film sont particulièrement excellentes, additionner ces quelques excellentes images pourra être le bon choix. Le rapport signal/bruit sera moins favorable, mais l'image n'aura besoin que d'un très faible traitement de netteté, ou pas de traitement du tout.

Ici, le gain de la caméra à la prise de vue prendra toute son importance : s'il est faible, ou nul, le bruit sera également faible, on pourra se contenter de moins de bonnes images. Au contraire, dans le cas d'une planète peu lumineuse comme Saturne, le gain est souvent élevé, et il nous faudra beaucoup d'images pour réduire suffisamment le bruit.

Plus le nombre d'images de bonne qualité est élevé, meilleur est le résultat.

[Le compositage](#)

Nous voici arrivé à la dernière phase du prétraitement. Nos images sont triées par zone, recalées, nous en avons un maximum. La fonction d'addition des logiciels peut entrer en action.

Les images couleurs brutes issues de la caméra sont codées en 3 couches R, V et B. Un photosite vert est pris en N&B à travers un filtre vert. Les autres couleurs sont arrêtées et leur lumière n'est pas comptabilisée. Chaque photosite de cette couche N&B (représentant les parties vertes du sujet) renvoie à l'ordinateur une valeur numérique entre 0 et 255 (256 valeurs) proportionnelle à la quantité de lumière reçue. Cette dynamique de 256 niveaux est insuffisante pour faire ressortir les fins détails du sujet.

Les logiciels peuvent travailler sur 32 768 niveaux (15 bits), au lieu de 256 (8 bits). L'addition de 100 images dont le niveau le plus élevé est de 250 donnera une image finale compositée dont le plus fort signal sera de 25 000, d'où une gamme de niveau 100 fois plus élevée, 100 fois plus de nuances de gris pour rendre les détails.

Dans certains cas, le nombre d'images à composer étant important, le niveau final dépasse les 32 767 fatidiques des 15 bits, et toutes les valeurs supérieures effaceront les détails contenus. Il suffit pour s'en affranchir, de multiplier chaque image par un facteur constant, inférieur à 1, avant de composer. Les logiciels réalisent automatiquement cet ajustement, et rien n'est perdu. Ouf !

A ce niveau, il convient de régler les seuils de visualisation de l'image compositée. Si la répartition des pixels nous indique des niveaux variant de 20 pour le point le plus sombre à 25 000 pour le point le plus clair, les seuils haut et bas de visualisation seront réglés dans un premier temps à 20 et 25 000 respectivement. Ces valeurs sont ensuite éventuellement modifiées au gré du photographe selon l'effet visuel attendu.

Les logiciels qui règlent automatiquement les seuils de visualisation permettent de régler séparément le contraste et la luminosité, ce qui donne un résultat équivalent.

Le traitement

Le traitement consiste à rendre visibles les détails présents dans l'image prétraitée, en améliorant encore le contraste, la netteté, en limitant la création d'artéfacts.²

A noter en préambule que :

Tout traitement génère des artéfacts.

Il nous faut donc les limiter, pour les rendre invisibles, en traitant « léger » !

Devoir traiter fortement une image, indique que le film d'origine n'est pas d'une qualité suffisante.

Devoir traiter fortement une image, introduit des artéfacts très visibles, et détruit la réalité de l'objet. Plus le traitement sera fort, plus de faux détails apparaîtront. Un bon traitement consiste à rendre sur l'image l'impression obtenue à l'oculaire. Ce qui impose un temps d'observation attentive avant d'attaquer l'imagerie. Patience...

Le masque flou

Le traitement le plus courant, et souvent le plus simple est le masque flou. Cette technique, empruntée à la photographie argentique, est très facile à mettre en œuvre informatiquement. Deux ou trois paramètres à régler par essais successifs, et le tour est joué.

Prenons l'exemple d'un cliché argentique de la Lune prise au terminateur. Les zones de l'image au soleil sont surexposées, avec peu de détails, celles dans l'ombre sous-exposées, également peu détaillées. Au tirage sur papier (argentique, sous l'agrandisseur), les zones claires devront être peu exposées, les zones sombres exposées plus longtemps. L'idéal est de confectionner un « masque » en niveaux de gris, qui laissera passer beaucoup de lumière issue de l'agrandisseur pour les zones sombres (masque assez transparent), et peu de lumière pour les zones claires (masque gris plus ou moins foncé).

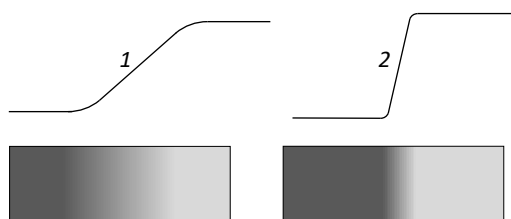
Pour éviter les transitions franches entre les zones claires et sombres, le masque est rendu volontairement flou, d'où son nom. L'exposition de l'ensemble rééquilibrera la densité générale de l'image obtenue, et nous verrons apparaître des détails dans les basses et hautes lumières. Ce principe a été mis en pratique numériquement, et les réglages cités précédemment déterminent entre autres la densité du masque et son degré de flou.

L'application de ce filtre en numérique est aussi spectaculaire que le compositage. Nous voyons instantanément apparaître une foule de détails invisibles auparavant, mais bien réels si le filtre est appliqué avec modération. Le contraste de l'image est encore amélioré.

² *Artefact : phénomène d'origine artificielle ou accidentelle, rencontré au cours du traitement de l'image. C'est un signal parasite, artificiel, qui ne doit pas être confondu avec un détail réellement présent.*

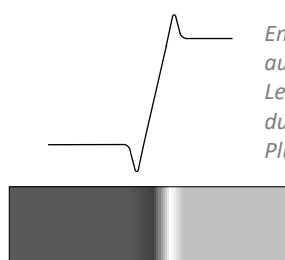
Mais appliquer trop fortement un masque flou génère des artefacts. La bonne méthode consiste à ne pas faire apparaître ces zones parasites.

Apparition d'artefacts :



La transition entre une zone sombre (le bas des courbes) et une zone claire (le haut des courbes) se fait de façon plus ou moins abrupte. Dans le cas 1, la transition est douce, progressive. Dans le cas 2, la transition est plus franche. La pente au passage du foncé au clair est plus forte. 2 paraîtra plus net que 1.

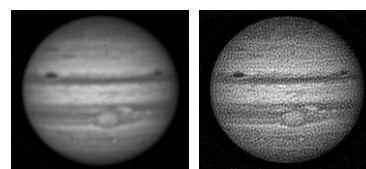
Si maintenant, on applique un masque flou en 1 pour améliorer la netteté et passer en 2 en augmentant la pente, des artefacts vont se révéler :



*En bas et en haut, dans la zone foncée et la zone claire, les niveaux vont être respectivement diminués et augmentés, localement et artificiellement.
Le résultat sera, par exemple en bordure d'une planète, une zone plus foncée jouxtant une zone plus claire du plus mauvais effet.
Plus le flou à rattraper sera important, et plus les pics seront grands et laids.*

Dans les cas limites, la valeur en bas pourra passer négative (plus noir que noir), et celle du haut dépasser le maximum autorisé (plus blanc que blanc !).

Sur l'image de droite, le masque flou appliqué trop fortement fait apparaître des détails inexistant dans la réalité.



A noter qu'un masque flou, améliorant le contraste, va élever les niveaux de haute lumière de l'image, au point que certains pixels dépasseront quelquefois la limite haute (32 767 par exemple) autorisée par le logiciel. Les détails de cette zone seront perdus. La parade consiste à multiplier l'image avant traitement par un coefficient inférieur à 1 (0,9 par exemple). Le dépassement par le masque flou se produira moins.

Dans le cas d'une image couleur prétraitée en 3 couches RVB, chaque couche pourra avantageusement subir séparément un masque flou, pour être ensuite recomposée en une image couleur.

Les ondelettes

Cette technique est plus compliquée que le masque flou à mettre en œuvre, mais peut présenter des avantages dans les cas difficiles. Il s'agit de décomposer l'image à traiter en différentes couches, en fonction de la taille des détails à visualiser.

On peut s'en rendre compte en s'imaginant dans un vaisseau spatial, avec un instrument d'astronomie, toujours le même. Le vaisseau s'éloigne progressivement de l'objet à photographier. Régulièrement, à des distances de plus en plus éloignées, une photo est prise. La première, proche de l'objet, sera très détaillée. Les autres le seront de moins en moins, jusqu'à la dernière qui ne montrera qu'un objet lointain, sans détail. Chaque photo représentera une « résolution spatiale » déterminée, appelée encore ondelette.

L'image à traiter est séparée en 5, 6 couches ou plus selon les logiciels, de résolution spatiale croissante. La couche la plus bruitée (la première) sera éventuellement éliminée, les autres affectées d'un coefficient multiplicateur, avant de reconstituer l'image traitée. Des essais seront nécessaires pour trouver la bonne combinaison.

Là encore, le résultat est spectaculaire.

La mise en valeur

Nous voici donc avec une image déjà fort intéressante, mais peut-être quelques ajustements de détails sont-ils nécessaires. Il s'agit de l'équilibre des couleurs, du rehaussement des hautes ou des basses lumières, de la luminosité ou du contraste, du recadrage ...

Ces dernières retouches, si elles sont nécessaires, doivent être très légères, prouvant ainsi que le film d'origine était de bonne qualité.

Elles sont réalisées à l'aide de logiciels de retouche photo classiques comme PhotoShop, Paint Shop Pro, The Gimp...

On en profite pour éventuellement signer, ajouter un titre, ajouter les paramètres de prise de vue et de traitement, redimensionner et modifier le format. Ce sera le JPG si l'on doit la faire vivre sur internet ou simplement diminuer sa taille sur le disque...

Maintenant, comme toute bonne image, elle mérite une mise en valeur adéquate, en la présentant dans un diaporama, ou en la tirant sur papier pour aller rejoindre ses congénères dans votre album d'astrophotographies. Si elle en vaut la chandelle, n'oublions pas d'en faire une copie aux revues spécialisée et d'en faire profiter nos amis...

En résumé, réussir une image planétaire, c'est peaufiner les points suivants :

- Choix de l'objet et du meilleur moment pour lui tirer le portrait.
- Mise en station.
- Détermination du montage optique (Barlow, tirage...).
- Equilibrage de la monture.
- Mise en température de l'optique.
- Protection contre la turbulence locale.
- Collimation dans les conditions de la prise de vue (position du tube optique).
- Recherche de l'objet, centrage à l'écran, mise au point, même approximative.
- Détermination du temps de pose, de la fréquence en images/sec, de la durée du film.
- Ajustement du pixel le plus lumineux à une valeur proche de 256 (par le gain et le temps de pose).
- Réalisation de la mise au point précise.
- Prise de vue proprement dite.
- A la maison, prétraitement, traitement léger et mise en valeur.