

# Feuille de calcul Excel pour trouver la meilleure combinaison possible de barlow et de caméra pour faire de l'imagerie à haute résolution du système solaire

Daniel Borcard  
daniel.borcard@gmail.com

## Généralités

La haute résolution... qui ne rêve pas de l'atteindre, d'obtenir des images de la lune, du soleil et des planètes regorgeant de détails fins?

Atteindre la haute résolution, c'est obtenir les plus fins détails que l'instrument est capable de livrer. Cette notion dépend donc de l'instrument, ce n'est pas une notion absolue.

Les formules ci-dessous expliquent comment trouver la bonne combinaison télescope-barlow en fonction de la taille des pixels de votre caméra pour atteindre la haute résolution. La feuille de calcul Excel applique ces formules automatiquement à vos instruments.

Ces formules sont utiles mais pas suffisantes: il faut aussi que votre optique soit bien **collimatée** et que le ciel coopère par une turbulence minimale. Et à propos de collimation: l'expérience m'a montré qu'avec un Schmidt-Cassegrain, pour espérer atteindre la haute résolution, il faut *collimater l'optique avant chaque séance, et cela même si l'instrument est monté de façon permanente!* On n'a pas idée de l'importance de la collimation. Pour ma part, je collimate selon la technique en trois étapes montrée par Thierry Legault: [http://legault.perso.sfr.fr/collim\\_fr.html](http://legault.perso.sfr.fr/collim_fr.html). Vous pouvez aussi vous référer au didacticiel monté par Denis Bergeron: <http://astro-quebec.com/viewtopic.php?f=48&t=7633>.

Les *trois* étapes sont importantes. Trop d'observateurs se contentent de la première ("trou de beigne" centré dans les anneaux), et sont ensuite déçus du résultat, ou attribuent le flou de leurs images à la turbulence. Bien entendu, si le ciel ne vous permet pas de voir le disque d'Airy d'une étoile (voir étape 3 de Legault), il est inutile d'espérer faire de la haute résolution cette nuit-là.

## Quelques notions, quelques formules...

La **résolution optique** d'un télescope ou d'une lunette, c'est le plus petit angle apparent entre deux points que cet instrument permet de distinguer l'un de l'autre. La résolution optique est exprimée en **secondes d'arc**. Une seconde d'arc est la 3600<sup>ième</sup> partie d'un degré. La résolution se calcule comme:

$$R = 120/D \quad \text{où } D = \text{diamètre de l'instrument en mm} \quad \text{équ. 1}$$

Par exemple, un télescope de 8 pouces (203 mm) de diamètre permet une résolution optique égale à

$$R = 120/203 = 0,59 \text{ seconde d'arc}$$

Imager en **haute résolution**, cela veut dire obtenir une image sur laquelle on peut distinguer deux points l'un de l'autre lorsqu'ils sont séparés par un angle correspondant à la résolution du télescope. Par exemple, si deux cratères lunaires sont distants de 0,59 seconde d'arc et que le télescope a un diamètre de 203 mm, une image prise à travers ce télescope méritera le qualificatif "haute résolution" si les deux cratères y sont séparés. Si les deux cratères apparaissent comme un cratère allongé ou une tache indistincte, alors le plein potentiel du système optique n'a pas été exploité.

Le but à atteindre consiste à obtenir une **résolution photographique** au moins égale à la résolution optique. Pour cela, il faut, pour une caméra numérique, que deux détails dont l'angle apparent est celui qui correspond à la résolution optique du télescope tombent sur deux pixels différents. Cela nous amène à la notion d'**échantillonnage**.

L'**échantillonnage** est la quantité de ciel couverte par **un pixel** de la caméra. Il se mesure en **secondes d'arc par pixel**. L'information (nombre de photons, "grains" de lumière) qui tombe sur un pixel est mesurée et traduite en un nombre d'électrons. Ce nombre d'électrons est codé avec plus ou moins de précision (nombre de bits par pixel). L'échantillonnage se calcule comme suit:

$$E = \frac{206 \times pix}{F} \quad \text{où } pix \text{ est la largeur d'un pixel en } \mu\text{m} \text{ et } F \text{ est la focale du télescope en mm} \quad \text{équ.2}$$

Par exemple, un télescope de 2030 mm de focale (comme un C8 à F/D=10) et une webcam ayant des pixels de 5,6  $\mu\text{m}$  (comme la ToUCam Pro) donnent un échantillonnage égal à

$$E = \frac{206 \times 5,6}{2030} = 0,57 \text{ seconde d'arc par pixel}$$

Des détails tombant sur un seul pixel ne sont pas résolus (séparés) sur l'image. Par conséquent, dans notre exemple, des détails distants de 0,57 seconde d'arc ne sont pas résolus sur l'image.

Pour atteindre la haute résolution, il faut que deux détails dont la distance angulaire correspond à la résolution du télescope tombent (en moyenne) sur deux pixels différents. Il s'ensuit que **l'échantillonnage doit être égal à la moitié de la résolution de l'instrument**:

$$E = \frac{R}{2} = \frac{120}{2 \times D} = \frac{60}{D} \text{ est le but à atteindre.} \quad \text{équ.3}$$

Par exemple, pour obtenir la haute résolution avec un Celestron 8 pouces, il faut atteindre un échantillonnage égal à

$$E = \frac{60}{203} = 0,30 \text{ seconde d'arc par pixel}$$

Cette valeur permet d'obtenir une **résolution photographique** égale à la résolution optique  $R$ , soit  $0,30 \times 2 = 0,60$  seconde d'arc.

Enfin, pour les amateurs d'algèbre, on peut combiner les équations 1, 2 et 3 et montrer ainsi qu'on peut calculer directement le rapport F/D permettant la haute résolution sur la base de la taille du pixel uniquement, en posant:

$$R = \frac{120}{D} \quad E = \frac{206 \times pix}{F} = \frac{R}{2} = \frac{60}{D}$$

Donc, en isolant F/D:

$$\frac{60}{D} = \frac{206 \times pix}{F} \quad \text{donc} \quad \frac{F}{D} = \frac{206 \times pix}{60} = 3,4\bar{3} \times pix \quad \text{équ.4}$$

Cette fonction est valable quel que soit le diamètre de votre instrument.

Exemple: pour atteindre la haute résolution avec une caméra dont les pixels ont  $5,6 \mu\text{m}$  de côté, il faut un rapport  $F/D = 3,43333 \times 5,6 = 19,2$  donc environ 20. Si vous avez un télescope ouvert à  $F/D=10$  (comme la plupart des SCT), une barlow  $2\times$  suffira pour atteindre la haute résolution (si la qualité de l'optique, la collimation et turbulence le permettent).

Cela dit, pourquoi ne pas grossir encore plus pour avoir une image plus grosse sur le capteur? On est souvent tenté de grossir au maximum dans l'espoir d'imager plus de détails, ou simplement pour avoir à l'écran une image plus grosse. C'est en général une illusion... en effet, sauf cas exceptionnels (*seeing* parfait, optique quasi parfaite), qui permettent une image plus douce lorsqu'on travaille un peu plus loin de la limite, le suréchantillonnage (grossissement amenant un échantillonnage plus fin que le pouvoir résolvant de l'instrument) est non seulement inutile, mais néfaste. Pourquoi? Pour deux raisons. La première est que l'instrument est déjà au bout de sa capacité. Un grossissement plus important ne révèle donc pas plus de détails. Et deuxièmement, *parce que chaque grossissement supplémentaire assombrit l'image*, et qu'il faut donc poser plus longtemps. Une pause plus longue fait courir plus de risques de donner une image floue à cause de la turbulence. Donc, non seulement on ne peut pas résoudre plus de détails parce qu'on est déjà à la limite de ce que le télescope peut résoudre, mais en plus on en perd à cause des pauses trop longues! Ainsi, passer de  $F/D=10$  à  $F/D=20$  (avec une barlow  $2\times$ ) impose de poser 4 fois plus longtemps. Et si  $F/D=20$  vous permet la haute résolution, passer à  $F/D=30$  (p.ex. avec une barlow  $3\times$  au lieu de la barlow  $2\times$ ) vous obligera à plus que doubler votre temps de pause sans contrepartie. Donc, chaque fois que l'envie vous prendra de grossir encore plus, souvenez-vous que vous gaspillerez de la lumière, et que la caméra, qui ne peut pas violer les lois de l'optique, ne vous révélera pas des détails que le télescope est incapable de résoudre, même s'ils sont répartis sur plusieurs pixels!

## La feuille de calcul

La feuille de calcul ci-jointe réalise tous les calculs pour optimiser votre système. Il vous suffit de remplir les cases entourées de rouge. Voici comment procéder.

1. Remplissez les cases "Taille du pixel ( $\mu\text{m}$ )", "Diamètre (mm)" et "Rapport focal (F/D)". Si vous ne connaissez le diamètre de votre instrument qu'en pouces, le convertisseur en bas à gauche de la feuille vous donnera l'équivalent en mm.
2. Examinez les résultats dans les cellules encadrées en noir. La cellule "Barlow suggérée" vous donne le grossissement à apporter (en tenant compte des caractéristiques de votre instrument) pour obtenir le "Rapport focal visé" et l'échantillonnage adéquat pour atteindre la haute résolution. La cellule "résolution image" de la colonne du centre contient la même valeur que la cellule "Résolution télescope": le but est atteint.
3. Cependant, on ne trouve pas dans le commerce de bonnes barlow  $1,35\times$ ,  $2,73\times$ , etc. La colonne de droite vous permet donc d'expérimenter avec la ou les barlows que vous possédez ou envisagez d'acquérir. Entrez-y le grossissement de votre barlow (p.ex. 2 pour une barlow  $2\times$ ) et regardez les valeurs d'échantillonnage et de résolution image obtenus (même colonne, en bas). Selon que la résolution photo obtenue est plus faible, dans le même ordre de grandeur, un peu plus grande ou beaucoup plus grande que la valeur recommandée, vous lirez dans la dernière case un diagnostic ("sous-échantillonné", "adéquat", "modérément suréchantillonné" ou "Attention! Vous gaspillez de la lumière!"). Voici le sens de ces diagnostics:

- *sous-échantillonné*: l'image n'est pas assez grossie pour atteindre la haute résolution. Ce n'est pas grave, car souvent le ciel ne le permet de toute façon pas. Mais si le seeing est bon, alors pourquoi ne pas viser plus haut?
- *adéquat*: votre système vous donne une image dont l'échantillonnage se situe entre 125% et 80% de ce qui est nécessaire pour atteindre la haute résolution;
- *modérément suréchantillonné*: votre échantillonnage est un peu trop fin (80% à 67% de l'échantillonnage "idéal"): ça peut être utile lorsque le ciel est très calme (disque d'Airy visible comme un beau disque peu déformé et 1<sup>er</sup> anneau de diffraction souvent continu), car ce léger suréchantillonnage permet d'obtenir une image plus douce dans les détails les plus fins;
- *attention! Vous gaspillez de la lumière!*: le suréchantillonnage est tel que vous n'avez aucune chance d'obtenir des détails nouveaux, et en plus votre image devient trop sombre. Les poses plus longues qui en résultent vont dégrader votre image.

Rappelons que ces règles sont valables pour l'imagerie du système solaire seulement. Les images du ciel profond, qui requièrent des temps de pose de plusieurs minutes, ne peuvent atteindre de telles résolutions car la turbulence noie inévitablement les détails. Dans ce dernier cas, un échantillonnage permettant de résoudre des détails correspondant à la turbulence *moyenne* du site est amplement suffisant. Par exemple, si votre site présente une turbulence moyenne de 3 secondes d'arc (comme souvent au Québec), un échantillonnage de 1,5 seconde d'arc par pixel suffira amplement.