

Application à l'astronomie

En astronomie, la notion d'échantillonnage se retrouve en imagerie, mais aussi, d'une certaine manière, en observation visuelle : l'image doit être projetée sur le détecteur (œil ou détecteur électronique) de manière que le plus petit détail fourni par l'instrument soit plus grand que la taille des cellules chargées de la détection (cônes* ou bâtonnets* pour l'œil, pixels pour les détecteurs électroniques).

() le diamètre moyen des cônes et des bâtonnets est d'environ $5\text{ }\mu\text{m}$.*

Ce plus petit détail fourni dépend essentiellement de deux paramètres : le diamètre de l'instrument, et l'amplitude de la turbulence atmosphérique durant l'enregistrement.

Si la turbulence est inférieure à la résolution de l'instrument (ou pouvoir séparateur), la résolution maximale sera celle de l'instrument.

En revanche, si l'amplitude de la turbulence est supérieure à la résolution théorique de l'instrument, celui-ci sera "bridé" et la résolution maximale accessible ce soir-là sera celle de la turbulence

En imagerie planétaire, si la turbulence atmosphérique est plus lente que la cadence d'acquisition des images, alors son amplitude apparente est réduite.

Ex. si la turbulence varie progressivement de 2 secondes d'arc (noté $2''$) en 1 seconde, son amplitude sur $1/10^{\text{e}}$ de seconde sera de $0,2''$. Si la caméra image la planète à plus de 10 images par seconde, la turbulence apparente sera de $0,2''$! C'est pour cela que les détecteurs de type webcam ont connu un tel succès ces dernières années.

Turbulence

En pratique :

Pour un instrument de 200 mm de diamètre, le pouvoir séparateur est :

Equation1

avec λ = longueur d'onde de la lumière (en nanomètres) et \emptyset = diamètre de l'instrument (en millimètres)

Pour une longueur d'onde moyenne (550 nm = vert-jaune), **cet instrument a un pouvoir séparateur de 0,7''**.

A noter : la résolution de l'instrument est meilleure dans le bleu ($\lambda < 450 \text{ nm} \rightarrow R < 1,1''$) que dans le rouge ($\lambda > 625 \text{ nm} \rightarrow R > 1,6''$).

Cas n°1 : Turbulence < pouvoir séparateur de l'instrument

Equation2

Cas n°2 : Imagerie du ciel profond (20 minutes de pose), turbulence (amplitude de 3'' sur 20 minutes)

Equation3

Cas n°3 : Imagerie planétaire (films à 10 images/s), turbulence (amplitude de 1'' en 1/10^e de seconde)

Equation4

Calcul de la focale résultante nécessaire :

L'échantillonnage effectif dépend de deux paramètres : la focale de l'instrument et la taille des pixels du détecteur. Pour un détecteur donné, il convient donc d'adapter la focale pour que l'échantillonnage effectif soit égal à l'échantillonnage idéal !

Equation5

Donc, la focale idéale est égale est donnée par la formule suivante :

Equation6

Avec R_{\max} = résolution maximale accessible (Pouvoir séparateur ou turbulence, suivant les cas)

Ainsi, pour les 3 cas précédemment présentés, et si l'on utilise un détecteur ayant des pixels de $7,4 \mu\text{m}$, on trouve :

Equation7

- **Cas n°1** : $4300 \text{ mm} < \text{Focale} < 6500 \text{ mm}$
- **Cas n°2** : $1000 \text{ mm} < \text{Focale} < 1500 \text{ mm}$
- **Cas n°3** : $3000 \text{ mm} < \text{Focale} < 4600 \text{ mm}$

Notons au passage que l'échantillonnage selon le théorème de Nyquist-Shannon représente la règle de l'art mais que dans la pratique, on est parfois amené à s'en écarter (dans le monde réel, on ne fait pas toujours ce que l'on veut !). Et c'est d'ailleurs souvent le cas en imagerie du ciel profond où d'autres paramètres peuvent venir jouer les trouble-fête, comme la qualité du guidage, par exemple.

Revision #1

Created 25 May 2023 11:40:31 by fredouchka

Updated 25 May 2023 11:44:26 by fredouchka