

# Observation de satellites et de météoroïdes

## Partie 1 – les données, et première analyse

### Pourquoi observer le ciel à l'œil nu ?

Tout le monde a déjà regardé le ciel à l'œil nu, et les conseils pour bien réaliser cette observation ne manquent pas. L'objectif est bien sûr de noter les météoroïdes, couramment appelées « étoiles filantes », et aussi, pourquoi pas les passages de satellites. L'attrait principal de cette observation reste la beauté du ciel, qui nous surprend toujours, et la simplicité des moyens mis en œuvre. Mais peut-elle servir à autre chose que le plaisir esthétique ?

Je m'y livre assez souvent, en alternance avec des observations au télescope. J'ai donc voulu savoir si mes observations, enregistrées depuis 2009 avec la même méthode, pouvaient montrer des changements ou évolutions. En particulier :

- Y a-t-il augmentation sensible du nombre de satellites visibles ? Cette question peut paraître « idiote » : il suffit de regarder les sites de prévisions de passages pour se rendre compte de la fréquence bien plus élevée depuis les lancements de « Starlinks ». Mais elle vaut d'être posée : D'abord, c'est le sens de toute la démarche expérimentale, à la base des sciences. Et puis, qui se contenterait de faire de l'astronomie sur le Net ! De plus, les satellites étant prévisibles (Heavens Above, par exemple), il peut être fructueux de comparer ce que l'on a vu avec ce qui était prévu de voir... Vous serez surpris : on n'en voit pas beaucoup en observant « au hasard », de l'ordre de 15 à 20% dans le meilleur des cas (sauf si vous avez quelqu'un qui vous oriente au fur et à mesure sur les prévisions, mais je ne l'ai jamais fait, sauf pour les passages de l'ISS, qui sont difficiles à rater !) De là à déduire une correction du nombre de météoroïdes vus... A creuser ! Autrement dit, cela peut servir à mesurer l'efficacité de veille d'un ou de plusieurs observateurs...
- Y a-t-il une variation perceptible du nombre de météoroïdes au cours de l'année ? Bien sûr, la réponse est oui, mais le voit-on ? Et voit-on autre chose que le pic des Perséides en août ? Et comment ce pic a-t-il évolué ces dernières années ?
- Enfin, si des observations effectuées « au petit bonheur », puis exploitées de façon statistique montrent « quelque chose », un résultat intéressant, cela peut inciter à les multiplier, à mieux les répartir sur l'année, etc...

## Comment observer le ciel à l'œil nu ?

Quelques éléments me paraissent importants, pour espérer faire du quantitatif. D'abord les conditions d'observation. Il faut un endroit dégagé, si possible à 360°, et à l'abri de toute pollution lumineuse. La station debout est très pénible : il faut s'allonger, de préférence dans un transat, bien protégé du froid même en été.

A noter de suite les perturbateurs, même en cas de bonne météo :

- La Lune (c'est de loin la plus commune des perturbatrices !)
- Les éclairages : réverbères bien sûr, mais aussi voitures, voisins, curieux pas toujours amènes (« vous dormez dans les champs ? » m'a déjà été opposé par des badauds, ou même la maréchaussée, avec une lampe de poche braquée en plein dans l'œil...), projecteurs de boîtes de nuit (il y en a une après Brissac qui est pour moi la championne), etc....
- Même Vénus, Jupiter, ou Mars en opposition ont un effet « tire-l'œil » incontestable.
- Et il y a aussi les passages d'avions, très fréquents, qui vous distraient des « choses sérieuses »

Pour les porteurs de lunettes, surtout si verres progressifs, un conseil : faites-vous faire une paire de lunettes en verre, sans aucun traitement anti-reflets, et corrigées pour l'infini. En utilisant au besoin une ancienne paire, cela ne coûte pas très cher (de l'ordre de 50 à 60 Euros), et cela deviendra votre premier instrument pour observer le ciel nocturne ! Expliquez bien le pourquoi à l'opticien toujours surpris par cette commande atypique : j'en ai au moins converti un à l'astronomie de cette façon !

Se pose le problème de l'enregistrement des observations. Pour moi, il était exclu de « griffonner sur un bloc-notes » : pas de temps à perdre pour rater un phénomène, surtout seul (le hasard fait souvent qu'un satellite et un météoroïde passent en même temps !), et puis il y a l'éblouissement (même avec une lampe rouge), la perte des repères, etc... Alors j'ai choisi le dictaphone. Il y en a sur vos portables, mais l'outil est tellement pratique et peu cher que j'en ai un dédié à cette occupation.

La paire de jumelles est à considérer au même titre que le bloc-notes : elle fait perdre de vue le ciel complet, mais peut être utile pour évaluer la vitesse de déplacement relatif d'un satellite (je l'ai longtemps fait), ou son passage près d'une étoile-repère brillante, pour comparer avec les prévisions. J'ai pris l'habitude de faire des « séquences jumelles », que je note (voir prochain chapitre), pour les retrancher du compte temps d'observation.

Indispensables aussi : la lampe rouge, la carte du ciel (prise de repères au début), et le « garde-temps ». Pour ma part, j'ai un petit réveil matin « radiopiloté » qui donne le temps au 1/100s de précision. Dictier les dates et heures de début et de fin d'observation permet de calculer le « taux horaire » (HR : hourly rate), et de comparer les observations. Attention au changement heure d'été/d'hiver (espérons qu'on en finira un jour avec ces joyeusetés d'un autre âge !). Pour ma part, je note le TL, et le transforme en TU après.

Il est clair que vous aurez du « travail à la maison » : il va falloir transcrire les notes dictées, en éliminant les scories (bruits, exclamations diverses, etc..), en soulignant les oublis (ça arrive, pour l'heure par exemple si 2 phénomènes proches !), pour enfin les traduire en bilan quantitatif. Je vous donne, pour info, une note écrite sur un passage de satellite :

*(Vendredi 14/8/2020) Vu près de Albireo (Beta Cyg), montant S vers N, très lent (1° en 3s environ), mv 3 puis décroît à 5 ou 6 (perdu). Il était 21h01 TU. Il est sur une photo !*

Et sur une observation de météoroïde :

*(Vendredi 14/8/2020) Perséïde, commencée sous Beta Aql, sur 40° de trajectoire environ, mv de 1 au maxi, jaune, assez lente, avec une petite traînée (brève). Il était 20h54 TU.*

Avec les conditions d'observation :

*Très beau ciel, observation dans le jardin, pieds au S. Photos en même temps. Transparence bonne, turbulence visible (médiocre, donc). La VL est bien dessinée (vers 21h TU)*

## **Première analyse statistique.**

L'ensemble des observations « enregistrées » comprend plus de 120 observations, de durées très variables, et parfois faites à plusieurs. Dans un premier temps, j'ai réduit l'analyse aux seules observations solitaires, très majoritaires. Je n'ai pas assez d'observation avec N observateurs ( $N < 1$ ) pour étudier l'influence du nombre d'observateurs, mais j'essaierai d'en tirer quelque chose pour des analyses ultérieures.

Tout seul, cela représente tout de même 100 nuits, réparties sur 12 ans, et une durée totale de 115h30mn, soit 9h36mn par an en moyenne, ce qui n'est pas colossal, mais suffisant pour commencer une statistique. La durée moyenne est de 69mn, avec une grande variabilité : écart type de 36mn. Pour ceux qui n'ont pas l'habitude de cet indicateur, c'est une façon de calculer l'écart moyen à la moyenne statistique. Plus il est élevé par rapport à la moyenne, plus la durée est variable. Pour ceux qui préfèrent les représentations graphiques, je vous joins l'analyse sous forme de « droite de Henry » (si les durées sont réparties au hasard autour de la moyenne, sur ce graphique elles devraient s'aligner sur une droite, dont la pente est l'écart type et l'intersection avec l'axe y la moyenne. L'axe x est gradué en écart types,  $x=0$  donne en y la moyenne)

On peut voir que la durée varie de 15mn à plus de 150mn (2 durées d'observation exceptionnelles).

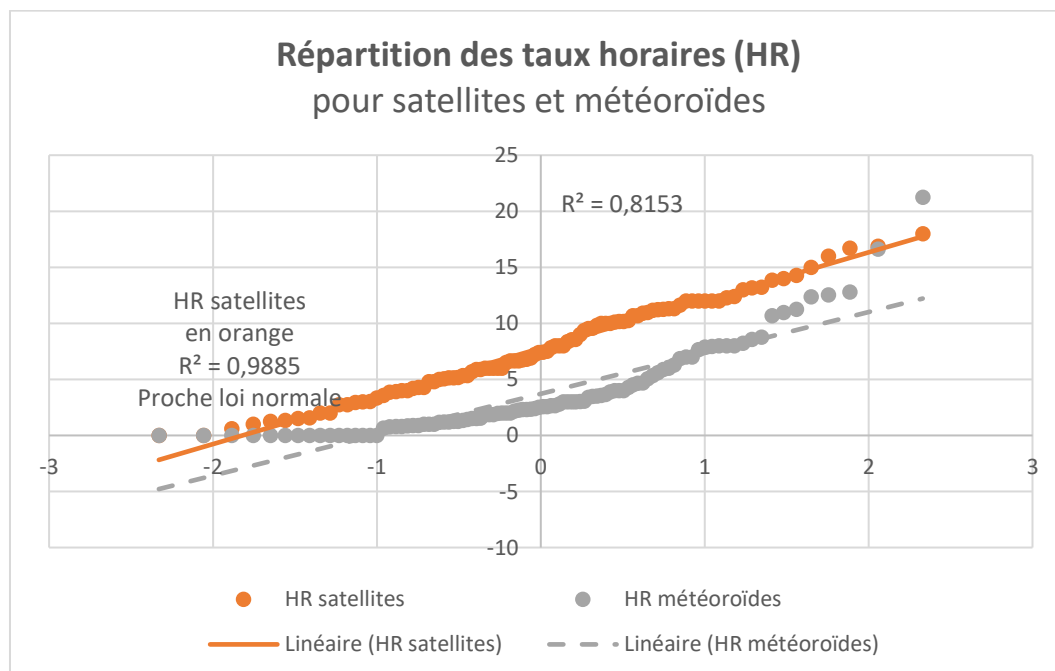
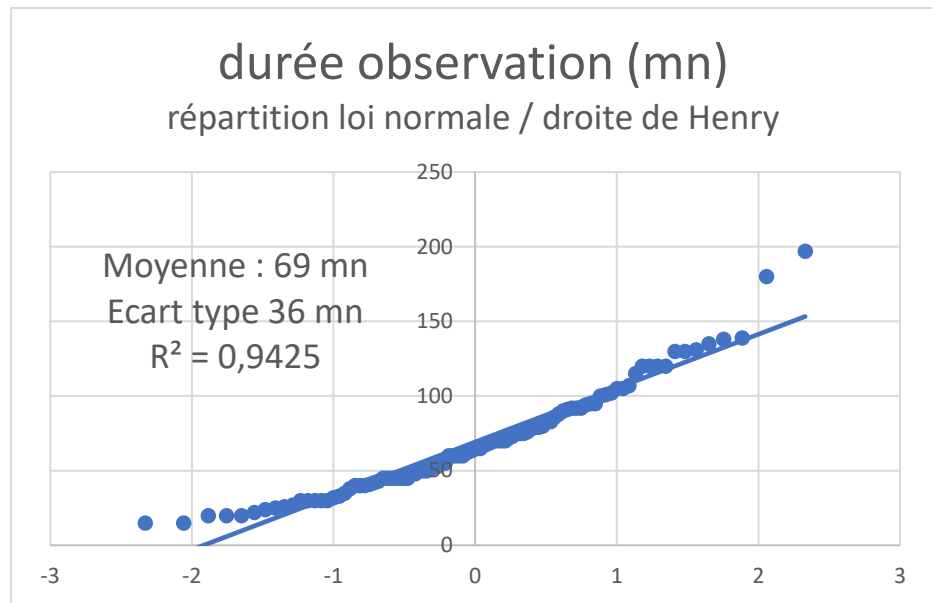
Evidemment, la répartition s'écarte de la droite pour les petites valeurs : le modèle de répartition mathématique utilisé pour ce graphique (loi de Gauss, encore appelée loi Normale)

commence à moins l'infini... Malgré tout, la répartition au hasard est bien respectée entre -1 et +2, l'adéquation au modèle peut être grosso modo évalué par le « R » (si la droite était parfaite, durées réparties au hasard autour d'une moyenne, R=1).

En clair : en dessous de 15mn, je n'ai pas noté (les observations courtes sont dues à des conditions souvent mauvaises), et au-delà de 2h... je fatigue, sauf si ciel exceptionnel et très animé !

Vu la grande dispersion des durées, il faut évidemment ramener le résultat (Nb de satellites, Nb de météoroïdes) à 1 heure, par la règle simple :  $HR = Nb / (\text{durée en heures})$

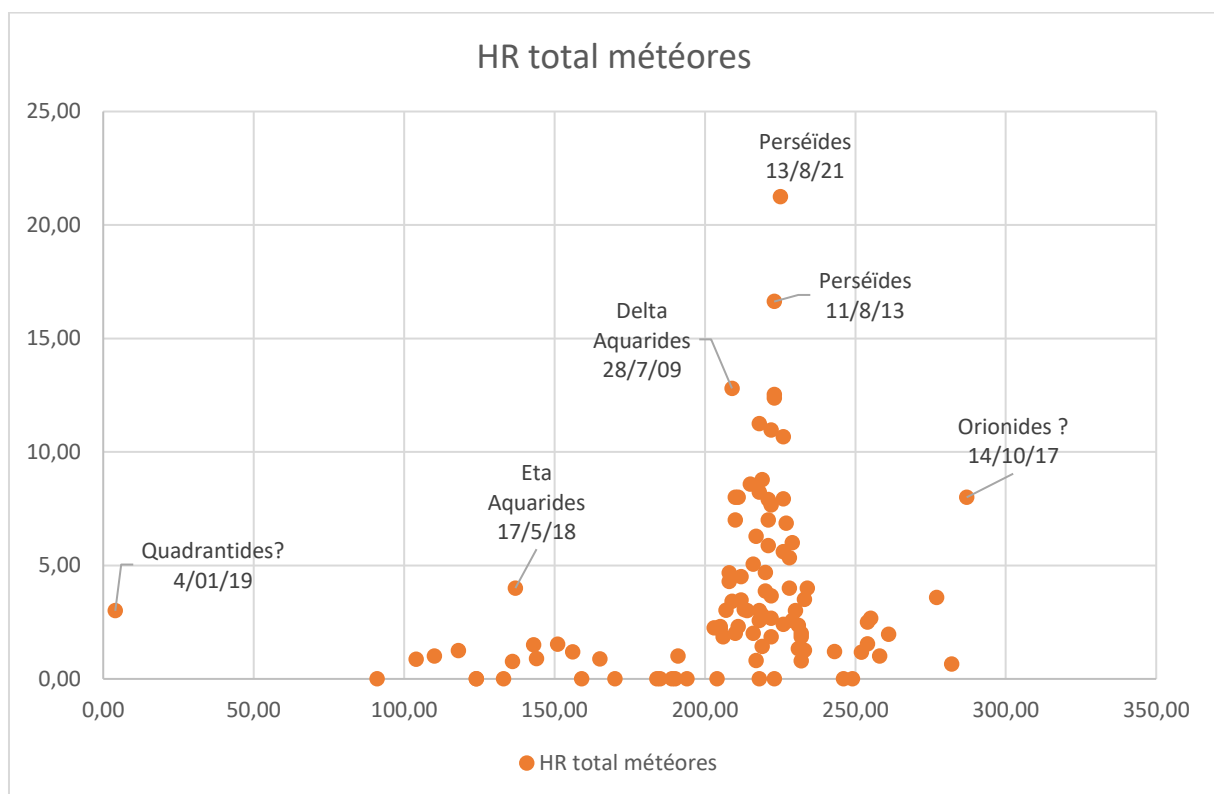
Tant que nous sommes sur la « représentation en loi de Gaus », on peut se demander comment se répartissent ces HR. D'évidence, pas au hasard pour les météoroïdes, puisqu'ils sont plus fréquents lors des fameuses « pluies », la plus connue étant les Perséïdes (du 17/07 au 24/08), mais il y en a pas mal d'autres pendant l'année. Voici le résultat :



Malgré la surreprésentation des mois de juillet et d'août dans ma stat (normal, les vacances !), il y a des choses à tirer de cette analyse pour le moins brutale :

- Les HR satellites sont proches d'une répartition « gaussienne » : il y en a toute l'année, même si on les voit mieux en été, car le cône d'ombre de la Terre est bas sur l'horizon et leurs trajectoires longues (c'est le contraire en hiver). Mais on repère mieux les plus brillants (c'est très rare d'en « choper » sous mv 4 !) et ceux qui ont une trajectoire rapide (bas sur leur orbite, mieux visibles en été). En quelque sorte, c'est la mesure de la perfo de l'observateur.
- Les HR météoroïdes ne sont absolument pas répartis de façon gaussienne, ou normale. Ce n'est pas une répartition au hasard, bien sûr ! Il y a donc des périodes plus favorables (mais nous le savions, ce qui est intéressant c'est que ça se démontre même comme ça)

Bon, il y a d'autres éléments qui ressortent simplement par une analyse par rapport au jour de l'année concernée. Pour terminer cette première partie, je vous montre ce que donne les HR en fonction du jour (de 1 à 365) pour l'ensemble des 12 années concernées :



Une explication est nécessaire pour la bonne compréhension : « total météores » signifie que j'ai additionné les météoroïdes identifiées comme venant d'un essaim connu (les Perséïdes par exemple) à celles qui ne venaient manifestement pas du même radian (en août, il y a encore quelques Aquarides, trajectoire grosso est/ouest) et les « sporadiques », qui viennent de partout, ou que j'ai mal vu, et ne suis pas certain de la direction (coin de l'œil...). Malgré tout, il y a un sacré pic entre les J200 (19 juillet) et J240 (28 août), qui sont bien à fort peu près les dates pour les Perséïdes données par la documentation (du 17/7 au 24/08). J'ai aussi indiqué quelques identifications d'autres essaims, qui me semblent « sortir du bruit », et quelques pics de fréquence pour les Perséïdes, dont le 13/8/21, tout à fait remarquable !