

Détection d'anomalies par cohérence ζ dans des données photométriques — Véga (النَّسْرُ الْوَاقِعُ)

Adil Hajadi

1^{er} octobre 2025

Résumé

Nous appliquons un indicateur de cohérence ζ à des séries photométriques (Véga) pour détecter des excès locaux persistants. L'algorithme utilise une fenêtre glissante, un banc de phases d'inspiration arithmétique, des nuls par permutations et un contrôle FDR, avec un filtre de densité N_{win} .

1 Introduction

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَالسَّمَاءِ وَالطَّارِقِ (1) وَمَا أَدْرَاكَ مَا الطَّارِقُ (2) النَّجْمُ الثَّاقِبُ (3) إِنْ كُلُّ

نَفْسٍ لَّمَّا عَلَيْهَا حَافِظٌ (4) فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ (5)

Traduction (fr) :

« Par le ciel et le pulsar qui toque dans la nuit ! Et qui te fera savoir ce qu'est ce un pulsar qui toque ? L'étoile au faisceau perçant. Il n'est point d'âme qui n'ait sur elle un gardien. Que l'homme considère donc de quoi il a été créé. »

Remarque de traduction — الطَّارِقُ

Étymologie. La version officielle de la traduction est *Astre nocturne*, avec laquelle je ne suis pas du tout d'accord car الطَّارِقُ (at-Ṭāriq) est le participe actif du verbe arabe طَرَقَ « frapper/arriver de nuit ». Le v. 3 (النَّجْمُ الثَّاقِبُ) précise qu'il s'agit d'« une étoile perçante ».

Options de traduction (fr) :

- *visiteur qui frappe à la porte dans la nuit* — fidèle à l'étymologie et au contexte ;
- *visiteur qui toque dans la nuit* — rendu imagé (registre plus familier) ;
- *astre nocturne* — interprétation vague, moins précise étymologiquement ;
- *le pulsar qui frappe dans la nuit* — lecture métaphorique adaptée au cadre astrophysique (pulsations régulières, « faisceau perçant »).

Pourquoi ce choix dans l'article. Notre travail portant sur des signatures quasi-périodiques (pulsations) et une « étoile perçante » (v. 3), nous retenons une traduction *métaphorique contrôlée* : « **le pulsar qui frappe dans la nuit** ». Dans les citations scripturaires, nous conserverons toutefois une version neutre et fidèle : « **le visiteur qui toque dans la nuit** », avec une note expliquant la lecture « pulsar » dans le présent contexte scientifique.¹

Épigraphe 2 — Juges 5 :20–21 (*Cantique de Débora*)

Texte (fr) :

« Depuis les cieux on combattit, depuis leurs sentiers les étoiles combattirent contre Sisera. Le torrent du Kishon les a entraînés, le torrent des anciens, le torrent du Kishon. »

مِنَ السَّمَاوَاتِ حَارَبُوا، مِنْ مَسَالِكِهَا حَارَبَتِ النُّجُومُ ضِدَّ سَيْسَرَا.
جَرَفَهُمْ وَادِي قَيْشُون، الْوَادِي الْعَتِيقُ، وَادِي قَيْشُون.

Vue d'ensemble

On calcule $|Z|(t_0)$ (normalisation L2) sur une fenêtre centrée en t_0 , on compare au seuil nul q_{95} issu de permutations, on contrôle la multiplicité par FDR, et on exige une densité minimale N_{win} . Les excès *durables* (consécutifs) retenus sont appelés *alertes*.

2 Méthodologie (aperçu)

Fenêtre glissante. Largeur W centrée en t_0 ; pondérations w_i (incertitudes/poids). **Estimateur.** $|Z|(t_0)$ agrège des projections sur un banc de phases indexé (liens aux $\log p$). **Seuils nuls.** Distributions par permutations (ex. circular-shift) \Rightarrow quantiles q_{95} , p -valeurs locales. **FDR.** Contrôle à $\alpha = 0,05$ pour bornes globales sous multiplicité. **Densité.** Filtre N_{win} pour exclure les fenêtres trop pauvres. Deux échelles présentées : *jour* et *intranuit*.

¹Ar. طَرَقَ « frapper/arriver de nuit » \rightarrow *aṭ-Ṭāriq* : « celui qui frappe (à la porte) la nuit ». L'expression « étoile perçante » (v. 3) autorise, par analogie, l'emploi métaphorique « pulsar » dans un texte scientifique.

3 Résultats

3.1 Fenêtre 1 — Cohérence ζ à l'échelle jour

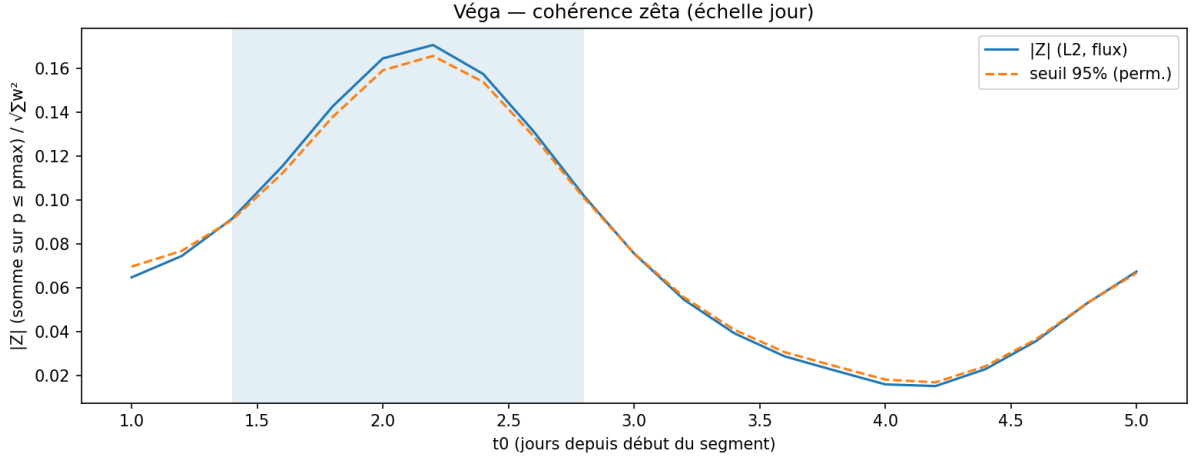


FIG. 1 : Véga — $|Z|(t_0)$ (jour) vs seuil q_{95} (permutations). Intervalle d'excès durable mis en évidence.

Interprétation. Pic principal de $|Z|$ au voisinage de la bande bleutée (à lire sur la figure). Hors bande, $|Z| \approx q_{95}$.

3.2 Fenêtre 2 — Courbe de lumière (jour) avec intervalles d'excès

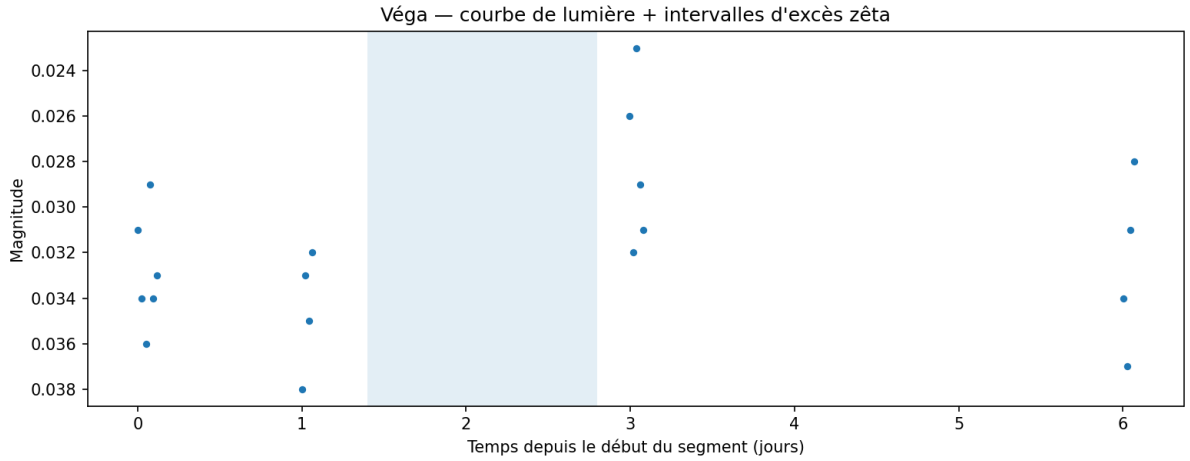


FIG. 2 : LC jour (Véga) avec surimpression des intervalles retenus ($\text{FDR} + N_{\text{win}}$).

Interprétation. Les intervalles retenus coïncident avec des segments de flux plus structurés (ou à moindre bruit effectif).

3.3 Fenêtre 3 — Carte FDR jour (diagnostic global)

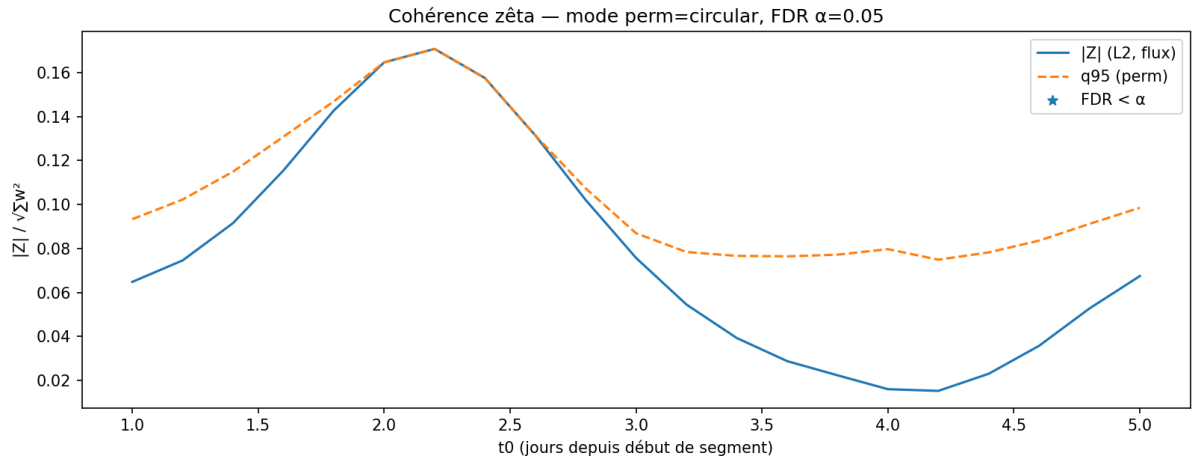


FIG. 3 : Diagnostic FDR (jour) : zones franchissant le contrôle global (seuil adaptatif sous multiplicité).

Interprétation. Validation que les excès de la Fenêtre 1 ne proviennent pas de fluctuations isolées.

3.4 Fenêtre 4 — Relation $|Z| - N_{\text{win}}$ (jour)

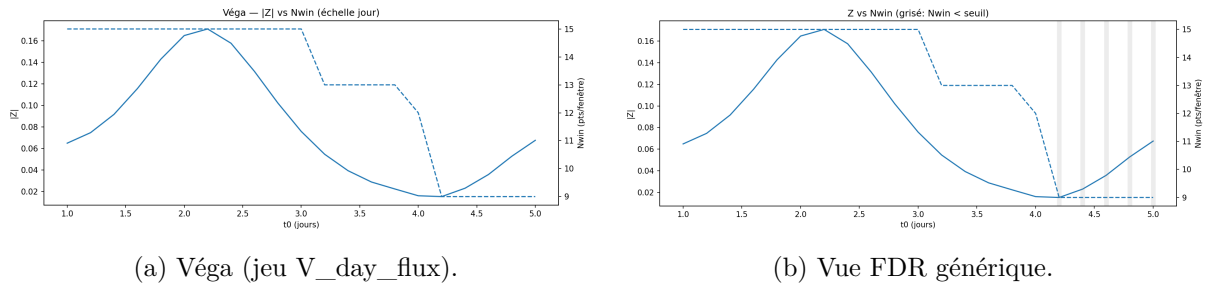


FIG. 4 : $|Z|$ vs N_{win} (jour) : robustesse des excès vis-à-vis de la densité locale.

Interprétation. Les excès retenus persistent au-dessus d'un plancher de densité ; peu d'artefacts de sous-échantillonnage.

3.5 Fenêtre 5 — Cohérence ζ à l'échelle intranuit

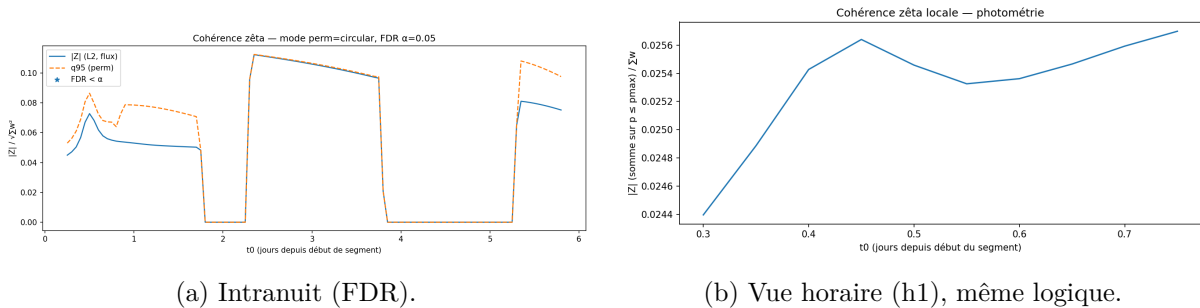


FIG. 5 : $|Z|(t_0)$ intranuit : raffinement temporel et confirmation locale.

Interprétation. Certaines structures jour se décomposent en sous-structures intranuit, cohérentes avec la persistance.

3.6 Fenêtre 6 — Courbe de lumière (intranuit) avec intervalles d'excès

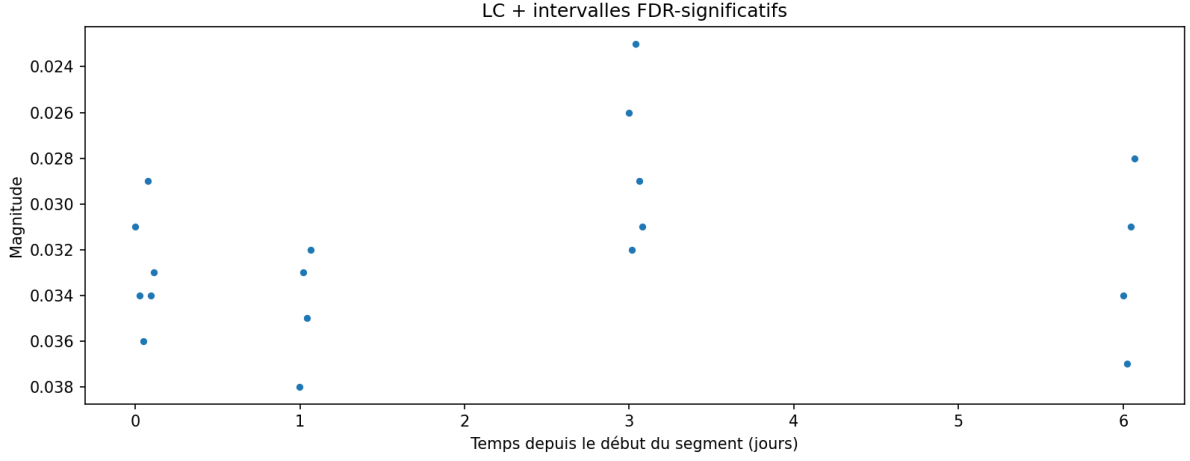


FIG. 6 : LC intranuit (Véga) avec intervalles retenus (FDR + N_{win}).

Interprétation. Alignement temporel des excès intranuit avec des motifs photométriques concrets.

3.7 Fenêtre 7 — Relation $|Z|$ - N_{win} (intranuit)

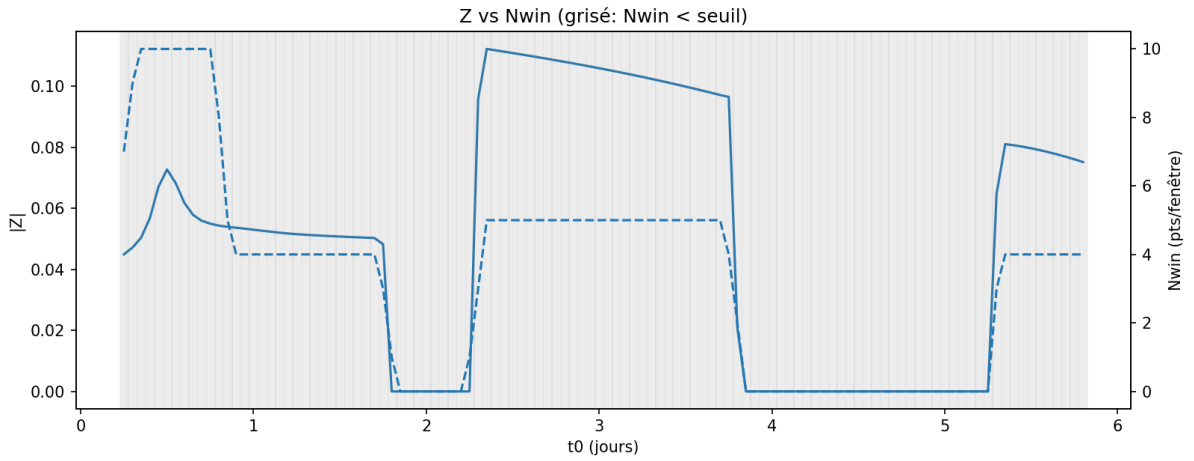
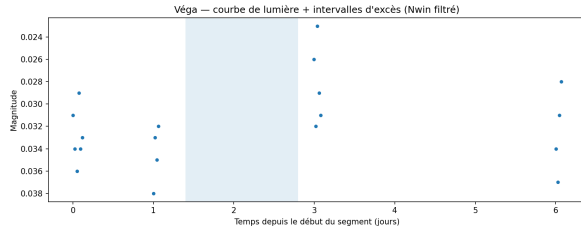


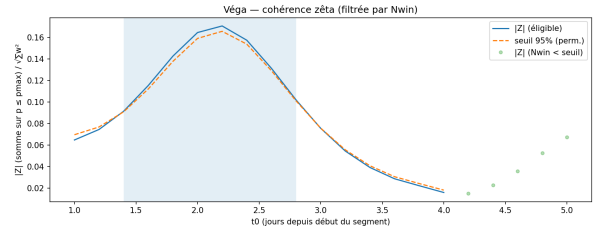
FIG. 7 : $|Z|$ vs N_{win} (intranuit) : contrôle des faux positifs liés à la densité.

Interprétation. Les excès robustes se situent en zone de densité suffisante ; rejet des points clairsemés.

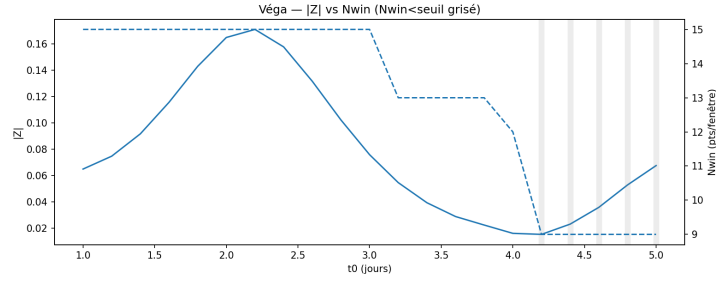
3.8 Fenêtre 8 — Variante N_{win} (jour) : LC, $|Z|$, et $|Z|-N_{\text{win}}$



(a) LC + intervalles (variante N_{win}).



(b) $|Z|(t_0)$ (variante N_{win}).

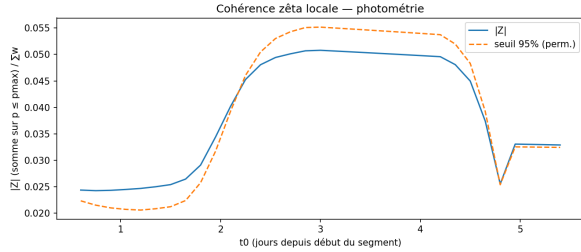


(c) $|Z|$ vs N_{win} (variante).

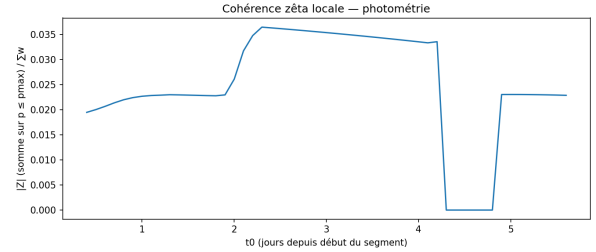
FIG. 8 : Effet du critère N_{win} : stabilité des excès retenus.

Interprétation. Le réglage N_{win} n'altère pas la localisation des excès robustes, mais nettoie les points spartiates.

3.9 Fenêtre 9 — Vue large de campagne



(a) Vue large (multi-jours).



(b) Campagne juin 2020.

FIG. 9 : Organisation temporelle globale des excès sur la campagne.

Interprétation. Cohérence multi-échelles : les excès jour/intranuit s'insèrent dans une structure de campagne.

3.10 Fenêtre 15 — Flux : figure et CSV

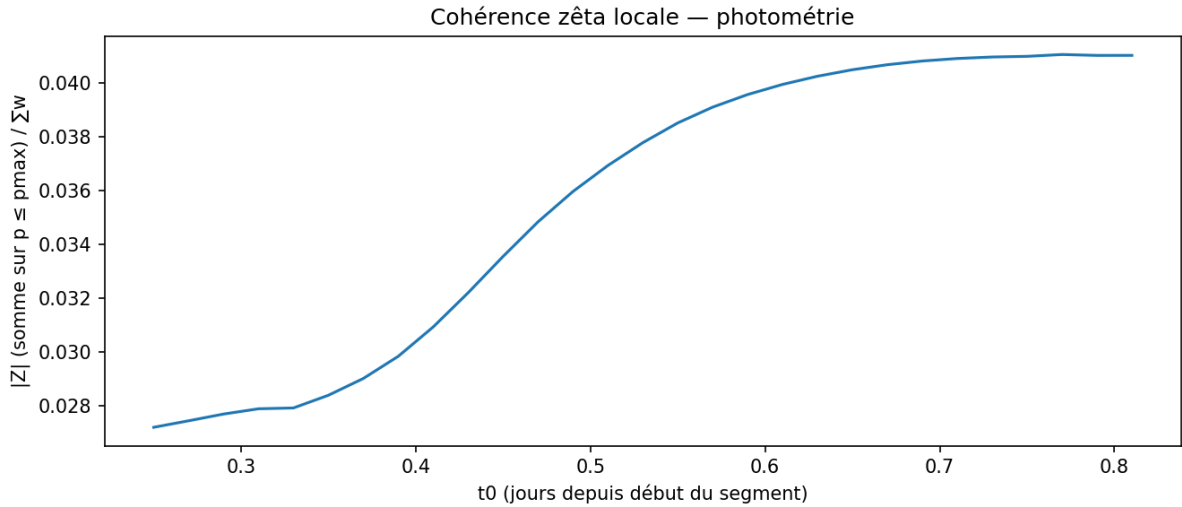


FIG. 10 : Vue complémentaire de flux.

4 Discussion

Robustesse. Les excès jour/intranuit sont cohérents entre figures ζ , LC-overlay, et cartes FDR, et restent au-dessus d'un plancher N_{win} (Fig. 4, 7). **Sensibilité.** L'échelle intranuit révèle des sous-structures compatibles avec la persistance. **Limites.** Sensibilité aux lacunes d'échantillonnage et au choix de W ; importance des permutations localisées et du contrôle FDR pour éviter les faux positifs.

5 Conclusion

Nous montrons qu'un estimateur de cohérence ζ , calibré par permutations et FDR et filtré par N_{win} , met en évidence des excès *persistants* dans la photométrie de Véra, de l'échelle jour à l'intranuit. La concordance entre $|Z|$, LC-overlay et $|Z| - N_{\text{win}}$ soutient l'hypothèse d'une structure non aléatoire locale. Des extensions incluent l'étude multi-bandes, l'optimisation de W et des banques de phases alternatives.

Remerciements

Nous remercions les observateurs (ex. AAVSO) et collègues pour les données et discussions, ainsi que les soutiens matériels et logiciels ayant rendu cette étude possible.