

## Cas d'usage n°2 : Détection d'un défaut sur la bague interne du roulement de l'arbre rapide d'une éolienne

Ce cas d'usage documente la détection anticipée d'un défaut de roulement sur l'arbre rapide (High Speed Shaft - HSS) d'une éolienne par AStrion. Il présente en détails le diagnostic réalisé à partir des indicateurs et alarmes calculés par AStrion. Leur calcul est intégralement automatique. Les figures présentées ici sont directement tirées de l'interface web d'AStrion et ne sont que de la consultation de résultats automatiques. Il est très détaillé afin de présenter également les étapes de calculs d'AStrion.

### Contexte et jeu de données

L'éolienne WT315 a été surveillée du 1er juillet 2023 au 22 septembre 2025, soit 111 signaux de dix secondes par signal échantillonnés à 25.6kHz par capteur. Dix accéléromètres ont été disposés à proximité des principaux composants cinématiques de l'éolienne (boîte de vitesses, générateur, roulement principal). Ces mesures vibratoires sont complétées par un tachymètre permettant le rééchantillonnage angulaire des signaux pour s'affranchir des variations de vitesse liées au régime de fonctionnement de l'éolienne. AStrion surveille automatiquement l'ensemble des composants référencés dans la cinématique de l'éolienne. Un **fichier KINX** lu automatiquement par Astrion et décrivant la structure cinématique de l'éolienne et ses fréquences caractéristiques associées, permet un paramétrage entièrement automatique de la surveillance.

Le roulement n°2 de l'arbre rapide (noté : HSS.Bearing2 dans ce document) a nécessité une intervention de maintenance entre le 5 et le 12 mai 2025. Sur l'ensemble de la période de surveillance, de tous les capteurs et de tous les composants surveillés, plusieurs alarmes globales ont permis la détection d'un défaut mais une **unique alarme spécifique a été levée au niveau critique : celle associée au roulement Hss.Bearing2 (BPFI)**. Cette combinaison d'alertes a permis non seulement une détection précoce mais également une localisation précise du défaut plusieurs mois avant l'intervention de maintenance réalisée.

### Détection et identification du défaut

#### Identification automatique de la signature fréquentielle

AStrion détecte automatiquement les pics fréquentiels de chaque signal et les regroupe en familles d'harmoniques rattachées aux composants de la cinématique. Les figures 1 et 2 ci-dessous montrent les spectres du capteur Gearbox-HSS-Fr — le plus proche du roulement en défaut — à deux instants clés. Les harmoniques détectées et rattachées au composant Hss.Bearing2.BPFI sont représentées en vert, numérotées en orange.

Sur la Figure 1 correspondant à la date du 15 juillet 2024, AStrion identifie les premières harmoniques de la BPFI du roulement Hss.Bearing2, encore peu énergétiques et indiscernables à l'œil nu dans le bruit spectral. C'est la capacité d'AStrion à regrouper ces pics en famille cohérente et à les suivre dans le temps qui rend la détection précoce possible. Sur la *Figure 2*, en mars 2025, la dégradation est avancée : la famille harmonique est très énergétique et AStrion détecte de nombreuses bandes latérales de modulation (sidebandes) de part et d'autre de chaque harmonique. Ces sidebandes sont physiquement caractéristiques d'un défaut de bague interne : celle-ci étant solidaire de l'arbre, le défaut tourne avec lui et module les chocs à la fréquence de rotation, générant ces raies symétriques dans le spectre. Pour des raisons de clarté, une seule famille de sidebandes est représentée sur la seconde figure, mais AStrion en détecte autour de chaque harmonique de la fréquence caractéristique BPFI du roulement.

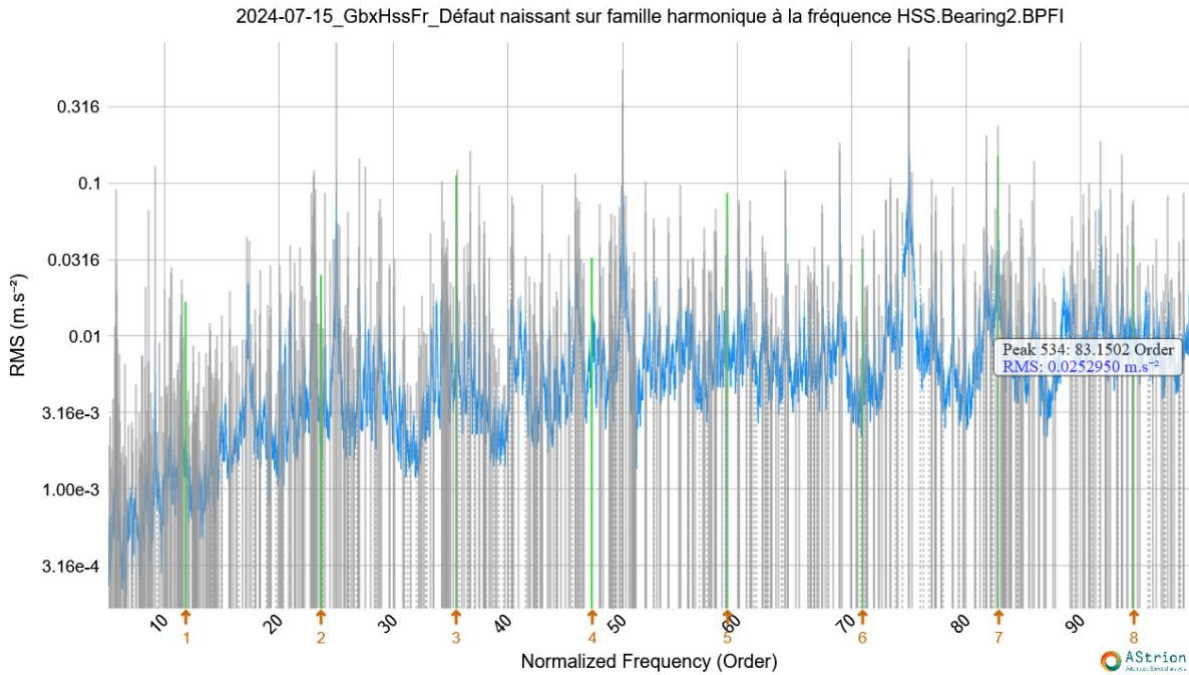


Figure 1 : Spectre du signal du capteur GbxHssFr du 15/07/2024 — défaut naissant sur la famille BPF de Hss.Bearing2 illustré par la présence de pics fréquentiels à la fréquence caractéristique de la BPF du roulement et de ces harmoniques.

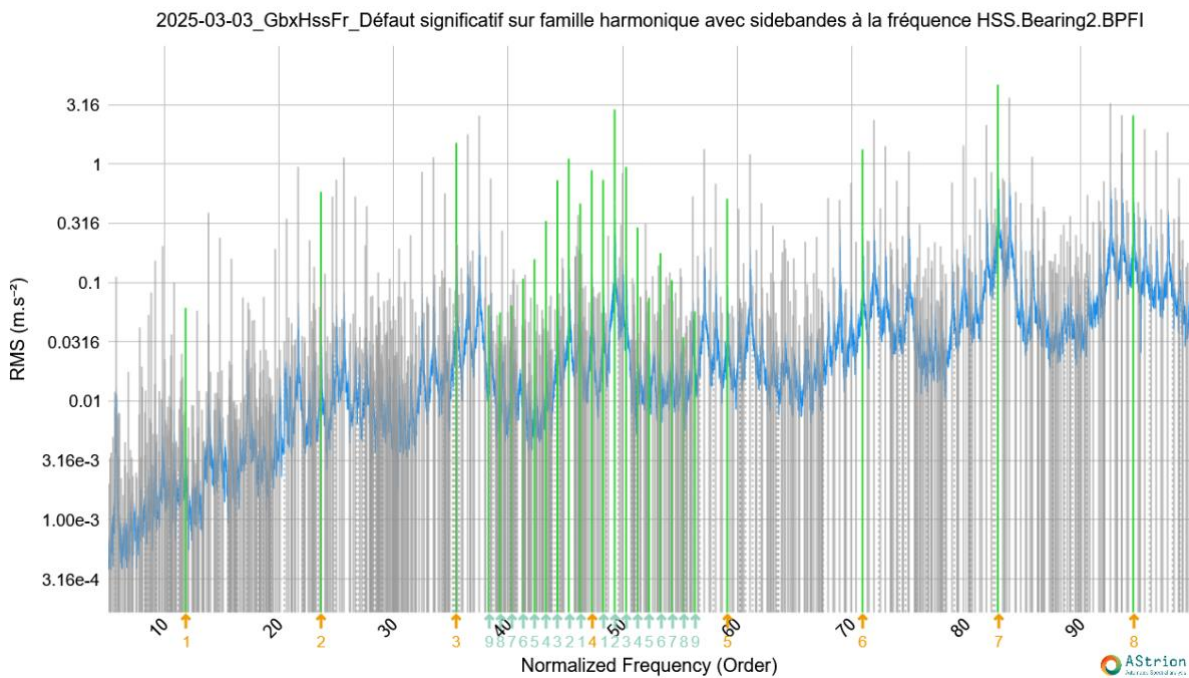


Figure 2 : Spectre du signal du capteur GbxHssFr du 15/07/2024 — défaut significatif sur la famille BPF de Hss.Bearing2 illustré par la présence de pics fréquentiels entourés de sidebandes de modulation à la fréquence caractéristique de la BPF du roulement et de ces harmoniques.

## Suivi temporel et levée d'alarme

La *Figure 3* ci-dessous présente l'évolution de l'énergie totale de la famille harmonique HSS.Bearing2.BPFI sur les capteurs Gearbox-HSS-Fr et Gearbox-HSS-Rr, avec les trois seuils d'alarme automatiques : Low, Medium et Critical.

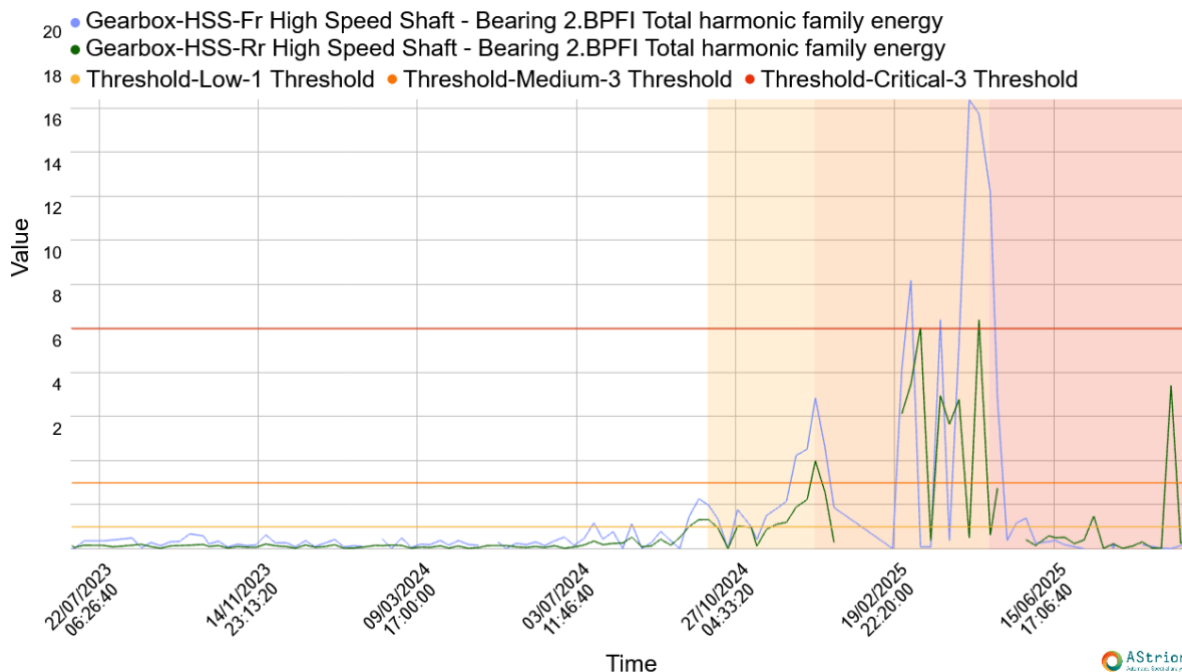


Figure 3 : Évolution de l'énergie totale de la famille harmonique sur Gearbox-HSS-Fr et Gearbox-HSS-Rr, avec seuils Low / Medium / Critical permettant de déclencher l'alarme.

La progression se déroule en phases distinctes : une première élévation de sévérité est détectée dès juillet 2024, une montée en niveau Medium à partir d'octobre 2024, puis des dépassements répétés du seuil Critical à partir de début 2025, peu avant l'intervention. Après la maintenance de mai 2025, l'énergie revient à un niveau très bas sur Gearbox-HSS-Fr, confirmant l'efficacité de l'intervention.

À titre de comparaison, la *Figure 4* présente l'évolution de l'indicateur normatif VDI 3834 – ACC, mesuré ici sur les deux mêmes capteurs HS. Cet indicateur n'a franchi le seuil Low qu'au 3 mars 2025 et le seuil Medium au 10 mars 2025, soit plus de 7 mois après la première détection d'Astrion sur l'indicateur spécifique. La *Figure 4* présente l'évolution de l'indicateur global de kurtosis (indicateur standard industriel sensible aux chocs). Cet indicateur a détecté une anomalie de manière tout aussi précoce que l'indicateur spécifique associé au roulement en défaut d'Astrion (alarme levée le 22 juillet 2024) mais aucun des deux indicateurs globaux **ne permet de localiser** le défaut sur un élément précis d'un roulement spécifique. C'est précisément cette double capacité — détection précoce et identification — qu'Astrion apporte.

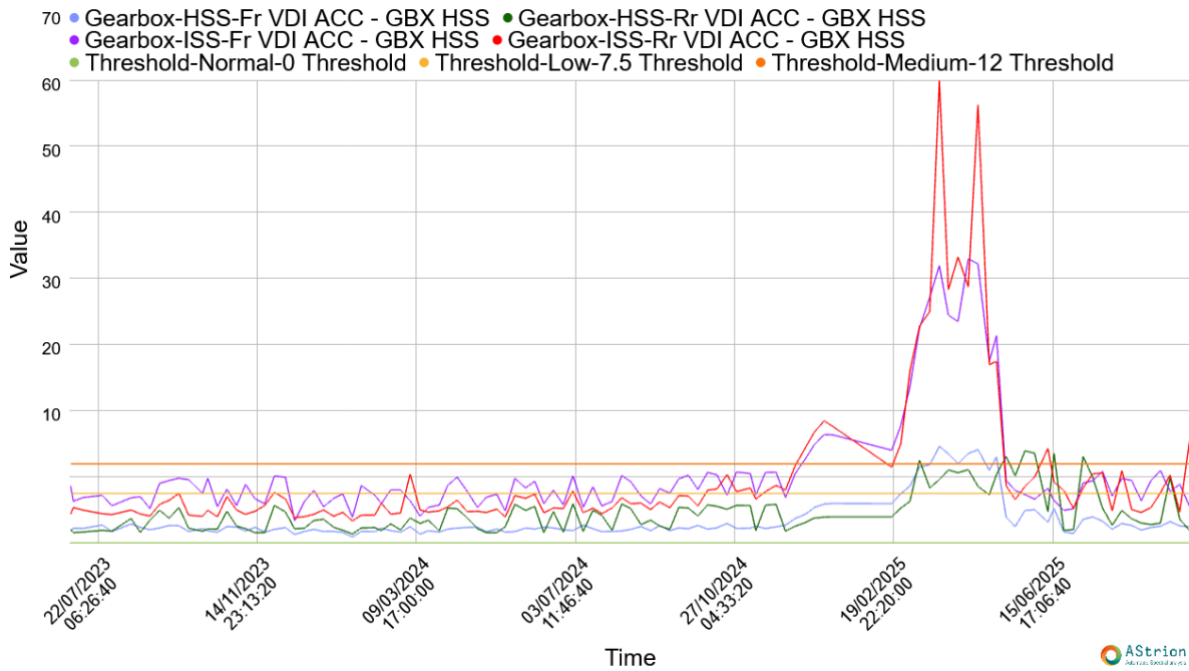


Figure 4 : Évolution de l'indicateur VDI 3834 (ACC – GBX HSS) sur les capteurs Gearbox-HSS-Fr et Gearbox-HSS-Rr.

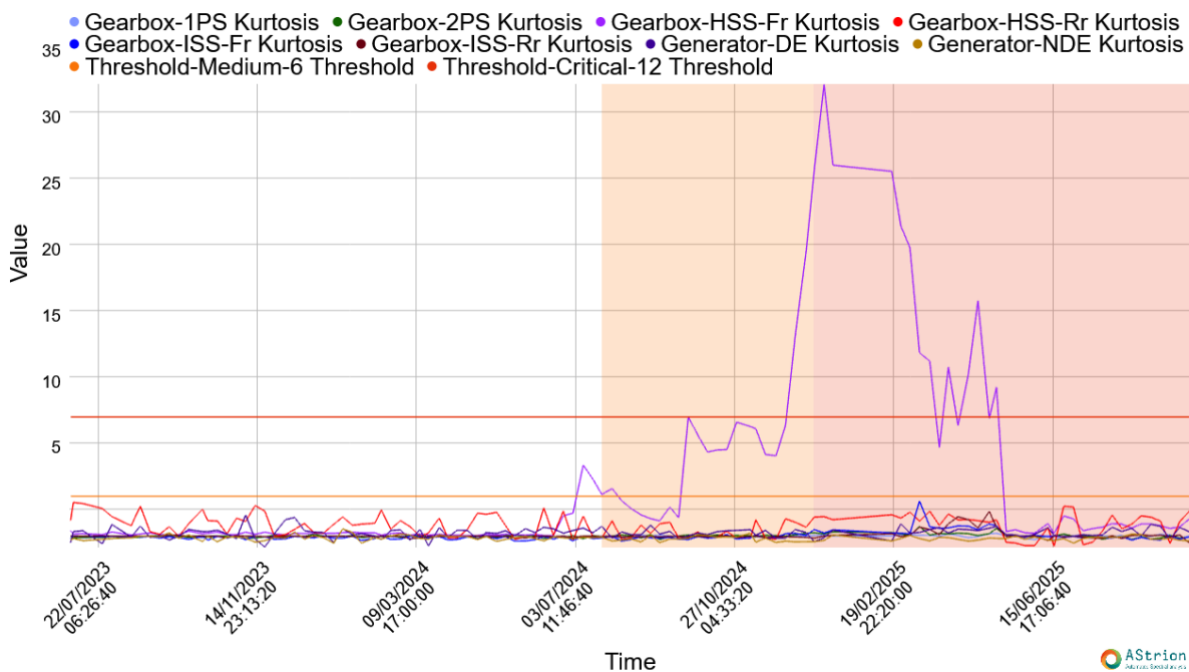


Figure 5 : Evolution de l'indicateur de chocs global (Kurtosis) sur l'ensemble des capteurs.

### Tableau de bord des alarmes

Le tableau de bord présente les alarmes actives sur le capteur Gearbox-HSS-Fr — chaque capteur dispose de sa propre vue équivalente. Deux alarmes atteignent le niveau Critical sur ce capteur : la BPFI de Hss.Bearing2

(détectée également sur Gearbox-HSS-Rr) et le kurtosis global. Des alarmes de niveau Medium et Low apparaissent sur d'autres éléments du même roulement (bague externe, bille) : ce phénomène est physiquement cohérent, un défaut localisé sur un élément d'un roulement excitant mécaniquement les fréquences des autres éléments constitutifs. Ces alarmes secondaires corroborent le diagnostic sans remettre en cause la localisation primaire du défaut sur la bague interne.

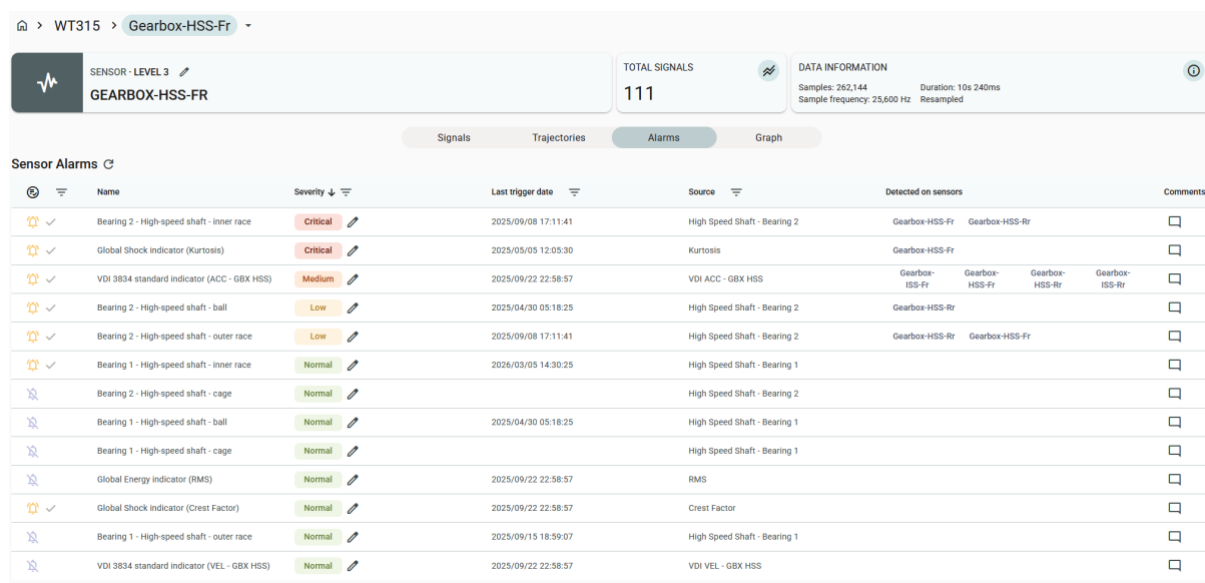


Figure 6 : Vue du tableau de bord des alarmes Astrion — capteur Gearbox-HSS-Fr.

## Conclusion

Comme illustré dans le tableau récapitulatif ci-dessous, Astrion a détecté les premiers signes de dégradation du roulement Hss.Bearing2 près de 10 mois avant l'intervention, laissant tout le temps nécessaire pour planifier la maintenance au moment le plus opportun.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des évènements annonceurs du défaut de roulement et des alarmes levées sur l'éolienne WT315 dans Astrion.

Date	Événement
08/07/2024	Visualisation des premières tendances d'augmentation sur le kurtosis
15/07/2024	Visualisation des premières tendances d'augmentation sur la trajectoire HSS.Bearing2.BPFI
22/07/2024	Alarme kurtosis (Medium)
07/10/2024	Alarme HSS.Bearing2.BPFI (Low)
23/12/2024	Alarme HSS.Bearing2.BPFI (Medium)
03/03/2025	Alarme VDI 3834-ACC (Low)
10/03/2025	Alarme VDI 3834-ACC (Medium)
05/05/2025	Intervention de maintenance

Astrion a permis de localiser précisément le défaut sur la bague interne grâce au suivi automatique de la famille BPFI — une information qu'aucun indicateur standard (kurtosis, VDI 3834) ne peut fournir.