

● ● ● ●  
**ASTRIIS**  
Towards zero failure



*Validation des données  
d'entrée  
Production éolienne  
Défaut de bague interne du  
roulement principal*



**Astrion**  
Automated Spectral analysis

## Contexte du cas d'usage

*VALEMO est un exploitant d'éolienne situé dans le sud-ouest de la France. Dans le cadre du projet européen KAStrion, le GIPSA-lab, à l'origine de la solution AStrion, a collaboré avec VALEMO de 2012 à 2014 pour instrumenter deux éoliennes nommées WT6 et WT8.*

*Le 30 décembre 2015, le roulement principal de l'éolienne WT8 est défaillant, provoquant une panne majeure et une année de perte d'exploitation.*

*L'exploitation a posteriori des données des capteurs en place, régulièrement enregistrées jusqu'au 15 novembre 2015, permet de détailler très précisément comment AStrion aurait pu anticiper le défaut et le localiser précisément, avec 8 mois d'anticipation*

*Nous présentons ici un détail un cas d'usage correspondant au diagnostic effectué par AStrion et permettant l'identification d'un défaut sur la bague interne du roulement principal d'une éolienne.*

*Les informations présentes dans ce document sont issues de l'analyse de signaux mesurés au cours de l'année 2014 et jusqu'au 15 novembre 2015. Ils sont issues de capteurs, de type accéléromètre, placés sur différents points de la machine : le roulement principal, le roulement d'entrée du boîtier d'engrenage planétaire, les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étages du boîtier d'engrenage planétaire et les roulements principaux d'entrée et de sortie du générateur.*

*Un top-tour également fixé sur l'arbre rapide de la génératrice permet le rééchantillonnage angulaire des signaux.*



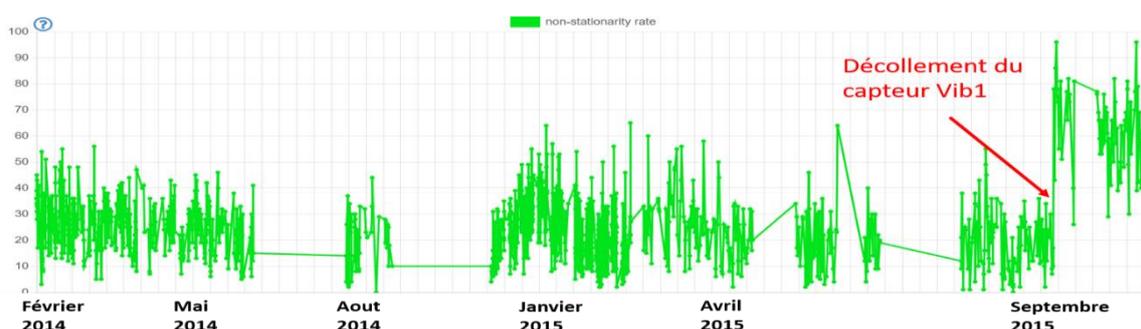
*On constate que les premiers signes de défauts sur le roulement apparaissent jusqu'à 17 mois avant la casse. Ces signes ne font que s'aggraver au cours du temps, avec des étapes en novembre 2014, mai, septembre et octobre 2015. **AStrion a démontré sa capacité à la fois à détecter le défaut sur la bague interne du roulement, et également à suivre son aggravation dans le temps. Il a également montré la pertinence des algorithmes de validation de données.***

# L'analyse spectrale, à la base de la technologie AStrion, n'est pertinente qu'avec des signaux dont la qualité est validée

Un des critères de validation des données utilisé par AStrion, l'indice de non-stationnarité, a pour objectif de valider la stationnarité de chaque mesure. Cet indice est calculé dans le plan temps - fréquence estimé à partir d'un spectrogramme. Ensuite, pour chaque canal de fréquence, un test d'hypothèse est appliqué.

On peut ainsi facilement identifier dans la figure ci-dessous l'évolution de cet indice de non-stationnarité sur l'ensemble des mesures obtenues avec le capteur Vib1 situé sur le carter du roulement principal.

Un saut important est visible en septembre 2015. L'observation du spectrogramme et du détecteur de non stationnarité dans le plan temps-fréquence sur une des mesures après septembre 2015 montre la présence de chocs, phénomènes à large bande fréquentielle. Après une visite sur site, ces chocs ont été expliqués par le fait que le capteur Vib1 était décollé du carter. Les mesures du capteur Vib1 sont donc inutilisables.



Evolution de l'indice de non-stationnarité des signaux mesurés pendant l'année 2015 par le capteur Vib1

La validation des données est dans ce cas d'usage très intéressante : elle a permis de détecter que le capteur Vib1 s'est décollé en septembre 2015. Sans cette information, une analyse habituelle de ces signaux aurait abouti à des conclusions erronées. Cependant, les signaux vibratoires n'exigeant pas une mesure à proximité, Il s'est avéré possible de considérer et interpréter les mesures du capteur relié au roulement principal par un arbre de rotation.

*Appliquée sur un signal suffisamment long et correctement échantillonné, la transformée de Fourier est capable de fournir une estimation de tout le contenu fréquentiel d'un signal avec une très haute résolution spectrale. Mais, il est préférable d'appliquer auparavant différents tests sur les signaux pour s'assurer de la validité des mesures effectuées.*

## **L'idée principale est d'exploiter la transformée de Fourier, un outil très bien adapté à l'étude des vibrations**

Les mesures étant réalisées pour une gamme de vitesse de rotation, il est important de compenser les variations de vitesse dues au vent. En effet, une analyse de Fourier globale sera interprétée plus facilement si le signal est stationnaire. Les signaux sont donc rééchantillonnés angulairement par AStrion à partir d'une mesure de vitesse synchrone. Les signaux temporels sont alors gradués en angles et les signaux fréquentiels en ordre. Ce module est appliqué systématiquement sur des mesures réalisées sur des éoliennes.

**Afin d'estimer les propriétés globales et générales de base relatives au signal, la première étape de l'approche AStrion, basée sur les données, consiste à collecter les informations fondamentales sur la nature du signal d'entrée.**

### **Test de saturation d'amplitude**

*Il s'agit d'un test simple qui détecte une saturation en amplitude du signal.*

### **Test d'échantillonnage de Shannon**

*Le but de ce test est de détecter les problèmes potentiels de récupération du signal à partir de son spectre. Trois tests sont effectués : signal correctement échantillonné, détermination de la dernière fréquence significative et vérification de la présence d'un filtre anti-repliement.*



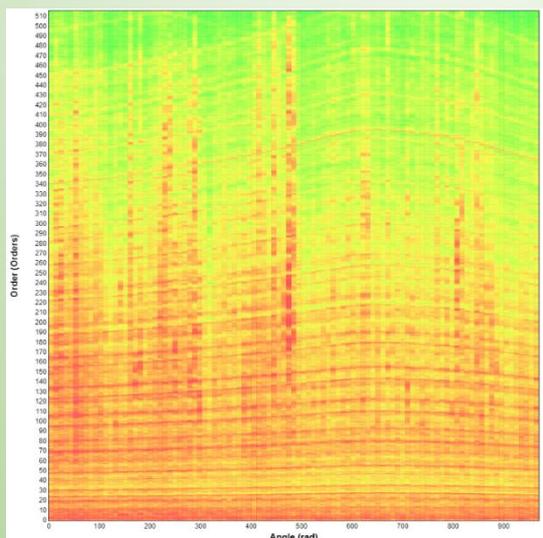
### **Test de stationnarité**

*Un signal est statistiquement stationnaire s'il est caractérisé par des moments indépendants du temps. Le deuxième, troisième et quatrième moments sont calculés sur des segments consécutifs du signal. Le dépassement d'un seuil sur la somme cumulée indique la position des ruptures sur le signal qui est alors non-stationnaire.*

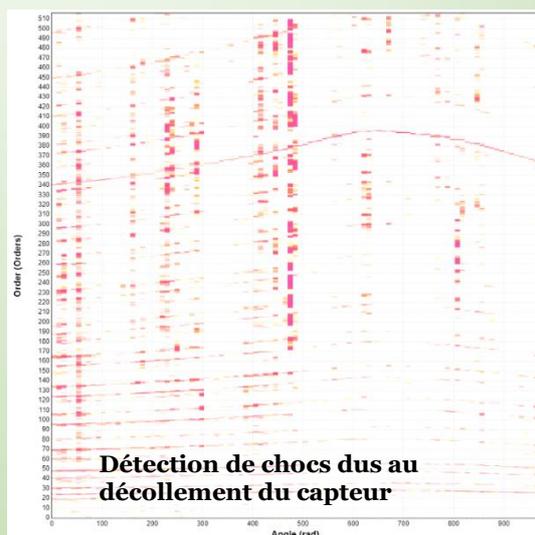
### **Tests de périodicité**

*Ces tests permettent de valider l'hypothèse selon laquelle un signal considéré corrompu par du bruit est périodique dans le temps. Deux critères sont calculés sur la fonction d'autocorrélation du signal, un signal périodique ayant une fonction d'autocorrélation périodique.*

*Un des tests a la capacité à estimer le rapport signal sur bruit global du signal, un indicateur précieux pour fixer les paramètres de l'analyse spectrale.*



Spectrogramme du signal



Extraction des non-stationnarités du Spectrogramme

**Avant toute analyse, AStrion examine les données issues des capteurs et s'assure de leur validité en vérifiant qu'elles ne sont pas saturées, mal échantillonnées ou non stationnaires.**

**Des indicateurs concernant la périodicité du signal et une valeur estimée du rapport signal/bruit global sont mis à la disposition des utilisateurs experts**