

Défaillance d'un réducteur

Analyse des causes profondes et recommandations pour la surveillance des réducteurs avec la technologie HD

Par

Göran Almqvist

SPM Instrument AB

09 Janvier 2018

Contenu

1	Introduction.....	3
2	Résumé.....	Erreur ! Signet non défini.
3	Description	4
4	Historique	Erreur ! Signet non défini.
5	Réglage du système	Erreur ! Signet non défini.
5.1	<i>Equipements de mesure.....</i>	5
5.2	<i>Techniques de mesure</i>	5
5.3	<i>Réglage Condmaster</i>	6
6	Description du cas.....	10
6.1	<i>Cas #1: Arbre intermédiaire</i>	10
6.2	<i>Cas #2: Arbre d'entrée</i>	15
7	Conclusion	19

1 Introduction

Cette étude de cas décrit une défaillance survenue dans un réducteur entraînant un filtre à disques dans une usine de pâte à papier. L'installation faisait partie d'un projet de surveillance de réducteurs piloté par le groupe SPM Strategic Sales & Applications. Les mesures ont commencé alors que le réducteur était en bon état, et ont été poursuivies pendant toute la période de dégradation de l'état des roulements et des engrenages, puis après la réparation du réducteur.

2 Résumé

La cause principale des dommages sur ce réducteur est l'infiltration accidentelle d'eau dans le réducteur lors du nettoyage de l'arbre.

L'eau a altéré la lubrification des roulements, entraînant leur détérioration. En conséquence, les engrenages ont également été endommagés et ne fonctionnaient plus correctement.

Ce projet s'est révélé très instructif, car nous avons réussi à détecter les dommages sur les engrenages du réducteur. Les mesures réalisées sur ce réducteur, ainsi que sur d'autres, ont permis d'établir des recommandations concernant les techniques de mesure les plus adaptées selon les types de défaillances rencontrées.

3 Description

Le filtre à disques est une application à faible vitesse, entraînée par un réducteur à quatre étages et un moteur électrique (voir Figures 1, 2 et 3 ci-dessous).

Le filtre à disques est un élément essentiel du procédé de fabrication de pâte. Si le filtre à disques s'arrête, la production de pâte s'interrompt immédiatement. La machine à papier s'arrêtera également peu de temps après, faute de pâte.

Fig. 1 Filtre à disques

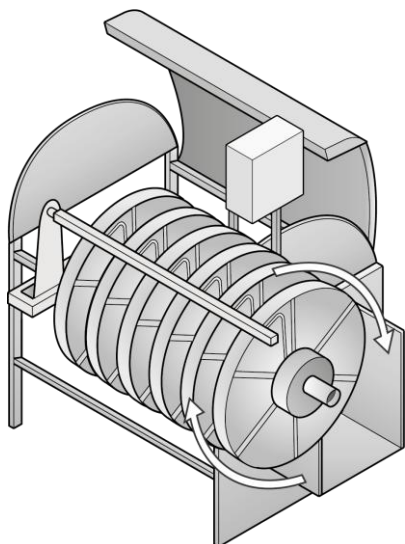


Fig. 2 Le réducteur et le moteur entraînant le filtre à disques.

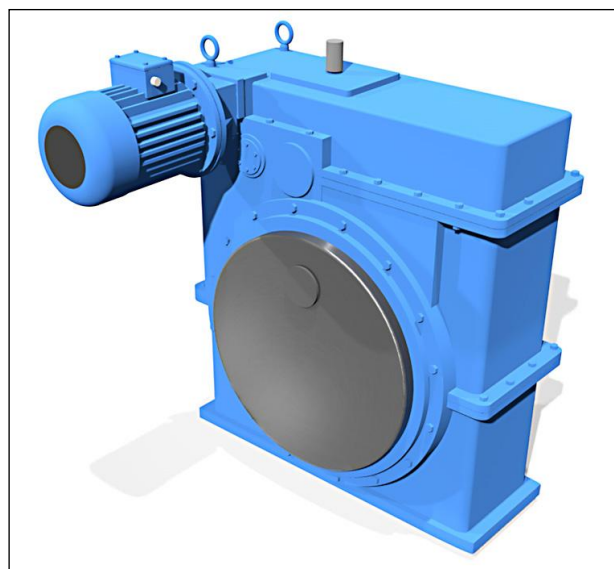
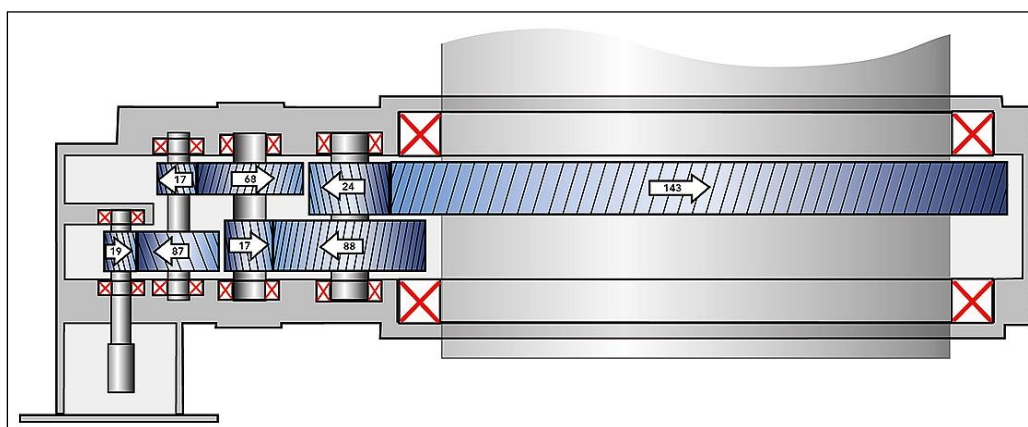


Fig. 3 Section du reducteur.



4 Historique

Le groupe *Strategic Sales & Applications* mène un projet de surveillance de réducteurs, dont l'objectif est de comprendre le comportement des réducteurs et de déterminer les meilleures méthodes pour mesurer l'état mécanique et la qualité de la lubrification d'un réducteur.

Plusieurs installations de test ont été réalisées en Suède, dont l'une sur le réducteur présenté dans cette étude de cas. Cette installation a été motivée par le fait que le client avait déjà rencontré des problèmes avec ce réducteur auparavant.

5 Réglage du système

5.1 Equipements de mesure

Le système en ligne utilisé était l'Intellinova Compact INS08V, équipé de huit capteurs DuoTech et d'un capteur de vitesse (RPM).

5.2 Techniques de mesure

Les techniques de mesure suivantes ont été utilisées sur tous les capteur:

- **SPM HD TSA**
 - SPMHD and Time Synchronous Averaging (TSA)
- **HD ENV3**
 - HD ENV filter 500 – 10,000 Hz
- **HD ENV3 TSA**
 - HD ENV filter 500 – 10,000 Hz and Time Synchronous Averaging
- **HD ENV4 TSA**
 - HD ENV filter 5 000 – 40,000 Hz and Time Synchronous Averaging
- **VEL TSA**
 - Velocity and Time Synchronous Averaging

La raison principale de l'utilisation majoritaire des mesures TSA est que nous nous concentrons sur les engrenages. Le nombre relativement élevé de types de mesures s'explique par notre volonté de démontrer comment chaque méthode réagit en cas de problème sur les engrenages.

Pour pouvoir effectuer des mesures TSA sur les arbres intermédiaires, il est nécessaire d'utiliser la fonction Pseudo Tach. Une mesure TSA classique nécessite une impulsion de déclenchement provenant du même arbre sur lequel les engrenages sont montés. En utilisant le Pseudo Tach, une impulsion de déclenchement artificielle, mais extrêmement précise, est générée pour lancer les mesures.

Si, par exemple, 200 moyennes sont utilisées et que le signal artificiel manque de précision, l'erreur s'accumulera à chaque révolution, rendant le résultat inexploitable. En utilisant également la technologie HD pour le Pseudo Tach, la précision est garantie.

5.3 Réglage de Condmaster

La configuration de mesure suivante a été utilisée.

Fig. 4 SPM HD TSA

The screenshot displays the SPM HD TSA configuration window, divided into several sections:

- Measuring point:** A tree view on the left shows the hierarchy: A-000.02 First Int. Shaft. Motor Side Horiz. > RPM (50 --> 800 RPM) > SPM > SPMHD TSA (Online). Below this, VIBRATION is expanded, showing HD ENV3 (Online), HD ENV3 TSA (Online), HD ENV4 TSA (Online), and VEL TSA (Online).
- Techniques:** A section at the bottom left with an 'Add' button, showing SPM HD, Vibration, and HD ENV.
- SPMHD TSA Settings:**
 - General:** Name: SPMHD TSA; Bearing number: 22312 SKF.
 - HDm/HDc measurement:** Shaft diameter (d): 60 mm; HDi: Calculated; Measuring time: Same as FFT measurement.
 - FFT measurement:** Checked. Short time memory: Time signal and FFT; Long time memory: Time signal and FFT; Upper frequency: 1000 Orders; Lines in spectrum: 6400; Symptom enhancement factor: (Off); Time sync. averaging: 100 Average(s).
- Summary/Status:**
 - No. revolutions: 768
 - 50 - 800 RPM (Max fluctuation: 20%)
 - Upper frequency: 833,33 - 13333,33 Hz
 - Resolution: 0,13 - 2,083 Hz (7,81 - 125 CPM)
 - Acquisition time: 921,6 - 57,6 second(s)
 - Calculation time: 3,6 second(s)

Fig. 5 HD ENV, Filter 3

Measuring point

- A-000.02 First Int. Shaft. Motor Side Horiz.
 - RPM (50 --> 800 RPM)
 - SPM
 - SPMHD TSA (Online)
 - VIBRATION
 - HD ENV3 (Online)
 - HD ENV3 TSA (Online)
 - HD ENV4 TSA (Online)
 - VEL TSA (Online)

Techniques Add

- SPM HD
- Vibration
- HD ENV

Techniques / References / History

Save X

HD ENV3 Settings Online Online Advanced

General

Name: HDENV3

Bearing number: 22312 SKF

Measurement

Short time memory: Time signal and FFT

Long time memory: Time signal and FFT

Upper frequency: 100 Orders

Lines in spectrum: 3200

Symptom enhancement factor: 3

Envelope frequency: Filter 3 (500-10000 Hz)

☐ Advanced

No. revolutions: 192

50 - 800 RPM (Max fluctuation: 20%)
 Upper frequency: 83,33 - 1333,33 Hz
 Resolution: 0,026 - 0,42 Hz (1,56 - 25 CPM)
 Acquisition time: 230,4 - 14,4 second(s)
 Calculation time: 133,1 second(s)

Fig. 6 HD ENV, Filter 3 avec TSA

Measuring point

- A-000.02 First Int. Shaft. Motor Side Horiz.
 - RPM (50 --> 800 RPM)
 - SPM
 - SPMHD TSA (Online)
 - VIBRATION
 - HD ENV3 (Online)
 - HD ENV3 TSA (Online)
 - HD ENV4 TSA (Online)
 - VEL TSA (Online)

Techniques Add

- SPM HD
- Vibration
- HD ENV

Techniques / References / History

Save X

HD ENV3 TSA Settings Online Online Advanced

General

Name: HDENV3 TSA

Bearing number: 22312 SKF

Measurement

Short time memory: Time signal and FFT

Long time memory: Time signal and FFT

Upper frequency: 1000 Orders

Lines in spectrum: 6400

Symptom enhancement factor: (Off)

Envelope frequency: Filter 3 (500-10000 Hz)

☒ Advanced

Time sync. averaging: 100 Average(s)

Pseudo Tacho Activated

No. revolutions: 768

50 - 800 RPM (Max fluctuation: 20%)
 Upper frequency: 833,33 - 13333,33 Hz
 Resolution: 0,13 - 2,083 Hz (7,81 - 125 CPM)
 Acquisition time: 921,6 - 57,6 second(s)
 Calculation time: 3,6 second(s)

Fig. 7 HD ENV, Filter 4 with TSA

Measuring point

- A-000.02 First Int. Shaft, Motor Side Horiz.
 - RPM (50 --> 800 RPM)
 - SPM
 - SPMHD TSA (Online)
 - VIBRATION
 - HD ENV HDENV3 (Online)
 - HD ENV HDENV3 TSA (Online)
 - HD ENV HDENV4 TSA (Online)
 - VEL TSA (Online)

Techniques Add

- SPM HD
- Vibration
- HD ENV

Techniques / References / History

Save X

HD ENV HDENV4 TSA Settings Online Online Advanced

General

Name: HDENV4 TSA

Bearing number: 22312 SKF

Measurement

Short time memory: Time signal and FFT

Long time memory: Time signal and FFT

Upper frequency: 1000 Orders

Lines in spectrum: 6400

Symptom enhancement factor: (Off)

Envelope frequency: Filter 4 (5000-40000 Hz)

☒ **Advanced**

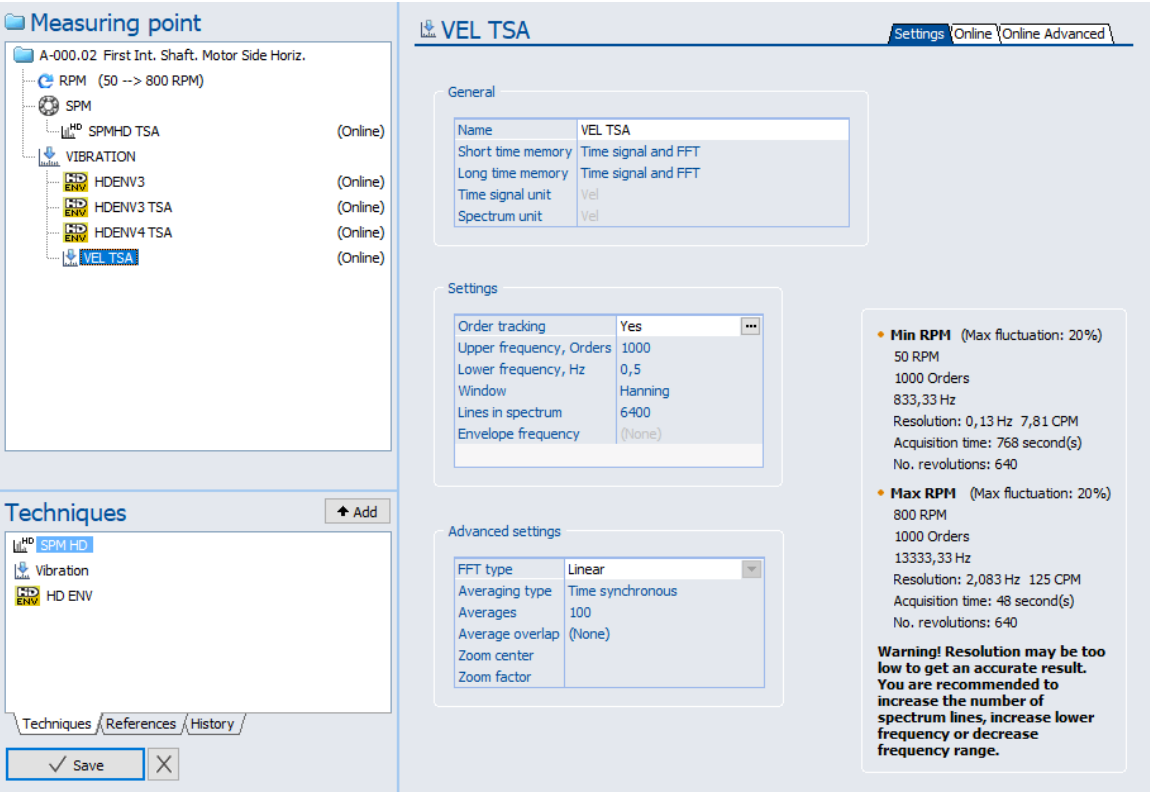
Time sync. averaging: 100 Average(s)

Pseudo Tacho Activated

No. revolutions: 768

50 - 800 RPM (Max fluctuation: 20%)
 Upper frequency: 833,33 - 13333,33 Hz
 Resolution: 0,13 - 2,083 Hz (7,81 - 125 CPM)
 Acquisition time: 921,6 - 57,6 second(s)
 Calculation time: 3,6 second(s)

Fig. 8 VEL TSA



La raison de la fréquence supérieure élevée – 1000 ordres – utilisée dans les mesures TSA est de permettre la visualisation des engrenages sous forme de graphique circulaire avec un signal temporel haute résolution.

6 Description du cas

La cause principale des dommages sur ce réducteur est l'infiltration accidentelle d'eau dans le réducteur.

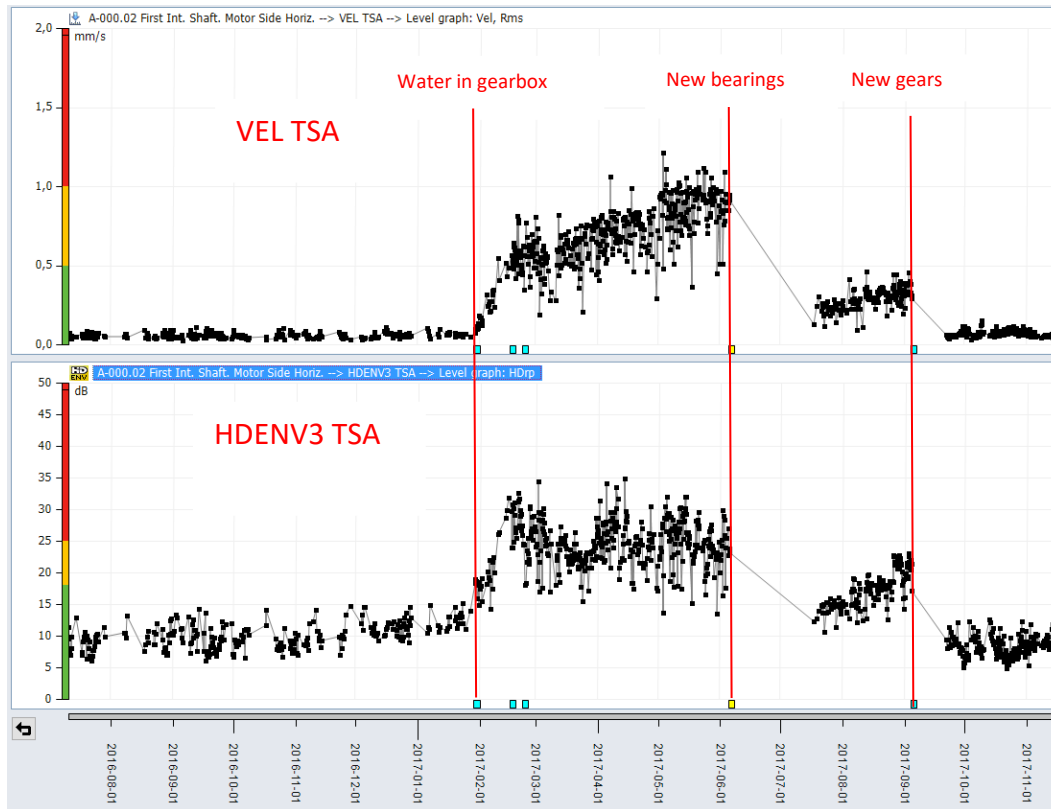
Lorsque l'eau a pénétré dans le réducteur, les niveaux de vibration ont augmenté très rapidement et sont restés élevés. Lors d'un arrêt planifié de la machine, le réducteur a été ouvert et inspecté. Des dommages visibles ont été constatés sur tous les engrenages, mais en raison d'un manque de pièces de rechange, seuls les roulements ont pu être remplacés. Après le remplacement des roulements, les niveaux de vibration ont diminué, mais sont restés supérieurs à la normale.

Lors d'un autre arrêt planifié, quatre mois plus tard, de nouveaux engrenages ont été installés, ce qui a permis aux niveaux de vibration de revenir à un niveau normal.

6.1 Cas #1: Arbre intermédiaire

L'amplitude des mesures effectuées sur l'arbre intermédiaire a montré une augmentation nette, principalement dans les mesures VEL TSA (moyennage synchrone temporel sur la vitesse). Étant donné que les mesures TSA évaluent uniquement l'état des engrenages, cela constitue une indication claire de la présence d'un problème sur les engrenages.

Fig. 9 Graphiques de tendance de VEL TSA et HD ENV, Filter 3 TSA mesures.



La cause des dommages sur les engrenages était une mauvaise lubrification. Malheureusement, le seul type de mesure activé pour les roulements était le HD ENV, filtre 3, et avec ces mesures, aucune fréquence de roulement n'a pu être détectée.

Les dommages sur les roulements sont particulièrement intéressants. Il n'y a pas d'écaillage sur la surface des roulements, mais celle-ci est fortement usée — voir les images 1 et 2 :

Img. 1 Roulement endommagé provenant du premier arbre intermédiaire.

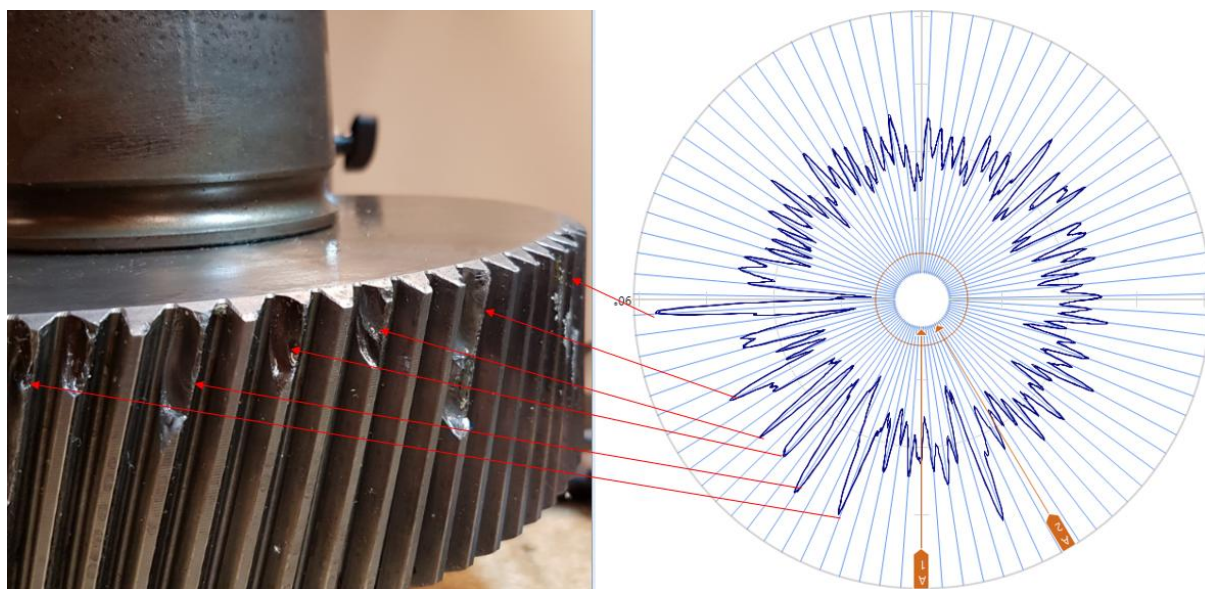


Img. 2 Roulement endommagé provenant du premier arbre intermédiaire.



Comme les roulements s'usaient, les engrenages ne s'engrénent plus comme prévu et ont donc été endommagés — voir les images 3 et 4 ci-dessous. Sur l'image 3, il est possible d'observer les dommages sur les engrenages du premier arbre intermédiaire, représentés dans le graphique circulaire.

Img 3. Arbre intermédiaire n°1 endommagé et graphique circulaire.



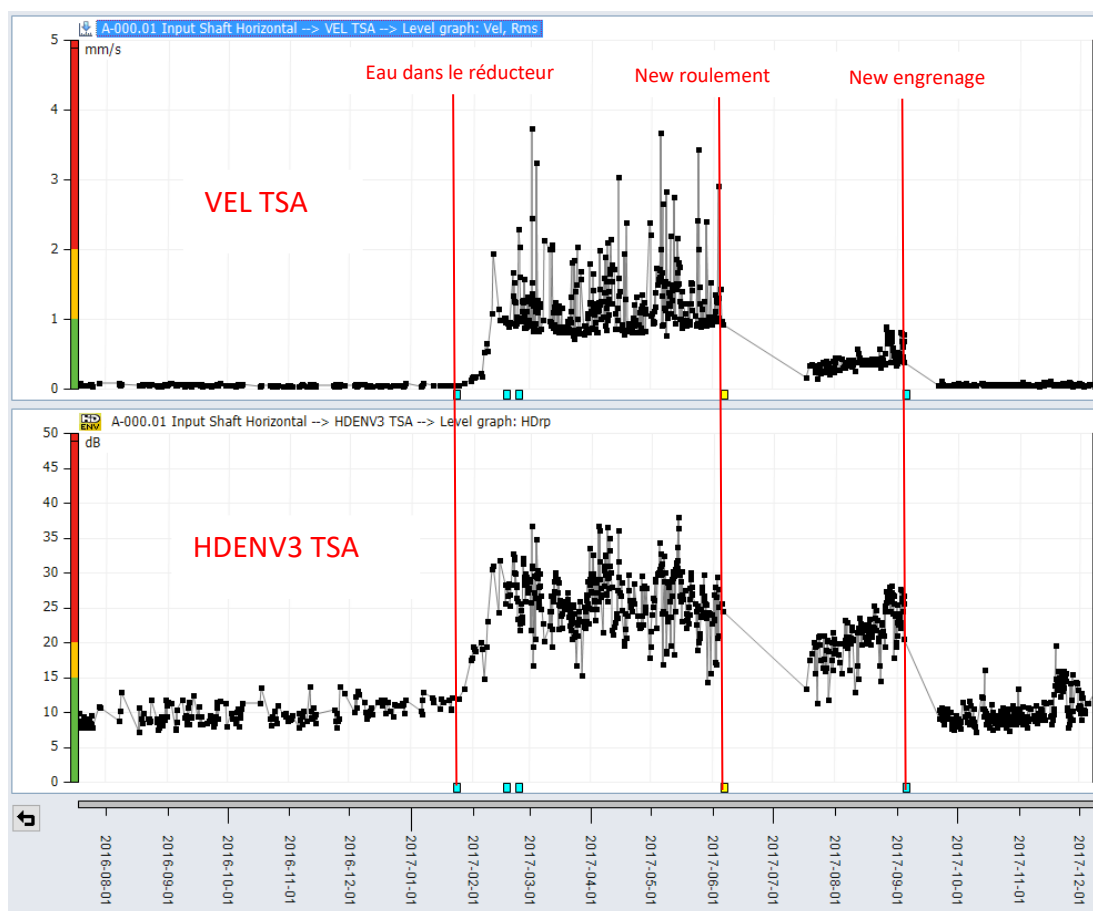
Img 4. Arbre intermédiaire n°1 endommagé.



6.2 Cas #2: Arbre d'entrée

Les mesures de l'arbre d'entrée ont montré sensiblement la même chose que celles relevées sur l'arbre intermédiaire. Les engrenages endommagés sont visibles sur les images 5 et 6.

Fig. 10 Mesures de l'arbre d'entrée.



Img. 5 Engrenage de l'arbre d'entrée endommagé.

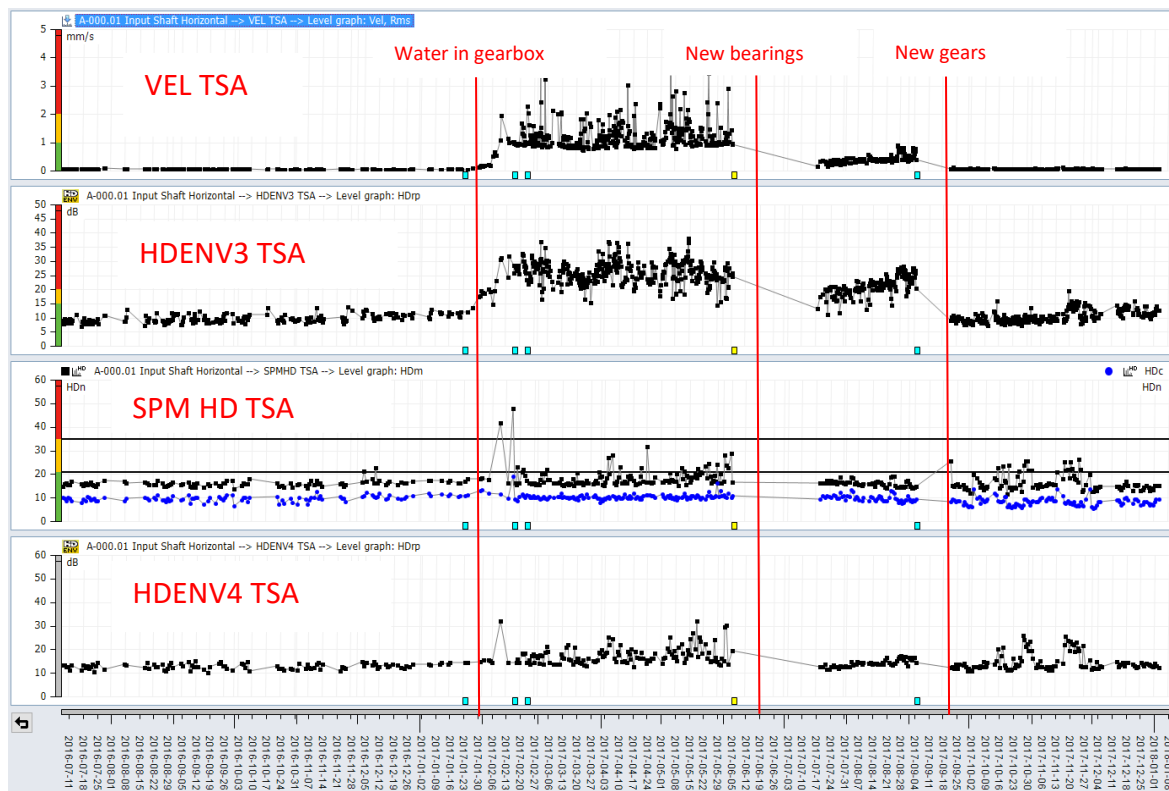


Img. 6 Engrenage de l'arbre d'entrée endommagé.



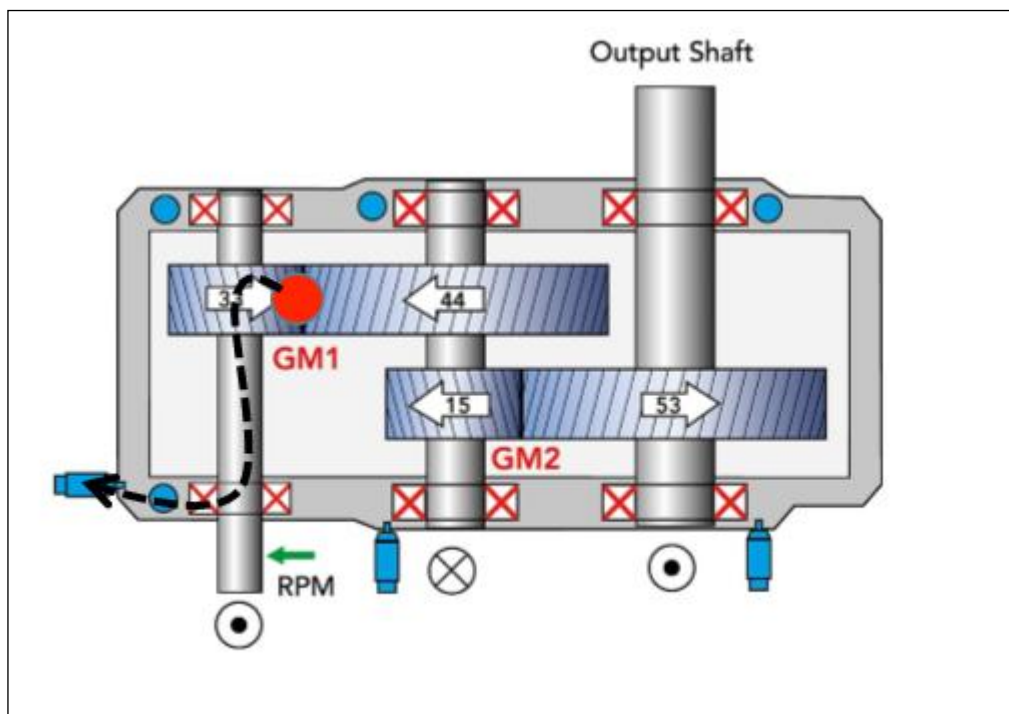
La comparaison des différentes affectations TSA est intéressante. La figure 11 ci-dessous présente toutes les affectations TSA de l'arbre d'entrée, et il est clair que seules les affectations de mesure TSA en VEL TSA et HD ENV, filtre 3, réagissent à ce dommage sur l'engrenage.

Fig. 11 Seulement VEL TSA and HD ENV, Filtre 3 TSA indiquent le dommage sur l'engrenage.



La raison de ce comportement est visible dans la figure 12. Les signaux haute fréquence – provenant du dommage sur l'engrenage et mesurés avec SPM HD et HD ENV, filtre 4 – sont atténués à chaque interface de matériau dans les roulements.

Fig. 12 Seulement VEL TSA and HD ENV, Filter 3 with TSA indiquent le dommage sur l'engrenage...



7 Conclusion

Les résultats de cette étude de cas montrent que la technologie HD ENV est idéale pour détecter les problèmes d'engrenage tels que les défauts d'engrènement, tandis que SPM HD fonctionne très bien pour surveiller l'état des roulements et de la lubrification.

Pour une surveillance efficace des réducteurs, nous recommandons d'utiliser un capteur par arbre, avec les affectations de mesure suivantes configurées sur l'ensemble des capteurs :

Mesure de surveillance des roulements

- *VEL*
- *HD ENV, Filter 3*
- *HD ENV, Filter 4, or SPM HD*

Mesure de surveillance des engrenages

- *VEL TSA*
- *HD ENV, Filter 3 with TSA*

Le Pseudo Tach sera automatiquement activé lors de l'utilisation d'un facteur de RPM. Pour garantir la précision de ce facteur, saisissez le nombre de dents des roues dentées dans les paramètres du facteur de RPM.