



HAL
open science

Personnalisation des modes opératoires de surveillance machines en fonction des procédés : principe et exemples sur machines à papier, groupes hydroélectriques et sur turbo alternateurs

Helene Piot, Jean-Luc Vasselin

► To cite this version:

Helene Piot, Jean-Luc Vasselin. Personnalisation des modes opératoires de surveillance machines en fonction des procédés : principe et exemples sur machines à papier, groupes hydroélectriques et sur turbo alternateurs. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03446089

HAL Id: hal-03446089

<https://hal.science/hal-03446089>

Submitted on 24 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Personnalisation des modes opératoires de surveillance machines en fonction des procédés : principe et exemples sur machines à papier, groupes hydroélectriques

H. PIOT^a, JL. VASSELIN^b

a. Dynae hpiot@dynae.com

b. Dynae jlvasselin@dynae.com

Résumé :

La surveillance des machines de production est un domaine vaste et sensible dans de nombreuses entreprises à flux continu. Les différents indicateurs à disposition (température, pression, débits...) ciblent principalement un organe machine ou une défaillance particulière. L'analyse vibratoire amène une vision plus globale sur l'état de santé mécanique. Pour plus d'efficacité, Dynae décline des modes opératoires de mesures dynamiques et de traitement des signaux en fonction non seulement des types machines, mais également des procédés dans lesquels elles s'inscrivent. Outre l'état de santé machine, ces techniques permettent d'entrer dans le cœur du process et d'en identifier des causes de défaillance. Dynae illustre ses méthodes à travers différents procédés tels que la papeterie ou l'hydroélectricité.

Abstract :

Machinery monitoring is a wide and sensitive domain for a lot of plants working at continuous flow. The various available process indicators (temperature, pressure, flow) are used to target a component of the machine or a particular failure. The vibratory analysis yeald to a more global overview regarding the mechanical health of the equipment. For more efficiency, Dynae declines modus operandi of dynamic measurement and signal processing according to machines type but also process operating conditions. Beyond the health machine monitoring, this methodology enable to enter into the heart of the process. Thus it becomes possible to diagnose process or quality default. Dynae illustrates these methods through various process such as the paper industry or the hydropower plants.

Mots clefs : vibration; process; traitement; mode opératoire

1 Introduction

Utilisée depuis plusieurs décennies dans de nombreuses industries relevant de procédés variés, l'analyse vibratoire est une technique éprouvée. Appliquée dans le cadre d'une maintenance préventive ou à des fins de diagnostic, sa vocation première est de définir l'état de santé mécanique des installations concernées.

Depuis bientôt 40 ans, Dynae œuvre dans ce domaine. Si autrefois, la connaissance de l'analyse vibratoire et celle des machines tournantes était suffisante pour effectuer un diagnostic satisfaisant, nous avons été amenés au fil du temps à y ajouter la connaissance des procédés de fabrication : celle-ci devient indispensable pour être de plus en plus pointus dans nos diagnostics et pertinents dans nos préconisations d'une part, et d'autre part pour identifier certains symptômes liés au process.

Cela nous a conduits à personnaliser les moyens de mesures, les types de capteurs et leurs emplacements, les types d'essais à effectuer ainsi que les traitements des signaux pertinents pour chaque application.

Ces propos sont ici illustrés par des cas concrets, déclinés pour deux secteurs d'activité.

2 Différents modes opératoires

Le concept de base est d'élaborer des modes opératoires de mesures dynamiques et de traitement des signaux en fonction non seulement des types machines, mais également des procédés dans lesquels elles s'inscrivent : process propre à l'équipement, contraintes d'exploitation inhérentes à la production, possibilité d'intervention de maintenance etc...

Ces modes opératoires permettent l'uniformisation des méthodes de travail, l'habilitation des experts par domaine d'activité, l'optimisation des moyens de mesure et des méthodes d'analyses, et la rédaction de rapports d'expertise adaptés au contexte.

Ils garantissent à l'industriel une prestation ciblée sur ses sujets de préoccupation tout en fiabilisant l'outil de production, mais aussi une efficacité accrue pour Dynae.

En exemple le même défaut de roulement peut donner lieu à des préconisations différentes suivant le secteur d'activité, car les mécanismes de dégradation et les possibilités d'intervention seront différentes.

3 Les turbines hydro électriques

Première source d'énergie renouvelable en France, le domaine de hydroélectricité est constitué un parc machines important.

Très bien encadrées par des normes, le déroulement des mesures et des essais sont connus.

Dynae a intégré cette dimension dans sa procédure en dédiant une instrumentation et en systématisant une série de traitements.



Figure 1 : exemple d'instrumentation dédiée aux turbines hydroélectriques

Dynae a de plus développé certains traitements spécifiques permettant d'affiner son diagnostic et proposer des analyses au-delà de la norme. Issu de technique d'analyse synchrone, ces traitements permettent la localisation de frottement dans les paliers, ou bien la détermination de « phénomène de torche » à partir de l'analyse du courant produit par l'alternateur, ou autre grandeur dynamique. Mais on se rend vite compte que tout traitement aussi complexe soit il ne peut se substituer aux bases lorsque celles-ci ne sont pas respectées. Certaines informations manquent alors dans « la fiche de santé » de l'installation, et ces lacunes font cruellement défaut pour l'expertise et sur la prise de décision qui en découle.

Pour exemple, un contrôle de routine est effectué sur une turbine Francis de 40 MW. Tous les indicateurs sont au vert, et l'installation va être prochainement démontée dans le cadre de son plan de maintenance ; les essais concernant les déclenchements sur défauts ne sont pas effectués lors de ce contrôle. Les ennuis commencent quelques mois plus tard lors des premiers tours de roue après les travaux : le système de protection vibratoire en place sur le palier alternateur déclenche sur défaut balourd. L'urgence se fait sentir, la fonte des neiges approche et la remise en route du groupe est primordiale pour éviter tout risque de déversement. Dynae intervient en urgence pour une expertise afin de caractériser, estimer la gravité et résoudre le problème de vibration.

Le suivi de démarrage du groupe confirme la montée des amplitudes vibratoires à la fréquence de rotation en fonction de la vitesse alors que le groupe fonctionne en marche à vide. Cette évolution ne suit pas simplement la loi du balourd, un phénomène de résonance semble intervenir. Lors de l'excitation du groupe, un balourd magnétique s'ajoute et on atteint près de 6 mm/s eff à la fréquence de rotation (versus moins de 1mm/s avant démontage). Ce niveau est dangereux pour l'intégrité de l'installation et celle-ci ne peut pas être mise en charge. La décision est prise dans un premier temps de réduire le balourd mécanique par un équilibrage ; avec 2 mm/s eff à la fréquence de rotation en marche à vide excitée, l'installation peut être mise en charge. Etant difficile d'intervenir sur le balourd magnétique dans les délais donnés, celui-ci subsiste, mais le groupe peut produire le temps de la fonte des neiges. Cependant, la fréquence de rotation étant située sur la raideur d'un mode situé autour de 18 HZ, il est impossible de prévoir les vibrations qu'on mesurera en survitesse. Des tests supplémentaires

sont nécessaires afin d'estimer la viabilité de la machine en cas de défaut bloquant. Les 1ers essais de survitesse confirment cette crainte, on atteint 16 mm/s eff pour un défaut bloquant à 16 MW (cf. figure 2). Qu'en est-il à 40 MW ? Aucune comparaison ou extrapolation n'est possible car ces données avant travaux sont inexistantes.

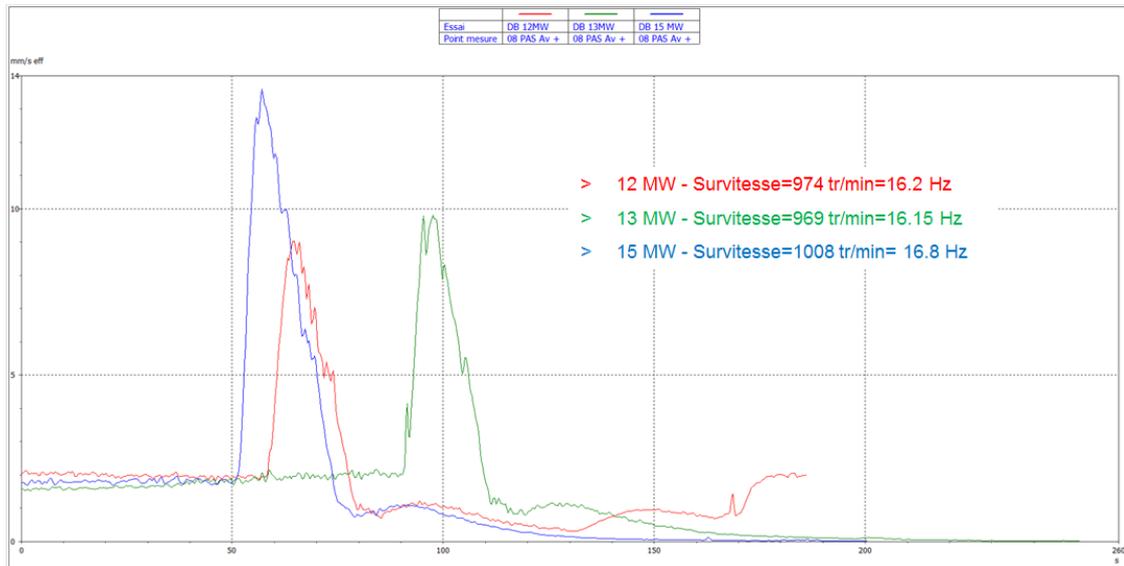


Figure 2 : essais de survitesse

Dans le doute, décision est prise de renforcer empiriquement la structure. Le mode est alors déplacé autour de 30 Hz, les niveaux n'excèdent plus 0,7 mm/s eff en charge (cf. figure 3).

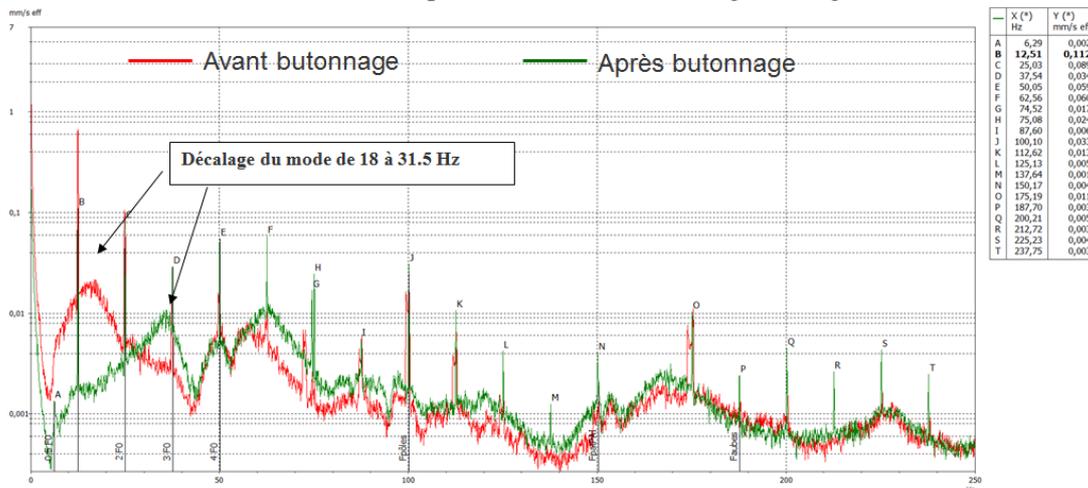


Figure 3 : essais de rigidification

Les essais en survitesse donnent au maximum 4mm/s eff en pleine charge.

Toutes les plages de fonctionnement de l'installation sont désormais validées, la turbine peut fonctionner en toute sûreté ; la recherche et la résolution du balourd magnétique seront entreprises après la saison.

Cet exemple montre bien l'importance du mode opératoire qui prévoit systématiquement le balayage de l'ensemble de plages de fonctionnement de la turbine, tant pour son intégrité mécanique que pour la sûreté du groupement.

4 Les machines à papier

La conduite des procédés industriels et plus particulièrement celui de la fabrication du papier, nécessite le traitement de nombreux signaux représentatifs de grandeurs physiques spécifiques à chaque procédé :

- grammage, épaisseur,
- vitesse linéaire au niveau de chaque sectionnelle,
- pression de vérin de mise en contact des presses,
- intensité du courant d'alimentation des sectionnelles, des pompes de mélange, de pâte, des épurateurs,
- débit des pompes de mélange et de pâte...

Cependant, les techniques de traitement des signaux utilisées pour la conduite du procédé consistent à de simples calculs de moyennes arithmétiques ou quadratiques glissantes.

De ce fait, l'exploitant, privé de la quasi totalité des informations « dynamiques » véhiculées par ces derniers, ne peut détecter l'existence de dysfonctionnements souvent que très tardivement par le biais de casses répétées de feuille, de non-qualité ou de retours clients.

Outre le suivi de l'ensemble des organes mécaniques, Dynae a travaillé sur la résolution de problème de fabrication du papier comme le barring, le facettage des presses ou la casse récurrente du papier.

Pour cela, nous avons intégré dans nos mesures, en plus des vibrations, des mesures électriques (pour identifier les fluctuations instantanées de couple et / ou de vitesse), des mesures de pressions au niveau des vérins et des analyses à partir de la sonde de grammage.

En recoupant toutes ces informations, le diagnostic est renforcé et un suivi de qualité peut être entrepris.

Analyse des Pressions des Vérins

Cette approche permet de suivre le comportement dynamique des presses en contact, statuer sur les jeux de paliers et surtout sur l'état des revêtements et de définir après quelques retours d'expérience avec l'exploitant des critères objectifs de dépose. Elle permet également de suivre l'évolution de l'impact du passage de la jonction du feutre et de définir des critères de vieillissement.

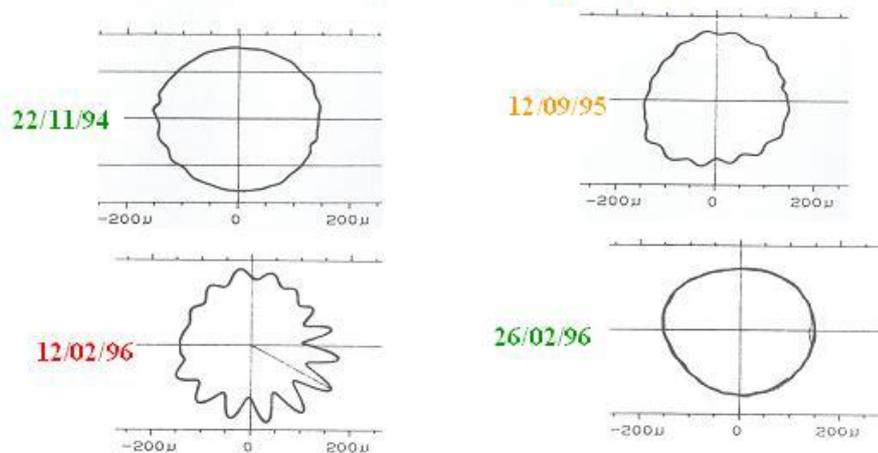
L'amélioration de la gestion du remplacement des presses en fonction de l'état réel des revêtements et des feutres mais aussi l'amélioration de la qualité du produit fabriqué.

Le signal délivré par les capteurs de pression sont analysés par la technique du filtrage par peigne, avec extraction des variations de pression induites par la rotation de chaque presse en contact et le passage du feutre. La représentation du profil de variation de ces dernières se fait sous forme de diagramme polaire.

Le suivi périodique de ces indicateurs permet de prévoir le changement du revêtement des presses avant l'apparition du défaut de fabrication sur le papier et donc d'éviter les rebuts.

Exemple

Suivi de dégradation de revêtement de la presse Nip 3 MAP2 par filtrage par peigne



Donohue usine de Bécomeau (Québec)

Analyse des signaux issus de la sonde de grammage

Cette approche à partir des signaux analogiques délivrés par les scanners permet d'identifier toute anomalie d'origine mécanique, hydraulique ou défaut de régulation susceptible d'avoir un impact sur le grammage et ou l'épaisseur du papier.

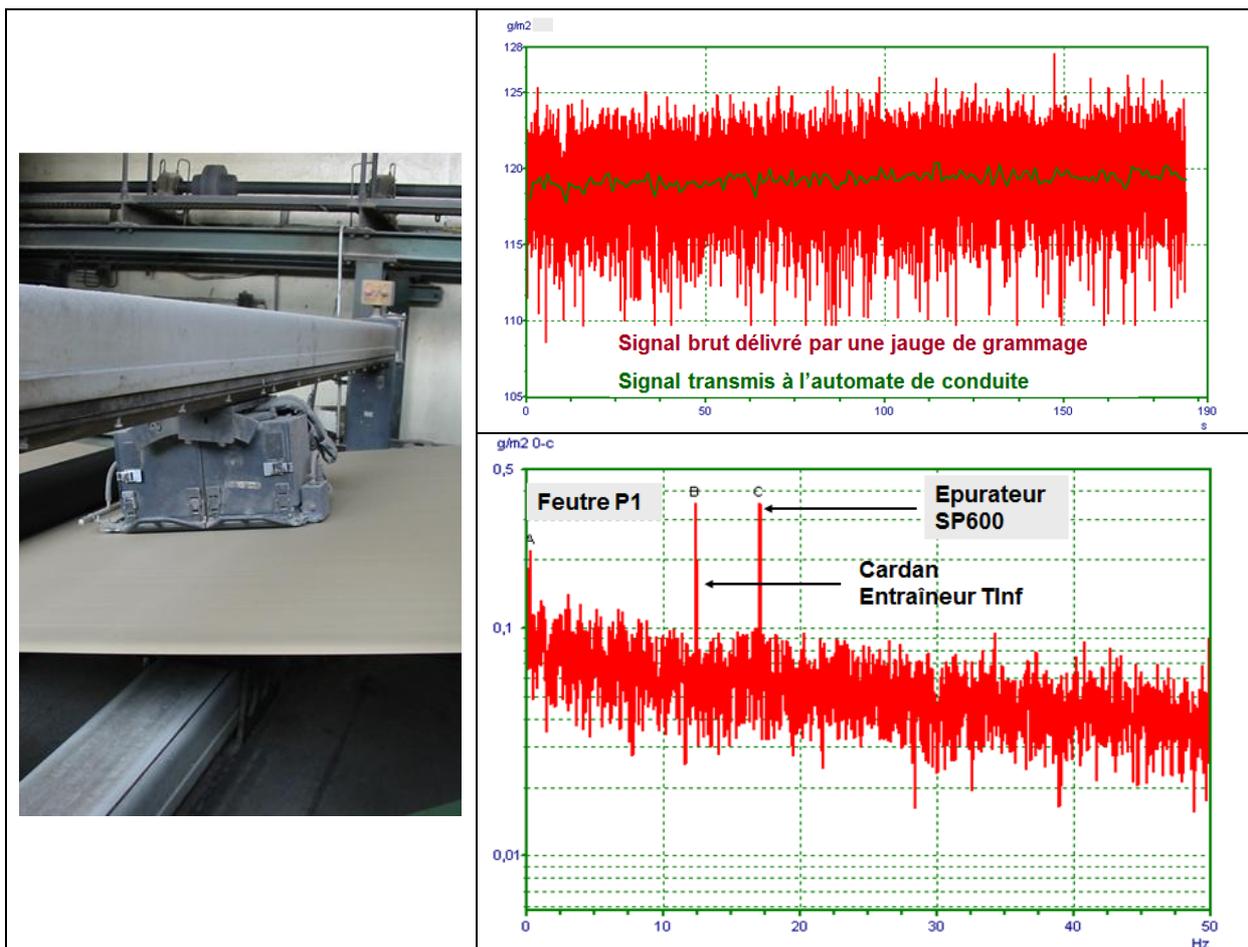
L'apport de cette technique est l'identification à un stade précoce de tout défaut de variations de grammage susceptible d'avoir une incidence non seulement sur la qualité du produit mais aussi sur le vieillissement prématuré des revêtements des presses et des feutres.

Le signal transmis à l'automate de conduite ne donne de manière fiable que la valeur moyenne du grammage et de manière très approximative l'écart type de ses variations autour de cette dernière.

Le signal brut donne la distribution réelle des variations de grammage.

Sa transformée de Fourier permet de quantifier les variations d'origine aléatoire et périodique et d'identifier l'origine cinématique de ces dernières (sur l'exemple ci-dessous, on associe un défaut de cardan d'entraînement du rouleau de pied, passage des pales de l'épurateur SP600).

Exemple



5 Conclusion

Le premier exemple montre la nécessité de définir dans un mode opératoire les outils, les connaissances et les méthodes dédiés au diagnostic des turbines hydroélectriques. En effet certains défauts ne se révèlent que pour certaines configurations d'exploitation qui doivent être intégrées au programme d'essai. L'application de procédure bien cadrée présente l'avantage de permettre la constitution de bases d'expérience puisque les signatures de différentes machines deviennent comparables au travers des indicateurs bien définis. Cela a également permis à Dynae de développer un logiciel dédié reprenant les modes opératoires de mesure et de traitement.

Le second exemple quand à lui illustre en quoi un mode opératoire dédié au process des machines à papier va permettre d'aller au-delà du diagnostic de défauts des équipements pour aller vers le diagnostic des défauts de fabrication ou de production. Cela nécessite également d'approprier les mesures et les analyses au process considéré, mais également de capitaliser les connaissances et les expériences requises pour interpréter correctement ces mesures.

Forte de cette expérience, Dynae a déjà développé différents modes opératoires concernant les compresseurs alternatifs dans les process du pétrole et gaz, les turbo alternateurs avec une double expertise mécanique et électromagnétique, les broyeurs à boulets et broyeurs verticaux installations clés dans le process cimentier...

De nombreuses applications restent à développer, Dynae en a fait un objectif prioritaire car les industriels ont la nécessité d'aller de plus en plus loin dans la connaissance de leurs machines de production, aussi bien d'un point de vue de leur état de santé que de celui de leur comportement dans le process.