

TASK Service

Informations pour le papetier

TASK INFO/44F - 0406

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

08
Sujets divers

Recherche des causes

Andreas Häuser, Dipl.-Ing. (FH), 2002 Heimbach GmbH & Co.KG
Thomas Bock, Dipl.-Ing. (FH), Chef du service / TASK, Heimbach GmbH & Co.KG, Düren, Allemagne
(traduit par Jean Kuster / Paper Run)

Contenu

Résumé

Introduction

Description de la mesure

Etude de cas n° 1

Production: Journal

Problème: « Barring » dans la feuille (barres en sens travers)

Cause: rouleaux de calandre 2 et 3

Etude de cas 2

Production: 54 g/m²

Pas de problème de qualité en tant que tel

mais déjà des variations de masse

Cause: rouleau rainuré et rouleau de formation / former à double toile

Cas pratique 3

Production: 70 g/m²

Problème: Barring « barre sens travers dans la feuille »

Cause: pale / pompe de mélange

Etude de cas 4

Production: 80 g/m²

Problème: barring dans la feuille

Cause: roulement de rotor / épurateur sous pression

Cas pratique 5

Production: impression/écriture 80 g/m²

Problème: marquage de la feuille

Cause: toile inférieure

Cas pratique 6

Production: LWC, couché en ligne, 48 g/m²

Problème: variations de masse dans la feuille

Cause: vanne de régulation / arrivée de pâte

Conclusion

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

Résumé

Les systèmes de mesures et de contrôle relatifs aux variations de masse **en sens travers** de la feuille sont couramment installés sur de nombreuses machines et tournent de façon satisfaisante. Ces systèmes n'arrivent cependant à enregistrer que des changements lents au niveau des dimensions de la feuille et du process de production.

Les variations plus rapides et plus dynamiques qui apparaissent en toute logique en sens marche n'ont par le passé été que rarement mesurées. On comprend par là des variations périodiques de la masse, de l'humidité ou de l'épaisseur de la feuille. On connaît moins bien des systèmes qui impliquent des mesures dans **le sens machine**, donc tout le long de la machine à papier, et qui en même temps donnent la possibilité de retrouver l'origine des variations de masse au niveau de certaines zones de la machine, que ce soit dans le circuit court en de tête de machine ou dans d'autres parties du processus de fabrication.

Nous présentons ici un système de mesures qui permet de collecter les données nécessaires pour de telles analyses et leur évaluation. A l'aide de ce système, on arrive non seulement à obtenir et à présenter visuellement les variations en sens machine, mais aussi à déterminer la localisation exacte de leur origine.

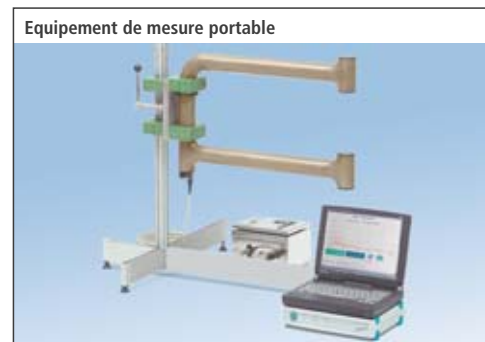
Introduction

De telles variations sens marche peuvent par exemple provenir de variations de niveau dans les cuiviers d'attente en tête de machine. En partie formation, des perturbations provoquées par le branlement et des éléments d'égouttage ou encore des oscillations au niveau du vide peuvent être des causes possibles. Le groupe le plus fréquent de causes possibles provient bien souvent de parties en mouvement ou en rotation et qui

présentent un défaut – depuis des pompes ou des épurateurs sous pression en tête de machine, jusqu'à des rouleaux, les toiles de formation ou des feutres en partie formation et partie presse, et jusqu'à la calandre avant l'enrouleuse.

Les variations qui en résultent dans la feuille (variation SM) apparaissent sous des formes diverses et peuvent être retrouvées directement au niveau de l'état de ces éléments et de leurs caractéristiques de construction.

Bien évidemment, l'équipement nécessaire pour les spécialistes TASK d'Heimbach et pour de telles mesures et analyses et la recherche de leur origine doit être portable (Ill. 1).



Ill. 1

Les cas pratiques présentés plus bas viendront documenter la localisation de certaines causes au niveau des calendres, de la section presse, de la section formation et du système de tête de machine. La pratique papetière va déterminer la suite logique de la recherche : tout d'abord, **le défaut apparaissant dans la feuille en sens marche** doit être confirmé par la mesure ; à partir de ce moment-là, on va pouvoir procéder à la recherche de l'origine du problème.

Application de la mesure et techniques d'analyses

Les défauts SM dans la feuille sont généralement perçus comme des **variations périodiques** – telles que des **déviations** au niveau de la masse,

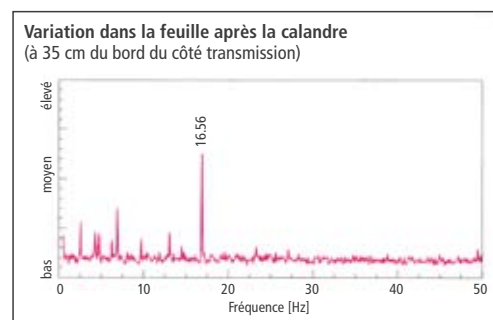
Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

de l'humidité ou de l'épaisseur de la feuille – et peuvent ainsi être représentés comme des variations de fréquence en sens machine (III.2). Sur la machine en marche, un rayon infrarouge de 0,6 cm va être transmis à travers la feuille au moyen d'un système de lentilles et en passant par une fourche de mesure appelée « ODIN » (III. 3). Le signal qui est reçu à l'aide d'un capteur optique est proportionnel à la variation SM apparaissant dans la feuille. (Pour des raisons de simplicité, on emploiera l'expression « variation de masse » dans le texte qui va suivre). Les variations de masse peuvent être enregistrées dans une gamme allant de 0,1 – 3000 Hz. En observant les signaux de temps on peut

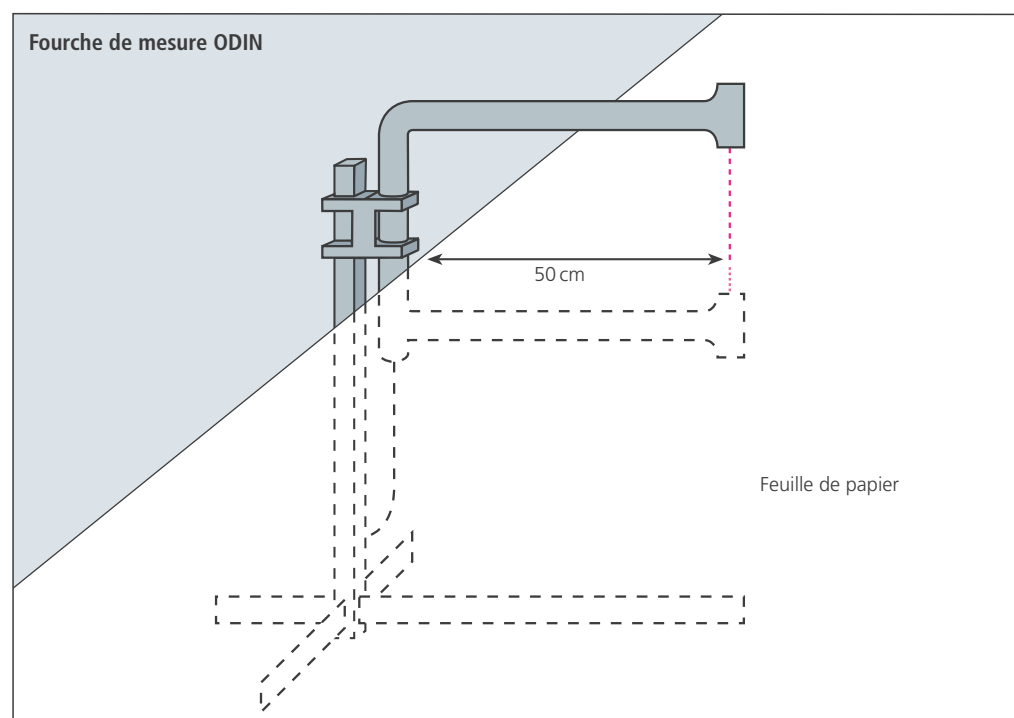
également enregistrer des fréquences plus basses. L'évaluation qualitative de ces déviations et les jugements quantitatifs concernant leur hauteur déterminée ne peuvent pas être réalisés.

L'espace situé entre les deux bras de la fourche de mesure ODIN procure une possibilité de mouvement suffisante pour l'accès à la feuille; même en cas de flottement de la feuille, il n'y a aucun risque d'inexactitude dans la mesure.

Les défauts sens machine sont généralement mesurés et enregistrés à la fin de la machine à papier, juste avant l'enrouleuse. A ce point-là, toutes les variations de masse sont alors visibles, quelle que soit leur origine. En toute logique, la recherche de la ou des causes va donc démarrer depuis la fin de la machine. Au cours de la recherche du défaut, les mesures vont alors être faites étape par étape en remontant le long de la machine, et donc en déplaçant la fourche de mesure pour s'approcher le plus près possible de l'origine du problème.



III. 2



III.3

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

Si l'espace le permet et s'il est possible de réaliser de telles mesures avant **et** après un élément suspect qui est à l'origine du défaut, on peut alors accélérer la localisation de la cause. Si l'espace ne le permet pas, des techniques de mesures additionnelles peuvent alors être utilisées telles que l'enregistrement des données de la source du problème la plus fréquente : des **vibrations** des éléments en rotation ou en mouvement et/ou un **différentiel de vitesse de rotation** des mêmes éléments.

Ces perturbations, en tant que source possible du défaut dans le papier, ne peuvent être représentées que comme des **oscillations périodiques** (diagrammes de fréquence). Les données enregistrées de telle façon sont alors converties en dimensions, qui sont analytiquement comparables aux variations de masse dans la feuille. Avec les **comparaisons de données d'une position mesurée par rapport à une autre**, l'apparition d'une fréquence de variations de masse est alors mise en évidence.

Ce n'est alors que lorsque les fréquences enregistrées (fréquence basique - ou sa multiple = harmonique) concordent avec les fréquences de la variation de masse trouvée dans la feuille que l'origine a alors bien été déterminée.

D'autres raisons peuvent être par exemple des variations dans la concentration, le niveau, la pression ou le vide, ainsi que de temps vide dans les systèmes de contrôle. Ces causes peuvent également être déterminées à l'aide des mesures de temps.

Comme déjà mentionné, l'origine peut être localisée en tout point le long de la machine à papier depuis l'enrouleuse jusqu'au processus du début papetier. Malgré la technologie de mesure sophistiquée, ce ne sera que l'expérience analytique individuelle du spécialiste TASK d'Heimbach qui va permettre d'établir un diagnostic fiable et rapide.

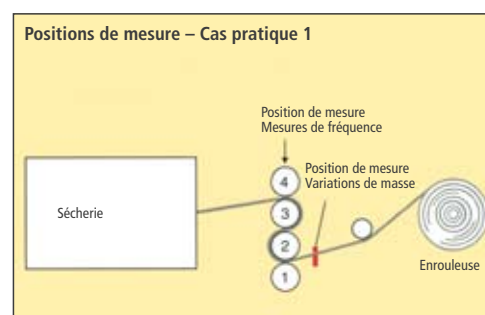
Dans les études de cas qui vont suivre, nous allons montrer quels ont été le diagnostic et la procédure d'analyse pour la recherche des défauts. De plus, des exemples vont montrer le haut niveau de réussite qui a pu être atteint en **combinant** l'analyse de deux systèmes de mesures différents, à savoir la détermination du schéma de fréquence des variations de masse et la détermination des fréquences de vibrations d'éléments en rotation ou en mouvement, aussi au niveau du système en tête de machine.

Etude de cas n° 1

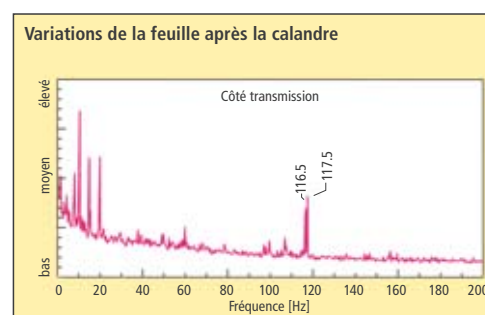
Production : Journal

Problème : « Barring » dans la feuille (barres en sens travers)

La première mesure prise sur le côté transmission après la calandre (Ill. 4) a montré des variations de masse après la feuille avec des fréquences très proches les unes des autres, entre 116.5 et 117.5 Hz (Ill. 5). Par conséquent on a procédé à la mesure des fréquences de rotation des 4 rouleaux de la calandre à l'aide d'une analyse vibratoire de l'ensemble de la calandre (Ill. 6).

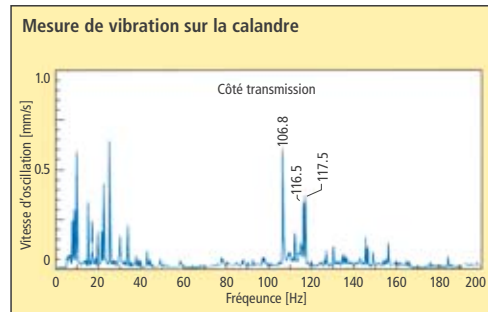


Ill. 4



Ill. 5

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille



III. 6

Fréquences de rotation des rouleaux de calandre :

Rouleau 4	8.4289 Hz
Rouleau 3	9.7080 Hz
Rouleau 2	9.7920 Hz
Rouleau 1	7.5060 Hz

Dans le diagramme de vibration, (III. 6) on voit 2 fréquences identiques, qui montrent de variations de masse dans la feuille (barring) dont des variations de 116.5 et 117.5 Hz. La comparaison de ces valeurs avec les fréquences de rotation des rouleaux de calandre ont montré les résultats suivants : la variation de masse de 116.5Hz correspond à 12 fois (la 12^{ème} harmonique) de la fréquence de rotation du rouleau de calandre 3, tandis que la variation de masse de 117.5 Hz correspond à la 12^{ème} harmonique de la fréquence de rotation du rouleau de calandre 2.

A partir de cela on a pu montrer qu'à la fois le rouleau 3 et le rouleau 2 ont développé 12 facettes. A partir de cette situation et sur la base de la circonférence des rouleaux de calandre, on a pu calculer un barring avec un espacement d'environ 18 cm et le retrouver dans la feuille.

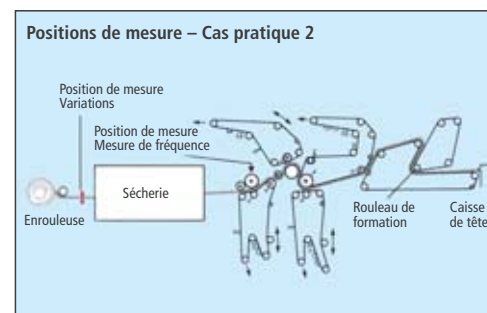
Il faut également mentionner un autre aspect intéressant : dans la mesure de vibration (III.6) un pic de 116.8 Hz avec une vitesse d'oscillation élevée peut être vu. Il s'agit de la 11^{ème} harmonique de la fréquence de rotation du rouleau 3. Bien que cette fréquence domine dans la vibration, elle n'apparaît pas dans la feuille.

Etude de cas 2

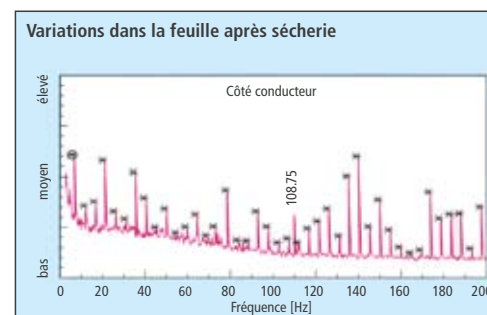
Production : 54 g/m²

Pas de problème de qualité en tant que tel

Dans le cadre d'une mesure de routine de la feuille immédiatement après la sécherie et sur le côté conducteur (III. 7), on a pu enregistrer un certain nombre de variations de masse (III.8).



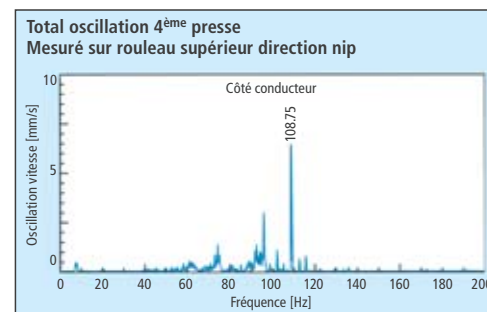
III. 7



III. 8

En recherchant la cause en direction de la caisse de tête, deux facteurs de perturbations ont pu être déterminés :

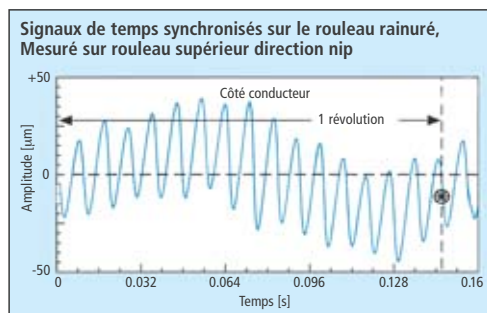
Tout d'abord la mesure totale de vibration de la 4^{ème} presse mesurée sur le rouleau supérieur en



III. 9

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

direction du nip (position de mesure en Ill.7, Ill. 9), à 108.75 Hz a montré une vitesse d'oscillation de plus de 6 mm/s. Cette fréquence s'est révélée être la 16^{ème} harmonique de la fréquence de rotation du rouleau rainuré à un niveau de 6.7968 Hz, comme confirmé par le signal de temps synchronisé de ce rouleau (Ill. 10).



Ill. 10

Le diagramme de rotation montre 16 pics qui correspondent à 16 facettes sur la surface du rouleau rainuré. Cependant le facteur de perturbation n'est que l'un de ces nombreux pics apparaissant dans les deux diagrammes (Ill. 8 et 9), à savoir le pic à 108.75 Hz. Dans ce cas la seule recommandation possible a été de changer le rouleau rainuré de la 4^{ème} presse.

Cependant, ceci n'a pas permis d'identifier la cause des nombreuses autres fréquences de variations de masse. En continuant la recherche, la cause a pu être trouvée au moyen de la synchronisation de toutes les parties en rotation de la section presse et de la section formation.

Le rouleau de formation du former à double toile (voir Ill.7) a permis d'obtenir à partir de sa fréquence de base (fréquence de rotation) de 4.82 Hz le point de départ pour toutes les valeurs de fréquence qui étaient un multiple (une harmonique de x) de la fréquence de base, marquées à l'aide d'astérisque en Ill. 8).

En cas de nouvelle détérioration de ce rouleau en phase de production et qui produirait de sévères variations de masse dans la feuille, on a ainsi pu déterminer la cause.

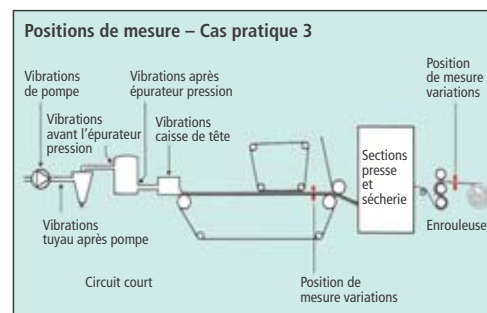
Cas pratique 3

Production 70g/m²

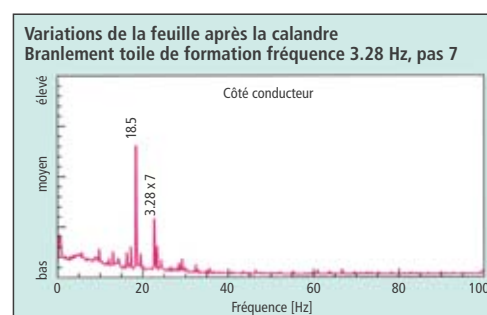
Problème : Barring « barre sens travers dans la feuille »

La première mesure réalisée après la calandre (Ill.11) a montré diverses variations de masse dans une palette comprise entre 10 à 37 Hz, avec cependant une déviation significative à 18,5 Hz (Ill.12).

Lors de contrôles ponctuels dans la feuille en direction de la caisse de tête on a pu retrouver les mêmes valeurs. Ces variations ont pu être trouvées dans le schéma de fréquence enregistré sur la toile inférieure après le former de toile supérieure (position de mesure en ill. 11, ill. 13).



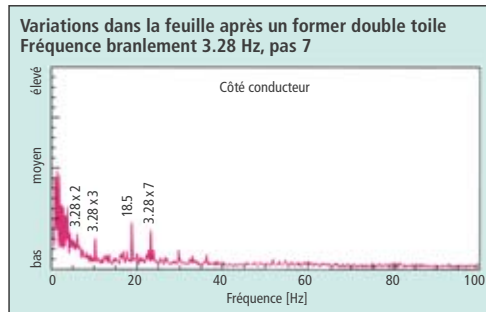
Ill. 11



Ill. 12

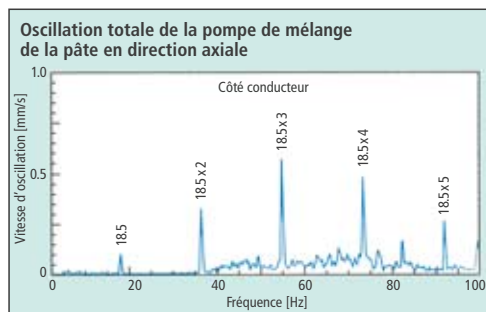
Il a ensuite été procédé à un test consistant à augmenter la fréquence et le pas du branlement de la toile inférieure puis à déconnecter le branlement, mesures effectuées après le former à double toile : cela a permis de montrer des déviations augmentant à partir du grammage de pâte. Seuls les pics de 18.5 Hz sont restés inchangés.

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille



III. 13

Ceci a permis de prouver que le branlement – quelle que soit sa fréquence – **n’était pas** à l’origine de la variation de masse. Des recherches ultérieures dans le système de machine ont montré une oscillation de 18.5 Hz. Finalement, une analyse totale de vibration en direction axiale sur la pompe de mélange de la pâte montrant différentes harmoniques de 18.5 Hz (positions de mesure en ill.11, ill.14) ont permis avec succès de faire concorder cette donnée avec la fréquence de rotation de la pompe de mélange qui se situait exactement à 18.5 Hz.



III. 14

Ces découvertes expliquent la présence et la constance des variations de masse tout le long de la machine à papier. La pompe de mélange a créé une impulsion perturbante dans le débit de la pâte correspondant à une fois par rotation, une perturbation qui s’est après retrouvée dans la formation en tant que variation de masse en sens machine.

Une fois la pompe de mélange démontée, on a retrouvé une pale de la pompe particulièrement encombrée de dépôt. Une fois la pompe

soigneusement nettoyée, le barring de 18.5 Hz a immédiatement disparu.

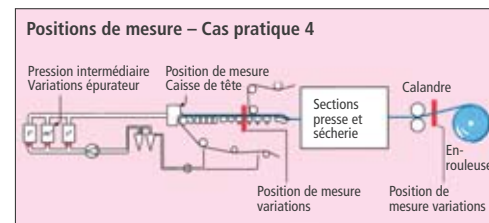
Etude de cas 4

Production : 80 g/m²

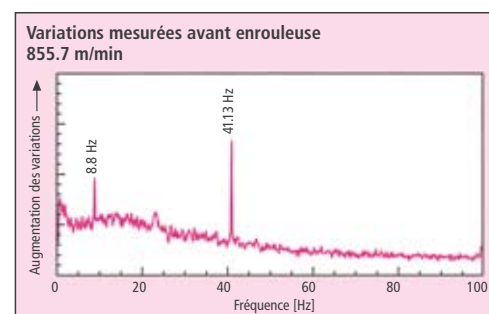
Problème : barring dans la feuille

La première mesure réalisée avant l’enrouleuse (III.15) a été prise à une vitesse toile de 855.7 m/min et a montré un pic dominant dans les variations de masses situées à 41.13 Hz (III. 16).

Toutes les mesures suivantes en direction de la caisse de tête y compris la mesure située entre les Vacufoils 1 et 2 ont montré cette variation de masse dans la même fréquence de 41.13 Hz (III.17). Un essai de changement de la vitesse toile à 868 m/min n’a apporté aucune modification. Ceci a confirmé que la vitesse machine n’avait aucune influence sur le barring dans la feuille.



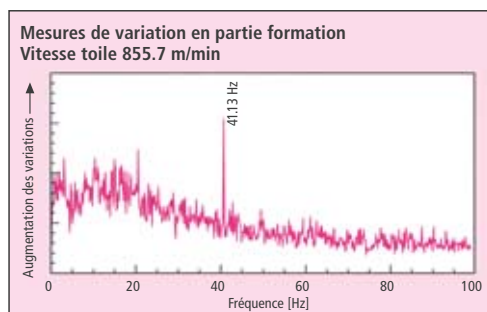
III. 15



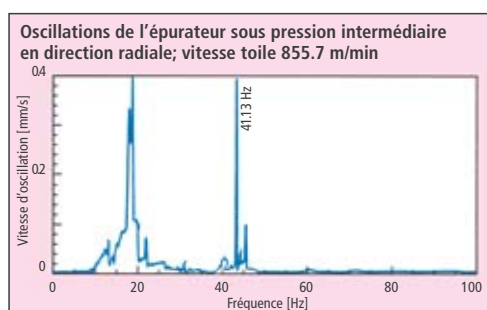
III. 16

Des mesures de vibration menées sur la caisse de tête, sur les vannes des épureurs centrifuges et sur les épureurs-même montraient de façon répétée une fréquence de 41.13 Hz. Pour l’épurement intermédiaire on avait cependant mesuré l’amplitude la plus élevée dans la gamme de fréquence critique (III.18).

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille



III. 17



III. 18

A l'aide d'un logiciel spécial, il a été possible de faire la relation entre ces fréquences perturbantes et un roulement, une fois le type du roulement et le nombre de révolutions connus. Grâce à cette technique il a été possible de déterminer que le roulement du rotor dans l'épurateur à moyenne pression était à la source des vibrations dans la zone de fréquence critique.

En dépit du fait qu'aucun dommage n'était visible au niveau du roulement du rotor, on a procédé au changement. Après l'installation d'un nouveau roulement du rotor dans l'épurateur sous pression, la fréquence perturbante a disparu en tant que vibration et en tant que variation de masse.

Cas pratique 5

Production : impression/écriture 80 g/m²

Problème : marquage de la feuille

Après l'installation d'une nouvelle toile inférieure dans la partie formation, un marquage en sens travers de la feuille était visible dans le papier fini. L'espacement du marquage était d'environ 32 m ;

sa largeur n'était que de quelques cm. Initialement il ne semblait pas y avoir de relation avec l'installation de la nouvelle toile.

Les mesures prises : tout d'abord le papetier a décidé que le rouleau central de la section presse était en mauvaise condition (vibration). Le rouleau central avait pu affecté le feutre pick-up qui avait une longueur d'environ 32 m. Il a donc été estimé que le feutre pick-up avait transmis la marque à la feuille. Par conséquent, à la fois le rouleau et le feutre ont été changés mais finalement le marquage de la feuille est resté.

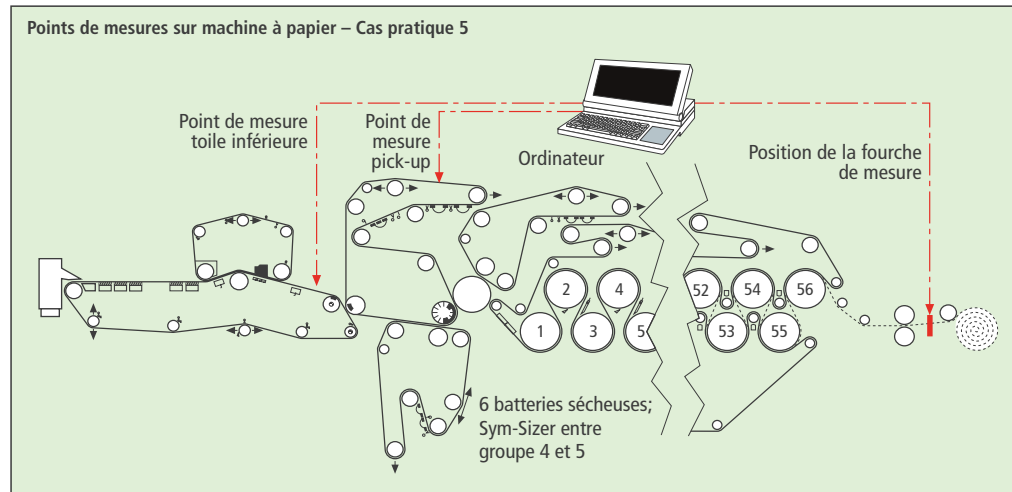
Procédure et résultat des mesures Heimbach :

La fourche de mesure ODIN a été installée sur le côté transmission de la machine avant l'enrouleuse (III.19). Comme la perturbation était à une fréquence bien inférieure à 1 Hz et de plus, était régulière, mais avec des pics très brefs, une analyse de fréquence n'aurait apporté aucune information. Aussi les signaux de temps ont été examinés.

Pour permettre de localiser la source, on a établi la rotation ou le signal de rotation d'une toile de formation, d'un feutre de presse ou d'une toile de sécherie « suspects » et la mesure a été synchronisée avec celle de la feuille. Les mesures ont ensuite été effectuées étape par étape depuis l'enrouleuse jusqu'à la caisse de tête dans le but de trouver la position dans laquelle la forme de la fréquence **n'était plus** liée avec celle de la perturbation (variation de masse). L'origine devait donc être trouvée entre ce point et le dernier point pour lequel le diagramme de fréquence montrait un pic.

Finalement on a pu incriminer la récente toile de formation sur machine qui par ailleurs était à une longueur de 32 m, comme étant la source du défaut (voir les positions de déclenchement toile inférieure (III. 19). L'illustration 20 montre des pics élevés dans la feuille à partir de la toile inférieure. Comme

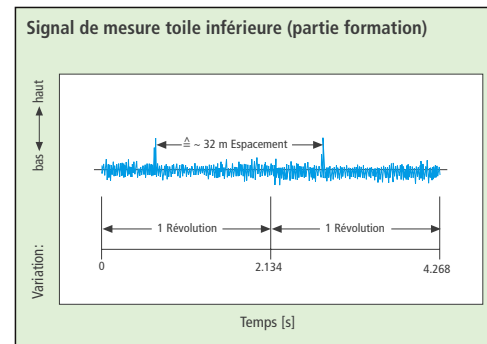
Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille



III. 19

confirmation, deux rotations de la toile ont été vérifiées. Les pics apparaissent clairement à un espacement de 32 m (un par rotation).

En comparaison, l'illustration 21 montre la mesure synchronisée sur le feutre pick-up. Il n'y avait donc pas d'influence du feutre pick-up sur la feuille, bien qu'ayant une longueur de 32 m et donc étant suspecté comme la cause possible.

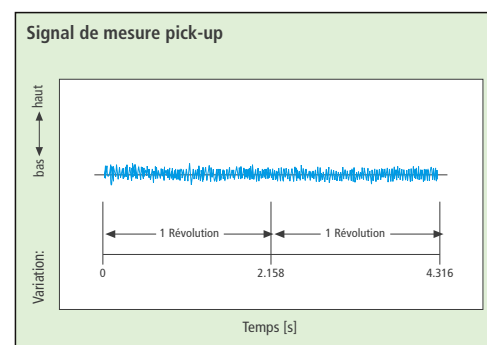


III. 20

Cet exemple montre qu'occasionnellement la cause d'un problème peut être localisée et identifiée sans avoir à installer la fourche ODIN quelques fois difficile à positionner, surtout sur une distance d'environ 100 m entre la reconnaissance de la perturbation (position de l'information de la mesure) et la cause.

Dans ce cas une toile de formation défectueuse était à l'origine du marquage dans la toile. Ceci démontre que les « éléments textiles » sur une machine à papier, c'est-à-dire les toiles et les feutres de presse, peuvent également créer des variations périodiques de la masse.

Dans le but d'éviter ce genre de problème, il est fortement recommandé de n'installer que de l'habillage de valeur et de haute qualité. Ceci s'applique également à des positions qui peuvent quelque fois être considérées comme étant « secondaires » pour le process de production.



III. 21

Sur la base de la longue expérience d'Heimbach, il faut insister sur l'importance de la précision de fabrication. Par exemple toutes les toiles de formation du type INTEGRA à réputation mondiale sont équipées de jonction qui ont exactement la même épaisseur que le corps de la toile.

La perméabilité de la zone de jonction est également virtuellement la même que le reste de la toile. La

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

structure optimale de l'épaisseur de la toile et sa régularité sont un des facteurs majeurs pour cette gamme de toile de formation.

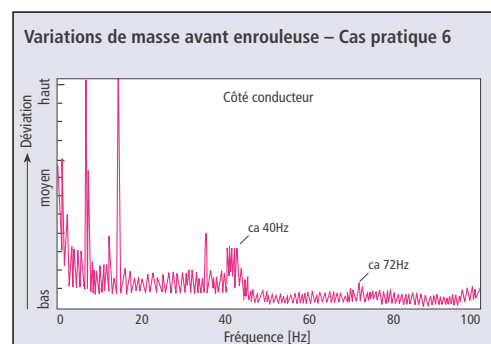
Les mêmes exigences s'appliquent également aux feutres de presse et feutres à jonction du type CONNECT pour s'assurer d'une marche efficace et sans problème. Un des aspects particuliers des feutres Heimbach est leur structure à forte résilience à la compaction. Ainsi par exemple les feutres multiaxiaux MATRIX et le célèbre feutre ATROCROSS non tissé font partie des meilleures positions à travers le monde.

L'ensemble de ces caractéristiques, qui se retrouvent dans un feutre ou une toile, contribue à une marche sans problème et un égouttage remarquable permettant ainsi d'appliquer une pression régulière à la feuille et contribuant à éviter toute variation de masse.

Cas pratique 6

Production : LWC, couché en ligne, 48 g/m
Problème : variations de masse dans la feuille

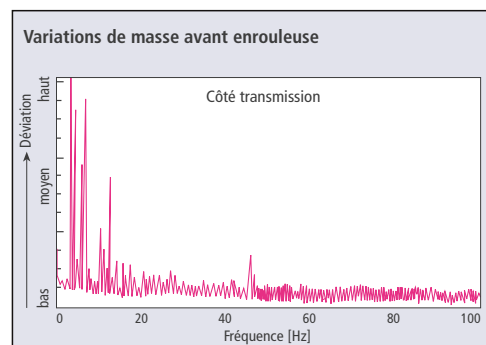
Sur cette machine produisant du couché léger, des variations sens marche relativement élevées ont été observées avant la calandre, plus particulièrement sur le côté conducteur. Le diagramme en Ill. 22 montre une mesure réalisée avec la fourche ODIN sur la feuille avant l'enrouleuse. Les pics aux alentours de 20 Hz ne sont pas significatifs, comme démontré



Ill. 22

dernièrement ; ils ont d'autres causes comme par exemple des rouleaux de calandre (variations d'épaisseur).

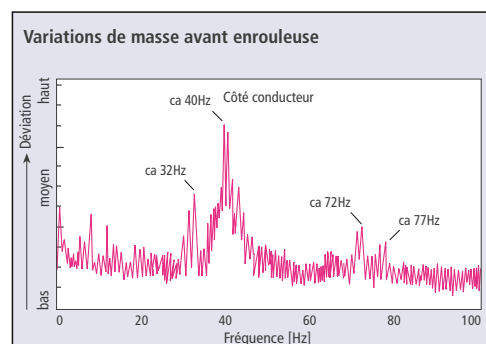
Cependant, les pics aux alentours de 40 Hz à 72 Hz, comme montrés en ill. 22, sont importants pour les variations de masse. Une mesure menée sur le côté conducteur (Ill. 23) montre à peine des pics comparables.



Ill. 23

Procédure et résultats des mesures Heimbach :

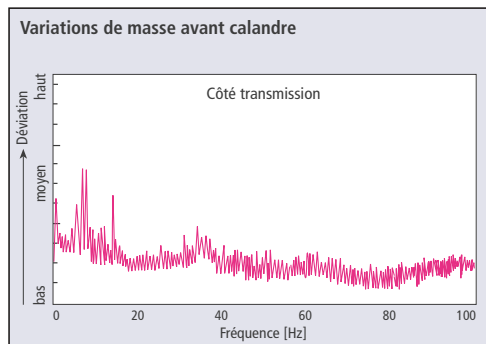
Les mesures ultérieures ont été prises par étape depuis l'enrouleuse jusqu'à la caisse de tête, d'abord sur côté conducteur puis côté transmission avant la calandre (Ill. 24 et 25). Les mesures plus particulièrement sur côté conducteur ont montré des pics à 40 et 72 Hz de façon plus claire qu'à l'enrouleuse. – et ici également la tendance était évidente : les variations étaient significativement plus élevées sur le côté conducteur que sur le côté transmission. La dernière mesure est prise sur le côté conducteur de la toile de formation avant le top former et immédiatement après le deuxième



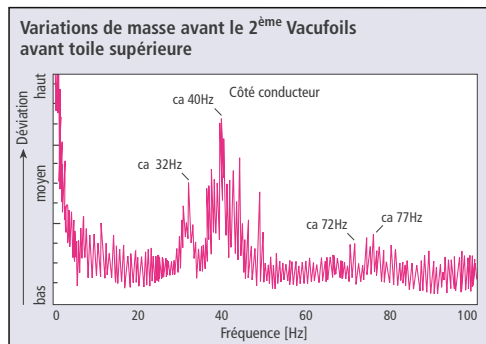
Ill. 24

Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

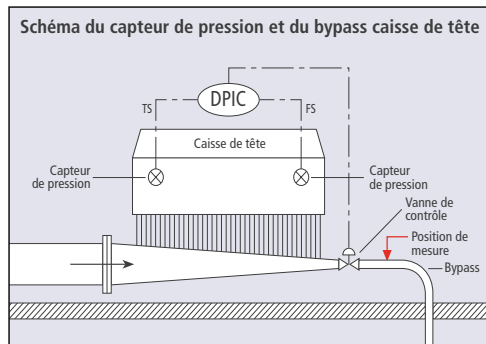
Vacufoils (Ill.26). Malgré le haut niveau d'évacuation d'eau à ce point, la courbe montre une comparaison très nette avec des signaux provenant de la feuille finie (voir Ill.22 et 24). Par conséquent, on a de plus en plus porté les soupçons non pas sur la partie formation mais plutôt sur le circuit court avant la caisse de tête.



Ill. 25



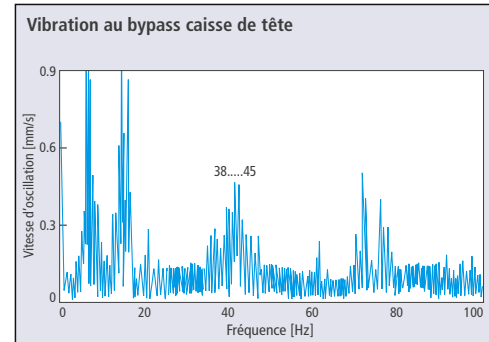
Ill. 26



Ill. 27

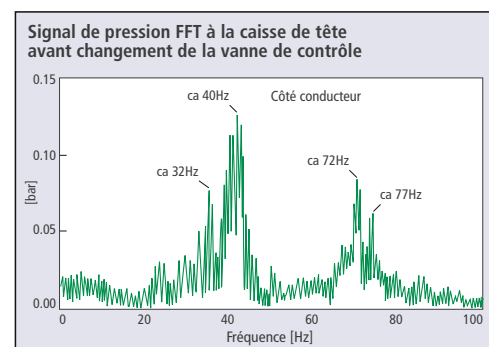
Les mesures menées ensuite sur les pompes, les épurateurs, etc., n'ont pas donné de piste ; le diagramme de perturbation n'était en plus pas habituel pour ce genre de source. De même, les mesures de vibrations sur la bypass de tuyauterie

menant à la caisse de tête et située juste après la vanne de contrôle (Ill.27 et 28) n'ont pas donné de résultat bien clair.



Ill. 28

La machine mesurée dans cet exemple était équipée d'un capteur de pression installé sur la côté conducteur et le côté transmission de la caisse de tête et donc la relation a pu être faite : une analyse de fréquence (FFT) du signal côté conducteur du capteur de pression a fourni une explication claire (Ill. 29) en liaison avec des signaux de mesure qui avaient été relevés sur la feuille finie (voir Ill. 24). L'entrée de la pâte se faisait sur le côté transmission, la sortie de la pâte sur le côté conducteur, là où la vanne de contrôle était positionnée.



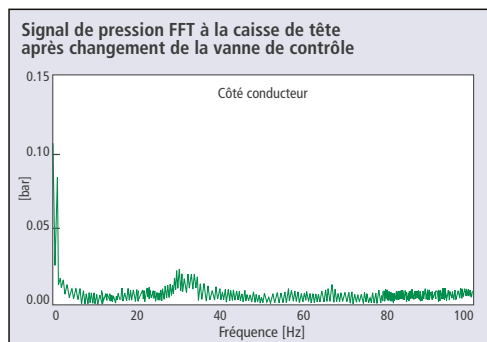
Ill. 29

Sur la base de ce diagnostic, Heimbach a recommandé de repositionner cette vanne en y apportant également une version améliorée. La preuve de ce conseil peut se voir dans le diagramme en ill.30 : l'analyse de fréquence sur le capteur de pression côté conducteur, et ill. 31 : la mesure de la feuille à l'aide de la fourche de mesure ODIN sur le côté conducteur avant la calandre, et les deux

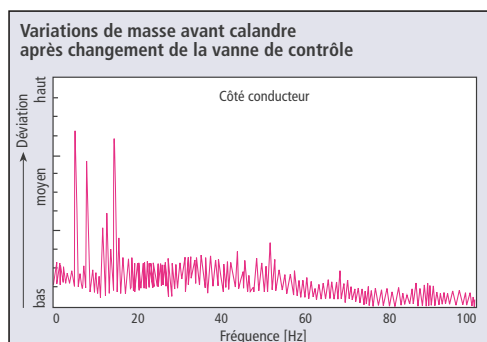
Détermination des variations périodiques de masse dans le sens marche de la feuille

mesures réalisées après changement de la vanne. Les pics sur le signal de pression du capteur et aussi sur le profil de masse SM ont pu être éliminés.

L'effort de mesure et de diagnostic mis dans ce cas pratique ont été évidents, ils ont été plus que récompensés par la découverte d'une cause plutôt « diffuse ».



III. 30



III. 31

Conclusion

Ces exemples pratiques montrent clairement qu'à l'aide d'un équipement de mesure sophistiqué et d'une expérience analytique forte, des causes cachées de façon quelques fois insidieuse de variations de masse peuvent être retrouvées.

Une condition préalable pour éviter ce genre de problème est bien sûr la compétence de l'équipe de diagnostic qui doit être capable de tirer d'une série de mesures et de données techniques des enseignements et des recommandations pratiques pour l'élimination des problèmes.

L'installation permanente d'une fourche de mesure ODIN avant l'enrouleuse pour enregistrer les variations de masse SM pourrait apparaître comme étant une étape recommandable mais uniquement pour les machines qui sont déjà équipées d'une instrumentation de mesures vibratoire.

Mais il faut mentionner que l'installation d'un équipement portable est extrêmement difficile. La coopération entre les constructeurs de machine, les papetiers et Heimbach doit rendre possible une installation facile et sans risque d'un tel équipement, le tout à un coût limité.