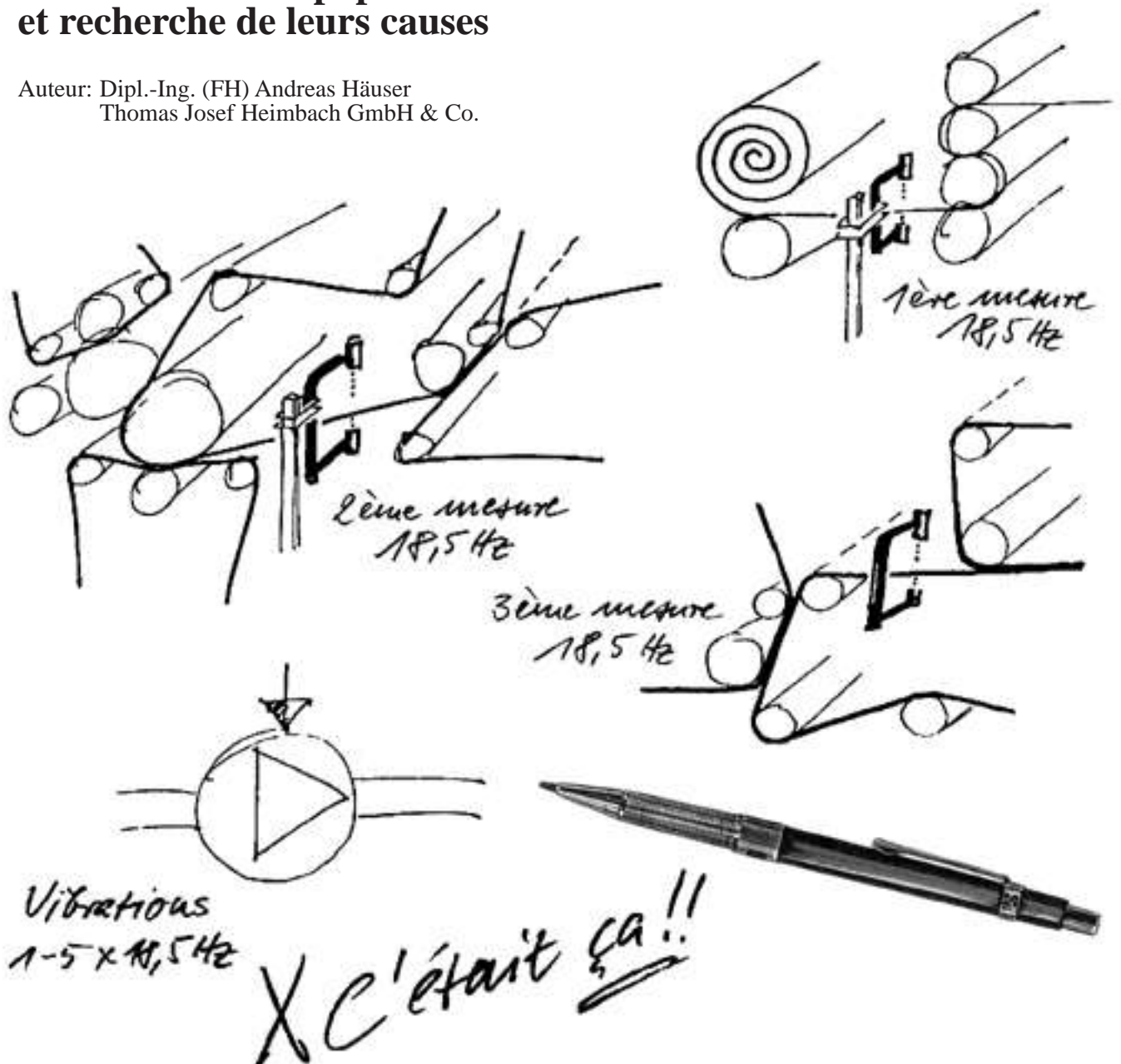


Détermination des variations périodiques de masse en sens long dans la feuille de papier et recherche de leurs causes

Auteur: Dipl.-Ing. (FH) Andreas Häuser
Thomas Josef Heimbach GmbH & Co.



Détermination des variations périodiques de masse en sens long dans la feuille de papier et recherche de leurs causes

Résumé

Dans la plupart des machines sont installés à demeure des systèmes de mesure et de régulation dont le but est de rechercher des variations de masse sens travers de la feuille. En général, ces systèmes fonctionnent avec de bons résultats.

Avec ces systèmes cependant, l'on ne constate principalement que les variations de grandeurs caractéristiques de la feuille de papier et du procédé de fabrication ayant une dynamique lente.

Des variations rapides et dynamiques, qui logiquement ne surgissent que dans le sens machine, ont à peine, à ce jour, été saisies par mesure technique. Des systèmes autorisant de telles mesures **en sens marche machine** et, qui, simultanément, offrent la possibilité de déterminer la cause de variations de masse dans la feuille de papier, dans certaines sections de la machine à papier ou dans le process en amont, sont, jusqu'alors, restés une exception.

C'est pourquoi nous présentons ici un processus qui est capable de saisir les mesures nécessaires à de telles analyses et de les exploiter de façon empirique.

A l'aide de ce processus on peut non seulement déterminer les variations longitudinales de masse, mais aussi connaître la localisation précise de leurs responsables.



Introduction

Les déclencheurs de telles variations dans le process en amont peuvent être, par exemple, des variations de niveau. En partie humide, entrent, entre autres, en ligne de compte des déclencheurs comme un dispositif de branlement de toile et des éléments d'égouttage défectueux ou encore des fluctuations de vide.

Le plus grand groupe des causes éventuelles est toutefois constitué par les éléments machine tournants qui sont légion dans l'installation: les pompes ou épurateurs sous pression en amont, les rouleaux, les toiles, les feutres dans la partie humide et dans la partie presses, jusqu'à la calandre avant l'enrouleuse.

Les **variations du papier** (variations longitudinales de masse) qui en résultent se présentent de différentes façons et dépendent directement de l'état de ces dispositifs mécaniques et de leurs caractéristiques techniques.

Bien évidemment il appartient de disposer de l'instrumentation adéquate et »transportable« (fig. 1) pour la saisie et l'analyse des mesures correspondantes et la localisation des causes, afin de pouvoir déterminer avec succès l'origine de la perturbation.

Les exemples pratiques qui suivent montrent comment on a pu localiser certains auteurs de variations longitudinales de masse dans la partie presses, la partie formation et en amont.

La pratique en matière de production papetière dicte l'ordre de procédure.

On constate d'abord **des défauts en sens marche** dans la qualité du papier, qui sont corroborées techniquement, puis on en recherche les auteurs.

Le processus de mesure et d'analyse dans la pratique

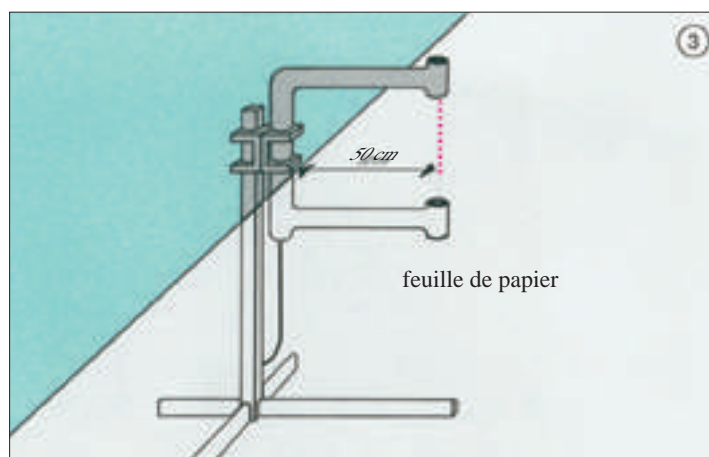
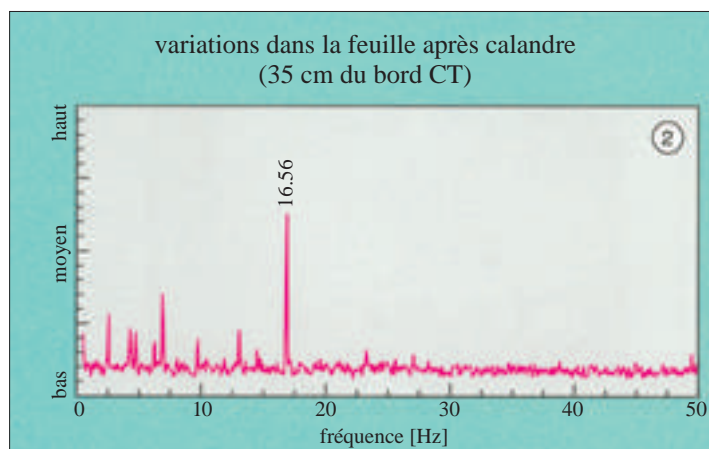
Ces défauts dans la feuille de papier se traduisent, en général, par des variations périodiques, telles que des écarts par rapport à la moyenne de grammage, l'humidité ou l'épaisseur de la feuille de papier et seront reproduites comme des variations de fréquence en sens machine (fig. 2).

Machine en marche, on envoie au travers de la feuille, au moyen d'un système à lentilles solidaire d'une potence, un faisceau infrarouge d'une section de 0,6 cm² (fig. 3). Le signal capté par une cellule optique est proportionnel aux variations en sens marche de grammage, d'humidité ou d'épaisseur. (Aux fins de simplification, seule la notion »variation de masse« sera utilisée dans le texte.)

Des variations de masse allant de 0,1 à 3000 Hz peuvent être décelées.

La distance entre les deux bras de la potence permet un large débattement pour la feuille de papier, si bien que même pas le flottement de feuille ne conduit à des écarts décelables sur la mesure.

Etant donné qu'un défaut dans le papier, en sens marche, est généralement repéré et mesuré en sortie machine, avant l'enrouleuse, c'est ici, dans le but de définir la totalité du spectre des variations de masse, que commence la 1ère mesure à la recherche de leur cause. Au cours de cette recherche seront effectuées pas à pas des mesures vers l'amont de la machine à l'aide de l'appareil décrit plus haut, afin de localiser la cause.



Si l'espace permet l'accès aux parties machine pour effectuer des mesures vers l'amont, en l'occurrence avant **et** après un élément suspect, la localisation du facteur de trouble aura été accélérée.

Lorsque l'accès aux mesures n'est pas donné il est nécessaire de recourir à d'autres procédés de mesure, tels que, par exemple, la saisie scientifique des mesures pour ce qui est des sources de défauts le plus souvent rencontrées: **le constat de vibrations fait à des structures tournantes ou en révolution ou à d'autres éléments machine et/ou le constat de différentiels de vitesse sur des pièces de construction en rotation ou en révolution.**

Ces perturbations – pouvant être à l'origine des défauts dans le papier – sont représentées uniquement sous forme de **vibrations périodiques** (diagramme de fréquences).

Les données ainsi déterminées sont mises en valeur échelle pour être comparées aux variations de masse du papier, analytiquement. En procédant à la **comparaison** des données, **position par position** on met en évidence les fréquences des variations de masse.

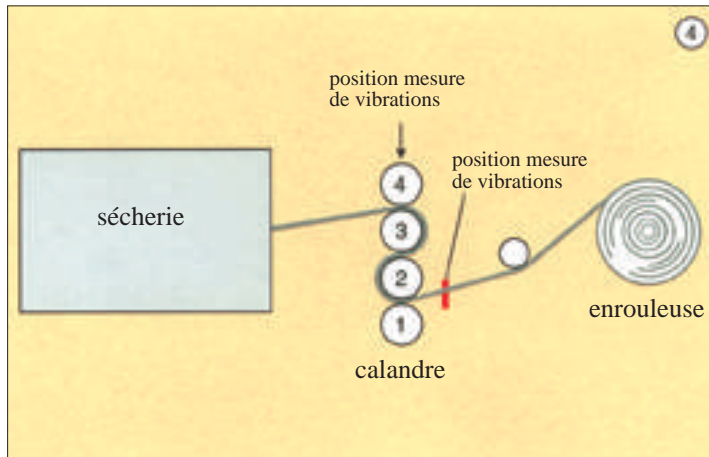
C'est alors que, lorsque les fréquences relevées (fréquence de base ou harmoniques) seront en concordance avec celles des variations de masse dans le papier, l'auteur en aura été trouvé.

D'autres causes peuvent être, entre autres, les variations de niveau, de pression ou de vide ainsi que les retards purs des boucles de régulation. Ceux-ci doivent être détectés au moyen d'une mesure temporelle.

Comme déjà précisé plus haut, cet élément perturbateur peut se trouver n'importe où sur «toute la ligne» entre l'enrouleuse et l'amont du process. Dans ce domaine, l'expérience est particulièrement déterminante, en dehors des techniques de mesure hautement qualitatives, pour la résolution des problèmes.

Les 7 exemples pratiques suivants illustrent la localisation de certains responsables de variations de masse dans la partie presses, dans la partie formation et dans les circuits de tête de machine.

Exemple 1



Exemples pratiques

Production: journal
V calandre: 1304 m/min

Problème: »barring« dans le papier

La première mesure, côté transmission (CT), après calandre (fig. 4) montre des variations de masse dans le papier avec des fréquences très rapprochées (fig. 5).

Ensuite ont été mesurées les fréquences des rotations des quatre rouleaux de la calandre, ainsi qu'une analyse vibratoire de l'ensemble calandre (fig. 6):

Fréquence de rotation des rouleaux de la calandre:

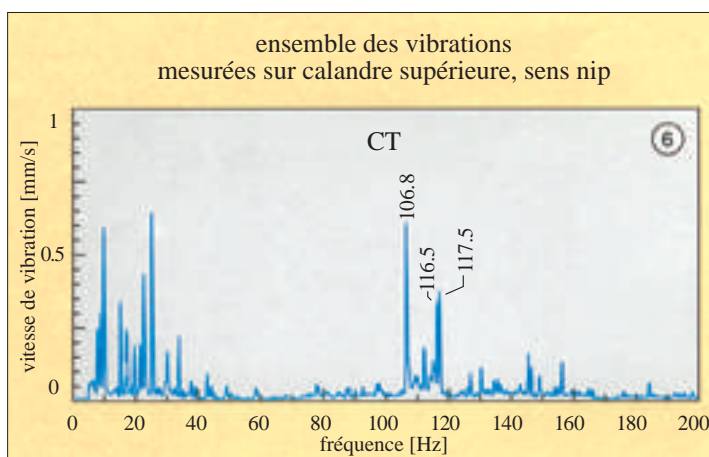
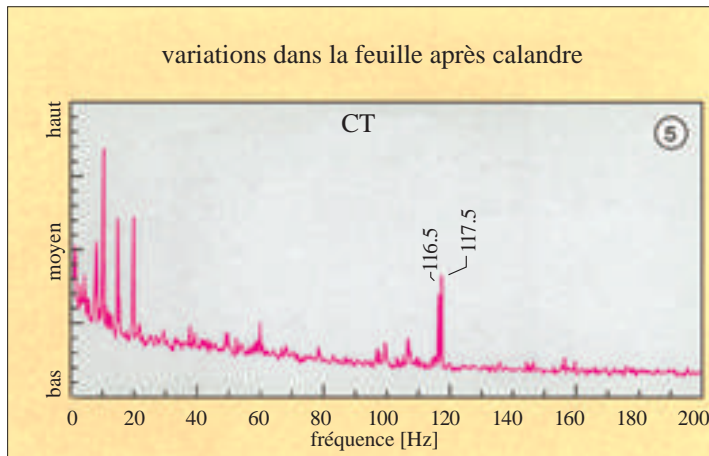
rouleau 1	7,5060 Hz
rouleau 2	9,7920 Hz
rouleau 3	9,7080 Hz
rouleau 4	8,4289 Hz

Dans le diagramme, on reconnaît clairement les deux fréquences qui déterminent les variations de masse dans le papier (»barring«): il s'agit de 116,5 et de 117,5 Hz.

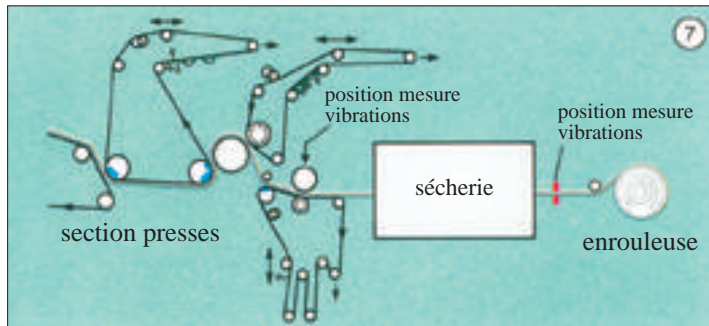
La comparaison de ces valeurs avec les fréquences des rouleaux de calandre donne le résultat suivant: la variation de masse de 116,5 Hz représente 12 fois (12ème harmonique) la fréquence de rotation du rouleau 3, alors que les 117,5 Hz correspondent à la 12ème harmonique du rouleau 2.

Il s'ensuit que les rouleaux 2 et 3 montrent une périphérie à 12 facettes. De cette situation se calcule ainsi le »barring«, avec une distance de 18 cm, relevé dans le papier.

L'analyse, poussée plus loin, donne un autre aspect intéressant à noter: dans la figure 6, on constate à 106,8 Hz, une flèche à haute vitesse de vibration. Ce pic correspond à la 11ème harmonique de la fréquence de rotation du rouleau 3. Malgré la prédominance de cette fréquence de vibration, celle-ci est absente dans le papier.



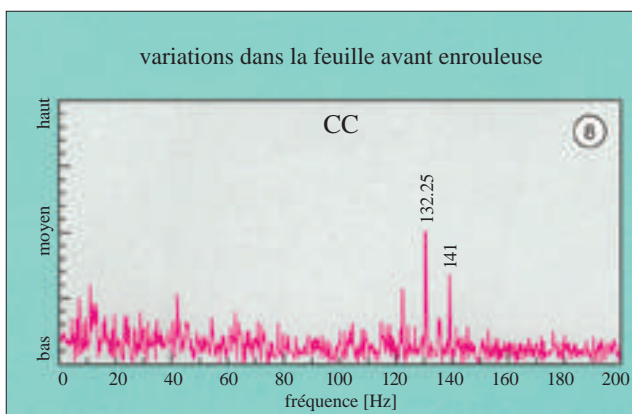
Exemple 2



Production: 58g/m²
V calandre: 1304 m/min

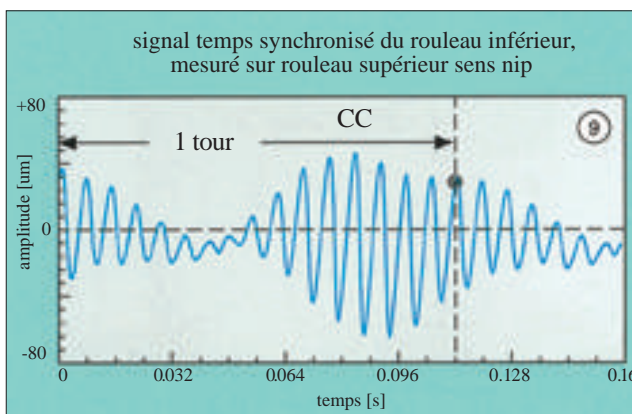
Problème: »barring« dans le papier

Les mesures de variation de masse (*position de mesure représentée sur le schéma de la figure 7*) correspondant au »barring« dans la feuille de papier ont permis de faire la liaison avec le rouleau inférieur de la 3^{ème} presse, suspecté d'être à l'origine du défaut.



Les variations de masse enregistrées sont pertinentes à des fréquences de 132,25 et 141 Hz.

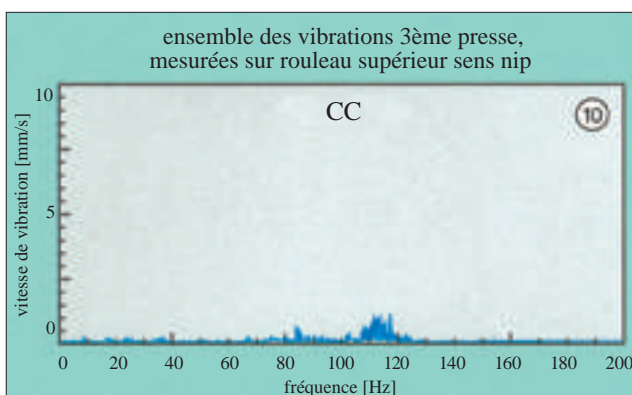
Dans le diagramme montrant l'ensemble des vibrations de la 3^{ème} presse, côté conducteur en position sur le rouleau supérieur (*fig. 7*), se distinguent à 132,25 Hz et à 141 Hz, deux vitesses de vibration élevées, dues au rouleau inférieur:



Un signal de temps synchronisé sur ce rouleau (*fig. 9*), permet d'appréhender aussi la **configuration de l'état de surface** de la presse, à savoir 15-16 pics individuels très visibles. On en déduit que le rouleau en question comporte 15-16 facettes sur la périphérie.

Ce résultat a été confirmé par d'autres mesures effectuées plus tard à des vitesses différentes.

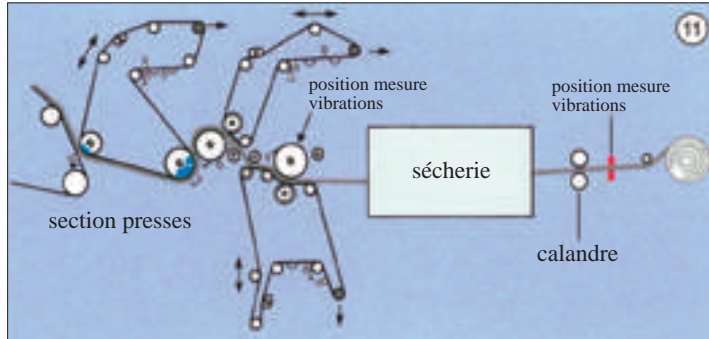
Les deux fréquences de 132,25 et 141 Hz que montre le diagramme, forment la 15^{ème} et la 16^{ème} harmonique de la fréquence de rotation du rouleau inférieur.



La preuve est ainsi faite que le responsable des variations de masse dans le papier de 132,25 et 141 Hz, est le rouleau inférieur défectueux.

Les mesures de contrôle réalisées après avoir changé le rouleau incriminé montrent (*fig. 10*) la disparition des vibrations.

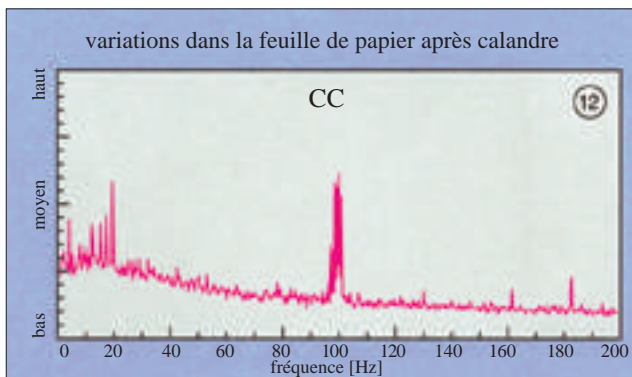
Exemple 3



Production: journal
V 3ème presse: 978 m/min
V enrouleuse: 997 m/min

Problème: »barring« dans le papier

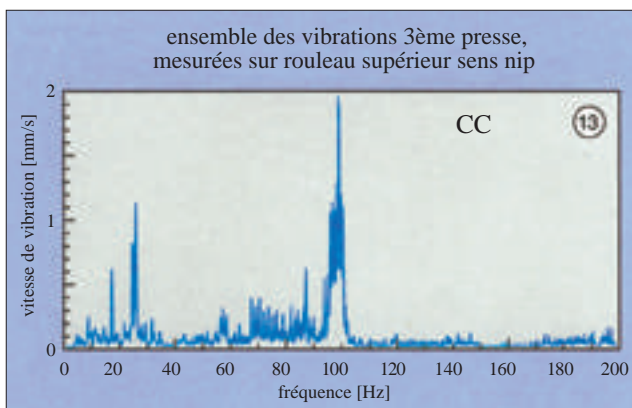
Un »barring« a été observé visuellement à l'enrouleuse, juste à la limite de tolérance pour ce papier. Ce constat est ensuite confirmé par l'enregistrement des variations de masse dans le papier, effectué côté conducteur, après calandre (fig. 11) et représenté sur le diagramme, figure 12.



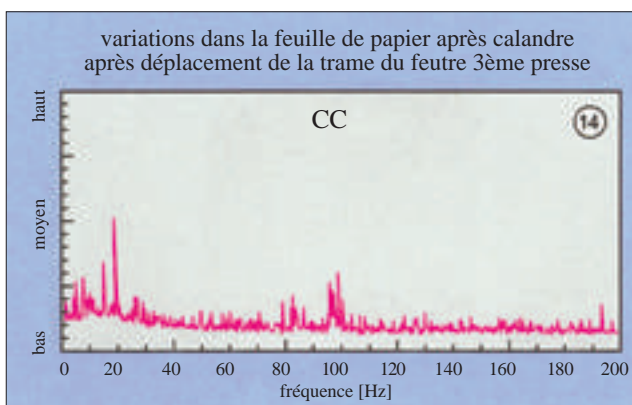
Les différentes étapes de l'analyse ont conduit l'orientation vers la 3ème presse en état de vibration, dont le diagramme d'ensemble est représenté par la figure 13. Le pic à 100 Hz se caractérise par la même amplitude que celle visible sur le diagramme de la figure 12.

L'analyse vibratoire effectuée après coup sur le feutre 3ème presse montrait aussi, à 100 Hz, la vitesse de vibration la plus élevée.

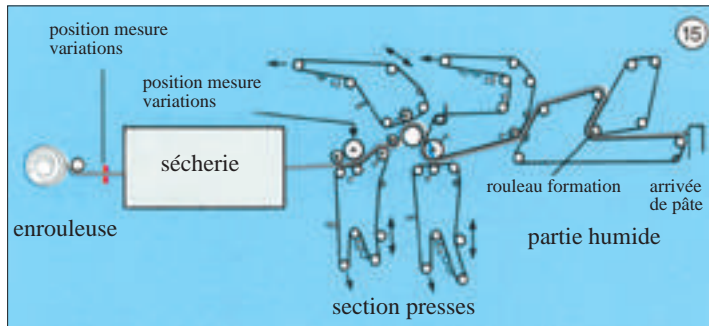
Après avoir conseillé de déplacer la trame du feutre, les vibrations se sont fortement atténuées (fig. 14).



Enfin, pour ce qui est des variations distinguées dans la plage 0-20 Hz (fig. 12), celles-ci sont dues à d'autres causes non déterminantes en la matière.



Exemple 4



Production: 54g/m²
V calandre: 1100 m/min

Problème: encore aucun

Lors d'une mesure de routine, sortie sécherie de la feuille de papier, côté conducteur (fig. 15), un grand nombre de variations de masse a pu être détecté (fig. 16).

La recherche de la cause a conduit en direction de l'arrivée de pâte, où deux facteurs négatifs se sont cristallisés:

D'abord, les mesures de l'ensemble des vibrations à la 4ème presse, captées en direction du nip sur le rouleau supérieur (fig. 17), font apparaître, à 108,75 Hz, une vitesse de vibrations dépassant 6 mm/s. Cette fréquence est le 16ème harmonique du rouleau venta dont la fréquence de rotation est de 6,7968 Hz, comme le montre le spectre de la figure 18.

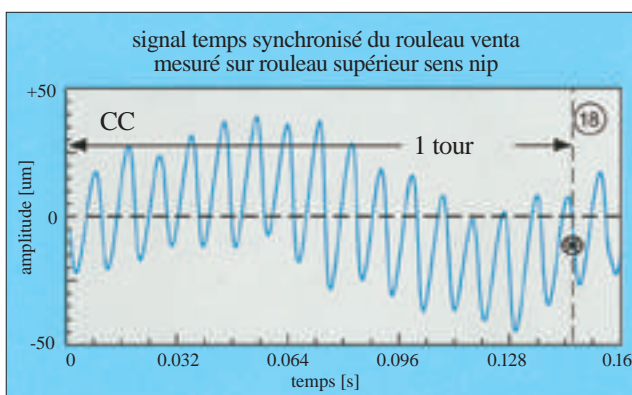
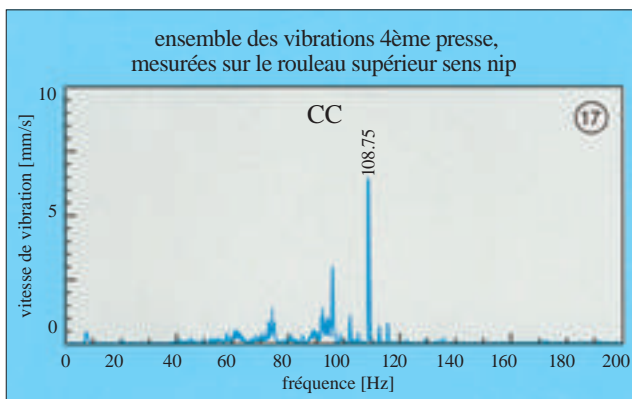
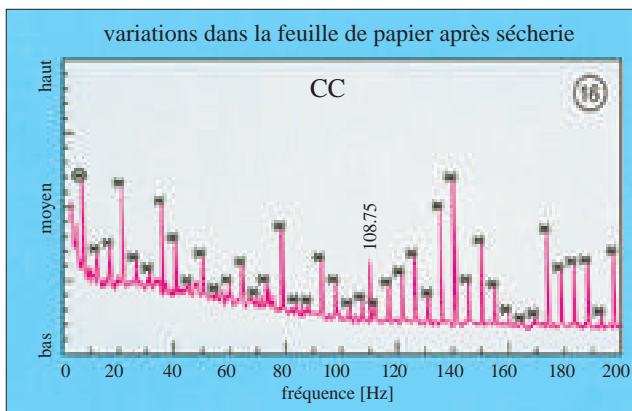
Le diagramme de révolution montre clairement les 16 facettes de la surface du rouleau venta. Cependant, ce facteur négatif ne forme qu'un seul pic, parmi beaucoup d'autres, à 108,75 Hz (fig. 16 et 17).

Dans ce cas, le conseil a été de remplacer par échange la 4ème presse.

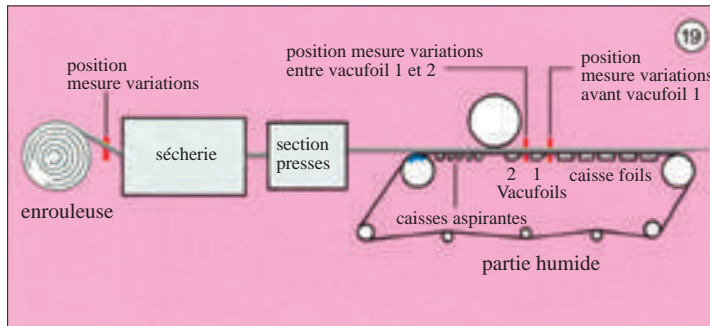
Mais pour autant, la cause rattachée aux nombreuses autres fréquences du spectre de variation de masse n'a pas encore été trouvée. En poursuivant la recherche au moyen d'une synchronisation sur l'ensemble des parties tournantes des presses et de la partie humide, la cause a pu être déterminée:

Le rouleau de toile du former double toile (figure 15) formait avec sa fréquence de base (fréquence de rotation) de 4,82 Hz, la valeur de départ de toutes les valeurs fréquentielles qui représentent un multiple (harmonique) de cette fréquence originelle et qui, dans la figure 16, sont marquées par des astérisques.

Si par la suite, lors de la production, les variations de masse dans la papier devaient s'intensifier, alors il serait nécessaire de se pencher sérieusement sur l'état mécanique du rouleau de formation.



Exemple 5



Production: 48g/m²
V machine: 471 m/min

Problème: variation de masse dans le papier

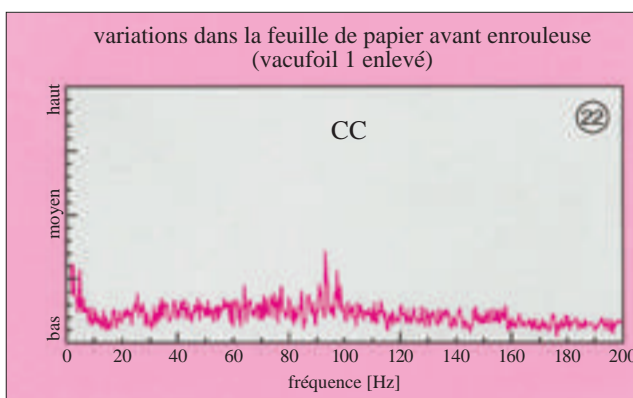
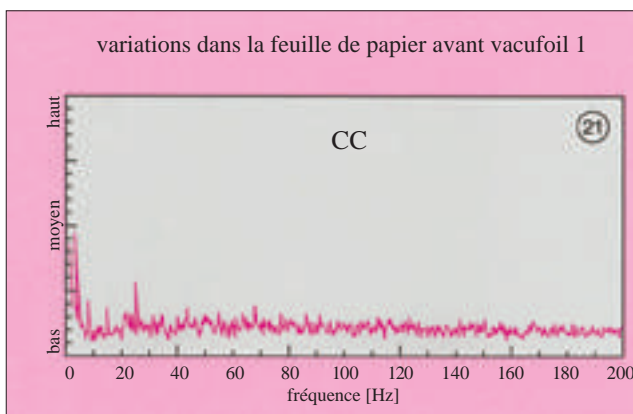
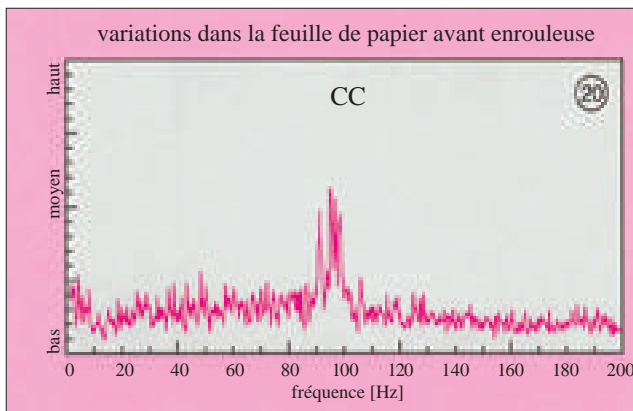
Dans ce cas on a d'abord établi une variation de masse, confirmée par la mesure – côté conducteur, avant enrouleuse (fig. 19) – à 95 Hz (fig. 20).

Les mesures servant de test, effectuées par étape vers l'amont machine, afin de contrôler la présence des 95 Hz (variation), n'ont rien donné avant la toile de formation.

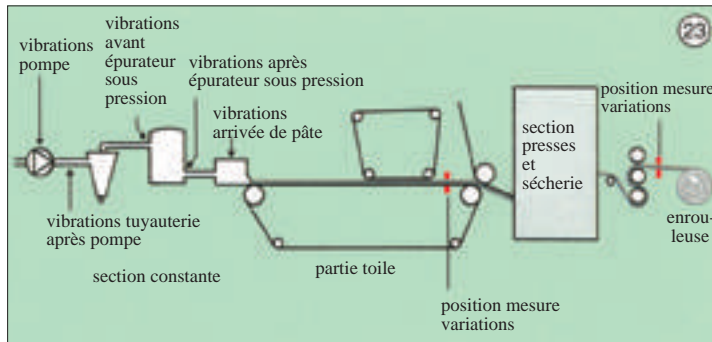
Seule une mesure de variation de la feuille **avant** vacufoil 1 (vue sens marche) a démontré qu'à ce niveau, la fréquence de 95 Hz était encore inexistante (fig. 21).

La mesure suivante, faite **entre** vacufoil 1 et 2, documente à nouveau les valeurs précédentes de fréquence, mais à plus faible dimension. Ceci étant la confirmation que le vacufoil 1 pouvait être l'élément prépondérant à l'origine de la variation de masse, avant enrouleuse.

Après avoir abaissé le vacufoil 1, la 4^{ème} mesure – une nouvelle fois avant enrouleuse – a montré une forte réduction de variation de masse à 95 Hz (fig. 22). La preuve étant ainsi faite que le vacufoil 1 était le principal acteur en la matière.



Exemple 6



Production: 70g/m²
V machine: 551 m/min

Problème: »barring« dans le papier

La première mesure après calandre (fig. 23) révélait différentes variations de masse dans la zone de 10-37 Hz; mais entre elles s'illustrait particulièrement une forte divergence à 18,5 Hz (fig.24).

Pendant la recherche causale par étapes successives sur la feuille en direction de la tête de machine, se distinguèrent les mêmes valeurs. Ceci est encore le cas pour l'image des fréquences obtenues sortie former sur toile inférieure (fig. 25).

En procédant par test à une augmentation de la fréquence de branlement et de la course sur toile inférieure et aussi à un arrêt du branlement, on constate aussi bien pour la mesure après calandre que pour celle après la double toile, un accroissement différentiel du poids moyen correspondant.

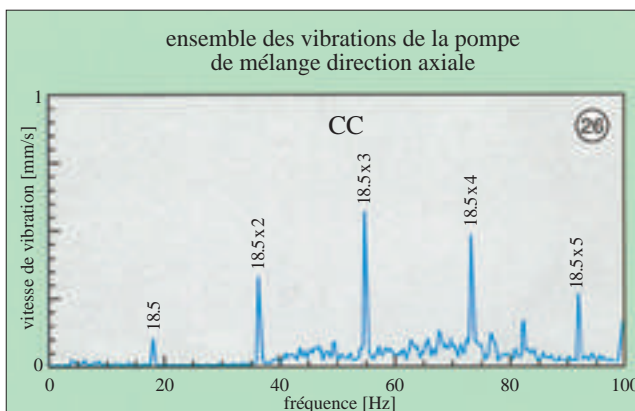
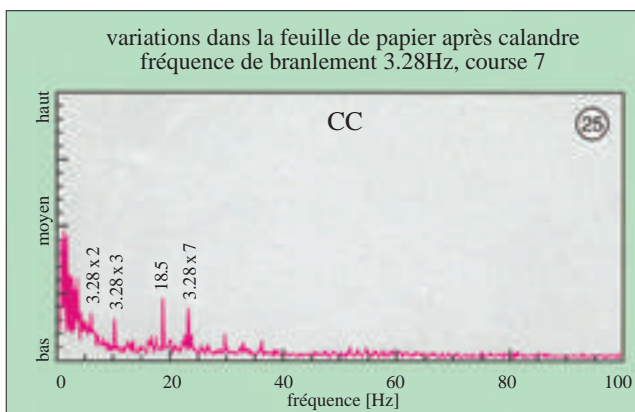
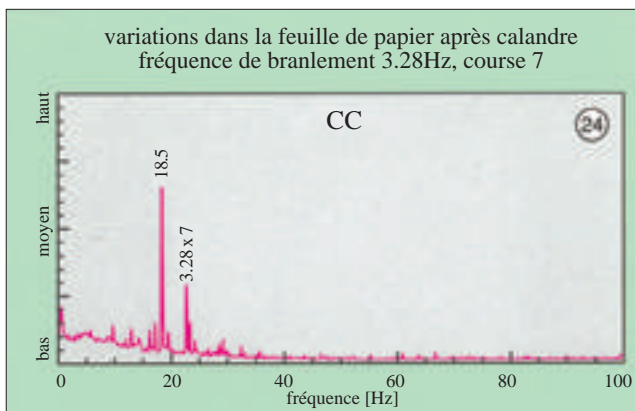
La preuve étant faite que le branlement – quel qu'en soit la fréquence – n'était pas à l'origine de cette variation de masse.

D'autres investigations dans la section constante (préparation) ont reproduit les mêmes clichés: les mesures montrent clairement des vibrations à 18,5 Hz.

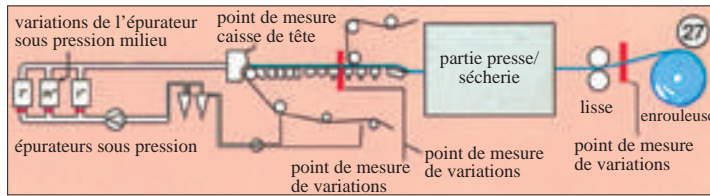
Une analyse vibratoire totale finalement effectuée la pompe de mélange, axialement, qui donne, à 18,5 Hz, plusieurs harmoniques (fig. 26 en position mesure fig. 23), a enfin conduit au succès, en relation avec le cycle de rotation de la pompe de mélange, chronométré à exactement 18,5 Hz.

Ceci explique la naissance de la variation de masse qui se propage, avec constance, à travers toute la machine; la pompe de mélange provoquant, à chaque tour, une pulsation néfaste sur le flux de pâte qui se traduisait en variation longitudinale de masse pendant la formation de la feuille.

A l'ouverture de la pompe, un fort encrassement fut constaté sur l'hélice et notamment sur une des ailettes. A l'issue d'un nettoyage intensif de la pompe et après la remise en service de celle-ci le barring de 18,5 Hz avait disparu.



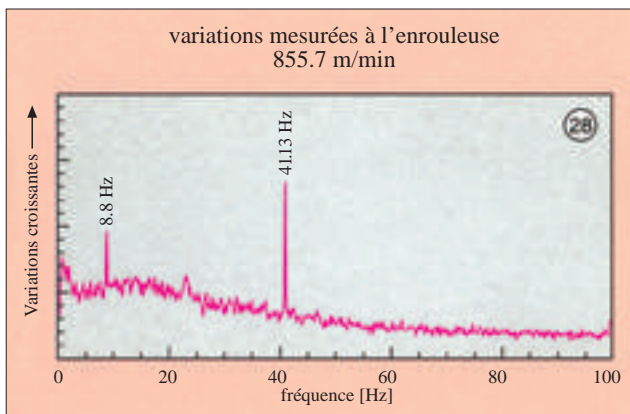
Exemple 7



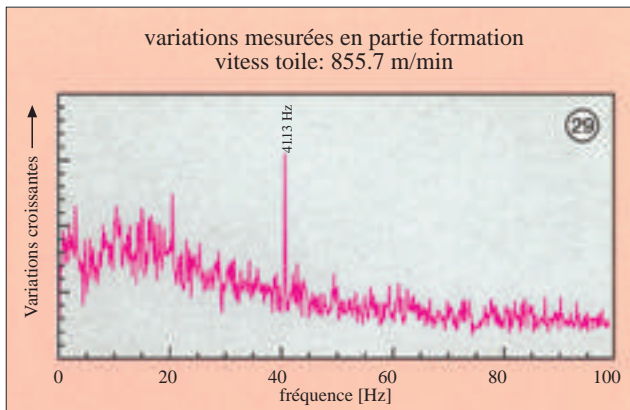
Production: 80g/m²
Vitesse enrouleuse: 870 m/min

Problème: »barring« dans le papier

La première mesure de la bobine (fig. 27) a eu lieu avec une vitesse de toile de 855,7 m/min et a mis en évidence un pic de variation de masse à 41,13Hz (fig. 28).

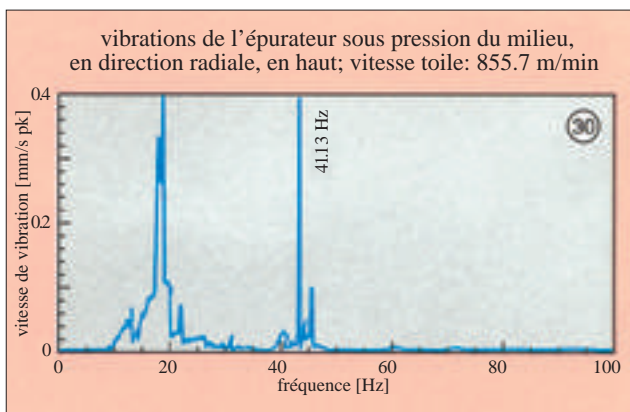


Toutes les mesures ultérieures effectuées vers la caisse de tête, y compris la mesure entre les vacufoils 1 et 2, ont mis en évidence cette variation de la masse à la même fréquence de 41,13 Hz (fig. 29). Même un accroissement, en guise d'essai, de la vitesse de la toile à 868 m/min n'a apporté aucun changement.



De par ces mesures de référence, il a été démontré que la vitesse machine n'avait aucune influence sur ce «barring».

Des mesures de vibrations en caisse de tête, aux vannes d'isolement des épurateurs sous pression et aux épurateurs sous pression eux-mêmes ont toujours donné la fréquence de 41,13 Hz. C'est en effet sur l'épurateur sous pression du milieu que l'on a mesuré l'amplitude la plus grande dans ce domaine de fréquences critique (fig. 30).



Grâce à un programme informatique spécial, il est possible de vérifier si les fréquences qui perturbent le procédé sont liées à un roulement, quand on en connaît le type et la vitesse de rotation. Par cette méthode, on a pu incriminer le roulement du rotor de l'épurateur du milieu comme responsable des vibrations dans le domaine de fréquences critique.

Bien que, dans la pratique, on n'ait pu déceler visuellement aucun endommagement du roulement, on a procédé à son changement.

Après le redémarrage de l'épurateur en question avec un nouveau roulement de rotor, on n'a plus constaté ni ladite fréquence perturbatrice, ni la variation de masse en tant que vibration.

Conclusion

Ces exemples pratiques sont la preuve qu'avec l'aide d'un équipement d'appareils de mesure performants on peut, en toute modestie, avec une forte expérience à la clé, suivre à la trace et détecter les causes plus ou moins cachées qui sont sources de problèmes. (Si vous avez besoin de plus de détails sur ce procédé d'analyse, reportez-vous aux documents suivants: «Wochenblatt für Papierfabrikation», numéro 11/94 ou «Heimbach Service», numéro 29).

L'installation fixe d'une potence de mesure au contrôle des variations longitudinales de masse a, sans doute, son intérêt sur les machines qui possèdent déjà un système de mesure des vibrations à demeure en continu.

Il est à noter, au passage, que la mise en place des appareils portables est, en partie, souvent très difficile. La coopération entre les constructeurs de machines, les papetiers et Heimbach doit rendre possible l'élaboration, sans grosses dépenses, de systèmes ou dispositifs de montage et positionnement, permettant une installation facile et séduisante de tels appareils.
