

A. Häuser \*

## Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse dans la partie humide et dans le circuit de tête de machine.

### Résumé

C'est de toute évidence un exercice de mesure très complexe que d'identifier et de localiser les causes de variations longitudinales de masse dans le papier.

Déjà début 1995, l'on vous a présenté le procédé de mesure et d'analyse de Heimbach (ODIN) et nous l'avions documenté à l'aide d'exemples pratiques. Dans les 3 dernières années, ce procédé a été employé avec succès dans un nombre incalculable d'applications pratiques. Rappelons très brièvement le fonctionnement du procédé de mesure:

Machine en marche, on envoie au travers de la feuille, au moyen d'un système à lentilles solidaire d'une potence, un faisceau infrarouge (*fig. 1*). Le signal capté par une cellule optique est proportionnel aux fluctuations se produisant dans le papier = variations en sens marche. On ne peut pas faire de conclusions qualitatives en ce qui concerne les fluctuations elles-mêmes ou quantitatives en ce qui concerne leur niveau défini.

Dans ce qui suit, nous présentons seulement 3 exemples pratiques qui se concentrent principalement sur les « processus de recherche » des causes. En outre, ils illustrent le taux élevé de résultat que l'on peut atteindre grâce à l'**emploi combiné** de mesures pour la détermination du **spectre de fréquences des variations longitudinales de masse** et de mesures pour caractériser le **spectre de fréquences de vibrations d'éléments de machine tournants ou ayant des révolutions et du circuit de tête de machine**.

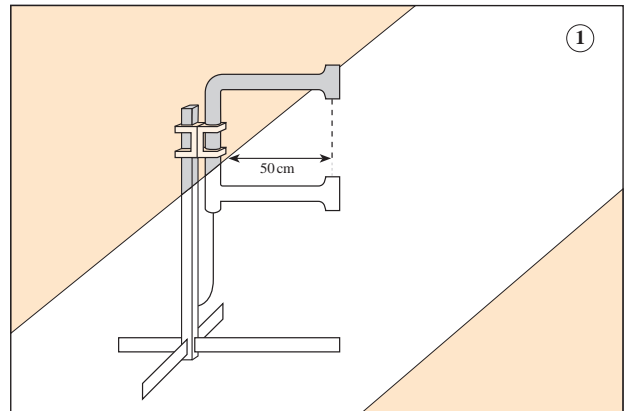
### 1er exemple

**Production:** Impression-écriture 80 g/m<sup>2</sup>

**Vitesse toile:** 900 m/min

**Problème:** marquage dans le papier

Après montage d'une nouvelle toile inférieure en partie humide, on a remarqué des marques transversales dans le



papier fini. La distance entre les marques se montait à environ 32 m ; leur largeur était de quelques cm. On n'a d'abord fait aucun rapprochement entre le problème et le montage de la nouvelle toile.

Mesures prises:

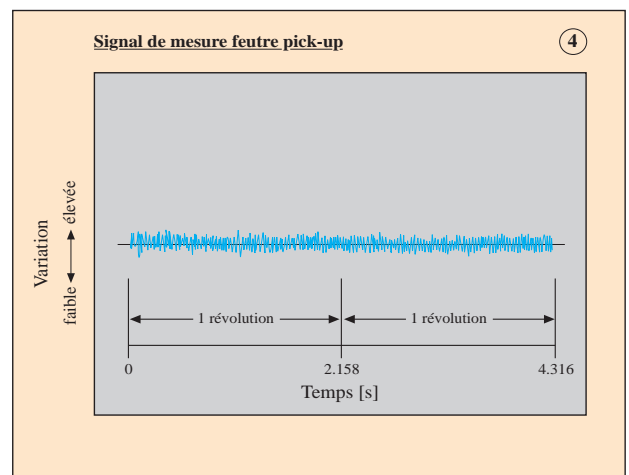
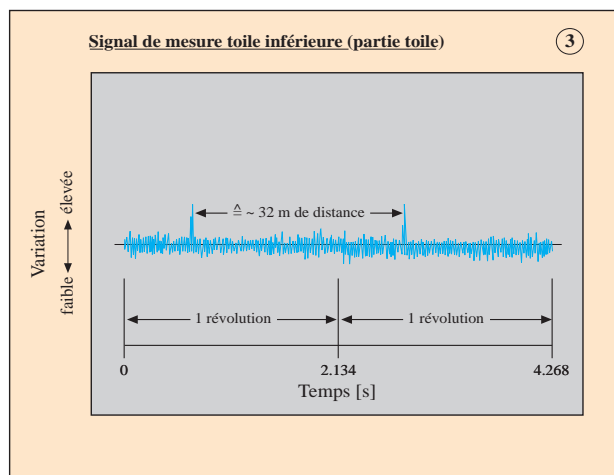
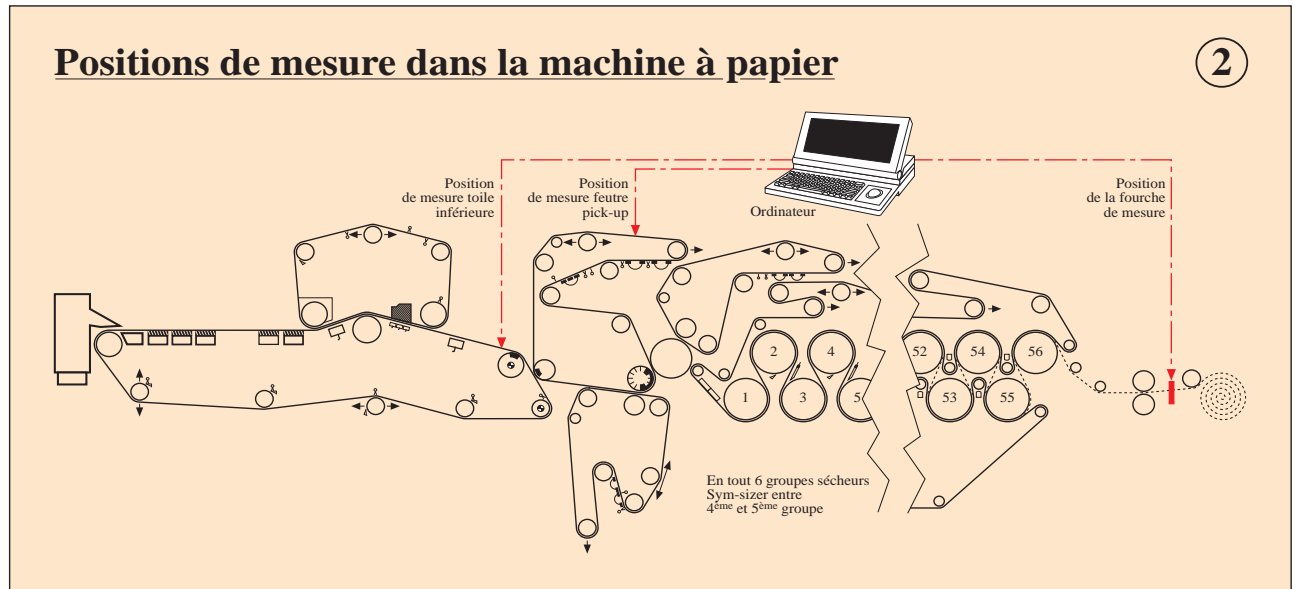
Le client a d'abord constaté que la presse centrale était en très mauvais état (vibrations). Cette dernière avait pu marquer le feutre pick-up dont la longueur était d'environ 32 m. On a supposé que, suite à ce problème, le feutre pick-up marquait la feuille de papier. Sur ce, on a changé le feutre et les presses ; mais le marquage était encore présent.

### Façon de procéder et résultats de la mesure Heimbach:

On a installé la fourche de mesure avant enrouleuse sur le côté conducteur de la machine (*fig. 2*). Comme la perturbation apparaissait avec une fréquence très inférieure à 1 Hz et, par ailleurs très régulière, mais cependant pendant un temps très court et sous forme d'une impulsion, l'analyse fréquentielle n'a apporté aucune information. C'est pourquoi, on a observé les signaux temporels. Afin de localiser la cause, on a pris pour base de comparaison le signal sur une révolution ou

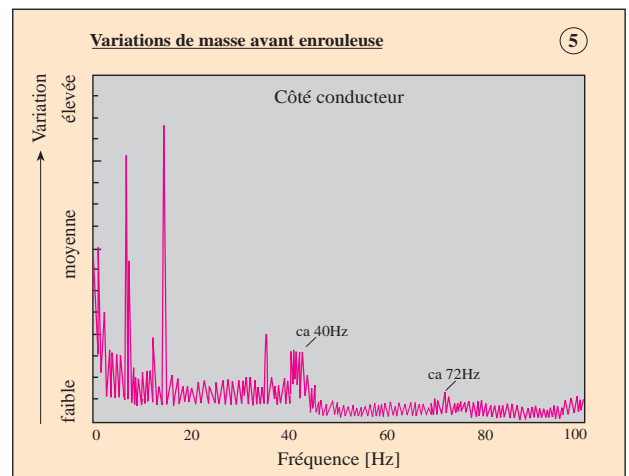
\* Dipl.-Ing. (FH) Andreas Häuser, Thomas Josef Heimbach GmbH & Co.

Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse



un tour d'un feutre, respectivement une toile de sécherie, «suspects » et l'on l'a synchronisé avec la mesure de la feuille de papier. A ce propos, on a procédé par étapes dans le sens inverse au sens marche, c'est à dire de l'enrouleuse vers la caisse de tête, afin de trouver l'endroit dont le spectre de fréquences ne correspond plus à la perturbation (variation de masse). La cause de la perturbation se trouve entre cet endroit et l'endroit de la dernière concordance avec le spectre de fréquences de la perturbation.

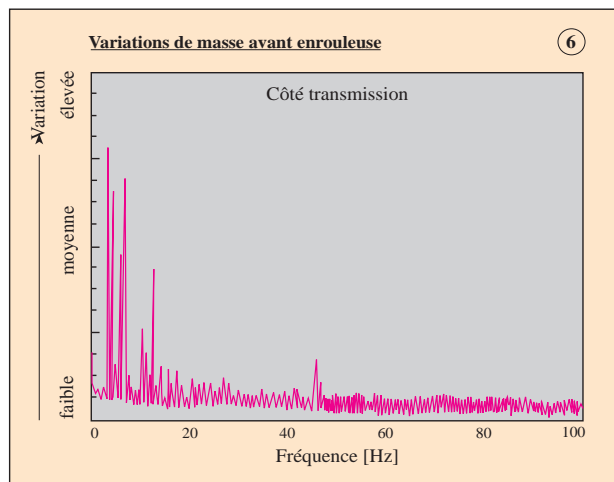
Finalement, on a pu nettement identifier la nouvelle toile inférieure, qui, du reste, était, elle aussi, longue d'environ 32 m comme cause de la perturbation (voir fig. 2). Le diagramme de la figure 3 montre les perturbations occasionnées par la toile inférieure dans le papier fini. Afin de mettre le phénomène encore plus en évidence, on a représenté, côte à côte, 2 révolutions de la toile.



Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse

On distingue très nettement les pics qui apparaissent tous les 32 m environ (c'est à dire une fois par tour de toile).

En comparaison, le diagramme de la *figure 4* ne montre aucune influence significative du feutre pick-up sur la feuille finie, bien que ce dernier, comme déjà mentionné plus haut, ait lui aussi une longueur d'environ 32 m et ait pu être considéré comme une cause à part entière. Cet exemple montre que, même sans montage répété et coûteux, la fourche de mesure ODIN, souvent si difficile



à positionner par manque de place, permet de localiser et d'identifier la cause d'une perturbation; ceci sur une distance d'environ 100 m entre la constatation de la perturbation (position de mesure ODIN) et la cause.

**2ème exemple**

**Production:** LWC couché en ligne 48 g/m<sup>2</sup>

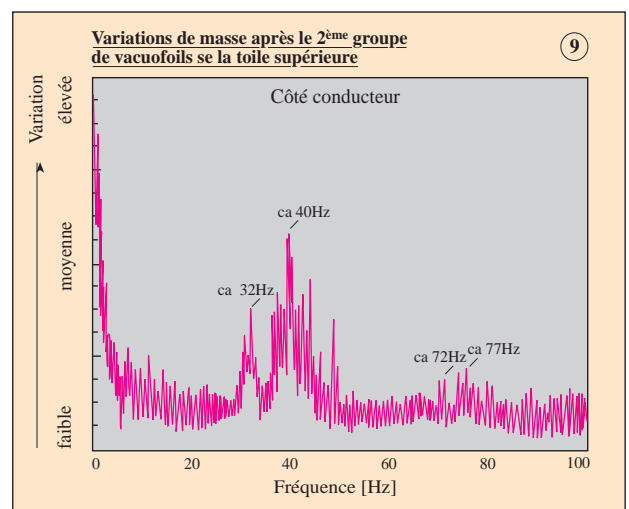
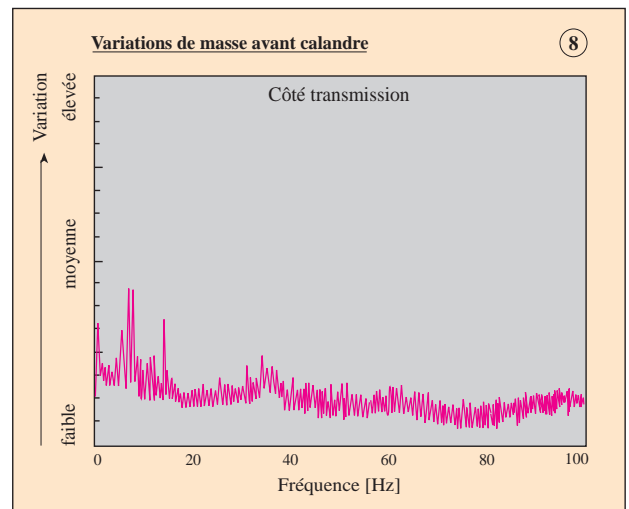
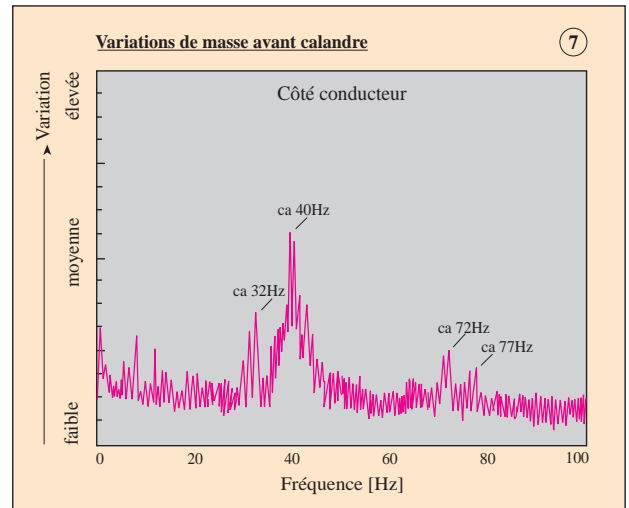
**Vitesse machine à l'enrouleuse:** 1130 m/min

**Problème:** variations longitudinales de masse dans le papier

Sur cette machine LWC on a constaté des variations de masse relativement élevées dans la feuille de papier avant calandre et notamment très prononcées sur le côté conducteur.

Le diagramme de la *figure 5* montre une mesure avec la fourche ODIN sur le papier fini du coté conducteur avant l'enrouleuse. Les pics jusque vers 20 Hz ne sont, ici, pas significatifs comme cela s'est avéré par la suite ; ils proviennent d'autres causes, comme par exemple les cylindres de calendres (variations d'épaisseur).

Les pics vers 40 Hz et 72 Hz environ sont cependant d'une grande importance pour les variations de masse. Une mesure correspondante du côté transmission (*fig. 6*) ne permet de distinguer absolument aucun pic comparable avec le CC.



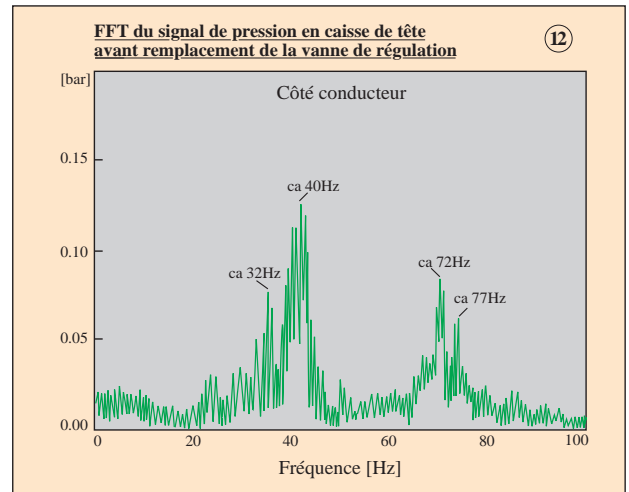
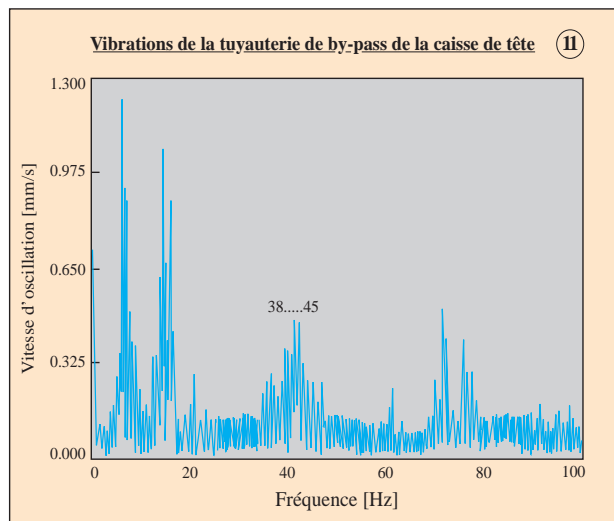
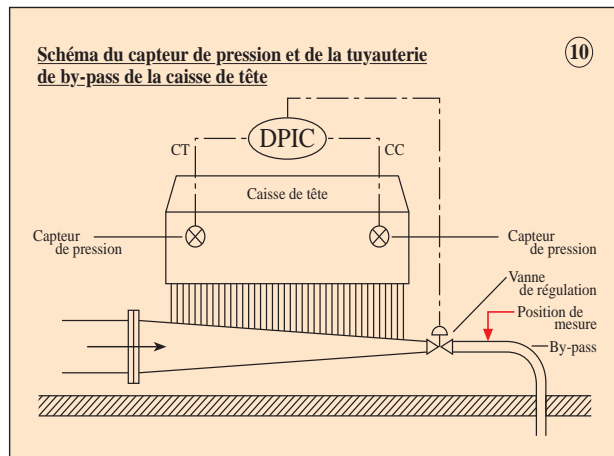
Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse

**Façon de procéder et résultats de la mesure Heimbach :**

Par étapes, de l'enrouleuse en direction de la caisse de tête, on a effectué d'autres mesures, d'abord CC et CT avant calandrage (fig. 7 et 8). Sur les deux mesures, les pics de 40 et 72 Hz sont encore nettement plus prononcés qu'immédiatement avant l'enrouleuse – et, ici aussi, il apparaît très nettement la tendance: les variations CC étaient beaucoup plus grandes que celles CT.

La dernière position de mesure se trouvait sur le CC de la toile de formation, immédiatement après le 2ème groupe de vacuofils (fig. 9). Malgré le débit d'eau élevé dans cette position, l'allure de la courbe met en évidence une corrélation très grande avec les signaux du papier fini (fig. 5 et 7).

Suite à cela, le soupçon que la cause des perturbations provenait des circuits de tête de machine s'est encore renforcé.



Les mesures de vibrations complémentaires sur les pompes, épurateurs sous pression, etc. n'ont cependant apporté aucun indice; le diagramme de la perturbation ne serait par ailleurs pas typique d'une pareille cause.

De la même façon, des mesures de vibrations sur la tuyauterie de by-pass de la caisse de tête immédiatement après la vanne de régulation (fig. 10 et 11) n'ont apporté aucune concordance évidente.

La machine analysée dans cet exemple possède CC et CT des capteurs de pression installés in situ pour la caisse de tête et finalement on a découvert quelque chose: une analyse de fréquence (FFT) sur le signal du capteur de pression CC a apporté la concordance évidente recherchée (fig. 12) avec les signaux des mesures sur le papier fini (fig. 7).

Dans le cas présenté ici, l'alimentation de pâte se fait sur le CT alors que sa sortie a lieu sur le CC, côté où se trouve également la vanne de régulation.

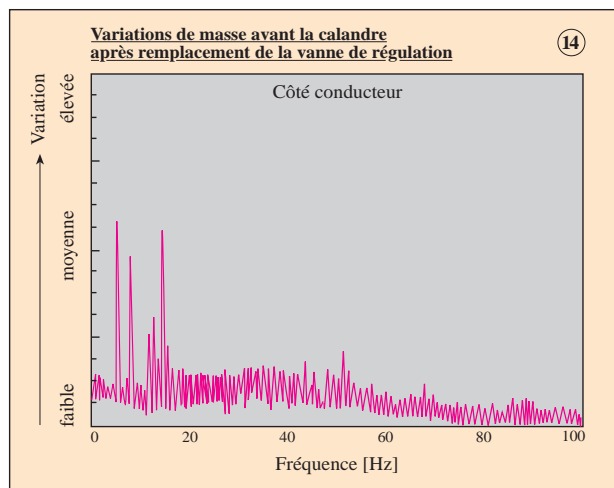
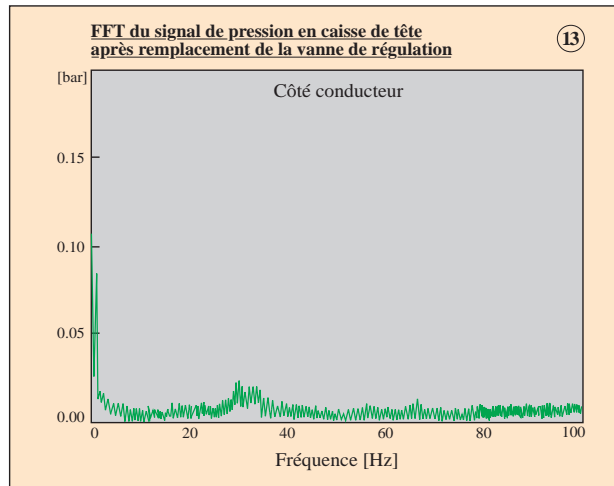
En conclusion de son diagnostic, Heimbach a conseillé de changer cette vanne contre un type optimisé.

La preuve du bien-fondé de ces recommandations se voit sur les diagrammes de la figure 13: analyse de fréquence sur le signal du capteur de pression CC et de la figure 14: mesure de la feuille de papier avec la fourche ODIN sur le CC avant la calandre et après remplacement de la vanne.

Aussi bien les pics du signal de pression du capteur que ceux de la mesure du profil longitudinal de masse de la feuille de papier sont éliminés.

Le temps dépensé en mesures et en diagnostics lors de ce 2ème exemple pratique était certes plus grand que pour le 1er exemple, cependant, cette dépense s'est retrouvée plus que récompensée par la localisation d'une cause « déconcertante ».

Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse



3ème exemple

**Production:** LWC

**Problème:** variations longitudinales de masse dans le papier

Dans ce cas, le client avait fait effectué au préalable des analyses sur le papier fini. Résultats: « Les variations longitudinales de masse sont nettement trop importantes, des investigations plus poussées ne sont cependant possibles que sur la machine ». Sur ce, Heimbach a été chargé du diagnostic de la machine et de l'identification des causes.

**1ère série de mesures:**

**Production:** LWC 80 g/m<sup>2</sup>

**Vitesse enrouleuse:** 980 m/min

La figure 15 illustre la position exacte des 6 mesures qui suivent.

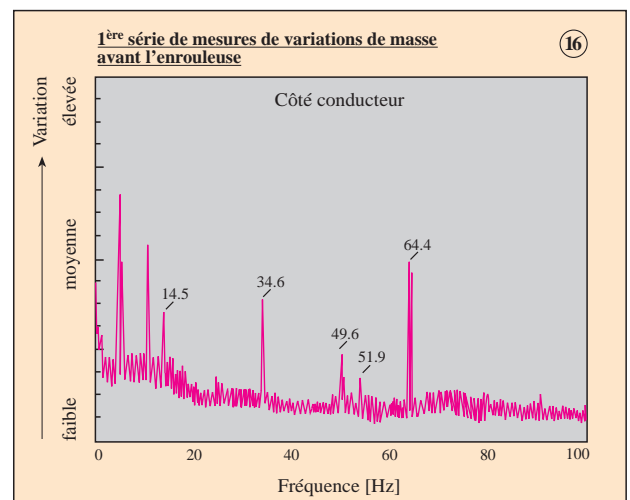
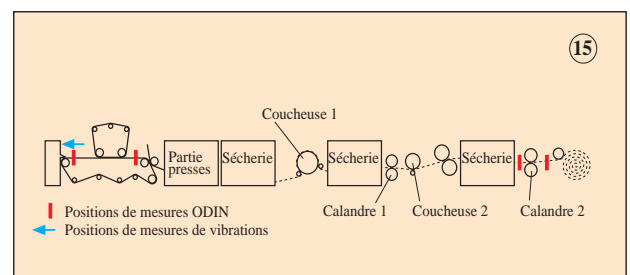
La 1<sup>ère</sup> mesure a eu lieu avec la fourche ODIN sur la feuille de papier, avant enrouleuse sur le bord CC (fig. 16); une mesure similaire sur le CT n'était pas possible par manque de place.

Deux autres mesures CC et CT sur la feuille de papier avant la calandre 2 montrent, par comparaison, que les pics de fréquence et les variations de masse correspondantes sont présents sur toute la largeur de la machine avec pratiquement la même intensité (fig. 17 et 18). Les fréquences susceptibles de créer des perturbations que nous avons mis en évidence sont 14.5, 34.6, 49.6, 51.9 et 64.4 Hz.

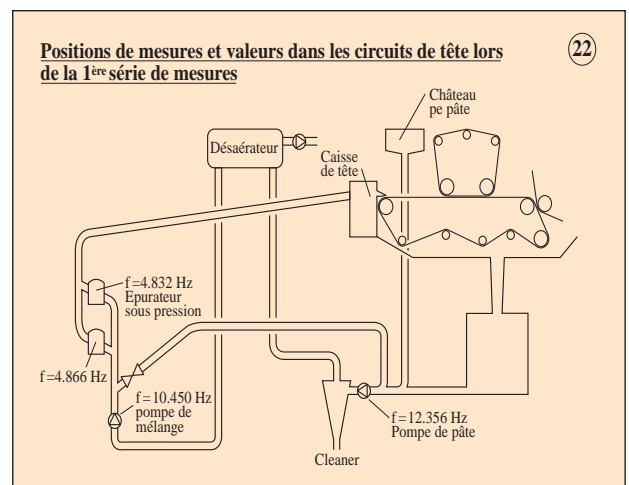
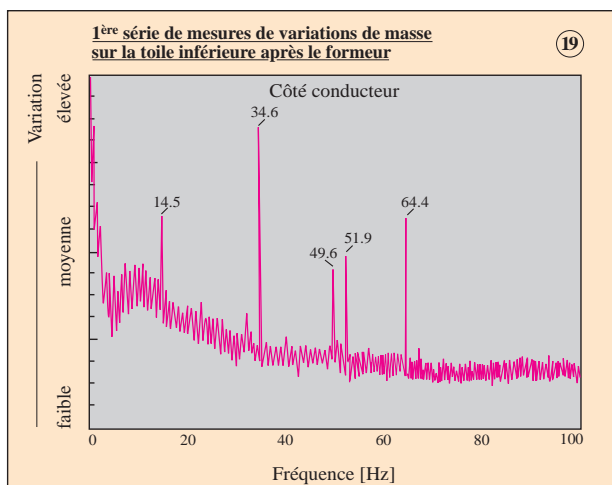
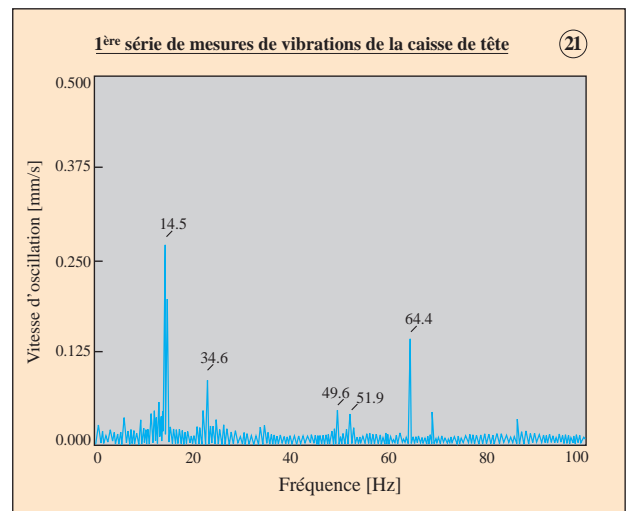
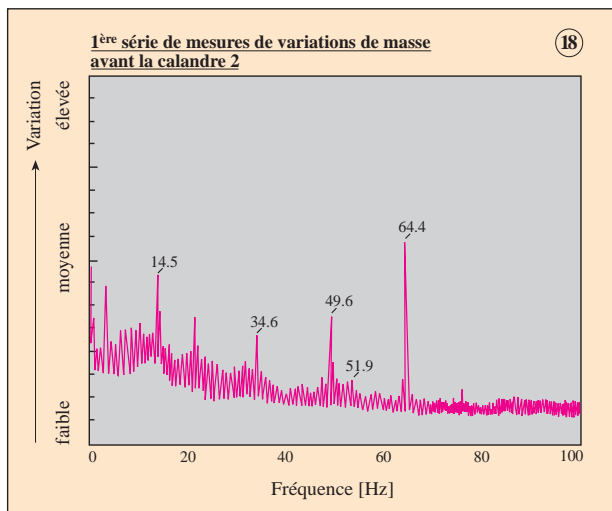
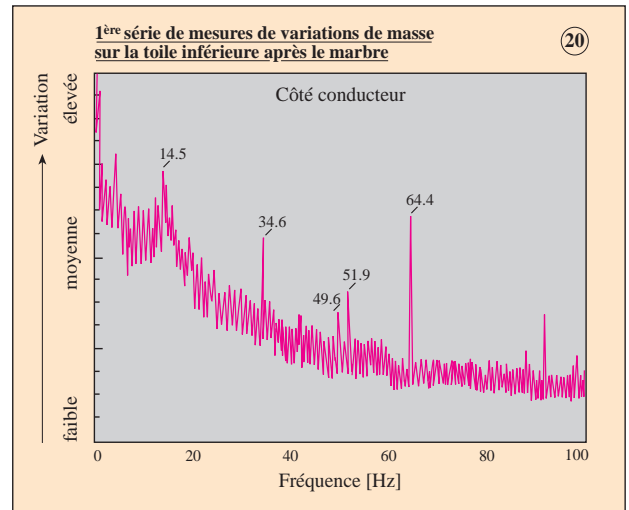
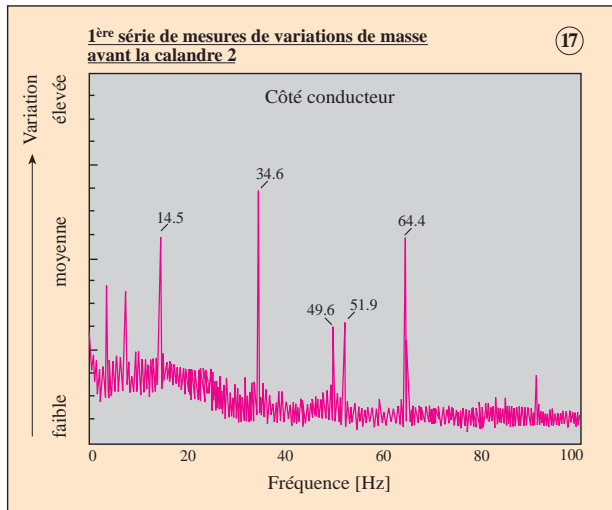
Des mesures ODIN complémentaires sur la feuille de papier ont confirmé ces fréquences: CC après le formeur double toile (fig. 19) et également CC immédiatement après le marbre (fig. 20).

Ces fréquences ont également été mesurées sur la caisse de tête sous forme de vibrations mécaniques, cependant avec un niveau en partie beaucoup plus bas.

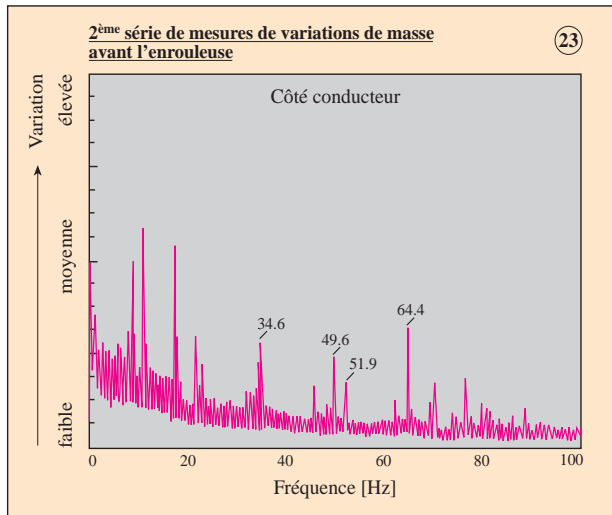
Conclusion: la cause devait provenir du circuit de tête de machine. Des mesures correspondantes sur des tuyauteries et sur tous les divers équipements n'ont cependant pas livré de « piste sérieuse » (schéma fig. 22). Sur ce, on a décidé de reprendre les mesures quelques temps plus tard.



Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse



Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse



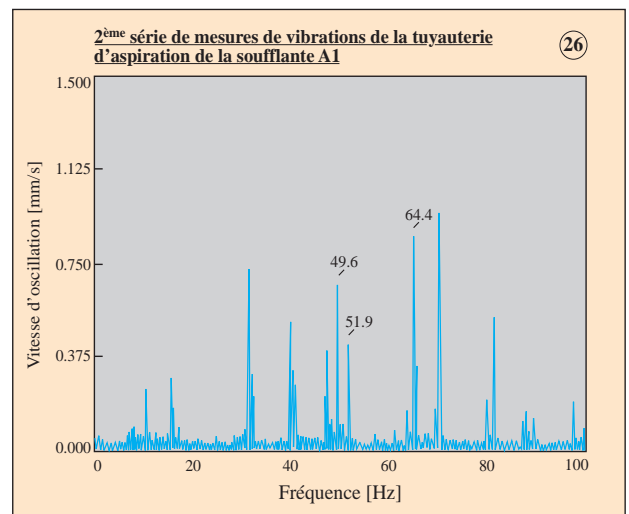
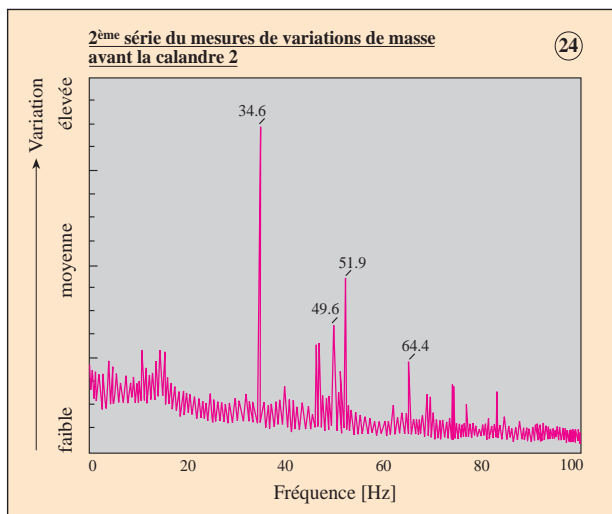
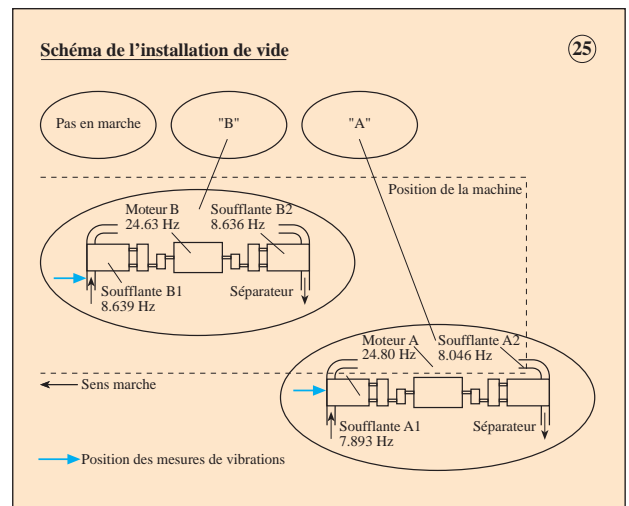
variations de masse de 34.6, 49.6, 51.9 et 64.4 Hz. Il s'agit ici d'un ensemble 4 soufflantes Roots entraînés par 2 moteurs. La figure 25 illustre de façon schématique l'installation de vide avec les positions des mesures de vibrations effectuées. Les fréquences indiquées sur le schéma sont les fréquences de rotation des soufflantes et des moteurs.

Les mesures de vibrations sur la tuyauterie d'aspiration de la soufflante A1 (fig. 26) montrent de nombreuses vibrations relativement hautes, qui se corrélient cependant toutes avec les fréquences de rotation ou leurs multiples des équipements de l'installation de vide; même les fréquences des perturbations sont présentes: 49.6 Hz = 2 x fréquence du moteur A, 51.9 Hz = 6 x fréquence de rotation des soufflantes B1/B2, 64.4 Hz = 8 x fréquence de rotation de la soufflante A2. De façon analogue, on a pour les mesures de vibrations sur la tuyauterie d'aspiration de la soufflante B1 (fig. 27):

2<sup>ème</sup> série de mesures:

Production: LWC 70 g/m<sup>2</sup>  
Vitesse enrouleuse: 1017 m/min

La répétition des mesures ODIN sur le bord CC de la feuille avant enrouleuse (fig. 23) a montré un aspect intéressant: malgré l'augmentation de vitesse machine, les fréquences mesurées étaient restées inchangées, ce qui confirmait que la cause provenait des circuits de tête de machine (les fréquences aux alentours de 20 Hz n'étaient pas significatives dans ce cas). La répétition de la mesure CC avant la calandre 2 (fig. 24) illustre ici aussi une répartition des pics comparable à celle de la mesure précédente (voir fig. 16). On a donc renoncé à faire des mesures supplémentaires en amont sur la machine proprement dite. Après une recherche plus longue et plus minutieuse dans les circuits de tête de machine, on a finalement établi que le circuit de vide était la cause des

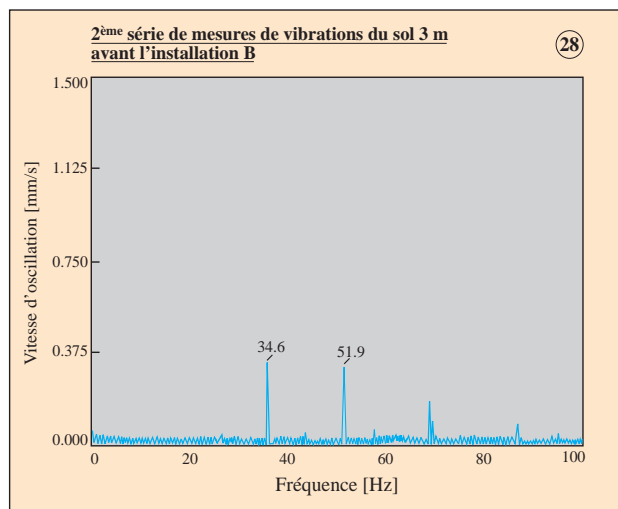
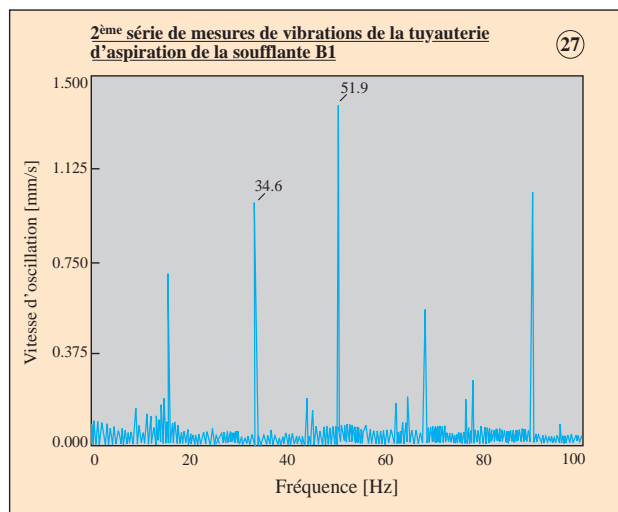
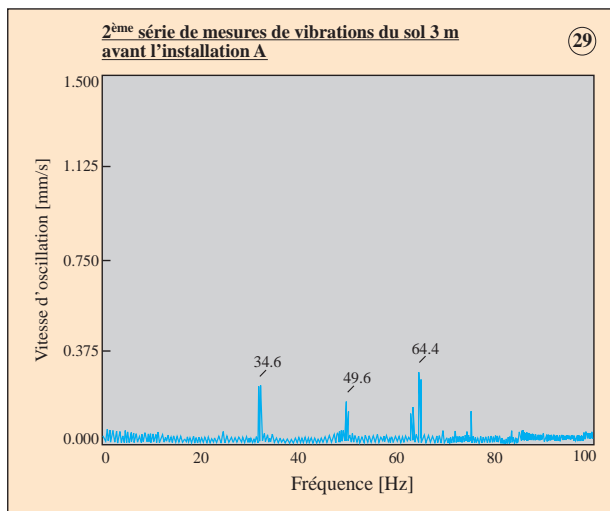


Mesures de service pour le diagnostic de variations périodiques de masse

34.6 Hz = 4 x fréquence de rotation des soufflantes B1/B2, 51.9 Hz: voir figure 26. Tous les autres pics ne sont pas importants pour le problème analysé ici.

Suite à la découverte de cette concordance, on s'est demandé quel était le « milieu transmetteur » des vibrations à la machine à papier, surtout – et ceci est très remarquable – la distance entre la machine et l'installation de vide se monte à environ 15 m (!) et, en dernier lieu, un « étage » se trouve sous la machine.

Des mesures sur le sol à environ 3m des soufflantes ont mis en évidence des vibrations très nettes du plancher machine (fig. 28 et 29), ceci de plus avec les fréquences de perturbations connues. Cette constatation porte à conclure avec une grande conviction que les vibrations de l'installation de vide se propagent jusque dans la caisse de tête le long du plancher machine et des poutres de soutien, conduisant par la suite à des variations longitudinales de masse dans le papier.



Il faut encore contrôler si une propagation se fait par le vide lui-même et, si oui, dans quelle mesure.

De toute façon, seul un montage des soufflantes et des moteurs sur un bâti absorbant les vibrations peut remédier définitivement au problème, comme nous avons pu l'observer dans une autre papeterie.

**Conclusion**

Ces exemples pratiques montrent nettement que, avec l'aide d'un équipement de mesures de qualité supérieure, avec une grande expérience et avant tout le savoir-faire dans l'exploitation des résultats technologiquement significatifs des séries de mesures effectuées, ceci aux fins de recommandations utilisables dans l'élimination des perturbations, l'on arrive finalement quand même à remonter à leurs causes cachées et quelques fois même « sournoises ».

L'installation à demeure d'une fourche de mesures ODIN pour la détermination de variations longitudinales de masse n'apparaît sensée que sur les machines disposant déjà d'un équipement de mesure de vibration embarqué.

Soulignons toutefois que l'installation des appareils portables est quelques fois très difficile (par exemple pour des raisons de place). La coopération entre les constructeurs de machines à papier, les papeteries et Heimbach devrait néanmoins permettre de prévoir des positions de mesures et des systèmes de montage garantissant une installation facile et sans danger des instruments en question, ceci à un coût très réduit.