

La mesure aux ultrasons - nouvelle méthode de commande de la machine à papier

par Gunnar Lindblad, ancien Chef des Produits AUTOLINE - TSO - ISOTUNER,
AB Lorentzen & Wettre, Kista, Suède.

Résumé

Jusqu'ici, la machine à papier était essentiellement commandée à l'aide de l'information relative à l'épaisseur, au grammage et au taux d'humidité déterminés en temps réel (On-Line). A présent la mesure aux ultrasons arrive en force bien que pour le moment elle ne soit obtenue qu'avec un équipement de mesure en différé (OFF-Line).

La mesure aux ultrasons ou mesure TSO comme l'appelle Lorentzen & Wettre existe déjà depuis un certain nombre d'années. TSO est l'abréviation de Tensile Stiffness Orientation (c'est-à-dire l'orientation de la rigidité à la traction). Elle définit les propriétés élastiques du papier qu'il est possible de mettre en relation directe avec la machinabilité dans la machine à papier et dans le processus de transformation intervenant par la suite.

La procédure est simple, un échantillon sens travers machine est prélevé directement dans la bobine mère de la machine à papier. On fait passer l'échantillon sens travers machine dans l'appareil de mesure TSO et un rapport est produit, fournissant les quatre propriétés principales:

l'angle TSO - qui informe du réglage de la caisse de tête

le TSI sens machine - qui informe du réglage de la section des presses

le TSI sens travers machine - qui informe du réglage de la sécherie et du raffinage

le quotient TSI sens machine/TSI sens travers machine qui nous informe du réglage des conditions de résistance de la feuille.

Les différentes propriétés sont présentées sous forme de profils et peuvent être directement comparées aux trois propriétés principales du système ON-Line. Nous avons trouvé empiriquement les valeurs limites des différentes propriétés qui fournissent les meilleures conditions de machinabilité sur la machine à papier et qui donnent alors une qualité de papier variant dans la mesure la plus petite possible.

Le présent article décrit en détail comment les différentes propriétés se conjuguent et comment il convient d'en tirer au mieux parti pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

L'appareil de mesure TSO

L'appareil de mesure TSO L&W est à proprement parler un instrument de laboratoire qui peut être utilisé d'une part, pour optimiser le processus, et d'autre part, pour simplifier le contrôle de la qualité.

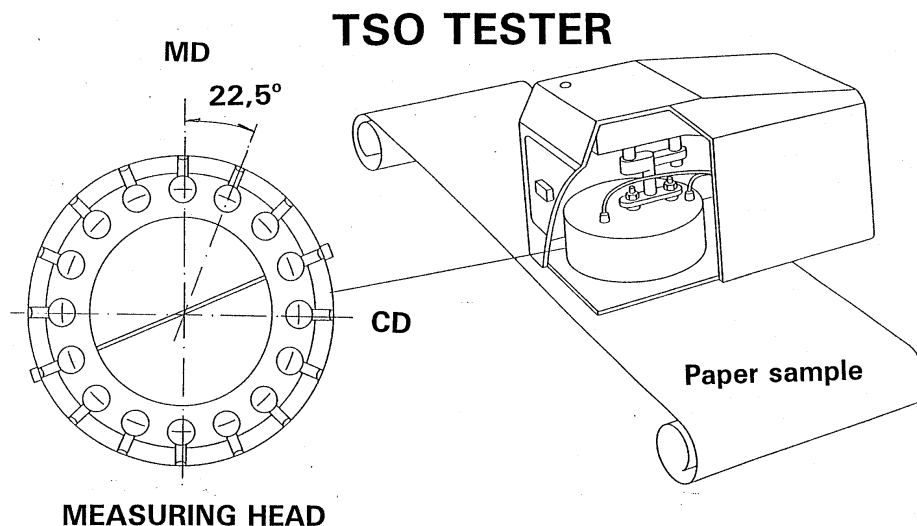


Fig.1

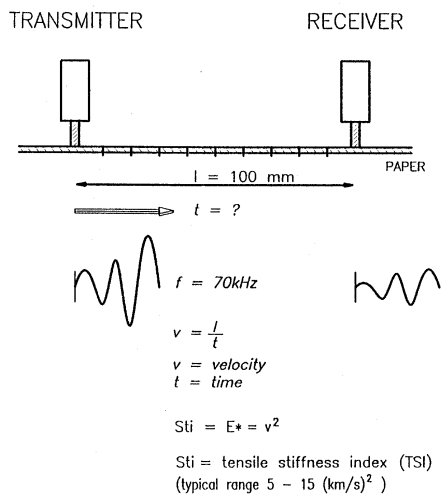


Fig.2

Il est fondé sur le principe des ultrasons où une impulsion ultrasonique longitudinale est émise à travers le papier, dans le plan de celui-ci, à partir d'un émetteur vers un récepteur. L'instrument de mesure est équipé d'une tête de mesure qui comprend 8 paires d'émetteurs et de récepteurs, disposés à intervalles réguliers dans toutes les directions du plan. Les signaux sont convertis pour décrire l'élasticité dans toutes les directions du papier. La mesure elle-même prend 5 secondes par position de mesure ce qui fait qu'une mesure complète sur une machine à papier de 9 m de largeur prend 9 minutes (90 positions pour les valeurs de mesure). Le résultat est présenté sous forme d'un rapport relatif à une bobine mère dans lequel figurent la valeur moyenne, l'écart type, les valeurs maximale et minimale ainsi qu'une représentation graphique des profils des quatre propriétés principales.

Ce sont:

- * l'angle TSO qui décrit l'angle formé entre le sens machine et la direction où l'élasticité est maximale, TSI-MAX
- * le TSI sens machine qui décrit l'élasticité dans le sens machine
- * le TSI sens travers machine qui décrit l'élasticité dans le sens travers machine
- * le rapport TSI sens machine/TSI sens travers machine qui décrit la relation entre l'élasticité dans le sens machine et l'élasticité dans le sens travers machine. Le quotient

ou valeur anisotropique est à comparer au quotient obtenu entre les propriétés de résistance classiques, comme la résistance à la traction, la résistance à la flexion, la résistance à la compression etc.

POLAR ANGLE DIAGRAM

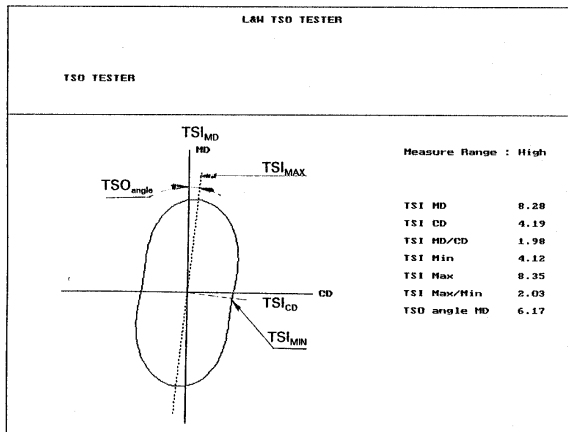


Fig.3
Force range of the material

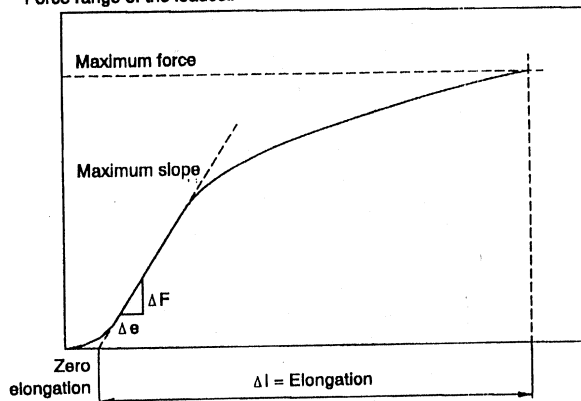


Fig.4

Les expériences faites par les papeteries qui aujourd'hui se servent régulièrement de l'appareil de mesure TSO pour commander leur processus, nous ont donné certaines valeurs indicatives sur lesquelles nous pouvons nous baser.

L'angle TSO

L'angle TSO nous indique si le papier en question présente une tendance au tuilage et/ou au vrillage. La plupart du temps le tuilage provient du fait que les deux faces du papier sont différentes tandis que la composante du vrillage dépend de l'élasticité.

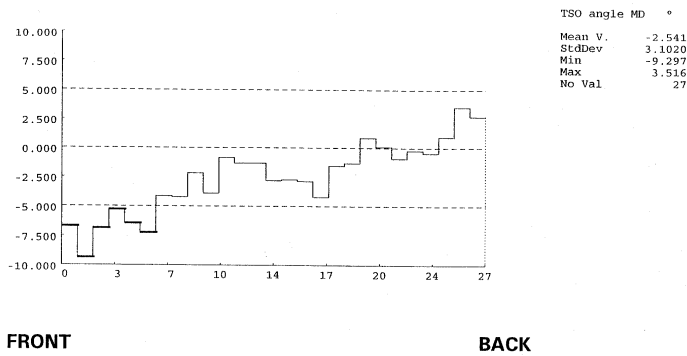


Fig.5

Pour toutes les qualités de papier, à l'exception peut-être du papier kraft pour sacs de grande contenance, la valeur indicative doit se situer entre ± 5 degrés, où la moyenne se situe entre 0 degrés. Une valeur moyenne en dehors de 0 degré (tolérance $\pm 0,5$ degrés) indique que la caisse de tête n'est pas correctement équilibrée.

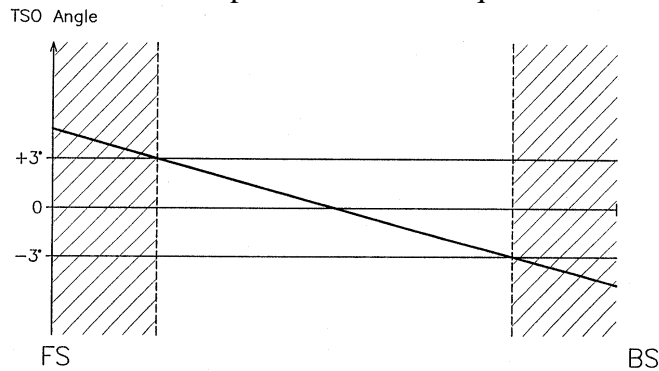


Fig.6

Ce déséquilibre peut être dû à de nombreuses causes, mais presque toujours cela tient au fait que la vanne de recyclage est mal réglée. Les autres éléments essentiels pour un réglage parfait de la caisse de tête sont les suivants:

- * l'équilibre de pression dans la caisse de tête
- * le fonctionnement et la propreté des vannes d'écoulement latéral
- * les obstructions éventuelles dans le système d'écoulement de la caisse de tête
- * le système d'alimentation de la caisse de tête
- * le marbre
- * le parallélisme des lèvres de la bouche d'écoulement avec le marbre lui-même

Par exemple pour le papier destiné à la photocopie et à l'impression laser, nos clients ont estimé que l'on devait renforcer les exigences. $\pm 2,5$ à 3 degrés représentent des critères courants pour presque toutes les papeteries qui produisent ce type de qualités de papier. Ceci fait que par exemple les imprimeries qui effectuent des surimpressions sur des formulaires etc peuvent se sentir rassurées et éviter des perturbations coûteuses de leur processus. Il n'y a pas eu non plus de réclamations de la part de fabricants et d'utilisateurs de photocopieuses et d'imprimantes laser.

En revanche, ces critères ne peuvent être appliqués sans modifications au papier kraft pour sacs de grande contenance. Normalement on produit ce papier avec une valeur anisotropique

voisine de 1, c'est-à-dire que les caractéristiques de résistance et l'élasticité sont identiques tant dans le sens machine que dans le sens travers machine. Nous avons par contre constaté qu'il est également important que le producteur de papier kraft pour sacs règle sa caisse de tête en partant d'un papier quelque peu orienté avant que sa valeur anisotropique ne soit ajustée aux environs de 1 ou que le groupe Clupack ne soit couplé.

Il est également important de dire que l'orientation des fibres et l'angle TSO ne sont pas la même chose. L'angle TSO ou l'orientation de la rigidité à la traction représente une propriété complexe dans laquelle l'orientation des fibres est une composante et les autres composantes sont les tensions et les allongements internes du papier. Ces contraintes et allongements proviennent d'une part de la section des presses et d'autre part de la sécherie. Un papier qui est enduit ou qui est exposé d'une autre manière à une humidification puisque le séchage lui-même expose le papier à des tensions et des allongements internes supplémentaires. Un papier qui a été humidifié après le processus de fabrication et qui a pu sécher librement, donne en principe une valeur d'orientation des fibres identique à celle de l'angle TSO.

Des expériences ont également montré qu'un élément de la stabilité dimensionnelle ou plus précisément l'hygroexpansion et alors également le retrait sont perpendiculaires à l'angle TSO et non à l'orientation des fibres. Ceci fait qu'il y a en outre lieu de suivre l'angle TSO des qualités de papier qui sont destinées à permettre une bonne impression en quadrichromie sans problème de registre ou lorsque l'effondrement des piles peut être un problème.

TSI sens machine

Le TSI sens machine ou indice de résistance à la traction dans le sens machine est une propriété qui peut être mise en relation directe avec bon nombre des problèmes de machinabilité qui se présentent aujourd'hui dans une machine à papier et lors de la transformation intervenant par la suite.

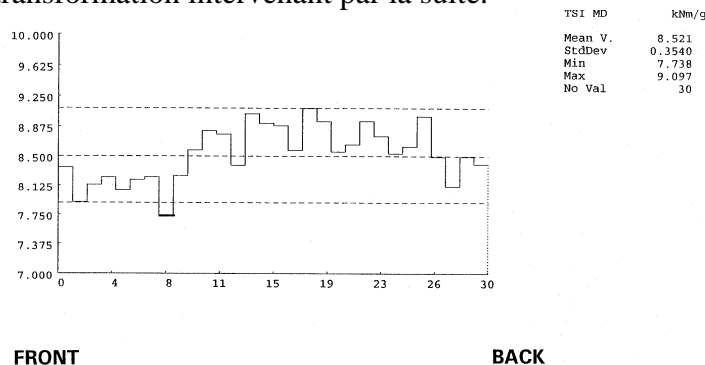


Fig.7

Le profil lui-même doit être aussi plat que possible. Ceci nous donne une élasticité régulière dans le sens travers machine. Les variations qu'il est possible d'admettre sont comprises entre 5 et 10 % en fonction de la qualité du papier.

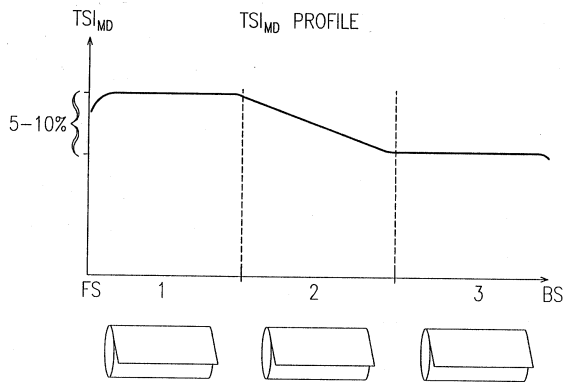


Fig.8

Un papier fortement orienté comme le papier journal doit avoir une valeur de variation située dans la plage inférieure pour éviter de cette manière des bords avachis une rupture de la bande dans la machine à papier et dans la presse à imprimer, des fronces/la formation de plis, etc.

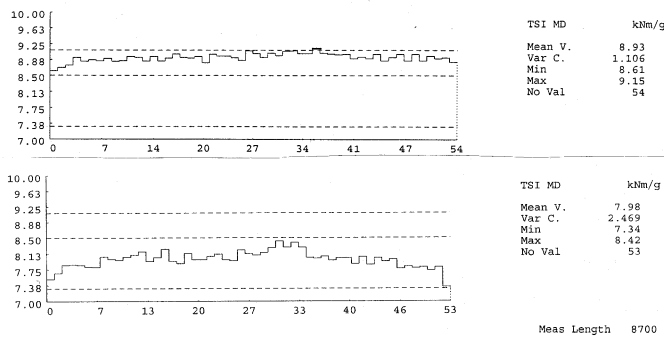


Fig.9

Si l'on fait une comparaison avec par exemple une couverture kraft ou un papier à canneler dont les caractéristiques de résistance à la compression sont importantes, nous pouvons mettre en relation le TSI sens machine avec le SCT sens machine (résistance à la compression d'une bande) et le CMT (Concora Medium Test) respectivement. En raison de la grande dispersion des méthodes de mesure classiques et en outre de perturbations plus difficiles à décrire intervenant dans la méthode de mesure elle-même, la comparaison entre le TSI sens machine et le SCT sens machine et le CMT respectivement est souvent remise en question. Nous tenons à affirmer que la valeur TSI fournit en ce qui concerne le comportement du papier dans un emballage en carton ondulé une information meilleure et plus précise que celle que nous donnent les propriétés plus établies. L'avenir nous montrera la voie à suivre pour obtenir une information plus rapide, plus fiable et une meilleure qualité de papier.

Pour pouvoir améliorer le profil TSI sens machine, il est important que la section des presses soit bien réglée et que les feutres des presses soient en bon état. Tous les techniciens de maintenance des fournisseurs de feutres disposent aujourd'hui d'un appareil de mesure de l'humidité Scanpro PressTuner L&W ou JetMem pour le contrôle de l'égouttage dans la section des presses.

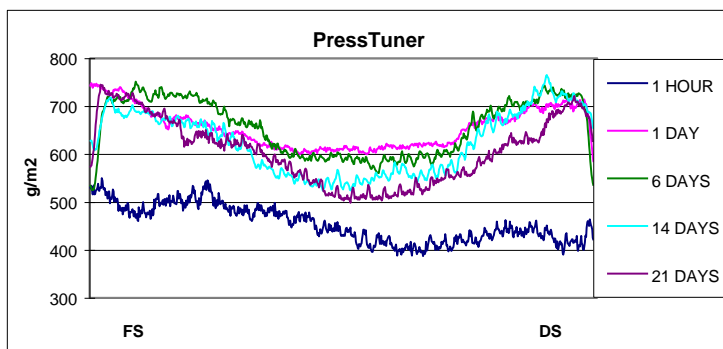


Fig.10

L'information fournie par ces appareils de mesure Scanpro est essentielle pour l'optimisation de la section des presses et du profil TSI sens machine. L'appareil mesure, comme on le sait, le taux d'humidité du feutre et peut à l'aide de cette information indiquer dans quelle mesure la section des presses assure un égouttage correct, comment les caisses aspirantes fonctionnent et si le rouleau est correctement bombé. Un autre instrument qui commence à se répandre de plus en plus est le Scanpro FeltPerm L&W.

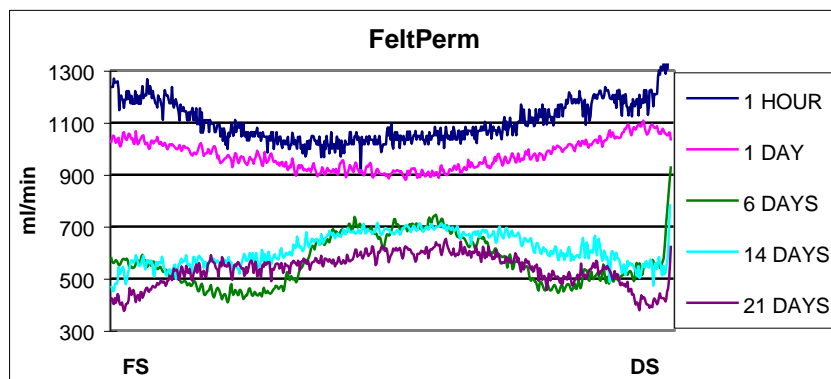


Fig.11

Cet appareil de mesure est basé sur le principe de la perméance à l'eau dans lequel de l'eau est injectée sous une pression connue à travers le feutre de la presse par l'intermédiaire d'une buse de diamètre connu. Par ce moyen il nous est possible de calculer la perméabilité du feutre à l'eau et même de voir si celui-ci est obstrué ou en bon état.

Les facteurs qui influent sur le profil TSI sens machine sont les suivants:

- * le raffinage
- * la traction entre les sections de presses
- * le bombage des rouleaux
- * l'état des caisses aspirantes
- * l'égouttage dans la section des presses
- * l'état des feutres des presses
- * le réglage de la force de pressage
- * l'angle TSO

TSI sens travers machine

Le TSI sens travers machine ou indice de rigidité à la traction dans le sens travers machine peut être mis en relation directe avec les exigences relatives au papier en ce qui concerne la résistance dans le sens transversal et également le retrait/l'expansion dans le sens travers machine.

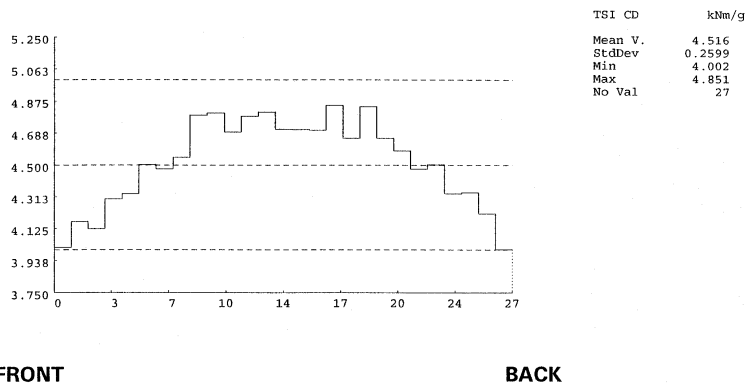


Fig.12

Le profil caractéristique du TSI sens travers machine peut être décrit sous la forme d'une courbe convexe dont le sommet se trouve au milieu et les extrémités dans le bas. La variation caractéristique se situe aux environs de 20 %, lorsque les trois autres paramètres d'exploitation, l'épaisseur, le grammage et le taux d'humidité sont maintenus dans une plage de variation de ± 1 à 2 %.

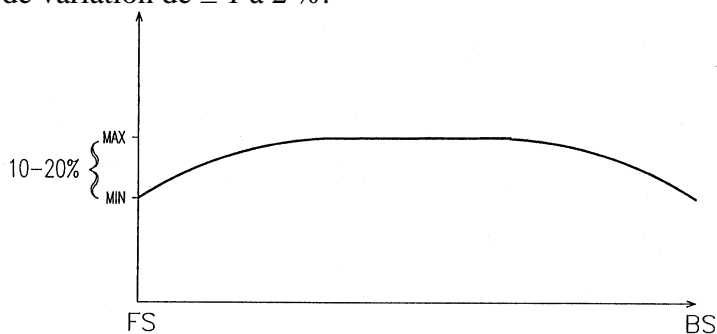


Fig.13

Nous avons cependant constaté des écarts par rapport à cela, notamment pour le papier journal qui présente normalement une variation supérieure à 20 %. Un autre exemple est le papier support pour étiquettes qui requièrent un bon support pour le découpage. Celui-ci est par conséquent fortement raffiné avec une faible perméabilité à l'air et il en résulte ainsi un profil TSI sens travers machine plat.

De manière simple il est possible de mettre le TSI sens travers machine en relation avec le SCT-T sens travers machine (résistance à la compression d'une bande) et le RCT sens travers machine (résistance à l'écrasement d'un anneau de papier), deux propriétés très importantes pour déterminer la résistance à la compression d'une couverture kraft et d'une couverture bicolore kraft respectivement.

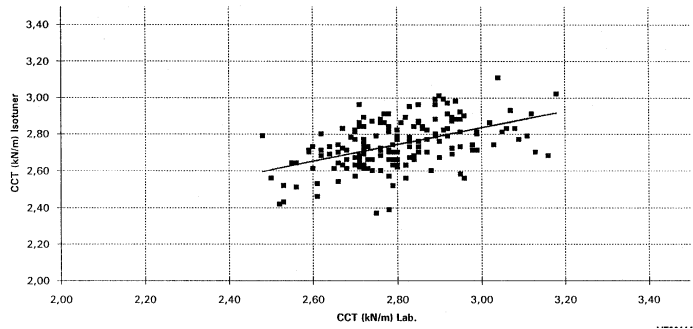


Fig.14

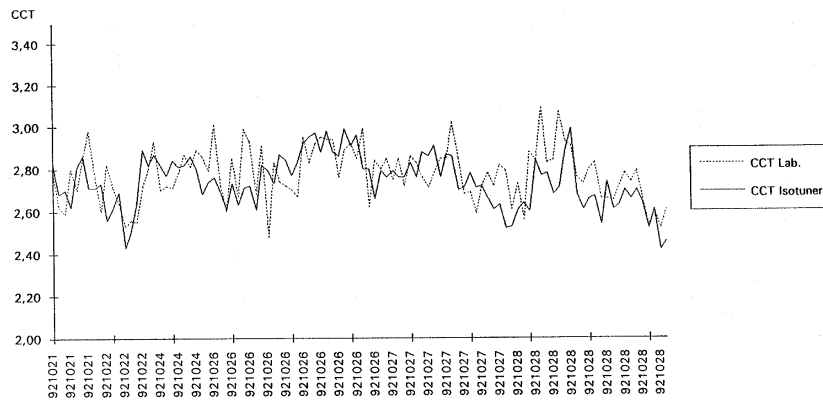


Fig.15

La vitesse différentielle entre la vitesse du jet et la vitesse de la toile de la machine commande entre autres le niveau du profil TSI sens travers machine et son aspect. En outre, le raffinage influe sur le bombement du profil. Ceci avec la faculté d'influer sur la traction transversale dans la sécherie permet de contrôler le retrait dans le sens travers machine. Cela est essentiel lorsque le retrait influe sur la forme du profil TSI sens travers machine.

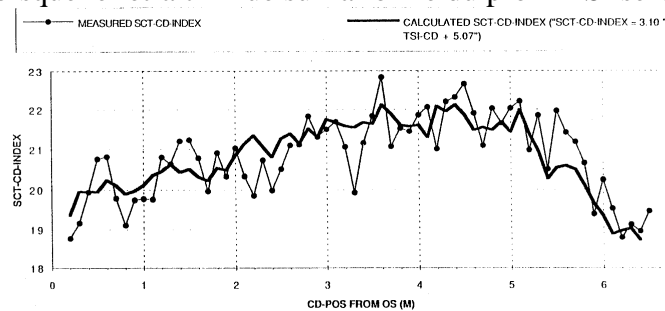


Fig.16

Les facteurs qui influent directement sur le profil TSI sens travers machine sont les suivants:

- * la sécherie
- * le raffinage
- * la traction dans le sens machine
- * la traction dans le sens travers machine
- * la vitesse différentielle entre la vitesse du jet et la vitesse de la toile de la machine.

TSI sens machine/ TSI sens travers machine - anisotropie

Le quotient TSI sens machine/TSI sens travers machine ou quotient des indices de rigidité à la traction est commandé par la vitesse différentielle entre la vitesse du jet et la vitesse de la toile de la machine.

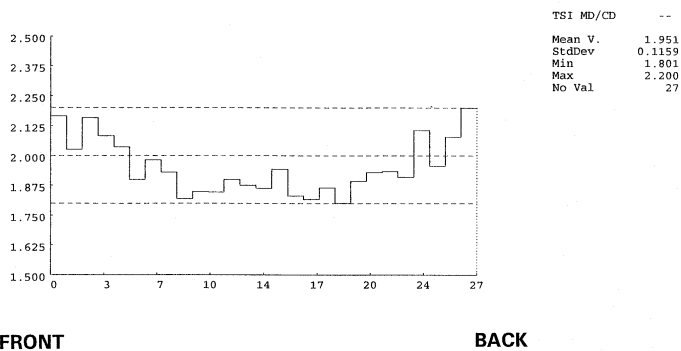


Fig.17

La relation est connue depuis longtemps. On sait également que l'on obtient la meilleure structure de feuille et une tendance minimum au tuilage en position d'équilibre, c'est-à-dire lorsque la différence de vitesse est égale à 0. Cependant il est très difficile de faire fonctionner une machine à papier dans cette situation et on s'efforce de la faire fonctionner avec une vitesse différentielle soit négative soit positive proche de la position d'équilibre. On peut citer le fait que très souvent, le quotient des vitesses jet/toile que le système de commande de la machine à papier indique, ne donne pas toute la vérité. La vitesse du jet est habituellement déterminée en prenant comme point de départ les variations de pression. Ce n'est pas suffisamment précis notamment en position d'équilibre. Une méthode très sûre pour déterminer la position d'équilibre consiste à mesurer la largeur de la bande de papier maximale en position d'équilibre.

Nous avons trouvé les valeurs indicatives suivantes du quotient TSI sens machine/TSI sens travers machine pour différentes qualités de papier:

Papier photocopie et impression laser	1,8 à 2,3
Papier d'impression en continu	2,3 à 2,7
Papier journal	3,0 à 5,5
Couverture kraft (en relation avec la résistance)	2,0 à 2,5
Couverture kraft (en relation avec la résistance à l'éclatement)	3,0 à 3,5
Carton	2,0 à 2,5
Papier kraft pour sacs de grande contenance	1,0 à 1,3

La variation de ces valeurs dépend de l'importance des variations que l'on admet pour les profils d'entrée. Si aussi bien le TSI sens machine que le TSI sens travers machine varient dans la plage supérieure, cela nous donne immédiatement une grande variation de l'anisotropie.

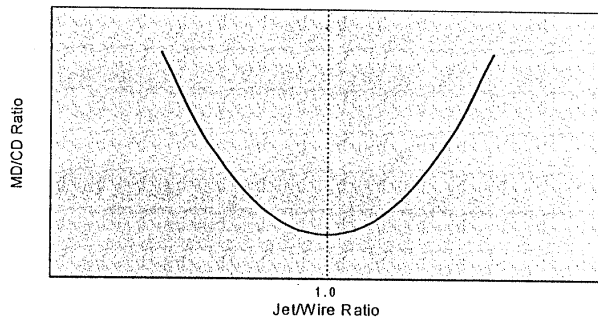


Fig.18

Des comparaisons ont été faites dans lesquelles on a présenté les valeurs du quotient TSI sens machine/TSI sens travers machine, du quotient des résistances à la traction sens machine/sens travers machine et du tuilage par rapport à la différence de vitesse. Ceci a été fait, entre autres, pour un papier à photocopie sur une machine à papier Valmet. Un tuilage minimum est signalé dans la position d'équilibre tandis que les quotients minimum TSI et résistance à la traction respectivement se présentent dans le cas d'une différence de vitesse négative.

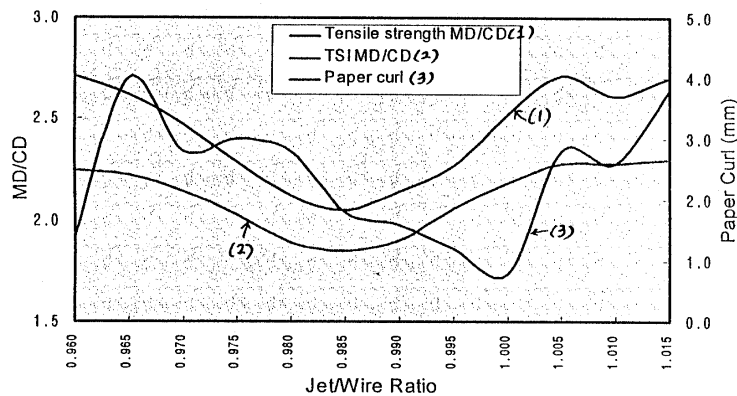


Fig.19

Mode opératoire pour optimiser la machine à papier à l'aide de la mesure TSO aux ultrasons

La première chose à faire est de vérifier si la machine est correctement réglée. On songe ici au parallélisme, à l'équilibrage, au débit d'aspiration, aux variations de vitesse, à la concentration de la pâte, à l'état du feutre et de la toile, etc.

Etant donné que nous avons l'intention de commencer par la caisse de tête, nous devons également noter les paramètres d'exploitation qui sont utilisés. Il peut être également intéressant de faire une mesure de la vitesse du jet vu que celle-ci est normalement calculée par l'intermédiaire du système de commande de la machine.

Des échantillons sens travers machine sont prélevés dans 10 ou 20 positions dans la bobine mère et sont testés dans l'appareil TSO. Il faut un nombre d'échantillons relativement élevé pour pouvoir constater l'existence d'une variation dans le sens machine qui a une influence sur l'angle TSO.

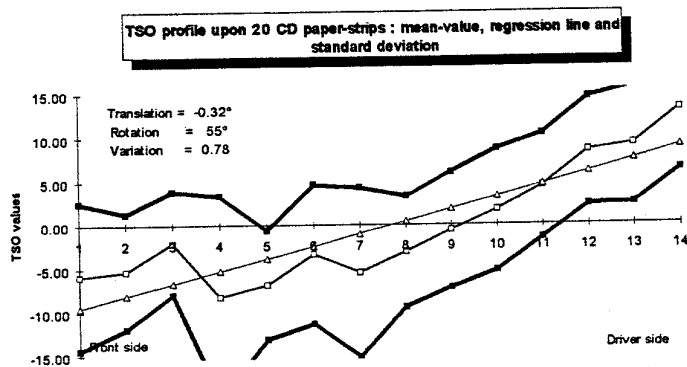


Fig.20

Les mesures sont effectuées et les résultats sont transférés dans une feuille de calcul (par exemple EXCEL) pour permettre le calcul de la pente moyenne de tous les profils de la série de mesure (translation) et son angle. Il nous est alors également possible de constater si la variation dans le sens machine est supérieure ou inférieure à celle intervenant dans le sens travers machine. Pour connaître la fréquence et l'aspect d'une variation éventuelle dans le sens machine on prélève une bande échantillon dans le sens machine sur la machine à papier. Cette bande peut avoir la même longueur ou être plus longue que celle de la toile de la machine.

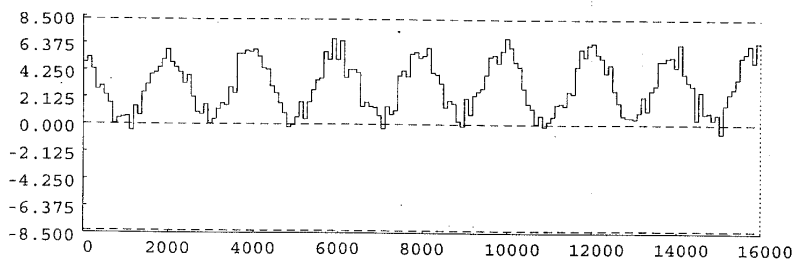


Fig.21

Après passage dans l'appareil de mesure TSO, nous pouvons analyser les résultats et éventuellement l'origine de la variation. Il est très courant qu'un déséquilibre dans la caisse de tête produise une variation dans le sens machine. D'autres causes sont les pulsations qui se produisent avant la caisse de tête ou les vibrations mécaniques dans l'un des cylindres de la machine à papier.

Lorsque nous avons constaté les mesures qu'il faut prendre pour régler la caisse d'entrée, celle-ci sera réglée et le contrôle sera répété jusqu'à ce que nous obtenions les meilleurs résultats possibles.

Une fois la caisse de tête réglée de manière satisfaisante, il y a lieu de poursuivre plus loin sur la machine à papier. Le marbre et la toile sont à proprement parler la station suivante, mais devront avoir déjà été vérifiés avant le réglage de la caisse de tête, étant donné que la partie humide influe sur le résultat final.

La section des presses vient ensuite. Nous devons faire nos mesures avec l'appareil de mesure de l'humidité Scanpro, le SCANPRO PressTuner L&W, pour constater si tout est comme il faut. Le Scanpro FeltPerm L&W pour la mesure de la perméabilité à l'eau doit être également utilisé lorsqu'un feutre obstrué ne peut nous garantir l'égouttage voulu. Le contrôle de la zone de pression des cylindres des presses doit être fait pour ce qui est de la répartition de la pression, de la charge et du bombage. On devra en outre contrôler la traction entre les cylindres des presses, étant donné que cela a une influence sur la variation du profil TSI sens

machine. On vérifiera également l'affinage et la concentration de la pâte pour modifier de cette manière l'aspect des profils.

Il est en permanence important de ne pas modifier les profils de l'épaisseur, du grammage et du taux d'humidité plus que permis. Il conviendra de vérifier ceux-ci pour chaque modification effectuée.

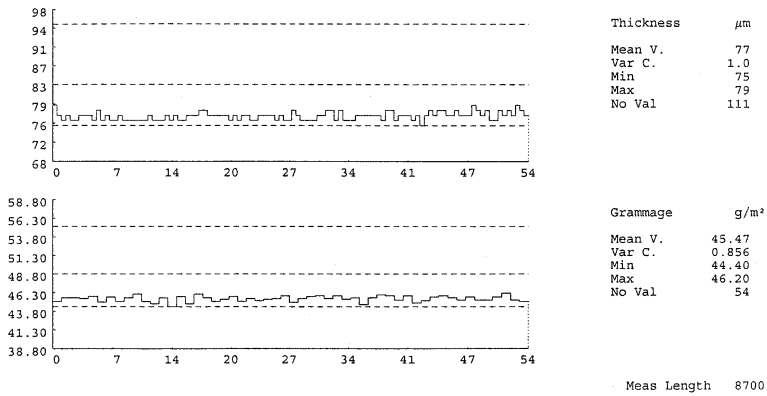


Fig.22

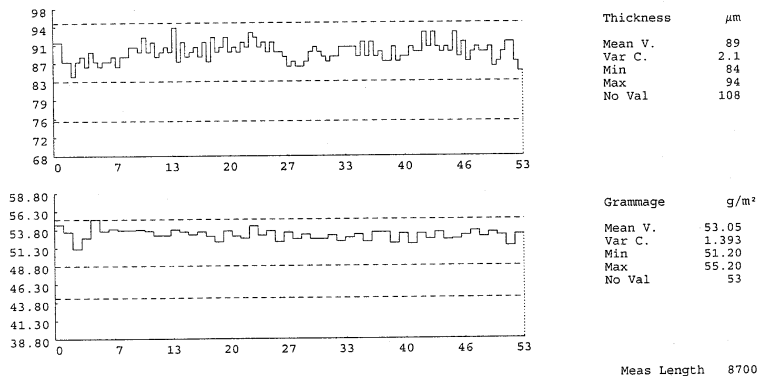


Fig.23

Nous avons vu un exemple de machine à papier mal réglée dans la section des presses du point de vue des valeurs du TSI sens machine pour compenser de cette manière un mauvais profil d'humidité. Ceci se manifestait sous forme d'une bosse dans le profil TSI sens machine et la papeterie se considérait obligée de fonctionner de cette manière.

Après l'intervention sur la section des presses, nous pouvons essayer d'apporter des améliorations à la sécherie. Ce n'est peut-être pas ce qu'il y a de plus facile, mais il existe cependant certaines possibilités, comme la modification de la traction entre les cylindres-sécheurs, le réglage de la température entre les cylindres-sécheurs respectifs et à l'intérieur de ceux-ci. Il ne faut pas oublier non plus l'influence du raffinage et également la différence de vitesse avec laquelle nous faisons fonctionner la machine.

Résumé

Dans le présent article nous avons voulu signaler la possibilité d'utiliser une technique de mesure moderne comme la mesure aux ultrasons pour optimiser une machine à papier.

La fabrication du papier est un processus complexe et il faut avoir une longue expérience et beaucoup de savoir faire pour assurer une fabrication correcte. Nous ne sommes pas papetiers, mais nous avons une grande expérience des techniques de mesure et également de l'évaluation des résultats qui sont obtenus avec les instruments que nous fabriquons. Les expériences des papeteries qui suivent plus ou moins le schéma que l'article décrit sur le plan des possibilités d'optimisation se sont avérées être très précieuses. On a notamment amélioré la machinabilité avec pour résultat moins de mises au rebut. Les spécifications de la qualité sont devenues plus strictes ce qui à son tour entraîne des économies sur le plan des coûts.

Suivre l'élasticité au lieu des propriétés classiques de résistance offre une meilleure image de la machinabilité du papier et des possibilités insoupçonnées d'améliorer encore le papier.

Références

- (1) Polar Diagrams of Elastic Stiffness : Effect of machine variables, Gary A.Baum, (1987)
Paper Physics Conference
- (2) L'Optimisation de la Qualité sur la Machine à Papier, J.Silvy, V.Morin, A.Allée, *ATIP* 44 (6)(1990)
- (3) The influence of rolls and reels on flutter and windage, Richard J.Adams, **75**(11) (1992)
TAPPI Journal
- (4) Automatic measurement of sheet directionality and elastic properties by ultrasound, H.Ekblad, *Pulp and Paper Canada*, **94**(9) (1993)
- (5) Applications of coordinated profile control, Harri Mustanen, Petri Nyberg, *Control Systems* (1994) Stockholm
- (6) Module-Jet - erste Betriebserfahrungen mit dem neuen Stoffauflaufkonzept.
Wochenblatt für Papierfabrikation,.(12) (1994)
- (7) Field experience in prediction of corrugated board strength with ultrasonic testing, J.Sandström, M.Titus,**78**(10) (1995) *TAPPI Journal*.
- (8) A new headbox design featuring consistency profiling decoupled from fibre orientation response. Scott B. Pantaleo, **78** (11) (1995) *TAPPI Journal*
- (9) Effects of Wet Straining and Drying on Fibre Orientation and Elastic Stiffness Orientation.
T.R.Hess, P.H.Brodeur, **79** (5)(1996) *Journal of Pulp and Paper Science*
- (10) An On-Line Control System for Simultaneous Optimisation of Basis Weight and Orientation Angle Profiles
John Shakespeare, Juha Kniivilä, Anneli Korpinen, Timo Johansson, (3)(1996) *Paper Technology*