

Presenté à la Conférence Internationale
WIRE & CABLES - EUROPE
Düsseldorf, 26 - 27 Mai 1999



La mesure en ligne de diamètre du fil de fer tréfilé: comment utiliser avec succès les jauges laser dans cet environnement très difficile.

Sommaire

Il est reconnu que le principal obstacle qui s'oppose à une utilisation étendue de la mesure de diamètre en ligne dans l'industrie du fil métallique est la sensibilité à la poussière de la majorité des instruments optiques aujourd'hui disponibles. Le savon et la poudre de fer, éléments courants dans le processus de tréfilage à sec, peuvent influencer négativement la précision de mesure et même "aveugler" en peu de temps n'importe quel instrument de mesure optique. Ce rapport illustre la plus récente technologie laser Aeroel appliquée au tréfilage: 10 ans d'expérience dans le domaine et une constante recherche d'amélioration ont abouti au développement de solutions pratiques efficaces et fiables, permettant de résoudre enfin le problème de la poussière de tréfilage.

A. Spizzamiglio & E. Zampieri - Aeroel - Italie

1 - Introduction

Il est aujourd'hui universellement reconnu que la mesure en ligne du diamètre de fil peut améliorer considérablement aussi bien la qualité du produit que l'efficacité du processus. Plusieurs types de fils, spécialement ceux en acier à haut contenu de carbone, peuvent être avantagés par le contrôle continu du diamètre. L'usure de la filière peut être vérifiée en temps réel en mesurant le diamètre final du fil: si ce paramètre dépasse les limites de tolérance pré-programmées la tréfileuse peut être arrêtée immédiatement, évitant ainsi de produire du fil hors tolérance. Cette fonction devient nécessaire quand les tolérances dimensionnelles, la vitesse de tréfilage et le poids de la bobine de récolte sont tels qu'un simple contrôle à la fin de chaque bobine ne peut donner la certitude que tout le fil de la bobine est en tolérance.

D'autres avantages dérivent du majeur niveau d'automatisation: il suffit seulement de penser à l'économie de main d'oeuvre, autrement utilisée pour mesurer manuellement chaque bobine, et à la possibilité de disposer en temps réel des données sur les diamètres relatives à 100% de la production, de façon à garantir la qualité du produit et à démontrer la capacité du processus.

Depuis qu'ils ont été introduits sur le marché, les micromètres laser ont toujours été considérés comme les instruments idéaux pour cette tâche, parce que seule une technologie de contrôle sans contact peut permettre de mesurer un produit qui se déplace à haute vitesse et qui est dans la plupart des cas soumis à de fortes vibrations. Malheureusement il apparut aussitôt évident que certains facteurs critiques auraient conditionné le succès d'une telle application.

La précision de mesure, qui ne doit pas être influencée par la vitesse et la vibration du fil, et le coût de l'instrument qui doit être compatible avec les profits de l'investissement, sont sûrement deux éléments fondamentaux qui doivent être pris attentivement en considération. Malgré cela, le point le plus critique commun à tous les instruments optiques, s'est révélé être la sensibilité à la poussière et plus en général à la saleté qui peut se déposer sur les surfaces optiques externes. Cet effet de contamination est "terrible" sur les tréfileuses à sec, à cause de la grande quantité de poudre de savon, utilisée comme lubrifiant pour la filière: durant le tréfilage un mélange de poussière de savon et de fer est projeté à haute vitesse de la filière vers la sortie de la machine, en suivant le fil en mouvement. Cette poussière se dépose sur n'importe quelle surface exposée et de façon particulière sur la jauge laser qui se trouve justement sur le parcours, celle-ci devant être installée après la filière et avant la bobine de récolte. Privé d'une protection adéquate, en quelques heures (souvent quelques minutes) les fenêtres de verre de n'importe quel instrument de mesure optique se saliraient d'une façon telle à aveugler complètement l'instrument, en rendant impossible son fonctionnement.

2 - L'expérience et le savoir faire Aeroel dans l'industrie du fil.

Depuis le début des années 90 l'Aeroel a dédié d'importantes ressources pour projeter et développer un système de mesure laser pour l'usage spécifique dans l'industrie du fil métallique. Le résultat a été le système Wireline, présenté en 1992, qui s'est démontré immédiatement efficace et apte à satisfaire les exigences des tréfileurs.



Fig.1: La jauge laser bi-axe ALS13XY est le coeur du système WIRELINE d'aujourd'hui; il remplace le précédent modèle ALS12XY.

Cet instrument, construit autour d'une jauge laser à faisceaux croisés modèle ALS12XY (Fig. 1), utilisait quelques caractéristiques de project innovatives et comprenait aussi un support spécial préssurisable, conçu pour protéger la jauge de la poussière (Fig. 2). La haute immunité à la saleté requise par cette application spécifique a été obtenue en alliant en sinergie trois facteurs distincts:

- project optique spécifique;
- technique d'élaboration électronique du signal;
- protection mécanique adaptée.

1) Project optique.

Le schéma optique de la jauge a été dessiné de façon telle à générer un faisceau laser à section elliptique très large au niveau des fenêtres optiques, en restant très focalisé dans la section de mesure, où doit se trouver le fil à mesurer. Des particules de poussière ou des gouttes d'émulsion déposées sur les fenêtres,

étant de dimensions beaucoup plus petites que le spot laser, causent seulement une atténuation partielle du signal, proportionnelle au rapport entre l'aire de la particule et l'aire du spot laser. Bien qu'un grand nombre de corpuscules puissent déterminer globalement une atténuation considérable du signal, il ne pourra pas y avoir de brusques variations du signal durant le balayage, ce qui au contraire pourrait avoir lieu si la dimension du spot laser était comparable à celle des particules contaminantes. (Fig. 3)

2) Elaboration électronique du signal.

Une nouvelle technique d'élaboration du signal optique (signal vidéo) qui permet d'établir avec précision la durée de l'ombre produite par le fil a été développée et traduite en un circuit électronique: de cette façon il a été possible d'extraire avec précision l'information du diamètre même à partir d'un signal fortement atténué et déformé par la poussière.

La mesure en ligne de diamètre du fil de fer tréfilé: comment utiliser avec succès les jauges laser dans cet environnement très difficile.

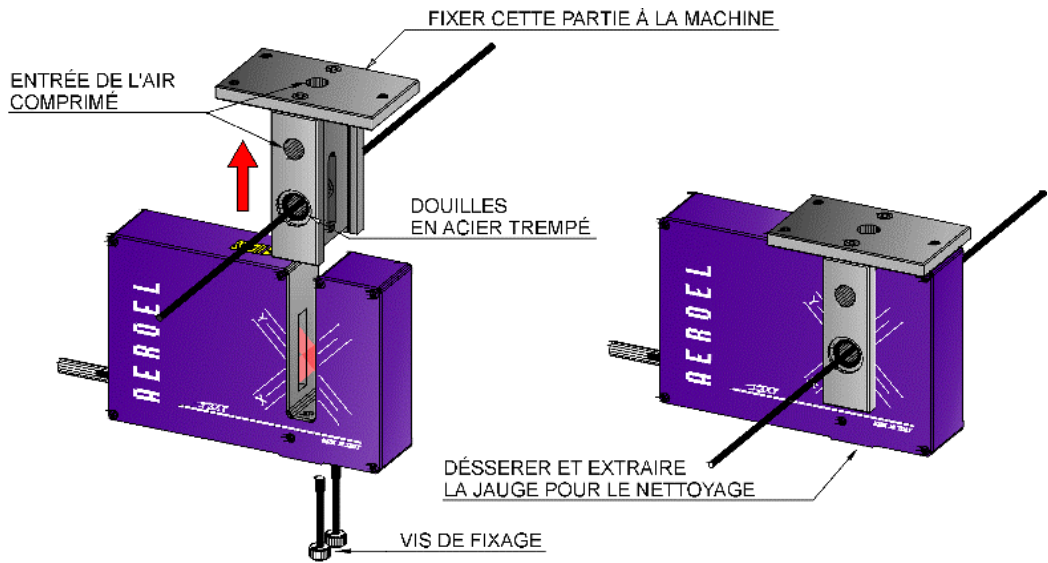


Fig.2: Protection pneumatique et mécanique pour jauge ALS13XY

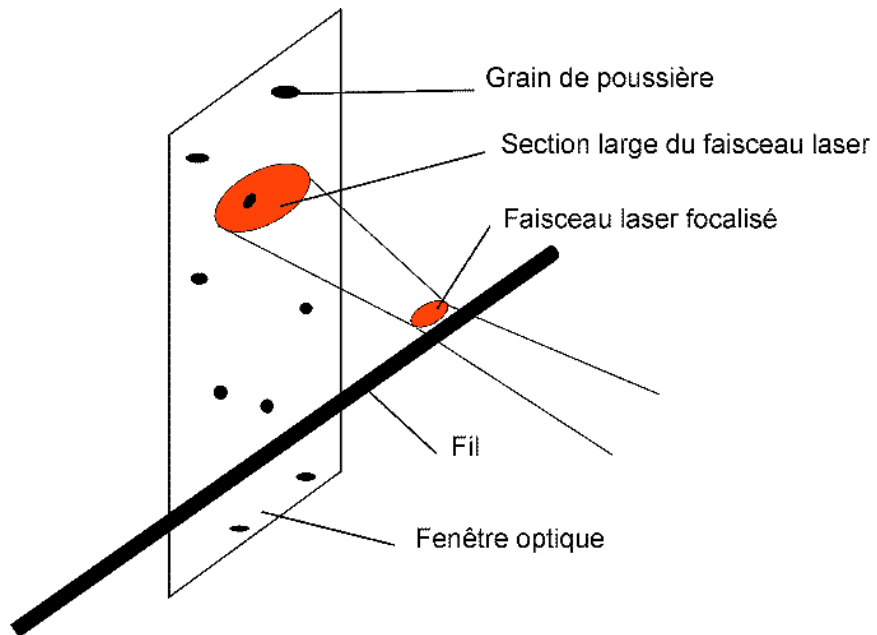


Fig.3: Le concept optique des jauges laser ALS12XY et ALS13XY

Il n'est pas possible de s'étendre d'avantage sur cette technologie, ce qui demanderait de toutes façons des connaissances électroniques spécialisées: il suffit toutefois d'observer les figures 4.3 et 4.4 pour comprendre immédiatement comment, grâce à cette technologie, il est possible d'obtenir des mesures précises et non influencées de façon notable par la poussière déposée sur les fenêtres. Cette technique en outre, ne dépend pas de la position du fil à l'intérieur du champ de mesure, et ceci malgré que le faisceau laser soit très focalisé: grâce à cette caractéristique fondamentale la mesure n'est pas influencée par les vibrations du fil, à condition que l'amplitude des oscillations soit inférieure à la largeur des faisceaux laser, à l'intérieur desquels doit être contenu le produit à mesurer.

Une autre caractéristique remarquable est le fait que, grâce à la particularité des circuits, même en présence de contamination excessive, la jauge n'a pas tendance à fournir des valeurs erronées, mais plutôt à reporter une condition d'erreur de mesure, qui peut être signalée à l'opérateur pour l'inviter à nettoyer les fenêtres optiques.

Grâce à ces deux caractéristiques spécifiques, il a été possible d'installer des jauges laser sur diverses centaines de tréfileuses à bain sans la nécessité d'aucune protection pneumatique additionnelle, en garantissant un intervalle de nettoyage de 10-20 jours, sans risque d'erreur appréciable causé par la contamination. La possibilité de travailler sans l'utilisation de l'air comprimé s'est révélé une caractéristique très importante pour l'application sur des tréfileuses à bain, étant donné le nombre élevé de machines qui d'habitude doivent être équipées et les problèmes de coût additionnel

introduits par l'usage de barrières pneumatiques, aussi bien pendant la phase d'installation (tubes, filtres, etc..) que durant l'utilisation (consommation d'air, substitution des cartouches filtrantes, etc..). Au contraire, en ayant pu contenir au maximum les coûts d'installation et d'utilisation, il a été possible d'équiper plusieurs centaines de tréfileuses à bain, à partir de 1992, auprès d'importants producteurs de câble métallique pour pneumatique.

Bien que les caractéristiques de construction de la jauge aient permis d'obtenir une excellente résistance à la poussière, ceci n'était pas encore suffisant pour garantir un fonctionnement acceptable sur les tréfileuses à sec, où les conditions de travail sont plus contraignantes.

Pour affronter l'application sur ce type de machine, une protection spéciale mécanique et pneumatique a été développée pour compléter le système Wireline.

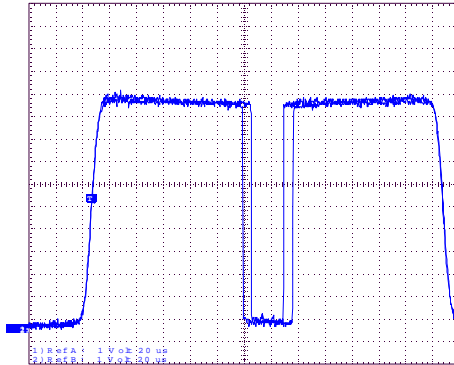
3) Protection pneumatique.

Un support modelé à "T" est fixé sur la machine: le fil passe au travers des deux trous protégés par des douilles en acier trempé et la jauge est simplement enfilée dans le support et fixée avec 2 vis. Le support est creux et est alimenté avec de l'air comprimé qui sort au travers des deux douilles: une légère surpression crée une barrière pneumatique contre la poussière et les autres agents contaminants (Fig.2).

En outre, quelque centimètres avant la jauge, un anneau de soufflage est installé dans le but de nettoyer le fil et de souffler en arrière la poussière de savon et de fer qui autrement, entraînée par le fil, se déposerait sur la jauge.

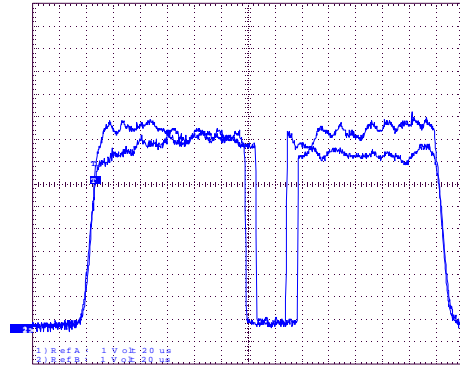
La mesure en ligne de diamètre du fil de fer tréfilé: comment utiliser avec succès les jauges laser dans cet environnement très difficile.

(1) JOUR: 0



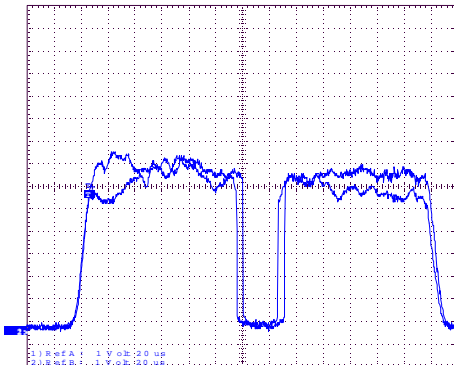
DATE : 11/11/1998
DX = 2.0000
DY = 2.0000

(2) JOUR: +7



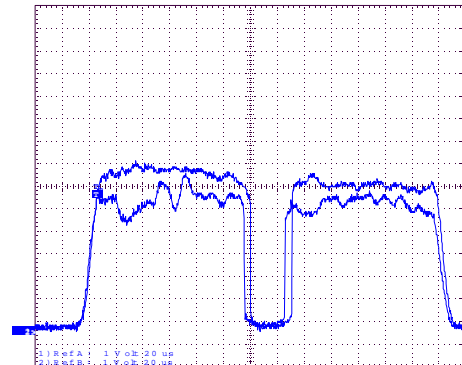
DATE : 17/11/1998
DX = 1.9993
DY = 1.9998

(3) JOUR: +14



DATE: 24/11/1998
DX = 1.9994
DY = 1.9992

(4) JOUR: +35



DATE: 15/12/1998
DX = 1.9990
DY = 1.9991

Fig.4: Enregistrements des formes d'onde du signal vidéo durant un test de longue durée, pour démontrer l'immunité à la poussière. La nouvelle protection "auto-nettoyante" est utilisée.



Fig.5: Utilisation d'une jauge ALS12XY sur une tréfileuse à sec.

En plus d'empêcher la contamination de la jauge, ce type de protection a apporté d'autres importants avantages:

- Les deux douilles d'acier constituent un écran mécanique efficace contre de possibles dommages dus à la rupture accidentelle du fil.
- La jauge peut être nettoyée ou entretenue très simplement, en extrayant la protection sans avoir besoin d'arrêter la machine pour déplacer ou enlever le fil.
- L'air qui alimente la protection est fourni par un ventilateur centrifuge, avec une surpression de 150–200 mmH₂O pour une portée de 20m³/h: le ventilateur aspire l'air ambiant et un simple et économique filtre en papier assure le filtrage de la poussière. Un seul ventilateur peut alimenter diverses jauges, diminuant ainsi les coûts.
- On n'utilise pas l'air comprimé prélevé du réseau, puisqu'il est normalement mélangé avec de l'eau et de l'huile et que son utilisation pour le nettoyage de la jauge demanderait un ultérieur filtrage, avec l'utilisation de coûteux filtres multi-étage à charbon actif. En outre les coûts de fonctionnement seraient prohibitifs, à cause de la consommation élevée d'air et de la substitution périodique des cartouches filtrantes.

- L'anneau de soufflage, alimenté avec de l'air comprimé normal, améliore la propreté du fil et donc la précision de mesure.

Grâce à cette solution il a été possible d'équiper des centaines de tréfileuses à sec, en assurant un intervalle typique de nettoyage compris entre 1 et 5 jours, variable en fonction du type de machine, du diamètre du fil, de la vitesse de tréfilage et de la position de la jauge (Fig. 5 e Fig. 6).

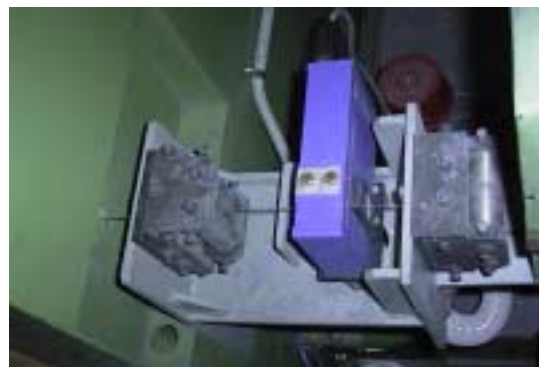


Fig.6: Utilisation d'une jauge ALS13XY sur une tréfileuse à sec.

3 - Le facteur humain

De l'expérience acquise en tréfilerie il ressort clairement qu'un autre élément peut influencer la performance des instruments de mesure, déterminant en dernière analyse le succès d'une application: c'est celui que l'on peut définir "le facteur humain".

Bien que la technologie utilisée par les instruments puisse être considérée comme une condition "sine qua non", c'est à dire absolument nécessaire pour rendre possible l'application, il est évident que, étant donné le milieu difficile dans lequel elles sont utilisées, les jauges ne peuvent être simplement installées et oubliées: tôt ou tard il sera nécessaire de prévoir un entretien minimal pour nettoyer les instruments. Une opportune technologie et l'expérience applicative peuvent

grandement atténuer cette exigence; toutefois, depuis le début et déjà durant l'installation et la mise en route des instruments, le personnel qui s'occupe de la machine doit être instruit à nettoyer périodiquement la jauge afin de prévenir d'éventuels problèmes qui pourraient autrement compromettre le bon fonctionnement du système. Il est recommandé d'instaurer des procédures formelles qui définissent temps, modalité et responsabilité pour le nettoyage périodique: seulement de cette façon il sera possible de bénéficier au maximum des avantages de l'investissement et d'assurer le plein succès de l'application.

4 - Les dernières innovations

Bien qu'au cours des dernières années, en utilisant la protection pneumatique décrite précédemment et en effectuant un nettoyage périodique, il a été possible d'installer avec succès des jauges même sur des tréfileuses à sec, dans quelques cas l'application s'est révélée particulièrement difficile et critique. Dans certaines situations, à cause de l'effet combiné de facteurs négatifs comme la haute vitesse, le diamètre élevé, un guidage imparfait du fil ou une position défavorable de la jauge déterminée par un type particulier de machine, l'intervalle de nettoyage s'est réduit à seulement quelques heures. Naturellement, dans ce cas les clients nous ont poussés à trouver une solution plus efficace pour améliorer la résistance à la poussière pour diminuer la nécessité de nettoyage périodique. Une attentive analyse des cas opératifs les plus critiques a mis en évidence quelques points faibles et les limitations inhérentes au système traditionnel de protection.

- L'anneau de soufflage installé en amont de la jauge n'est pas toujours apte à bloquer

et repousser 100% de la poussière transportée par le fil, spécialement quand la vitesse dépasse 15-20 m/s.

- La barrière pneumatique créée par l'air sortant des douilles de protection, bien que suffisante à empêcher l'entrée de la poussière en suspension dans le milieu, s'est révélée insuffisante à repousser les particules de savon et de fer qui, dotées d'une vitesse élevée, arrivent à dépasser l'anneau de soufflage. En outre la vibration du produit est telle que dans la plupart des cas les particules contaminantes se détachent du fil exactement à l'intérieur de la protection, où la barrière pneumatique est inefficace.
- Quelques effets collatéraux, comme la turbulence créée par l'air de soufflage ou les opérations de remise en marche après une rupture du fil, rendent possible l'entrée accidentelle de poussière à l'intérieur de la protection.

Tous ces facteurs tendent à la formation progressive d'une couche de poussière sur les fenêtres optiques de la jauge, poussière qui reste ensuite à l'intérieur de la protection, qui n'a pas été conçue pour en prévoir l'évacuation. Naturellement la vitesse d'accumulation dépend des caractéristiques de l'application et de la position de la jauge mais il est clair que de toutes façons, tôt ou tard, cet effet déterminera l'aveuglement de la jauge et le nécessaire entretien pour le nettoyage des fenêtres. Pour éliminer ces inconvénients, durant l'année dernière, un nouveau système de protection pneumatique a été étudié et expérimenté avec succès pour des applications qui étaient précédemment considérées "critiques".

- Un nouvel anneau de soufflage basé sur l'effet "Venturi" a été adopté: de cette façon la vitesse de l'air a été augmentée ainsi que l'efficacité de l'action de nettoyage et d'arrêt de la poussière, en réduisant aussi la consommation d'air comprimé.
- La protection mécanique a été redessinée pour obtenir une action d'auto-nettoyage: l'air provenant du ventilateur a été convoyé de façon à arriver tangentiellement par rapport aux fenêtres de la jauge, dans la direction de déplacement du fil, afin d'enlever en mode continu la poussière qui tend à s'accumuler sur les surfaces optiques. Toutes les autres caractéristiques mécaniques, qui ont rendu particulièrement pratique l'utilisation de la protection, sont restées invariées (Fig. 7).

Les essais de validation effectués sur le terrain, en installant le système sur des tréfileuses à sec (Fig. 4), ont aussitôt mis en évidence l'excellente fonctionnalité de cette solution, bien au delà de la plus optimiste des prévisions.

Le système a travaillé correctement, sans nécessiter le nettoyage de la jauge, pendant la durée complète du test, c'est à dire 43 jours de fonctionnement ininterrompu! Le résultat le plus intéressant est apparu durant l'analyse de l'enregistrement du signal vidéo en fonction du temps (Fig.8): le diagramme montre clairement que, après une période transitoire de stabilisation, l'amplitude du signal se stabilise à un niveau constant qui permet le correct fonctionnement de la jauge.



Fig.7: Utilisation d'une jauge ALS13XY équipée avec la nouvelle protection "auto-nettoyante"

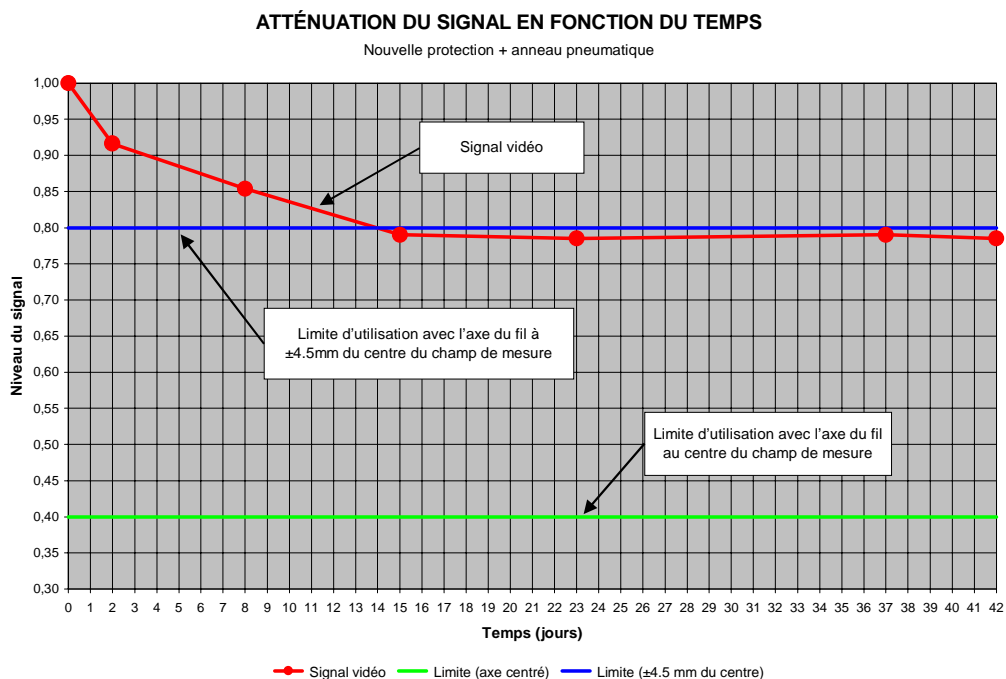


Fig.8: Le diagramme représente le niveau du signal vidéo en fonction du temps d'utilisation. Aucun nettoyage a été nécessaire durant le test. La nouvelle protection "auto-nettoyante" a été utilisée.

Une première couche de poussière se dépose sur les fenêtres, mais ceci peut être toléré grâce aux caractéristiques optiques et électroniques de la jauge: à partir de ce moment le flux continu d'air empêche que d'autres poussières augmentent le dépôt sur les fenêtres optiques. Un effet "d'auto-lubrification" empêchant à d'autres particules de poussière d'adhérer à la première couche déposée sur le verre a été observé, en en facilitant de ce fait le déplacement à condition d'utiliser un souffle d'air opportun. Ceci démontre que le concept "d'auto-nettoyage" fonctionne et que probablement le système pourrait travailler pour une période beaucoup plus longue, même indéfinie, jusqu'à ce qu'un événement accidentel ne détermine une augmentation imprévue du niveau de contamination et la successive nécessité d'une intervention manuelle pour le nettoyage.

5 - Conclusion

Le considérable savoir-faire spécifique dans l'industrie du fil tréfilé, dérivant d'une longue expérience et de continues améliorations dues aux contacts permanents avec les clients, positionne aujourd'hui l'Aeroel dans une position de leadership parmi les constructeurs de jauges laser.

Ceci se traduit en pratique dans la réelle possibilité, de la part de l'Aeroel, de fournir des systèmes de mesure de diamètre de fil qui se sont démontrés efficaces, fiables et réellement capables de travailler en ligne, même dans un milieu très difficile comme celui typique des tréfileuses à sec.

6 - Bibliographie

"The continuous measurement of the diameter of the steel wire intended for steel-cord "
Wires&Cables International Conference -
Florence, October 4-5 1995

7 - Remerciements

Nous tenons à remercier de façon particulière les sociétés suivantes:

Mario Frigerio Spa, Lecco, Italie,
Constructeur de machines, pour nous avoir continuellement stimulés à la recherche de solutions toujours plus ciblées pour l'usage sur les tréfileuses à sec.

ITA Spa, Calozioforte (Lecco), Italie
Producteur de fil de fer, pour nous avoir aimablement permis d'expérimenter et de mettre au point la nouvelle solution sur ses propres machines.