

## OPTIMISATION DES COÛTS

# Quand la métrologie allège ses étalonnages et ses coûts

▼ L'usine de production de moteurs électriques de Leroy Somer à Saint Symphorien d'Ozon (près de Lyon) a réduit de 20 % son budget lié à la métrologie. Uniquement en optimisant la périodicité d'étalonnage de ses équipements de mesure. Dans cette démarche, Leroy Somer a fait appel au prestataire Delta Mu qui a pu ainsi valider ses outils mathématiques à grande échelle, sur plus de 5 000 appareils. Une périodicité d'étalonnage est estimée pour chacun d'entre eux, individuellement. Les deux partenaires souhaitent maintenant aller plus loin en anticipant les choix métrologiques au moment de la conception des moteurs, afin d'optimiser les tolérances. L'objectif est toujours le même : réaliser des gains, sans faillir à la qualité.



Des dizaines de boîtes d'archives étaient stockées dans l'usine de moteurs de Leroy Somer à Saint Symphorien d'Ozon. A l'intérieur, des dizaines de milliers de procès-verbaux, comptes-rendus d'étalonnage ou de vérification concernant des milliers d'instruments de mesure. Un vivier d'informations sur le parc des équipements du site, jamais utilisé, jamais exploité. « Nous regardions juste si les résultats des vérifications étaient bons ou pas et nous reconduisons la périodicité d'étalonnage, sans chercher à comprendre, se souvient Alain Le Goff, responsable assurance qualité sur le site. Nous avons une attitude passive face à toutes ces données ». Pourtant, dès 1988, le site de Saint Symphorien se dote d'une base de données logicielle pour la gestion de quelque 5 000 appareils de mesure. En 1993, changement de logiciel, c'est le passage de Dos à Windows. « Mais nous ne prenons pas plus le temps de saisir les résultats d'étalonnage, de mesurage, les écarts ou les erreurs d'indications, reconnaît Jean-Luc Ducray, responsable de gestion de la qualité. Pour les décisions en terme de métrologie, notamment les questions de périodicité d'étalonnage, nous nous conformions à une procédure générale du groupe Leroy Somer ».

Au tournant du millénaire, la perspective de changer à nouveau de logiciel de gestion de parc s'accompagne de la volonté de sortir de cette métrologie passive. « Nous souhaitions en profiter pour réfléchir sur nos règles internes de décision. Nous avons voulu alors nous intéresser au contenu des procès-verbaux », poursuit M. Ducray.

## Repenser l'approche de la métrologie

A cette époque, l'idée d'une métrologie "active" est dans l'air du temps. La nouvelle version 2000 de la norme d'assurance qualité Iso 9000 invite les industriels à considérer avec pragmatisme la surveillance de leurs équipements de mesure. Il ne s'agit plus de multiplier les certificats d'étalonnage pour faire plaisir aux auditeurs. Le nouveau leitmotiv est la mise en place des processus de surveillance adaptés aux besoins de l'entreprise (voir Mesures d'Octobre 2001). Beaucoup d'industriels s'accordent aussi pour revendiquer une rationalisation des coûts. La métrologie ne doit plus être vue comme étant un poste de charge. Elle doit être optimisée.

De leur côté, les laboratoires d'étalonnage qui interviennent en tant que prestataires de service savent aussi qu'à l'avenir, ils ne pourront plus se contenter de délivrer des certificats d'étalonnage ou de vérification en faisant payer le prix fort. Ils doivent mettre en place une offre qui s'oriente davantage vers un service global pour aider les industriels à mieux gérer leur métrologie. « Nous prenons le pari de dire à nos clients d'étalonner leurs capteurs le moins souvent possible et que la métrologie peut générer des gains de production », explique Jean-Michel Pou, président de Delta Mu, société de conseil basée à Clermont-Ferrand et éditrice d'un logiciel de gestion des moyens de mesure. M. Ducray tient le même discours : « La métrologie industrielle ne doit plus être un poste de charges mais un poste rentable ». Avec une telle convergence de vues, à la fin de l'année 2000, le site de Leroy Somer à Saint Symphorien décide de travailler avec le prestataire

### Une approche pragmatique

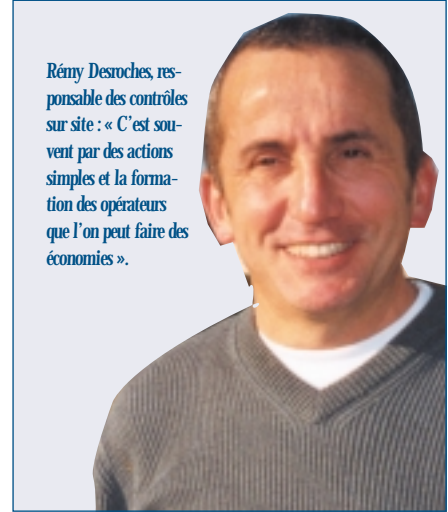
- ▶ Récupération des données d'étalonnage antérieures et mise à jour de la base de données par le prestataire.
- ▶ Calculs des incertitudes de mesure, des tolérances minimales vérifiables et de la périodicité d'étalonnage par le logiciel.
- ▶ Suivi métrologique des instruments par carte de contrôle sur site.



Alain Le Goff, responsable assurance qualité : « La procédure mise en place nous permet d'anticiper l'achat des équipements »



Jean-Luc Ducray, responsable de gestion de la qualité : « On souhaite aller plus loin en intégrant les choix métrologiques dès le bureau d'étude ».



Rémy Desroches, responsable des contrôles sur site : « C'est souvent par des actions simples et la formation des opérateurs que l'on peut faire des économies ».

Delta Mu. Le cahier des charges comporte plusieurs points. Le premier, à l'origine du projet, est le changement de logiciel de gestion des instruments. Le second est l'exploitation des procès-verbaux qui doit conduire à un allongement de la périodicité d'étalonnage. Enfin, Delta Mu doit s'engager sur

une baisse des coûts de la métrologie. Après une étude préliminaire, elle se prononce sur une économie de 20 % pendant les cinq prochaines années. La société propose ses services en s'engageant sur les résultats et en demandant une rémunération sur les gains. « Nous n'avons donc pris aucun risque financier », reconnaît M. Le Goff.

Le travail commence en décembre 2000. La première étape va consister pour Delta Mu à reprendre les 20000 opérations d'étalonnage stockées dans des boîtes d'archives. Celles-ci ne concernent "que" les équipements de mesure dimensionnelle :

calibres, tampons, jauges, pieds à coulisse, micromètres... , soit plus de 5000 pièces et instruments.

Pour chacune d'elles, et sur une période de six ans, Delta Mu récupère les données, recalcule les incertitudes. La base de données est entièrement remise à jour. « Nous nous servons de l'histoire de l'entreprise, explique M. Pou, c'est son expérience qui est à la base de notre analyse ».

Fin août 2001, cette étude fastidieuse s'achève. Les outils mathématiques et statistiques entrent alors en jeu, pour estimer la périodicité optimale des étalonnages. « Fixer des périodicités sans méthodes mathématiques relève d'un jeu de hasard », souligne M. Pou. C'est pourtant souvent ce qui arrive dans les entreprises. Les périodicités sont établies par la force des usages, l'habitude ou l'arbitraire. Très souvent tous les ans, tous les six mois... Cette périodicité est généralement reconduite d'un étalonnage à l'autre, sans analyse des résultats antérieurs. De plus, elle est souvent la même pour toute une famille d'appareils. Pour M. Pou, cette démarche laisse beaucoup à désirer : « On ne peut pas fixer une même fréquence d'étalonnage pour tous les individus, soutient M. Pou. Il faut tenir compte de l'âge de l'appareil, de son taux d'utilisation, de l'environnement dans lequel il travaille... ».

### « On n'est pas des statisticiens »

Pour définir la périodicité d'étalonnage à appliquer individuellement à chaque instrument, Delta Mu fait appel aux ressources du calcul statistique. Pour beaucoup d'entre nous, le mot "statistique" se rattache à de douloureux souvenirs d'étudiants. Et au service Qualité de Saint Symphorien comme ailleurs il inspirait quelque inquiétude. Mais en voyant les outils d'exploitation, M. Ducray est rassuré : « Heureusement, ils ne sont pas compliqués. On a simplement retenu deux concepts ». Le premier est celui des dérives pour les cotes fixes (c'est-à-dire les calibres, les tampons...). Les facteurs d'usure avec les dérives maximales tolérées sont déterminés pour les différentes familles présentes dans le parc. En étudiant la dérive, le logiciel calcule alors la périodicité individuelle pour chacun d'entre eux (voir encadré :

## Des étalonnages plus espacés

### L'étude a porté sur :

- ▶ 3 114 instruments identifiés, dont 2 536 actifs (pour lesquels sont prévues des opérations périodiques)
- ▶ 13 398 opérations d'étalonnage enregistrées
- ▶ 3 712 opérations diverses, dont 2 362 calculs de périodicité
- ▶ 126 acceptations de calibre
- ▶ 27 052 résultats d'étalonnage enregistrés

### Les résultats les plus significatifs

Type d'équipements	Périodicité moyenne*	Ecart-type	Nombre d'instruments
<b>Calibres à limites</b>			
calibre à mâchoires	41 mois	19 mois	654
Tampon lisse	42 mois	6 mois	197
Jauge plate	50 mois	14 mois	266
Tampon fileté	52 mois	14 mois	177
Bague fileté	50 mois	17 mois	111
<b>Instruments mesureurs</b>			
Pied à coulisse	23 mois	17 mois	115
Alésomètre	49 mois	17 mois	81
Micromètre d'extérieur	55 mois	11 mois	142
Jauge de profondeur	39 mois	20 mois	52
Comparateur à tige	36 mois	22 mois	114
Comparateur à levier	45 mois	20 mois	26
<b>Étalons de réglage</b>			
Bague lisse étalon	42 mois	4 mois	118
Broche étalon	56 mois	12 mois	48

\* Ces périodicités sont à comparer à celles précédemment pratiquées qui, selon les habitudes, variaient de trois, 6 ou 12 mois et qui étaient généralement fixées par famille d'instruments. Lorsque le calcul de périodicité conduit à des valeurs inférieures à 6 mois, ces instruments peuvent soit être réformés, soit être utilisés avec une périodicité adaptée aux risques encourus.



Patrice Russo, responsable du secteur des mesures mécaniques : « Nous suivons l'évolution des appareils sur des cartes de contrôle. Nous conservons le pouvoir de décider si un équipement est valide ou s'il doit être réformé ».



Maurice Chabut, responsable des achats : « Une réduction annuelle de 20 % en moyenne pendant cinq ans est prévue sur les coûts de notre métrologie ».



Une périodicité d'étalonnage individuelle). « On se met dans la situation la plus défavorable, celle où la pente est la plus grande, souligne M. Ducray. Donc, a priori, on ne prend pas beaucoup de risques ». Le second concept concerne les cotes variables, c'est-à-dire les instruments de mesure (pieds à coulisse, jauges, comparateurs). Là, l'étude ne porte plus sur la dérive mais sur l'incertitude de mesure. L'indicateur utilisé est le rapport  $R_{per}$ , celui de l'incertitude de l'équipement sur l'incertitude du procédé de mesurage. Cette seconde incertitude est déterminée (selon la méthode des 5M), en tenant compte des facteurs d'influence, des valeurs d'ambiance, de la température... Si  $R_{per}$  est inférieur à 0,5, ceci signifie que l'incertitude liée à l'appareil pèse peu dans l'incertitude globale. Dans le cas contraire, pour  $R_{per}$  supérieur à 0,5, l'incertitude de l'appareil de mesure devient prédominante. « Par des algorithmes appropriés, le logiciel détermine la périodicité d'étalonnage », note M. Ducray.

### Des filtres en interne

Cette rationalisation de la métrologie ne passe pas que par des formules mathématiques. Un peu de bon sens pratique est aussi utile si on connaît l'utilisation qui est faite de chaque instrument. Ce fut le cas pour le pied à coulisse. Cet instrument de mesure a traditionnellement trois fonctions. Par ses becs extérieurs, il mesure des diamètres extérieurs. Par ses becs intérieurs, il mesure des alésages. Enfin, la jauge mesure des profondeurs. « En analysant les procès-verbaux des étalonnages, on s'est aperçu que la périodicité d'étalonnage était fortement augmentée par la fonction de la jauge de profondeur, souligne Rémy Desroches, responsable des contrôles sur site. Le  $R_{per}$  de cette fonction peut monter facilement à 0,8. Or cette fonction n'est pas utilisée dans les ateliers ». En la supprimant, le  $R_{per}$  est redescendu en dessous de 0,5. Il s'ensuit une

augmentation de la périodicité d'étalonnage. Instruments de mesure de cotes fixes, cotes variables ainsi que tous les étalons de réglage (broches, bagues lisses), Patrice Russo, responsable des contrôles sur site en mesure mécanique, peut surveiller dans son atelier chacun des appareils : « Le logiciel fournit une carte de contrôle qui permet de suivre l'évolution des instruments ». Un échéancier a été conçu jusqu'en août 2003 et une simulation pousse l'exercice jusqu'en 2006. Le même logiciel établit automatiquement les prochaines dates d'étalonnage ou de vérification et avertit

M. Russo le moment venu. Le logiciel est également un outil d'anticipation. « On peut prévoir qu'un appareil ne sera plus valable dans deux ou trois mois, souligne M. Russo, mais nous conservons toujours le pouvoir de décision de valider ou de réformer un appareil ».

En effet, pour Leroy Somer, il n'est pas question de lâcher son savoir-faire, ni de se sentir lié aux fournisseurs. « Nous avons mis en place des filtres internes en suivant quelques appareils, indique M. Ducray. Nous avons même maintenant les moyens de contrôler l'incertitude des laboratoires d'étalonnage ». A terme, le service qualité souhaiterait réaliser lui-même les contrôles au niveau de l'atelier. « L'externalisation de la métrologie n'est pas d'actualité, au contraire », précise M. Chabut, directeur des services achat.

### Associer le bureau d'étude

Si le cahier des charges a été rempli et si les différents intervenants à tous les niveaux de l'usine semblent satisfaits de cette nouvelle démarche, M. Ducray sait très bien qu'elle n'est pas terminée. Pour lui, la mise en place d'une métrologie "intelligente" ne sera complète que si elle implique le bureau d'étude. « A l'heure actuelle, celui-ci définit les intervalles de tolérance, souvent en utilisant des critères empi-

## Les économies générées

Sous forme d'échéancier et sur la base des dates d'étalonnage et des périodicités de chacun des instruments du parc, le logiciel Opti Mu de Delta Mu possède une fonction permettant d'établir un budget mensuel entre deux dates. Ainsi, pour le site de Leroy Somer, à partir d'un budget annuel de 25 000 euros (164 000 francs), une estimation a été établie pour les cinq prochaines années, avec une économie qui s'élève en moyenne à 24,2 % par an. Cette estimation ne prend compte que les coûts directs d'étalonnage et non des coûts indirects (envoi et immobilisation des instruments, renseignement de la base de données, gestion comptable...) qui devraient être revus à la baisse étant donné le nombre moindre d'équipements étalonnés annuellement. Sur les deux années suivant la mise en place de cette méthodologie, les économies s'élèvent à 21 %. La troisième année, en 2004, le taux d'économie de 40 %, par rapport à 2003, s'explique par la chute du nombre des étalonnages cette année-là en raison de la périodicité moyenne. Enfin, les deux dernières périodes subissent les effets contraires du plafonnement de la périodicité.

- ▶ Septembre 2000/août 2001 : Budget : 25 000 euros (164 000 francs)
- ▶ Septembre 2001/août 2002 : Economies prévues : **21 %**
- ▶ Septembre 2002/août 2003 : Economies prévues : **21 %**
- ▶ Septembre 2003/août 2004 : Economies prévues : **40 %**
- ▶ Septembre 2004/août 2005 : Economies prévues : **22 %**
- ▶ Septembre 2005/août 2006 : Economies prévues : **17 %**

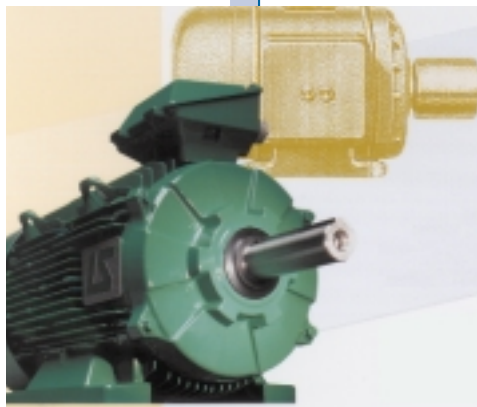
Chiffres donnés après la rémunération du prestataire Delta Mu.

## Plus d' un million de moteurs par an

Le site de *Leroy Somer* à Saint Symphorien d'Ozon produit plus de un million de moteurs de différentes types et de puissance fractionnaire  $\leq 2$  kW :

- ▶ Moteurs asynchrones triphasés et monophasés
- ▶ Moteurs à courant continu et moteurs synchrones à vitesse variable
- ▶ Gamme de moto- réducteurs à engrenage et à vis sans fin
- ▶ Gamme de variateurs électroniques de vitesse

Applications : ventilation, pompes, compresseurs, équipements industriels, robotique, machines-outils...



riques ou en utilisant des normes comme celles dédiées aux moteurs électriques », explique-t-il. Ces intervalles de tolérance ne tiennent pas toujours compte des moyens de mesure qui sont utilisés en contrôle de production, et très peu de leur incertitude de mesure. De plus, par excès de précaution, les concepteurs ont parfois tendance à resserrer les tolérances. Dans d'autres cas, il arrive qu'un dessinateur définisse des tolérances très serrées que les instruments ne sont pas toujours capables de mesurer. Cet excès de zèle est encore exacerbé par la nouvelle norme

NF EN Iso 14253-1 qui établit des règles de décision pour prouver la conformité ou la non conformité à des spécifications (voir Mesures novembre 2000). La décision de conformité consiste à comparer un résultat de mesure (associé à une incertitude de mesure) à une spécification (définie avec une certaine zone de tolérance). La nouvelle norme exclut de cette zone de tolérance l'incertitude de mesure. Ceci signifie que lorsque la zone d'incertitude chevauche la limite des spécifications, la pièce doit être jugée non-conforme. « C'est exactement ce que nous faisons en production, souligne M. Ducray. Nous considérons que la zone de conformité représente

l'intervalle de tolérance, en excluant les zones de doute liées à l'incertitude de la mesure ». Cette règle supprime tous les risques mais elle restreint d'autant la zone de conformité. « Ceci génère un surcoût de qualité qui n'est pas toujours justifié dans la mesure où les ingénieurs des bureaux d'études intègrent déjà ces risques dans leur tolérancement, d'une manière plus ou moins implicite et qualitative ». La seconde étape pour le service Qualité du site de Saint Symphorien d'Ozon est donc de travailler en très proche collaboration avec le bureau d'étude. L'objectif est d'optimiser des tolérances en tenant compte des incertitudes de mesure. Pour M. Ducray, il faut même aller plus loin : « C'est au niveau de l'élaboration des plans que doit se décider le choix des instruments de mesure. Un dessinateur doit avoir conscience du type d'appareil de mesure qui sera utilisé en production pour valider les tolérances qu'il définit ». Une étape essentielle consistera donc à lui présenter une "photographie" des incertitudes existantes. Si le rapport Tolérance / incertitude qui en découle est jugé trop petit, la remise en question du procédé de mesurage ainsi que l'examen de l'élargissement de la tolérance s'imposeront. La rentabilité de la métrologie sera ainsi pleinement démontrée.

Marie-Pierre Vivarat-Perrin

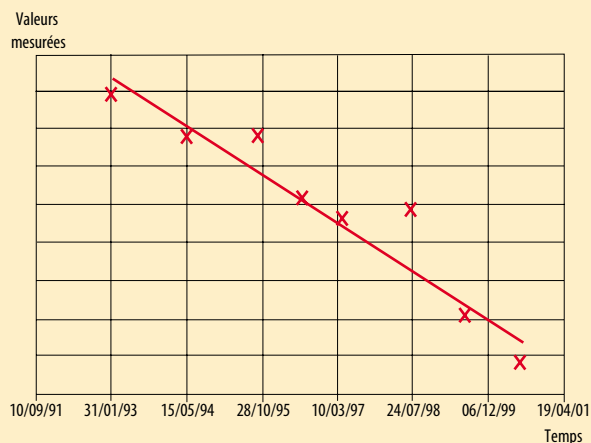
**Delta Mu Conseil**  
Parc Technologique de La Pardieu - 27 rue Jean Claret  
63063 Clermont - Ferrand

## Une périodicité d'étalonnage pour chaque instrument

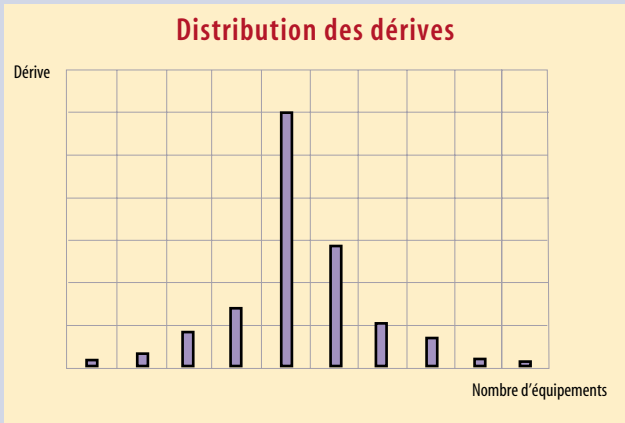
Chaque instrument a son histoire. Et des causes d'usure qui lui sont propres : qualité intrinsèque, fréquence d'utilisation, lieu d'utilisation... Pourtant, dans la plupart des entreprises, la périodicité d'étalonnage est fixée par grandes familles d'instruments, plus ou moins arbitrairement, selon les habitudes. Sans tenir compte de la spécificité des individus.

Évaluer une périodicité « personnalisée », c'est-à-dire pour chaque équipement, est bien le principal objectif de la méthode proposée par la société *Delta Mu Conseil*. Si cette méthode s'appuie sur des outils mathématiques et statistiques, elle trouve avant tout son point d'ancrage dans le passé de l'équipement. Aujourd'hui, la plupart des instruments possèdent une fiche de vie sur laquelle sont archivées les différentes opérations que l'instrument a subies depuis son arrivée dans l'usine. La première tâche de *Delta Mu* est donc de fouiller dans toutes ces données. « C'est une aubaine pour les financiers de l'entreprise qui gardent un goût amer de toutes ces archives qui n'ont jamais été vraiment exploitées. Ils peuvent voir enfin ces données dormantes être utilisées à des fins de réduction des coûts », explique Jean-Michel Pou, président de *Delta Mu*.

### Évolution des valeurs mesurées



Pour un instrument, les valeurs mesurées au cours des étalonnages antérieurs sont rapportées en fonction du temps. L'évolution de ces valeurs va servir de base à l'étude. L'outil est connu : la droite des moindres carrés calculée à partir de ces différents points. « Attention, prévient M. Pou, la droite des moindres carrés modélise ce qui s'est passé mais ne prédit pas l'avenir ». Qui dit droite, dit pente. Celle-ci n'est autre que la dérive dans le temps de l'appareil.

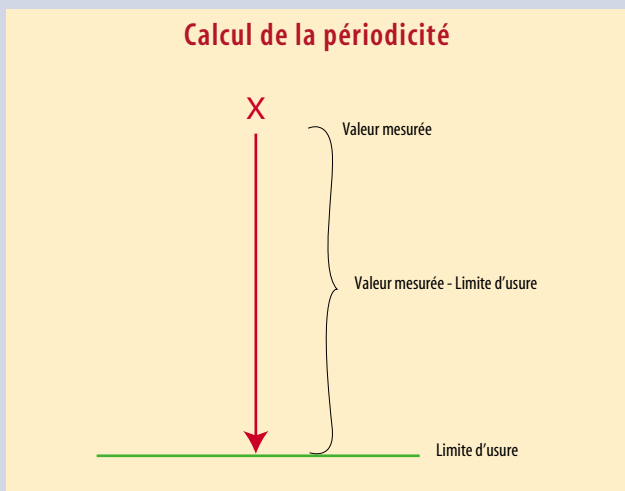


Sur l'ensemble des individus d'une famille, l'analyse de la distribution des dérives permet de déterminer, avec un niveau de confiance donné, la dérive maximale ( $B_{max}$ ). Ce terme  $B_{max}$  représente bien la dérive la plus grande que risque de subir un individu appartenant à la famille étudiée. Ainsi, il est possible de calculer le temps minimal ( $T_i$ ) au bout duquel chaque équipement risque d'avoir atteint sa limite d'usure. On a :

$$T_i = \frac{\text{Valeur mesurée} - \text{limite d'usure}}{B_{max}}$$

Les périodicités ainsi déterminées ne tiennent pas compte des incertitudes d'étalonnage. Dans certains cas, bien que l'estimation du facteur  $B_{max}$  par une méthode statistique ait tendance à surestimer la dérive (donc à sécuriser la périodicité), il peut être important d'en tenir compte. Dans ce cas-là :

$$T_i = \frac{(\text{Valeur mesurée} - \text{incertitude de mesure}) - \text{limite d'usure}}{B_{max}}$$



Chez Leroy Somer, dans le cas des calibres à limites, cette approche mathématique a permis de définir une périodicité qui

s'élève en moyenne à 41 mois. « L'écart est gigantesque, par rapport aux périodicités qui étaient alors pratiquées de 3, 6 ou 12 mois », souligne M. Pou.

Les industriels sont un peu effrayés de ne pas avoir une visibilité de la validité de la méthode avant plus de trois ans. Pour ces raisons, la société Delta Mu préconise une périodicité en demi-vie. Les équipements sont étalonnés à 50 % de la périodicité maximale. « On prend ainsi une bonne marge de sécurité, poursuit M. Pou. Un autre avantage est de pouvoir présenter les résultats sous forme graphique et de vérifier leur pertinence ». En raisonnant en demi-vie, l'instrument ne doit pas avoir atteint, à la date de l'étalonnage, le point théorique situé à mi-distance entre sa dernière valeur mesurée et sa limite d'usure. On peut ainsi réaliser une carte de suivi. On vérifie ainsi graphiquement que la méthode fonctionne. ■

