

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 1/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

CONTROLE D'UN MOYEN DE SERRAGE DE PRODUCTION

APPROCHE CONCRETE SIMPLIFIEE

CAPABILITE - CAM - CPk

Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01
E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 2/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

INTRODUCTION

Le but de cet exposé consiste à montrer comment évolue les méthodes de contrôle d'un matériel de serrage, et tout particulièrement les visseuses, et expliquer simplement ce qu'est une capacité, CAM ou CPk avec leurs limites.

METHODE SIMPLE CLASSIQUE

Lorsqu'on veut connaître la valeur de serrage d'une visseuse on a souvent l'habitude de faire quelques mesures et les analyser succinctement.

Exemple :

Prenons une visseuse dont le couple se situe autour de 10 Nm

Rappel : un couple est une force multipliée par un bras de levier.

On a longtemps parlé en m.kg c'est-à-dire 1 m.kg est un couple représenté par une force de 1kg au bout d'un bras de levier de 1 mètre (ou 2 kg à 50 cm, ou 10 kg à 10 cm).

Cette unité n'est plus légale. Il faut utiliser les m.N (mètre-Newton) ou Nm ; en pratique 10,2 N valent 1 kg, c'est-à-dire que 10 Nm \approx 1 mkg.

Par simplification on parle aussi en m.daN (mètre-décaNewton) ; soit 1 m.daN \approx 1 mkg.

Revenons à notre visseuse sur laquelle nous faisons 5 mesures successives de couple, et nous trouvons par exemple

9,5 - 9,75 - 10 - 10,25 - 10,5

Ou en déciNewton mètre Dn.M

95 - 97,5 - 100 - 102,5 - 105

Bien évidemment, la valeur moyenne est 100, et toutes les valeurs sont comprises entre 95 et 105.

On aura tendance à dire que la visseuse est réglée à 100 et a une précision de $\pm 5\%$.

C'est la méthode intuitive classique.

Cette intuition se confirme si d'autres essais donnent par exemple les mêmes valeurs ou des valeurs similaires.

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 3/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

DEMARCHE QUALITE PRATIQUE

Beaucoup de recherches sont menées depuis des années (plus de 50 ans) pour améliorer la qualité et définir si un processus de fabrication est bien répétitif (on dit sous contrôle) pour prévenir des dysfonctionnements et pour atteindre le fameux zéro défaut.

(Démarche qualité - MSP - ...)

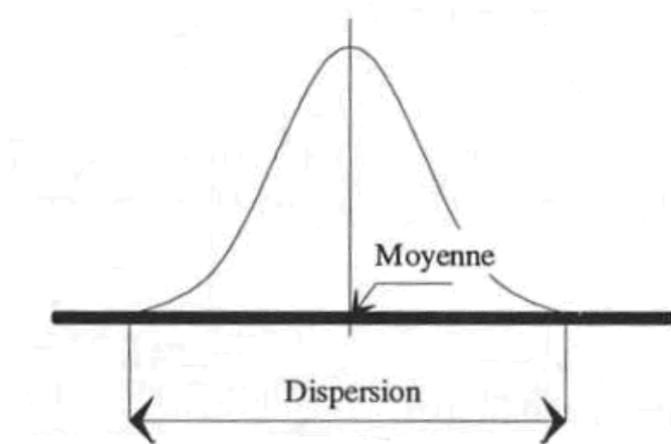
Pour y arriver, on se base sur l'application de règles statistiques et entre autres de la loi Normale.

LOI NORMALE

La loi Normale correspond à la distribution d'un grand nombre d'éléments autour d'une valeur moyenne.

Elle s'applique par exemple à la longueur d'une pièce tronçonnée par une scie automatique. Les pièces ont plus ou moins la même longueur mais ne sont pas toutes identiques (si le moyen de mesure est suffisamment précis).

La distribution est représentée par la fameuse courbe de GAUSS ou courbe en cloche :



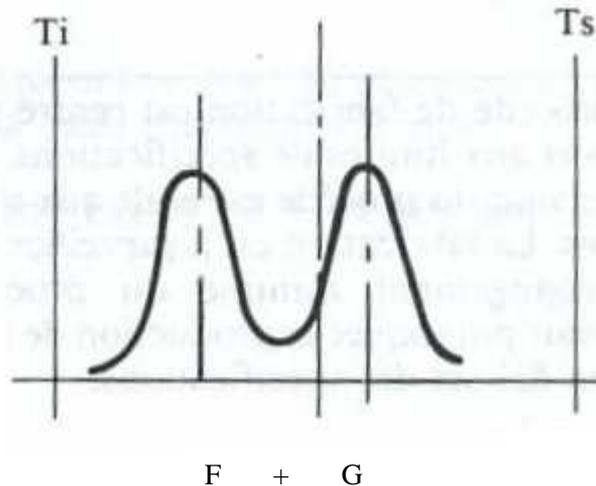
Le maximum des mesures est situé près de la moyenne et les valeurs sont situées dans une certaine plage appelée dispersion.

Bien évidemment, la loi Normale ne s'applique que si les valeurs se répartissent d'une manière aléatoire autour de la valeur moyenne, c'est-à-dire que la valeur n'est pas influencée par d'autres paramètres.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 4/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

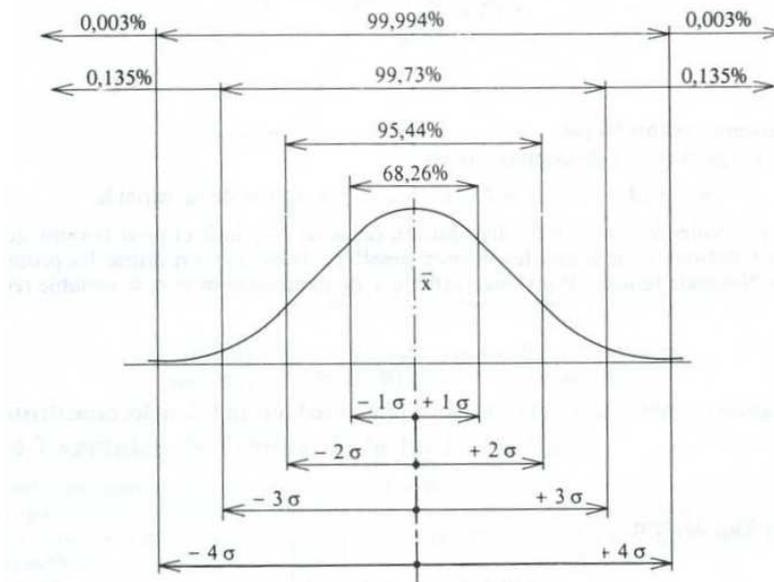
Exemple :

Prenons la taille des Français : (jusqu'à maintenant) elle est influencée par le sexe, c'est-à-dire que grosso-modo la taille des garçons (prise dans les mêmes conditions) suit la courbe de GAUSS, de même pour les filles, mais pas pour l'ensemble.



CARACTERISTIQUES DE LA LOI NORMALE

Les études statistiques montrent que la loi Normale a des caractéristiques intéressantes. Suivant les valeurs enregistrées on sait calculer la dispersion au moyen de ce que l'on appelle l'écart type ou σ .



Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01
E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 5/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Il est démontré que par rapport à la moyenne,
il y a 68,3 % des valeurs à ± 1 écart type
95,4 % des valeurs à ± 2 écarts types
99,73 % des valeurs à ± 3 écarts types

Encore faut-il connaître l'écart type.

RETOUR A LA PRODUCTION

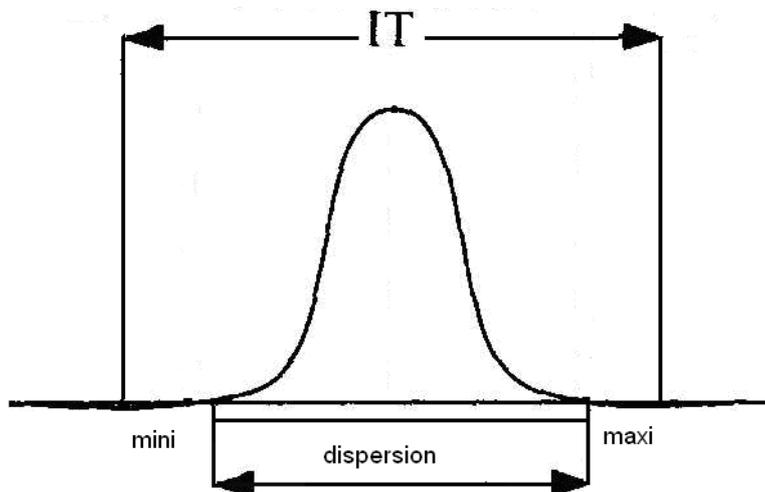
En production, les valeurs à respecter tiennent compte d'une certaine tolérance en pour-cent, ou d'un intervalle de tolérance (distance entre le mini et le maxi autorisé).

Par exemple, pour le cas précédent : $100 \pm 10 \%$

Ou de 90 à 100

Soit un intervalle de tolérance = 20

Il est évident que pour que la production soit bonne il faut que la courbe de dispersion se situe à l'intérieur de l'intervalle de tolérance (IT), et de préférence centrée.



Si la courbe de dispersion sort du mini-maxi la production n'est pas bonne.

Il y a plusieurs cas de figure :

- dispersion $>$ IT - impossible de produire correctement
- dispersion $<$ IT - production possible mais la courbe de dispersion ne doit pas "mordre" le mini ou maxi.

En pratique on prend une marge de tolérance.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 6/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

APPROCHE DE L'ECART TYPE

Nous ne ferons pas de mathématiques : les statisticiens l'ont fait pour nous.

Ce qui nous intéresse c'est de savoir si on peut calculer ou avoir une valeur approchée de l'écart type d'une façon simple.

L'écart type se calcule d'abord à partir de toutes les mesures (la "population"). C'est la méthode la plus fiable.

Concrètement on utilise généralement un échantillonnage soit un nombre réduit de mesures. La formule de calcul pour l'échantillon est légèrement différente que celle de la population.

Il est possible aussi d'avoir une valorisation sécurisée de l'écart type de la population à partir de l'écart type de l'échantillon. Il faut appliquer un coefficient correcteur ; ce coefficient varie en fonction de la taille de l'échantillon ; plus l'échantillon, est grand (et donc proche de la population), plus le coefficient tend vers 1, plus l'échantillon est petit, plus le coefficient augmente (exemple : pour 30 valeurs $k = 1,28$; pour 50 valeurs $k = 1,2$; pour 200 valeurs $k = 1,09$).

Ainsi il existe :

L'écart type de la population (appelé écart type (n))

L'écart type de l'échantillon (appelé écart type (n-1))

L'écart type estimé de la population (appelé écart type estimé)

En pratique, il existe aussi une formule pour déterminer l'écart type à partir d'un ou de plusieurs petits échantillons,

Exemple : 5 pièces toutes les heures ou tous les matins.

On arrive enfin à une méthode simple et pratique ; cette formule permet de calculer l'écart type instantané.

CALCUL SIMPLE DE L'ECART TYPE INSTANTANE

Il existe une méthode pratique de calcul de l'écart type instantané à partir de
6 échantillons de 5 mesures

(C'est la méthode la plus courante, il y a suffisamment de mesures pour que le coefficient correcteur ne soit pas trop important, et pas trop pour ne pas allonger les temps de contrôle : c'est un bon compromis).

L'étendue d'un échantillon est la différence entre la plus petite et la plus grande valeur.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 7/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Dans le cas de notre exemple de 5 mesures :

La plus grande 105
 La plus petite 95
 Étendue 10

On calcule l'étendue moyenne des 6 échantillons.

Supposons que nous prenions 6 fois les mêmes mesures, les 6 étendues sont égales à 10, l'étendue moyenne est 10.

L'écart type instantané est donné par

$$\sigma_i = \frac{\text{étendue moyenne}}{\text{Coefficient } d_5}$$

Ce coefficient dépend du nombre de mesures par échantillon, du nombre d'échantillons et de la précision souhaitée.

Dans le cas habituel le seuil de confiance choisi est de 95 % (1 chance sur 20 de se tromper)

$$d_5 = 1,746 \text{ (d'après un tableau)}$$

$$\text{Soit } \sigma_i = \frac{10}{1,746} = 5,727$$

Soit une dispersion instantanée

$$6 \sigma_i = 34,36$$

Pour information, les 3 autres méthodes principales de calcul donnent pour ces 30 mesures :

Écart type de la population : 3,54
 Écart type de l'échantillon : 3,60
 Écart type estimé : 4,60

Soit des dispersions de 21,21 ; 21,58 et 27,6 (au lieu de 34,36)

(Rapport 1,62 entre les extrêmes)

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 8/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

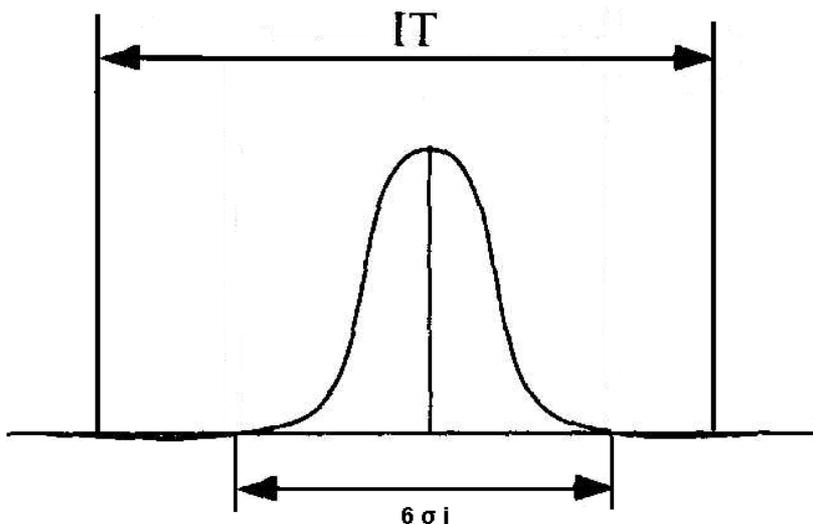
REMARQUES SUR CETTE METHODE DES ECHANTILLONS

- Cette méthode est très simple. Elle permet une détermination très rapide de la dispersion.
- Cette méthode (Norme E41 dans l'automobile) s'applique pour le matériel de production.
- Elle est utilisée soit avec 6 échantillons échelonnés dans le temps (1 par jour) soit pour 30 valeurs successives (réparties officiellement en 6 fois 5 mesures).
- Cette procédure est connue dans les ateliers de fabrication. Elle sert généralement à l'établissement des cartes de contrôle (voir MSP ou Maîtrise Statistique des Procédés). Dans ce cas, les formules et coefficients sont légèrement différents ; c'est-à-dire que l'on obtient encore une autre valeur de l'écart type. Mais c'est un autre sujet (VOIR ANNEXE 1 pour compléments d'information).
- Cette méthode n'est pas utilisée pour l'homologation d'un matériel (Norme E39 ou ISO 5393).
- Bien évidemment, cette méthode de calcul ne peut s'appliquer que s'il s'agit d'une loi Normale.

ET MAINTENANT LA CAPABILITE - CAM

Le CAM ou Coefficient d'Aptitude Machine permet de définir si une machine est appropriée pour travailler dans un certain intervalle de tolérance.

$$\text{En pratique CAM} = \frac{IT}{6 \sigma i}$$



| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 9/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Par sécurité et pour un matériel qui dérive peu on demande

Un CAM > 1,3

Ou IT > 7,8 σ_i

Le CAM se rapporte donc à la machine.

Pour revenir à notre exemple :

$$\text{CAM} = \frac{20}{34,36} = 0,58$$

Ou bien pour un CAM de 1,3 il faudrait que $\sigma_i = 2,56$

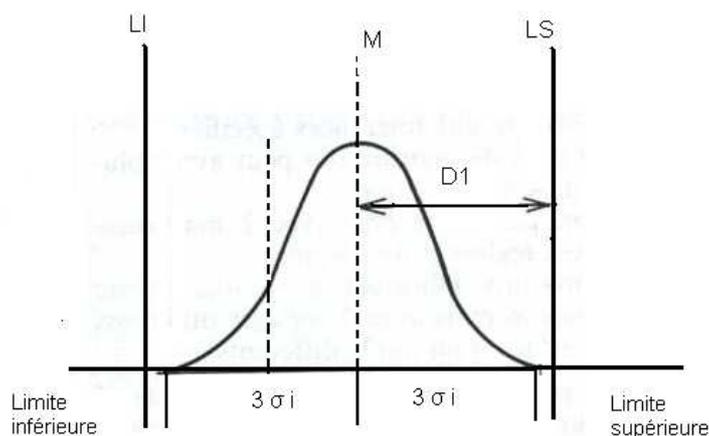
La machine n'a pas une précision de $\pm 5\%$ d'après le calcul ci-dessus ; elle fait plutôt partie d'une classe $\pm 15\%$, ce qui est tout à fait différent.

On comprend que pour la même machine et les mêmes résultats, le calcul du CAM est beaucoup plus sévère que la méthode empirique habituelle. Tout est question d'appréciation lorsque l'on change de méthode.

CAPABILITE DU PROCEDE CPk

En production, le matériel doit être réglé de façon à ce que la moyenne des mesures soit centrée par rapport à l'intervalle de tolérance.

En pratique ce n'est jamais le cas : le CPk est l'équivalent du CAM en tenant compte du réglage par rapport aux limites inférieures et supérieures de la tolérance.



$$\text{CAM} = \frac{\text{IT}}{6\sigma_i} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{LS} - \text{LI}}{6\sigma_i}$$

Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01
E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 10/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Le CAM compare l'intervalle de tolérance à 6σ .

Le CP compare (LS-M) ou (M-LI) par rapport à 3σ (écart type estimé).

Il existe un CP inférieur ou CPi et un CP supérieur ou CPs.

Le CPk est le plus défavorable des deux, c'est-à-dire le plus faible.

Ici $LS-M < M-LI$

$$\text{Donc CPk} = \frac{LS-M}{3 \sigma}$$

Remarques :

- Le CAM et le CPk ont à peu près la même valeur si la machine est bien réglée ($LS-M = M-LI$).
- L'indice de capacité de la machine C_m (ou C_{mk}) ou du procédé CP ou CPk se calculent aussi à partir des formules liées aux cartes de contrôle.

LOGICIEL DE CALCUL DE CAM OPINDUS

(Voir aussi annexe 2 page 18 et suivantes)

OPINDUS a mis au point un logiciel de calcul basé sur la méthode exposée ci-dessus ; dans un premier stade, il dresse le tableau des 30 mesures (6 échantillons de 5 mesures), puis calcule la moyenne, l'écart type et la dispersion instantanée.

Un deuxième tableau permet l'utilisation concrète de ses résultats.

Il relie les 3 éléments d'appréciation : intervalle de tolérance, CAM et précision sans connaître l'utilisation réelle.

Par définition OPINDUS vérifie généralement des machines seules, c'est la raison pour laquelle OPINDUS indique CM et non CP sur ses feuilles de résultats (pour machine et non process).

INCERTITUDES DUES AU VISSAGE

Par définition, la loi Normale ne s'applique pas au serrage ou vissage car plusieurs paramètres influent sur les résultats.

Soit par exemple :

- Coefficients de frottement (présence d'huile ou d'humidité).
- Matières, rugosités, et traitements de surface.
- Tolérance des pièces.

Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01
E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 11/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

- Serrage plus ou moins élastique.
- Serrage de 2 ou plusieurs pièces.
- Pression pour les outils pneumatiques.
- Tenue de l'outil (pour outils portatifs).
-

Parfois les valeurs ne sont pas régulières (valeurs croissantes ou décroissantes).

Par simplification évidente on a tendance à assimiler les valeurs des serrages successifs à une loi Normale.

En cas de résultats anormaux, il est nécessaire de vérifier la Normalité des valeurs.

REMARQUES SUR L'EXEMPLE CHOISI

Valeurs retenues : 6 fois 95 ; 97,5 ; 100 ; 102,5 ; 105

- 1) La loi n'est pas normale, les valeurs de chaque échantillon constituent une suite croissante.
- 2) Toutes les valeurs sont situées à $\pm 1 \sigma$ de la moyenne.
- 3) Le calcul de l'écart type instantané aurait donné le même résultat avec la série suivante : :
95 - 95 - 95 - 95 - 105
qui ne correspond manifestement pas à une loi Normale. Il s'agirait plutôt d'une machine très précise réglée à 95 et une mesure anormale à 105 (avec un moyen de contrôle pas assez précis pour permettre une analyse).
(Rappel : l'écart type instantané est proportionnel à l'étendue de l'échantillon, dans ce cas toujours = à 10)
- 4) Il est parfois judicieux de tracer la courbe des différentes valeurs successives ; la non normalité de la distribution apparaît parfois au premier regard.

PERFORMANCES D'UNE VISSEUSE

Une visseuse a généralement un couple réglable.

Sa précision dépend :

- du niveau de couple choisi (réglage)
- du taux de serrage (franc ou élastique)
- de la pression d'alimentation (pour un matériel pneumatique)

C'est la raison pour laquelle il existe une procédure pour connaître les vraies caractéristiques d'un matériel (norme ISO 5393 ou E39).

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 12/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Normalement, il faut enregistrer 25, 50 ou 100 mesures acceptables, aux réglages mini et maxi, à 2 (ou plus) taux de serrage et à plusieurs niveaux de pression (la méthode FORD est par exemple plus contraignante que la norme ISO).

Cette procédure peut être effectuée soit sur un assemblage étalon ou répétitif, soit sur les pièces réelles.

On comprend facilement que les résultats peuvent être très différents d'un essai à l'autre.

Normalement l'homologation d'un matériel pour une utilisation particulière devrait passer par ces procédures de test.

Les caractéristiques données par les constructeurs sont souvent insuffisantes pour résoudre un problème concret.

REGLAGE ET CONTROLE D'UNE VISSEUSE

Une visseuse est généralement pré-réglée à partir d'un petit nombre de mesures (moyenne de 5 à 10 mesures).

Il y a ajustement progressif à la valeur désirée.

Le contrôle ou l'établissement d'un CAM correspond généralement à une procédure spécifique effectuée sur un outillage de test défini.

Certaines entreprises imposent leurs procédures.

OPINDUS respecte les procédures de ses clients.

En pratique, le contrôle d'une machine (éventuellement après réparation) comporte :

- Un pré-réglage à une valeur définie par le poste de travail ou par rapport à la plage de réglage du constructeur (pré-réglage moyen ou précis).
- L'établissement d'un CAM à cette valeur.
- Des commentaires par rapport à la classe théorique du matériel (s'il a été préalablement défini) et du niveau de maintenance souhaité :
 - classe A \pm 5 %
 - classe B \pm 10 %
 - classe M \pm 15 %
 - classe C \pm 20 %

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 13/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

REMARQUES SUR LES CAPTEURS

1) Fonctionnement d'un capteur

Les capteurs de couple normalement utilisés sont des pièces mécaniques qui se déforment sous certains efforts. Des jauges de contraintes sont collées sur ces pièces. Elles permettent de mesurer les déformations.

En pratique pour contrôler une visseuse, les jauges de contraintes sont collées sur l'arbre qui transmet le couple.

Les informations électriques recueillies sur les capteurs sont traitées électroniquement par une "chaîne de mesures" qui affiche le résultat de la mesure.

Les capteurs sont étalonnés en statique, c'est-à-dire que l'on applique un couple connu (par une masse au bout d'un bras de levier) sur l'arbre du capteur qui se déforme ; après réglage du zéro, la valeur affichée est proportionnelle à la torsion (donc au couple) ; un coefficient multiplicateur permet un affichage direct en Nm (ou dans une autre unité).

2) Précision des capteurs

A ce jour, il n'existe pas de norme européenne de vérification de capteur précisant les conditions expérimentales. Il existe une norme anglaise (BS 7882) qui demande de procéder à deux séries de mesures avec le capteur décalé de 90° (entraînement par carré conducteur).

Cette méthode permet de tenir compte des tolérances d'usinage du carré. Pratiquement, la méthode anglaise indique une moins bonne précision (rapport 1 sur 2).

3) Obtention du couple

Comme indiqué précédemment, le capteur est étalonné avec des couples statiques. En pratique le couple transmis par une visseuse standard, et à fortiori par une visseuse à impulsions (ou une clé à chocs) est obtenu par des impulsions ou chocs successifs. C'est-à-dire que l'arbre du capteur est en permanence plus ou moins "tordu" suivant les efforts fournis, et la fréquence à laquelle ils sont transmis.

Le couple de serrage obtenu sur l'assemblage ne correspond plus réellement à la déformation de l'arbre du capteur.

Un même couple de serrage peut être obtenu soit par un seul "choc", soit par une multitude de petits impacts ; la déformation de l'arbre du capteur sera différente

4) Mesure de la déformation

La chaîne de mesure peut enregistrer la déformation de différentes manières, soit elle enregistre la déformation maximum, soit elle peut mesurer et enregistrer des valeurs à une certaine fréquence comme 1 fois par seconde (1 Hertz), 100 fois, 1000 fois ou 10 000 fois par seconde (100, 1000, 10 000 Hz). Si le couple n'est pas parfaitement statique, la déformation ne sera jamais la même, et la mesure affichée sera différente (suivant le type d'outil, sa vitesse de rotation, le taux de serrage, ...).

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 14/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Expérimentalement OPINDUS a réussi, sur un même assemblage (avec un taux de serrage bien défini, avec le même outil, le même capteur, et la même chaîne de mesures) à faire varier la valeur affichée dans le rapport 1 à 10 en ne faisant varier que la seule fréquence d'acquisition des mesures.

ATTENTION : L'ELECTRONIQUE PEUT INDUIRE EN ERREUR.

Plus le couple est obtenu par des chocs successifs, plus ce phénomène est visible. La disparité avec une fréquence élevée est beaucoup plus importante avec une visseuse "impulse", plutôt qu'avec une visseuse à coupure.

Remarque sur les tests de normalité

Les tests de normalité permettent de vérifier si une série de mesures suit une loi dite Normale.

Le test le plus courant en statistique classique est le test du χ^2 . Il était utilisé par OPINDUS sur ses feuilles de calcul jusqu'au années 2000.

Depuis, pour le vissage il est utilisé un autre test appelé test de Kolmogoroff.

Les tests de normalité ne sont considérés comme réellement valables qu'à partir d'un certain nombre de mesures. Ils ne s'appliquent normalement pas pour 30 mesures, ils sont seulement indicatifs.

Insuffisance de la précision de l'outil de mesure

Les capteurs et chaînes de mesures sont donnés avec une certaine précision ; une valeur acceptable correctement admise est $\pm 1 \%$ (soit pour chaque élément, soit pour l'ensemble).

La précision exacte serait $\pm 1 \%$ + 1 digit, c'est-à-dire que le dernier chiffre significatif est annoncé à une unité près. Exemple : 10,583 affiché peut correspondre à 10,582 ; 10,583 ou 10,584.

Reprenons les valeurs des échantillons précédents 95 ; 97,5 ; 100 ; 102,5 ; 105 Nm mesurées avec un capteur à $\pm 0,25 \%$ comme la gamme IRTT d'Atlas Copco.

Les capteurs sont utilisables à partir de 10 % de la valeur maxi. Les valeurs ci-dessus peuvent être mesurées avec un capteur de capacité 1000 Nm.

Dans ce cas l'incertitude due au seul capteur est $\pm 0,25 \%$ + 1 digit soit 2,51 ou plutôt 2,6 Nm ; ce qui veut dire que l'étendue des 5 valeurs (105 - 95) = 10 aurait pu être (107,6 - 92,4) soit 15,2 (valeur inférieure moins 2.6 et valeur supérieure plus 2.6 soit une augmentation possible de l'étendue de 5.2).

L'écart type instantané étant proportionnel à l'étendue, la valeur de l'écart type peut varier de 52 % et la machine 52 % moins précise.

Le raisonnement est le même si l'étendue est plus faible. Désignons la série de mesures 99 ; 99,5 ; 100 ; 100,5 ; 101 mesurée avec le même capteur. L'étendue mesurée = 2, mais comprise entre 2 et 7,2. L'écart type peut être 3,6 fois plus important, et la machine 3,6 fois moins précise.

Et seule l'incertitude du capteur a été prise en compte. La chaîne de mesures a aussi une imprécision qui est normalement du même ordre de grandeur.

Ceci montre donc qu'il faut, dans la mesure du possible, utiliser les capteurs entre 50 et 100 % de leur valeur normale ; la précision est améliorée d'autant (multipliée par 5 ou 10 dans le cas présent).

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 15/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

CONCLUSION : HUMILITE

Bien que suffisamment simple pour être à la portée du plus grand nombre, et simplifié au maximum, cet exposé montre la difficulté de donner une réelle précision à un matériel et la difficulté d'être catégorique.

Nous venons de voir des méthodes de calcul simple.

Lorsque les résultats paraissent corrects le matériel est bon.

Lorsque les résultats ne paraissent pas corrects, il faut une véritable étude ; il n'est pas possible de conclure rapidement par la négative.

En conclusion, nous citerons un extrait de la norme ISO 5393 (paragraphe 4.3.2.) qui est très révélateur :

- " - Un essai complet se compose de plusieurs séquences différentes.
- Un minimum de 100 relevés de couples est enregistré pour chaque séquence.
- Un nombre réduit de cycles d'essai ne suffit pas pour déterminer la dispersion du couple avec une marge d'erreur raisonnable. Il a été démontré à maintes reprises que les valeurs d'écart type pour une même serreuse peut varier dans le rapport 1 à 2 si le nombre d'essais de chaque séquence est limité à 25.

Pour obtenir une marge d'erreur raisonnable, il est nécessaire de relever un grand nombre de mesures, sur la base d'un minimum de 100 mesures.

Le nombre de 100 mesures a été choisi car il permet de comparer plusieurs serreuses ayant des écarts types différents de 15 % à 20 %. Si la différence d'écart type entre deux serreuses n'atteint pas 15 %, un plus grand nombre de mesures est nécessaire pour déterminer quelle serreuse est la plus précise des deux."

Nous espérons que cet exposé succinct ait permis de préciser simplement les nouvelles évolutions concernant les contrôles du matériel de serrage.

OPINDUS reste à votre disposition pour vous aider dans vos applications concrètes et la mise en place des contrôles appropriés.

| | | |
|--|--------------------------|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 16/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

ANNEXE I

RAPPELS SUR LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCÉDES (MSP)

Causes de variation

Il n'existe pas deux produits identiques issus du même procédé, il y a généralement des sources de variation multiples réparties en 2 grandes catégories :

- Les causes communes qui ont un faible impact sur la dispersion.
- Les causes spéciales ou assignables (événements inhabituels qui provoquent des dérives fortes ou imprévisibles).

La MSP propose :

- Identifier et supprimer les causes spéciales
 - Rendre le procédé stable
- Diminuer la dispersion liée aux causes communes
 - Rendre le PROCÉDE CAPABLE (apte à produire selon les spécifications).

Aptitude

Une fois que le procédé est mis sous contrôle (élimination des causes spéciales), il s'agit de déterminer s'il est apte.

- Il existe :
- une aptitude machine (dispersion due à la machine) donnée par les indices CAM ou Cm (aptitude en dispersion) et Cmk (aptitude en dispersion et centrage).
 - une aptitude procédé, résultante des différentes machines du procédé, et de l'environnement, donné par les indices CP ou CPk.

Analyse des causes spéciales

Les causes spéciales sont analysées à partir des cartes de contrôle. Dans le cas présent il est logique d'utiliser des cartes X, R (moyenne, étendue).

A partir d'un certain nombre de mesures on peut calculer les Limites Supérieures et Inférieures de Contrôle : il y a similitude d'analyse entre les parties A, B, C de la carte de contrôle et les 1σ , 2σ , 3σ de la dispersion réelle.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 17/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Attention

Les limites de contrôle n'ont rien à voir avec les limites de tolérance.

Conclusion

La MSP s'applique aux procédés et non aux machines (par définition).

Les capacités ne s'appliquent que et uniquement lorsque le procédé est sous contrôle.

Les cartes de contrôle servent au suivi des procédés et à la recherche des causes spéciales (lorsque le procédé n'est plus sous contrôle).

OPINDUS FORMATION est à votre disposition pour toute collaboration éventuelle.

Bibliographie

SPC de ZAÏDI

SPC de LAMOUILLE

Formation à la MSP de PERIGORD

MSP de GARIN

Appliquer la maîtrise statistique des procédés de M. PILLET

Statistique et probabilité

....

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 18/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

ANNEXE II

Feuilles de résultats OPINDUS

(Voir exemple pages 24, 25, 26)

La feuille de résultats reprend les différentes informations sur le matériel vérifié, un certain nombre de calculs avec des résultats directement utilisables et comparables par rapport aux données théoriques.

Au moment des essais, le matériel n'est pas forcément affecté à un poste de travail : les résultats permettent d'apprécier l'aptitude du matériel pour un poste donné.

Les différentes informations sont les suivantes :

Données matériel :

- Marque
- Type
- Code machine
- Date du dernier contrôle
- Caractéristiques machine : couple mini, maxi, vitesse

Données sur le contrôle :

- Date du contrôle et opérateur
- Eléments de la chaîne de mesure
- Ensemble des valeurs de couple mesurées (réparties en échantillons de 5 mesures), vitesse.
- Eventuellement, données du poste de travail (mini, maxi et IT)

Calculs

Les calculs sont effectués à partir des éléments précédents ; ils donnent :

- la moyenne
- l'écart type des mesures (mathématique classique pour une population : n)
- l'écart type des mesures (considérées comme un échantillon : n - 1)
- la position de la valeur moyenne par rapport au couple maxi constructeur, et à la plage de réglage constructeur
- les tests de dérive et de normalité (avec les restrictions statistiques classiques)
- les calculs définis dans les normes référencées à partir des seules valeurs enregistrées (même si le nombre de mesures n'est pas suffisant pour la norme en question, ou si les hypothèses ne sont pas vérifiées comme pour l'indicateur de performance qui s'applique à un processus sur le long terme ; dans ce cas les calculs permettent des comparaisons).

Le dérèglement est normalement calculé sur le poste de travail ; il est défini par CPk (P pour Processus). Dans le cas présent, la machine est contrôlée sur un simulateur de vissage, l'indicateur de dérèglement est le CMk (M pour Machine) ; mais le calcul est le même.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 19/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Tableau des précisions

Les contrôles sont réalisés pour vérifier généralement le niveau de fiabilité du matériel, et définir s'il est bien adapté à un poste de travail.

Le tableau permet de répondre à cette question.

Le critère communément admis est un CAM de 1,3.

Le CAM est le rapport entre l'intervalle de tolérance et la dispersion instantanée ; par définition il ne peut être calculé que pour un poste de travail connu, ce qui n'est pas toujours le cas au moment du contrôle.

Le tableau est donc construit à l'envers, à partir d'une précision par rapport à la moyenne.

Exemple : si la moyenne est de 100 et la précision de 15%, cela correspond à une plage de 100 – 15 % à 100 + 15 %, soit de 85 à 115, ce qui représente un intervalle de tolérance IT égal à 30. Dans ce cas le calcul du CAM est possible. Il est réalisé pour les précisions comprises entre 5 % et 40 %.

Parallèlement, un CAM de 1,3 étant une référence commune, le calcul est aussi réalisé à partir du CAM de 1,3 (en bas du tableau).

Ce CAM de 1,3 détermine l'intervalle de tolérance et la précision correspondants. Pour améliorer la lisibilité, les valeurs de la plage sont recalculées.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 20/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Feuille de graphiques

Cette feuille représente graphiquement les éléments du contrôle.

Réglage de la machine

Ce graphique représente les plages de couple correspondant au réglage de la machine, au poste, et à la plage du CAM 1,3.

L'adéquation de la machine au poste se vérifie instantanément.

Valeurs

C'est le graphique des valeurs successives enregistrées et positionnées par rapport à la moyenne.

Cela permet de vérifier une non-stabilité ou une dérive.

Histogramme

Ce graphique représente le nombre de valeurs réparties sur des plages de un écart type par rapport à la moyenne.

Distribution

Ce graphique permet de comparer la distribution réelle des valeurs enregistrées par rapport à une distribution théorique suivant la loi normale.

Cela permet de vérifier la normalité.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 21/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Carte de contrôle

Les cartes de contrôle sont de plus en plus utilisées sur les chaînes de montage.

Cette feuille représente une carte de contrôle théorique construite à partir des valeurs enregistrées. (carte : moyennes et étendues)

Une carte de contrôle se définit à partir d'un minimum de 100 valeurs.

Les valeurs enregistrées sont reprises jusqu'à 100 pour pouvoir définir les limites supérieures et inférieures.

Les six intervalles entre les limites sont tracés de manière à pouvoir mener l'analyse habituelle des cartes de contrôle.

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 22/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Normes de référence, Indicateurs, Tests

E 39.11.020 N

Norme CNOMO – C'est la procédure d'homologation des outils rotatifs pneumatiques ou électriques pour l'assemblage d'éléments de fixation filetés.

Cette norme permet de définir l'écart-type, la dispersion générale et l'intervalle de tolérance relatifs à un type de machine.

Le fournisseur est tenu de livrer des outils conformes aux caractéristiques pré-définies.

Les résultats sont obtenus à partir d'essais portant sur 100 mesures, à faible et à fort taux de serrage, au couple nominal et au couple minimal.

E 41.32.110 N

Norme CNOMO, pour l'agrément capabilité des moyens de production réalisant des caractéristiques suivant une loi normale.

Cette norme s'applique au vissage.

A partir d'un nombre d'échantillons de 5 pièces (normalement 6 échantillons, mais aussi 10 et 20), cette norme définit l'écart type instantané, la dispersion machine instantanée, l'écart type estimé de la production, le coefficient d'aptitude moyen (CAM), et le coefficient de position et de dispersion de la production (CPK ou CMK).

Pour que cette norme puisse s'appliquer, il faut s'assurer que la distribution s'apparente à une loi normale.

E 41. 32. 110.R

Cette norme complémentaire RENAULT apporte quelques compléments et entre autre sur la vérification de l'homogénéité de l'échantillonnage sur chaque échantillon pour un intervalle de tolérance donné.

Indicateurs de performance

L'indicateur de performance Pp égale la tolérance divisée par six fois l'écart type de l'échantillon (n - 1). Il faut que l'échantillon soit représentatif de la production pendant un temps relativement long (et sous contrôle).

Le Ppk est l'indicateur de dérèglement.

Dans une première approche le processus est jugé capable si Pp et Ppk >1,33 (dans le long terme)

La valeur de référence 1,67 correspond à la marge choisie pour avoir un Ppk de 1,33. (Cela correspond aussi au CAM de 1,3 avec le coefficient de pondération 1,28 correspondant à 30 mesures).

| | | |
|-------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 23/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |

Test de dérive

Toutes les mesures sont censées appartenir à la même population.

La série de mesures est considérée comme constituée par deux échantillons successifs de même nombre.

Le test de dérive vérifie si ces deux échantillons peuvent appartenir à la même population (théoriquement inchangée entre ces deux échantillons).

Il estime, au seuil de 5 % si le réglage de la machine a changé entre les deux échantillons.

Test de KOLMOGOROFF

C'est un test de normalité.

Toutes les mesures sont classées dans un ordre croissant.

Pour chaque mesure successive, il est calculé la probabilité de distribution théorique et la distribution réelle.

La différence la plus importante entre les deux probabilités correspond à la valeur du test.

Pour que l'échantillonnage corresponde à une loi normale, la valeur de test doit être inférieure à une valeur de référence (qui dépend du nombre de mesures).

| | | |
|------------------------|--|----------------|
| OPINDUS S.A. | OPINDUS FORMATION | Page: 24/26 |
| | | Date : 04/2005 |
| | CAPABILITES - CAM - CPk - Contrôles OPINDUS | Indice : 2 |
| | | Verif : ChP |
| | | Appro : NPL |



1, rue Maurice Audibert - 69800 SAINT PRIEST

Tél. : 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01 - www.opindus.com



SA au Capital de 504 960 Euros - 320 565 922 R.C.S. Lyon - N° SIRET 320 565 922 00061 - Code APE 286 D - N° TVA FR 08 320 565 922

| CLIENT BOULEVARD DE L'INDUSTRIE 00000 VILLE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|--|-------------------------------------|----------------------|-------------|------------------|----------|-----------------------------|--------|-----------------------|-------------------|--------------------------|------------------|--------|--------|----------------|--------|----------------|--------|--|--------|-----------|--------|-----|------------------------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|----------|--------|--------|------|----------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|----------|--------|--------|------|----------|-----|-------|------|----------|-----|-------|-------|----------|------|------|------|-----------------------------|
| CAPABILITE - CAM Norme E41.32.110.N(1990) et E.41.32.110.R(1990) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contrôle N° | 3148 | ? | Date contrôle: 30/04/09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Marque | CHARLES MAIRE | | Date édition: 28/05/09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type | BALD4204RD5 | | Opérateur: FC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Code machine | C463739 | | Dernier CAM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Affectation | Pas d'affectation | | Conformité <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Site | Pas de site | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caracteristiques | | Mesures retenues en Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mini machine | 22,00 Nm | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th>M4</th> <th>M5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1</td> <td>42,510</td> <td>42,090</td> <td>43,040</td> <td>42,000</td> <td>42,590</td> </tr> <tr> <td>E2</td> <td>43,030</td> <td>42,640</td> <td>43,110</td> <td>42,850</td> <td>41,920</td> </tr> <tr> <td>E3</td> <td>42,410</td> <td>42,030</td> <td>41,990</td> <td>42,220</td> <td>42,340</td> </tr> <tr> <td>E4</td> <td>42,120</td> <td>42,290</td> <td>42,670</td> <td>41,990</td> <td>41,840</td> </tr> <tr> <td>E5</td> <td>43,500</td> <td>42,650</td> <td>44,420</td> <td>43,930</td> <td>43,940</td> </tr> <tr> <td>E6</td> <td>43,030</td> <td>43,030</td> <td>43,240</td> <td>42,710</td> <td>42,610</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | E1 | 42,510 | 42,090 | 43,040 | 42,000 | 42,590 | E2 | 43,030 | 42,640 | 43,110 | 42,850 | 41,920 | E3 | 42,410 | 42,030 | 41,990 | 42,220 | 42,340 | E4 | 42,120 | 42,290 | 42,670 | 41,990 | 41,840 | E5 | 43,500 | 42,650 | 44,420 | 43,930 | 43,940 | E6 | 43,030 | 43,030 | 43,240 | 42,710 | 42,610 | | | | | | | | | | | | | | |
| | M1 | | | | | M2 | M3 | M4 | M5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E1 | 42,510 | | | | | 42,090 | 43,040 | 42,000 | 42,590 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E2 | 43,030 | | | | | 42,640 | 43,110 | 42,850 | 41,920 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E3 | 42,410 | | | | | 42,030 | 41,990 | 42,220 | 42,340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E4 | 42,120 | | | | | 42,290 | 42,670 | 41,990 | 41,840 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E5 | 43,500 | | | | | 42,650 | 44,420 | 43,930 | 43,940 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E6 | 43,030 | 43,030 | 43,240 | 42,710 | 42,610 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maxi machine | 71,00 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mini poste | Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maxi poste | Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interv. de tolérance | Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vitesse théorique | 390 tr/mn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vitesse mesurée | tr/mn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mesures effectuées avec le matériel de contrôle relié : ACTA3000QC N/B753004 / 75 NM ATLAS N/ 71987 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calculs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Moyenne (Nm)</td> <td>42,691</td> </tr> <tr> <td>Ecart type math. (n)</td> <td>0,639</td> </tr> <tr> <td>Ecart type (n-1)</td> <td>0,650</td> </tr> <tr> <td>Ecart type estimé</td> <td>0,832</td> </tr> <tr> <td>Ecart type instantané</td> <td>0,561</td> </tr> <tr> <td>Dispersion machine inst.</td> <td>3,368</td> </tr> <tr> <td>CMk</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Maxi machine</td> <td>60,13</td> </tr> <tr> <td>% Maxi réglage</td> <td>42,23</td> </tr> </tbody> </table> | | Moyenne (Nm) | 42,691 | Ecart type math. (n) | 0,639 | Ecart type (n-1) | 0,650 | Ecart type estimé | 0,832 | Ecart type instantané | 0,561 | Dispersion machine inst. | 3,368 | CMk | | % Maxi machine | 60,13 | % Maxi réglage | 42,23 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Precision</th> <th>IT</th> <th>CAM</th> <th>Conformité E41.32.110R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5%</td> <td>4,27</td> <td>1,27</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>10%</td> <td>8,54</td> <td>2,54</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>12,81</td> <td>3,80</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>20%</td> <td>17,08</td> <td>5,07</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>25%</td> <td>21,35</td> <td>6,34</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>30%</td> <td>25,61</td> <td>7,61</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>35%</td> <td>29,88</td> <td>8,87</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>40%</td> <td>34,15</td> <td>10,14</td> <td>Conforme</td> </tr> <tr> <td>5,1%</td> <td>4,38</td> <td>1,30</td> <td>Soit de 40,50 Nm à 44,88 Nm</td> </tr> </tbody> </table> | | Precision | IT | CAM | Conformité E41.32.110R | 5% | 4,27 | 1,27 | Conforme | 10% | 8,54 | 2,54 | Conforme | 15% | 12,81 | 3,80 | Conforme | 20% | 17,08 | 5,07 | Conforme | 25% | 21,35 | 6,34 | Conforme | 30% | 25,61 | 7,61 | Conforme | 35% | 29,88 | 8,87 | Conforme | 40% | 34,15 | 10,14 | Conforme | 5,1% | 4,38 | 1,30 | Soit de 40,50 Nm à 44,88 Nm |
| | | Moyenne (Nm) | 42,691 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ecart type math. (n) | 0,639 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ecart type (n-1) | 0,650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ecart type estimé | 0,832 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ecart type instantané | 0,561 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Dispersion machine inst. | 3,368 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | CMk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | % Maxi machine | 60,13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | % Maxi réglage | 42,23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precision | IT | CAM | Conformité E41.32.110R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5% | 4,27 | 1,27 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10% | 8,54 | 2,54 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15% | 12,81 | 3,80 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20% | 17,08 | 5,07 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25% | 21,35 | 6,34 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30% | 25,61 | 7,61 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35% | 29,88 | 8,87 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40% | 34,15 | 10,14 | Conforme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,1% | 4,38 | 1,30 | Soit de 40,50 Nm à 44,88 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tests (Non significatif pour 30 mesures) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Test de dérive : | Il semble y avoir une dérive | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Test de normalité (Kolmogorov): | 0,122 (<0,248 pour normalité) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comparaison avec la norme E 39.11.020.N (1989) à partir des valeurs ci-dessus. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Valeur Mini</td> <td>41,84 Nm</td> </tr> <tr> <td>Valeur Maxi</td> <td>44,42 Nm</td> </tr> <tr> <td>Ecart type</td> <td>0,832</td> </tr> <tr> <td>Dispersion générale</td> <td>11,69 % du couple</td> </tr> <tr> <td>intervalle de tolérance</td> <td>8,77 % du couple</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Valeur Mini | 41,84 Nm | Valeur Maxi | 44,42 Nm | Ecart type | 0,832 | Dispersion générale | 11,69 % du couple | intervalle de tolérance | 8,77 % du couple | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valeur Mini | 41,84 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valeur Maxi | 44,42 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ecart type | 0,832 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dispersion générale | 11,69 % du couple | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| intervalle de tolérance | 8,77 % du couple | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indicateurs de performance (équivalence pour une production supposée sous contrôle) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valeurs pour Pp = 1,67 | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>IT</th> <th>% precision</th> <th>Ppk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6,51</td> <td>Soit de 39,44 Nm à 45,95 Nm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | IT | % precision | Ppk | 6,51 | Soit de 39,44 Nm à 45,95 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IT | % precision | Ppk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,51 | Soit de 39,44 Nm à 45,95 Nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPINDUS : La maîtrise de l'outillage portatif. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01

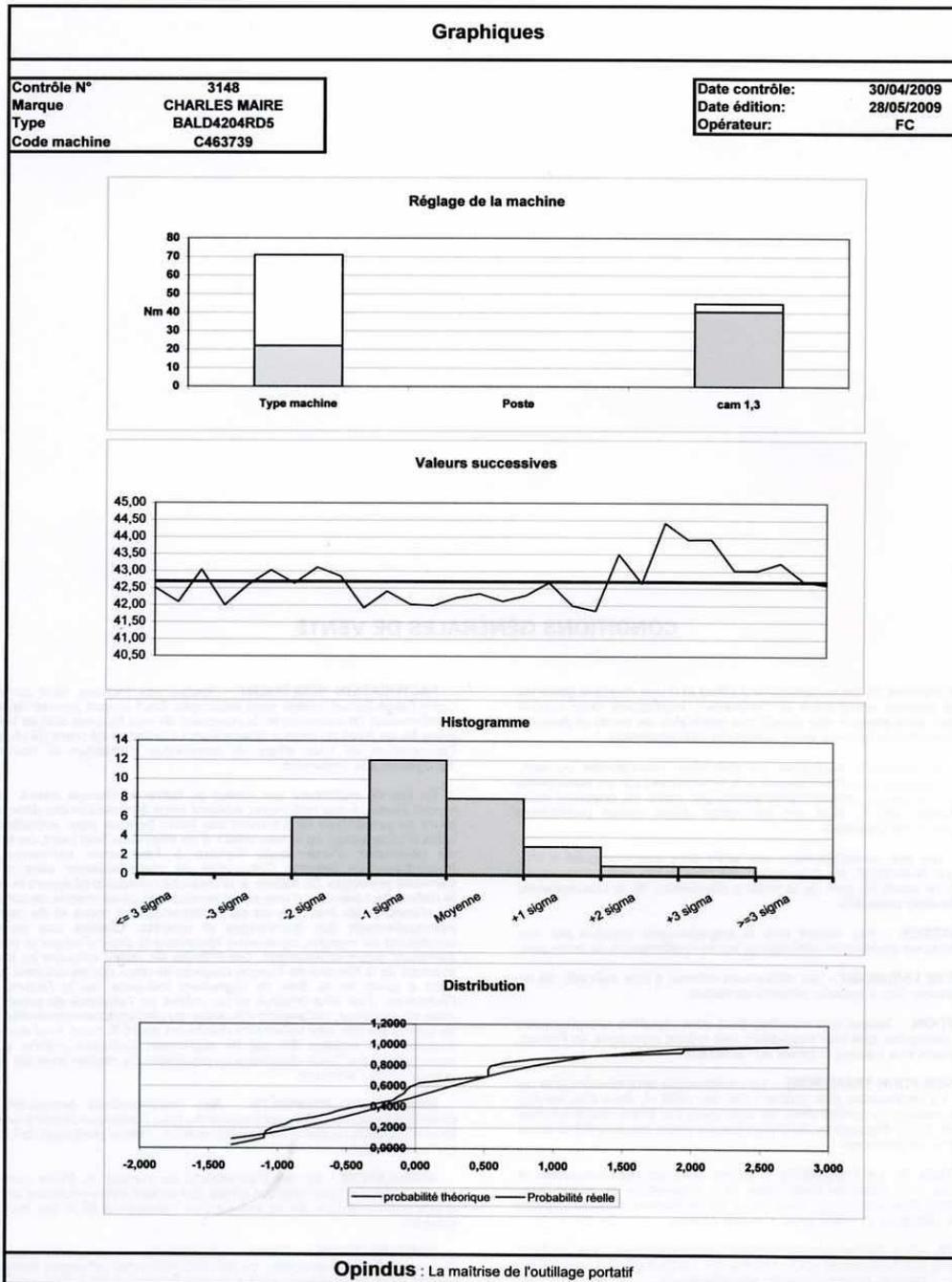
E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr



1, rue Maurice Audibert - 69800 SAINT PRIEST
Tél. : 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01 - www.opindus.com



SA au Capital de 504 960 Euros - 320 565 922 R.C.S. Lyon - N° SIRET 320 565 922 00061 - Code APE 286 D - N° TVA FR 08 320 565 922



Opindus : La maîtrise de l'outillage portatif

Ce document est la propriété de OPINDUS S.A., et ne peut être reproduit ou communiqué sans autorisation écrite.

OPINDUS S.A. - 1 rue Maurice AUDIBERT - 69800 - ST PRIEST - Tél: 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01

E-mail: opindus.lyon@wanadoo.fr



1, rue Maurice Audibert - 69800 SAINT PRIEST
Tél. : 04 78 21 73 14 - Fax : 04 78 21 73 01 - www.opindus.com



SA au Capital de 504 960 Euros - 320 565 922 R.C.S. Lyon - N° SIRET 320 565 922 00061 - Code APE 286 D - N° TVA FR 08 320 565 922

Carte de contrôle (Moyennes, étendues)
Valeurs supposées renouvelées

