REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

F. DOURGNON

Un exemple de mise sous contrôle des fabrications de grandes séries

Revue de statistique appliquée, tome 10, nº 4 (1962), p. 77-90
<http://www.numdam.org/item?id=RSA_1962__10_4_77_0>

© Société française de statistique, 1962, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue de statistique appliquée » (http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (http://www.numdam.org/conditions). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM
Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
http://www.numdam.org/

UN EXEMPLE DE MISE SOUS CONTROLE DES FABRICATIONS DE GRANDES SÉRIES

F. DOURGNON (1)
Société Nouvelle de Roulements

La technique des grandes séries industrielles limite souvent son activité à la conception des marchandises et à la réalisation de machines nécessaires à leur production. En complément elle entretient ces machines, le plus souvent a posteriori. Tout un secteur reste plus ou moins négligé : la gestion qualitative et quantitative des ateliers. Les méthodes utilisées par les chefs de fabrication, nécessairement empiristes, ne sont pas les plus efficaces. On a voulu montrer dans cet article que des notions très simples de statistique peuvent être utiles, et répondre à un besoin plus ou moins formulé mais certainement ressenti par tous ceux classés "directement productifs".

I - LE PROBLEME STATISTIQUE -

Les méthodes de gestion de la qualité ne sont pas particulières à chaque industrie. On pourrait définir des principes communs à toutes les fabrications de grande série. Seul un effort d'adaptation est nécessaire. Toutefois, pour la clarté de l'exposé, il ne sera question ici que de cas concrets tirés de la fabrication de bagues de roulements (figure 1 et 2).

Dans un même atelier sont usinées chaque jour quelques cent mille bagues qui se répartissent en un nombre relativement restreint de spécifications, quelques dizaines.

Les bagues sont successivement décolletées, reprises au tournage sur tours spéciaux, trempées, rectifiées et montées avec des corps roulants. On définit ainsi :

- pour les bagues extérieures de roulements à billes : un diamètre extérieur, deux faces perpendiculaires à l'axe, un chemin de roulement et quelques cotes annexes, entre autres des chanfreins ;

- pour les bagues intérieures : un alésage, deux faces, un chemin de roulement, etc.

Les bagues de roulements coniques sont un peu plus complexes.

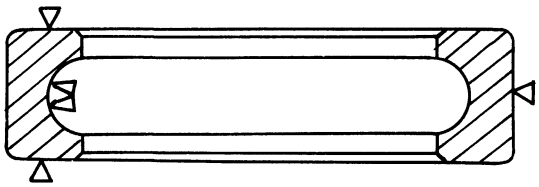
---

(1) avec la collaboration de M. ROUSSEAU et G. EXHERTIER.

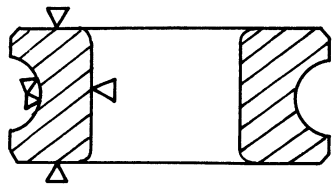
Pièces Terminées

Figure 1

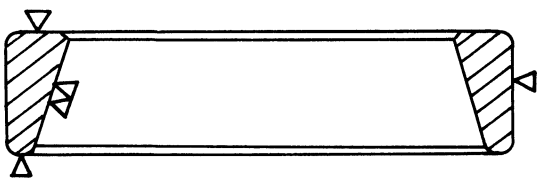
Bague Extérieure



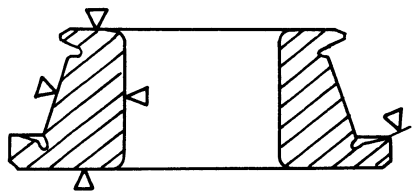
Bague Intérieure



Cuvette



Cône

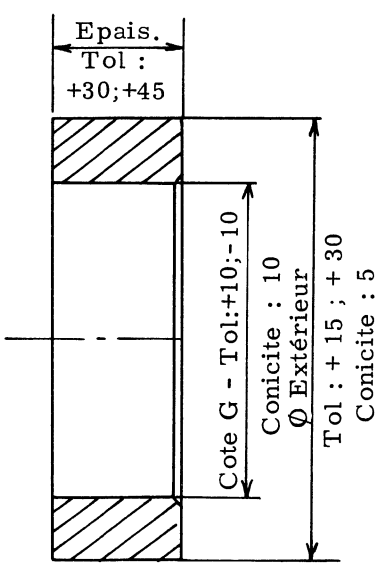


Symboles : ▽ Surface Rectifiée

▽▽ Surface Superfinie après Rectification

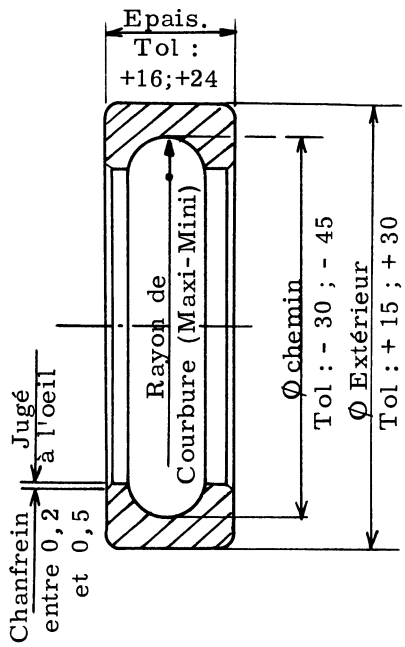
Figure 2

Avant Reprise



Les tolérances sont exprimées en centièmes de mm.

Après Reprise



Les défauts de forme sont divers : ovalisations, faux parallélisme des faces, mauvaise conicité des roulements coniques, voilage, excentricité, etc.

Le tableau suivant donne un résumé du nombre des cotes et défauts divers tolérancés.

	Bagues Extérieures		Bagues Intérieures	
	Cotes	Défauts	Cotes	Défauts
Décolletage	3	9	4	9
Reprise	2	11	1	5
Rectification	4	14	3	9

Un calcul simple montre que 3 600 000 cas de contrôle environ se posent chaque jour, sans compter d'autres mesures toujours plus importantes : mesures des vibrations et des états de surface sur appareils à amplification électronique.

Il s'agit donc de définir des méthodes de gestion de la qualité qui ne sauraient évidemment être limitées au "contrôle". Elles doivent être étendues au processus de fabrication.

Le procédé classique consiste à enregistrer des "rebuts" ou "pièces à retoucher" définis au mieux. Il a une certaine valeur en chiffrant une partie du coût de la qualité mais il ne peut chiffrer la qualité elle-même, et partant reste peu efficace et ne peut servir de guide à une politique quelconque. Le traitement "coup par coup" des difficultés permet de parer au plus pressé, mais n'est pas non plus "dynamique".

Le problème présente donc deux aspects complémentaires :

- définir des conditions rationnelles de travail ;
- recueillir l'information et la "traiter" en vue d'une gestion optimum.

C'est un sujet de choix pour la Statistique.

II - PRINCIPES GENERAUX -

1/ Détermination de méthodes rationnelles de production.

Tout un chacun dans un atelier sait que si l'on remplace un outil par un autre en principe identique les résultats ne sont pas toujours équivalents. Ainsi les cotes, les défauts de forme des pièces pourront être différents, mais aussi la durée de l'outil. Il en est de même lorsqu'on remplace un lot de matière première ou de produit semi-ouvré par un autre, ou bien encore quand on change de série de fabrication. Quand on a entendu parler de statistique, on dit : "il y a de la dispersion". Mais la variabilité systématique ou aléatoire étant en général très mal connue, on croit utile de régler les machines très souvent, trop souvent, augmentant ainsi la dispersion du produit fabriqué.

On sait que dans le cas de variation systématique nulle, un réglage après chaque pièce, éxécuté parfaitement, peut augmenter la dispersion dans des proportions importantes.

La méthode qui vient naturellement à l'esprit est d'observer la qualité de la production sur de grands nombres de pièces, en évitant tout réglage, et sans craindre de laisser produire des pièces "hors tolérances". On en verra la raison. En analysant les résultats numériques, et au besoin en les transposant sous forme graphique, on recherchera d'éventuelles "permanences statistiques" faute desquelles aucune solution statistique et partant aucune solution rationnelle n'est possible.

2/ L'estimation de la qualité.

Il n'est pas possible ici de traiter du tolérancement, mais il est bon de préciser quelques points utiles au sujet. La notion de tolérances a très peu évolué depuis Vaquette de Gribeauval (2). Les calculs sont faits sur plan, sans base expérimentale. La probabilité pour qu'un ensemble mécanique complexe soit entièrement à l'intérieur des tolérances doit être du même ordre que la probabilité pour qu'un individu donné soit un Français moyen. En fait la chose est peu grave : une norme de qualité se définit par deux paramètres : l'intervalle de tolérance et la proportion de pièces à l'extérieur de cet intervalle. Des intervalles serrés correspondent à des proportions hors tolérances importantes et partant à une efficacité de contrôle convenable.

Un "sondage" parmi les ouvriers, agents de maîtrise et techniciens donne généralement le nombre 5 comme estimation du nombre moyen de caractéristiques hors tolérances sur 100 pièces, à n'importe quel stade de la production. (On dira 5 % pour raison de simplicité ; la définition du critère de qualité ci-dessus restant toujours valable). De multiples "sondages" représentatifs et cohérents dans les caisses de pièces donnaient de 40 % à 80 %.

En même temps que les machines types étaient mises sous contrôle, un bilan permanent et détaillé était établi afin de définir les efforts à fournir et de juger des résultats obtenus.

III - LES OPERATIONS DE TOURNAGE -

Comme il a été dit les opérations de décolletage et de reprise sont distinctes. Quoique les machines soient très différentes le principe de travail est le même, et nous pourrons ici confondre les deux opérations et prendre un exemple. Les schémas 2 représentent une bague extérieure de roulement à billes avant et après "reprise". Les schémas sont cotés et tolérancés. Sur un tour à copier automatique une face est "reprise" puis le chemin est usiné. Les outils en "acier rapide" sont distincts. L'opération de reprise de face a pour but de bien définir celle des faces qui n'a été précédemment qu'ébauchée. Les faces serviront en effet de plans de référence pour une rectification précise des chemins de roulement.

On retiendra pour premier critère la "dispersion instantanée" égale à un coefficient près à l'écart-type calculé à partir de l'étendue moyenne.

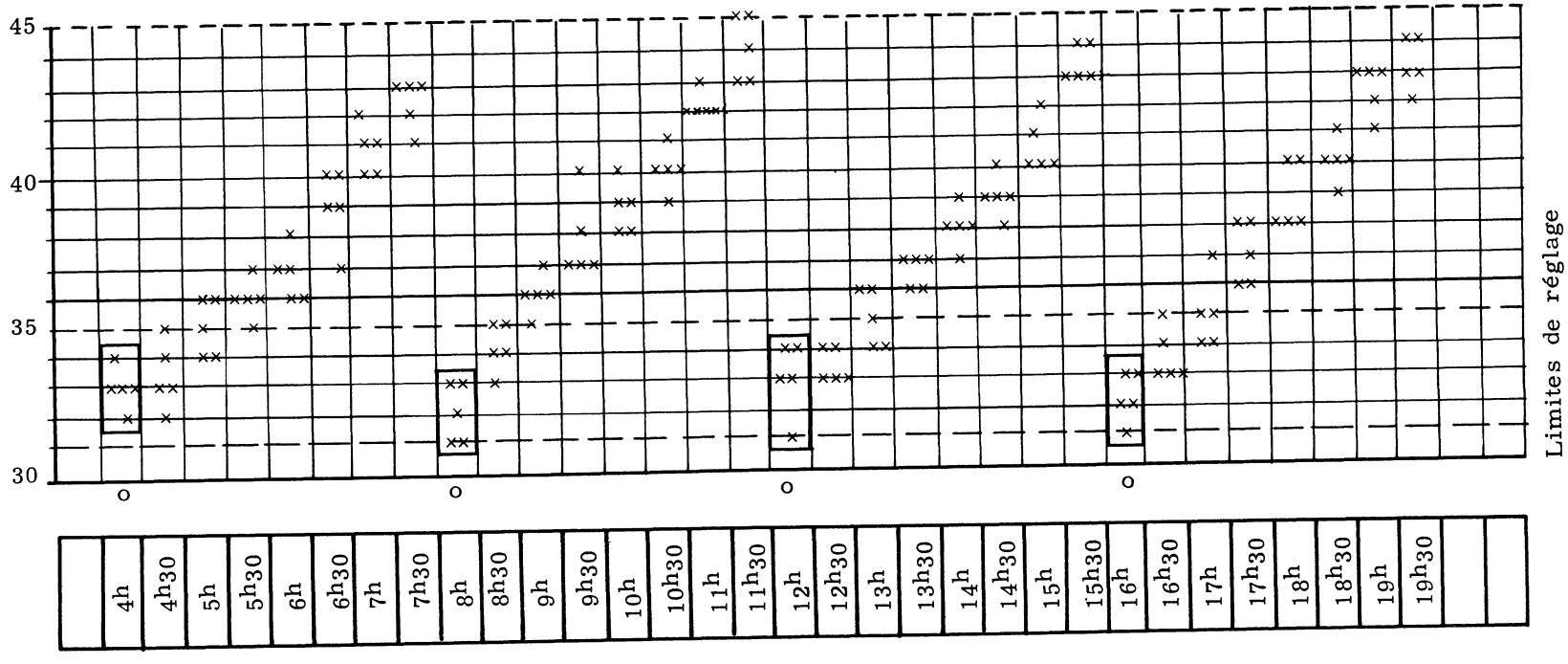
Des relevés ont été faits des dizaines de fois. Ils montrent que :

---

(2) Les études récentes (R. Cavé, M. Forestier) ne sont connues que des statisticiens. Elles n'ont pas encore pénétré suffisamment dans les bureaux d'étude.

Opération de reprise de la bague extérieure

- Cote du chemin -



- En changeant les outils toutes les 4 heures, la proportion de pièces hors tolérances est faible. Il suffit de régler correctement l'ensemble.
- Les seules limites utiles sont celles de réglage après changement d'outil.
- Un contrôle périodique avec limites modifiées serait peu utile.

o = changement d'outil.

Figure 3

1/ la dispersion instantanée est relativement faible ;

2/ un effet de "dérive" ou variation systématique augmente la dispersion totale ;

3/ des perturbations aléatoires très difficiles à étudier ne doivent pas être prises en considération, d'une part parce qu'elles ne peuvent être prévenues techniquement, d'autre part parce qu'elles n'expliquent que très partiellement les très fortes proportions de pièces hors tolérances constatées par ailleurs ;

4/ il est judicieux de ne pas centrer la cote de départ sur la moyenne recherchée pour tenir compte des variations systématiques.

Le schéma de mise sous contrôle a été le suivant : (figure 3).

Un réglage "fin" est effectué après chaque changement d'outil. On entend par là que le réglage de la machine estimé au moyen de 5 pièces ne doit pas être significativement différent d'une cote standard. Pour cela on calcule les limites de surveillance et de contrôle autour de la cote standard. Le réglage est considéré comme incorrect si une des pièces est hors contrôle ou deux hors surveillance du même côté (3). Une fois obtenu un réglage correct, aucun contrôle, aucun réglage ne doivent être faits jusqu'au prochain changement d'outil, la périodicité étant fixée dans chaque cas. Dans l'exemple exposé, l'outil de chemin est changé toutes les 4 heures, l'outil de faces, toutes les 12 heures. Il y a lieu de ne pas prendre le centre de l'intervalle de tolérance comme cote standard, afin de tenir compte des variations systématiques.

La méthode est simple. Elle nécessite seulement une observation préalable longue et attentive. Elle ne repose pas sur le passage d'un contrôleur, difficile à définir, à surveiller, peu constructif, seulement coercitif. La qualité étant contrôlée après fabrication, toute anomalie est signalée, toute dégradation enrayée. S'il est vrai que le contrôle des étendues est abandonné, la dispersion est suivie par ailleurs comme on le verra au paragraphe VI. Les résultats sont précisés au paragraphe VII.

IV - LES OPERATIONS DE RECTIFICATION -

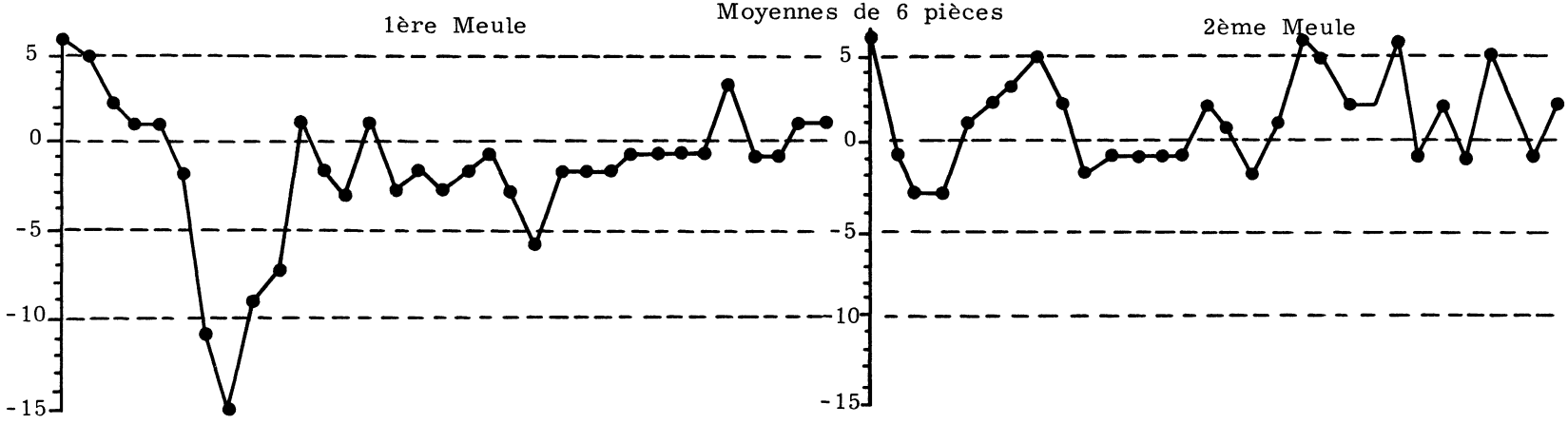
Nous prendrons pour exemple la rectification du chemin de roulement des bagues extérieures. Une meule permet l'usinage de 150 à 200 bagues. Entre deux rectifications la meule est mise en forme par enlèvement de matière au moyen d'un diamant mobile. Pour des raisons de montage évidentes, il est désirable de centrer au mieux la cote et de réduire la dispersion.

L'intervalle de tolérance, arbitraire, est ± 10 microns. L'habitude était de régler la cote, souvent hors de propos. On a donc procédé à des enregistrements pièce à pièce sans aucun réglage, même au moment du changement de meule, jusqu'à l'usure de 4 meules. Deux types de diamants ont été utilisés : bruts et taillés, le même diamant étant utilisé pour quatre meules consécutives. 9 149 pièces ont été rectifiées au moyen de 52 meules, et 13 diamants dont 6 bruts et 7 taillés. Les graphiques n° 4 montrent des enregistrements de valeurs moyennes de 6 pièces et les étendues relatives à ces 6 pièces correspondant à un diamant brut (figure 4).

---

(3) Lire à ce sujet l'article de M. Forestier qui généralise la notion de carte simplifiée (Revue de Statistique Appliquée Volume VIII n° 4)

Production de 756 pièces en 4 meules consécutives
Moyennes de 6 pièces



Remarque pour la meule 1 : corriger la cote après la 48 ème pièce largement hors contrôle eut été une erreur.

Etendues de groupes de 6 pièces

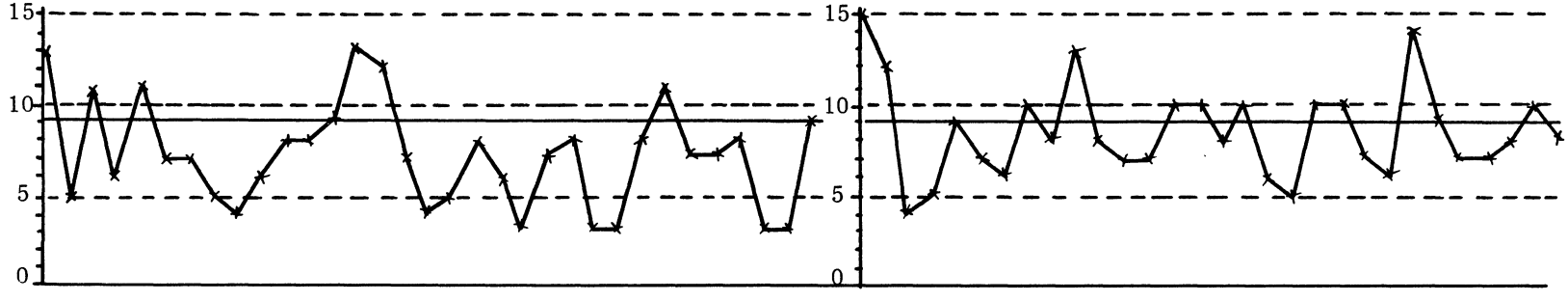
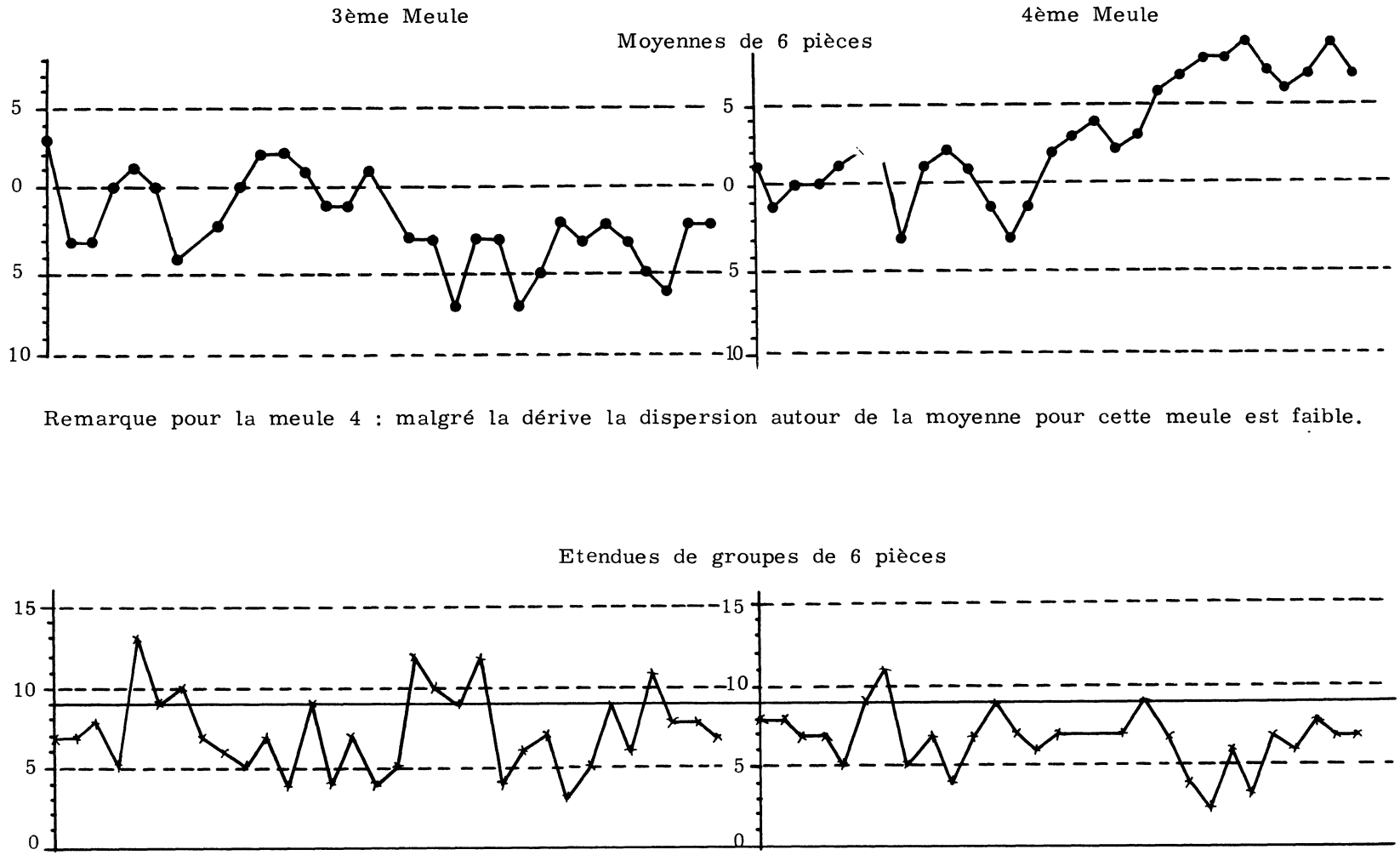


Figure 4 a



Remarque pour la meule 4 : malgré la dérive la dispersion autour de la moyenne pour cette meule est faible.

Figure 4 b

1/ Comparaison des deux types de diamant.

On compare d'abord les dispersions de chaque meule. Afin de simplifier les calculs on dénombre les pièces extérieures à l'intervalle ± 5 microns autour de la moyenne réelle. Les proportions hors limite étant importantes, les comparaisons seront efficaces. On trouve 19 % hors limite pour les diamants bruts, 28 % pour les diamants taillés. Portant sur des quantités élevées ces différences sont évidemment significatives. Ce premier indice est en faveur des diamants bruts.

Il est intéressant de noter que ces pourcentages ne sont pas faits sur des résultats homogènes. Ainsi pour les 6 diamants bruts on a les valeurs :

24 % - 16 % - 26 % - 17 % - 19 % - 13 %

Pour les 7 diamants taillés :

30 % - 23 % - 46 % - 19 % - 28 % - 38 % - 11 %

On pourrait imaginer un test non paramétrique de comparaison, mais la conclusion est évidente.

Si l'on compare les résultats entre meules, on obtient le tableau suivant :

	1ère meule	2ème meule	3ème meule	4ème meule
Bruts	30 %	14 %	15 %	18 %
Taillés	31 %	35 %	25 %	18 %
Total	31 %	25 %	23 %	18 %

On constate que c'est avec un diamant neuf que sont obtenus les plus mauvais résultats, et de beaucoup. Les résultats se stabilisent à la 2ème meule avec un diamant brut, à la 3ème avec un diamant taillé.

18 % de pièces extérieures à l'intervalle ± 5 correspondent à 1 % extérieures à l'intervalle ± 10 (approximation normale admissible pour un grand nombre de pièces).

Il est possible de comparer les dispersions instantanées correspondant aux deux types de diamant. Les proportions qui suivent s'appliquent aux étendues de groupes de 6 supérieures à la valeur 9, choisie arbitrairement pour une bonne efficacité.

- Diamants bruts : $\frac{91}{586}$ soit 15 %.
- Diamants taillés : $\frac{233}{775}$ soit 30 %.

La comparaison des dispersions instantanées est en faveur des diamants bruts. Il y avait intérêt de supprimer l'usage de diamant taillés, ce qui fut fait.

2/ Recherche d'une méthode affinée de réglage.

On a vu qu'à partir de la 2ème meule pour un diamant brut, et à partir de la 3ème meule pour un diamant taillé, la proportion de pièces exté-

rieures à l'intervalle ± 10 microns autour de la moyenne réelle est très faible, de l'ordre de 1 %. Il parait donc illogique de régler la cote en cours d'usure de meule. Un examen attentif des graphiques montre que s'ils sont d'allures très dissemblables dans leurs premiers et derniers tiers, la partie centrale semble voisine de la moyenne réelle pour la meule. C'est une "permanence statistique" que nous allons préciser.

Il s'agit de trouver une relation entre la position du volant de cote, c'est-à-dire du repère de réglage, en début de meule, et un prélèvement fait au milieu de la meule précédente. Autrement dit, la moyenne d'un prélèvement fait en milieu de meule permet-elle de prédire valablement la correction à apporter en début de la meule suivante ?

Premier problème : de la moyenne de 10 pièces prélevées approximativement en milieu de meule, peut-on estimer la moyenne réelle sur cette meule ?

Soit x_1 la moyenne des 10 pièces exactement en milieu de meule ; x_2 la moyenne des 10 pièces précédentes ; x_3 la moyenne des 10 pièces suivantes ; x la moyenne réelle pour toute la meule. Peut-on considérer x_1 comme une estimation précise et correcte de x ? Puisque dans l'application on ne pourra déterminer exactement les 10 pièces médianes, fera-t-on une erreur importante et systématique ? Autrement dit x_2 et x_3 sont-ils des estimations de x aussi bonnes que x_1 ?

Le calcul a montré que :

1/ x_2 et x_3 sont comparables à x_1

2/ l'erreur systématique $x - x_1$ est négligeable

3/ La précision de l'estimation de x au moyen de x_1 est définie par $\sigma_1 = 1,85$ micron

Second problème : connaissant la valeur réelle de la moyenne pour la meule de rang i, peut-on prévoir la valeur réelle de la moyenne pour la meule de rang i + 1 ?

Il a été trouvé un dérèglement moyen de 4 microns vers les valeurs fortes ; la précision de cette estimation pour chaque meule étant mesurée par un écart-type de $\sigma_2 = 2,76$ microns.

On peut maintenant estimer la moyenne réelle pour la meule de rang i + 1 à partir de la moyenne de 10 pièces prélevées parmi les 30 pièces du milieu de meule de rang i. Le déréglage moyen est de 4 microns. La précision de l'estimation est égale à la somme des précisions des estimations composantes, exprimées en termes de variance, puisqu'elles sont indépendantes en probabilité.

$$\sigma e = \sqrt{1,85^2 + 2,76^2} = 3,2 \text{ microns.}$$

3/ <u>Méthode pratique de réglage.</u>

Il serait théoriquement possible de se contenter de régler la cote de 4 microns à chaque changement de meule. Pour tenir compte d'autres variations non décelées dans cette étude, mais toujours possibles (anomalies des pièces, des meules, des diamants, des machines, de la lubrification, etc.), on a été amené à définir la méthode ci-dessous.

- Cas particulier.

1ère meule avec un diamant brut : faire plusieurs prélèvements de 10

pièces en cours de meule (au moins 2), corriger la cote immédiatement et faire un prélèvement en début de la meule suivante.

- Cas général.

Prélever 10 pièces en milieu de meule. Corriger le volant de cote en début de la meule suivante en tenant compte de la moyenne des 10 pièces si celle-ci est extérieure à l'intervalle ± 3 microns, et de l'usure moyenne du diamant de 4 microns.

Exemple : on trouve -5,1. Corriger au début de la meule suivante de -5,1 + 4, soit -1 micron.

4/ Proportion admissible de pièces hors tolérances (± 10 microns).

(Par proportion admissible on entend une valeur telle qu'il n'y ait pas lieu d'ouvrir une enquête sur les causes de mauvaise fabrication).

On a vu que la précision de l'estimation est définie par un écart-type de 3,2 microns, et que la proportion de pièces extérieures à l'intervalle ± 5 microns autour de la moyenne réelle est de 18 %, ce qui correspond à un écart-type de $\sigma_d = 3,55$ microns.

La dispersion totale avec cette méthode de réglage, appliquée dans des conditions identiques, est donc :

$$\sigma = \sqrt{3,55^2 + 3,20^2} = 4,8 \text{ microns}$$

ce qui correspond à 95 % à l'intérieur de l'intervalle ± 10 microns.

V - CONTROLE -

Dans un problème de controle inter-opérations, ou de contrôle final, lorsqu'aucun plan n'est imposé, il n'y a pas lieu de définir un niveau de qualité et des risques d'échantillonnage. L'utilisation de tables de contrôle aux risques calculés n'est à préconiser que dans les cas précis ou la détermination des paramètres α, β, p_1 et p_2 d'une courbe d'éfficacité est possible, ou même plus simplement l'AQL et le LT. Dans les cas décrits ci-dessus, aucun niveau de qualité n'est impératif. Les éléments du problème sont le nombre et l'aptitude des contrôleurs, la commodité des opérations de contrôle (manutention, appareillage, etc.). Les buts à se fixer sont la connaissance du niveau de qualité, le repèrage des caractéristiques ou des secteurs les plus déficients, l'amélioration générale de ce niveau. Il n'y en a pas d'autres.

1/ Méthode d'échantillonnage.

Les pièces, à la sortie de chaque machine, tombent dans des caisses, puis les caisses sont vidées et passent "au défilé" dans une machine à laver avant de tomber dans une autre caisse. Les prélèvements auront donc lieu à la sortie de la machine à laver, sur pièces propres.

On a choisi un prélèvement constant de 100 pièces à toutes les opétions : c'est un nombre raisonnable de pièces à contrôler, les calculs ultérieurs en vue d'un bilan sont simples, les intervalles de confiance sont raisonnables.

2/ Rôle de protection du contrôle.

Si la caisse de pièces est estimée anormalement défectueuse, elle est

renvoyée pour être triée par les opérateurs des machines incriminées (il est à noter que la paye est "à l'heure" et qu'aucune sanction monétaire n'a jamais été appliquée), même si ceux-ci ne sont pas responsables. Le contrôle agit ici en protecteur des opérations aval. Les cas particuliers sont examinés en commun par le contrôleur et le chef d'équipe de contrôle qui tiennent compte pour prendre leur décision du but à atteindre. S'il s'agit d'une exception, la caisse est acceptée ; si le secteur est déficient, la caisse est refusée. Une limite rigide est à déconseiller mais la décision du contrôle est sans appel. Il faut évidemment pour cela l'accord de principe du chef de fabrication, ce qui est le cas dans cet exemple.

Parfois un second prélèvement est fait et les deux nombres hors tolérances sur 100 pièces sont comparés. Un écart significatif prouverait une mauvaise représentativité du prélèvement. Des tables ont été établies à cet effet. Ce point est capital et constitue une des plus grosses difficultés, même pour des pièces prélevées au défilé. Ce doit être une préoccupation permanente du chef d'équipe de contrôle.

Une fois par mois les résultats sont collationnés par secteur, dépouillés, analysés, et présentés à l'équipe de fabrication en présence du chef de fabrication, afin que des décisions propres à améliorer les points faibles soient prises.

On a pu remarquer que l'évaluation des pièces à rebuter ou a retoucher n'a pas été mentionnée. Etudiée par ailleurs, elle joue par rapport au contrôle statistique, le même rôle que la comptabilité par rapport à la comptabilité analytique.

VI - DISPERSION INSTANTANEE ET TENUE DE COTE -

La dispersion d'une machine ne peut s'exprimer au moyen d'un seul nombre. On a vu la différence entre "dispersion instantanée" et "dispersion totale". Il est bon aussi de faire intervenir l'intervalle de tolérances.

1/ Tournage.

Deux critères ont été retenus.

5 pièces prélevées à la sortie de la machine permettent de calculer une étendue. Les prélèvements sont effectués une fois le matin et une fois le soir pendant deux semaines. L'étendue moyenne est alors calculée. On en déduit un écart-type de "dispersion instantanée". S'il est vrai qu'en théorie les 20 étendues doivent être homogènes, l'avantage de ce procédé est de juger une dispersion moyenne, et l'erreur théorique est faible. On a soin évidemment d'éliminer les étendues hors contrôle.

De la dispersion instantanée on déduit la proportion minimum de caractéristiques hors tolérances que l'on trouvera dans toute production. En désignant par TS et TI les tolérances supérieures et inférieures on a :

$$u = \frac{TS - TI}{2\sigma}$$

De u on déduit (1 - F (u)) par la table de la fonction intégrale de la loi normale. La proportion minimum est 2 (1 - F (u)).

Ces prélèvements et calculs sont effectués deux fois par an et communiqués aux intéressés : fabrication et services techniques. Petit à petit

l'habitude se prend de ne réparer que les machines nécessitant réellement une réparation.

Un troisième critère sera ultérieurement défini.

2/ Rectification.

On a pu remarquer sur les graphiques 4 des variations de cote désordonnées. Des explications diverses et contradictoires ont été fournies par les techniciens et les fabricants de meules. Certaines modifications dans le processus technique ont produit des améliorations souvent imprévues. La Statistique peut donc rendre service là où la technologie est encore impuissante. C'est ainsi que la comparaison entre les deux types de diamants a abouti à la conclusion inverse de celle généralement admise.

Aux deux critères de dispersion décrits pour le tournage, on a ajouté ici deux autres :

1/ La tenue de cote.

On l'a définie comme la proportion de la dispersion totale expliquée par la dispersion instantanée.

Soit σ_T l'écart-type de l'histogramme complet correspondant à une meule donnée et σ_I la dispersion instantanée. On pourra écrire :

$$\text{Tenue de cote (TC)} = 1 - \frac{\sigma_T - \sigma_I}{\sigma_I} = 2 - \frac{\sigma_T}{\sigma_I}$$

2/ La dispersion d'une meule à l'autre.

Il sera nécessaire de tenir compte que la production sur deux meules n'est pas distribuée normalement ; que l'on observera en général deux modes. On évitera donc des calculs. D'où la méthode suivante :

1/ Utiliser deux meules neuves sans faire de réglage, même entre deux meules (centrer au mieux la cote au cours de la meule précédente). Répéter ceci 5 fois au cours d'une semaine.

2/ Calculer l'étendue moyenne sur des groupes de 5 pièces consécutives après avoir éliminé les valeurs hors contrôle. En déduire l'écart-type de la dispersion instantanée puis l'écart-type moyen.

3/ Calculer l'écart-type σ_T de la dispersion totale sur chaque meule en faisant l'histogramme. Utiliser la table de la loi normale pour calculer la proportion minimum P de pièces hors tolérances.

4/ Tenue de cote : $2 - \frac{\sigma_T}{\sigma_I}$

5/ Proportion minimum observée sur des groupes de deux meules - Sur chaque groupe de deux meules on décomptera les pièces extérieures à l'intervalle ± 10 microns autour de la moyenne des deux meules. Les moyennes de 5 séries de résultats seront alors calculées.

VII - CONCLUSION -

Le tableau ci-dessous permet de comparer les résultats avant et après utilisation du contrôle statistique.

Nombre moyen de caractéristiques hors tolérances pour 100 pièces

	Avant		Après	
	Cote	Divers	Cote	Divers
Décolletage				
- Roulements à billes	45	4	8	8
- Roulements coniques	45	7	6	5
Reprise				
- Roulements à billes	67	58	16	10
- Roulements coniques	21	6	14	6
Rectification				
- Roulements à billes	15	8	5	4
- Roulements coniques	38	74	19	40

Cette mise sous contrôle n'est pas appliquée à des roulements, mais à des éléments de roulements. Elle visait donc moins l'utilisation commerciale que la gestion industrielle. Le but fixé était : faire respecter les normes définies par les bureaux techniques. L'étude de leur validité s'en déduit logiquement mais constitue un autre aspect de la gestion de la qualité et là aussi l'application des méthodes statistiques se montre efficace.

Un certain nombre de conditions sont nécessaires pour une mise sous contrôle efficace. Tout d'abord un acte de foi du chef de fabrication. A notre avis il entre dans ses fonctions de pressentir l'intérêt de certaines méthodes et d'éliminer les autres. Son soutien permanent permit ici d'atteindre les objectifs fixés.

Il y a aussi des impératifs de formation. A partir d'une équipe d'agents techniques au niveau du stage : "Formation aux méthodes statistiques" se fait la formation professionnelle du personnel de contrôle, de la maîtrise de fabrication et des opérateurs sur machine. La statistique appliquée est bien plus qu'une série de formules, c'est une méthode d'approche et de résolution de problèmes réels. Et qui traite les problèmes réels dans une usine, sinon le personnel de fabrication ?