

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. POMMIER

G. BRUNEL

J. CAILLIEZ

Le contrôle des traitements thermiques des pièces par les méthodes statistiques

Revue de statistique appliquée, tome 3, n° 2 (1955), p. 27-33

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1955__3_2_27_0

© Société française de statistique, 1955, 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/>

LE CONTROLE DES TRAITEMENTS THERMIQUES DES PIÈCES PAR LES MÉTHODES STATISTIQUES

par

P. POMMIER, G. BRUNEL et J. CAILLIEZ

Ingénieurs à la Régie Nationale des Usines Renault

La Régie Nationale des Usines Renault a, entre autres applications, utilisé les méthodes statistiques pour le contrôle des traitements thermiques.

M. Pommier, Ingénieur, Directeur de groupe moteurs boîtes de vitesses, et deux de ses ingénieurs adjoints, MM. Brunel et Cailliez, présentent ci-après les méthodes actuellement employées dans les ateliers de traitement thermique de cette importante usine.

Ces méthodes — appliquées depuis le milieu de l'année 1953 — ont donné, tant pour le coût du contrôle que pour la diminution du pourcentage de pièces non conformes, des résultats qui se passent de tout commentaire.

GÉNÉRALITÉS

I. - LES DONNÉES DU PROBLÈME

Dans notre organisation actuelle :

- Le Bureau des Etudes conçoit les pièces à fabriquer et choisit en conséquence, dans les normes de l'usine, les matériaux à utiliser quant à leurs propriétés mécaniques, physiques, chimiques, etc...

- Ce choix étant fait, le Service des Méthodes "Traitements Thermiques" établit les gammes d'opération, proposées par le Laboratoire, et met à la disposition de l'atelier, les moyens pour obtenir la production, en qualité et en quantité.

- Il appartient ensuite à l'atelier de Traitements Thermiques de réaliser et maintenir, selon les directives techniques qui lui ont été tracées, les programmes de production, à la cadence horaire ou journalière prévue, et répondant à la qualité prescrite.

Sur ce dernier point, on aura un aperçu de la tâche qui incombe à chacun et, dans le cas particulier qui nous intéresse, au contrôle, lorsqu'on saura que pour le seul atelier de Traitements Thermiques de la 4 CV, on a :

<u>Pièces</u>	Tonnage journalier total traité	16 Tonnes
	Nombre total de pièces traitées, par jour	120.000
	Nombre de Numéros de pièces.	90
<u>Fours</u>	- à plateaux, poussés.	3
	- rotatifs.	6
	- verticaux, dits puits.	3
	- de trempe.	2
	- de revenu.	5
	- postes de haute fréquence.	4

Nota : La structure hiérarchique d'un atelier de Traitements Thermiques comprend

- un personnel de maîtrise chargé de la gestion (avancement des fabrications, problèmes techniques à leur échelon, liaison avec les Services, discipline).

- des Règleurs. Ceux-ci sont des ouvriers professionnels, chargés de maintenir les réglages prévus, de veiller au bon état du matériel et à la surveillance de la qualité des pièces.

II. - DESCRIPTION SCHÉMATIQUE DES TRAITEMENTS EFFECTUÉS

Il n'entre pas dans nos intentions de faire, ici, ne serait-ce qu'un bref résumé, de la technique du Traitement Thermique des pièces. Nous dirons seulement pour mieux mettre en évidence les possibilités d'application du Contrôle Statistique, que l'on pratique les quatre catégories de traitement suivantes :

1°) Carbo-nitruration gazeuse

(Pignons des Boîtes de vitesses en acier au chrome molybdène mi-dur..)

2°) Cémentation gazeuse profonde

(Couples coniques de pont arrière en acier au nickel-chrome doux ou mi-dur...)

3°) Trempe en atmosphère contrôlée

(Boulonnerie en acier au chrome et nickel-chrome dur, et acier fin mi-dur au carbone...)

4°) Trempe superficielle locale

par induction. (Pièces de suspension avant, couronne de lancement...).

LE CONTROLE STATISTIQUE APPLIQUÉ AUX TRAITEMENTS CHIMIQUES

A. - L'ÉVOLUTION DES MÉTHODES DE CONTROLE DANS LES ATELIERS DE TRAITEMENTS THERMIQUES

L'application, dans nos ateliers, des méthodes statistiques de contrôle aux traitements thermiques des pièces, date du milieu de 1953.

Cette solution nous est apparue d'autant plus justifiée, qu'elle permet de s'assurer, pour un coût minimum, que les 120.000 pièces traitées journallement, répondent aux spécifications énoncées par les Services précités.

Le contrôle 100% étant réservé aux seules pièces dites de sécurité, elle offre une garantie optima, correspondant au prix de revient le plus faible.

Afin de mieux mettre en évidence les principes du Contrôle actuel, nous allons établir un parallèle avec l'ancienne méthode.

1. - L'ancienne méthode

a - PERSONNEL

- Le personnel de l'atelier des Traitements Thermiques.

La maîtrise et le personnel des fours, s'assuraient de la bonne marche des moyens de fabrication dont ils avaient la charge, aidés par des ouvriers spécialisés à certains postes de contrôle (dureté superficielle et sous-couche...).

- Les Vérificateurs du Contrôle Technique Central.

Leur action portait sur les pièces terminées, stockées au poste de leur expédition pour le montage. En général, ils procédaient par "sondage" pour s'assurer

que la qualité était bonne. Par ailleurs, ils venaient se rendre compte de la fabrication douteuse, à la suite d'une réclamation ou d'une anomalie constatée au montage ou en service.

b - MÉTHODE :

- L'importance des prélèvements fixés par le Contrôle Technique, lorsque les pièces n'étaient pas vérifiées à 100%, était de 10% ou 5% de la fabrication

- La fréquence et la nature des contrôles des moyens de fabrication, étaient laissées à l'initiative de la maîtrise de l'atelier des Traitements Thermiques.

- Le Laboratoire faisait ses propres essais pour les mises au point des techniques nouvelles. Dans ce cas, il n'utilisait pas les relevés de l'atelier, sinon à titre d'information.

- La mise en évidence des problèmes était insuffisante.

- Les tolérances de la plupart des pièces, étaient à déterminer.

Celles en vigueur étaient mal adaptées à la dispersion de la qualité des aciers et il en résultait des difficultés d'obtention des caractéristiques dans ces tolérances. Il s'en suivait des discussions pour acceptation ou retouches.

2. - La méthode actuelle

a - PERSONNEL :

Il existe encore deux catégories de Contrôle, mais différentes dans leur but.

1 - Le contrôle final

Il est effectué :

- Sur les bennes de pièces prêtes à être livrées, par les agents du Contrôle Technique Matière.

- sur les moyens de fabrication, par un agent technique du Contrôle Statistique. Ce dernier est utilisé en partie à faire des études que commandent les circonstances.

Le but du contrôle final est de s'assurer de la bonne marche du contrôle.

2 - Le contrôle des pièces et des moyens de fabrication

Est assuré par le Règleur qui devient l'agent direct de la qualité.

Une réorganisation fonctionnelle des tâches du personnel d'encadrement, a permis de la sorte, de supprimer les postes d'ouvriers (appartenant à l'atelier), destinés spécialement à certaines vérifications en chaîne.

Le Règleur a le pouvoir d'arrêter l'enfournement.

Dans ce cas, il doit en rendre compte immédiatement à ses supérieurs (Chef d'équipe et Contremaître).

Il doit, en outre, remédier, après les constatations qu'il vient de faire, aux défauts décelés.

Il est aussi chargé d'attirer l'attention de ses chefs sur l'état du matériel.

b - MÉTHODE :

- Prélèvements selon l'échantillonnage prescrit. Un lot non conforme est refusé, le tri est effectué par le personnel de la fabrication.

- Fréquence des prélèvements établie en fonction de la cadence des opérations et des éventualités de dérèglement. La liste des contrôles à effectuer sur les moyens et sur les pièces a été établie comme on verra plus loin.

- Pour les différentes mises au point à effectuer, ainsi que pour les problèmes techniques qui se posent à l'atelier, les Méthodes Traitements Thermiques étudient avec le Laboratoire, les résultats enregistrés par le Contrôle Statistique.

- Les résultats sont mis en évidence :

- dans la chaîne, par leur inscription sur des cartes aux mesures, de type classique.

- pour l'atelier, par deux tableaux récapitulatifs tenus à jour, chaque soir.

Ils permettent de suivre la marche générale de la fabrication.

Régulièrement, ces résultats sont exploités, lors d'une séance de qualité tenue à un échelon élevé. Les décisions judicieuses sont prises en connaissance de cause, et en fonction des résultats.

- Les tolérances ont été modifiées, avec l'accord des Services responsables, après mise en évidence des dispersions résultant des moyens de fabrication et d'études de corrélation.

B. - LE CONTROLE STATISTIQUE DES PIÈCES

1. - Cas général

Lorsque la mise sous contrôle, selon les méthodes statistiques, fut décidée, une des premières tâches à effectuer fut de déterminer le choix des caractéristiques à contrôler, de façon générale, nous avons retenu :

a - sur la pièce elle-même :

- la dureté superficielle (ex. dentures d'engrenages carbo-nitrurés).
- la dureté des pièces sous couche cémentée (ex. couples coniques).
- les déformations (ex. roue conique).
- l'aspect.

ou sur éprouvette, pour compléter les analyses précédentes :

- la profondeur de cémentation,
- la richesse de la cémentation (teneur en carbone à différentes profondeurs).

b - sur les moyens de fabrication :

Comme il est bien évident que les résultats obtenus sur les pièces traitées, sont conditionnés par la stabilité des moyens de production, nous avons été amenés à effectuer les contrôles suivants :

- Les fluides de cémentation :
 - caractéristiques chimiques et physiques.
 - proportion des différents gaz (à l'utilisation dans les fours de cémentation).
- les fluides de trempe
 - composition chimique.
 - températures à l'atelier.
 - position des pièces sur les chargements.
- les fours
 - températures.
 - temps de séjour des pièces qui définissent un cycle.
 - importance des chargements.
- L'état technique du matériel.

2. - Exemples

Pour illustrer l'application que nous avons faite des méthodes statistiques, dans nos ateliers de Traitements Thermiques, nous prendrons à titre d'exemple, deux pièces, dont les gammes de traitement et la cadence de production sont très différentes : l'Arbre primaire à quatre étages et le Poussoir de culbuteur.

Nous donnons ci-dessous, le détail des contrôles effectués pour deux pièces, sur les moyens de fabrication de nos ateliers.

a. - Arbres primaires 4 CV. La production journalière est d'environ 600 unités.

Gamme de traitement	Caractéristiques contrôlées.	Valeur et tolérance	Nature du contrôle.	
1° Lavage sur Machine à laver.	propreté	selon une pièce type.	échantillonnage progressif selon plan de la Colombia university à la sortie de la machine.	- Lot de 40 pièces à contrôler. - Prélèvements successifs de 4 pièces chacun
				Prelev. Accep. Ref.
				4 N.A. 2 8 0 2
				etc... - A.Q.L. 3,2 à 4,4.
2° Carbonituration sur four HOLLCROFT.	a) Température de zone sortie.	830 à 850 degrés.	Carte aux mesures sortie fours	
	b) Temps de séjour.	2 h. 50'	Carte aux mesures sortie fours	
	c) Profondeur de carbonituration.	2 à 3 dixièmes.	Carte aux mesures sortie fours	
3° Trempe dans un bain de sel.	a) Température	170 à 190 degrés.	Carte aux mesures sortie bain.	
	b) Durée	5 minutes	Carte aux mesures sortie bain.	
4° Lavage sur Machine à laver.	a) propreté	pièce type	Voir 1°	Voir 1°
	b) aspect	pièce type	Voir 1°	Voir 1°
5° Critères après trempe	a) Dureté superficielle	Lime étalon	Voir 1°	Voir 1°
	b) Dureté sous couche billage Brinell effectué avec une bille de \varnothing 5, sous charge de 1.000 Kg.	16 à 19 dixièmes	Voir 1°	- Lot de 40 pièces. - Prélèvements successifs de 5 pièces chacun.
				Prelev. Accep. Ref.
				5 N.A. 2 10 0 2
etc... - A.Q.L. 3,2 à 4,4.				

Résultats Ils s'appliquent à la fois aux moyens de fabrication et aux arbres traités.

Qualité	1953	1954
Pourcentage de non conformes.	9,5	0,9

b. - Poussoirs de culbuteurs de 4 CV.

La production journalière est d'environ 5.000 unités.

Gamme de traitement	Caractéristiques contrôlées.	Valeur et tolérance	Nature du contrôle.	Plan de contrôle
1° Lavage	a) Propreté	Pièce type	Echantillonnage progressif selon plan de la Colombia Uty à la sortie de la Machine à laver.	- Lot de 1.600 pièces - Prélèvements successifs de 20 pièces chacun. Prélèv. Accep. Ref. 20 0 4 40 1 5 etc... - A.Q.L. 3,2 à 4,4.
	b) Aspect	"	"	"
2° Cémentation dans un four à cornue rotative.	a) Température	800 à 900 degrés.	Carte aux mesures sortie four	
	b) Temps de séjour.	14 h.	Carte aux mesures sortie four	
	c) Profondeur de cémentation.	11 à 13 dixièmes.	Carte aux mesures sortie four	
3° Trempe à l'eau.	a) Température de la pièce trempée.	810 degrés	Carte aux mesures sortie four	
	b) Dureté superficielle.	Lime étalon.	Echantillonnage progressif selon le plan de la Colombia Uty.	- Lot de 4.800 pièces. - Prélèvements successifs de 40 pièces. Prélèv. Accep. Ref. 40 0 4 80 2 7 etc... - A.Q.L. 2,2 à 3,2
	c) Dureté Rockwell	Supérieure à 59 points (échelle C)	Echantillonnage progressif selon le plan de la Colombia Uty.	- Lot de 4.800 pièces - Prélèvements successifs de 50 pièces. Prélèv. Accep. Ref. 50 0 5 100 3 8 etc... - A.Q.L. 2,2 à 3,2

Résultats : Ils s'appliquent à la fois aux moyens de fabrication et aux poussoirs traités.

Qualité	1953	1954
Pourcentage de non conformes.	4,9	0,8

- CONCLUSIONS

De l'expérience et des résultats acquis après un an et demi de fonctionnement nous sommes à même de tirer un certain nombre d'enseignements.

a. - Climat psychologique nécessaire

La première condition à réaliser pour implanter, de façon valable, le contrôle sur les bases que nous venons de résumer, est l'existence d'un climat psychologique favorable. Nous entendons par là que :

- Le Chef, responsable d'une fabrication, ait la conviction profonde de l'efficacité des méthodes précédemment décrites. Son désir de voir appliquer les méthodes statistiques ayant été exprimé sans ambiguïté, il devra, par la suite, se montrer ferme dans l'application qu'il a prescrite.

- Le personnel d'encadrement de l'atelier ait reçu, au préalable, une instruction très précise et, selon l'échelon hiérarchique, il s'agit moins, évidemment de l'initier à la "science statistique" que de lui expliquer son rôle ou son comportement, pour l'application de la méthode elle-même comme pour l'exploitation des résultats.

- la collaboration la plus étroite, entre personnel de fabrication et de contrôle doit exister. L'expérience nous a montré, en effet, qu'on ne doit pas considérer qu'il existe deux services distincts effectuant des tâches indépendantes, mais un seul groupement réagissant, en étroite liaison, aux oscillations de qualité de la production.

b. - Surveillance du matériel

Le maintien en bon état de marche du matériel et de l'équipement de production conditionne, en premier lieu la qualité de la production.

Aussi avons-nous établi un examen de ceux-ci aussi systématique que celui des réglages; il porte, à chaque poste d'opération, sur des éléments dont la liste a été établie de façon précise, en accord avec l'atelier :

Etat des vannes, des presse-étoupes, des montages, des fuites, du fonctionnement correct des divers appareillages, des appareils de mesure, etc...

Les observations correspondantes, notées sur la carte de contrôle lors du passage du Régleur, sont relevées tous les jours. D'une part, une solution immédiate est apportée à chaque cas mais, d'autre part, on tire, à plus longue échéance des enseignements qui permettent soit de nous guider dans le choix des matériels ou d'une solution, soit de modifier nos solutions en conséquence.

c. - Exploitation des résultats

Une réunion a lieu une fois par mois, groupant les principaux responsables des Traitements Thermiques.

Les résultats sont examinés et les décisions sont prises avec la connaissance exacte des données du problème.

d. - Résultats

Le tableau ci-dessous, résume, mieux que des impressions, l'évolution de la situation.

Résultats	Coût du Contrôle à la tonne traitée	Coût des "Loupés à la tonne traitée	Pourcentage des caractéristiques ou opérations de traitement non conformes.
Moyenne de : Janvier-Février Mars 1953.	5.428 fr	2.600 fr	7,8
Moyenne de Mai-Juin-Juillet 1954.	3.328 fr	1.725 fr	0,6