

REDUCTION DE LA DISPERSION DES CARACTERISTIQUES PRODUIT

METHODOLOGIE GPC ET APPLICATION EN CARROSSERIE AUTOMOBILE

LAFAYE DE MICHEAUX Daniel¹, CEMBRZYNSKI Thierry²,
DALANCON Thomas³, DEMONSANT Jacques²,

¹ *GPC System, Parc Andron, 30470 AIMARGUES, France*
tel : +33 4 66 530 200, e-mail : dldm@gpc-system.com

² *Renault SAS, 1 av. du golf, API : TCR RUC 1.58, 78288 Guyancourt*
tel. : +33 1 768 58816, e-mail : thierry.cembrzynski@renault.com
tel. : +33 1 768 58445, e-mail : jacques.demonsant@renault.com

³ *Renault SAS, 1 av. du golf, API : TCR RUC 2.60, 78288 Guyancourt*
tel. : +33 1 768 50378, e-mail : thomas.dalancon@renault.com

Résumé :

Cet article présente l'utilisation de la technologie du « Global Process Control » pour réduire la variabilité en production industrielle. Ce texte s'applique à donner les bases de la méthodologie GPC utilisées dans cet objectif. Il décrit les étapes de mise en œuvre sur un exemple industriel d'assemblage de carrosserie automobile.

Mise en œuvre chez Renault, cette application analyse les écarts de positionnement dans l'espace 3D de dizaines de points caractéristiques du véhicule.

Divers outils de l'analyse multidimensionnelle GPC ont été utilisés sur cet ensemble de mesures très important. Ils ont permis:

- de signaler les caisses qui se distinguent par un défaut de géométrie, en caractérisant clairement chaque défaut,
- de repérer des sources de variabilités prépondérantes comme un défaut de réglage d'un plateau tournant utilisé pour la fabrication d'une pièce assemblée,
- de distinguer les « palettes » à régler pour éviter des défauts sur de nombreuses caisses.

Abstract:

This article presents the use of the "Global Process Control" technology for reducing the variability for industrial production. This text intends to explain the bases of GPC methodology used on this purpose. It describes the deployment steps on an industrial case of car body assembling.

Currently deployed at Renault, the car manufacturer, this application analyzes positioning disparities in 3D space of tens of points which characterize a vehicle. Several GPC multidimensional analysis tools were used on a large amount of measured data. They allowed to

- Reveal the car bodies which presented a geometric defect and characterize precisely each defect
- Find main variability sources like a tuning defect of a rotating platform used for building of an assembled piece
- Recognize "pallets" which needed to be adjusted to avoid defects on numerous bodies

Mots clés : Processus, dispersion, variabilité, MSP, GPC, statistique, multidimensionnel, multivarié, Industrie, automobile,

Keywords : Process, control, dispersion, variability, SPC, multidimensional, multivariate, industry, automotive

1. Introduction

Les entreprises de production industrielle, quel que soit le type de leur production, doivent rechercher sans relâche à améliorer la qualité de leurs produits et la productivité de leurs processus de fabrication. La vigueur de la concurrence pousse au développement de techniques toujours plus efficaces d'optimisation et de maîtrise du processus.

Pour évaluer sa progression, l'industriel se dote d'indicateurs techniques qui sont en liaison directe avec la qualité produite et le coût de production, les principaux sont

- le taux de retours clients, de rebuts et de reprises
- le taux d'arrêts pour panne, TRS, ...

Le premier groupe d'indicateurs est dépendant de l'écart à la cible des valeurs des caractéristiques produit. Le deuxième dépend de la fiabilité des équipements de production mais aussi de la capacité du système de surveillance à détecter au plus tôt et à identifier l'apparition de dysfonctionnements du procédé.

La Maîtrise Statistique de Procédé (MSP ou SPC) propose des méthodes (cartes de contrôle) et des indicateurs (C_p , C_{pk} , ...) pour évaluer et maîtriser la dispersion d'une caractéristique produit ou d'un paramètre procédé autour de sa cible.

Il faut souligner que ces outils ont été définis bien avant l'introduction généralisée de la collecte et l'enregistrement informatisés des données ; ces outils ont été mis au point pour être mis en œuvre facilement par un personnel peu qualifié.

L'utilisation généralisée de capteurs automatiques de données a multiplié le nombre de mesures à suivre. Les logiciels de MSP rivalisent d'ergonomie dans la gestion simultanée de dizaines, centaines voire milliers de cartes de contrôle définies séparément, sans remettre en cause les méthodes de calculs définies pour un usage manuel. Ainsi chaque carte de contrôle admet un taux de fausse alerte (0.27% pour des limites de contrôle classiques à $\pm 3\sigma$) qui paraît raisonnable. Lorsqu'on associe à une pièce produite 30 mesures (produit ou procédé) on peut atteindre une moyenne de 7 fausses alertes par heure pour une production de 100 pièces par heure ; cela n'est pas tolérable.

Devant cette difficulté la tentation est grande de :

- renoncer à la MSP et se contenter de surveiller, 'à l'ancienne' le franchissement des limites de tolérance ;
- se limiter à ne prendre en compte qu'un nombre très limité de cartes de contrôle.

Dans les deux cas la détection des dysfonctionnements est retardée voire aveuglée, et une grande part de l'effort de collecte de données est gaspillée.

La technologie du « Global Process Control » (GPC) propose des outils qui prennent en compte l'ensemble des mesures disponibles pour :

- détecter et identifier les dysfonctionnements,
- analyser, pour mieux la réduire, la dispersion de l'ensemble des mesures,
- analyser les mesures pour améliorer le point de fonctionnement du procédé,

tout en maîtrisant les fausses alertes.

Le GPC est basé sur un modèle probabiliste multivarié qui généralise le modèle de la MSP et tient compte des différentes interactions entre les variables mesurées. Le modèle GPC rend compte précisément du fonctionnement correct du processus et de son fonctionnement quand il est perturbé par des anomalies.

Le GPC met en œuvre des calculs d'analyse statistique multivariée, certes complexes, mais qui sont

facilement exécutés par un micro-ordinateur basique. Ces calculs sont masqués à l'utilisateur pour lui proposer des résultats directement interprétables pour la conduite du procédé.

Les bases de la détection et de l'identification d'anomalies GPC ont été décrites dans un article présenté à Qualita 2001. Les définitions des limites et des « alarm index » qu'utilise GPC ont été décrites aux journées Qualita 2003.

Dans cet article, nous nous proposons de décrire différentes techniques utilisées par le GPC pour analyser la variabilité du fonctionnement « sous contrôle » afin d'en identifier les causes principales et de prendre des dispositions pour la réduire. Nous illustrerons ces méthodes par des applications en assemblage de carrosserie automobile traitées avec le constructeur Renault.

2. Les bases de l'analyse GPC de la variabilité

Un historique de mesures de production analysé par le GPC est constitué d'un tableau :

- dont les lignes sont les observations associées à des pièces produites successivement ou à des instants de mesures ;
- les colonnes sont des grandeurs mesurées (variables) sur le produit ou le procédé ;
- une valeur dans le tableau étant la valeur prise par la grandeur colonne pour l'observation ligne.

La MSP propose de tracer des cartes de contrôle associées à chaque colonne ; le GPC considère pour sa part le tableau dans sa globalité.

La MSP définit pour chaque variable ses « limites de contrôles » qui délimitent le domaine dans lequel une mesure est attendue « statistiquement » lorsque le fonctionnement est jugé correct. Une observation est déclarée « hors contrôle » si la valeur prise par au moins une variable se situe au-delà de ses limites. Les limites de contrôles sont calculées à partir d'un historique de référence ne comportant que des observations du « fonctionnement correct ».

Le GPC définit un domaine d'acceptation pour l'ensemble des variables par l'examen d'une seule carte de contrôle calculée à partir de l'ensemble des valeurs mesurées de l'observation.

L'analyse GPC d'un historique de référence comporte trois principales fonctions :

- séparer les observations « sous contrôle » (SC) des observations en anomalie / « hors contrôle » (HC),
- classer les observations HC selon diverses causes d'anomalies que l'on peut distinguer d'après le modèle théorique GPC et proposer une caractérisation des différentes anomalies pour en identifier les causes,
- proposer différentes analyses de la variabilité SC afin d'en identifier les causes prépondérantes.

Les fonctions 1 et 2 produisent un modèle de surveillance qui permet de détecter plus tôt les anomalies de fonctionnement du processus (« variabilités exceptionnelles ») et surtout d'en identifier les causes (« causes spéciales » de variabilité). Ce modèle pourra être exploité en temps réel par un opérateur ou par un programme de reporting périodique : par exemple chaque nuit des rapports seront édités sur le comportement du processus au cours du jour précédent.

La fonction 3, quant à elle, analyse la « variabilité ordinaire » (« cause communes » de variabilité), et s'efforce d'y distinguer des sources de « variabilité structurelle » qui contredisent le modèle probabiliste de loi gaussienne sous jacent aux techniques GPC comme SPC. Le modèle gaussien suppose en effet que la dispersion des variables observées est issue d'une superposition de causes indépendantes de variabilités dont aucune ne prédomine.

L'approche « multivariée » du GPC se base sur le constat suivant : pour un phénomène perturbateur du comportement correct, qu'il corresponde à une anomalie ou qu'il soit une source de variabilité structurelle,

- on ne mesure pas de grandeur qui le caractérise sans ambiguïté (exemple une fuite dans un réacteur chimique, l'usure d'un outil en mécanique)
- il impacte plusieurs grandeurs mesurées avec plus ou moins de vigueur.

L'analyse GPC se propose donc d'identifier les sources cachées de variabilités néfastes par des symptômes ou « signatures » découverts sur plusieurs variables mesurées. Des « indicateurs multivariés » sont construits pour cela, c'est-à-dire de nouvelles variables calculées à partir de plusieurs variables mesurées.

L'objet de cet article est de présenter des outils de la troisième fonction du GPC appliqués à l'assemblage de carrosseries automobiles.

3. Mesures géométrique de carrosserie

La surveillance de la géométrie d'une carrosserie après assemblage consiste à vérifier que plusieurs dizaines de points physiques de la caisse assemblée sont bien situés, dans l'espace 3D, à la position prévue.

Les données de mesures sont donc, pour chaque point, les écarts en X,Y et Z entre sa position observée et sa position cible.

Jusqu'à une date récente, le contrôle de la conformité géométrique reposait sur l'application d'un moyen de mesure 3D à commande numérique (3DCN) à des caisses prélevées sur la ligne. Le coût et la durée de mesure ne permettaient que quelques prélèvements hebdomadaires. La faible périodicité de cette surveillance permettait de détecter des dérives lentes mais ne permettait pas d'identifier des variations brutales nécessitant des corrections urgentes : ceci devait être fait par ailleurs.

Un contrôle continu de la production (jusqu'à 1000 caisses par jour) est désormais possible grâce à l'utilisation de robots de vision laser. Il permet de mesurer de l'ordre de 50 variables par caisse ce qui donne plus de 50 000 mesures à analyser quotidiennement pour chaque ligne de montage.

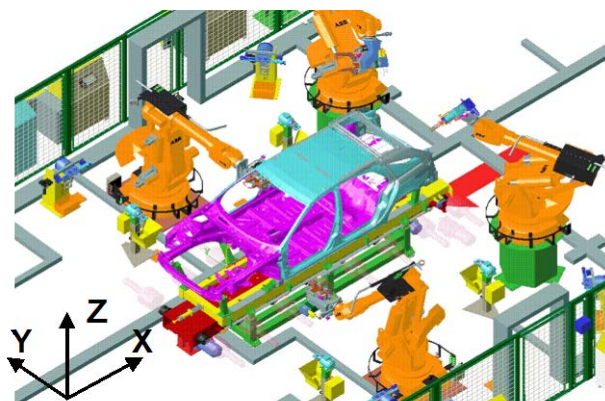


Figure 1. Coordonnées X,Y,Z d'une caisse supportée par une palette

Les premiers outils d'analyse des mesures proposaient des indicateurs sur le respect des limites de conformité, mais ne permettaient pas d'identifier les causes des variabilités exceptionnelles ou structurelles et donc d'améliorer durablement la qualité de la géométrie des caisses.

Au cours de son assemblage et de sa mesure laser 3D, chaque caisse repose sur un support métallique rigide, réutilisable, appelé « palette ».

Une centaine de palettes tourne sur la ligne et chacune supporte environ 10 caisses/jour ; la palette est un maillon important des chaînes de côtes géométriques des caisses, elle est tolérancée à quelques dixièmes

de millimètre. On comprendra que si la géométrie d'une palette n'est pas conforme, elle risque donc de contribuer à produire des caisses non conformes jusqu'à ce que son dérèglement soit détecté. La surveillance standard de la géométrie des palettes est réalisée par roulement une fois par an ; on mesure la palette avec un moyen de mesure 3D à commande numérique (3DCN) et si nécessaire, on la retouche. L'analyse multivariée du GPC a été utilisée pour répondre à la difficulté de vérifier la géométrie de l'ensemble des palettes une fois par semaine à un coût raisonnable.

4. Découvrir les sources prépondérantes de variabilités

Pour commencer il faut avoir à l'esprit que l'on peut distinguer deux types de sources de variabilité structurelle dont les manifestations seront très différentes :

- les sources discrètes,
- les sources continues.

Une source discrète prend un nombre limité d'états distincts : l'opérateur, l'équipe, le lot de matière première, un carrousel, l'équipement particulier qui a fabriqué le produit, ...

On peut citer comme source continue de variabilité une température extérieure, l'usure d'un outil, ...

D'autre part il convient, même s'il on dispose de méthodes multivariées, de ne pas négliger les approches monovariées qui seront de toutes façons beaucoup plus faciles à être désignées hors d'un cercle de statisticiens. Ainsi, pour conduire à une action en atelier, on se servira de l'approche multivariée pour reconnaître rapidement, dans la masse de données analysées, des phénomènes importants que l'on illustre alors sous forme de graphes classiques mono ou bi variés.

On suppose disposer d'un historique de p variables de production tel que défini plus haut pour pouvoir identifier les causes prépondérantes de la variabilité ordinaire.

La démarche utilisée comporte alors quatre étapes :

1. Sélection des observations retenues pour l'analyse
2. Sélection des variables retenues pour l'analyse
3. Détection des causes prépondérantes de variabilité
4. Analyse individuelle de chaque cause prépondérante

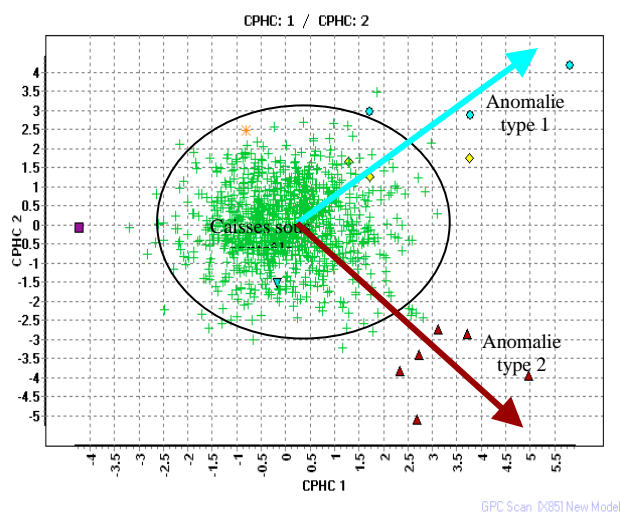


Figure 2.

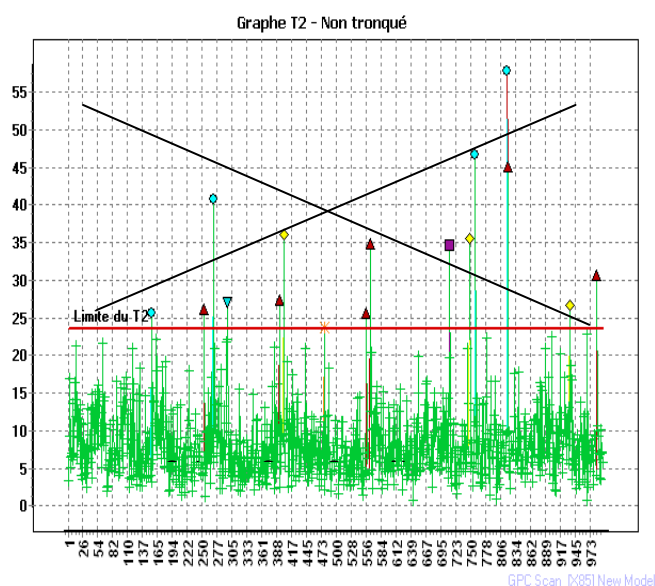


Figure 3.

L'étape 1 consiste à éliminer de l'historique, grâce à l'étape de séparation GPC, les observations de relevant de causes exceptionnelles. Cette élimination est opérée sur le critère de la distance de Mahalanobis prise dans l'espace des p mesures : distance du « points observation » qui comporte p composantes au centre de la distribution multivariée (point défini par les p moyennes). Cette séparation est opérée selon un processus itératif : le centre est recalculé après chaque élimination d'observations jugées statistiquement trop éloignées du centre de la distribution calculé à l'étape précédente. Au final, les points observation situés au-delà des limites de l'ellipsoïde d'acceptation (illustré figure 2) sont considérés comme « hors contrôle » et n'interviennent pas dans les étapes suivantes. Ces observations ont leur indicateur « du T² » qui se situe au-delà de la limite rouge dans la figure 3.

L'étape 2 consiste à focaliser l'analyse sur les variables les plus intéressantes pour la réduction de variabilité :

- elles sont soumises à une cause prépondérante de variabilité manifeste
- leur variabilité est critique pour la satisfaction des tolérances

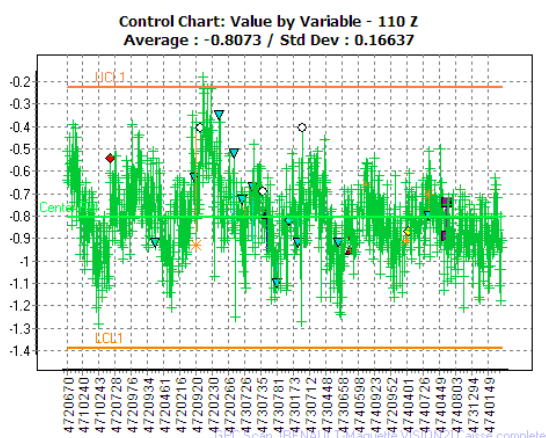


Figure 4.

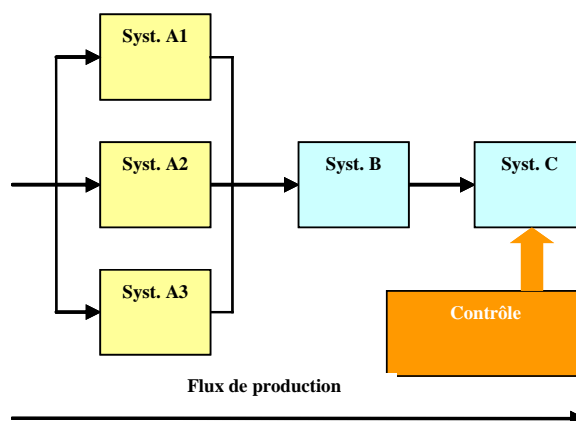


Figure 5.

Les cas a) sont identifiés par des indicateurs monovariés simples inclus dans les outils GPC:

Une variable qui «serpente» sur sa carte de contrôle (exemple figure 4) est soumise à au moins une source continue de variabilité. On pourra la repérer rapidement par une valeur significativement supérieure à 1 du rapport

$$\text{sigma long terme} / \text{sigma court terme}$$

Une variable qui est sensible à des variations de qualité des lots de matière première sera détectée par le même indicateur.

La mise en parallèle de moyens de production identique avec fusion des flux se retrouve fréquemment dans les usines (exemple figure 5) : stations à postes multiples, moules multi empreintes par exemple. Une différence dans les comportements des équipements sensés être identiques est une source de variabilité prépondérante discrète et périodique. Une telle source de variabilité est repérée pour une variable par l'examen d'un indicateur issu de sa fonction d'autocorrélation

Les cas b) sont repérés de façon classique par l'examen des indicateurs classiques d'aptitudes Cp plus adapté au problème posé que le Cpk.

La sélection des variables ainsi proposée est préférable pour obtenir des résultats plus francs, mais elle n'est pas indispensable.

L'étape 3 consiste à identifier des sources de variabilité qui sont communes à plusieurs variables. Pour cela on fait appel à des outils d'analyse multivariés.

Le plus connu de ces outils est l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

Dans le cas général où on a affaire à m sources prépondérantes de variabilités d'importances différentes, on examinera chacune des m premières composantes principales. La valeur du nombre m à considérer sera évaluée à partir du diagramme des valeurs propres et de l'interprétation que l'on trouve pour les axes.

Ainsi la première composante principale CP1 rend compte de la source de variabilité globalement prépondérante. L'examen des corrélations de CP1 avec les variables mesurées met en évidence les variables qui sont sensibles à cette source. Ceci constitue un syndrome sur lequel vont pouvoir s'appuyer les experts métier pour identifier l'origine technique de cette variabilité.

Lorsque qu'on ne peut pas trouver rapidement d'interprétations aux axes d'ACP, c'est sans doute qu'on arrive mal à distinguer des causes de variabilité d'importances équivalentes. Dans ce cas d'autres techniques multivariées sont utilisées : ACP varimax ou AVP (Analyse en Variables Principales) récemment adjointe à la panoplie des outils du GPC.

Dans le cas où l'on cherche à distinguer des causes de variabilité process à la variabilité produit, le GPC propose l'utilisation de l'ACP de variables instrumentales ou de l'AVP plutôt que celle de la régression PLS.

Une discussion des avantages de ces différentes méthodes déborde le cadre de cet article.

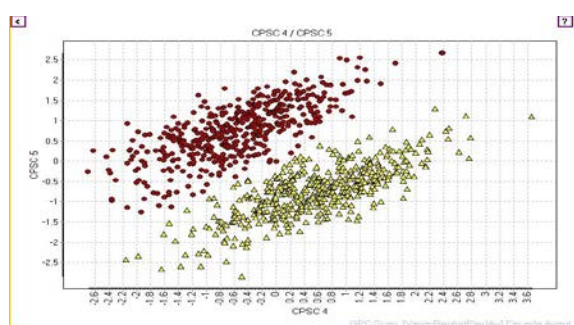


Figure 6.

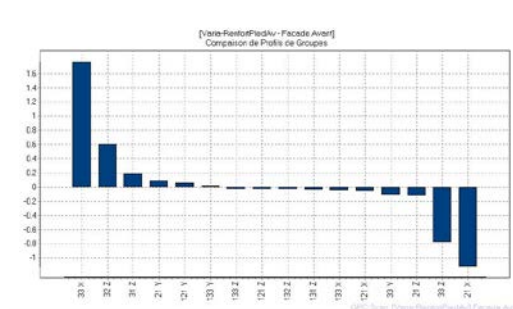


Figure 7.

L'étape 4 :

Les hétérogénéités constatées sur le nuage des observations dans un plan de composantes principales peuvent être interprétées rapidement avec les outils graphiques du GPC.

Ainsi, l'exemple de la figure 6 montre un graphe d'ACP tracé à partir des mesures laser des faces avant de caisses assemblées. On distingue nettement deux nuages dans la représentation des caisses considérées comme sous contrôle. Cela indique qu'un facteur important de la variabilité ordinaire de la géométrie des pièces se présente sous deux modalités. Pour identifier ce facteur :

- soit on peut le mettre graphiquement en relation avec les variables qualitatives dont on dispose (jour, équipe, ...)
- soit on crée (graphiquement au lasso) une nouvelle variable qui identifie, pour chaque caisse, son groupe d'appartenance (points rouges et jaunes figure 6). Ensuite on détermine les variables qui sont impactées par ce phénomène par l'examen du graphe de comparaison des profils de groupes (figure 7) qui peut être visualisé aussi sur un synoptique d'interprétation métier immédiate (figure 8).

Un examen des cartes de contrôle des variables impactées a mis en évidence un phénomène d'alternance. Ceci a permis d'identifier rapidement la cause de cette variabilité : le défaut de positionnement d'une pièce assemblée lors de sa fabrication sur un plateau tournant à 2 positions.

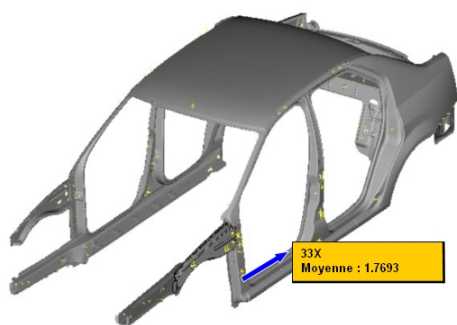


Figure 8.

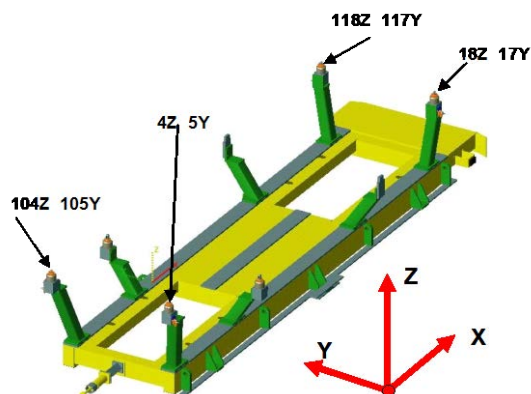


Figure 9.

Dans le paragraphe suivant nous proposons de donner un exemple détaillé de la forme que peut prendre l'analyse individuelle d'une cause prépondérante de variabilité dans un cas quelque peu complexe.

5. Méthodologie « palettes » chez Renault

Ayant identifié la « palette » support comme source de variabilité possible des mesures de géométrie de caisse, il faut trouver un moyen de réduire la variabilité induite tout en respectant les contraintes de la production.

Grâce à une surveillance GPC des palettes on va pouvoir sortir de la ligne les palettes qui créent le plus de variabilités sur les mesures caisses. N'ayant aucune mesures laser directes sur une palette, on base la surveillance sur des mesures indirectes : les moyennes des mesures des caisses qu'a supporté cette palette.

La validité d'une telle moyenne peut être compromise si

- une ou plusieurs caisses individuellement hors contrôle ont été supportées par cette palette, perturbant le calcul de la moyenne
- la palette a supporté un nombre trop limité de caisse sous contrôle (<5 par exemple)

La démarche d'analyse adoptée comporte une étape préliminaire de sélection de variables, les suivantes sont automatisées dans le cadre de la version « 3D » du logiciel GPC Report.

1. Choix des points pour la surveillance des palettes
2. Sélection des caisses constituant une population homogène sans anomalie produit
3. Identification des palettes « suspectes »
4. Diagnostic des dérèglages de palettes

5.1. Etape 1 : Choix des points pour la surveillance des palettes

L'expert géomètre a identifié $m = 8$ cotes standard (4Z, 5Y, 18Z, 17Y, 104Z, 105Y, 118Z, 117Y) situées au plus près des pilotes des palettes (fig. 9) parmi les M cotes mesurées. Afin de valider ce choix, une étude statistique a été menée à partir d'une population de 3 600 caisses. Sur l'ensemble des mesures caisses on a effectué une analyse de la variance à effet fixe avec comme unique facteur la palette.

On caractérise alors l'intérêt de chaque cote étudiée pour le suivi des palettes par la contribution du facteur Palette à la variance (SCE) de cette cote :

$$CTR_{palette} = \frac{SCE_{inter\ palettes}}{SCE_{Totale}}$$

Ce critère a mis en évidence la pertinence de ce choix : les variables choisies étaient en tête sur le critère CTR, l'effet palette expliquant plus de 40% de la variance pour 4 d'entre elles.

5.2 **Etape 2** : Sélection des caisses constituant une population homogène sans anomalie produit

Pour éliminer les caisses avec anomalie produit et suite à ce que nous avons conclu précédemment, une analyse statistique « hors effet palette » de l'ensemble des caisses mesurées est effectuée sur les $m = 8$ cotes retenues.

Cette analyse est faite sur les données brutes centrées sur les moyennes de palettes.

Les moyennes de palettes sont calculées après élimination des caisses les plus excentriques : les caisses déclarées « hors contrôle » selon le critère du T^2 appliqué aux données brutes.

La carte de contrôle multivariée du T^2 sur les mesures centrées sur les moyennes palettes permet alors d'isoler l'ensemble des caisses « sous contrôle » à partir desquelles on analyse ensuite la variabilité des palettes (fig. 2 et 3).

5.3 Etape 3 : Identification des palettes « suspectes » et diagnostic des dérèglages

Une palette est considérée comme suspecte si elle correspond à un des deux cas suivants :

- Elle a entraîné l'apparition de plusieurs caisses considérées comme hors contrôle lors des filtrages préliminaires
- Elle se distingue des autres palettes, lors de l'analyse GPC des palettes portant sur les moyennes de cotes.

On recherche les palettes relevant du premier cas en considérant le tableau 1 donnant le nombre de caisses « hors contrôle » par palette.

Ce tableau ne nous propose aucune palette suspecte.

Numéro de palette	Nombre de caisses "sous contrôle"	Nombre de caisses "hors contrôle"
110	13	1
116	14	1
118	8	1
...		

Tableau 1. Répartition des caisses sous contrôle hors contrôle » selon la palette

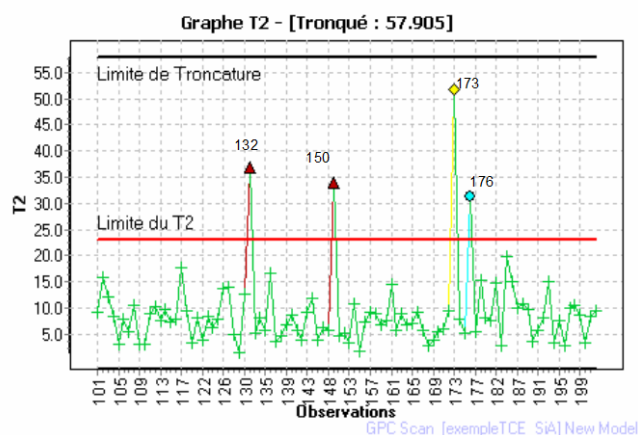


Figure 10.

Pour identifier les palettes du second cas, on analyse le tableau donnant pour chacune des 8 mesures sélectionnées la moyenne \bar{X}_i des mesures des caisses fabriquée sur la palette i . Chacune des palettes est

alors représentée par un vecteur dans un espace à $m = 8$ dimensions.

La détection des palettes suspectes est alors réalisée à l'aide d'une carte de contrôle du T^2 (figure 10) qui met en évidence 4 palettes qui se différencient des autres.

5.4 Etape 4 : Diagnostic des dérèglages de palettes

Il est possible de préciser grâce aux signatures d'anomalies GPC sur quelles côtes porte le décalage dû à la palette désignée comme suspecte. La figure 11 signale que la perturbation due à la palette 173 porte principalement sur la cote 18Z. La carte de contrôle figure 12 de cette variable pour les différentes palettes confirme cette affirmation. La mesure 3DCN faite sur cette palette sortie de la ligne a confirmé la nature du dérèglement de cette palette 173.

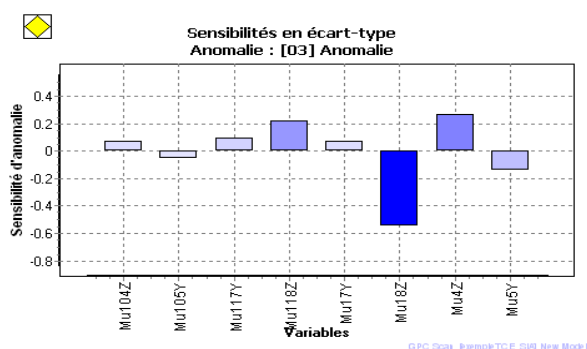


Figure 11.

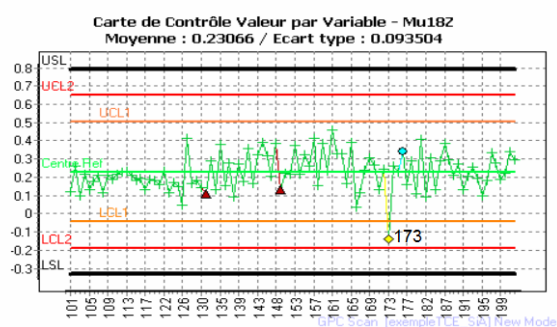


Figure 12.

Une autre aide à l'identification des anomalies est présentée dans le tableau 2. L'indicateur utilisé dénommé « alarm index » caractérise sur chacune des p variables les palettes suspectes par leur distance (exprimée en écart type) au centre (moyenne) de la distribution des palettes « sous contrôle ». Toute valeur de « l'alarm index » dépassant 3 en valeur absolue est signe d'une anomalie.

	Palettes sous contrôle		Palette 173		Palette 176	
nb caisses	956		14		8	
cotes	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Alarm Index	Moyenne	Alarm Index
104Z	-0.35	0.09	-0.312	0.4	-0.194	1.7
105Y	-1.201	0.285	-1.26	-0.2	-1.283	-0.3
117Y	-0.833	0.269	-0.679	0.6	-0.948	-0.4
118Z	0.607	0.142	0.756	1	1.084	3.4
17Y	-0.036	0.285	0.094	0.5	-0.243	-0.7
18Z	0.219	0.116	-0.136	-3.1	0.341	1.1
4Z	-0.565	0.14	-0.365	1.4	-0.388	1.3
5Y	-0.347	0.273	-0.527	-0.7	-0.549	-0.7

Tableau 2. Dérèglages des palettes

5.5 Conclusion sur l'application GPC en carrosserie

L'application de la méthodologie pour la détection et le diagnostic des palettes suspectes a été réalisée avec succès dans deux usines de montage Renault.

Elle a effectivement permis de détecter 3 palettes non conformes parmi 100 dans une usine à partir de l'observation de 15 jours de fabrication ; elle a également détecté 2 palettes défectueuses dès le premier mois de lancement d'un nouveau véhicule dans une autre usine.

C'est pourquoi Renault a demandé l'intégration de la méthodologie palette présentée ici dans le logiciel GPC Report. L'utilisation de ce logiciel permettra d'effectuer un diagnostic hebdomadaire des palettes de l'ensemble des usines équipées des systèmes de mesure laser « vision ».

De manière plus générale, l'analyse multidimensionnelle a déjà montré son efficacité en tôlerie pour la détection de défauts géométriques révélés non pas par une mesure particulière mais par un ensemble de mesures. Dans cette application aux palettes elle montre son apport dans la détection d'anomalies concernant des variables latentes non directement mesurables.

6. Conclusion

L'approche multidimensionnelle du GPC peut être utilisée pour améliorer le fonctionnement d'un processus de production dans le but de réduire la variabilité :

- par la détection de la variabilité extraordinaire due à des perturbations accidentelles (anomalies, dysfonctionnements),
- par l'identification de sources de la variabilité ordinaire, communément admise alors qu'elle entache les critères de qualité usuels tels que le Cp, Cpk ou le OK ratio utilisé par Renault.

Le principe suivi est de caractériser précisément des symptômes sur plusieurs variables mesurées qui n'auraient pas toujours été clairement perceptibles par l'examen des variables séparées.

L'exemple de l'analyse « palettes » a montré par ailleurs qu'il est possible de surveiller efficacement avec GPC des classes de produits (les palettes) au travers de mesures sur les produits individuels (les caisses). Cette démarche a pu être appliquée aussi avec succès dans un domaine très différent : la fabrication d'aluminium primaire par électrolyse.

Une fois la dispersion mieux maîtrisée, il est alors plus facile de régler le process

- pour mieux centrer les mesures produit sur leurs valeurs cibles
- pour rechercher de nouvelles valeurs cibles qui améliorent le coût de production ou la productivité.

L'approche du GPC fournit également des outils pour guider ces actions d'optimisation.

Références :

[Cembrzynski] T. Cembrzynski , T. Dalançon , J. Demonsant, *Méthode pour le diagnostic d'un excès de variabilité des palettes de fabrication utilisées en tôlerie*, Journée SIA, Valenciennes, 18 mai 2006,

[Lafaye de Micheaux a] D. Lafaye de Micheaux. *Prolonger la MSP par la "Maîtrise Globale du Processus"* Actes Qualita 2001, Annecy, Mars 2001.

[Lafaye de Micheaux b] D. Lafaye de Micheaux. *Limites et "Alarm index" du monovarié au GPC*, Actes Qualita 2003, Nancy, Mars 2003.