

Calcul multi-caractéristique du coût du non-qualité via la fonction Perte de Taguchi (QLF) dans le procédé de fabrication d'un produit de verre creux

A. ADIL et A. MOUTAWAKIL*

Laboratoire de Physique Subatomique et Applications, Université Hassan II - Mohammedia, Faculté des Sciences Ben M'Sik, BP 7955, Casablanca, Maroc

* Correspondance, courriel : moutawakil.abdelbarr@yahoo.fr

Résumé

Le coût du non - qualité (CNQ) est un indicateur permettant l'estimation de la marge perdue le long du cycle de création d'un produit industriel. C'est un préalable à toute démarche d'optimisation de coût à court et à long terme du processus de fabrication. Classiquement, on a considéré comme non qualité tout produit dont au moins une caractéristique qualité dépassant les limites de tolérances. Par conséquent, l'estimation du CNQ tient compte uniquement les produits situés hors zone d'acceptation définie suivant les exigences du cahier de charges. La conformité aux spécifications vise uniquement la satisfaction du client. Selon Genichi Taguchi, le CNQ doit être calculé non seulement par rapport aux limites de tolérance mais aussi par rapport aux valeurs cibles de chaque caractéristique qualité. De ce fait, l'optimisation vise à la fois le respect des besoins du client et la maîtrise du processus de fabrication et réduction du coût de la production.

L'approche Taguchi a fait preuve d'une grande efficacité dans les processus d'optimisation uni-critère lorsque elle est basée sur une seule caractéristique qualité, mais peu d'études ont été réalisées pour l'optimisation multicritères. Dans ce travail, nous proposons une démarche pour le calcul du CNQ en appliquant l'approche Taguchi (QLF) sur deux caractéristiques qualité d'un produit de verre creux à savoir : la Capacité(C) et le Poids(P). Et dans le but de valider cette démarche, nous avons calculé ces mêmes coûts via l'approche bayésienne.

Mots-clés : *calcul multi-caractéristique, le coût du non qualité (CNQ), optimisation, Taguchi, calcul Bayésien.*

Abstract

Multi-Characteristic calculation of the cost of the non-quality via Taguchi loss function (QLF) in the manufacturing process of a hollow glass product

The cost of poor quality (CPQ) is an indicator for the estimation of the bleed cycle of creating an industrial product. This is a prerequisite for cost optimization approach to short and long-term process. Traditionally, it was considered poor quality, every product with at least one quality characteristic exceeding the tolerance limits. Consequently, the estimate of NQF considers only products outside acceptance zone defined according to the requirements specification. Compliance with specifications is only customer satisfaction. According Genichi Taguchi, the NQF should be calculated not only by the boundaries of tolerance but also with respect to the target values of each quality characteristic. Thus, the optimization is to both respect the client's needs and control of manufacturing processes and reducing the cost of production.

The Taguchi approach has demonstrated high efficiency in the optimization process uni-criterion when it is based on a single quality characteristic, but few studies have been conducted for multicriteria optimization. In this work, we propose an approach for the calculation of the NQF by applying the Taguchi approach (QLF) on two quality characteristics of a product of hollow glass namely: Capacity (C) & the Weight (P), and vocation to validate this approach, we calculate these costs even through the Bayesian approach.

Keywords : *multi-characteristics calculation, cost of poor quality (CPQ), optimization, Taguchi, Bayesian calculation.*

1. Introduction

La détermination du coût du non-qualité d'un processus de fabrication est la première phase à réaliser afin de dénicher les objectifs et voies d'optimisation et d'amélioration continue.

Dans ce qui suit, nous avons proposé une démarche qui exploite la fonction Perte de Taguchi pour estimer les pertes financières issues des déviations encourues par le processus pour les deux caractéristiques qualité « poids et Capacité ».

Pour valider les résultats obtenus par cette méthode nous avons fait appel au calcul bayésien.

2. Méthodologie

2.1. Démarche expérimentale

Dans cette étude, un échantillon de 756 articles du produit (CC 35) du verre creux a été étudié. Pour chaque article nous avons mesuré à la fois les valeurs des deux caractéristiques qualité : Poids et capacité. Pour chacune de ces deux caractéristiques, nous avons défini les limites de spécifications à respecter et les valeurs cibles à atteindre :

Tableau 1 : *Spécifications poids et capacité du produit CC35*

	Limite inférieure de spécification	Valeur cible	Limite supérieure de spécification
Poids	374	376	378
Capacité	351	355	357

Vue l'importance des deux caractéristiques auprès de la clientèle, nous leur avons attribué le même coefficient d'importance lors du calcul du CNQ.

Nous distinguerons les produits selon leur conformité par rapport à ces exigences. Selon le cas, nous aurons un produit :

- Conforme au poids que nous noterons W et une probabilité d'occurrence $P(W)$
- Non conforme au poids que nous noterons \bar{W} et une probabilité d'occurrence $P(\bar{W})$
- Conforme à la capacité que nous noterons C et une probabilité d'occurrence $P(C)$
- Non conforme à la capacité que nous noterons \bar{C} et une probabilité d'occurrence $P(\bar{C})$

2-2. Catégories des produits étudiés en fonction de degré de conformité aux spécifications

Nous pouvons définir 3 catégories de produit en fonction de la conformité ou non par rapport aux spécifications :

1^{ère} catégorie : comporte les produits dont les deux caractéristiques étudiées sont conformes aux spécifications : W et C

2^{ème} catégorie : comporte les produits dont l'une des deux caractéristiques étudiées est conforme aux spécifications : (\bar{W} et C) ou (W et \bar{C})

3^{ème} catégorie : comporte les produits dont les deux caractéristiques étudiées ne sont pas conformes aux spécifications : \bar{W} et \bar{C}

2-2-1. Détermination des taux de conformité T_C et de non conformité T_{NC}

1^{ère} approche : comptage

Nous avons à déterminé le nombre d'articles dont les valeurs des deux caractéristiques qualité : Poids et Capacité, sont conformes aux spécifications.

Le rapport entre le nombre d'articles conformes et le nombre total des articles contrôlés constitue le taux de conformité T_C

$$\tau_C = \frac{\sum_{i=1}^n (WetC)}{n} \quad (1)$$

n étant le nombre total des articles contrôlés.

Par déduction, le taux total de non-conformité représentant le nombre des articles qui ont au moins l'une des deux caractéristiques non conforme aux spécifications, est défini comme suit :

$$\tau_{NC} = 1 - \tau_C \quad (2)$$

Pour chacun des trois types de non conformités recensées, nous avons procédé à déterminer le taux élémentaire de chacun :

- Taux non-conformité des articles (W et \bar{C}) :

$$\tau_{W-\bar{C}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Wet\bar{C})}{n} \quad (3)$$

- Taux non-conformité des articles \bar{W} et C :

$$\tau_{\bar{W}-C} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}etC)}{n} \quad (4)$$

- Taux non-conformité des articles \bar{W} et \bar{C} :

$$\tau_{\bar{W}-\bar{C}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}et\bar{C})}{n} \quad (5)$$

2^{ème} approche : L'approche Bayésienne

L'approche de réseau bayésien est une technique qui semble très adéquate comme solution pour la détermination des taux et probabilité d'apparition de chacun des types d'article étudié.

Par définition, le théorème de Bayes énonce des probabilités conditionnelles : soit A et B deux évènements, le théorème de Bayes permet de déterminer la probabilité de A sachant B, si l'on connaît les probabilités P(A), P(B) et P(B | A)

Ce théorème élémentaire, originellement nommé de probabilité des causes, a des applications considérables. Pour aboutir au théorème de Bayes, on part d'une des définitions de la probabilité conditionnelle :

$$P(A | B)P(B) = P(A \cap B) = P(B | A)P(A) \quad (6)$$

P(A ∩ B) étant la probabilité que A et B aient tous les deux lieu simultanément. En divisant de part et d'autre par P(B), on obtient :

$$P(A | B) = \frac{P(B | A).P(A)}{P(B)} \quad (7)$$

Soit le théorème de Bayes. Chaque terme du théorème de Bayes a une dénomination usuelle :

Le terme P(A) est la probabilité a priori de A. Elle est « antérieure » au sens qu'elle précède toute information sur B. P(A) est aussi appelée la probabilité marginale de A. Le terme P(A | B) est appelée la probabilité a posteriori de A sachant B (ou encore de A sous condition B). Elle est « postérieure », au sens qu'elle dépend directement de B. Le terme P(B | A), pour un B connu, est appelée la fonction de vraisemblance de A. De même, le terme P(B) est appelé la probabilité marginale ou a priori de B.

Plus généralement, pour tout A_i de la partition. on note :

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i).P(A_i)}{\sum_j P(B | A_j).P(A_j)} \quad (8)$$

Afin de vérifier les conditions d'application du théorème de Bayes dans notre cas, nous avons exploité les données de notre historique de production.

Suivant ce théorème, nous avons procédé comme suit :

Calculer la probabilité de l'évènement Avoir un « produit conforme » (Cf) ou « produit Non conforme » (NCf) vis-à-vis de chacune des deux possibilités d'apparition de chacune des deux caractéristiques, par exemple :

La probabilité de réalisation de l'évènement : « produit Non conforme » sachant que « Poids conforme », s'écrit : P(NCf/W),

L'évènement Cp est composé de évènements incompatibles soit :

$$W = (Cf \cap W) \cup (NCf \cap W) \quad (9)$$

Par conséquent :

$$P(W) = P(Cf \cap W) + P(NCf \cap W) = P(Cf). P(W / Cf) + P(NCf). P(W / NCf) \quad (10)$$

Donc :

$$P(Cf / W) = P(Cf). P(W / Cf) / P(Cf). P(W / Cf) + P(NCf). P(W / NCf) \quad (11)$$

De même pour :

$$P(Cf / \bar{W}) = P(Cf). P(\bar{W} / Cf) / P(Cf). P(\bar{W} / Cf) + P(NCf). P(\bar{W} / NCf) \quad (12)$$

$$P(Cf / C) = P(Cf). P(C / Cf) / P(Cf). P(C / Cf) + P(NCf). P(C / NCf) \quad (13)$$

$$P(Cf / \bar{C}) = P(Cf). P(\bar{C} / Cf) / P(Cf). P(\bar{C} / Cf) + P(NCf). P(\bar{C} / NCf) \quad (14)$$

2-2-2. La Détermination des probabilités de réalisation des événements Cf et NCf en prenant en considération la réalisation des deux événements relatifs à la fois au poids et capacité

Cette étape consiste à rassembler les probabilités de réalisation d'événement Cf ou NCf où chaque événement poids ou capacité est inclus et d'en soustraire la somme des probabilités de son événement complémentaire, par exemple :

L'événement NCf sous condition d'avoir W et \bar{C} donne :

$$P(NCf/W \text{ et } \bar{C}) = P(NCf/W) + 1/2 P(NCf/\bar{C}) - P(NCf/\bar{C}) \tag{15}$$

On note :

$P(W)$: probabilité de l'événement « poids conforme »

$P(\bar{W})$: probabilité de l'événement « poids non conforme »

$P(C)$: probabilité de l'événement « capacité conforme »

$P(\bar{C})$: probabilité de l'événement « capacité non conforme »

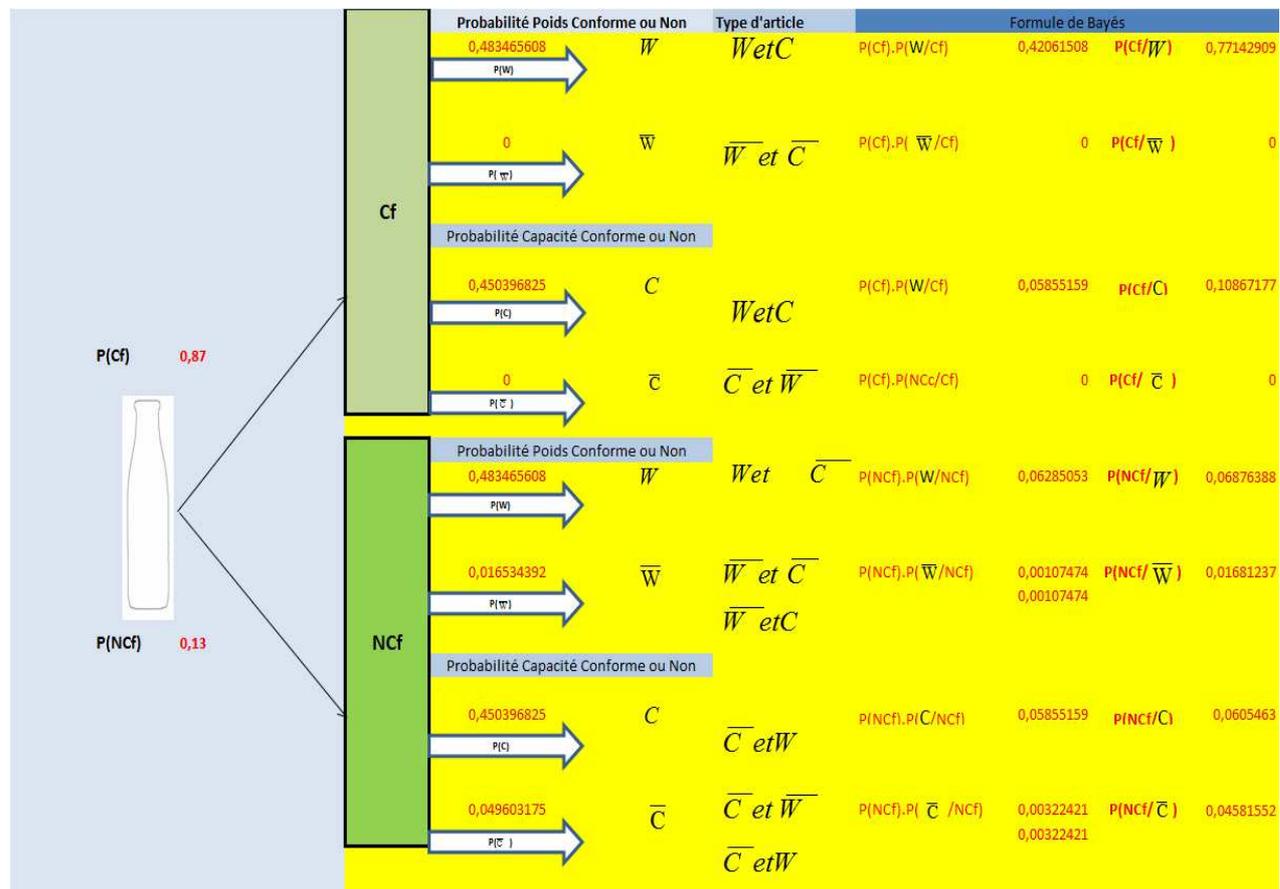


Figure 1 : Le réseau bayésien pour la détermination des probabilités d'apparition des différentes catégories de conformité du produit CC35.

2.3 Les valeurs moyennes de Poids et Capacité de chaque catégorie de conformité

Pour chaque catégorie d'article étudié, nous avons déterminé la valeur moyenne des deux caractéristiques Poids et Capacité :

Tableau 2 : Formules de calcul des poids de contributions du poids & capacité du produit CC35

Poids (P_d)	Capacité (C_p)
$P_d(W \text{ et } C) = \sum_{i=1}^n Pd(W \text{ et } C)_i / n$	$C_{p(Cf)} = \sum_{i=1}^n Cp(W \text{ et } C)_i / n$
$P_d(W \text{ et } \bar{C}) = \sum_{i=1}^n Pd(W \text{ et } \bar{C})_i / n$	$C_{p(W \text{ et } \bar{C})} = \sum_{i=1}^n Cp(W \text{ et } \bar{C})_i / n$
$P_d(\bar{W} . C) = \sum_{i=1}^n Pd(\bar{W} \text{ et } C)_i / n$	$C_{p(\bar{W} . C)} = \sum_{i=1}^n Cp(\bar{W} \text{ et } C)_i / n$
$P_d(\bar{W} . \bar{C}) = \sum_{i=1}^n Pd(\bar{W} \text{ et } \bar{C})_i / n$	$C_{p(\bar{W} . \bar{C})} = \sum_{i=1}^n Cp(\bar{W} \text{ et } \bar{C})_i / n$

Pour le calcul du poids et capacité moyenne de la production constitué de 756 articles étudiés, nous avons besoins de deux éléments calculés ci-dessus, à savoir :

- les valeurs moyennes de la caractéristique qualité : Poids et Capacité de chaque catégorie d'article CC35
- le taux de conformité et non-conformité de chaque catégorie

Par conséquent, le poids moyen μ_p & la capacité moyenne μ_c de la population étudiée sont calculés suivant les deux formules suivantes :

$$\mu(P_d) = Pd_{(W-C)} * \tau_c + Pd_{(W-\bar{C})} * \tau_{W-\bar{C}} + Pd_{(\bar{W}-C)} * \tau_{\bar{W}-C} + Pd_{(\bar{W}-\bar{C})} * \tau_{\bar{W}-\bar{C}} \quad (16)$$

$$\mu(C_p) = Cp_{(W-C)} * \tau_c + Cp_{(W-\bar{C})} * \tau_{W-\bar{C}} + Cp_{(\bar{W}-C)} * \tau_{\bar{W}-C} + Cp_{(\bar{W}-\bar{C})} * \tau_{\bar{W}-\bar{C}} \quad (17)$$

2-4. Les valeurs moyennes Poids et Capacité et l'estimation de la fonction perte de Taguchi

Pour le calcul des pertes financières suivant l'approche Taguchi dans le cas d'une seule caractéristique qualité, nous avons besoins d'appliquer la formule suivante :

$$L = k(\sigma^2 + (\mu - T)^2) \quad (18)$$

Avec :

L : perte financière

K : coefficient Perte de Taguchi

σ^2 = variance

μ = la moyenne

T = la valeur du poids cible

Pd : poids

Cp : capacité

Donc, le cout perdu en matière poids est estimé suivant la formule ci-dessous :

$$L_{Pd} = K_{Pd} (\sigma^2 + (\mu(P_d) - T_{Pd})^2) \\ = K_{Pd} (\sigma^2 + (Pd_{(W-C)} * \tau_c + Pd_{(W-\bar{C})} * \tau_{W-\bar{C}} + Pd_{(\bar{W}-C)} * \tau_{\bar{W}-C} + Pd_{(\bar{W}-\bar{C})} * \tau_{\bar{W}-\bar{C}} - T_{Pd})^2) \quad (19)$$

De même pour la capacité, le coût perdu est calculé suivant la formule :

$$L_{Cp} = K_{Cp} (\sigma^2 + (\mu_{Cp} - T_{Cp})^2) \\ L_{Cp} = K_{Cp} (\sigma^2 + (Cp_{(W-C)} * \tau_c + Cp_{(W-\bar{C})} * \tau_{W-\bar{C}} + Cp_{(\bar{W}-C)} * \tau_{\bar{W}-C} + Cp_{(\bar{W}-\bar{C})} * \tau_{\bar{W}-\bar{C}} - T_{Cp})^2) \quad (20)$$

2-5. La fonction Perte de Taguchi moyenne multicritère

Etant donné que la qualité d'un produit est la résultante du degré de satisfaction de l'ensemble de ses caractéristiques aux spécifications, le coût de sa non qualité est aussi la résultante de la sommes des coûts générés par dérivation de chaque caractéristique aux même spécifications.

La perte moyenne globale L_{pd-cp} est par définition est la sommation des pertes élémentaires relatives à chaque caractéristique qualité du produit CC35.

Pour le calcul de la fonction perte qualité moyenne globale des deux caractéristiques : Poids et capacité (L_{pd-cp}), nous avons besoin de :

- Fonction Perte élémentaire de chacune des deux caractéristiques
- Coefficient d'importance de chacune des deux caractéristiques : α_p & α_c

$$L_{p-c} = \alpha_{pd} L_{pd} + \alpha_{cp} L_{cp} = \alpha_p k_p (\sigma_{pd}^2 + (\mu_{pd} - T_{pd})^2) + \alpha_c k_c (\sigma_{cp}^2 + (\mu_{cp} - T_{cp})^2) \tag{21}$$

$$= \alpha_p k_{pd} (\sigma_{pd}^2 + (Pd_{(w-c)} * \tau_c + Pd_{(w-\bar{c})} * \tau_{w-\bar{c}} + Pd_{(\bar{w}-c)} * \tau_{\bar{w}-c} + Pd_{(\bar{w}-\bar{c})} * \tau_{\bar{w}-\bar{c}} - T_{pd})^2) + \alpha_c k_{cp} (\sigma_{cp}^2 + (Cp_{(w-c)} * \tau_c + Cp_{(w-\bar{c})} * \tau_{w-\bar{c}} + Cp_{(\bar{w}-c)} * \tau_{\bar{w}-c} + Cp_{(\bar{w}-\bar{c})} * \tau_{\bar{w}-\bar{c}} - T_{cp})^2) \tag{22}$$

3. Résultats et discussion

3-1. L'effectif de chaque catégorie de conformité

Le tableau (3) récapitule les résultats de détermination de l'effectif de chaque catégorie de l'article CC35 étudié et ceci en fonction de la conformité ou non des deux caractéristiques « Poids » & « Capacité » aux spécifications :

Tableau 3 : Détermination du taux de conformité des différentes catégories de conformité du poids et capacité via la méthode du Comptage & Bayes

Evénement	Méthode de comptage		Méthode probabiliste de Bayes	
	Effectif observé	Taux de conformité	Probabilité théorique	Effectif théorique
(W et C)	659	0,871693122	0,771429091	583,200393
(W et \bar{C})	72	0,095238095	0,097767027	73,91187247
(\bar{W} et C)	3	0,003968254	0,004076303	3,081684912
(\bar{W} et \bar{C})	22	0,029100529	0,031543154	23,84662475

La comparaison entre les résultats issues de la méthode comptage et celle de l'approche bayesienne montre des valeurs très proches chose qui signifie que l'approche bayesienne est très utile pour calculer d'une manière efficace la probabilité d'apparition de chaque type d'article prenant en compte la réalisation des différentes possibilité probable pour chacune des deux caractéristiques qualité : poids & capacité .

3-2. Le poids moyen, capacité moyenne, fonctions Perte moyenne et le domaine d'optimisation

Pour chacune des catégories de conformité de la population étudiée composée de N=756, nous avons calculé les valeurs moyennes des deux caractéristiques qualité : Poids & Capacité

Ces valeurs sont récapitulées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 4 : Détermination des valeurs moyennes des différentes catégories de conformité du poids(a) et capacité (b) via la méthode du comptage et bayes

(a)

Événement	Effectif	Probabilité d'apparition (PA)	Valeur moyenne Poids (VMP)	Valeur de contribution (VMP) x (PA)
(W et C)	659	0,871693122	376,115781	327,8575394
(W et \bar{C})	72	0,095238095	376,085333	35,81765067
(\bar{W} et C)	3	0,003968254	374,833333	1,487433873
(\bar{W} et \bar{C})	22	0,029100529	376,159091	10,94642854

(b)

Événement	Effectif	Probabilité d'apparition (PA)	Valeur moyenne Capacité (VMC)	Valeur de contribution (VMC) x (PA)
(W et C)	659	0,871693122	355,422307	309,81918
(W et \bar{C})	72	0,095238095	356,413889	33,94417981
(\bar{W} et C)	3	0,003968254	357,2	1,417460329
(\bar{W} et \bar{C})	22	0,029100529	355,776	10,35326981

3-2. Les valeurs moyennes totales des deux caractéristiques

Les valeurs élémentaires moyennes de chaque catégorie recensée et par application de la formule (), nous avons estimé les valeurs moyennes totales des deux caractéristiques « Poids & Capacité » de l'ensemble de la population étudiée.

Tableau 5 : Les valeurs moyennes totales du caractéristiques poids et capacité :

Poids (moyen) TOTAL	376,1304686
Capacité (moyenne) TOTALE	355,7553489

Ces deux valeurs constituent, les valeurs moyennes probables à atteindre tout en prenant en compte la probabilité d'apparition de chaque catégorie. Ces valeurs vont nous permettre d'estimer la perte moyenne dues par la déviation de chaque caractéristique étudiée aux spécifications et aux valeurs cible. Dans ce sens, par application de la formule de la fonction Perte de Taguchi (*formule 6*), nous nous sommes arrivé a calculer les pertes économiques probable pour les deux caractéristiques :

Tableau 6 : Les valeurs moyennes totales de la fonction perte de Taguchi

L_{Pd}	0,002127758
L_{Cp}	0,07131899

Par conséquent, et en prenant en compte le poids d'importance (α_p & α_c) de chaque caractéristique pour le produit fabriqué (CC35), suivant la **formule (22)**, la perte moyenne multicritères dues aux déviations du poids et capacité par rapport aux spécifications et la valeurs cible est la suivante :

Tableau 7 : valeur totale moyenne multicritères de la fonction perte de Taguchi

L_{Pd-Cp}	0,036723374
-------------	-------------

La **Figure 2** représente une présentation tridimensionnelle de l'évolution de la fonction perte multicritères de Taguchi en fonction de l'évolution du poids et capacité du produit CC35.

La fonction perte de Taguchi prend sa valeur minimale aux environs de [0-0,2 dh] et ceci pour des valeurs optimales intersectionnées des valeurs de poids et capacité situant aux intervalles :

Poids = [355,6gr – 356,4gr]

Capacité = [375gr – 377gr]

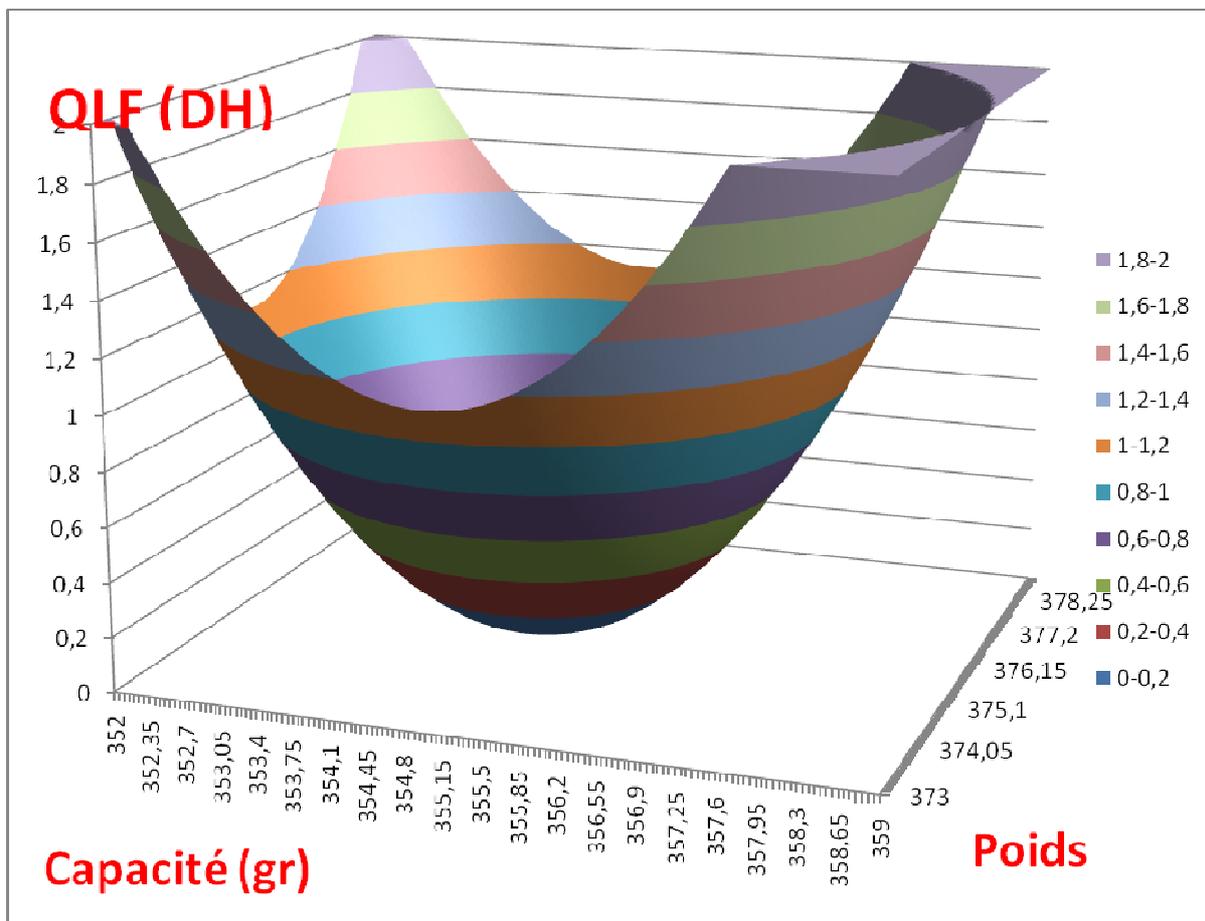


Figure 2 : Evolution du cout QLF en fonction de la variation du poids et la capacité

4. Conclusion

La détermination du coût global du non qualité résultant des déviations des valeurs de chaque caractéristique qualité : Poids & Capacité par rapport aux valeurs cibles, constitue une étape primordiale avant de s'engager dans une démarche d'optimisation du processus fabrication. Dans notre cas, nous avons procédé à calculer le CNQ globale issu des variations des deux caractéristiques et ceci en exploitant la fonction perte de Taguchi (QLF).

Afin de calculer la fonction QLF, nous nous sommes basé sur le calcul des probabilités d'apparition de chaque catégorie du produit étudié (conforme et non conforme) via la méthode de comptage et le calcul Bayésien. Partant de l'hypothèse que QLF globale des deux caractéristiques *qualité* étudiées est la somme des deux QLF élémentaire de chaque caractéristique, nous avons estimé le CNQ relationnel des deux caractéristiques : Poids & Capacité.

Cette relation a été bien présentée sous forme d'un graphe tridimensionnel RMS, chose qui nous a permis de déterminer le taux d'optimisation de la qualité du produit fini et le cout économisé suite à cette approche. Théoriquement, nous pouvons arriver à un produit de qualité optimale avec un taux de réduction de non qualité de l'ordre de 0.2 dh/article, c'est-à-dire : avoir un produit de taux de conformité de l'ordre de 90%.

Pour atteindre cet objectif nous avons été amenés à mettre en place une démarche d'optimisation des processus de fabrication multicritères suivant les plans d'expériences de Taguchi.

Références

- [1] - N. Gaitonde, S. R. Karnik, B. T. Ashyutha, Siddeswarrapa; Multi-Response optimization in Drilling using Taguchi Loss Function; Indian of Engineering & Materials Sciences; Vol 13, Decembre (2006)
- [2] - V. N. Gaitonde ; S. R. Karnik ; B. T. Ashyutha; Siddeswarrapa; Taguchi Approach in Multiple performance characteristics for Burr size minimizing in drilling; Indian of Engineering & Materials Sciences; Vol 65, Decembre 2006
- [3] - R. Bryan Kethley; Using Taguchi Loss Functions to Develop a Single Objective Function in a Multi-Criteria Context: A Scheduling Example; International Journal of Information and Management Sciences Volume 19, Number 4, (2008) pp. 589-600
- [4] - J. Antony; Simultaneous Optimisation of Multiple Quality Characteristics in Manufacturing Processes Using Taguchi's Quality Loss Function; Int J Adv Manuf Technol (2001) 17:134–138, Springer-Verlag London Limited
- [5] - Josef Schwarz ; Multiobjective Bayesian Optimization Algorithm for Combinatorial Problems: Theory and practice
- [6] - Hazura Mohamed, Muhammad Hisyam Lee, Mazalan Sarahintu, Shaharuddin Salleh, and Bahrom Sanugi; Taguchi's Quality Loss Function Approach in Analyzing performance of the Dynamic Source Routing Protocol; Proceedings of the 5th Asian Mathematical Conference, Malaysia 2009
- [7] - Kay Yang; Janat trewn,; Multivariate Statistical Methods in Quality Management; Mc GrawHill engineering reference; Copyright © 2004 The McGraw-Hill Companies
- [8] - Renée Veysseyre ; Statistique et probabilités pour l'ingénieur ; Edition Usine-Nouvelle ; DUNOD deuxième Edition 2006
- [9] - Christian P. Robert ; Le choix bayésien Principes et pratique ; Edition Springer-Verlag France, Paris, (2006)
- [10] - Paul PITIOT ; Amélioration des techniques d'optimisation combinatoire par retour d'expérience dans le cadre de la sélection de scénarios de Produit/Projet ; Université de Toulouse, (2009)