
La matrice d'impact pour construire un plan de surveillance avec les contraintes de l'ingénierie simultanée

Maurice PILLET, Vincent OZOUF, Alain SERGENT, Daniel DURET

*Laboratoire SYMME – Université de Savoie
Domaine Universitaire – BP 80439
74944 Annecy-le-Vieux Cedex*

{ maurice.pillet ; Vincent.ozouf; Alain.sergent;Daniel.duret }@univ-savoie.frr

RÉSUMÉ : La construction d'un plan de surveillance doit viser à garantir la conformité du produit pour le client pour un coût de contrôle le plus faible possible. Ces dernières années plusieurs événements sont venus perturber les anciennes habitudes de construction des plans de surveillance notamment : La diffusion progressive du tolérancement GPS, la réduction des délais de développement avec la mise en place de plateaux d'ingénierie simultanée, l'arrivée de nouveaux moyens de contrôle de type machine à mesurer tridimensionnelle. L'ensemble de ces bouleversements n'a pas été suffisamment pris en compte dans les démarches de construction des plans de surveillance qui sont, la plupart du temps, difficilement applicables sur le terrain.

Nous proposons dans cette communication une démarche structurée d'analyse des phases de fabrication qui doit être conduite par le service d'industrialisation. L'objectif est de générer un plan de surveillance qui puisse garantir la fonctionnalité de la pièce tout en limitant les contrôles au strict nécessaire. Cette approche mise en place avec succès dans plusieurs entreprises réduit les délais d'industrialisation et aboutit à des plans de surveillances structurés selon cinq contextes de contrôle.

MOTS-CLÉS : Plan de surveillance, AMDEC, Maitrise Statistique des processus, Ingénierie Simultanée, Matrice d'impact

ABSTRACT: The control plan construction has to aim at guaranteeing product conformity for the customer for a control cost as weakest as possible. These last years, several events came to disturb the old habit of control plan construction with notably: the progressive diffuseness of the GPS specification mode, the reduction of the time allowed for the process development with the implementation of the simultaneous engineering, the arrival of new control gages like three-dimensional measure machine. All these turnovers was not enough taken into account in the steps of control plan construction which are, most of the time, applicable with difficulty on the ground.

We propose in this communication an analysis structured step of the manufacturing phases which must be led by the industrialization service. The objective is to generate a control plan which can guarantee the part functionality while limiting the checks on a just necessary level. This approach, already deployed in several companies, reduce industrialization delays and lead to build a control plan structured according to five control context.

KEYWORDS: Control plan, FMEA, Statistical Process Control, Simultaneous engineering impact matrix.,

1. Introduction

La qualité attendue par les clients ne cesse de croître, pourtant les temps de développement des produits sont de plus en plus courts. Cela conduit souvent les bureaux d'étude à faire soit l'impasse sur les démarches de validation comme l'AMDEC (Stamatis 95) qui étaient traditionnellement appliquée au détriment de la qualité, soit à générer trop rapidement des plans de surveillance surdimensionnés qui augmentent les coûts de production. De plus, l'introduction généralisée du tolérancement géométrique conduit également à des plans de surveillance incompatibles avec un pilotage simple des moyens de production.

L'importance des phases d'industrialisation dans la sécurisation des processus est largement soulignée dans de nombreuses approches, notamment les approches récentes de Design for Six Sigma (Wang 05) (Soderborg 2004)

Pour résoudre ces deux problèmes, nous proposons dans ce papier une approche permettant de construire un plan de surveillance au juste nécessaire qui garantit la bonne fonctionnalité et la satisfaction du client. La démarche proposée s'appuie sur deux concepts issus de la maîtrise des processus :

1. La différenciation entre le pilotage des moyens et la conformité des produits.
2. La vision de l'industrialisation comme un « entonnoir à X » ne laissant subsister que quelques caractéristiques nécessitant un pilotage.

L'approche proposée dans ce papier permet de s'affranchir d'un certain nombre de dérives couramment rencontrées actuellement dans les entreprises de mécanique :

Une première dérive couramment constatée avec le tolérancement GPS consiste à "traduire" le tolérancement géométrique en dimensions locales et à donner aux opérateurs un plan de fabrication dans lequel le tolérancement a été simplement "traduit". Cette façon de concevoir un plan de contrôle possède trois inconvénients majeurs :

1. On ne dissocie pas la vérification de la conformité et les actions de pilotage du processus.
2. Du fait de la traduction, on resserre souvent inutilement les tolérances ce qui entraîne une augmentation des coûts de production.
3. On ne garantit pas toujours la conformité des spécifications géométriques qui sont pourtant essentielles pour assurer le besoin fonctionnel.

Une autre dérive consiste à fournir en production directement le plan de définition du produit exprimé en tolérancement géométrique. A charge pour le

régleur de garantir les spécifications. Cette façon de concevoir le pilotage d'une production possède trois inconvénients majeurs :

1. On oublie de mener une analyse du processus qui seule permet de garantir la conformité des spécifications géométriques
2. On confond conformité et pilotage de la production, on ne donne pas de règles de pilotage
3. On surcharge la production en contrôles inutiles qui nuisent à la productivité.

La démarche proposée consiste :

- A décomposer le tolérancement ISO GPS suivant une démarche structurée afin de construire un plan de surveillance qui correspond aux actions de pilotage.
- A hiérarchiser les caractéristiques fonctionnelles à l'aide d'une matrice d'impact
- A classer les dérives attendues sur les caractéristiques afin de choisir de façon optimale le type de suivi le plus adapté.
- Dans la démarche proposée, nous dissociions clairement les mesures destinées à la vérification de la conformité des mesures destinées au pilotage des processus. Un exemple didactique illustre la démarche proposée

2. pilotage et conformité

Une industrialisation idéalement réussie d'un produit serait une industrialisation qui permettrait d'obtenir la garantie de la conformité du produit sans nécessiter ni mesure du produit ni intervention humaine. Evidemment nous sommes souvent loin de cet idéal, et nous devons tout au long des processus de production contrôler les produits pour s'assurer de leur conformité. Cependant au delà de la simple conformité, l'objectif du pilotage d'un processus de production est de placer le plus de produits sur la cible afin de limiter le coût de non qualité en accord avec la fonction perte de Taguchi [3]. La conduite d'un processus doit satisfaire deux objectifs qui sont malheureusement souvent confondus :

- La vérification de la conformité du produit qui doit s'appuyer sur le dessin de définition du produit
- La limitation de la variabilité autour de la cible qui doit s'appuyer sur un respect de règles de pilotage.

Trop d'entreprises se contentent du premier item en négligeant complètement le second. Cela se traduit en final par de nombreux surcontrôles et malheureusement par un accroissement de la variabilité nuisible à la qualité des produits. Cette approche n'est satisfaisante ni d'un point de vue de la productivité ni d'un point de vue de la qualité. Finalement nous proposons de faire un parallèle entre les contrôles et les stocks que nous pouvons résumer par la formule suivante :

« Le contrôle est à la qualité ce que le stock est à la gestion des flux : un mal nécessaire que l'on doit réduire le plus possible »

Avoir des stocks, c'est avouer que l'on n'a pas su réaliser une ligne de production « One part flow », avoir un contrôle c'est avouer que l'on n'a pas su concevoir un processus qui garantit la qualité sans contrôle.

3. La matrice d'impact

L'ensemble de la démarche proposée est structurée par un outil que nous avons appelé « Matrice d'impact ». Cette matrice est inspirée de deux outils connus qui sont le QFD et l'AMDEC. Ces outils extrêmement séduisant sur le papier s'avèrent difficile à employer dès que la complexité du système augmente comme le souligne Kim (2004). Notre proposition consiste à utiliser les concepts de ces deux outils dans une approche permettant l'utilisation dans les délais réaliste d'industrialisation.

L'objectif de cette matrice est de construire un plan de surveillance « au juste nécessaire » en s'appuyant sur une analyse rigoureuse mais non chronophage pour être compatible avec les délais d'industrialisation que l'on rencontre aujourd'hui. La figure 1 montre une matrice d'impact sur un exemple didactique qui servira de support à cet article : la perforation d'une feuille de papier (figure 2)

		N°																							
		Caractéristiques avais du produit pour le client ou pour l'assemblage			Ponctuer correctement la feuille		Aspect de la feuille perforée		Aspect des trous																
		Objectifs			Notes position site		Notes répartition sites		Net		Hiérarchisation		Défaillance redoutée		F		Action corrective		F'		D'				
		85.9%			10		6		10																
Pièces		Niveau de satisfaction →									Note d'impact globale		Type de dérive redoutée sur un des éléments des 5 M (voir le tableau dans l'onglet suivant)		Dans le cas d'un événement causal redouté, préciser le type		Fréquence (note de 1 à 10)		Actions pour diminuer la fréquence		Nouvelle fréquence		Détection nécessaire		
Cible et Tolérances		Caractéristiques élémentaires sur les pièces du produit ↓			75%		75%		100%				Gravité												
Feuille	Ø ± 0.1	Diamètre 4x5					9			10	10	6	Process stable			1				1	10				
	Ø Loc 0.5	Loc distance inter trou			9	3				10	10	10	Process stable			1				1	10				
	Ø Loc 0.5	Loc position bord de feuille			3	9				10	10	3	Cause éristique	erreur main d'oeuvre	6	Formation + formalisation process	3	11			3	11			
	28.5 loc 0.5	Loc position bas de feuille			3	9				10	10	3	Dérive position prévisible			5	Surveillance MSP	2	17			2	17		
	Somme des cibles				16	21	3																		
Somme pondérée				7.8	4.543	10	22.34285714																		
Plan de surveillance															D		C		Capabilité						
Caractéristiques surveillées pour garantir la caractéristique sur la pièce (cote de fabrication)		Paramètres processus surveillés		Contextes de contrôle											Détection		Criticité		Note de capabilité						
				Réglage		Fau Vert		Planche fréquentiel ou contrôle libérateur fréquentiel bord de ligne		Planche sur événement bord de ligne		Contrôle libérateur fréquentiel hors ligne		Contrôle à 100%											
				Moyen	Moyen	Moyen	Taille et freq	Evènements	Moyen	Taille	Moyen	Taille et freq	Moyen												
Diamètre 4x5				MMT	MMT										1	6	10	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
distance ØØ				MMT	MMT										1	10	8	6.3	2.0	1.0	1.0	1.0			
Distance 28.5		Formation main d'oeuvre		MMT	MMT										3	27	6	5.5	2.0	1.0	1.0	1.0			
				MMT	MMT	Passage	3/100								2	12	9	2.4	0.9	0.9	0.9	0.9			

Figure 1. Matrice d'impact

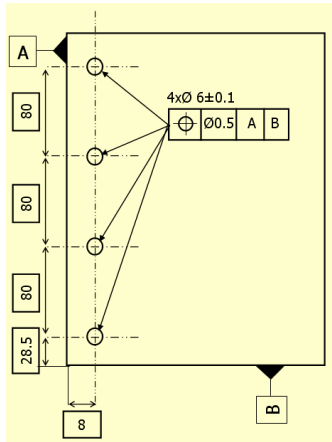


Figure 2. Plan de perforation de la feuille

3.1. Hiérarchisation des caractéristiques élémentaires

		N°	1	2	3		
		Caractéristiques avals du produit pour le client ou pour l'assemblage	Positionner correctement la feuille	Aspect de la feuille perforée	Aspect des trous		
Note Qualité			bien positionnée	Bonne répartition	Net	Hiérarchisation	
96.5%		Objectifs	10	6	10		
Poids		Niveau de satisfaction →				Note d'impact globale	Gravité
Pièces	Cible et Tolérances	Caractéristiques élémentaires sur les pièces du produit ↓	96%	91%	100%		
6 ± 0.1		Diamètre 4x6			9	96	6
80 Loc 0.5		Loc distance inter trou	9	3		108	10
8 Loc 0.5		Loc position bord de feuille	3	9		84	3
28.5 loc 0.5		Loc position bas de feuille	3	9		84	3
Somme des coeff.			15	21	9		

Figure 2. Partie hiérarchisation de la matrice d'impact

La plupart des démarches de hiérarchisation s'appuient sur une analyse fonctionnelle fonction par fonction (Breart 2006). Nous pensons que la hiérarchisation doit être globale sur l'ensemble des fonctions. En effet une caractéristique ayant un impact moyen sur plusieurs fonctions du produit est - au final - aussi importante qu'une caractéristique ayant un impact fort sur une seule fonction du produit. C'est pourquoi nous proposons dans un premier temps de hiérarchiser l'ensemble des caractéristiques élémentaires en fonction de leur impact

sur l'ensemble des fonctions attendues du produit. La figure 2 reprend la partie hiérarchisation des caractéristiques du plan de bureau d'étude pour aboutir à une note de gravité de chaque caractéristique. Elle est construite de la façon suivante

On commence par noter les fonctions attendues du produit en fixant un poids pour chacune d'elle (Note P de 1 à 10). Pour chaque pièce du produit, on liste l'ensemble des caractéristiques élémentaires. Pour chacune d'elle on note l'impact de la caractéristique sur la fonction I ; Typiquement on met une note de 9 pour un impact fort, 3 pour un impact moyen et 1 pour un impact faible. Cette note d'impact peut être objectivée par :

- Le retour d'expérience des concepteurs
- Les résultats d'un plan d'expérience
- L'analyse des coefficients multiplicateurs dans une chaîne de cote
- L'analyse de la robustesse de la fonction aux variations de la caractéristique
- ...

La note d'impact global IG de la caractéristique j est alors calculée en faisant la somme des produits des impacts I par le poids P de la fonction i .

$$IG_j = \sum_i I_{ij} P_i \tag{1}$$

Cette note d'impact global est alors transformée automatiquement en une note de gravité dans une plage de 1 à 10 par une règle de 3. Cette note de gravité automatique peut être corrigée par le concepteur s'il en éprouve le besoin.

On notera que les caractéristiques élémentaires n'apparaissent pas sous la forme de spécification géométrique directement (par exemple la localisation) mais chaque caractéristique géométrique est décomposée suivant les directions de pilotage en fonction du processus d'industrialisation. Ainsi, la localisation de la position des trous est dissociée en trois caractéristiques : la cote de 80, la cote de 8 et la cote de 28.5. Ce point très important a été détaillé dans Pillet 2006 [Ref Valencienne]

3.2. Création du plan de surveillance

Hiérarchisation		Défaillance redoutée		F	Action corrective	F'	D'	Plan de surveillance											
Note d'impact globale	Gravité	Type de dérive redoutée sur un des éléments des F et M (voir le tableau dans l'onglet suivant)	Dans le cas d'un événement causal redouté, préciser le type	Fréquence (note de 1 à 10)	Actions pour diminuer la fréquence	Nouvelle fréquence	Détection nécessaire	Caractéristiques surveillées pour garantir la caractéristique sur la pièce (cote de fabrication)	Paramètres processus surveillés	Contextes de contrôle									
										Reglage	Fautes Vert	Pilotage (Fréquentiel / Libération / Fréquentiel / Libération)	Taille et freq	Evénements	Moyen	Taille	Moyen	Taille et freq	Moyen
10	1	Process stable		1		1		Bien sûr Δd		Moyen	Moyen								
10	1	Process stable		1		1		distance Δd		Moyen	Moyen								
10	1	Cause emballage	erreur main d'œuvre	1	Formation + formalisation process	1		Formation main d'œuvre		Moyen	Moyen								Visuel
10	1	Dernière position pilotable		5	Surveillance MSP	1		distance 28.5		Moyen	Moyen	Pocage	3100						

Figure 3. Partie construction du plan de surveillance

La seconde partie de la matrice d'impact a pour objectif de construire le plan de surveillance « au juste nécessaire ». La démarche proposée s'appuie sur l'AMDEC processus mais en ayant le souci d'avoir une méthode rigoureuse, mais rapide pour s'accommoder des délais d'industrialisation rapide.

Pour atteindre cet objectif, contrairement à l'AMDEC processus, nous proposons de ne pas rechercher toutes les causes de défaillance, mais d'identifier le type de dérive sur la variabilité ou sur la position que l'on peut attendre de la caractéristique. Cette analyse se fait bien entendu en fonction des choix d'industrialisation qui ont été réalisés. L'observation des différentes caractéristiques rencontrées en mécanique nous amène à établir le tableau des différentes dérives ou variations que l'on peut constater sur une machine (Tableau figure 4). Nous pensons que ce tableau est quasi exhaustif et nous sommes évidemment preneurs de toutes situations qui ne correspondraient pas à une situation de ce tableau.

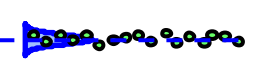


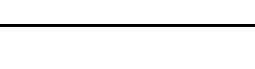
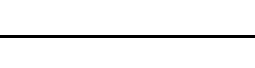
Type	Schéma	Exemples	
		Ponctuel ou Arrivée prévisible	Permanent ou Arrivée non prévisible
Processus stable		Géométrie copie de la géométrie de la machine. Entraxe dans outillage de découpe.	
		Validation à la conception du processus	
Décentrage		Changement outils. Remontage machine.	Casse, collision... Problème sur un lot de matière première.
		Contrôle systématique après événement causal	Contrôle libératoire fréquentiel
Dérive en position		Machine froide Premières minutes de fonctionnement	Usure d'outils. Variations thermiques.
		Contrôle systématique après événement causal	SPC, contrôle sur les limites naturelles du processus
Dérive en dispersion		Défauts de localisation suite à outil mal centré dans la broche	Usure d'un forêt. Jeux processus.
		Contrôle systématique après événement causal	SPC, contrôle sur les limites naturelles du processus
Evénement erratique			Copeaux sur butée. Erreur opérateur.
			Poka-Yoke, Contrôle à 100%

Figure 4. Récapitulatif des différentes dérives

A chacune de ces situations correspond un type de contrôle parfaitement adapté que nous développons dans le tableau T1. Si on élimine le cas de l'évènement erratique qui nécessite un contrôle à 100%, on s'aperçoit que seules les dérives permanentes ou non prévisible en dispersion et en position nécessitent un suivi périodique à fréquence élevé.

Cette situation n'est pas celle que nous rencontrons régulièrement dans les entreprises pour lesquelles une grande proportion des caractéristiques fait l'objet d'un suivi périodique voire même d'un contrôle à 100%.

L'objectif de ce tableau est d'identifier rapidement le type de surveillance le plus adapté à une situation de dérive attendue. Cependant lorsque l'on craint un évènement qui pourrait mettre le processus hors contrôle, le plus simple consiste à éviter des contrôles en diminuant la fréquence d'apparition de ce type d'évènement. C'est la raison pour laquelle on trouve dans le tableau la colonne « action corrective » juste après le chiffrage de la fréquence d'apparition d'une cause spéciale. On privilégie ainsi les actions sur l'occurrence par rapport à des actions sur le plan de surveillance. Cela n'est pas le cas dans l'AMDEC processus qui dans sa forme classique ne privilégie aucun des deux éléments. Le chiffrage de la fréquence après action corrective éventuelle est évalué selon une grille qui est très proche de ce que l'on trouve dans les AMDEC processus.

Connaissant la gravité, et la fréquence on calcule le niveau de détection nécessaire D pour atteindre un niveau de criticité inférieur à la limite que l'on se fixe (100 par exemple)

$$D=100/(G.F) \quad (2)$$

Ce niveau de détection va permettre de déterminer l'importance des contrôles à réaliser pour sécuriser le processus. Pour construire un plan de surveillance au juste nécessaire, nous avons défini le concept de « contexte de contrôle ». De façon générique, nous avons identifié cinq contextes différents. Ces cinq contextes ne sont sans doute pas exhaustifs, mais ils répondent à l'intégralité des cas de figure que nous avons rencontrés dans les entreprises pilotes pour le déploiement de cette matrice d'impact. Ces contextes sont les suivants :

Contexte 1 : Réglage : Dans ce contexte, le régleur contrôle de nombreuses caractéristiques pour régler son processus. Par la suite plusieurs de ces caractéristiques contrôlées au départ ne nécessiteront pas de suivi.

Contexte 2 : Feu vert de démarrage de série : On contrôle toutes les caractéristiques qui sont potentiellement impactées par un démarrage.

Contexte 3 : Machine froide : C'est un contexte particulier de pilotage qui renforce les fréquents de contrôle sur les caractéristiques impactés dans un temps limité après un démarrage de production

Contexte 4 : Pilotage du processus

Sous contexte 4.1 – Suivi fréquentiel de la production : Ce contexte ne devrait concerner que les caractéristiques dont on redoute une évolution de type dérive (usure outils par exemple) ou décentrage (casse..)

Sous contexte 4.2 - Suivi sur événements redoutés : Dans ce contexte les contrôles ne sont effectués que lorsque l'événement redouté surgit. Les types d'événements redoutés peuvent être :

- Moyen : Changement de série, Arrêt machine,
- Méthode : Changement d'outillage, Modification du Process
- Matière : Changement de lot matière
- Main d'œuvre : Changement d'opérateur

Contexte 5 : Contrôle libérateur fréquentiel : Contrairement au pilotage, ce contexte de contrôle concerne les caractéristiques sujettes à dérive ou décentrage dont l'occurrence est très faible (par exemple une géométrie qui est directement issue de la géométrie de la machine). Il est également utilisé pour valider de façon fréquentielle la chaîne de pilotage des 3 contextes précédents. Il a vocation à être réalisé en Off Line.

Ces contextes ont des objectifs différents. Certains ont clairement un objectif de pilotage (Contexte 1, 3 et 4) les autres ont un objectif de conformité (contexte 2 et 5). Les contextes de pilotage seront réalisés de préférence « au pied de la machine »

La détermination du contexte le plus adapté est extrêmement importante pour déterminer un plan de surveillance « au juste nécessaire ». En effet, placer un contrôle bord de ligne alors que le contrôle libérateur fréquentiel suffit, conduit à consommer de la ressource au pied de la machine toute la vie du produit, et ceci souvent inutilement. De plus le nombre de contrôles bord de ligne étant souvent trop nombreux pour être réellement respectés, cela conduit à déléguer aux régulateurs le choix des caractéristiques à contrôler ainsi que la fréquence.

Les contrôles ne sont pas nécessairement placés sur le produit en cours de réalisation, ils peuvent également être sur le processus comme dans le cas d'action de maintenance de premier niveau. Dans la matrice d'impact deux colonnes sont prévues pour dissocier les actions sur le produit et les actions sur le processus.

En fonction du niveau de détection nécessaire, on choisira le/les contexte (s) le(s) plus adapté(s) ainsi que la fréquence de contrôle. Notons qu'il peut y avoir une redondance dans les contrôles si on le juge utile. Pour chaque contrôle retenu, on note dans la matrice d'impact :

- Le moyen utilisé pour le contrôle
- La fréquence des contrôles
- La taille des échantillons

Positionnement de la Détection	Note en fonction du risque de non-détection		
	nul	faible	modéré
Pas de détection	10		
Détection off line sur le produit fini	7	8	9
Détection off line sur la pièce	4	5	6
Détection à l'opération génératrice du défaut	1	2	3

Figure 5. Grille de cotation de la détection

Alors que les contextes 1, 3 et 4 doivent être réalisés de préférence « au pied de la machine », les contextes 2 et 5 peuvent être réalisés au moins en partie « hors ligne ». Pour positionner le contrôle au bon endroit, nous proposons l'utilisation d'une grille de cotation de la détection qui serait fonction de la position du contrôle dans le processus.

Ainsi, l'utilisation de la formule (2) associée du tableau (5) permet de définir la position des contrôles de conformité de telle sorte que l'on travaille à « IsoRisques », réduisant ainsi le nombre de ce type de contrôle.

Le positionnement de ces contrôles de conformité, additionnés des contrôles de pilotage « au pied de la machine », conduisent à un plan de surveillance que l'on pourrait qualifier de « raisonné » car construit « au juste nécessaire ».

La détermination de la note de détection finale D correspondant au plan de surveillance retenu, permet ensuite de calculer la criticité réelle de la caractéristique. La redondance de contrôle permet de diminuer la note de détection.

3.3. Evaluation prévisionnelle de la satisfaction client

La dernière partie de la matrice d'impact nous permet d'évaluer la qualité prévisionnelle du produit à partir des capacités espérées ou calculées sur le produit ou sur un produit similaire. La capacité Ppk est alors transformée en note de capacité (de 1 à 10). Si la caractéristique ne fait pas l'objet d'un calcul de capacité, la note est alors mise en fonction du niveau de conformité attendu sur cette caractéristique.

Non-conforme (ppm)	< 0.02	< 0.473	< 6.8	< 64	< 967	< 2700	< 6940	< 24450	< 133700	< 368200	> 368200
Note	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Figure 6. Grille de notation de capacité

D	C	Capabilité				
Détection	Criticité	Note de capabilité	C _{pc}	CP	Pp	Ppk
1	6	10	4.6	3.5	2.1	2
1	10	10	8.3	2.8	1.6	1.7
3	27	8	5.6	2.9	1.5	1.2
2	12	10	7.5	6.8	2.1	1.8

Figure 7. Détermination des capabilités prévisionnelles

La note de capabilité nous permet de calculer un niveau de satisfaction attendue sur chacune des fonctions client de la matrice d'impact (voir figure 2) en calculant le ratio entre la somme pondérée par l'impact des notes de capabilité et la note maximum possible lorsque toutes les capabilités sont à 10.

Les niveaux de satisfaction pour chaque caractéristique client nous permettent alors de calculer une note de qualité du produit (voir figure 2) en pondérant les niveaux de satisfaction par le poids de chaque caractéristique client.

Cette note de capabilité nous permet de comparer plusieurs projets et/ou de juger de la qualité de l'industrialisation.

4. Conclusion

La matrice d'impact telle que nous l'avons présentée dans cet article permet de synthétiser en un seul document facilement réalisable avec un simple tableur l'ensemble des analyses qui devrait normalement être réalisé au cours d'une industrialisation comme :

- La déclinaison des caractéristiques fonctionnelles du produit en caractéristiques élémentaires de la pièce
- La hiérarchisation des caractéristiques fonctionnelles en fonction des impacts client
- L'AMDEC Processus et la réduction des occurrences
- La formalisation du plan de surveillance
- Le retour d'information des capabilités attendues sur la qualité prévisible du produit.

Dans une démarche traditionnelle, chacune de ces étapes fait l'objet d'une analyse spécifique et d'un document dédié et il est difficile d'avoir une cohérence globale. De plus l'ensemble de ces analyses est extrêmement chronophage et est incompatible avec les délais d'industrialisation actuels.

Les expérimentations en cours de l'utilisation de cette matrice sont extrêmement encourageantes. Plusieurs entreprises ont adoptés la matrice d'impact dans leur processus d'industrialisation avec un grand bénéfice. Notre travail de recherche actuel consiste à multiplier les applications, et utiliser les retours d'expériences pour rendre cette démarche robuste à différentes structures d'industrialisation.

12. Bibliographie

Breart JC, Renault – *Identifier et traiter les risques process* – JET 2006 – Annecy 20 Juin 2006

Kim, Seong-Ho; Yoon, Yeo-Han; Zeon, Gyu-Tae, *Combine Quality and Speed to Market - Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 3, No. 4, August 2004, pp. 26-31

Pillet M. Ozouf V., Duret D. Sergent A., *Du tolérancement géométrique GPS vers le plan de surveillance*, Journée d'étude "Avancées dans la conception et l'optimisation des plans de surveillance", SIA 18/05/2006, Valenciennes

Soderborg, Nathan R., *Case study, Cultural change, Six Sigma, Design for six sigma (DFSS), Organizational culture, Product development, DMAIC*; *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 4, No. 1, November 2004, pp. 15-22

Stamatis D.H. , *Failure Mode and Effect Analysis*, Amer Society for Quality, 1995.

Wang John X. – *Engineering Robust Designs with six sigma* – Prentice Hall Professional Technical Reference- 2005