

SIX SIGMA

Six Sigma est certainement l'approche qui a le plus modifié le comportement qualité des entreprises ces dernières années. L'approche « Six Sigma » est une approche globale de l'amélioration de la qualité du produit et des services rendus aux clients.

Partant de cette meilleure satisfaction du client, « Six Sigma » apporte un accroissement de la rentabilité à l'entreprise avec les effets cumulés suivants :

- une diminution des rebuts, retouches et plus généralement des coûts de non-qualité ;
- une amélioration de la disponibilité des machines et du taux de rendement synthétique (TRS) ;
- de meilleures parts de marché consécutif à l'amélioration de la qualité des produits.

On peut résumer cette nouvelle approche en énonçant le principe suivant : « Si vous vous intéressez à la qualité les coûts diminuent. Si vous vous intéressez aux coûts, la qualité diminue... » À vous de choisir !

- Cette approche globale se décline de plusieurs façons. Six Sigma c'est : une certaine philosophie de la qualité tournée vers la satisfaction totale du client ;
- un indicateur de performance permettant de savoir où se situe l'entreprise en matière de qualité ;
- une méthode de résolution de problèmes permettant de réduire la variabilité sur les produits ;
- une organisation des compétences et des responsabilités des hommes de l'entreprise;
- • un mode de management par la qualité qui s'appuie fortement sur une gestion par projet.

Comprendre Six Sigma demande de bien cerner ces différents aspects. L'application de Six Sigma peut prendre différentes dimensions de la simple démarche de résolution de problèmes jusqu'à une véritable stratégie pour l'entreprise. La différence entre ces deux applications extrêmes réside dans la démultiplication de la démarche et la structure mise en place pour organiser et piloter les applications.

1. POURQUOI SIX SIGMA ?

La variabilité est l'ennemi de la qualité. Les trois sources primaires de la variabilité sont :

- conception pas assez robuste ;
- matières premières et pièces élémentaires instables ;
- capabilité des processus insuffisants.

C'est contre ces trois sources de variabilité que nous devons lutter pour atteindre le niveau de qualité Six Sigma. Pour satisfaire ses clients, une entreprise doit réduire cette variabilité par tous les moyens. Cependant, il n'est pas facile d'agir sur la variabilité d'un processus. Cela nécessite d'avoir recours à de nombreux outils statistiques tels que les tests de comparaison, les analyses de la variance, les plans d'expériences, couplés à une démarche de résolution de problème. Si quelques experts sont capables de suivre une telle démarche de manière intuitive, il n'en est pas de même de la grande majorité des ingénieurs et techniciens qui ont besoin d'un guide méthodologique pour se retrouver au travers de l'ensemble des outils qualité mis à leur disposition. C'est le premier rôle de Six Sigma : démocratiser,

vulgariser les méthodes et outils de la qualité en fournissant un guide d'utilisation pour permettre au plus grand nombre de réduire la variabilité des processus.

Le fait de mieux formaliser les démarches de résolution de problème ne suffit pas à créer une stratégie d'entreprise. Il faut être capable de démultiplier pour atteindre l'aspect stratégique. Six Sigma intègre donc tous les aspects de cette démultiplication au travers :

- du rôle et de la formation des hommes ;
- de la formalisation de la démarche ;
- de la gestion de projets ;
- des objectifs stratégiques qui seront fixés.

L'impact de Six Sigma dépasse la simple amélioration de la qualité des produits de l'entreprise. Son objectif est financier. Six Sigma a pour objectif d'améliorer la performance globale de l'entreprise au travers de quatre actions :

- l'augmentation de la satisfaction des clients et une plus grande fidélisation par l'amélioration de la qualité ;
- la réduction des dépenses en réduisant fortement le nombre de rebuts, retouches et gaspillages ;
- l'optimisation dans l'utilisation des actifs de l'entreprise en augmentant le taux de rendement synthétique (TRS) des moyens de production ;
- l'augmentation du chiffre d'affaires consécutif à la réduction des coûts et à l'amélioration de la qualité.

2. SIX SIGMA UN INDICATEUR DE PERFORMANCE

Pour pouvoir progresser il faut mesurer le niveau de qualité actuel, et pouvoir se donner un objectif vérifiable. Six Sigma signifie donc un niveau de qualité que l'on souhaite atteindre. Une qualité sera d'autant plus grande que le nombre de sigma sera élevé.

Ainsi une qualité « 3 sigma » donnera 6.68 % de produits non conformes, une qualité « 6 Sigma » donnera 3,4 ppm (produits par million) de non conformes. Le but de la méthode Six Sigma est donc d'atteindre au moins le niveau Six Sigma donc avoir moins de 3,4 ppm comme taux de non conformité. Il y a donc une relation directe entre la non-conformité et le z du processus qui est donné ci-dessous :

Z (nombre de sigma)	1	2	3	4	5	6
DPMO (Défauts par Million d'Opportunités)	697672	308770	66810	6209	232	3.40

Figure 14.1 – DPMO en fonction du z du processus

Voyons maintenant comment on mesure le nombre de sigma (la capacité du processus)

2.1 Cas des critères mesurables

Dans le cas des produits mesurables, la capacité du processus se mesure en établissant le ratio entre la tolérance et la dispersion du processus (le lecteur pourra se référer utilement au chapitre 10 pour plus de détails sur les calculs des capacités).

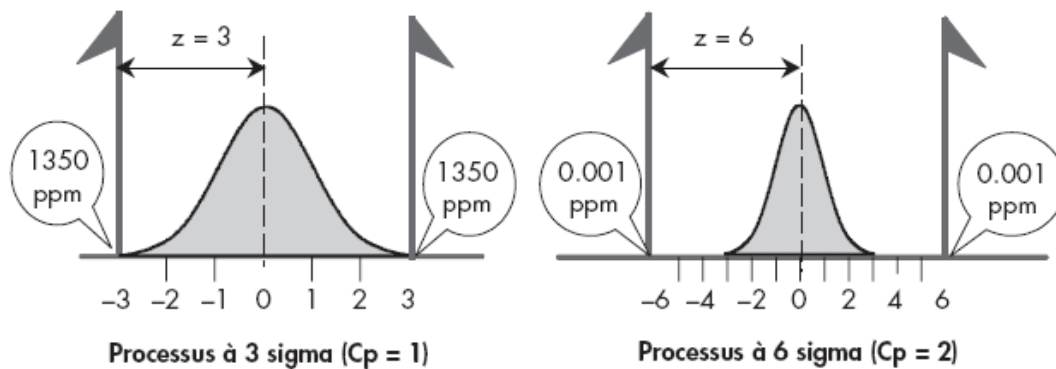


Figure 14.2 – Niveau Six Sigma

L'objectif Six Sigma consiste à améliorer la variabilité du processus de telle sorte d'avoir une tolérance deux fois plus importante que la dispersion court terme ($C_p = 2$). Dans ces conditions, la spécification est à six écarts types de la moyenne ($z = 6$).

La proportion de produits défectueux est alors de 0.002 ppm lorsque le processus est parfaitement centré. Lorsque le processus est à un niveau de trois sigma ($z = 3$ ou $C_p = 1$) la proportion de défaut est alors de $2\,700 \text{ ppm}$.

Cependant, on montre facilement que même si le processus est parfaitement sous contrôle, il n'est pas possible de détecter de petits décentrages du processus.

Le plus petit décalage détectable¹ avec une taille d'échantillon raisonnable est de $1,5 \text{ sigma}$.

Dans ces conditions la proportion de défauts sera de $3,4 \text{ ppm}$.

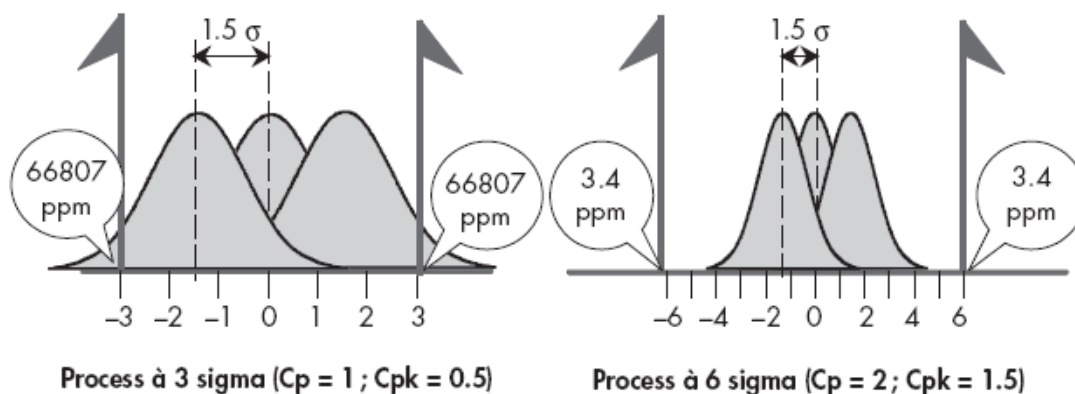


Figure 14.3 – Six Sigma en tenant compte d'un décentrage de $1,5 \text{ sigma}$

1. Ce décentrage est expliqué par l'efficacité des cartes de contrôle – On pourra se reporter à l'ouvrage « Appliquer la Maîtrise statistique des procédés » pour plus de renseignements.

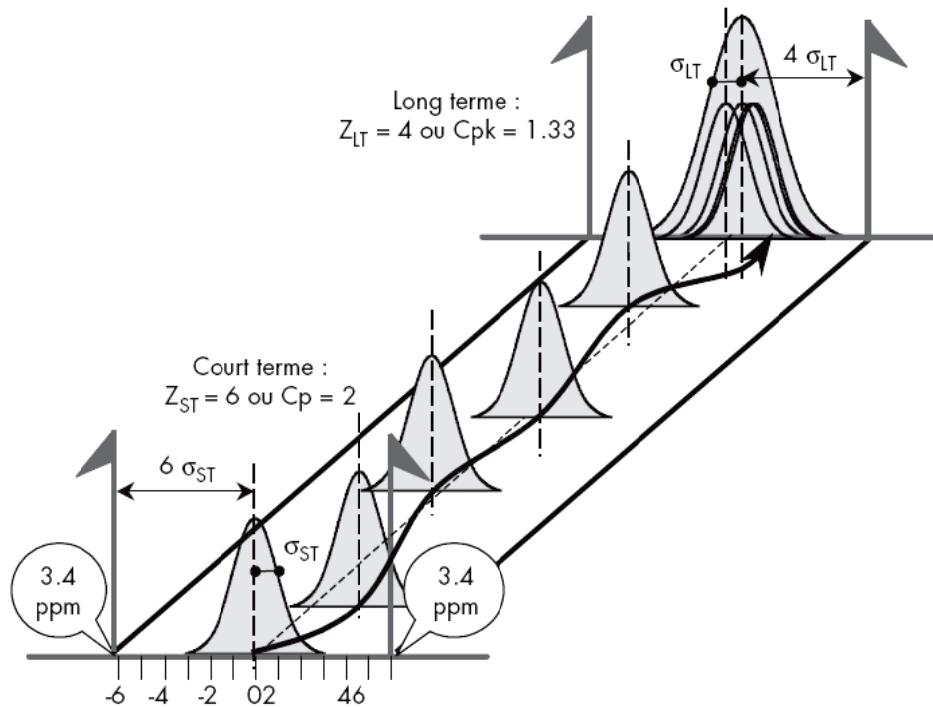


Figure 14.4 – Sigma court terme et long terme

Notons tout de suite que l'objectif de Six Sigma est d'obtenir un niveau de capabilité court terme tel que $z = 6$ soit un C_p de 2. Ce niveau est le minimum que l'on doit exiger si l'on veut pouvoir garantir une capabilité long terme satisfaisante. En effet sur l'ensemble de la production, il est impossible de maintenir le processus parfaitement sur la cible. Il faut donc calculer deux capabilité :

- une capabilité court terme Z_{ST} ou C_p (Capabilité du Processus)
- une capabilité long terme Z_{LT} ou P_p (Performance du Processus)

Dans l'approche Six Sigma classique, il n'y a pas d'exigence sur le niveau de capabilité long terme à atteindre. Cependant les entreprises qui pratiquent de manière intensive la méthode demandent en général une performance du processus telle que $Z_{LT} = 4$ ou $P_{pk} = 1.33$

Au chapitre 10 nous avons particulièrement insisté sur la chute des capabilités. Dans le langage Six Sigma, nous pouvons réécrire cette chute de capabilité avec les exigences Six Sigma (figure 14.5).

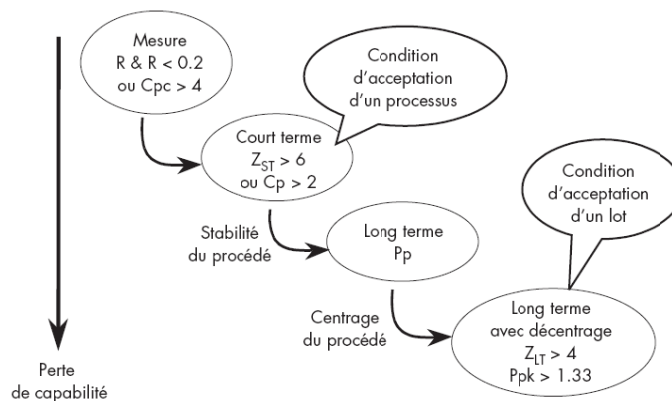


Figure 14.5 – Chute des capabilités (court terme et long terme)

La première capabilité qu'il faudra mesurer est la capabilité du processus de contrôle (C_{pc} ou $R\&R$ %). La tolérance devra être au moins 4 fois supérieure à la dispersion de mesure ($C_{pc} > 4$).

À partir du moment où on dispose d'un processus de mesure adapté, on pourra connaître la capabilité court terme du processus. Pour être accepté, il faudra que la tolérance soit au moins 2 fois supérieure à la dispersion court terme ($C_p = 2$ ou $Z_{ST} = 6$).

Enfin après la production, pour accepter le lot il faut que la moyenne se situe à au moins 4 σ de la tolérance ($P_{pk} = 1.33$ ou $Z_{LT} = 4$).

2.2 Cas des critères non mesurables

Dans le cas de critères non mesurables, l'objectif sera équivalent au cas des critères mesurables. Par Six Sigma on cherchera à obtenir le niveau de qualité de 3,4 *ppm*.

Pour cela on dissocie deux façons de compter les défauts : les DPO (Défauts par Opportunités) et les DPU (Défaut par Unité).

La notion de DPO (Défaut par Opportunité) a été introduite pour tenir compte de la complexité des produits à réaliser.

Prenons par exemple une chaussure sur laquelle on a deux opportunités de défauts (semelle décollée et couture décousue). Sur une journée de production de 500 chaussures, on a trouvé 5 défauts de semelles et 25 défauts de couture. On a un *DPU* de $30/500 = 6\%$ et un *DPO* de $30/1\ 000 = 3\%$ car il y a 1 000 (500×2) opportunités de défauts.

Dans le cas d'un suivi des non-conformités, la performance n'est pas la même si on travaille sur un produit très simple n'ayant qu'une seule opportunité de défaut ou si on travaille sur un produit complexe comprenant 10 opportunités de défauts.

Le tableau figure 14.6 donne un exemple de traitement par les *DPO* des calculs de capabilités.

Nb de produits	Nb de défauts	DPU	Nb opportunités	DPO	p'	Z _{équiva}	Z _{ST}	Ppk %
500	14	0.028000	25	0.00112	0.00112	3.06	4.56	1.02
2 563	25	0.009754	1	0.00975	0.00971	2.34	3.84	0.78
1 462	1	0.000684	5	0.00014	0.00014	3.64	5.14	1.21
250	4	0.016000	1	0.01600	0.01587	2.15	3.65	0.72
120 000	12	0.000100	5	0.00002	0.00002	4.11	5.61	1.37

Figure 14.6 – DPO et DPU

Le zéquant est alors calculé par assimilation à une loi normale qui donnerait un pourcentage p' de défaut avec :

$$p' = 1 - e^{-DPO} = 1 - e^{-1,016} = 0.01587$$

En se référant à la table de Gauss, on en déduit le zéquant = 2.15

Le calcul de p' est réalisé en utilisant la loi de Poisson en calculant la probabilité qu'un produit puisse avoir un ou plusieurs défauts.

Le ZST est calculé en ajoutant 1.5 sigma au *zéquivalent* pour se ramener au calcul dans le cas d'un processus mesurable avec un décalage de 1.5 sigma. En effet, on a vu que dans le cas d'un processus mesurable, le calcul du pourcentage de non-conformité se faisait dans la situation particulière où la courbe est décalée de 1.5 sigma.

$$ZST = \text{zéquivalent} + 1.5 = 2.15 + 1.5 = 3.65$$

Le Ppk % indique le Ppk équivalent d'une loi normale ayant le même pourcentage de défaut.

$$Ppk \% = \text{zéquivalent}/3 = 2.15/3 = 0.72$$

3. SIX SIGMA UNE MÉTHODE DE MAÎTRISE DE LA VARIABILITÉ

Pour obtenir les niveaux de capacité exigés par Six Sigma, il est absolument nécessaire d'utiliser des outils et plus particulièrement des outils statistiques. Dans l'approche Six Sigma, tous les outils utilisés sont connus, il n'y a pas d'outils nouveaux. Ce qui est intéressant dans l'approche Six Sigma, c'est la structuration dans l'utilisation des différents outils. Six Sigma se décline en six étapes. En suivant scrupuleusement ces six étapes, le technicien même s'il n'est pas expert en statistique, pourra avec un minimum de formation atteindre l'objectif de variabilité fixé.

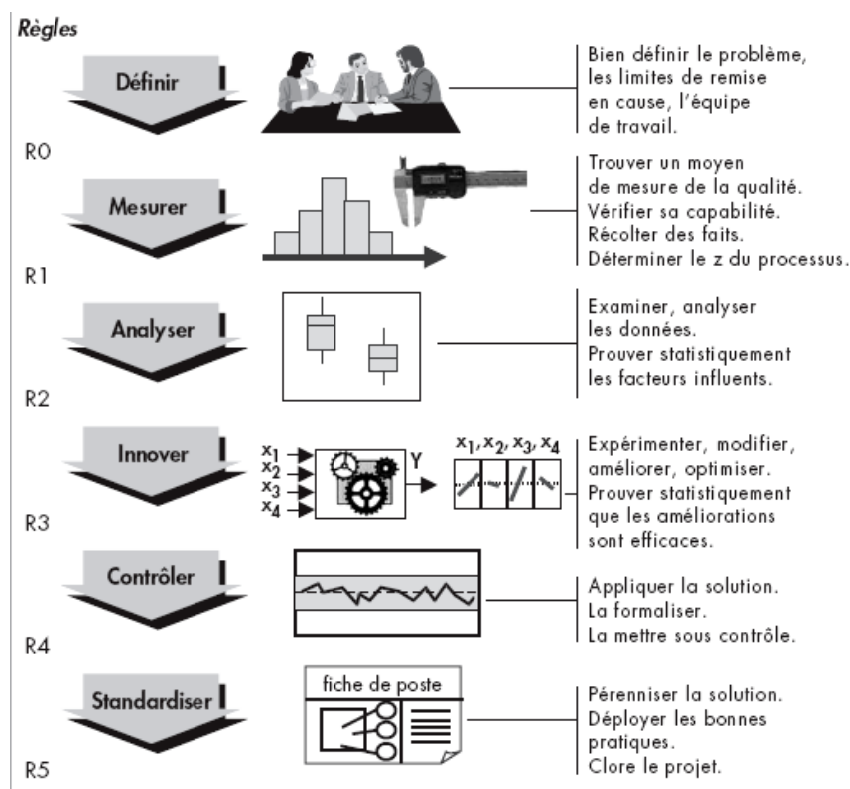


Figure 14.7 – Les six étapes de la démarche Six Sigma

Pour présenter brièvement les six étapes de la démarche, nous avons choisi de nous appuyer sur un exemple relativement simple de mise en œuvre de la démarche, mais qui montre bien les différentes étapes qu'il faut suivre et l'utilisation de plusieurs outils statistiques conduisant à la réussite du projet.

L'exemple d'utilisation

Une entreprise réalise un alésage sur un piston en utilisant une machine multipostes.

Le niveau de qualité actuel n'est pas satisfaisant et l'entreprise rencontre des difficultés en clientèle aussi bien avec son client aval (montage) qu'avec son client final (utilisateur du produit fini). Pour résoudre ce problème elle décide de recourir à un projet Six Sigma.

3.1 Étape 1 : Définir

3.1.1 But de l'étape

Pour résoudre un problème, il faut d'abord bien définir quel est le problème. Après avoir sélectionné le problème sur lequel on doit se pencher, on cherchera dans cette étape à d'abord parfaitement décrire qui est le client, quelle est son insatisfaction et quelle est la (ou les) grandeur Y qui permet de traduire cette insatisfaction.

3.1.2 Les actions principales à réaliser

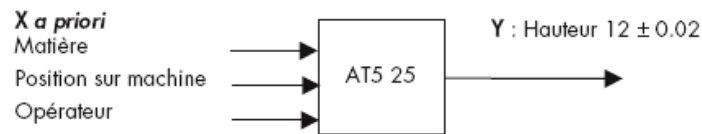
- Formuler le problème.
- Identifier les clients, et préciser ce qui est critique pour les clients.
- Formaliser le processus étudié :
 - Faire la boîte noire du processus (avec les connaissances actuelles).
 - Quels sont les Y (sorties) du processus liés à ce qui est critique pour le client ?
 - Quels sont les processus de mesure ? Sont-ils continus (7 niveaux minimum) ?
- Quelles sont les spécifications actuelles sur les Y ?
- Quels sont les X a priori ?
- Positionner le processus dans son ensemble (Bloc Diagramme).
- Identifier l'état actuel :
 - Existe-t-il un historique sur le problème ? Un historique sur les Y ?
 - Quelle est la capacité actuelle si elle est connue ?
 - Quels sont les coûts de non qualité identifiés et liés au problème ?
- Identifier l'état souhaité – l'écart est-il proportionnel à l'ampleur du problème ?
 - Quelle est la capacité visée ?
 - Quels sont les coûts de non-qualité que l'on veut supprimer ?
 - Quels sont les gains en productivité ... ?

3.1.3 Les outils utilisés

L'outil fondamental pour cette étape est le QQQCP. Mais tous les outils de base des démarches de résolution de problème sont utilisés comme par exemple :

- Pareto ;
- Cinq Pourquoi ;
- Histogramme ;
- ...

3.1.4 Exemple d'application



Dans l'atelier de fabrication concerné, un **Pareto** des coûts de non-qualité est régulièrement réactualisé. Il apparaît depuis plusieurs mois que l'usinage de l'alésage du piston est le point numéro 1 de la non-qualité. Il est donc choisi comme sujet d'application de Six Sigma.

Le champion du secteur et le « Black Belt » se réunissent et définissent ensemble le problème. Le QQQQCP est utilisé, le résultat de ce travail est mis sous la forme d'une feuille d'ouverture de chantier.

Formulation du problème :

La cote de hauteur de l'alésage du piston subit des variabilités trop importantes entraînant des coûts de non qualité importants. Nous recherchons à mieux maîtriser cette variabilité.

Identification des clients :

Client aval : Atelier de montage
Client final : Utilisateur du produit

Situation actuelle	Situation visée
Utilisation de la machine AT5 25	Utilisation de la machine AT5 25
Opérateur sans qualification	Opérateur sans qualification
Deux sources d'approvisionnement des pièces brutes	Deux sources d'approvisionnement des pièces brutes
Court terme $C_p = 1.2$ ($Z_{ST} = 3.6$)	Capabilité $C_p > 2$ ($Z_{ST} > 6$)
Performance mesurée $Ppk = 0.4$ (long terme)	Performance attendue $Ppk > 1.33$
Capabilité du moyen de contrôle inconnu	Suppression des tris.
Contrôle des pièces à 100 % avec, malgré cela, des problèmes en clientèle	
Gains attendus mesurables	Gains attendus non mesurables
Suppression de pièces rebuts	Temps gagné en dérogation et traitement de non-conformité par le service qualité, la maîtrise d'atelier...
Diminution des coûts de contrôle	Meilleure fiabilité des produits finis
Diminution des réclamations clients	Meilleure image auprès de nos clients
Amélioration du TRS	Augmentation de nos parts de marché
30 000 euros par an	
Equipe chantier Six Sigma Black Belt GDE	Champion HRA
Groupe MPO ; ACO, DDU	
Caractéristiques Y identifiées :	
Hauteur entre l'alésage et le sommet du piston : 12 ± 0.02	
Moyen de mesure : Montage existant, capabilité non mesurée	
Coûts identifiés du projet :	7 000 euros si pas d'investissement nécessaire

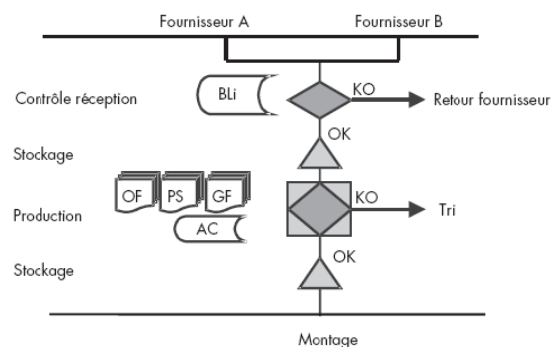


Figure 14.9 – Diagramme du processus

3.2 Étape 2 : Mesurer

3.2.1 But de l'étape

Cette étape à deux objectifs :

- Le premier consiste à vérifier que la chaîne de mesure utilisée n'est pas déjà une source importante de variabilité. Pour cela, après avoir vérifié le rattachement de l'instrument à la chaîne d'étalonnage, on vérifie que la variabilité due aux défauts de répétabilité (plusieurs mesures d'un opérateur) et de reproductibilité (plusieurs opérateurs) n'est pas trop forte.
- Le second objectif de cette étape est de récolter des faits en observant le processus.

3.2.2 Les actions principales à réaliser

- Formuler le problème (actualisation)
 - Faire la boîte noire du processus (avec les connaissances actuelles)
 - Quels sont les Y du processus liés à ce qui est critique pour le client ?
 - Quels sont les processus de mesure ? Sont-ils continus (7 niveaux minimum) ?
 - Quelles sont les spécifications actuelles sur les Y ?
 - Quels sont les X a priori ?
- Valider le processus de mesure.
 - Rattachement à la chaîne d'étalonnage.
 - Vérification de la justesse.
 - Vérification de la répétabilité et de la reproductibilité (R&R).
- Observer le procédé.
 - Lister les sources possibles de variabilité qu'il faut observer
 - Réaliser un déballage d'idées pour faire l'analyse des 5 M
 - Réduire la variabilité inutile
 - Mettre en place des cartes d'observations.
 - Mettre en place des feuilles de relevé.
 - Enregistrer toutes les informations disponibles sur Y avec ses attributs (X correspondants).

3.2.3 Les outils utilisés

Les outils seront des outils de métrologie pour valider la capacité des moyens de contrôle et des outils de saisie d'information sur le poste de travail.

- Test R&R répétabilité et reproductibilité.
- Feuille de relevés.
- Carte d'observation.

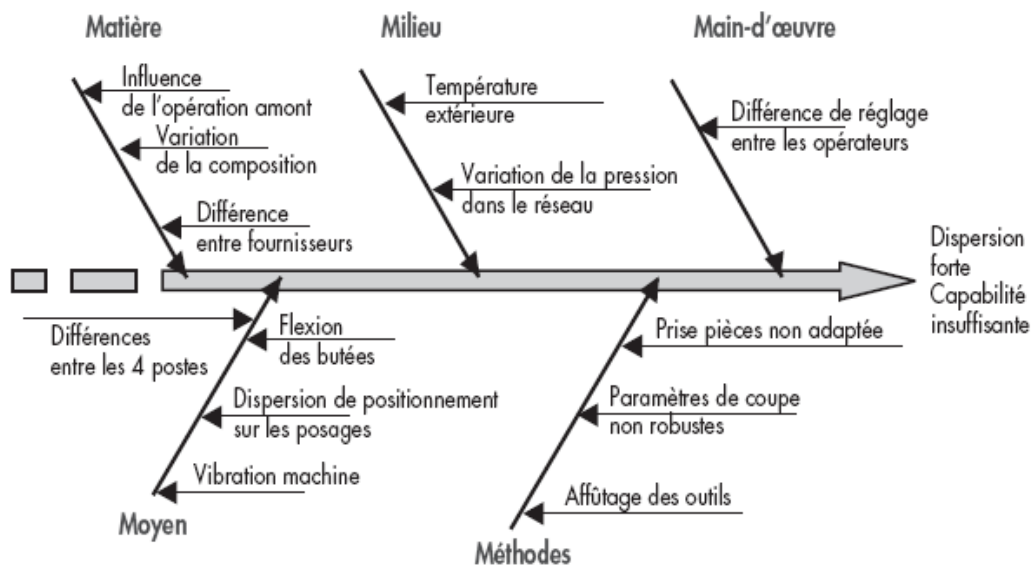
3.2.4 Exemple d'application

Pour valider l'instrument de mesure, un test R&R a été réalisé. Ce test consiste à faire mesurer 10 pièces deux fois par deux opérateurs (figure 14.10).

N° pièce	Opérateur 1				Opérateur 2			
	1 ^{re} mesure	2 ^e mesure	/X	R	1 ^{re} mesure	2 ^e mesure	/X	R
1	11.997	12,000	11.9985	0.003	11.995	11.997	11.996	0.002
2	11.983	11.98	11.9815	0.003	11.984	11.985	11.985	0.001
3	12.004	12.004	12.004	0	12.004	12.004	12.004	0
4	12.017	12.017	12.017	0	12.016	12.017	12.017	0.001
5	12.018	12.020	12.019	0.002	12.015	12.016	12.016	0.001
6	12.018	12.020	12.019	0.002	12.018	12.019	12.019	0.001
7	11.98	11.98	11.98	0	11.981	11.980	11.981	0.001
8	11.997	12,000	11.9985	0.003	11.996	11.997	11.997	0.001
9	12.015	12.015	12.015	0	12.015	12.014	12.015	0.001
10	11.987	11.99	11.9885	0.003	11.986	11.987	11.987	0.001
	12.000	12.001	12.0013	0.001	11.997	11.995	12.001	0.001
			//X1	/R1			//X2	/R2

Figure 14.10 – Test R&R

À partir de ce tableau on calcule un indice R&R de 14 %, cela signifie que la dispersion de la mesure (6 σ) est égale à 14 % de l'intervalle de tolérance. On peut également calculer un indicateur de capacité Cpc = 7.14, ce qui signifie que la tolérance est 7.14 fois plus grande que la dispersion. Le Cpc étant > 4, on considère que la chaîne de mesure est valide. Dans le cas contraire, il ne fallait pas avancer, on aurait du d'abord améliorer le Cpc.



La suite de l'étape « mesurer » consiste à observer le procédé. Pour connaître ce qu'il est pertinent d'observer, on réalise, par exemple, une analyse des 5M (figure 14.11).

Pour pouvoir observer le processus dans de bonnes conditions, on met en place toutes les actions qui peuvent facilement réduire les risques de variabilité. Des actions de réduction de variabilité sont alors prises telles que :

- mise en place d'un surpresseur pour éliminer les variations de pression dans le réseau ;
- la formalisation des processus de réglage par la création de fiches de poste ;

Cette première analyse du processus permet d'identifier les sources de variabilité qu'il est souhaitable d'observer pour pouvoir faire des analyses. Pour cela on utilise une feuille de relevé de type tableau permettant de noter : le jour, l'heure, le fournisseur de matière, l'opérateur, le no de position, et la cote Y. La fréquence de prélèvement est fixée à un tour de plateau toutes les deux heures.

No	Fournisseur	Jour	Opérateur	Heure	Pos1	Pos2
Pos3	Pos4					

Figure 14.12 – Feuille de relevé

3.3 Étape 3 : Analyser

3.3.1 But de l'étape

Conformément à toutes les méthodes de résolution de problème, Six Sigma impose une phase d'analyse avant de modifier le processus. L'étape 2 nous a permis de récolter des faits, l'étape trois nous permettra de les analyser. L'analyse portera d'abord sur Y (la sortie de la boîte noire) puis sur les X en relation avec les variations sur Y

3.3.2 Les actions principales à réaliser

- Analyser toutes les données disponibles récoltées lors de l'étape 2
- Analyser le comportement de Y (normalité, chute des capacités...)
- Analyser les relations qui peuvent lier les X et les Y
- Vérifier l'influence des trois types de variations :

• Variations de position

- Position sur une machine multi posages
- Chip particulier dans un wafer
- Empreinte dans un moule sur une presse à injecter
- Variation entre 2 machines, 2 opérateurs, 2 ateliers
- ...

• Variations cycliques

- Variation d'un lot à un autre
- Variation d'une coulée à une autre
- Variation parmi un groupe d'unités (usure d'outils)
- ...

• Variations temporelles

- Variation d'une équipe à l'autre, matin et soir, jours de la semaine...
- Pondérer l'ensemble des X en fonction de leurs poids sur Y
- Se focaliser sur les X les plus importants
- Réactualiser les gains potentiels ou déjà acquis

3.3.3 Les outils utilisés

Cette étape fait largement appel aux outils statistiques. On utilisera notamment :

- le diagramme en arête de poisson ;
- les tests de comparaison de moyennes, de variance, de fréquences ;
- les boîtes à moustaches ;
- les analyses factorielles ;
- les analyses de la variance ;
- les régressions multiples ;
- ...

3.3.4 Exemple d'application

À partir des données récoltées dans l'étape « Mesurer » on peut conduire un certain nombre d'analyses de données.

Analyse de Y

Après deux semaines d'observation du processus, on analyse les données recueillies.

La première analyse de Y consiste à construire un histogramme des valeurs de Y (figure 14.13).

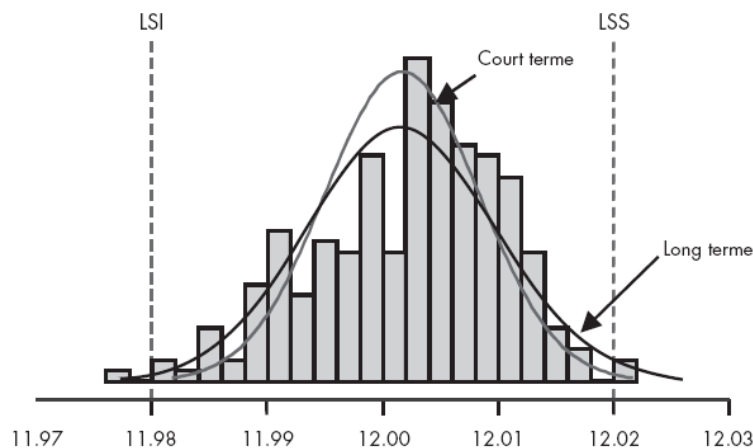


Figure 14.13 – Histogramme sur Y

L'analyse statistique nous indique que la répartition n'est pas normale. Le calcul des capacités donne :

- Capacité court terme : $C_p = 1$; $C_{pk} = 0,92$ (à l'intérieur d'un prélèvement)
- Capacité long terme : $P_p = 0.89$; $P_{pk} = 0.82$

L'analyse de la carte de contrôle (figure 14.14) nous indique une dérive du processus à partir du 42e prélèvement. Mais ce n'est pas la cause du problème, en effet, la capacité court terme C_p est très inférieure à 2. C'est donc là qu'il faut chercher les sources de variabilités.

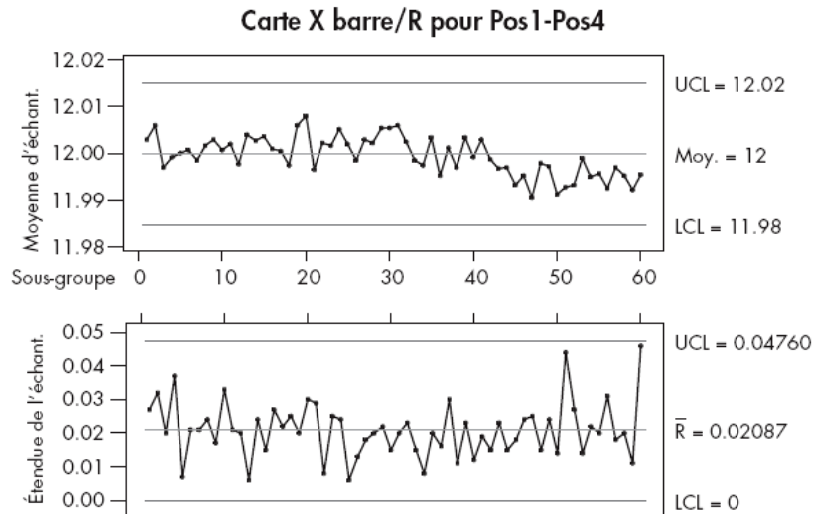


Figure 14.14 – Carte de contrôle sur Y

Analyse des X

L'analyse des X nous permet de déterminer les sources probables de l'origine de la dispersion. Cette étude se fait à partir des données de la feuille de relevés. En réalisant une analyse de la variance en modèle linéaire, on trouve le graphique des effets de la figure 14.15.

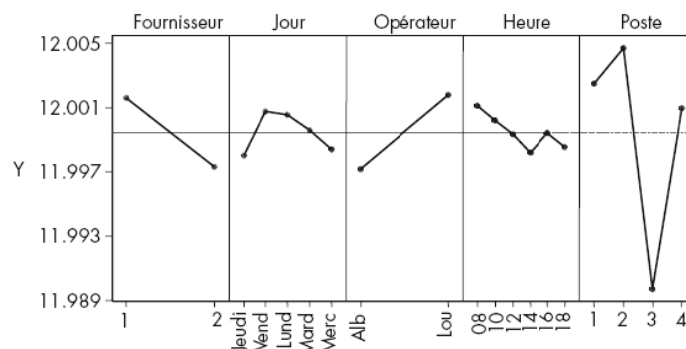


Figure 14.15 – Graphique des effets principaux sur Y

L'analyse statistique (non reproduite ici) nous montre que le fournisseur, l'opérateur et le poste sont responsables d'écarts. Le jour et l'heure ne sont pas significatifs. Pour illustrer l'effet de ces facteurs, nous utilisons le diagramme « Boîte à moustache » (figure 14.16).

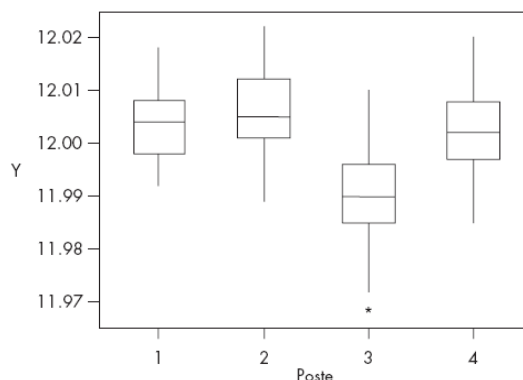


Figure 14.16 – Boîte à moustaches

Ce diagramme nous montre qu'il y a un décalage entre les postes sur la moyenne mais que chaque poste disperse de manière similaire.

L'analyse se termine par une recherche des causes profondes des écarts observés. Dans le cas des postes, l'explication est immédiate il s'agit d'un réglage. Dans le cas de l'opérateur ou de la matière, l'explication est moins immédiate. Nous avons pu observer un écart dans la manière de positionner les pièces entre les deux opérateurs qui semble expliquer cet écart. Au niveau du fournisseur, le groupe de travail a attribué ces variations aux écarts de dureté de la matière constatés par ailleurs.

3.4 Étape 4 : Améliorer

3.4.1 But de l'étape

Après avoir déterminé les sources potentielles de la dispersion lors de l'étape d'analyse.

Il faut maintenant améliorer le processus. C'est le but de cette étape d'amélioration.

Après avoir fait la synthèse de toutes les connaissances acquises lors des étapes précédentes, le groupe de travail se réunit afin de déterminer les actions qui doivent a priori améliorer Y.

L'expérimentation des différentes actions se fera toujours à l'aide des outils statistiques pour évaluer l'efficacité des actions.

3.4.2 Les principales actions

- synthèse des connaissances acquises ;
- générer des solutions et sélectionner les plus efficaces ;
- valider les solutions par une démarche expérimentale ;
- analyser les risques ;
- planifier la mise en œuvre de la solution.

3.4.3 Les outils utilisés

Les principaux outils utilisés lors de cette étape sont :

- le déballage d'idées ;
- le plan d'action (Qui Quoi Quand) ;
- les plans d'expériences (modification de plusieurs facteurs) ;
- les tests de comparaisons (modification d'un facteur).

3.4.4 Exemple d'application

Dans l'exemple que nous avons retenu, l'amélioration s'est réalisée en deux étapes.

La première étape a consisté à figer la manière de positionner les pièces par une modification du posage et à régler les postes sur la cible à partir des écarts constatés par l'analyse de la variance.

Une nouvelle capacité court terme a été réalisée après cette première modification.

Les résultats furent les suivants :

Capabilité court terme : $C_p = 1,6$; $C_{pk} = 1,5$ (à l'intérieur d'un prélèvement)

Bien que meilleure qu'au départ, cette capacité n'atteint pas l'objectif Six Sigma

($C_p = 2$)

À l'aide du diagramme d'Ishikawa, le groupe de travail a décidé de modifier un paramètre de coupe (angle) et le posage afin d'assurer une meilleure tenue des pièces. Le but étant de rendre insensible le processus aux variations dues aux fournisseurs et aux opérateurs.

Pour apporter la preuve statistique de l'amélioration, un plan d'expériences complet a été réalisé. Pour chaque configuration testée, 50 produits ont été réalisés et mesurés.

Nous avons noté les résultats synthétiques : la moyenne et la dispersion.

N°	Angle	Posage	Fournisseur 1		Fournisseur 2	
			Moy	σ	Moy	σ
1	93°	Ancien	12.0021	0.0050	12.0010	0.0075
2	93°	Nouveau	12.0035	0.0032	12.0026	0.0052
3	85°	Ancien	11.9951	0.0032	12.0011	0.0057
4	85°	Nouveau	11.9966	0.0024	11.9978	0.0026

La réponse qui nous intéresse est de minimiser la dispersion et donc de minimiser l'écart type. Le graphe des effets nous donne :

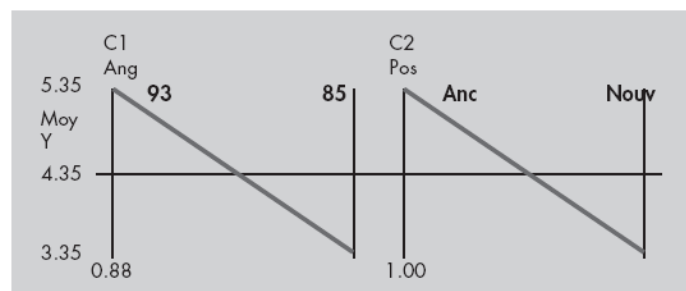


Figure 14.17 – Résultats du plan d'expériences

Une première interprétation nous donne la meilleure solution pour minimiser la variance, il faut mettre simultanément en place les deux améliorations proposées. Une étude plus complète en signal/bruit de Taguchi – mais qui sort du domaine de cet ouvrage – donnerait le même résultat.

Une nouvelle capacité courte terme a été réalisée après cette seconde modification.

Les résultats furent les suivants :

Capabilité court terme : $C_p = 2,7$; $C_{pk} = 2,3$

L'objectif Six Sigma est atteint.

3.5 Etape 5 : Contrôler

3.5.1 But de l'étape

Le processus ayant été amélioré lors de l'étape 4, il faut désormais tout mettre en oeuvre pour garantir que ces améliorations seront maintenues et que le processus ne se dégradera pas. Le but de cette étape est donc de mettre en place la structure permettant de mettre « sous contrôle le processus ».

3.5.2 Les actions à réaliser

- Déterminer les tolérances à placer sur les X critiques
- Déterminer le plan de surveillance pour l'ensemble des caractéristiques

- Mettre en place des cartes de contrôle pour suivre les caractéristiques essentielles
- Mettre en place des systèmes « zéro défaut » là où c'est possible
- Documenter le poste de travail

3.5.3 Les outils utilisés

L'outil privilégié dans cette étape est la carte de contrôle. Tous les types de cartes de contrôle peuvent être utilisés depuis la classique carte de contrôle moyennes étendues jusqu'à la carte EWMA.

3.5.4 Exemple d'application

Nous avons vu au paragraphe 2.3.3. que le processus de fabrication pouvait dériver.

Pour le maintenir « sous contrôle » et conserver le bon niveau de capabilité obtenu à l'étape 4, il est décidé de mettre en place une carte de contrôle.

Type de carte : Moyennes/étendues (X/R)

Taille des échantillons : Un tour de plateau soit 4 pièces.

Fréquence de prélèvement : La rapidité de la dérive observée lors de l'étape 3 et les améliorations apportées à l'étape 4 conduisent à choisir une fréquence de 1 prélèvement toutes les 4 Heures.

Suivi des capabilités : Un suivi graphique des capabilités est mis en place afin de suivre l'évolution de la chute des capabilités Cp, Pp, Ppk. L'actualisation du graphique se fait une fois tous les quinze jours.

3.6 Etape 6 : Standardiser

3.6.1 But de l'étape

Le but de cette sixième et dernière étape est de mettre en place l'ensemble des procédures pour que la solution choisie devienne pérenne dans le temps. C'est également de diffuser les bonnes pratiques sur d'autres postes là où c'est possible.

3.6.2 Les actions à réaliser

- Simplifier là où c'est possible la solution adoptée lors de la démarche Six Sigma
- Finaliser l'ensemble des procédures d'auto maîtrise afin de pérenniser la solution
- Sélectionner les bonnes idées à partager, étendre la solution sur d'autres processus si c'est possible
- Communiquer sur la réussite de l'action

3.6.3 Exemple d'application

Dans notre exemple, la méthode choisie pour serrer la pièce a apporté un réel progrès sur le processus étudié. Il est facilement utilisable sur d'autres machines effectuant le même type de production. On retient donc le principe de standardiser ce nouveau serrage.

Enfin, on finalise le plan d'auto maîtrise sur le poste de travail en incluant l'environnement du poste, les procédures de contrôle, de maintenance, de traitement des non-conformités et de suivi de la qualité.

4. SIX SIGMA UNE ORGANISATION DES COMPÉTENCES

4.1 Les différents niveaux de pilotage

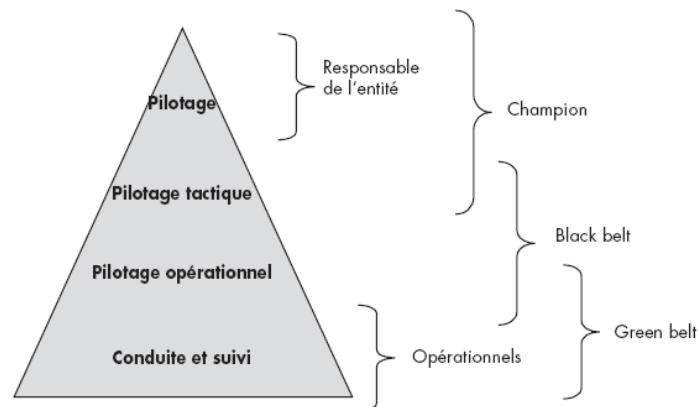


Figure 14.18 – Les différents niveaux de pilotage

Le pilotage d'une démarche Six Sigma doit comme pour toutes autres activités avoir les quatre couches : stratégique, tactique, opérationnelle, conduite et suivi.

Stratégique : la mise en place de Six Sigma doit partir d'objectifs en termes de coûts, de performances internes, de satisfaction clients et de perception externe et enfin de parts de marché et de positionnement vis à vis de la concurrence. Pour atteindre ces objectifs, il faut alimenter les moteurs du progrès en donnant une vision claire sur la façon dont on veut que les choses avancent. Ces engagements sont forcément pris au niveau le plus haut de l'entreprise en impliquant fortement les *Champions*.

Tactique : le pilotage tactique consiste à traduire les décisions stratégiques au niveau des services opérationnels. Il va consister à faire les choix des chantiers Six Sigma qui méritent d'être développés et à donner les moyens aux équipes de conduire ces projets.

Le *Champion* est fortement impliqué dans cette phase, assisté du *Black Belt* pour le choix des chantiers.

Opérationnel : le pilotage opérationnel va principalement consister à conduire les chantiers Six Sigma notamment par l'utilisation de la démarche DMAICS que nous avons décrite. Le *Black Belt* est donc leader dans cette couche de pilotage, assisté par les membres de son équipe, les *Green Belt*.

Conduite et suivi : cette couche très applicative va consister à appliquer les décisions qui sortent de la démarche DMAICS. Elle va impliquer tous les opérationnels du processus concerné dont les *Green Belt* qui sont choisis notamment pour être des opérationnels.



4.2 Les différents rôles

On aura compris lors de la description du petit exemple que nous avons choisi de présenter que Six Sigma ne peut pas s'improviser sans compétence.

Mettre en oeuvre Six Sigma c'est aussi former son personnel et déterminer des rôles particuliers aux individus qui vont conduire le changement. Dans la définition des rôles de chacun, l'entreprise General Electric a proposé de donner les noms de *White Belt*, *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt*, et *Champion*. Si les noms changent d'une entreprise à l'autre, on parle par exemple d'Equipier, de Pilote, de Coach, les fonctions

4.2 Les différents rôles

On aura compris lors de la description du petit exemple que nous avons choisi de présenter que Six Sigma ne peut pas s'improviser sans compétence.

Mettre en oeuvre Six Sigma c'est aussi former son personnel et déterminer des rôles particuliers aux individus qui vont conduire le changement. Dans la définition des rôles de chacun, l'entreprise General Electric a proposé de donner les noms de *White Belt*, *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt*, et *Champion*. Si les noms changent d'une entreprise à l'autre, on parle par exemple d'Equipier, de Pilote, de Coach, les fonctions

4.3 La formation des intervenants

La mise en oeuvre de Six Sigma nécessite une très importante formation. Mais cela ne suffit pas, il faut que cette formation soit couplée avec une expérience de mise en oeuvre de la démarche. C'est pourquoi la formation des *Black Belt* est une formation qui alterne des temps de formation théorique et des temps de pratique en entreprise (souvent une semaine de formation théorique et un mois d'application).

Ainsi, pour chaque acteur de Six Sigma, on trouve une formation spécifique. La formation des champions est un peu plus restreinte, mais couvre néanmoins tous les aspects de l'approche.

5. SIX SIGMA UN MANAGEMENT PAR PROJET

Six Sigma, au delà d'une méthode de résolution de problème est un véritable outil de management de la qualité orienté vers la qualité des produits. Pour réussir il faut dépasser la méthode et inscrire les projets Six Sigma dans une stratégie d'entreprise.

C'est la démultiplication des chantiers Six Sigma dans l'entreprise qui permet d'obtenir des gains cumulés significatifs, tant pour l'entreprise que pour les clients. Pour gérer cette multitude de chantiers, il faut également une approche structurée que fournit le management par projet.

L'aspect management par projets est déjà très marqué par la structure de la méthode :

Six Sigma en six étapes. Le champion joue un rôle prépondérant dans cette gestion par projet. En effet, il fixe un objectif, un planning, et évalue l'avancement des travaux au travers de revues obligatoires pour valider le passage d'une étape à l'autre. Tous les chantiers sont répertoriés, suivis et ont un impact validé sur les objectifs stratégiques de l'entreprise.

L'affectation des ressources est également très présente dans le management de Six Sigma. Faire partie d'un projet Six Sigma demande de la disponibilité qui doit être gérée au niveau du projet. Outre les ressources humaines, on doit également gérer les ressources financières de l'entreprise pour disposer d'un budget afin de pouvoir investir dans la re-conception du processus.

Les points essentiels d'un management par projet sont :

1. Initiation et écriture du projet par le chef d'entreprise et/ou un cadre afin qu'il soit en accord avec la stratégie de l'entreprise.
2. Choix du chef de projet (Le *Black Belt*) en fonction de ses capacités à mener ce projet à bien.
3. Choix des compétences (internes ou externes à l'entreprise) qui vont être nécessaires et suffisantes au projet.
4. Choix d'un référent du projet (Le *Champion*) qui va suivre l'avancement, les difficultés et allouer les ressources nécessaires.
5. Définition des objectifs et des limites du projet.
6. Détermination d'un budget et suivi de ce budget au travers un tableau de bord financier.
7. Définition des modes de validation de l'avancement du projet.
8. Définition des modes de communications (rapports d'étapes, réunions...)

La gestion simultanée de tous les projets, l'implication de tous les acteurs donne la dimension stratégique à Six Sigma. Plutôt que de se focaliser sur le contrôle des produits, on s'intéressera davantage à la maîtrise des processus et à la maîtrise de la conception. Les perspectives de Six Sigma se placent dans un avenir à long terme, accompagné d'un changement culturel profond des acteurs de l'entreprise qui demande une solide formation. Le but n'est pas de faire de l'amélioration continue, mais de faire de l'amélioration par percée.
