



Maurice Pillet  
Davy Pillet

# Design For Six Sigma

Satisfaire les clients par l'innovation  
au niveau de qualité Six Sigma



# Design For Six Sigma

Satisfaire les clients par l'innovation au niveau de qualité Six Sigma

La capacité d'une entreprise à se réinventer en permanence, à surprendre ses clients, tout en maintenant un niveau de profitabilité fait son succès sur le long terme. Le génie permet l'innovation, mais c'est la mise en pratique opérationnelle qui la rend utile pour l'entreprise. De l'idée à la série zéro, il est nécessaire de mettre en place un processus efficace qui garantisse le niveau de qualité du produit et le respect de la demande client. C'est ce que propose cet ouvrage.

Au travers de la démarche DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design and Verify*), l'approche Design For Six Sigma (DFSS) fait une synthèse des meilleures pratiques actuelles d'innovation, de développement et d'industrialisation. Elle apporte aux entreprises une organisation qui leur permet de conduire, de façon rythmée, leur processus d'innovation et de mise sur le marché de nouveaux produits, en mettant à disposition :

- une démarche structurée qui aidera les entreprises à benchmarker leur propre processus, quel que soit leur secteur d'activité ;
- des outils performants et utiles à tous les stades de développement ;
- une vision conceptuelle qui les aidera à faire croître leur activité.

Cet ouvrage, organisé autour des étapes DMADV, permettra au lecteur de bien saisir l'enchaînement et les liens entre les étapes. Liens qui manquent souvent aux entreprises classiques, organisées en grandes fonctions (marketing, production, vente, etc.).

---

Ancien élève de l'ENS Cachan, **Maurice Pillet** est professeur des Universités à l'université Savoie Mont Blanc, directeur de recherche au laboratoire SYMME et Master Black Belt. Il est expert en qualité industrielle et auteur de nombreux ouvrages et articles dans le domaine. Il pratique le conseil dans plusieurs entreprises de différents secteurs d'activité.

Ingénieur de l'école polytechnique, Master Black Belt Six Sigma et CEO de Pillet Consulting, **Davy Pillet** a été successivement responsable amélioration continue chez Areva et Tefal. Il réalise des missions de conseil et de formation en qualité industrielle chez des clients issus de multiples secteurs d'activité.

# **Design For Six Sigma**

Groupe Eyrolles  
61, bd Saint-Germain  
75240 Paris Cedex 05

[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2017  
ISBN : 978-2-212-56602-4

Maurice PILLET  
Davy PILLET

# Design For Six Sigma

**EYROLLES**

The logo for EYROLLES features the word "EYROLLES" in a bold, sans-serif font. Below the text is a horizontal line with a small circle centered under the letter "O".



# Sommaire

Avant-propos .....	1
Remerciements .....	3
<b>Chapitre 1 - Design For Six Sigma, introduction .....</b>	<b>5</b>
1 – Pourquoi Design For Six Sigma .....	5
2 – DFSS et Six Sigma .....	14
3 – La démarche DMADV .....	22
4 – Structure de projet de DFSS .....	26
<b>Chapitre 2 - DFSS, une démarche fédératrice .....</b>	<b>33</b>
1 – Design For Six Sigma dans un processus de conception .....	34
2 – QFD .....	37
3 – Axiomatic Design .....	47
4 – TRIZ .....	56
5 – Robust Design .....	71
6 – Théorie C-K .....	83
7 – Spécifications de Pugh .....	88
<b>Chapitre 3 - DFSS, Define – Définir .....</b>	<b>91</b>
1 – Étape Définir .....	92
2 – Étape Définir – Sous-étape D1 : le projet .....	94
3 – Étape Définir – Sous-étape D2 : le périmètre .....	101
4 – Étape Définir – Sous-étape D3 : le management .....	107
<b>Chapitre 4 - DFSS, Measure – Mesurer .....</b>	<b>127</b>
1 – Étape Mesurer .....	128
2 – Étape Mesurer – Sous-étape M1 : la voix du client .....	130
3 – Étape Mesurer – Sous-étape M2 : les besoins .....	149
4 – Étape Mesurer – Sous-étape M3 : les exigences fonctionnelles .....	158
5 – Étape Mesurer – Validation du jalon .....	170
<b>Chapitre 5 - DFSS, Analyze – Analyser .....</b>	<b>173</b>
1 – Étape Analyser .....	174
2 – Étape Analyser – Sous-étape A1 : recherche des concepts .....	177
3 – Étape Analyser – Sous-étape A2 : évaluer les concepts .....	199
4 – Étape Analyser – Sous-étape A3 : préparer la conception détaillée .....	207
5 – Étape Analyser – Validation du jalon .....	210

Chapitre 6 - DFSS, Design – Concevoir .....	213
1 – Étape Concevoir.....	214
2 – Étape Concevoir – Sous-étape D1 : réaliser la conception détaillée .....	216
3 – Étape Concevoir – Sous-étape D2 : optimiser la conception .....	271
4 – Étape Concevoir – Sous-étape D3 : industrialiser le produit .....	291
5 – Étape Concevoir – Validation du jalon .....	301
Chapitre 7 - DFSS, Verify – Vérifier .....	303
1 – Étape Vérifier .....	304
2 – Étape Vérifier – Sous-étape V1 : construire le plan de surveillance.....	305
3 – Étape Vérifier – Sous-étape V2 : implémenter le processus.....	320
4 – Étape Vérifier – Sous-étape V3 : valider le projet.....	330
5 – Étape Vérifier – Validation du jalon.....	355
Conclusion.....	357
ANNEXE – DMADV .....	359
Bibliographie.....	367
Index.....	373

## Avant-propos

L'innovation est sans aucun doute le moteur de la croissance des entreprises. Elle est le résultat de la créativité des collaborateurs, mais aussi d'un processus réussi qui va de l'idée au produit sur le marché. Ce livre sur le Design For Six Sigma s'adresse à tous ceux qui souhaitent améliorer les processus d'innovation, de développement et d'industrialisation de leur entreprise. Ils y trouveront :

- une démarche structurée qui pourra les aider à benchmarker leur propre processus ;
- des outils extrêmement performants, utiles à tous les stades de développement ;
- une vision conceptuelle qui les aidera à faire croître leur entreprise.

*Design For Six Sigma* tente de faire une synthèse des meilleures pratiques d'innovation, de développement et d'industrialisation. Nous présentons dans ce livre la vision que nous en avons, nourrie par nos expériences industrielles et notre culture universitaire.

Dans le chapitre d'introduction, nous situons Design For Six Sigma (DFSS) dans le processus de conception et d'industrialisation au regard des enjeux d'innovation. Nous positionnons également Design For Six Sigma par rapport à Six Sigma. Si l'intersection est non nulle entre les deux approches, elles restent néanmoins très éloignées l'une de l'autre et il est nécessaire de bien les situer. Enfin nous présentons l'approche DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) que nous retenons pour déployer le processus DFSS.

Plusieurs courants de pensée ont irrigué DFSS ces dernières décennies. Aussi, avant de décrire le processus DMADV, nous consacrons le deuxième chapitre à la description de ces courants. Les approches QFD, Axiomatic Design, TRIZ, Robust Design, Théorie C-K et Pugh qui nous semblent être les plus importantes sont détaillées. Chacune de ces approches est sous-jacente dans DFSS, aussi, les connaître apparaît comme un préalable.

Les chapitres 3 à 7 décrivent le processus DMADV que nous avons retenu.

Le chapitre 3 est consacré à la phase **Define** qui permet de clarifier les objectifs du projet, son périmètre, le degré d'innovation et de définir les règles de management que l'on applique.

Le chapitre 4 concerne la phase **Measure** qui se concentre sur les clients. Qui sont-ils ? Quels sont leurs besoins ? Comment transformer ces besoins en spécifications fonctionnelles ?

Le chapitre 5 présente la phase **Analyze** qui va solliciter la créativité des équipes pour imaginer les concepts de haut niveau capables de répondre aux besoins. Cette phase se termine par l'évaluation et le choix final du concept à retenir.

Le chapitre 6 aborde la phase **Design** qui est consacrée à la conception détaillée du produit et à son industrialisation. Dans cette étape, les spécifications fonctionnelles sont cascadées en spécifications sur les éléments constitutifs. Il est essentiel de les hiérarchiser.

Le chapitre 7 développe la phase **Verify** qui doit d'une part, valider la satisfaction des clients, la fiabilité du produit et d'autre part, concevoir le plan de surveillance au juste nécessaire. Dans cette phase on met en œuvre les meilleures approches d'auto-maîtrise et de Lean pour garantir la qualité des produits et la performance industrielle.

Enfin, une annexe présente sous forme de tableau synthétique l'ensemble de la démarche.

La structuration de ce livre autour des étapes DMADV permet au lecteur de bien saisir l'enchaînement et les liens qui doivent se faire entre les étapes. Ces liens sont souvent manquants dans les entreprises structurées en grandes fonctions (Marketing/R&D/Conception/Industrialisation/Production/Ventes...).

Ce livre peut donc être lu dans son ensemble pour avoir la vision globale, mais aussi servir d'ouvrage de référence pour piocher des méthodes ou des outils utiles ponctuellement.

Nous vous souhaitons une lecture enrichissante.

DAVY PILLET  
MAURICE PILLET

## Remerciements

Nous remercions le personnel des éditions Eyrolles pour la confiance qu'ils nous accordent et leur travail précieux dans la mise en forme et la réalisation de cet ouvrage. Remerciement spécial à Clotilde de Royer pour son précieux travail.

Nous remercions les industriels avec qui nous travaillons depuis de nombreuses années et qui expérimentent, améliorent avec nous les nombreux outils proposés dans ce livre. C'est un plaisir sans cesse renouvelé que de participer à l'amélioration de la qualité de leur produit et de leur performance industrielle.

Nous remercions nos collègues universitaires avec qui nous partageons la passion de la recherche dans le domaine de la qualité. Ils retrouveront dans ce livre plusieurs résultats de ces travaux.

Enfin, nous remercions Laura et Murielle pour leurs relectures et leurs conseils toujours pertinents qui nous ont permis d'améliorer la qualité de l'ouvrage.



## Chapitre 1

# Design For Six Sigma, introduction

### 1 – Pourquoi Design For Six Sigma

Ce qui fait le succès d'une entreprise sur le long terme c'est sa capacité à se réinventer en permanence, à continuer à surprendre agréablement ses clients en maintenant une rentabilité qui garantit son avenir. L'innovation est une préoccupation majeure. Pour favoriser cette innovation, il faut du génie. Mais est-ce suffisant ? Le génie autorise l'innovation, mais c'est le travail qui la rend réelle et utile pour l'entreprise. De l'idée à la série zéro, il est nécessaire d'avoir un processus structuré qui garantisse qu'au cours des étapes, le projet ne soit pas dénaturé et que le focus sur le client reste constant. Il faut également maîtriser les coûts et les délais ce qui est d'autant plus difficile que le projet est complexe.

Voilà l'objectif du Design For Six Sigma (DFSS) : fournir une démarche permettant de satisfaire les clients par l'innovation, d'industrialiser cette innovation pour atteindre un niveau de qualité Six Sigma et un niveau de rentabilité satisfaisant, tout en respectant les enjeux et les contraintes sociales. Au travers d'une démarche structurée DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify), DFSS apporte aux entreprises un cadre structurant qui leur donne le moyen de conduire de façon rythmée leur processus d'innovation et de mise sur le marché de nouveaux produits.

Au départ il y a l'idée, aussi est-il utile de se poser la question de la définition de l'innovation. Est-ce un nouveau produit, une nouvelle idée ? De nouveaux produits et de nouvelles idées sortent chaque jour, mais le succès n'est pas toujours au rendez-vous, parfois même pour des idées qui apparaissaient géniales, des produits totalement nouveaux !

- La première raison du succès d'un produit est le service qu'il rend. Quel service va rendre le produit, en quoi ce service sera mieux rendu qu'avec les produits existants ?
- La deuxième raison du succès est l'effet « Waouh ». Un client s'oriente vers un nouveau produit s'il est séduit par une propriété du produit. Quel est l'effet « Waouh » du produit ? En quoi va-t-il surprendre le client ? Ce n'est pas Apple qui a inventé les tablettes numériques, mais il a su lui donner l'effet « Waouh », d'où leur succès.
- La troisième raison du succès est la qualité du produit. Si un produit remplit un service mieux que tout ce qui existait avant, séduit les clients, mais dysfonctionne, ou pose des problèmes aux clients, alors il y a peu de chance que le succès soit au rendez-vous.
- La quatrième raison du succès est l'adéquation entre le service rendu et le prix que l'on est capable de vendre le produit.
- La cinquième raison du succès est l'organisation marketing, commerciale et de distribution du produit.

Ce livre se focalise sur les quatre premières raisons du succès : comment imaginer, concevoir, fabriquer un produit de qualité qui séduise les clients à un coût adapté.

## ■ 1.1 – De l'innovation au produit

Pour entrer dans un processus DFSS, il est nécessaire d'avoir l'idée du produit que l'on veut concevoir. L'innovation ce n'est pas de faire un nouveau produit mais fournir un service à un client ! Johnson, Christensen & Kagermann<sup>1</sup> définissent cette notion par le « Job To Be Done (JTBD) » qui est le concept de haut niveau du service rendu par le produit. Le JTBD se situe en amont des besoins du client en se posant les questions suivantes :

- Quel est le travail à réaliser, le service à rendre ?
- En quoi les solutions actuelles ne font pas ce travail correctement ?

1. Johnson, M. W., Christensen, C. M., and Kagermann, H. (2008), « Reinventing your Business Model », *Harvard Business Review*, 86(12), p. 57-68.

Depuis que l'homme existe, depuis la roue et le levier, les clients ont plébiscité les produits qui rendent un service. Il existe des domaines où la demande de service est constante dans le temps : être en bonne santé, être en sécurité, se déplacer, communiquer, apprendre, se démarquer... Dans tous ces domaines, l'évolution des techniques a permis d'apporter une meilleure réponse que ce qui existait. Toutes les évolutions technologiques sont donc des opportunités pour revisiter tous les JTBD classiques. On doit s'interroger en quoi cette nouvelle technologie est le moyen d'apporter une meilleure réponse que les solutions actuelles. Internet en est un bon exemple. En quoi Internet peut permettre d'être en bonne santé, d'être en sécurité, de mieux se déplacer, de mieux communiquer ? Chaque question apporte une opportunité de produits qui peuvent rendre un meilleur service que ce qui existait.

Mais l'innovation n'est pas dépendante des évolutions technologiques. Parfois, il suffit de regarder ce qui existe et d'apporter une réponse qui rend plusieurs services en un seul produit. Dans les années 1990, Motorola était le leader des téléphones portables, Palm faisait des « organisateurs ». Tous les deux séduisaient les clients par leurs produits, mais personne n'a eu l'idée de faire un organisateur qui communique. Aujourd'hui des millions de smartphones sont vendus !

L'innovation peut aussi venir d'une rupture organisationnelle comme l'a fait Dell à l'époque, en fournissant un ordinateur sur mesure dans un délai extrêmement court. Avec ce nouveau service, il répondait mieux que les autres au JTBD « Fournir un produit personnalisé dans un délai très court ». Cette rupture organisationnelle peut aussi rendre un service jusqu'alors réservé à quelques personnes, au plus grand nombre. C'est l'exemple de EasyJet qui a changé le secteur du trafic aérien.

Dans tous les cas, l'innovation c'est un service rendu au client qui propose une meilleure réponse que ce qui était fait jusqu'à maintenant. C'est alors le point d'entrée dans une démarche DFSS. On doit se poser la question : c'est quoi le JTBD ?

Pourtant, avoir l'idée géniale qui permet de faire un JTBD mieux que tout ce qui existe ne suffit pas pour réussir. Il faut être capable de passer de l'idée au produit, c'est le rôle du processus de conception. À la fin de ce processus on souhaite que le JTBD soit fait tel qu'on l'espérait, au coût où on l'espérait, dans le délai où on l'espérait. C'est là que les choses se compliquent, car pour pouvoir réussir, il faut satisfaire les besoins du **client** mais aussi du **business**. Enfin, comme le passage de l'idée au produit est une histoire humaine, il faut également satisfaire les besoins **sociaux**. C'est ce que nous appellerons les trois voix.

## ■ 1.2 – Le principe de la réussite, les trois voix

La réussite d'une entreprise passe par l'écoute des trois voix (Figure 1) :

- la voix du client ;
- la voix du social ;
- la voix du business.

Faire un produit sans client n'a évidemment pas de sens, la voix du client vient en priorité. Pour satisfaire le client, il faut le surprendre, créer l'effet « Waouh » et ne pas le décevoir. Le produit doit donner satisfaction, répondre aux besoins, doit bien fonctionner, sans problème.

Mais faire un produit qui donne entière satisfaction aux clients sans être profitable à l'entreprise, ne serait pas tenable bien longtemps. Il faut donc écouter également la voix du business afin de prendre en compte les différentes dimensions de la rentabilité. La première dimension concerne les coûts du produit ou du service directement. La deuxième considère les capitaux investis qui seront proportionnels aux délais de mise sur le marché. La troisième s'intéresse aux coûts de maintenance ou de service après-vente qui peuvent vite anéantir une rentabilité prévisionnelle. Il est alors nécessaire de développer rapidement des produits robustes au plus faible coût pour satisfaire le business.

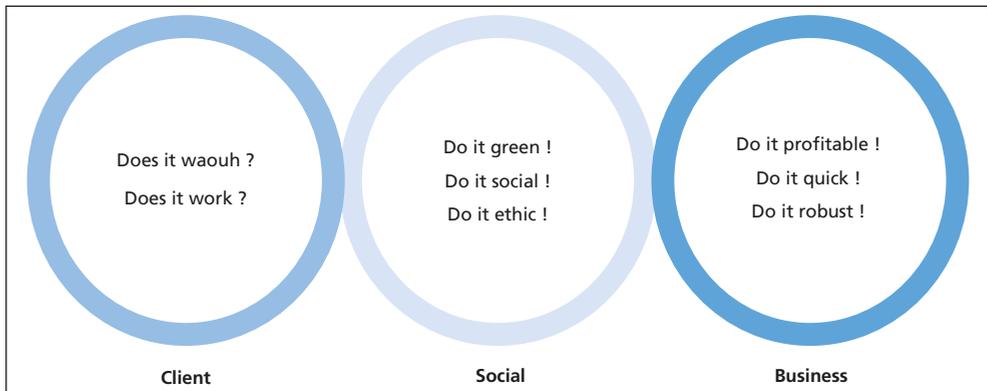


Figure 1 – Les trois voix

La deuxième voix est la voix du social. Faire un produit qui donne entière satisfaction aux clients, qui est profitable pour l'entreprise mais qui pollue une rivière n'est pas responsable écologiquement. Faire un produit qui nécessite le travail d'enfants, ou

met en danger la santé des collaborateurs n'est bien sûr pas acceptable non plus. Il faut par conséquent écouter cette voix.

L'objectif du DFSS que nous défendons dans cet ouvrage consistera à permettre le développement d'un produit qui donne satisfaction aux clients, et à l'entreprise d'être profitable tout en respectant une éthique sociale, humaniste et environnementale.

Tout au long du processus d'innovation, on gardera à l'esprit ces trois voix. DFSS se focalise à chaque étape sur :

- l'alignement du projet sur les besoins client ;
- l'alignement du projet sur les enjeux business et sociaux ;
- la gestion des risques au regard de ces trois voix.

### ■ 1.3 – La voix du client

Does it « Waouh » ? Does it Work ? Deux questions bien connues du marketing.

La première question va clairement trouver sa réponse dans l'innovation et dans la manière dont on répond mieux que les autres à un JTBD. Derrière l'effet « Waouh », il y a forcément un effet de surprise. Écouter la voix du client n'est donc pas simplement faire ce qu'il demande, mais faire ce dont il aurait besoin, même s'il ne peut l'imaginer.

Une fois identifié le service rendu par le produit, l'écoute de la voix du client va concerner une première décomposition de ce service rendu en fonctionnalités du produit.

La seconde question est plus basique, un client n'aime pas les soucis, et tout problème de fiabilité, de solidité, de robustesse, ou d'affordance est mal perçu par le client parce que créateur de tracasseries. L'affordance par exemple qui peut être défini comme la capacité d'un système à être utilisé de manière naturelle est un point essentiel. Une fonctionnalité qui pourtant marche parfaitement mais qui est difficilement atteignable par sa complexité à être mise en œuvre sera vécue comme une fonctionnalité qui ne marche pas.

Design For Six Sigma vise à atteindre un objectif de Six Sigma SUR LES FONCTIONNALITÉS du produit, pas sur les caractéristiques élémentaires du produit. Six Sigma traduit un niveau de qualité à partir d'un calcul statistique.

Pour illustrer ce niveau de qualité, considérons un exemple de fonctionnalité attendue, tel qu'un bruit de fonctionnement. Le client souhaite un produit silencieux. La

voix du client va s'exprimer sous une forme d'une plainte telle que « ces produits sont trop bruyants ».

- Le premier travail consistera à traduire cette plainte en besoin : « Je veux un produit silencieux. »
- Le deuxième travail va être de traduire ce besoin en exigence fonctionnelle mesurable. Ici on mesurera le nombre de décibels.
- Enfin le dernier travail sera de fixer une spécification pour le niveau sonore maximal du produit, par exemple 32 dB.

Comment mesurer le niveau de qualité sur ce produit ? Forcément, il y aura de la variabilité suite à la production et tous les produits n'auront pas le même niveau de bruit. Il y aura de la dispersion que l'on va modéliser par une courbe de Gauss (Figure 2) avec un écart-type (embonpoint de la courbe de Gauss) noté  $\sigma$  (sigma). On considère qu'un niveau de qualité Six Sigma correspond à une situation où la moyenne de la production serait située à Six écarts-types (Six Sigma) de la spécification.

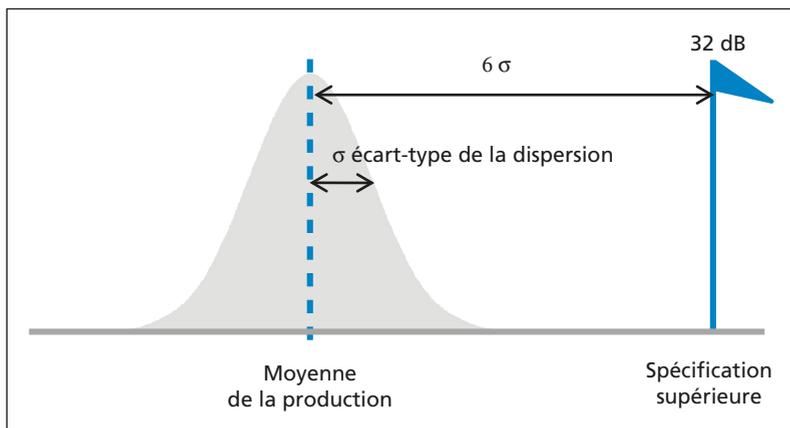


Figure 2 – Représentation de la courbe de Gauss

Pour calculer le niveau réel de qualité attendue sur cette spécification du bruit, il faut considérer que même si la moyenne de la production est à 6 Sigma, cette moyenne au cours du temps peut fluctuer et l'on considère qu'un écart de 1,5 sigma est possible. Cette représentation avec un décalage de 1,5 sigma est donnée en Figure 3. Avec ce décalage de 1,5 sigma le niveau de qualité sera de 3,4 produits par million hors spécification. C'est le niveau maximal que l'on veut pour un produit DFSS.

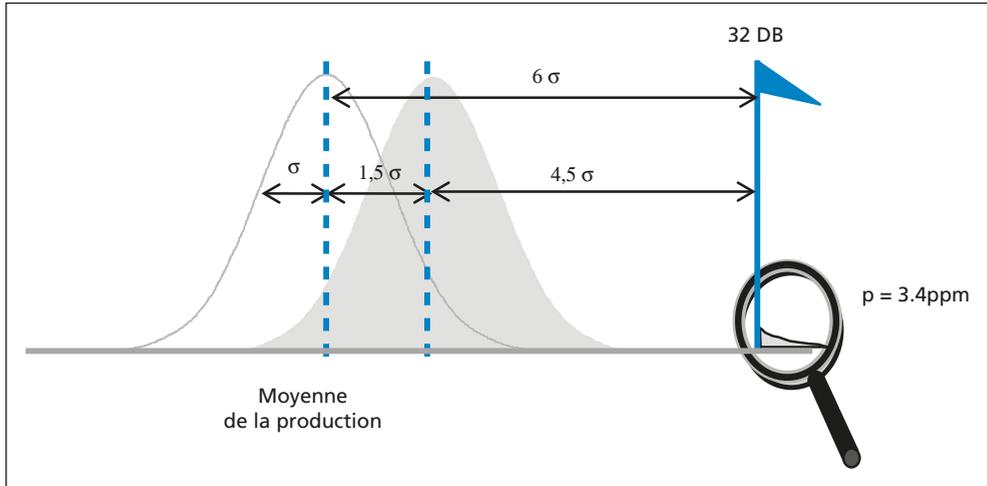


Figure 3 – Décalage de 1,5 sigma

Le tableau (Figure 4) donne les niveaux de qualité attendus en fonction du nombre de sigma ( $z$ ). Clairement en dessous de Six Sigma, le nombre de retour marché nécessite un traitement spécifique très coûteux pour l'entreprise ; il y a tout intérêt à viser un niveau de qualité supérieur à Six Sigma.

Z	PPM AVEC UN DÉCALAGE DE 1,5
1	697672,15
2	308770,21
3	66810,63
4	6209,70
5	232,67
6	3,40
7	0,02

Figure 4 – Nombre de sigma et niveau de qualité attendue

Écouter le client, le surprendre en créant l'effet « Waouh » et continuer à le surprendre avec un niveau de qualité Six Sigma, tel est l'objectif d'une démarche DFSS.

L'écouter et le surprendre est un travail important. Ce travail nécessitera trois étapes entières. La première (Définir) permettra de positionner le produit par rapport au JTBD : quel est le marché, quel sera le service rendu ? La deuxième (Mesurer) sera

consacrée à comprendre le marché, le client, les produits. La troisième (Analyser) permettra d'imaginer des concepts de haut niveau qui répondent aux besoins des clients et au marché, mais qui devront aussi le surprendre. Cette troisième étape nécessitera pour cela d'avoir recours à toutes les techniques et outils de la créativité.

### ■ 1.4 – La voix du business

Surprendre le client, atteindre un niveau de qualité Six Sigma n'a de sens que si l'on est capable de tenir cette prestation dans le temps. Il faut pour cela écouter la voix du business qui se focalise sur deux enjeux majeurs :

- la maîtrise des enjeux financiers ;
- la maîtrise des risques.

Ces deux enjeux majeurs seront suivis tout au long du projet et seront des thèmes essentiels lors des passages de jalons entre les étapes.

Dès la première étape (Définir), le budget du projet doit être défini et une analyse fine de rentabilité doit être réalisée pour avoir le GO en fin d'étape. Au cours de l'avancement du projet, l'analyse des coûts sera affinée par fonction, par sous-ensemble, par pièce, par opération pour garantir la tenue des objectifs de rentabilité.

Il en est de même pour les analyses de risques qui commenceront dès la première étape avec une macro-analyse de Risques/d'Opportunités. Un plan d'action de maîtrise des risques est déployé dès cette première étape. Une fois captées la voix du client et celle du marché, cette analyse de risques est affinée en reposant la question de l'opportunité de continuer ou non le projet à la lumière des nouvelles informations. Dès la concrétisation des concepts de haut niveau (étape Analyser), une analyse de priorisation de risques (APR) est également engagée. Lors de la conception détaillée (étape Design), tous les outils de maîtrise des risques seront déployés (AMDEC, Fiabilité...) pour que, lors de l'étape finale (étape Vérifier), il n'y ait pas de surprise et que l'on se soit donné les moyens de fournir le produit dans les coûts et les délais attendus afin de satisfaire les besoins du business.

### ■ 1.5 – La voix du social

La troisième voix qu'il est nécessaire d'écouter est la voix du social. C'est elle qui va garantir que le projet s'inscrive en harmonie dans son environnement. Une entreprise a une éthique vis-à-vis de ses clients, mais aussi vis-à-vis de ses collaborateurs et du monde qui l'entoure. Au-delà de l'éthique, tout projet s'inscrit dans un cadre

réglementaire et législatif qu'il est utile de connaître et de respecter. Ces contraintes légales et morales ne sont pas sans conséquence sur les choix qui seront faits tout au long du projet, il convient donc de les formaliser clairement dès le début.

La voix du social peut se décomposer selon trois parties :

- le cadre réglementaire et législatif ;
- les hommes, leur bien-être, leur santé ;
- l'environnement du produit tout au long de sa vie, mais également celui de l'entreprise.

Le cadre réglementaire s'impose bien sûr à toute entreprise, mais n'est pas forcément bien connu de toutes les parties prenantes d'un projet. Cela peut conduire à des décisions qui pourraient être remises en question tardivement dans le projet impactant gravement le coût.

### Aujourd'hui et demain

*L'affaire Volkswagen en 2015 avec le non-respect de la législation sur les émissions de ses voitures a marqué l'histoire industrielle par l'importance des conséquences financières et humaines d'un tel comportement. Il est désormais indispensable que toutes les parties prenantes d'un projet soient clairement informées du cadre réglementaire et législatif dans lequel elles devront évoluer. La mondialisation des échanges et la multiplicité des situations réglementaires à prendre en compte rendent indispensable la formalisation de ces points avec de vrais professionnels.*

Une entreprise est une aventure humaine, et pour que l'aventure se passe bien, il faut que les hommes s'y sentent bien, les collaborateurs, mais également toutes les parties prenantes telles que les clients, les sous-traitants, les fournisseurs, les voisins de l'entreprise... Chacune de ces parties doit être respectée dans sa santé et son bien-être. Tout projet a potentiellement un impact sur des personnes et, là encore, il faut être capable d'identifier ces impacts pour prendre les plans d'actions nécessaires.

Enfin la voix du social va évidemment considérer l'impact environnemental du projet. On devra se soucier du bilan global carbone du produit créé sur l'ensemble du cycle de vie du produit, des produits utilisés potentiellement dangereux pour l'homme ou l'environnement. Le développement de produits nouveaux ne peut désormais se faire que dans les principes d'un développement durable. Il n'y a pas de place pour le hasard. Une conception durable n'est possible que si dès le début du projet, des objectifs ambitieux sont fixés. Là encore, une démarche DFSS doit prendre en compte ces aspects tout au long du déroulement du projet.

## 2 – DFSS et Six Sigma

Une erreur parfois commise est de confondre Design For Six Sigma et Six Sigma, les deux approches sont vraiment très différentes, et il ne s'agit pas d'appliquer au processus de conception les démarches de Six Sigma. En ce sens, un *Black Belt* Six Sigma, n'est pas forcément qualifié pour conduire un projet DFSS comme nous le verrons dans cet ouvrage. Mais même si les approches sont vraiment très différentes, l'intersection est non nulle. Nous proposons dans ce paragraphe de bien montrer la différence entre ces deux approches.

Pour les deux approches, l'objectif est d'atteindre le niveau de qualité Six Sigma que nous avons détaillé au paragraphe 1.3. Pour Six Sigma, on atteint cet objectif par la réduction de la variabilité, c'est une approche plutôt curative. L'application de Six Sigma concerne plus particulièrement les phases de conception détaillée, d'industrialisation et de production (Figure 5). Pour Design For Six Sigma, on vise à obtenir le résultat dès la conception, c'est une approche plutôt préventive. L'application du DFSS traite de toutes les phases amont du processus de conception.

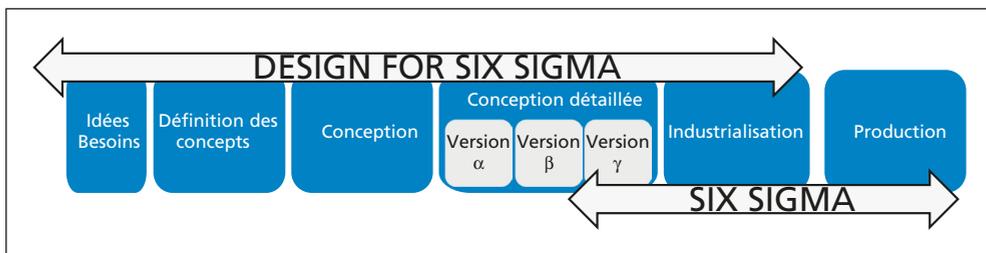


Figure 5 – Place de Six Sigma et de DFSS

### ■ 2.1 – Les grands principes de Six Sigma<sup>1</sup>

Six Sigma a pour objectif la maîtrise de la variabilité. La variabilité est l'ennemi de la qualité. Lorsqu'un ingénieur vient de fabriquer un produit qui donne entière satisfaction, son rêve serait de pouvoir cloner ce produit à l'identique afin que chaque produit conserve les mêmes qualités. Mais ce n'est malheureusement pas possible, il y aura toujours une petite différence entre des produits réputés identiques, et ce sont ces petites différences qui conduisent à la non-qualité. Il en est de même pour les services qu'il est impossible de fournir deux fois dans des conditions parfaitement identiques.

1. Pour plus de détails sur Six Sigma, cf. Pillet, M. (2013), *Six Sigma, Comment l'appliquer*, Eyrolles.

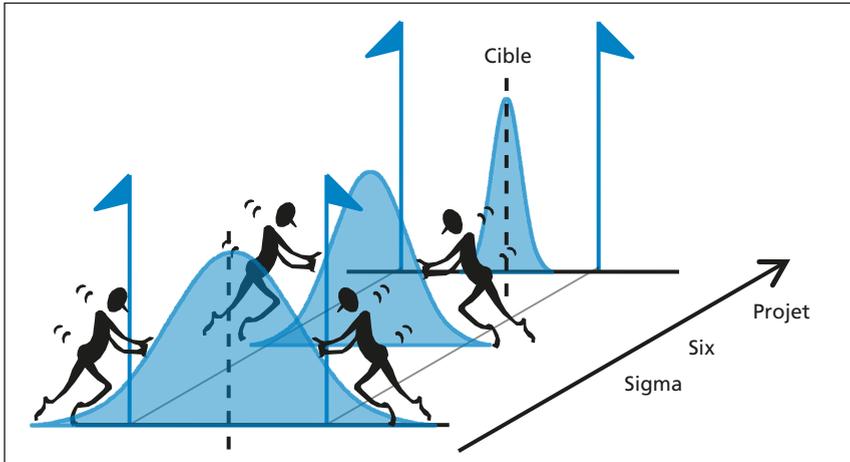


Figure 6 – Réduire la variabilité

Six Sigma s'appuie sur la démarche DMAICS (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler, Standardiser) qui fournit le guide méthodologique de la réduction de variabilité. La variabilité est une mesure statistique. Pour réduire la variabilité sur la caractéristique d'intérêt (le Y du process), il faut d'abord en comprendre le comportement. Cela nécessite d'avoir recours à de nombreux outils statistiques tels que les analyses de capabilité et les cartes de contrôle pour analyser le comportement. Mais il faut aussi être en mesure d'identifier quels sont les paramètres (les X) qui ont une influence sur le Y du processus. On aura alors recours à des techniques statistiques qui révèlent les relations existantes entre le Y et les X telles que les tests de comparaison, les analyses de la variance, les plans d'expériences. L'utilisation de tous ces outils doit être couplée à une démarche de résolution de problème. Si quelques experts sont compétents pour 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 dans 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.

Un point commun entre Six Sigma et Design For Six Sigma se trouve dans cette notion forte de fonction de transfert. Pour réduire la variabilité sur un Y, il est nécessaire d'identifier les Xs qui agissent sur ce Y et, si possible, de formaliser la relation entre le Y et les X. Cela peut se faire de plusieurs façons :

- de façon analytique si la relation physique est connue (exemple  $U = RI$ ) ;

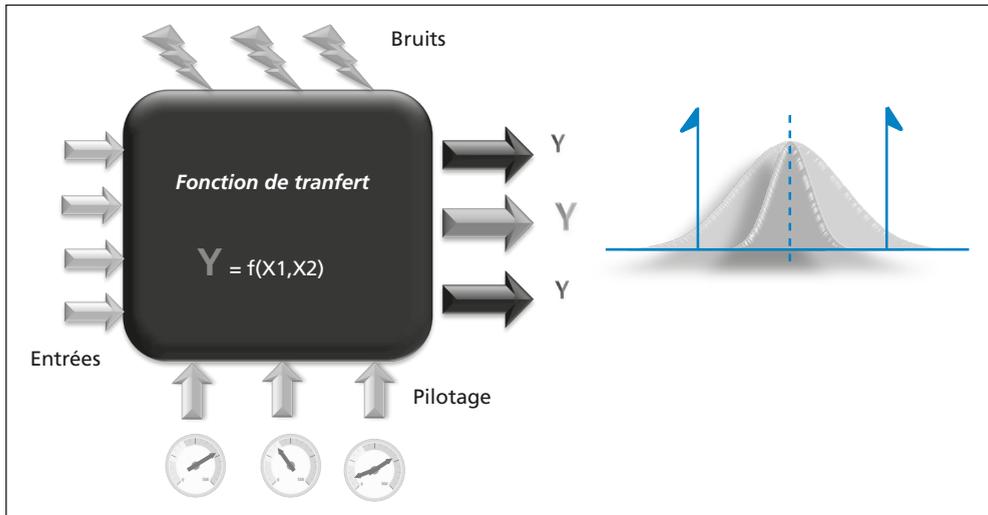


Figure 7 – Fonction de transfert

- de façon expérimentale grâce à un plan d'expérience ;
- de façon expérimentale grâce à une simulation numérique ;
- par retour d'expérience et analyse de données de production.

En général, on classe les X en trois catégories :

- les X d'entrées (matière première par exemple) ;
- les X de pilotage du processus (pression, température par exemple) ;
- les X bruits sur lesquels on ne peut pas agir (température extérieure par exemple).

La fonction de transfert représente la relation  $Y = F(X)$  – souvent polynomiale – que l'on établit entre la réponse à optimiser Y et les X du processus. On cherchera à démontrer le caractère non aléatoire de la relation qui existe entre les X et les Y. On parle d'inférence statistique.

Connaissant cette fonction de transfert, l'objectif de Six Sigma sera d'agir sur les X de pilotage ou les X d'entrées afin d'obtenir un niveau de qualité Six Sigma indépendamment des variations des facteurs bruits. Cela se fait au travers d'une démarche structurée DMAICS :

- **Define (Définir)** – Définir le projet : les gains attendus pour le client, pour l'entreprise, le périmètre du projet, les responsabilités.
- **Measure (Mesurer)** – Définir et valider les moyens de mesure. Mesurer les variables de sortie, les variables d'état, et les variables d'entrée du processus.

- **Analyze (Analyser)** – Analyser les données. Établir les relations entre les variables d'entrée et de sortie du processus. Identifier les variables clés du processus.
- **Improve (Innover)** – Imaginer des solutions. Sélectionner les pistes de progrès les plus prometteuses. Tester les améliorations.
- **Control (Maîtriser)** – Mettre sous contrôle la solution retenue. Formaliser le processus.
- **Standardize (Standardiser)** – Pérenniser les solutions (cale antiretour). Diffuser les bonnes pratiques. Clore le projet.

## ■ 2.2 – Les grands principes de Design For Six Sigma

Design For Six Sigma se focalise sur la maîtrise des Y du produit fini et ce pour les trois voix : la voix du client, celle du business et celle du social. Pour satisfaire ses clients, il faut « cascader » ces Y au travers de tout le processus de conception. Un Y attendu par un client (exemple : fiabilité) sera cascadé en exigences fonctionnelles sur le produit (exemple : niveau d'étanchéité), elles-mêmes cascadées en caractéristiques fonctionnelles sur une pièce (exemple : dureté du joint), elles-mêmes cascadées en paramètres processus (exemple : pression de la machine d'injection).

Pour quelques Y attendus au final au niveau de Six Sigma, ce sont par conséquent des milliers de caractéristiques élémentaires qui doivent être maîtrisées. Il n'y a donc pas une fonction de transfert, mais plusieurs fonctions de transfert qui doivent être identifiées tout au long du processus de conception et notamment :

- la décomposition du JTBD en besoins client ;
- le passage des besoins client aux spécifications du produit ;
- le passage des spécifications du produit aux spécifications sur les éléments de conception ;
- le passage des spécifications sur les éléments de conception aux caractéristiques process.

La Figure 8 montre comment au travers d'une démarche DMADV, Design For Six Sigma va permettre de formaliser ces différents passages. Ils sont complexes et reposent sur un travail d'équipe qui suscite de nombreuses questions notamment :

- Quels sont les besoins des clients du business et du social ?
- Quelles sont les caractéristiques Y évaluables qui garantissent la satisfaction des besoins ?

- Quel est le meilleur concept qui permettra de satisfaire les besoins client, business et social ?
- Comment se cascaden les Y en X sur le produit ?
- Comment configurer les X pour garantir les Y ?
- Quelles sont les spécifications, les tolérances que l'on peut accepter sur les X ?
- Quels sont les processus capables de satisfaire ces spécifications ?
- Quels sont les standards et paramètres de production qui garantiront le respect des spécifications ?
- Quel est le plan de surveillance au juste nécessaire qui permettra de garantir le respect de ces standards ?

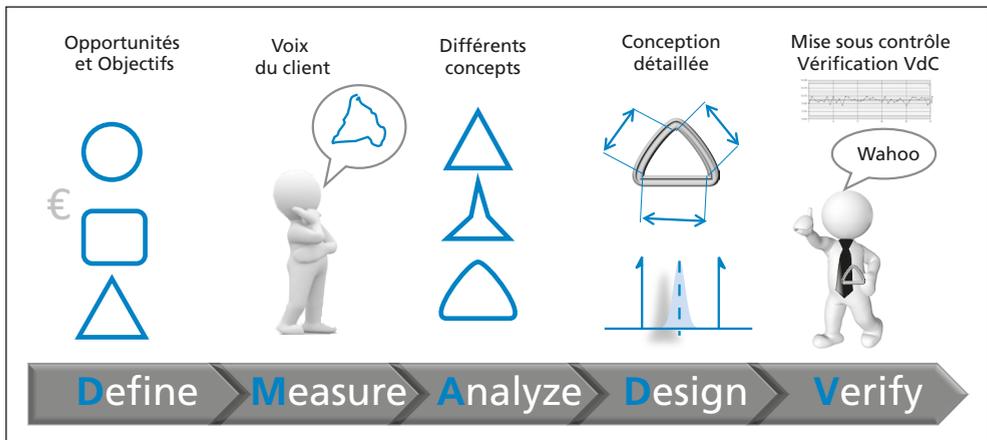


Figure 8 – Processus de conception et DMADV

DFSS se donne pour objectif de répondre de manière structurée à ces questions grâce à la démarche DMADV que nous détaillerons au paragraphe 3.

### ■ 2.3 – Comment Six Sigma et DFSS agissent sur la variabilité

Les trois éléments communs entre Six Sigma et Design For Six Sigma sont donc :

- un objectif à atteindre d'excellence sur les Y attendus par les clients ( $z > 6$  soit moins de 3,4 ppm) ;
- identifier les fonctions de transfert pour agir sur les X pertinents ;
- une démarche structurée (DMAICS pour Six Sigma, DMADV pour DFSS) d'équipe qui fédéralise les meilleures pratiques en termes de démarches et d'outils, conduite par un *Black Belt*.

Un point important sépare pourtant les deux approches, qu'il convient de bien comprendre dès le début de cet ouvrage, c'est la façon d'agir sur la variabilité. La Figure 9 illustre cette différence. Prenons une fonction de transfert simple :  $Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2$ .

Dans cet exemple, on comprend aisément que si la caractéristique  $X_1$  subit des variations, l'exigence fonctionnelle  $Y$  subira aussi des variations amplifiées par le coefficient  $a_1$ .

De même si la caractéristique  $X_2$  subit des variations, l'exigence fonctionnelle  $Y$  subira des variations amplifiées par le coefficient  $a_2$ .

Les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  sont définis par la conception du système, plus ces coefficients sont faibles, plus l'influence des  $X$  sur le  $Y$  sera faible. C'est cela l'objectif de Design For Six Sigma : agir sur les coefficients pour limiter l'influence des variations des  $X$  sur les  $Y$ . On pourra ainsi donner plus de liberté à la fabrication, ce qui permettra de mieux satisfaire les objectifs du business.

Une fois la conception réalisée, les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  sont figés. La seule possibilité pour limiter les variations sur  $Y$  est donc de limiter les variabilités sur  $X_1$  et  $X_2$ . Cela représente souvent l'objectif d'un projet Six Sigma.

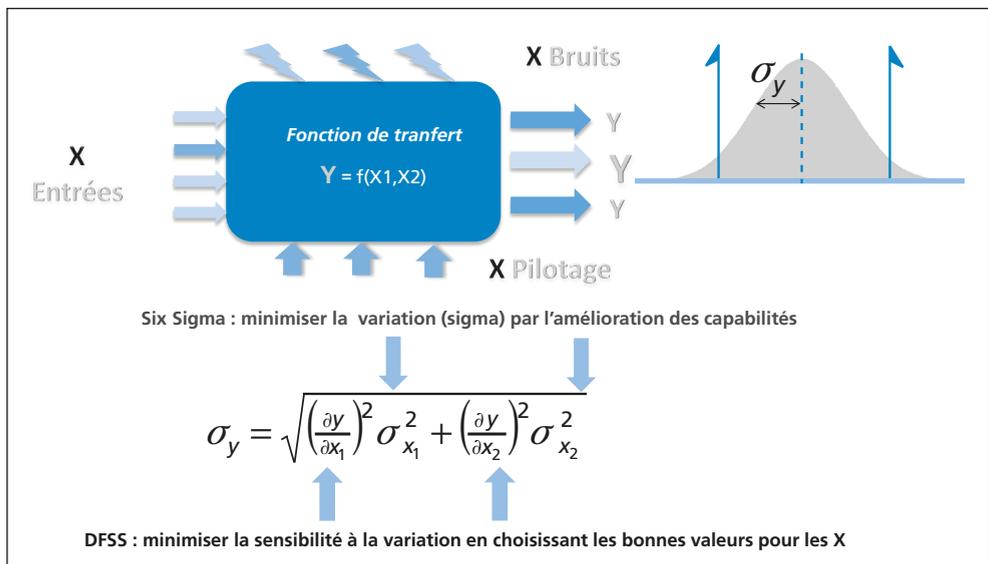


Figure 9 – L'action de SS et DFSS sur la variabilité