

LEAN SIX SIGMA CHEZ LISI AEROSPACE INTERVIEW DE FREDERIC DU LAURENS, DIRECTEUR INDUSTRIALISATION ET PROGRES CONTINU

Antoine COLDERS^{†*} et Sophie VITRANT*

1. Présentation générale

1.1 LISI Aerospace

Avec un chiffre d'affaire de 350 millions d'euros, 15% du marché et un effectif mondial de 3600 personnes, LISI Aerospace se hisse au 3ème rang mondial des équipementiers en fixations et composants d'assemblages aéronautiques. Il est fournisseur de rang I, avec pour clients principaux Airbus, Boeing, Embraer ou encore Dassault et Bombardier.

Ecrous, vis, agrafes, rivets, inserts et goujons sont les principaux produits fabriqués au sein de six usines principales : en France à Saint Ouen l'Aumône et Villefranche de Rouergue, en Grande Bretagne à Rugby, en Turquie à Izmir ou encore aux Etats-Unis à City of Industry et Torrance. D'autres usines sont implantées en France, au Canada ou encore aux Etats-Unis. Le siège de l'entreprise est situé à Paris, où nous avons pu rencontrer M. du Laurens, Directeur Industrialisation et Progrès Continu du groupe depuis 2009, en charge entre autres de la structuration et du déploiement continu de la méthode Lean Six Sigma dans l'entreprise.

1.2 Parcours de M. du Laurens

Issu de l'Institut de Mécanique de Marseille et titulaire d'un MBA obtenu à Warwick (GB), M. du Laurens a d'abord occupé un poste d'ingénieur thermicien à l'Agence Spatiale Européenne aux Pays-Bas avant d'être embauché chez Alstom en Angleterre en 1999. Au début des années 2000, le Groupe Alstom connaît de graves problèmes qualités : les turbines à gaz de

* Elèves ingénieur de l'Option « Systèmes de Production et Logistique » de l'Ecole des Mines ParisTech.

centrales héritées d'ABB s'avèrent défectueuses sans qu'Alstom ait pu le détecter, engendrant des pertes et pénalités s'élevant à plusieurs milliards de dollars.

La Direction prend alors conscience de l'importance de mieux structurer son système de production, et lance un vaste programme de formation de ses équipes aux techniques d'amélioration de processus lean et six sigma. M. du Laurens intègre ainsi en 2003 une formation Black Belt assurée par le cabinet de conseil Rath & Strong, avec les objectifs de certification suivants : une formation théorique de quatre semaines à plein temps, deux projets à mener ainsi que le coaching de plusieurs Green Belts.

Le premier projet de M. du Laurens a duré un an et demi, et a appliqué les méthodes Lean Six Sigma au Manufacturing. Il s'agissait d'identifier les causes du taux de rebut élevé (7%) constaté dans une usine spécialisée dans la fabrication de BLISKs (contraction de Bladed Disks – Disque Aubagé Monobloc), ces éléments moteurs de turbines d'hélicoptère ou de réacteur d'avion composés d'un arbre rotatif et d'ailettes intégralement usinés dans la masse.

De multiples causes ont été listées, allant des machines aux fournisseurs en passant notamment par les nombreuses opérations manuelles ou encore les outillages et les sous-traitants. Ces causes ont été hiérarchisées à l'aide d'un diagramme de Pareto, puis traitées, ramenant le taux de rebut en dessous des 4% pour un gain de 0,5 millions d'euros sur un chiffre d'affaire de 17 millions d'euros pour l'entreprise.

Le deuxième projet était lui transactionnel. En effet, la conception et le développement de réacteurs d'avion interviennent souvent à travers des contrats entre partenaires de partage des risques et des revenus (Risk & Revenue Sharing Partner). En conséquence, les commerciaux d'Alstom devaient démarcher les partenaires, puis négocier et signer avec eux un contrat. Or, il s'avère que les termes des contrats variaient considérablement d'un commercial à l'autre (sept en tout), générant des conditions de partenariat différentes. La mission était de réduire cette variabilité. Ce fut réalisé grâce à des interviews avec lesdits commerciaux, et des questionnaires qui ont permis d'identifier de surcroît leurs desiderata. Puis un système informatique a été développé, leur donnant les éléments de langage permettant la rédaction du contrat de manière plus standardisée.

En parallèle à ces deux projets, M. du Laurens consacrait une journée hebdomadaire à coacher jusqu'à 35 Green Belts, leur accordant 15mn chacun pour faire avancer leurs projets.

Ceci a abouti en 2006 à la certification Black Belt, et c'est en 2009 que M. du Laurens a rejoint LISI Aerospace.

2. Le Lean Six Sigma chez LSI Aerospace

2.1 Contexte

En recrutant M. du Laurens en janvier 2009, la Direction de LSI Aerospace ouvre un nouveau poste qui n'existait pas auparavant : Directeur Industrialisation et Progrès Continu du groupe. Ce poste présente deux volets, industrialisation et amélioration continue.

Cette décision est issue de trois circonstances. En mai 2008, le groupe LSI a connu vis-à-vis de son client Airbus un incident qualité majeur avec plusieurs milliers de pièces défectueuses. Airbus et LSI ont engagé d'importants moyens de recherche des causes d'une part, et d'identification du risque d'autre part, sans pour autant réussir à reproduire le problème en laboratoire. Une des causes des pièces défectueuses serait due à l'un des fournisseurs qui aurait dissimulé un incident sur un four de traitement thermique. Ceci a engendré une prise de conscience de la Direction, qui, soutenant une forte croissance du chiffre d'affaire entre 2003 et 2008, ne put en parallèle complètement structurer son appareil de production, ni parfaitement garantir la qualité des produits sous-traités à d'autres fournisseurs.

De ce fait, à l'été 2008, la Direction de LSI Aerospace a suivi un programme de formation de 3 jours au Lean Six Sigma et M. du Laurens a été recruté en janvier 2009. Le COMEX était donc sensibilisé à ces méthodes et prêt à soutenir et encourager les actions dans ce sens.

Enfin, par la structure et la spécificité de son outil industriel, LSI Aerospace est particulièrement bien adaptée aux techniques Lean Six Sigma. Avec des millions de pièces fabriquées chaque mois, et avec une diversité et une variété de produits importantes, dont le coût moyen unitaire n'est fondamentalement pas très cher, il est facilement possible de mettre en place des méthodes d'analyses statistiques. De plus, le secteur de l'entreprise n'est pas encore à un niveau de maturité industrielle tel qu'on peut le rencontrer dans l'automobile par exemple, donc des progrès significatifs peuvent être réalisés.

Encouragés par les clients, et pour faire davantage face à la concurrence, la Direction a saisi l'opportunité de réduire les gaspillages et la non-qualité, d'optimiser les flux et la logistique, d'étoffer le savoir-faire, de lancer des initiatives multi-sites sur des problèmes communs et de rendre plus robustes les processus.

Plusieurs enjeux ont été identifiés :

- Améliorer la rentabilité qui est pour le moment inférieure à celle affichée par les concurrents directs.
- Documenter le savoir-faire et catalyser l'émulation entre sites.

- Professionnaliser le processus d'amélioration continue et, par effet collatéral, optimiser le processus d'industrialisation.
- Etablir une méthodologie et un vocabulaire communs pour changer la façon culturelle d'aborder des problèmes.

Dans cet objectif, M. du Laurens a lancé un plan de déploiement du Lean Six Sigma sur trois ans à partir de 2009.

2.2 Plan de déploiement (2009-2011)

Le plan de déploiement a été défini et structuré autour d'un processus de certification interne à LISI, et d'une identité visuelle appelée LISIXSIGMA. Après le recrutement de trois Black Belts certifiés, l'objectif a été de former des Green Belts à un rythme soutenu sur tous les sites, pour atteindre 5% de l'effectif, du superviseur au cadre supérieur, sélectionnés suivant deux critères :

1. Leadership : gestion de projet, gestion d'équipe, agent du changement, orientation client...
2. Technique : Analyse de données, être à l'aise avec les statistiques et les indicateurs...

Les certifications LISIXSIGMA peuvent être obtenues avec les critères suivants :

- Certification Green Belt : formation théorique de 2 semaines, suivie de deux projets (un en Lean, un en Six Sigma) dont au moins l'un des deux en qualité de chef de projet.
- Certification Black Belt : formation théorique de 4 semaines, suivie de deux projets (un en Lean, un en Six Sigma), les deux menés en tant que chef de projet. De plus, la note d'au moins 14/20 doit être obtenue au QCM interne, et il faut avoir coaché au moins 4 Green Belts.

Le programme des formations a fait l'objet d'une attention particulière, il a fallu notamment choisir les outils techniques les plus pertinents dans le contexte de l'entreprise. Ont ainsi été sélectionnés 4 outils du Lean et 4 outils du Six Sigma que nous allons détailler succinctement ci-après.

Les outils du Lean mis en place chez LISI :

- Le 5S : il s'agit de faire le tri autour de l'opérateur en organisant de façon rationnelle son poste de travail pour réduire le risque d'erreur. Le 5S tire son nom des 5

premières lettres en japonais de principes simples à respecter (Ôter l'inutile, Ranger, Décraquer, Rendre évident, Être discipliné). En ne conservant par exemple sur le poste que les outils nécessaires, placés de façon ergonomique, en bon état de maintenance et avec des indicateurs physiques visibles sur le résultat obtenu, on améliore significativement la productivité.

- Le SMED, pour « Single Minute Exchange of Die », c'est-à-dire changement rapide d'outil. Cette méthode a pour objectif de réduire le temps d'un changement de série, et permettre ainsi de diminuer la taille de lot minimale, donc de gagner en flexibilité de l'outil de production. En effet, lors d'un changement de fabrication, le temps consacré au réglage (non valeur ajoutée) peut être important. Pour le diminuer, il s'agit de répertorier les opérations entrant en jeu, d'essayer de rendre externe un maximum des opérations réalisées en interne (c'est-à-dire machine arrêtée) puis d'optimiser les opérations nécessairement réalisées en interne.
- La VSM, pour « Value Stream Mapping », c'est-à-dire cartographie de chaîne de valeur ajoutée. Il s'agit de cartographier visuellement un processus en répertoriant et en chronométrant toutes les opérations allant de la matière première au produit fini. On sépare ensuite les opérations apportant de la Valeur Ajoutée (ce pourquoi le client est prêt à payer) de celles qui sont dites de Non-Valeur Ajoutée (généralement l'un des 7 gaspillages : Transportation, Inventory, Motion, Waste of time, Over-processing, Overproduction, Defects), puis on cherche à réduire ces dernières en optimisant le processus.
- Le Management Visuel dont l'objectif est d'avoir dans l'atelier des indicateurs physiques simples fournissant un environnement de travail avec les qualités suivantes : être au plus près possible de l'opérateur, faciliter la réactivité et la prise de décision, simplifier la définition des objectifs. Cela se présente en général sous la forme d'un tableau d'affichage mis à jour très régulièrement, où les objectifs ne sont jamais comptables ou abstraits mais très concrets. Cela développe la communication entre les acteurs car le tableau constitue un support de dialogue accessible en permanence, et implique l'opérateur en rendant visible sa contribution.

2.2.1 Les outils du Six Sigma mis en place chez LISI

Le Gage R&R, il s'agit d'un outil statistique dont le but est de jauger de la fiabilité et la stabilité d'un moyen de mesure, en termes de Répétabilité (2 mesures réalisées par un même opérateur sur un même échantillon conduisent au même résultat) et de Reproductibilité (2 opérateurs effectuant la même mesure sur un même échantillon conduisent au même résultat).

La méthode consiste à prendre 10 pièces, et à faire réaliser à 3 opérateurs 3 fois la mesure de chaque pièce. Une analyse statistique donne alors la part de variation de la mesure qui est due au système de mesure, à l'opérateur ou à l'échantillon. Evidemment, la variation due au système de mesure doit être négligeable devant l'intervalle de tolérance autorisé par le client.

Le SPC, pour Statistical Process Control, c'est-à-dire la maîtrise statistique des procédés. Il s'agit de mesurer à l'aide d'une carte de contrôle la capacité d'un processus, donc sa performance par rapport aux spécifications du client. On réalise un contrôle qualité dynamique en cours de production en prélevant des échantillons régulièrement dont on mesure la grandeur caractéristique (celle-ci doit varier normalement). On reporte chronologiquement ces mesures sur une carte de contrôle (avec en abscisse le temps, en ordonnée la grandeur), et une analyse de dispersion permet de fixer une limite haute et une limite basse de contrôle. On distingue alors les variations aléatoires (qui appartiennent à cet intervalle) et les variations spéciales (en dehors), pour lesquelles il faut mettre en oeuvre une politique corrective.

Les Tests d'Hypothèse, il s'agit de comparer plusieurs populations (même très réduites) et de déterminer si elles sont significativement les mêmes ou non. Par exemple, si on fabrique 5 pièces avec un jeu de paramètres et 7 pièces avec le même jeu de paramètres sauf un, on veut savoir si ce changement a modifié le processus de manière significative ou non. Deux types d'erreurs sont possibles : on décide que les pièces sont différentes alors qu'elles sont identiques (erreur de type I : on rejette une hypothèse vraie) ou on décide que les échantillons sont les mêmes alors qu'ils ne le sont pas (erreur de type II : on ne rejette pas une hypothèse fausse). Toutes les méthodes de tests d'hypothèses (test-t, ANOVA, χ^2 , etc) sont basées sur la détermination de coefficients permettant d'identifier la probabilité de commettre une erreur de type I, les erreurs de type II étant essentiellement liées aux techniques d'échantillonnage.

Le DOE, pour Design of Experiment, c'est-à-dire plan d'expérience. Il s'agit de déterminer l'influence de facteurs sur le résultat final qu'on étudie par la réalisation d'une série d'expériences. La difficulté est l'explosion combinatoire que cela engendre. Par exemple, si une grandeur dépend de 7 paramètres pouvant prendre chacun 2 valeurs, il faut réaliser $2^7=128$ expériences, ce qui est inenvisageable.

Le plan d'expérience permet de structurer les paramètres à faire varier de manière à minimiser le nombre d'expériences à réaliser tout en obtenant un résultat précis et exploitable avec par exemple 8 ou 16 expériences au lieu des 128.

C'est ce dernier outil qui a été utilisé dans le projet que nous allons détailler maintenant.

3. Focus sur un projet « Freinage à chaud, écrou titane »

3.1 Position du problème

En 2008, LISI a été sélectionnée par son client principal, Airbus, pour la fourniture de pièces répondant aux caractéristiques suivantes :

- Réalisation d'un écrou en titane (produit nouveau car usuellement seules les vis sont en titane, les écrous sont en acier)
- Utilisation d'un procédé de freinage à chaud (nouveau chez LISI). Un écrou dit freiné comporte une caractéristique visant à empêcher un desserrage accidentel par des vibrations.

Le processus de freinage vise à « frapper » à chaud l'écrou de manière à rendre son extrémité ovoïde et à augmenter ainsi les frottements avec la vis. Les spécifications sont constituées entre autres d'une borne supérieure sur le couple de vissage (pour pouvoir visser sans excessivement forcer) et d'une borne inférieure sur le couple de dévissage (pour que l'écrou ne se dévise pas une fois en place). Le test de conformité est destructif.

Enjeux : L'opération de freinage à chaud des écrous titane est une opération nouvelle, donc à maîtriser et à stabiliser pour éviter le risque d'envoyer des pièces non-conformes au client. Le contexte est sensible et délicat avec un client fébrile en raison de l'incident qualité de mai 2008 précédemment évoqué.

Objectif : Mise sous contrôle de l'opération de freinage à chaud, projet mené sous la responsabilité de M. du Laurens.

3.2 Mise en place de la méthode

La méthode employée est la méthode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). L'outil principal mobilisé est issu du Six Sigma, à savoir le plan d'expérience.

3.2.1 Define

L'échantillon de test a été déterminé : 768 écrous des diamètres 3/16e de pouce à 1 pouce, en déroulant une fois la méthode pour la référence standard 6/16e de pouce, avant de recommencer pour les autres.

Il s'agit ensuite d'identifier les paramètres influant sur le freinage. Pour cela, ont été réunis dans la même pièce tous les experts concernés de près ou de loin par le projet. Chacun a émis quelques hypothèses, puis un tour de table a été effectué pour les hiérarchiser. Sept paramètres

ont finalement été considérés, que ce soit sur le processus (comme la température ou le serrage des mors) ou sur le produit (ses différentes cotes par exemple), pouvant prendre chacun 2 valeurs.

Les grandeurs résultats seront notamment les couples de vissage maximum et de dévissage minimum, pour correspondre aux spécifications client. Ainsi, il faudrait réaliser 27×128 expériences pour chaque diamètre d'écrou, ce qui est irréalisable. Nous entrons maintenant dans la phase de mesure.

3.2.2 Mesure

Un protocole expérimental précis a été rédigé de manière à avoir des conditions d'expérience similaires pour chaque test, y compris pour chaque réplication de test, sur toute la durée du plan d'expérience.

La saisie des données précédemment définies dans le logiciel MINITAB® a permis d'établir un plan d'expérience comprenant 8 expériences caractéristiques en faisant varier l'ensemble des 7 paramètres. 26112 mesures ont été effectuées pendant plus d'un an, dont l'analyse était réalisée par M. du Laurens.

3.2.3 Analyze

Un diagramme de Pareto a permis d'isoler les paramètres les plus influents sur la performance du freinage, aussi bien ceux de l'écrou que ceux du processus de fabrication.

En outre, connaissant ces paramètres, le processus était suffisamment stable pour que l'on puisse prédire avec un très haut niveau de précision la valeur des couples de l'écrou sans avoir à procéder au contrôle destructif !

3.2.4 Improve

Le processus de fabrication des écrous a été réglé et stabilisé selon les paramètres étudiés : certains paramètres sur lesquels l'opérateur peut jouer ont fait l'objet d'un abaque ou alors ont été standardisés pour tout le processus. Ceci a engendré une standardisation du processus.

3.2.5 Control

Les paramètres les plus influents (caractéristiques clés) ont été mis sous SPC (Statistical Process Control) : mise en place de cartes de contrôle pour analyser dynamiquement la qualité et pouvoir réagir en mettant en place une politique corrective en cas de variation spéciale.

Une procédure à suivre par l'opérateur en cas de problème a également été mise en place.

Au final, ce projet a permis de réduire considérablement le taux de rejet, puisque depuis la clôture du projet en mai 2011, aucun lot n'a été rejeté en raison du freinage, et ce sur tous les diamètres. L'usine va d'ailleurs poursuivre et approfondir l'étude sur d'autres produits similaires.

3.3 Enseignements tirés

3.3.1 Difficultés rencontrées

La première difficulté fut liée au soutien de l'usine très inégal. Il s'agissait en effet d'un projet Six Sigma pilote, sur un processus et des produits nouveaux, avec un risque important sur le produit mais également sur la dynamique de déploiement de la démarche d'amélioration en cas d'échec.

En particulier, la Direction de l'usine était très sceptique vis-à-vis des techniques Six Sigma par rapport aux techniques classiques d'analyse (explication physique du phénomène étudié, savoir-faire et expertise internes, etc...). La mise en place du Six Sigma se heurte souvent à cette difficulté car d'un premier abord cette méthodologie semble remettre en cause une méthode de travail à laquelle les ingénieurs sont habitués, ce qui est toujours délicat.

La deuxième difficulté était la gestion de projet : « si c'était à refaire, il faudrait dédier un chef de projet à plein temps » affirme M. du Laurens. Ce projet était alloué en temps partiel, et a donc nécessité plus d'un an de travail « alors qu'il aurait pu être conduit en 2-3 mois à plein temps », ajoute-t-il. Il y eu énormément de mesures à réaliser et surtout à analyser. En outre, l'énergie déployée pour mobiliser l'équipe sur la durée du projet et pour respecter la discipline de la méthode fut conséquente.

Enfin, peut-être aurait-il fallu impliquer davantage les experts « freinage » des autres usines, pour multiplier les points de vue et les compétences, et favoriser l'appétence pour une telle démarche dans les autres usines.

3.3.2 L'apport du Lean Six Sigma

L'apport de la méthodologie, outre son cadre et sa structure, a permis d'exploiter complètement toutes les données, d'évaluer le risque pris à chaque décision et d'avancer méthodiquement dans la compréhension macro du processus de freinage à chaud et de ses paramètres influents.

L'apport du plan d'expérience a permis de fabriquer et de mesurer un nombre optimum d'écrou (ni trop ni pas assez) pour remplir les objectifs du projet.

La conséquence du freinage se matérialise par un phénomène de frottements entre l'écrou freiné et la vis, ce qui est très difficilement modélisable avec les outils classiques de modélisation numérique. L'emploi des techniques et des outils Six Sigma a permis de mieux comprendre le phénomène (quelles caractéristiques influencent quels paramètres et dans quelles proportions) et surtout de le mettre sous contrôle avec un très haut niveau de confiance.

4. Conclusion

Nous concluons cet article de façon dynamique en citant la réponse de M. du Laurens à la question suivante : « *Quels sont les trois conseils que vous donneriez à l'un de vos collègues s'il devait mener un projet Lean Six Sigma ? Quels sont les trois dangers risquant de faire échouer ce projet ?* »

« S'assurer que le problème traité est considéré comme prioritaire par la Direction ;- Utiliser et s'appuyer fréquemment et régulièrement sur les services d'un coach expérimenté (Black Belt) qui vous suivra de bout en bout. Idéalement, ce coach est une personne interne à l'entreprise ; Veiller à ce que le problème traité soit un problème proche du quotidien de la personne en charge du projet ».

Pour les échecs, clarifions d'abord ce que signifie un « échec » pour un projet. Un projet Lean Six Sigma peut s'arrêter à tout moment sans pour autant nécessairement considérer qu'il s'agit d'un échec. Un projet qui s'arrête en phase « Measure » ou « Analyze » aura très certainement permis d'apprendre beaucoup de choses sur le processus, ne serait-ce que sur l'étendue et la quantification du problème. Un vrai échec ne peut finalement intervenir que lors de la dernière phase « Control » où l'amélioration choisie devient soit caduque (par exemple, le processus est unilatéralement modifié entre-temps et rend caduque les données collectées précédemment) soit rejetée (la Direction n'est pas convaincue ou l'amélioration coûte trop cher au regard des gains potentiels), ce qui aura fait perdre du temps à l'équipe projet. Une autre source d'échec est le manque de pérennisation de l'amélioration, mais cela est dû en général à une phase « Control » incomplète.

En conséquence, les 3 dangers principaux que l'on peut retenir : « *Manque de temps et de ressources pour avancer et clôturer le projet ; L'étendue du projet est trop vaste dès le départ, le chef de projet s'enlise dans un plan de collecte de données trop important et ni le coach ni le sponsor ne réagissent. Bien s'assurer que l'étendue du projet est gérable dans le temps imparti. Le changement culturel et/ou technique que le projet engendre est trop important ou sous-évalué, par conséquent les conclusions du projet restent sans application.* »