

UN DEPLOIEMENT DU LEAN SIX SIGMA DANS L'INDUSTRIE AERONAUTIQUE : METHODOLOGIE ET RESULTATS

Simon DESINDES*

Résumé. - Le déroulement du déploiement de la démarche Lean Six Sigma dans une ligne de production de pièces aéronautiques est présenté. A travers les différentes étapes de la transformation d'une ligne de production vers un fonctionnement Lean, la méthodologie, qui suit presque fidèlement la démarche DMAIC, quelques fragments du déroulement de la transformation et ses résultats permettent de présenter une expérience concluante pour des entreprises de très haute technologie, qui se focalise avant tout sur les performances techniques de leur produit, avant le respect des coûts et des délais. Les enseignements tirés de ce déploiement ont une portée générale, qui dépasse le cadre de l'industrie aéronautique.

Mots-clés : Lean-Six Sigma ; Conduite du changement ; DMAIC ; Aéronautique.

1. Introduction

Les démarches d'amélioration des processus dans les entreprises sont toutes parées aujourd'hui du terme *Lean*, décliné suivant les secteurs où elles sont déployées en *Lean Manufacturing*, *Lean Engineering* ou encore *Lean Office*, le Toyota Production System (TPS) étant érigé comme un idéal. Il ne faut pourtant pas oublier que le terme Lean n'a pas été prononcé pour la première fois par un japonais, mais par un américain (Krafcik, 1988) , avant d'être popularisé par des professeurs du M.I.T. (Womack, Jones, & Daniel, 1990), pour qualifier une entreprise ayant surpassé en tout point le paradigme de la production de masse, incarné à l'époque par General Motors. Il y a près de trente ans, Toyota était une entreprise moitié plus petite que le colosse américain. Womack, Jones et Ross prédisaient cependant déjà un triomphe

* Responsable Méthodes Usinage Turbine, simon.desindes@polytechnique.edu.

inexorable des entreprises *Lean*. Bien qu'ils se concentraient sur le fonctionnement de l'industrie automobile, les mêmes auteurs promouvaient le principe de « transfert » (*transference* en anglais) : le *Lean* peut s'appliquer dans des entreprises qui ne sont ni japonaises, ni dans le secteur automobile. Leur conviction étant que les défis rencontrés par les managers opérationnels étaient universels.

Dans cet article est présenté un déploiement du *Lean* dans une entreprise aéronautique qui n'en est pas à sa première tentative de changement. Comme d'autres secteurs avant elle, l'industrie aéronautique française est de plus en plus soumise à une pression concurrentielle de la part des clients, que sont les compagnies aériennes. La durée d'exploitation d'un avion étant de l'ordre d'une quarantaine d'années, la décennie qui vient est déterminante pour l'ensemble des acteurs de l'aéronautique, et notamment pour Aerospace (nom de l'entreprise modifiée, utilisé dans toute la suite de l'article). Avec les nouvelles contraintes réglementaires, notamment environnementales, et le renouvellement des catalogues avions, améliorer ses délais de production tout en maintenant son niveau de qualité est devenu une nécessité pour répondre à des clients toujours plus exigeants. L'arrivée sans doute prochaine de nouveaux acteurs issus de grands pays émergents incite aussi à améliorer sa compétitivité.

Équipementier de rang mondial, Aerospace s'est lancé depuis quelques années dans le déploiement progressif du *Lean*, dans ses centres de production bien évidemment, mais aussi dans ses bureaux d'études et des méthodes.

2. Méthode de déploiement

Avec comme objectif d'améliorer continuellement sa marge opérationnelle et de maintenir sa compétitivité tout en satisfaisant ses clients, Aerospace s'est engagé depuis plusieurs années dans un déploiement des démarches de *Lean Manufacturing* et *Lean Office*, ainsi que dans l'utilisation du *Six Sigma*.

A la différence des tentatives de changement « global » d'une entreprise, qui se heurte souvent à une résistance au changement difficile à circonscrire, l'originalité de la méthode de déploiement consiste à réaliser une transformation, vers un fonctionnement *Lean*, limitée à la fois dans le temps, trois mois et demi, et dans l'espace. Idéalement une ligne qui produit plusieurs références, mais d'un même sous-ensemble.

La transformation *Lean* s'appuie sur des spécialistes formés à la conduite du changement, les *Black Belts*, formés aux outils et à la démarche DMAIC. Ils ont pour mission de piloter et d'aider le chef de ligne à changer le fonctionnement et surtout les comportements pour améliorer la productivité, tout en réduisant les coûts. Devant le succès rencontré sur les premières lignes de production, la démarche s'est institutionnalisée et est désormais pilotée par une direction *Lean-Six Sigma*. L'objectif est de créer à la fois une mini-révolution locale, à même

de jeter les bases d'une ligne de production plus efficace, mais aussi de mettre en place les mécanismes favorisant le progrès continu. Dans un souci de standardisation, la méthodologie et les outils utilisés sont ceux de la démarche DMAIC. Le reporting auprès des responsables de fabrication et le passage des jalons se déroulent lors d'un comité de pilotage hebdomadaire qui permet aussi de traiter les points ralentissant l'avancée des chantiers, notamment dans les phases I et C.

L'utilisation des outils de la démarche *Lean-Six Sigma* permet aussi de garder une vision globale sur le processus, tournée vers la satisfaction du client. Dans notre cas, le client est l'usine d'assemblage des pièces, qui souhaitait en premier lieu être livrée à l'heure et de façon régulière sur tous les jours de la semaine.

Dans tous les cas vécus, la transformation n'a été un succès que si quatre grands acteurs arrivent à travailler en bonne intelligence :

- Le Garant du projet. Chez Aerospace, il supervise plusieurs lignes de production et rend compte directement au directeur d'usine. Il s'assure que les moyens nécessaires à la réussite du projet sont mis à disposition. Il contribue à rendre crédible la volonté de changement.
- Le Pilote. Le chef de ligne dans le cas d'une ligne de production. Il est intégré dans l'équipe projet avec les *Black Belts*. Pendant la transformation, il est très sollicité et doit consacrer les trois-quarts de son temps aux travaux de l'équipe.
- Les *Black Belts*. Catalyseur du changement. Ils sont responsables de l'analyse et s'assurent du suivi rigoureux de la méthode de déploiement. Ils sont aussi responsables de la formation et de la création de la démarche d'amélioration continue. Ils ont reçu une formation orientée *Lean-Six Sigma* et ont pour la très grande majorité plus de cinq ans de présence dans l'entreprise.
- Les responsables locaux des actions d'amélioration. Présents avant l'arrivée des *Black Belts*, avec des chantiers déjà identifiés, il est crucial de les faire adhérer à la transformation. Ils peuvent être chargés de se concentrer sur des actions d'amélioration jugées prioritaires par l'équipe projet. Ils seront les garants au départ des *Black Belts* du suivi des actions d'amélioration continue.

De façon systématique, un chantier *Lean* est constitué chez Aerospace de 6 phases présentées dans la Figure 1. Dans la suite, quelques éléments du diagnostic et de la mise en œuvre seront présentés pour illustrer la démarche. A noter que comme dans de nombreux chantiers *Lean - Six Sigma*, les phases de mesure et d'analyse sont regroupées, avec un passage de jalon unique.

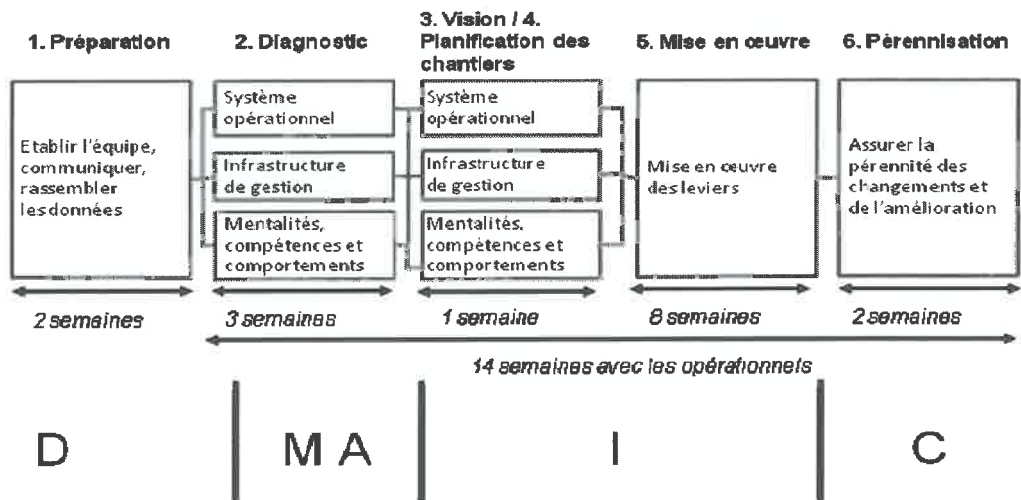


Figure 1 : Les six phases de la transformation, et leur articulation avec la démarche DMAIC.

3. Présentation d'une partie de l'analyse menée sur une ligne de production

L'analyse de la situation a, par définition, lieu lors du diagnostic. Elle peut être complétée de façon marginale au fur et à mesure de l'avancée des chantiers. La première étape de l'analyse consiste à représenter le flux physique des pièces.

3.1 Le processus de fabrication

3.1.1 Un déroulé opératoire complexe, avec des leviers d'amélioration à identifier

La première étape de l'analyse est l'occasion de réaliser un value stream mapping. Lors de cette première phase, réalisée avec les acteurs de la ligne, les postes goulots ainsi que les opérations prioritaires à étudier sont notamment identifiés. Réalisés avec l'encadrement de la ligne, cette phase est idéale pour faciliter le premier contact et doit être réalisée en remontant le flux des pièces.

Dans la ligne de production étudiée, les machines de fraisage sont les seules à tourner en continu tout au long de l'année. Une pièce, suivant sa référence, passe sur ces machines jusqu'à trois fois au cours de son cycle. La première fois pour une opération d'ébauche, les deuxième et troisième fois pour des opérations de finition. Chaque machine est capable de réaliser à la fois l'opération de finition et l'opération d'ébauche et ce sont donc les agents de maîtrise qui décident de l'affectation d'une machine à un type d'opération.

Par ailleurs, les opérations de fraisage durent près de 40 heures, et il n'existait pas au début du projet de suivi de production sur ces machines. Pour les opérationnels, ces machines

représentent le goulot de la ligne. Pour s'en assurer, il convient de mener une étude charge/capacité. Dans le cas présent, cela a consisté à vérifier toutes les hypothèses utilisées par le chef de ligne pour aboutir à cette conclusion.

3.1.2 Des moyens apparemment utilisés à leur limite de capacité

L'étude charge/capacité menée au cours de cette phase de diagnostic montre que les machines de fraisage n'ont pas la capacité d'absorber la charge des années à venir. Sur la Figure 2, les résultats sont détaillés. La courbe jaune représente la capacité démontrée par la ligne. Elle est exprimée en nombre de machines de fraisage. La charge est obtenue en multipliant le nombre d'heures nécessaires pour produire une pièce par le nombre de pièces totales à produire. On divise ensuite ce nombre par le nombre d'heures qu'une machine peut fonctionner au cours d'une année pour exprimer la charge en nombre de machines. Il semble donc nécessaire d'engager rapidement de nouveaux investissements pour satisfaire le besoin client. A noter que bien que l'étude charge/capacité doit normalement être menée par le chef de ligne, ce dernier ne va pas forcément assez dans le détail pour produire des résultats cohérents.

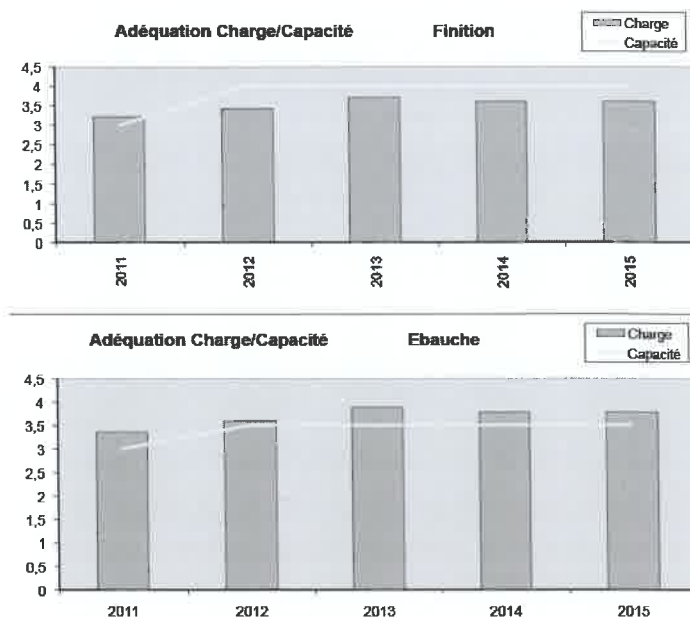


Figure 2 : Etude Charge/Capacité pour les opérations de fraisage des grandes références. La capacité actuelle ne suffit visiblement pas à absorber la charge prévisionnelle.

3.1.3 Une étude charge/capacité à remettre en perspective avec l'organisation actuelle du travail

On ne peut s'arrêter à raisonner sur des graphiques pour juger s'il est nécessaire d'envisager immédiatement de nouveaux investissements. Il faut aussi s'intéresser à l'aspect organisationnel du travail.

Dans la pratique, il y a six centres d'usinage pour les grandes références et trois centres d'usinage pour les petites références. Les machines de fraisage étant des goulots, comme indiqué précédemment, les équipes travaillent en 3x8, et deux compagnons travaillent le week-end pour en assurer le fonctionnement.

Dans un souci de compétitivité, une organisation multiposte a été mise en place bien avant l'arrivée de l'équipe Black Belts. Il y a ainsi cinq compagnons par équipe pour assurer la surveillance des neuf centres d'usinage. Mais ces compagnons sont aussi chargés de faire fonctionner cinq autres machines. Au total, on se retrouve dans une situation d'environ 1 homme pour 2,5 machines.

L'influence de cette organisation multiposte sur la productivité, n'avait jamais été étudiée. Il paraît raisonnable intuitivement de penser qu'en supervisant plusieurs machines, un opérateur peut ne pas détecter immédiatement qu'une machine doit être relancée, notamment s'il est occupé pour relancer une autre machine.

Un des premiers axes du diagnostic a ainsi consisté à analyser en détail l'influence de cette organisation en multiposte sur la productivité.

3.1.4 Une observation dynamique a permis d'identifier des réserves de capacité

Les cycles de fraisage par pièces sont extrêmement longs, s'étalant de 50 heures à 110 heures pour certaines références. Il était donc impossible de regarder en continu l'opération pour une seule pièce. Pour garder une vue globale sur la performance du fraisage dans toute la ligne, il a été décidé de suivre l'état de fonctionnement des machines.

Pour ce faire, un tour dans l'atelier toutes les quinze minutes permettait de vérifier l'état de marche des centres d'usinage. Ce relevé a été réalisé pendant une semaine, sur une durée cumulée de 30 heures. Comme toute observation, elle ne reflète qu'une partie de la réalité. En cas de non fonctionnement d'une machine, la cause de l'arrêt était notée. Chaque machine étant équipée d'une commande numérique donnant directement cette cause, un passage discret près de la console permettait de recueillir des informations sans créer un biais d'observation. Néanmoins, à force de voir passer un Black Belt dans l'atelier, les machines ont de mieux en mieux fonctionné. En aparté, cela montre l'importance de la présence sur le terrain de la hiérarchie pour le bon fonctionnement de la ligne.

La Figure 3 résume les résultats de l'observation et les principaux leviers permettant d'obtenir la productivité actuelle. Une augmentation de 15% de la productivité sur les centres d'usinage des grosses références (appelés Gros C.U., Petit C.U. faisant référence aux machines d'usinage des petites références) est ainsi atteignable à effectifs constants, en améliorant notamment l'utilisation de la palettisation et la gestion des stocks outils. Par ailleurs, les opérateurs n'ayant pas toujours immédiatement l'information qu'une machine s'est arrêtée, la mise en place d'un système d'avertissement en temps réel leur permettrait d'intervenir plus rapidement.

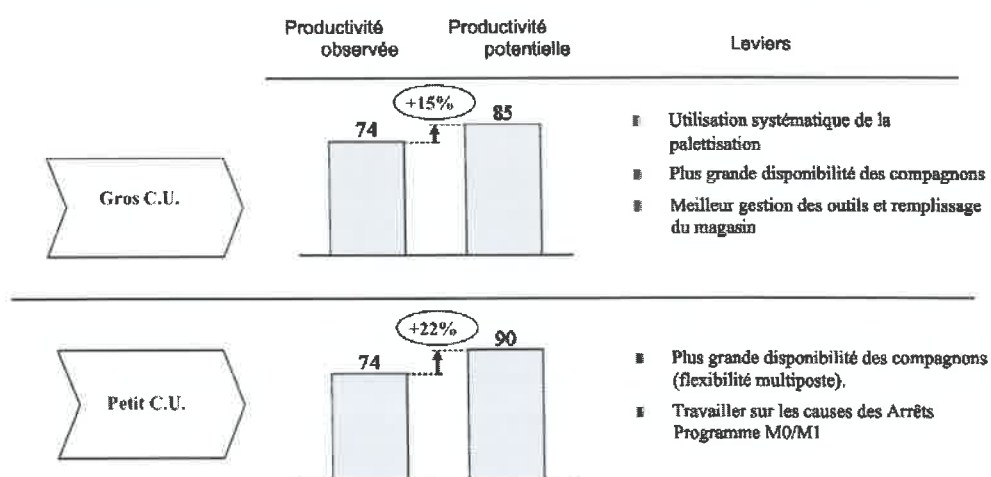


Figure 3 : Les observations montrent que la productivité des machines de fraisage peut être augmentée d'au moins 15% (C.U. = centre d'usinage).

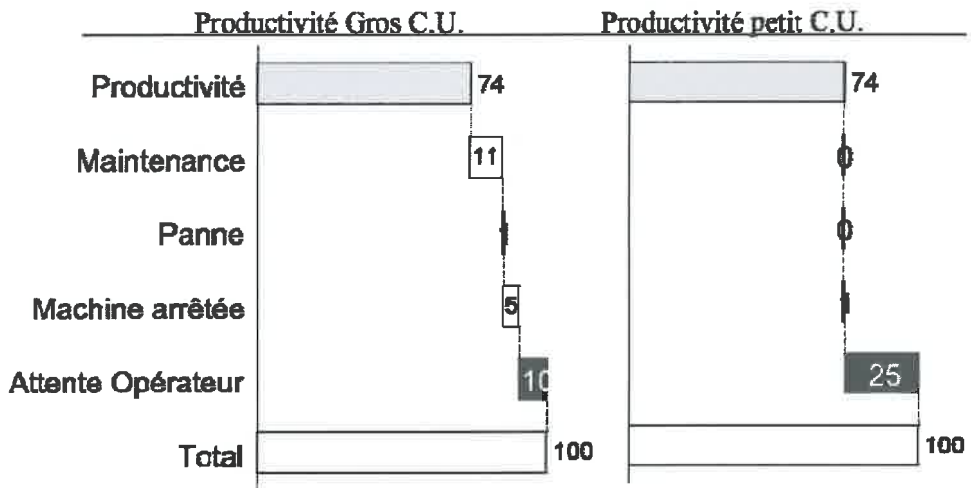


Figure 4 : Analyse du fonctionnement des centres d'usinage. Une grande partie de la perte de productivité est due au délai avant intervention d'un opérateur sur une machine arrêtée (C.U. = centre d'usinage).

La Figure 4 détaille l'ensemble des causes de non-productivité. A noter que sur la période d'observation (30 heures), aucune panne ni aucune opération de maintenance n'a été réalisée sur les petits centres d'usinage, ce qui laisse supposer que la productivité réelle est inférieure à celle mesurée.

Si des actions ont d'ores et déjà été lancées pour réduire les temps de panne et de maintenance (en définissant des créneaux de maintenance préventive), on observe que la cause principale de perte de productivité est l'attente d'un opérateur pour intervenir sur la machine (appelé AP M0 pour arrêt programmé de type M0 sur la Figure 5). Cette attente représente 10% des temps d'arrêts pour les gros centres d'usinage, et représente 25% des temps d'arrêts pour les petits centres d'usinage. Ce temps d'attente opérateur est dû en partie à l'organisation multiposte mais la Figure 5 montre dans le même temps qu'il est possible de le réduire d'au moins 70%.

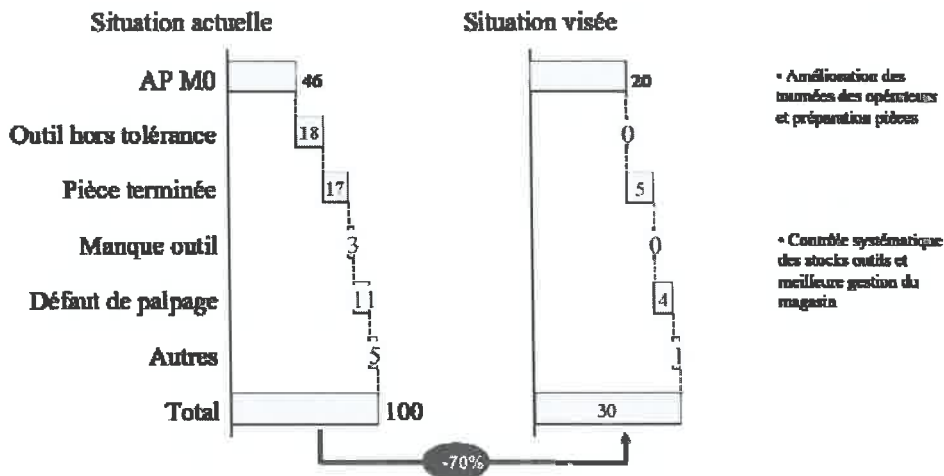


Figure 5 : Les temps d'arrêt machine peuvent être réduits de 70% en menant des actions simples.

En effet la première cause d'attente est due aux arrêts programmes M0 (AP M0), qui sont des arrêts déclenchés à l'avance par l'opérateur. Si un tel arrêt est demandé, le programme s'arrête à la fin de l'instruction en cours d'exécution et attend que l'opérateur vienne le relancer. Sachant qu'une instruction peut durer 1h30, il est fréquent que le compagnon demande un arrêt puis, partant sur une autre tâche, oublie de revenir relancer la machine. Ce type d'arrêt est souvent demandé après un changement d'outil ou pour vérifier un état de surface au changement d'équipe. Une grande part de la diminution des arrêts viendra aussi du changement des états d'esprit des compagnons. En effet, la machine possède les moyens de juger la qualité de son travail, et s'arrête d'elle-même en cas d'écart dans les tolérances, il est donc inutile de l'arrêter pour vérifier son travail.

L'action de suppression des outils hors tolérance a été réalisée au cours de la mise en œuvre, en supprimant les vieilles références et en arrêtant la machine là où ils étaient le plus fréquemment utilisés.

La perte de productivité engendrée par l'attente de l'opérateur une fois la pièce terminée peut être corrigée de deux manières. D'abord en donnant de la visibilité à l'opérateur sur l'heure estimée de fin de programme. Ensuite en permettant à l'opérateur d'utiliser le système de palettisation des machines pour pouvoir monter ou démonter les pièces en temps masqué. Aujourd'hui la palettisation est très peu utilisée, car l'absence de gestion prévisionnelle de la production obligeait à des montages/démontages trop fréquents. C'est d'autant plus dommageable que l'option de palettisation a été payée au prix fort au fournisseur (25% du coût de la machine).

3.2 Traitement de la non-qualité

C'est un des enjeux majeurs dans l'industrie aéronautique. Les pièces fabriquées par Aerospace ayant un coût pouvant dépasser souvent les dizaines de milliers d'euros, le coût d'un seul rebut a un impact immédiat sur le bilan financier de la ligne de production. Sur la ligne étudiée, le prix d'une pièce brut était de plusieurs milliers d'euros.

Au niveau de la ligne étudiée, le diagnostic a révélé que la non-qualité est subie, et que peu d'actions correctives sont pilotées par les responsables de la ligne, d'autant que le dialogue personnel entre responsables de la production et de la qualité est difficile.

3.2.1 Une non-qualité évitable, ayant un impact financier non négligeable

Bien qu'une étude Six Sigma ait été réalisée pour tenter de diminuer le nombre de rebuts dû au processus sur une opération précédant le fraisage (50% des rebuts), le diagnostic a révélé que les conclusions de l'étude n'ont pas encore été mises en place. Cela est l'occasion de rappeler l'importance des deux étapes cruciales du PDCA que sont les étapes de vérification (Check) et de pérennisation des résultats obtenus (Act).

Le coût total des rebuts de la ligne sur l'année 2010 était de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'euros.

3.2.2 La majorité des déclarations d'anomalies et dérogations sont réalisées lors du contrôle final

Un des piliers de l'assurance qualité est de chercher à détecter et à corriger le défaut le plus tôt possible après sa création, en incluant par exemple le palpage automatique lors des opérations sur machine, ou en développant le contrôle intégré. Chez Aerospace, l'opérateur qui réalise une opération est censé contrôler la pièce après cette opération, avant de la transmettre à l'étape suivante (s'inspirant du principe classique : « La prochaine étape, c'est le client »). Néanmoins, les défauts ne sont pas toujours détectables à l'oeil nu, et on trouve des opérations de contrôle plus poussées le long de la gamme de fabrication.

Avant la livraison finale, une dernière opération de contrôle est réalisée, et l'ensemble des relevés de cotes est interprété. La Figure 6 présente l'état actuel de la détection de la non-qualité pour la référence de plus forte cadence de la ligne. On peut lire en abscisse le numéro d'opération où le défaut est détecté, en ordonnée le numéro d'opération de création du défaut. Si un point se trouve sur la diagonale, c'est que le défaut a été détecté à l'opération à laquelle il a été généré. A l'inverse, plus le défaut est détecté tard, plus le point se décale vers la droite. La taille des points est proportionnelle au nombre de déclarations d'anomalies générées par l'opération.

On peut donc voir sur la Figure 6 que 90% des déclarations d'anomalies sont réalisées juste avant la livraison, à l'opération de contrôle final. Cette situation se retrouve pour toutes les références produites dans la ligne et a plusieurs conséquences. D'abord les défauts sont détectés juste avant la livraison, c'est à dire qu'une pièce potentiellement à problème aura parcouru toute la gamme avant d'être éventuellement retouchée ou rebutée, entraînant un gaspillage de ressources, de temps, et se répercutant au final en trésorerie immobilisée sous forme de stock. Ensuite, la pression de la livraison incitant à chercher par tous les moyens à solder une dérogation le plus rapidement possible, la recherche des causes racines est rarement menée. Rien ne permet donc d'affirmer que la survenue du même défaut ne surviendra plus. La mauvaise gestion de la non-qualité a un impact sur le cycle de fabrication et sur les coûts de revient des pièces.

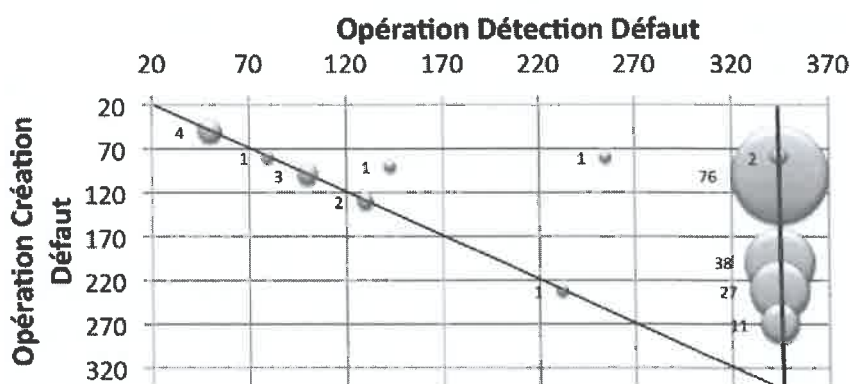


Figure 6 : Matrice d'auto-qualité pour une référence de la ligne.

L'absence de pilotage d'une opération réalisée par un prestataire entraîne simultanément sur-qualité et non-qualité exportée.

Quand on analyse plus en détail les causes de déclarations d'anomalies, le plus grand contributeur est l'opération suivant l'opération d'ébauche (correspondant au rond de taille 76 sur la Figure 6. Or, là encore cette non-qualité est subie. Sur toutes les références produites, cette opération nécessaire à l'obtention des spécifications aérodynamiques exigées par le bureau d'études est réalisée par un prestataire extérieur. La réalisation de cette opération longue (de l'ordre de 20h par pièce) et pénible est contrôlée en interne, au retour de la pièce, par des inspecteurs. Si la pièce nécessite des retouches mineures éventuelles, des ajusteurs en sont chargés. Dans le fonctionnement actuel, de nombreuses retouches devenues systématiques sont directement réalisées par les ajusteurs, sans que l'inspecteur ait forcément vu la pièce. Or, cette situation entraîne un gaspillage majeur : la surqualité ou le masquage de la non-qualité exportée. L'ajusteur n'étant pas suffisamment formé à la détection des défauts, il « ajuste » parfois l'ensemble d'une zone de la pièce sans se demander si cela est nécessaire. Il se justifie d'ailleurs en expliquant que c'est un « gain de temps pour l'inspecteur ».

De même, le contrat passé avec le prestataire ne prend en compte que de manière partielle les spécificités techniques attendues pour le produit final. On demande au sous-traitant d'obtenir une qualité précise sur l'état de surface, mais pas la valeur d'épaisseur de la pièce, ce qui nécessite des retouches qui n'en sont plus, tant elles deviennent systématiques.

4. Conduite des projets

Dans cette partie sont présentées quelques actions mises en œuvre pour dégager les gains potentiels identifiés dans la partie précédente d'analyse. Dans la pratique, chaque chantier fait l'objet d'une planification et est mené en étroite collaboration avec un pilote choisi parmi le personnel opérationnel. Suivant la nature du chantier et sa complexité, le pilote a par exemple été le chef de ligne, un superviseur ou un responsable méthode. Le choix d'un pilote « interne » permet l'appropriation et l'implication de l'encadrement, l'avancée des chantiers étant revue toutes les semaines au cours du comité de pilotage.

4.1 *Amélioration de la productivité en fraisage*

4.1.1 **Mise en place d'un système de gestion de la performance**

Lors du diagnostic, il est apparu que la production hebdomadaire des machines de fraisage n'était pas suivie par la ligne, qui se focalise uniquement sur les opérations en fin de gamme et la livraison des pièces.

Personne n'est capable de donner avec certitude le temps réel d'un programme de fraisage. Cette situation a pour conséquence de mettre en doute les études charge/capacité menées, et empêche de déterminer précisément si les compagnons ont fait une « bonne » ou une « mauvaise » journée en terme de performance. Il a donc été décidé de mettre en place des outils permettant de suivre l'avancement des pièces, ce qui permet indirectement de mesurer la productivité machine.

La Figure 7 présente le système de management visuel mis en place. Pour suivre à la maille de l'équipe le travail effectué, des réunions de début et de fin de poste sont l'occasion de se rassembler autour de ce tableau et de faire le point.

S'il est nécessaire lors de ces revues d'équipe de décaler les bandes magnétiques, représentant le temps de réalisation d'un programme de fraisage, cela doit désormais s'accompagner d'une explication. Pour améliorer l'organisation actuelle du multiposte, les opérateurs sont désormais nommément responsables pendant la durée de l'équipe du bon fonctionnement d'une machine, à la différence de l'ancien système où le compagnon était virtuellement responsable de toutes les machines. Par ailleurs, ce nouveau système permet aux compagnons d'avoir de la visibilité sur la charge de travail qu'ils auront à réaliser une fois la

pièce en cours terminée, ce qui leur permet, dès lors, d'utiliser le système de palettisation des machines de fraisage, permettant les montages/démontages en temps masqué.

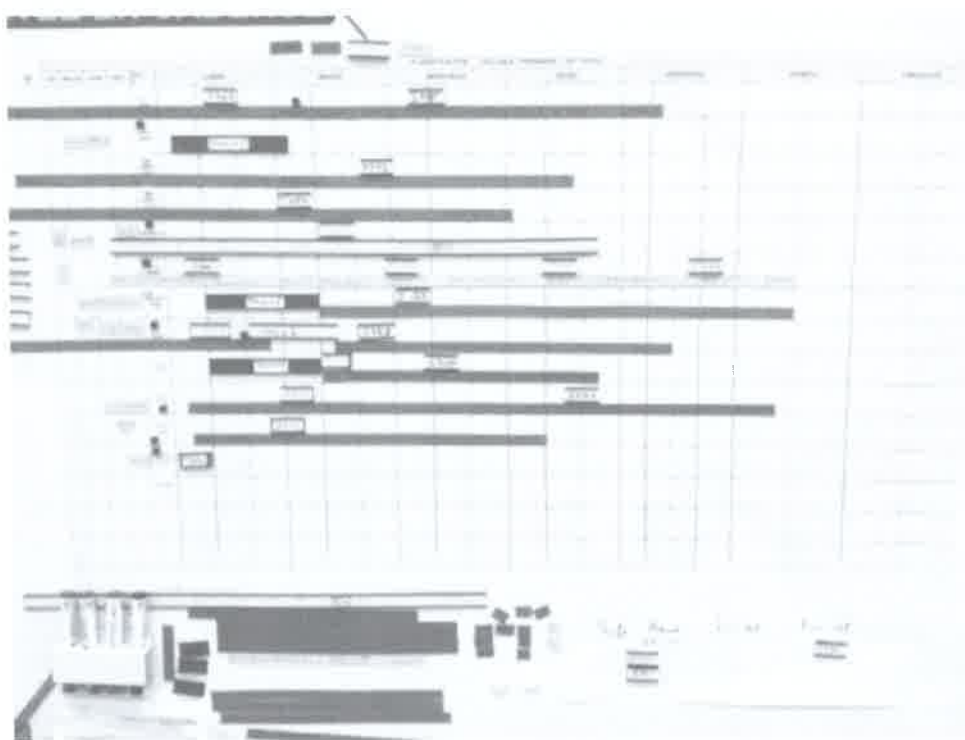


Figure 7 : Le tableau de suivi des opérations de la semaine en fraisage.

4.1.2 Gestion des stocks outils

Sur les petits centres d'usinage, de nombreux arrêts machines sont dus à un manque d'approvisionnement des outils (avec des durées d'arrêt observées parfois supérieures à la demi-journée, cf. Figure 5). Un value stream mapping de l'approvisionnement en outils a donc été réalisé. Il a révélé que l'approvisionnement en outils coupants ne reposait que sur un seul opérateur, en 3x8, et qu'en son absence ou lorsqu'il était de nuit, survenaient les pénuries en outils coupants. Dès lors, il a été décidé de binômer ce compagnon avec le responsable outillages de la zone, présent, lui, en journée.

4.2 *Traitement et pilotage de la non-qualité*

4.2.1 Mise en place d'un « stop anomalie »

Un des points d'amélioration identifiée dans le diagnostic initial est le pilotage de la qualité. Pour améliorer le processus et, à terme, réduire les temps de cycle, il faut s'assurer d'un traitement rapide de la non-qualité et prévenir la récurrence des défauts. Pour cela il a été décidé de mettre en place une réunion stop anomalie.

L'objectif de cette réunion quotidienne, d'une durée de quinze minutes, est de rassembler un responsable de la ligne, un responsable de la qualité ainsi que des interlocuteurs du bureau des méthodes et du bureau d'études pour permettre à chacun de prendre connaissance le plus rapidement des nouvelles déclarations d'anomalie.

Au cours de la réunion sont présentés les éventuels résultats de l'analyse des causes racines, et les pièces sorties du flux sont clairement identifiées pour en permettre une réintégration rapide. La Figure 8, le tableau du stop anomalie présente les deux parties du tableau située en zone de stop anomalie. Une première partie de la réunion se concentre sur l'aspect d'analyse de la non-qualité, tandis que la deuxième partie traite de la manière de réintégrer les pièces en non-qualité dans le flux. La recherche de causes racines peut prendre un certain temps, il n'y a donc pas forcément de nouveaux développements tous les jours.

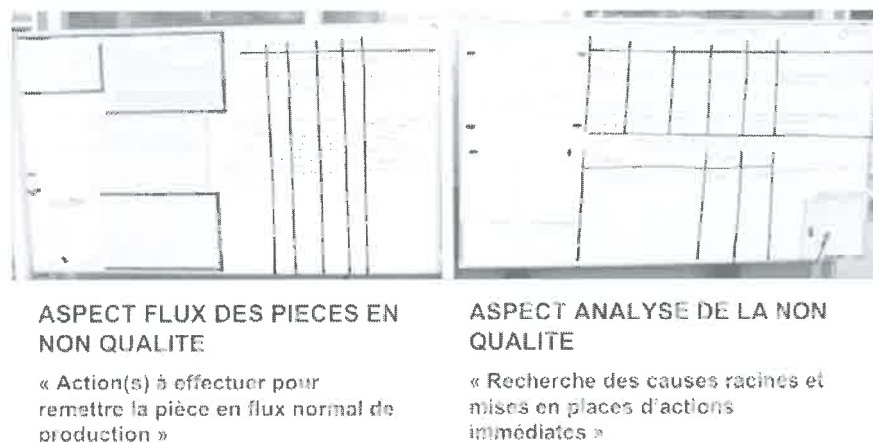


Figure 8 : Le tableau du stop anomalie.

La difficulté dans la mise en place de la réunion a consisté à faire dialoguer des acteurs qui ne se parlaient pas toujours directement. Mais une fois les premières réunions passées, la dynamique s'est maintenue. La création de cette réunion s'est accompagnée de la création d'une zone de quarantaine sur la ligne pour permettre visuellement d'identifier l'ensemble des pièces en attente de réintégration dans le flux. En stockant toutes les pièces au même endroit, cela permet d'identifier rapidement un début de crise qualité. Par ailleurs, les pièces en non-qualité étant stockées auparavant « n'importe où », et souvent en zone d'attente contrôle, le flux de pièces à chaque poste de travail est devenu plus visible.

4.2.2 Création d'une pièce étalon et formation des opérateurs

Pour s'attaquer aux problèmes de non-qualité exportée du sous-traitant et éventuellement de sur-qualité au niveau de l'ajustage des pièces, une pièce étalon de la référence la plus produite a été réalisée pour permettre de dissiper les éventuels flous dus à l'interprétation d'une définition papier. C'est pour cela que les zones critiques et les défauts acceptables ou non ont été

marqués sur la pièce étalon puis pris en photos, un fichier interactif permettant ensuite de naviguer dans la « défauthèque » imagée. Ce fichier a été conçu par le bureau d'études, en collaboration avec l'équipe Black-Belt pour assurer sa pérennité.

Une formation des ajusteurs et des inspecteurs en interne a été réalisée en collaboration avec le bureau d'études pour remettre à jour la liste des défauts acceptables et présenter le fonctionnement de la pièce étalon. Cette dernière va ensuite être envoyée au sous-traitant de l'opération de polissage avec comme objectif de diminuer l'ajustage résiduel nécessaire en interne. La direction des achats, responsable de la relation contractuelle avec le sous-traitant, a été intégrée tout au long de la démarche.

5. Résultats 14 semaines après le départ de l'équipe projet

La pérennité des actions entreprises au cours du projet étant un critère important pour évaluer la réussite du changement, le bilan d'une transformation lean n'est évalué par la direction industrielle que 14 semaines après le départ de l'équipe projet. Cette évaluation repose sur deux critères, le gain d'EBIT, traduisant une meilleure efficacité de production et le gain en cash, traduisant une plus grande efficacité. En effet, diminuer les stocks peut être obtenu par une diminution des cycles de production, par exemple en diminuant la non-qualité.

L'ensemble du travail réalisé n'est pas présenté dans cet article, les gains obtenus sont ceux du projet dans sa totalité. Entre parenthèses sont indiqués les gains directement imputables aux deux sous-projets présentés.

Les gains sont donnés en pourcentage du chiffre d'affaires 2010 de la ligne.

Résultats obtenus	
Gain EBIT	+ 30 % (+25%)
Cash	+ 10 % (+2%)

Tableau 1 : Résultats obtenus 14 semaines après le départ de l'équipe Black-Belt.

Le gain d'EBIT est conforme aux prévisions de l'équipe projet, le gain en liquidités est un peu deçà des espérances et s'explique par des difficultés toujours persistantes dans la gestion de la qualité avec le sous-traitant et la difficulté pour les ajusteurs à changer leur mode de travail.

6. Conclusion

La méthodologie de déploiement d'une transformation Lean a été succinctement présentée, de la phase de diagnostic à celle de mise en œuvre.

Le respect du cadre global de la méthode DMAIC permet de traiter parfois moins de problématiques qu'espérées initialement. Cependant, grâce à la phase C, il assure la pérennisation des changements apportés, qui sont parfois très importants (comme mettre en place une revue de pilotage quotidienne au poste avec les opérateurs).

Les succès obtenus au cours des trois mois et demi de présence des Black Belts sur la ligne de production, qui se sont confirmés plus de trois mois après par des gains financiers, permettent de dégager les atouts nécessaires à la réussite du changement :

- Avoir le soutien des chefs. Sans comité de pilotage, sans appui du directeur local, inutile de se lancer. Avoir des dirigeants qui croient à la démarche facilite la mise en œuvre.
- Associer l'encadrement de la ligne dès le début à la démarche. Les Black Belts doivent susciter l'adhésion, ne pas faire seul mais aider les opérationnels à faire, pour qu'ils s'approprient les outils, et qu'ils soient capables de les appliquer dans le futur. Il ne faut pas changer l'encadrement au cours, ou rapidement, après la fin du projet.
- Former tous les acteurs. « Le Lean, c'est avant tout un état d'esprit ». Le chef de ligne doit accepter de dégager des créneaux de formation pendant les heures de production. Cela permet aux Black Belts de faire participer aussi les compagnons dans la redéfinition des méthodes de travail. Au cours de la transformation présentée, les superviseurs étaient notamment coachés parfois plus d'un jour par semaine pour prendre la mesure de leur nouveau rôle.
- Avoir des objectifs ambitieux, mais réalistes. Trois mois et demi, c'est très court. Il faut se concentrer sur les dossiers qui font consensus après la phase de diagnostic et laisser des plans d'actions à mener sur plus long terme. Le changement nécessite toujours plus de temps qu'on l'espère. Une durée courte permet néanmoins d'obtenir une implication des différents acteurs plus importante.

7. Bibliographie

Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). *Journey to Lean*. Eyrolles.

Krafcik, J. (1988). *Triumph of the lean production system*. Sloan Management Review 30 , pp. 41-52.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Daniel, R. (1990). *The Machine That Changed The World*. Free Press.