Pratique du lean

Réduire les pertes
en conception, production
et industrialisation

Coordonné par
Olivier FONTANILLE

Éric CHASSENDE-BAROZ
Charles de CHEFFONTAINES
Olivier FRÉMY

Préface de Yasuhiko Izumimoto

L'USINENOUVELLE

DUNOD

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, Paris, 2010

ISBN 978-2-10-055073-9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Préface VII

Introduction 1

CHAPITRE 1 ■ **Principes du lean manufacturing** 7

Pertes de l'organisation industrielle et valeur ajoutée 7

- Concept de valeur ajoutée au sens du lean 8
- Monozukuri : une synergie de toute l'entreprise autour de l'excellence en production 8
- Muri, mura, muda et leur traduction concrète dans la vie de l'entreprise 9
- Autres grilles d'analyse des pertes 15

Composantes du système de production Toyota (TPS) 16

- Engagement personnel 17
- Amélioration continue par tous 17
- Méthodologies fondamentales 18
- Le juste à temps 29
- Qualité au poste et autonomation 35
- Management participatif 36

Conduire une démarche lean 38
Deux approches et un seul fil rouge : la réduction du temps de passage 38
Approche par chantiers 41
Approche « projet d'entreprise » 50
Structure de support du projet 53

CHAPITRE 2 ■ **Réduire les pertes dès la conception** 55
Chasser les pertes dans le processus de conception 55
Méthode projet 56
Pertes du projet 57
Visible planning 57
Utilisation du visible planning 60
Structure de perte : laquelle choisir ? 60
Standards 61
Notions de variety reduction program (VRP) 62
Origines de VRP 62
Indice de variété et impact sur les coûts 63
Les cinq techniques de la VRP 64
Concevoir des produits transférables : exemple de délocalisation « positive » 66

CHAPITRE 3 ■ **L'usine idéale : anticiper l'élimination des pertes en production dès la pré-étude des projets d'industrialisation** 69
Principes de la démarche « Usine Idéale » 69
Préparer l'excellence industrielle lean 70
Anticiper pour optimiser 72
Déroulement méthodologique : une démarche en cinq étapes 74
Étape 1 – Préparer et lancer 74
Étape 2 – Établir la matrice fonction/critères 75
Étape 3 – Identifier et hiérarchiser les sujets 78
Étape 4 – Constituer et planifier les groupes de travail 78
Étape 5 – Suivre et jalonner 80

Industrialisation et ordonnancement 80
Volumes et caractéristiques des produits 82
Analyse produit/process et choix d'un concept de fabrication 83
Mise en adéquation produit/process *85*
Définition des lots et récurrences 85
Standards de fonctionnement de l'usine 86
Améliorations techniques (maintenabilité, fiabilité, SMED) 86
Évaluer les pertes actuelles 87
Exprimer le retour d'expérience des mainteneurs 87
Enrichir le cahier des charges de la future ligne de production 89
Préparer les check-lists de réception des équipements 89

CHAPITRE 4 ■ **Réduire les pertes de l'usine : un mode de management et des techniques d'amélioration** 91
Nouveaux indicateurs et nouveaux rituels de management 92
Management visuel des indicateurs sur la zone de travail 93
Mise sous contrôle des muda 94
Adéquation des fréquences de contrôle 95
Réduire les pertes de qualité 98
Pertes évidentes et pertes cachées 98
Pertes cachées par absence de déclaration 99
Variabilité du process *100*
Reprise, retouche 101
Qualité dans les opérations à valeur ajoutée 101
Pertes dans les opérations sans valeur ajoutée 110
Pertes fournisseurs 113
Réduire les pertes de productivité de la main-d'œuvre 116
Temps standard et temps passé 116
Décomposition des pertes de temps de main-d'œuvre directe (MOD) 118
Observations continues et observations instantanées 120
Notions de MOST et de techniques d'économie de mouvements 127
Former les opérateurs au geste exact 133

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Réduire les pertes de productivité de l'équipement 135
Réduire les pertes : le taux de rendement synthétique (TRS), premier pilier de TPM 136
Automaintenance ou maintenance autonome 148
Réduire les pertes liées aux flux 158

Conclusion 173

Lexique 175

Bibliographie 187

Index 189

Préface

L'objectif recherché par JMAC

JMA/JMAC a été créé en 1942 au Japon, et notre première société à l'étranger a été fondée à Paris en 1984. Nous en fêtons donc cette année le 25e anniversaire. Et l'on peut dire que durant toute cette période, nous avons, au titre de consultant, accompagné avec constance nos clients jusqu'au résultat pour lequel ils nous avaient mandaté. Pour expliquer les raisons d'une telle implication de la part de JMAC, je voudrais ici vous rappeler quelques éléments de notre histoire.

En 1942, le ministre de l'Industrie de l'époque, M. Nobusuke Kishi, contribua à la fédération de la Japan Management Alliance (Nippon Nôritsu Rengôkai), créée en 1927 et de la Japan Industrial Association (Nippon Kôgyô Kyôkai) créée en 1931, en un seul organisme, sous l'appellation de Nippon Nôritsu Kyôkai (JMA), dont il fut nommé président d'honneur. La Nippon Nôritsu Kyôkai a fait la synthèse entre la méthode américaine d'organisation scientifique du travail, diffusée par Taylor, et les principes de rationalisation et d'organisation industrielle typiques du modèle du capitalisme rhénan, pour créer une méthode japonaise de management.

Le premier président de la Nippon Nôritsu Kyôkai fut M. Takuo Godô. Diplômé en 1901 de l'université de Tokyo, il fut aussitôt embauché par la marine impériale en tant qu'ingénieur militaire, et fut détaché dans le chantier naval britannique, auquel la marine japonaise avait commandé la construction d'un navire de guerre.

Il est fort possible que ce soit le premier ingénieur japonais à avoir pu observer et étudier les techniques de construction navale et la gestion d'un chantier. Il fut ensuite affecté, pendant une vingtaine d'années, à des travaux pour la marine impériale et les forces navales et fut affecté au poste d'attaché naval dans des pays occidentaux pendant une dizaine d'années, ce qui lui permit d'étudier aussi bien les questions techniques que de management. Pendant la Première Guerre mondiale, il résida durant deux ans aux États-Unis, dont il avait pris conscience de la puissance industrielle, puis après la guerre, il put observer les innovations techniques, conséquences de la guerre, et la reconstruction de l'Europe. C'est là qu'il prit conscience que la capacité de production était un élément crucial pour un pays et c'est en 1921 qu'il introduisit la gestion de la qualité dans l'armement, avec l'utilisation de gabarits, ainsi qu'une méthode de gestion scientifique. Il étudia également les raisons pour lesquelles l'Allemagne n'avait pas réussi sa reconstruction dans les années 20, malgré l'introduction des méthodes d'organisation scientifique, et, prenant conscience que le comportement des employés, des gestionnaires et des manageurs étaient en cause, il en conclut que le management n'était pas une simple affaire de système et que c'étaient les hommes qui étaient essentiels.

Dans son discours d'intronisation, lors de la création de la Nippon Nôritsu Kyôkai, le président Godô a insisté sur la nécessité de définir une gestion à la japonaise. Après la guerre, lorsque l'industrie japonaise dut se relever des conséquences de l'Empire, et que se posa la question de savoir si la JMA devait modifier son modèle de management, celui-ci fut consolidé et s'exprima de manière plus concise, sous la forme des trois piliers suivants, encore valides de nos jours :

– un modèle de management scientifique de culture japonaise ;
– la pratique avant la théorie ;
– la concentration sur les points essentiels.

Nous souhaitons contribuer à l'amélioration des résultats des entreprises. Mais plus que la contribution à une entreprise, c'est au monde industriel que nous souhaitons nous adresser et, ce faisant, participer à la construction d'une société meilleure. Tel est l'objectif recherché par JMAC.

Les entreprises japonaises face à la stagnation économique

C'est depuis la France que j'observe la crise économique dont l'étincelle de départ a été la faillite de Lehman Brothers, en septembre 2008. J'entends souvent dire, dans le monde industriel ou commercial français, qu'il y a certainement beaucoup de choses à apprendre des entreprises japonaises qui ont été confrontées à la stagnation économique. Depuis sa fondation, JMA s'est fortement impliquée dans le développement d'un modèle de management scientifique de culture japonaise, dépassant les différences culturelles ou les habitudes, pour proposer une technique de gestion et d'administration universelle. Sans entrer dans une démonstration académique de ce que peuvent apporter les entreprises japonaises, je voudrais évoquer ce que nous pouvons apporter aux entreprises françaises de par notre expérience pratique acquise des entreprises japonaises confrontées à la guerre économique.

Après l'éclatement de la bulle économique du début des années 90, on a observé un ralentissement de la croissance économique japonaise. Puis, seul pays de l'OCDE à être entré en déflation, le Japon a inévitablement été confronté à la stagnation. La progression annuelle moyenne du taux d'investissement productif net était de 8,4 %, entre 1980 et 1990, mais elle est tombée à un niveau quasiment nul au cours de la décennie suivante. Tant que l'économie était en croissance, les entreprises investissaient dans les mêmes proportions que la croissance du marché, elles maintenaient l'emploi et continuaient à créer des biens et des services. Depuis que l'économie est entrée dans une phase de ralentissement, les entreprises se sont sérieusement penchées sur leur avenir. Elles ont analysé minutieusement leurs forces et ont canalisé avec rigueur leur activité. Le recentrage de leurs activités par les entreprises du secteur de production de matériel électrique en est un bon exemple. On a alors pu observer, dans un même secteur, des concentrations industrielles d'entreprises souhaitant dépasser la masse critique dans leur activité commerciale ou de production. C'est ce qui s'est aussi produit dans le secteur primaire, les industries pétrolières, l'industrie de la pâte à papier ou l'industrie sidérurgique, par exemple.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Si vous me demandez ce que, confrontées à une économie en stagnation, les entreprises japonaises sont susceptibles de vous apporter comme expérience, je vous répondrai simplement, que *dans votre stratégie, vous devez clairement distinguer, entre les différents secteurs, ceux dans lesquels vous devez vous renforcer, et mettre en œuvre résolument cette stratégie en impliquant l'ensemble de vos collaborateurs.*

La littérature abonde d'exemples que l'on pourrait citer. Toutefois, pour mieux vous faire appréhender les caractéristiques des entreprises japonaises, je voudrais vous présenter deux exemples, l'un tiré d'une grande entreprise, l'autre d'une PME, que nous pourrons analyser ensemble.

Premier exemple : Shimano

> La société a été créée en 1921 par M. Shôsaburô Shimano, sous le nom de Shimano Tekkosho. La société fabrique et commercialise des pièces pour cycles, des articles de pêche et autres pièces forgées à froid, ainsi que des pièces et accessoires pour motoneiges. Depuis sa décision d'être présente sur le marché européen, après une première apparition en 1965, à l'occasion du salon automobile de Milan, en Italie, sa renommée est devenue internationale et aujourd'hui, elle se partage avec l'italien Campagnolo le marché des pièces détachées de haut de gamme pour cycles. En décembre 2008, son chiffre d'affaires atteignait 235,142 milliards de yens (dont 79,1 % dans le domaine du cycle), avec un effectif de 9 610 personnes en fin d'exercice.
>
> Je vais vous présenter partiellement une étude sur le management à la japonaise qui explique la réussite de Shimano et pourquoi sa profitabilité (ROE) a largement dépassé la moyenne des entreprises japonaises même pendant la période de stagnation de l'économie japonaise. Dans sa théorie portant sur la gestion de la production, qu'il étudie depuis longtemps, le professeur Takahiro Fujimoto, de l'université de Tokyo, fait le lien entre la capacité organisationnelle et l'architecture du produit qu'il classe en architecture intégrale et architecture modulaire. Dans le mode d'architecture intégrale, les relations entre les fonctionnalités d'un produit et son architecture sont complexes et, dans la phase de conception, on se doit de procéder à des ajustements réciproques précis des pièces et des interfaces qui, s'ils ne sont pas effectués pour chaque produit, ne permettent pas d'atteindre les performances globales du produit. Dans le mode d'architecture modulaire, les pièces et leurs fonctionnalités correspondent parfaitement et comme les interfaces sont standardisées, elles peuvent être conçues à l'avance et leur assemblage permet alors d'obtenir des produits de qualité.

C'est en 1975 que naquit chez Shimano la philosophie des « systèmes de composants intégrés ». La partie motrice d'un cycle n'est pas un simple assemblement de pièces mais bien un assemblage de composants ayant des fonctions complémentaires. On peut alors concentrer la conception et l'assemblage sur les fonctions et les performances d'un système complet constitué à partir d'une boîte de vitesse, d'un levier de vitesse et de freins, et sur l'intégration des pièces les unes par rapport aux autres. Derrière cette réussite dans la fabrication de composants et la grande confiance que Shimano a su développer chez les fabricants de cycles du monde entier, se trouve cette innovation scientifique japonaise caractéristique, qui a su transformer l'architecture modulaire classique de production de pièces en une architecture intégrale proposant des systèmes complets, comme nous venons de le voir.

Le professeur Fujimoto a simplifié le propos et propose sa théorie des forces de l'industrie japonaise fondées sur leurs capacités organisationnelles de type « intégré ».

« Sans trop vouloir simplifier, le point fort de nombreuses entreprises japonaises d'après-guerre est leur capacité d'intégration, que l'on retrouve dans les petits ajustements réciproques au niveau de la conception des pièces, de la portabilité entre développement et production, la gestion cohérente des procédés de production et la densité de la communication sur les sites. En arrière-plan on découvre, notamment dans les grandes entreprises japonaises d'après guerre, un emploi à vie et des relations commerciales sur le long terme. En effet, à la fin de la guerre, pour réussir sa croissance dans un contexte de pénurie d'hommes, de ressources et d'argent, il leur a donc été indispensable de prendre soin de leur personnel et de leurs sous-traitants. L'emploi à vie et les relations commerciales sur le long terme étaient un choix économique rationnel dans les circonstances de l'époque et la mise en place d'une organisation de type intégral en était l'aboutissement naturel. Cette force est donc le résultat de l'histoire. »

Sans que cette analogie apparaisse formellement chez Shimano, il est certain que les caractéristiques de « système intégral » typiques des relations humaines à l'intérieur des entreprises japonaises et entre les entreprises elles-mêmes ont fortement contribué à construire ce modèle de développement des produits. Il y a bien chez Shimano un parallèle entre la stratégie produit et le modèle de management, qui tous les deux sont construits sur le modèle du système intégré. Lorsqu'ils participaient à des courses cyclistes, les fous de vélo qui travaillaient chez Shimano étaient assurés que leurs frais de déplacement seraient pris en charge par l'entreprise, qu'ils étaient encouragés à venir travailler à bicyclette et qu'ils étaient assurés de pouvoir prendre un bain, pour se débarrasser de la sueur du transport, dans la salle

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

de bain disponible 24 heures sur 24. Par sa culture d'entreprise, Shimano est une entreprise fascinante pour un passionné de vélo qui cherche à travailler dans ce milieu.

Second exemple : Nabeya Bi-Tech

Créée en 1560, cette illustre fonderie, célèbre pour ses bouilloires pour le thé « senrikyu », fabrique, développe et commercialise des poulies pour courroies trapézoïdales, de la visserie spéciale, des paliers miniatures de précision, des pièces détachées pour appareils de précision, transmission, contrôle et positionnement. L'entreprise emploie aujourd'hui 410 personnes et a un chiffre d'affaires de 8,01 milliards de yens, alors qu'en 1972, lorsque M. Taichi Okamoto a été embauché par Nabeya Kogyô (devenue Nabeya Bi-Tech), l'effectif était d'à peine 90 employés. Ancien de Mitsui Bussan, M. Okamoto a été nommé directeur général en 1980 et président en 2007. En 2006, l'entreprise a été sélectionnée par le Secrétariat aux petites et moyennes entreprises du ministère de l'Industrie et de l'Économie, comme l'une « *des 300 PME du secteur industriel qui préparent le Japon de demain* », et il se dit que les demandes de visites se sont envolées.

Lorsqu'il a été embauché, le président Okamoto a expliqué au personnel qu'il fallait augmenter la productivité. L'un des ouvriers lui aurait alors dit : « Je suis entré dans cette entreprise car je ne suis pas intelligent et je ne sais pas écrire. Et pourtant vous prétendez me faire écrire ! » Le contexte n'était pas propice à une amélioration des performances ni de la productivité. Alors la première action entreprise par M. Okamoto fut de « parcourir les ateliers, le sourire aux lèvres ». Parcourant les ateliers, il allait vers les ouvriers pour les saluer. Il apprit les noms de tout le personnel, et la composition de leurs familles. Il parcourait l'usine, s'adressant à chacun, s'enquérant de sa famille et de ses proches, dans des conversations légères. Ce faisant, même les ouvriers les plus opposés à une amélioration de la productivité sont devenus souriants. Ils le saluaient aussi en retour. C'était un premier pas. Dans l'étape suivante, M. Okamoto proposa « d'embellir les toilettes ». Puis « d'embellir la cantine ». Puis « d'embellir les tenues ». Mais il ne leur a jamais dit « faites-le ». Le sourire aux lèvres, il parcourait les ateliers répétant « faisons-le ! » Le message fit effet sur une puis deux personnes qui commencèrent à embellir les ateliers, puis le rangement suivit. Ce fut ensuite le tour de la productivité.

La société Nabeya Bi-Tech est connue pour éviter la concurrence sur les prix, pour se spécialiser dans la fabrication de très faibles quantités de pièces très variées : production en faible quantité, livrée le jour même. C'est le « concept du bar à sushi » : travailler sans gâchis, répondre rapidement

aux desiderata des clients, apprendre, comme dans un bar à sushi, à livrer même une seule pièce. Le « concept de bar à sushi » est d'ailleurs une marque déposée par Nabeya Bi-Tech.

Cela a été rendu possible par la mise en place d'un système de production adapté et par la formation du personnel. Le système étant difficile à imiter par les autres entreprises, elle devint leader dans son secteur. Alors qu'il y avait douze entreprises dans le même secteur d'activité, elles ne sont plus aujourd'hui que deux. À l'inverse de ses concurrents, c'est bien sa personnalité qui lui a permis de se retrouver dans cette situation mais non pas sa volonté de battre les autres.

Ce n'est que parce que chacun était heureux dans son travail que le marché a répondu favorablement. Pour travailler avec plaisir, il est important de comprendre pourquoi on fait un tel travail. Dans de nombreuses entreprises manufacturières, on explique, à l'aide d'un manuel, « comment faire », alors que chez Nabeya Bi-Tech, on explique « pourquoi ». Si l'on comprend le pourquoi, on prend conscience du lien qu'il peut y avoir entre son travail et le monde extérieur. Lorsque le pourquoi est bien clair, il devient facile de travailler agréablement. C'est ce qui a permis de faire la différence avec les autres entreprises.

Dans leur livre *Tout est dans l'exécution*, Larry Bossidy et Ram Charan insistent sur le fait que l'« exécution » est un processus organisé dans lequel on n'arrête pas de discuter sur la manière et la finalité, de poser des questions, d'assurer le suivi et de distribuer des responsabilités. Si j'ai voulu vous présenter cet exemple de la société Nabeya Bi-Tech, c'est que je pense qu'il est difficile de trouver la bonne réponse, que la réalisation est plus difficile que l'explication et que ce n'est que par la pratique et dans son contexte qu'une entreprise peut améliorer ses performances. M. Okamoto a établi sa propre méthode d'action en tenant compte de son propre contexte, et, même s'il a pu vous sembler qu'il prenait un détour, il avait la volonté de réussir.

Comme je le disais en préambule, pour illustrer ce que vous pourriez apprendre de l'expérience des entreprises japonaises qui ont été confrontées à la stagnation économique, je vous répondrais simplement *dans votre stratégie, vous devez clairement distinguer entre les secteurs dans lesquels vous devez vous renforcer et les autres, et mettre résolument votre stratégie en application*. Shimano est un exemple de stratégie très focalisée qui trouve son écho aussi bien dans le développement produit que dans le mode de management, sur le modèle de l'intégration système. Nabeya Bi-Tech est un exemple de déploiement déterminé, appliqué à

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

l'ensemble de l'entreprise et qui passe essentiellement par la formation du personnel et par sa motivation positive sur le terrain.

Passerelle entre le terrain et la direction générale

Nous nous basons sur les faits. Nous effectuons très souvent des diagnostics *in situ* dans tous les domaines d'activité, process de fabrication en usine, échanges de données dans les services de développement ou les centres de recherche, gestion par les services logistiques des produits finis ou semi-finis, rôle des services d'achat et leur organisation, conditions d'accueil de la clientèle dans les points de vente, et bien d'autres, et cela peut nous prendre de un jour, dans le meilleur des cas, à plusieurs semaines. Pour ce faire, les consultants utilisent de nombreux outils et méthodes d'analyse ; mais pour nous, une analyse qui ne serait pas fondée sur les faits n'est pas digne de ce nom. Nos consultants sont confrontés à de nombreuses circonstances mais sont formés à être attentifs aux faits qui se répètent et veulent dire quelque chose. La première phase consiste à comprendre les principes du process, à écouter le rapport sur la situation ou l'exposé du problème, à élaborer une première hypothèse, puis à vérifier l'hypothèse émise.

Mais la compréhension des faits n'est pas chose facile. Si l'observation permet d'appréhender certains faits, le questionnement des opérateurs confrontés à la répétition des faits, l'analyse des relevés, ou même des mesures selon nos propres critères, peuvent s'avérer utiles. Sans la collaboration du personnel des ateliers, les faits ne peuvent pas être collectés. C'est la raison pour laquelle tous nos consultants sont des gens qui savent se faire apprécier dans les ateliers.

Une fois les faits collectés, nous pouvons établir des hypothèses sur les problèmes, sur les causes probables et sur les solutions possibles que nous allons vérifier une à une. Sur la base des hypothèses validées, nous faisons des propositions aux ateliers sur le mode « nous pourrions essayer cette solution » et il arrive que cela suffise. Lorsqu'il s'agit d'une amélioration majeure de productivité, nous avons généralement besoin du soutien des cadres supérieurs, voire de la direction générale.

On constate souvent une distance importante entre les ateliers et la direction générale. En pratique, lorsque nous interrogeons le personnel des ateliers, il ressort que la politique de la direction générale n'est pas parfaitement assimilée et aussi que l'encadrement supérieur manque d'une vision précise de la situation dans les ateliers. Dans un sens, notre collecte des faits fait appel à notre capacité d'analyse et notre sociabilité. Nous y ajoutons le facteur temps pour nous permettre de les organiser et d'en tirer une conclusion. La collecte des faits, leur structuration et leur analyse constituent un squelette fragile, tout cela nécessite temps, efforts et persévérance. Si la direction générale, consciente de l'enjeu et des problèmes, de leur importance et de l'urgence, décide qu'il s'agit d'une priorité, elle peut, sur place, juger de la situation et prendre, au bon moment, les décisions nécessaires.

On peut dire que du point de vue de la direction générale, notre rôle est d'appréhender la situation dans les ateliers et de la structurer de sorte de lui apporter une aide lors de sa prise de décision. Quant au sens de notre présence pour le personnel des ateliers, nous sommes ceux qui connaissent bien les outils, ceux qui sont capables de comprendre le côté positif des ateliers, ceux qui peuvent expliquer simplement la politique de la direction générale, et qui, se mettant à la portée du personnel des ateliers, peuvent aider à progresser. Que ce soit du point de vue de la direction générale ou de celui des ateliers, nous avons toujours pour souci d'être des assistants pour l'exécution de la stratégie.

Ce n'est pas notre seule présence dans les ateliers ou aux côtés de la direction générale qui permet de résoudre les problèmes de nos clients. C'est notre implication totale dans la collecte des faits, l'implication de la direction générale, les initiatives et l'aide de l'organisation dans une volonté de trouver une solution qui permettent de résoudre les problèmes. C'est cette vision de notre rôle qui nous laisse penser que nous sommes une passerelle entre les ateliers et la direction générale.

Assistants dans l'exécution de la stratégie

Je viens de vous rappeler les circonstances dans lesquelles avait été créée et comment s'était développée la Nippon Nôritsu Kyôkai/JMAC et le rôle que nous souhaitions jouer dans la société. Pour continuer, je vous

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

ai présenté deux entreprises représentatives des qualités des entreprises japonaises comme nous les aimons. Nous sommes convaincu que pour surmonter la crise économique d'une gravité qui n'arrive qu'une fois par siècle, et se placer dans le peloton de tête de la nouvelle ère, la direction générale des entreprises ne devra faire qu'un avec son personnel, et je vous ai présenté la manière dont JMAC intervenait pour faciliter la transmission des constats de terrain et des messages de la direction. Pour terminer, je souhaiterais vous expliquer comment JMAC peut vous assister dans l'exécution de votre projet et vous permettre ainsi de prétendre à une prospérité continue pour l'ensemble de l'entreprise.

Je vous ai dit que la leçon que vous pourriez tirer de l'expérience des entreprises japonaises qui ont été confrontées à la stagnation de l'économie était que *dans votre stratégie, vous deviez distinguer clairement les secteurs dans lesquels vous devez vous renforcer des autres, et mettre résolument en œuvre votre stratégie en impliquant l'ensemble de vos collaborateurs*. Ce sont les trois principes de management du groupe Nippon Nôritsu Kyôkai/JMAC déjà évoqués plus haut :

– un modèle de management scientifique de culture japonaise ;
– la pratique avant la théorie ;
– la concentration sur les points essentiels.

C'est sur la base de ces trois points que je voudrais vous parler de notre rôle d'assistant d'exécution de la stratégie.

Bien qu'il s'agisse d'un concept « né au Japon mais de portée universelle », lorsqu'on veut l'appliquer en France, si la méthode reste japonaise, j'insiste sur le fait que le style doit être francisé. Il ne s'agit en effet nullement de se contenter d'appliquer en France une pratique développée dans une usine japonaise, d'en rédiger un manuel et d'expliquer « comment ». En effet, sans expliquer par le détail les raisons, l'objectif, le contexte (pourquoi) d'une application dans une usine japonaise, la solution n'est pas transposable dans une usine française. Si, par exemple, on constate une salissure du sol, il ne suffit pas de donner l'ordre de la nettoyer, ce ne serait qu'une solution temporaire. Ce n'est qu'en rendant automatique (habituel) le nettoyage des salissures et en faisant comprendre que cette action apporte une amélioration de la qualité aux produits fabriqués qu'elle sera pérennisée. Même si l'on comprend le « pourquoi », ce n'est pas nécessairement la solution japonaise qu'il

faudra appliquer mais bien plutôt une méthode à la française, plus facile à mettre en application et qui motivera l'intérêt des Français.

Le deuxième principe, « la pratique avant la théorie », est peut-être, des trois principes de management de JMAC, celui qui est le plus profondément enraciné dans notre culture. Notre travail ne consiste pas seulement à montrer à nos clients ce qu'il faudrait faire. Nous devons atteindre avec notre client l'objectif fixé conjointement avec la direction générale. Nous avons pour rôle d'expliquer les raisons des orientations choisies, de faire comprendre au personnel des ateliers les raisons des niveaux d'objectifs fixés et leur faire appliquer les méthodes retenues afin de les motiver et les aider à atteindre l'objectif fixé. Ce n'est pas JMAC qui agit : nous avons un rôle de facilitateur pour aider le personnel des ateliers de nos clients à agir. L'expression correcte pour qualifier notre intervention est de dire que nous les assistons.

Le troisième principe, « se préoccuper des priorités », signifie que dans l'établissement de la stratégie pour atteindre l'objectif fixé avec les moyens limités à disposition, il est préférable de se préoccuper de rechercher ce qui est à laisser de côté plutôt que de ce que l'on doit faire. Lorsque l'on étudie les possibilités de diversification, il n'est pas question de vouloir plaire à tout le monde, mais de définir le secteur dans lequel nous allons pouvoir exploiter le plus efficacement possible nos propres ressources managériales, ou, lorsque l'on est amené à réduire les coûts, prendre les décisions relatives à l'importance des économies en fonction de leur importance et de leur urgence et non pas appliquer un même ratio de réduction quel que soit le domaine. Si l'on veut exploiter efficacement les ressources managériales, il est capital d'être clair sur ce qui est à laisser de côté.

Dans les chapitres suivants, nous allons vous présenter les méthodes propres à JMAC pour résoudre les problèmes dans des domaines aussi divers que la production, l'industrialisation ou la recherche et développement, par exemple, qui sont autant de solutions susceptibles de vous aider à résoudre vos propres problèmes, à déployer dans le cadre d'une stratégie d'entreprise construite et réfléchie.

Yasuhiko Izumimoto, président de JMAC France.

Introduction

Faites-le vous-même !

S'il fallait trouver un leitmotiv pour rythmer la progression d'une équipe dans un programme lean, on pourrait imaginer divers slogans, faisant tous appel à des notions de performance, dans un cadre sémantique sportif ou compétitif, comme la rapidité, la flexibilité, l'agilité… Bien entendu, c'est à cela que sert le lean : être plus performant, répondre plus vite au client, fabriquer moins cher, s'adapter plus vite. Il y a pourtant plus important : l'action, elle-même. On n'« est » pas lean, mais on « fait » du lean.

Faites vous-même les premiers pas. Bien des industriels se posent cette question : « J'ai bien compris les concepts, je sais où je veux aller, par où dois-je commencer concrètement, dans mon atelier ? » Peu importe… commencez ! Un programme lean, c'est une série de transformations des flux, des conditions techniques de production et des pratiques de management. Le vrai point de départ de ce programme, c'est lorsque le chef (le directeur d'usine, le directeur des opérations) commence lui-même à appliquer les principes du lean, à donner l'exemple et à démontrer son leadership pour amorcer les transformations nécessaires.

« Faites-le vous-même », parce que le chemin ou le voyage lean déjà décrit par d'autres ouvrages sur le sujet concrétise ses étapes par une progression de la compréhension à la fois des problématiques propres à votre usine et des réponses préformatées que le système lean peut y apporter. Faites, participez, prenez votre part des activités et des chantiers,

pour développer une compréhension physique des sujets traités et pour faire évoluer votre propre vision de ce qui doit devenir possible.

« Faites-le vous-même », c'est aussi le conseil donné par les ingénieurs Toyota au Japon, lorsque nous accompagnons des industriels français dans le centre de formation au Toyota Production System (TPS ou système de production Toyota) de l'usine Gifu-Shataï. C'est l'esprit du Kaizen : si je le fais moi-même, la solution sera mieux adaptée, plus simple et moins coûteuse. Les sensei de Gifu-Shataï nous expliquent ainsi modestement comment ils ont résolu des problèmes qui semblent, de l'extérieur, être d'une complexité insurmontable : « Nous nous sommes réunis à trois ou quatre avec un producteur, un méthodiste et un collègue dessinateur, nous nous sommes dit que ça n'était finalement pas si compliqué, et nous l'avons donc fait nous-mêmes… »

« Faites-le vous-même » enfin, parce qu'il n'y a pas d'autre moyen pour apprendre à voir les pertes de l'organisation industrielle dans laquelle vous travaillez. Commencez à voir et à traiter les pertes et les dysfonctionnements avec lesquels on a pris l'habitude de vivre (éventuellement devant lesquels on détourne la tête pour ne plus les voir).

Réduisez les pertes sur l'ensemble du processus principal : concevoir, industrialiser, produire, distribuer

Lorsqu'on parle de lean manufacturing, il faut envisager l'ensemble du processus industriel, et pas seulement la production elle-même, ou ce qu'il est convenu d'appeler la « supply chain ». C'est ce que les Japonais expriment désormais en sous-entendant dans le terme « monodzukuri » (production) l'ensemble des activités de développement, de marketing technique, de fabrication bien entendu, et de logistique.

Si le lean, c'est la chasse aux pertes, alors cette chasse a pour terrain l'ensemble des activités de l'entreprise. On s'intéressera autant à la productivité intrinsèque des divers services qu'à ce qu'ils peuvent apporter à la productivité des autres départements. C'est parce qu'un

produit est conçu pour être « lean manufacturable » qu'on pourra ensuite l'industrialiser avec des flux physiques courts, des capabilités process élevées, et une variété des composants maîtrisée.

C'est aussi parce qu'on lie étroitement les objectifs des commerciaux avec ce que l'usine « sait » faire (au sens de la régularité de la charge de travail et du respect des proportions entre références) qu'on autorise cette dernière à travailler dans des conditions optimales pour le plus gros de son activité, et donc à être ultra-flexible pour répondre aux événements inattendus.

Allez sur le gemba

Le « gemba », le « terrain », c'est là où les choses se passent. C'est, en fonction du périmètre observé, chez le client, chez le distributeur, dans l'usine et devant la machine, ou dans le bureau d'une équipe de concepteurs. Aller sur le gemba, c'est donc d'abord s'investir personnellement pour observer et comprendre. C'est aussi apprendre à voir des pertes devant lesquelles on a pris l'habitude de passer sans s'arrêter.

Prenons à nouveau l'exemple des cadres de Gifu-Shataï : ils passent réellement le plus gros de leur journée de travail auprès des lignes de fabrication. Les deux quarts de production sont espacés d'une heure, temps qui sert soit au rattrapage des retards, soit à la maintenance des équipements, soit aux réunions, de telle sorte que les équipes indirectes et les chefs soient totalement disponibles lorsque les lignes produisent.

Utilisez des méthodes structurées et intégrez-les aux pratiques du management

Faites-le vous-même, sur le terrain, sur l'ensemble des activités de l'entreprise… mais pas n'importe comment. Pour transformer l'outil de travail ou les modes de fonctionnement dans l'entreprise, il faut accompagner les collaborateurs, c'est-à-dire convaincre, communiquer,

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

former, démontrer. L'intérêt d'utiliser des démarches formalisées est de fournir les réponses à cette exigence d'accompagnement :

- Elles permettent de jalonner les activités d'amélioration et de construire une vision de leur succession et de l'évolution des modes de fonctionnement.
- Elles contiennent leur propre pédagogie.
- La plupart sont fondées sur la pratique concrète, physique, « gemba »… et provoquent une appropriation du problème traité par les participants.
- Enfin, elles proposent une logique qui permet d'obtenir un résultat concret lorsqu'on la respecte !

Par ailleurs, lorsque la transformation est terminée, l'usine réimplantée, le single minute exchange of die (SMED) appliqué, l'automaintenance pratiquée… le principal critère de maintien dans le temps, c'est la systématisation et l'engagement de la hiérarchie à faire fonctionner les nouvelles façons de faire. Les indicateurs du tableau de bord doivent changer. La liste des questions systématiques abordées aux réunions opérationnelles doit évoluer. Les résultats des relevés supplémentaires doivent être réellement exploités et suivis d'actions. La présence de la hiérarchie sur le terrain doit être visible, et organisée autour des démarches formelles qui ont permis d'envisager un nouveau niveau de performance.

Le propos de cet ouvrage est de décrire par l'exemple concret les formes que prend la chasse aux pertes sur l'ensemble du processus industriel. Il propose au lecteur un vademecum qui lui permettra de trouver les bonnes pistes de la réduction des pertes industrielles, qu'il soit ingénieur en conception, responsable du choix des équipements et de l'industrialisation, ou directeur de production.

Après un rappel des différentes grilles de lectures de ce que sont les pertes de l'organisation industrielle, notre ouvrage proposera une réponse pratique et méthodique aux questions types que se posent habituellement les ingénieurs de conception, d'industrialisation et de production pour améliorer la performance de leur entreprise :

- Comment concevoir des produits et des process compatibles avec les exigences du lean manufacturing ?

- Comment définir, acheter et démarrer des installations capacitaires en garantissant la meilleure adéquation entre le besoin du marché et le coût du projet ?
- Comment exploiter un atelier au mieux ? Réduire les rebuts ? Améliorer la productivité de la main-d'œuvre directe ? Améliorer la productivité des équipements ? Réduire les stocks ?

CHAPITRE 1

Principes du lean manufacturing

Dans cette première partie, nous allons décrire les principes théoriques fondamentaux d'un système lean (réduction des pertes de non-valeur ajoutée, règles et méthodologies principales) et nous illustrerons notre propos par l'exemple du système de production Toyota (TPS).

Pertes de l'organisation industrielle et valeur ajoutée

L'usine lean, c'est celle qui, de la conception à la distribution, organise la réduction systématique des pertes de productivité. La réduction des pertes traite de la totalité du processus industriel et de la totalité des pertes. La notion de système sous-entend que les règles de l'organisation ont été décrites et que les indicateurs de l'entreprise, aussi bien que les pratiques du management, permettent de les faire suivre d'effet, c'est-à-dire de faire vivre concrètement la réduction des pertes de productivité.

Concept de valeur ajoutée au sens du lean

La notion de perte s'entend par opposition à la notion de valeur ajoutée, qu'il est aussi nécessaire de définir comme un référentiel positif pour l'amélioration des opérations. La définition la plus rigoureuse de la « valeur » du produit ou du service de l'entreprise, c'est celle qui est fixée par le client. Pour chaque activité de l'entreprise, l'exercice de remise en cause et de recherche de la meilleure solution commencera donc par cette question : « Le client est-il prêt à payer pour ce que nous dépensons ? » Il faudra donc aller plus loin que ce à quoi aboutit généralement la mise en adéquation des coûts de production par l'intermédiaire de l'analyse de la valeur sur les fonctions du produit.

Le mode de pensée lean propose d'organiser cette réflexion sur la réduction des pertes et l'élimination des opérations sans valeur ajoutée en définissant des catégories de pertes de l'organisation industrielle : les muri, mura, muda, que nous décrivons plus loin.

Monozukuri : une synergie de toute l'entreprise autour de l'excellence en production

Après l'intégration de la maintenance aux équipes de producteurs, ou l'élargissement des responsabilités des responsables d'unités de production aux méthodes industrielles, l'entreprise lean tend de plus en plus à une intégration fonctionnelle globale : le concept de production englobe jusqu'aux fonctions d'industrialisation, et pourquoi pas les équipes de développement du produit. C'est ce que les Japonais proposent aujourd'hui de comprendre sous le terme de « monozukuri ».

Chaque entreprise doit trouver son propre équilibre entre l'intégration fonctionnelle (qui organise les équipes autour des processus et non des fonctions classiques de l'entreprise) et l'efficacité locale des équipes (plus simple à appréhender dans une organisation « en silo »). Le principal, lorsqu'on souhaite appliquer ce concept de monozukuri, n'est pas de calquer un modèle d'organigramme, mais bien de traduire dans les pratiques et de systématiser les interactions indispensables entre les fonctions. Pour qu'un nouveau produit soit « lean manufacturable », ou qu'une nouvelle ligne de production intègre dès le départ les exigences de flexibilité (par exemple), ou encore que les équipes de production

structurent leurs analyses de pertes pour les rendre utilisables par les concepteurs et développeurs, il faudra avoir décrit le processus industriel, et le contenu de ses jalons dans un langage partagé, et en avoir établi les standards de fonctionnement.

La réduction des pertes est donc une activité de toutes les fonctions de l'entreprise, et, au-delà de ce caractère universel, c'est une activité transversale, puisqu'elle va imposer de s'intéresser à l'ensemble des processus de l'entreprise.

Muri, mura, muda et leur traduction concrète dans la vie de l'entreprise

Le concept de réduction des pertes dans l'entreprise traditionnelle est en général (quand tout va bien !) focalisé sur le générateur de coûts principal. Lorsque l'impact du coût de la main-d'œuvre est prépondérant, on y mesure avec précision des temps gammes, une productivité directe (ou efficience main-d'œuvre), des temps improductifs, etc. ; et lorsque l'investissement capacitaire est tel que l'usine n'est rentable que si les machines tournent en permanence, on mesurera avec autant d'attachement les performances des équipements par l'intermédiaire du TRS (taux de rendement synthétique).

Il n'est pas rare que l'une et l'autre de ces usines, celle qui mesure la productivité de la main-d'œuvre et celle qui mesure la productivité de la machine, fassent l'impasse sur des indicateurs de performance pourtant primordiaux pour le client : par exemple, le taux de service (proportion des commandes livrées complètes à date), et le temps de passage (temps qui s'écoule pour la matière le long du processus de fabrication). Sans oublier pour autant les indicateurs « classiques », qui sont en général le fruit d'une analyse de contrôle de gestion (la main-d'œuvre représente x % du prix de revient, je me dois donc de suivre la productivité des opérateurs), l'usine lean va devoir s'appliquer à d'autres façons de mesurer la performance.

Avant de parler aux équipes des nouveaux indicateurs eux-mêmes, il est nécessaire d'exprimer qualitativement, par des concepts simples, ce à quoi on va désormais s'intéresser. L'étape pédagogique qui consiste à traduire par des exemples concrets les concepts de pertes est donc primordiale. Elle sert à ouvrir les yeux et les esprits, et aussi à mettre des

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

mots (et donc à engager le début d'une réflexion) sur des désagréments quotidiens jamais décrits et jamais traités. C'est à cela que servent les concepts de mura, muri, et muda : élargir le spectre des pertes bien au-delà de ce qu'on a l'habitude de mesurer et de corriger dans l'entreprise traditionnelle.

➤ Les 7 muda

Les muda décrivent une classification des pertes de l'organisation industrielle. Une remarque préalable est nécessaire : cette classification ne prétend pas à l'exhaustivité. Les frontières entre les muda sont parfois floues. Il peut exister d'autres pertes que les 7 muda habituellement décrites lorsqu'on parle du système de production Toyota. Toutefois, même si la liste est imparfaite, les praticiens du lean ont pris l'habitude de l'utiliser comme grille de lecture pour organiser les analyses et comme trame pédagogique pour « faire changer de lunettes » aux managers opérationnels.

Il faut aussi noter que les 7 muda sont toutes des causes d'allongement du temps de passage… En pratique, il est presque toujours équivalent de chercher à réduire le temps de passage que de chercher à réduire les pertes. C'est pour cette raison que lorsque nous parlons de programme d'amélioration lean, nous préférons souvent en axer la communication sur cette réduction du lead time plutôt que sur la réduction des gaspillages ou l'amélioration de la productivité, qui constituent des sources de slogans peut-être moins fédérateurs et plus restrictifs quant aux gains recherchés.

- *Surproduction*

On considère comme perdues toutes les ressources qui ont été affectées à une production non vendue. La matière, la main-d'œuvre, l'usure des équipements, l'énergie et les consommables ne doivent pas être engagés pour autre chose que ce que le client est prêt à acheter. Tout ce qui est produit en avance constitue un gaspillage. On peut d'ailleurs mesurer concrètement cette perte par le BFR (besoin en fonds de roulement), puisqu'elle fait appel à la trésorerie de l'entreprise en avance de phase sur ce que le client va payer.

Cette notion de surproduction, lorsqu'on la prend en compte pour les calculs d'ordonnancement, met à mal les pratiques classiques de dimensionnement des lots par la très académique « formule de Wilson ».

Celle-ci permet d'estimer une quantité de lancement dite « économique » en cherchant l'équilibre entre les coûts de lancement du lot et les coûts de stockage. Cette formule pose deux problèmes principaux au logisticien et à l'ordonnanceur :

- D'une part, la notion de coût de stockage n'est juste que si on prend en compte un ensemble de dépenses indirectes difficiles à évaluer (l'obsolescence, le coût supplémentaire de traitement de la non-qualité dans des grands lots, les coûts de manutention issus des surstockages, le coût financier de la trésorerie mobilisée pour stocker). Les habitués de ces calculs complets prennent souvent un « forfait » pour tous ces éléments et considèrent que le stock coûte chaque année un tiers de sa valeur.
- D'autre part, la formule de Wilson ne tient compte que des coûts… et amène donc à définir des lots sans tenir compte de la demande et donc à tenir des stocks et en-cours avals supplémentaires pour synchroniser l'usine et son client.

Nous reviendrons plus loin sur la logique SMED et sur la réduction des tailles de lots, qui est la réponse « dynamique » à la perte par surproduction.

Maîtriser la surproduction commence par le choix des bons indicateurs de productivité. Si l'indicateur d'efficacité de la main-d'œuvre prend en compte les quantités produites au-delà du besoin du client, il induit alors une mauvaise compréhension de ce qu'est la performance de l'entreprise, puisqu'il va pousser à produire trop pour mieux occuper la main-d'œuvre.

- *Non-qualité*

Les rebuts font bien entendu partie de la non-qualité, mais aussi les retouches, ainsi que l'ensemble des activités de traitement des réclamations, comme celles d'analyse et de traitement des défauts internes. La non-qualité peut être considérée comme la plus grave de toutes les pertes :

– au minimum, elle double le coût de la pièce (la pièce jetée doit être remplacée) ;
– elle dégrade l'image de l'entreprise chez le client ;
– elle détourne les équipes de techniciens des activités de développement sur des activités de « réparation ».

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

• *Transports*

On considère comme une perte l'ensemble des mouvements internes à l'usine, entre les postes de travail ou entre les différents ateliers. Lors d'un chantier d'amélioration lean, les distances seront donc un indicateur spécifique à mettre en place pour évaluer les différentes solutions. De même, on s'attachera à réduire le nombre de fois où l'opérateur « prend » ou « pose » une pièce, qui sont autant de gestes sans valeur ajoutée pour la main-d'œuvre directe.

• *Mouvements inutiles*

Les mouvements inutiles sont de la même nature que les transports : ils trahissent une mauvaise organisation du poste de travail. On classe dans cette catégorie tous les mouvements et les gestes de l'opérateur sur son poste. De même, on peut considérer comme mouvements inutiles tous les déplacements excessifs de la machine (courses d'approche, vitesses trop lentes, etc.). La distinction entre les pertes par transports et les pertes par mouvements inutiles est parfois difficile à faire. Tout dépend de la « loupe » choisie pour analyser les activités. De façon générale, si on cherche à réduire des temps indirects ou des en-cours intermédiaires, on se focalisera sur les transports entre postes ; si en revanche on cherche à réduire des temps de main-d'œuvre directe, on décortiquera les mouvements de l'opérateur pour y chasser les mouvements inutiles.

Les techniques classiques des méthodistes pour déterminer les temps standard (en particulier le MOST) sont bien adaptées à la réduction des mouvements inutiles.

Chacun de ces mouvements peut être analysé et traité par l'amélioration de l'ergonomie des postes : mouvements des yeux (chercher des pièces), mouvements des jambes par le rapprochement des machines, etc.

• *Process et méthodes inadaptés*

Réduire cette perte des process et méthodes inadaptés fait appel aux techniques classiques de l'ingénieur des méthodes industrielles : analyse de la valeur et adaptation de la gamme de fabrication, réduction des coûts de transformation, etc. Toutefois, dans le cadre d'un projet lean, on appuiera tout particulièrement sur la notion de standardisation des opérations. Lorsque la « bonne » méthode utilisant la technologie à jour et adaptée à l'opération ou au coût attendu est déterminée, il faut faire

un effort supplémentaire de description du geste de l'opérateur et de formation, qui permette d'assurer que tout le monde pratique de la même façon.

• *Stocks*

Les stocks apparaissent dans la liste des pertes, non pour signifier que tous les en-cours et stocks de produits finis doivent tendre vers zéro quel que soit le type d'industrie, mais bien pour rappeler que chaque en-cours et chaque stock doivent répondre à des conditions strictes : d'une part, définis par une quantité minimum, une quantité maximum, ainsi que des règles de déclenchement et de révision systématique régulière et d'autre part, faisant l'objet d'un plan d'action de réduction à traiter parmi les sujets d'amélioration continue.

Un stock a une fonction de lissage des aléas de fabrication ou de consommation (variabilité de la demande, pannes machine, indisponibilité des pièces de rechange…), ou encore une fonction de gestion d'une complexité de fabrication (temps de changement de série, difficulté d'appairage de deux pièces dans un montage, etc.). Inscrire la réduction des stocks dans les objectifs d'amélioration continue, c'est se forcer à travailler sur les causes de dysfonctionnement et sur les difficultés elles-mêmes, plutôt que de les couvrir par des immobilisations de trésorerie.

Une autre manière de voir le stock est de considérer qu'il masque systématiquement une autre nature de perte. Par exemple, un stock de pièces faites positionnées après une machine peu fiable en couvre les pannes, et donc, cache les effets d'un manque de maintenance, ou d'un manque de maîtrise de l'équipement par l'équipe d'exploitation.

Le parti pris managérial d'une usine lean doit être d'exposer les pertes pour les résoudre et donc, souvent, de diminuer arbitrairement les stocks pour mettre en évidence les vraies causes de pertes et forcer l'usine à les traiter durablement.

• *Attentes*

Les actions sur les stocks et en-cours répondent déjà au problème des pièces qui attendent leur tour devant la machine ou sur le quai d'expédition… Les pertes d'« attente » sont donc destinées à identifier les gaspillages de main-d'œuvre (lorsque l'opérateur attend) et les dysfonctionnements des équipements (panne machine). Les causes d'attente

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

des opérateurs peuvent être dues à des défauts d'organisation et en particulier à des manques de synchronisation entre la gestion de production et l'encadrement de terrain, qui provoquent des erreurs de planification des ressources et des ordres de fabrication. De plus, si on observe les activités des opérateurs en train de produire, il peut exister des micro-attentes, qui sont elles liées à la synchronisation des tâches. Les solutions à ces micro-attentes se trouvent dans les techniques d'équilibrage de la ligne.

Pour mesurer les attentes, il faut soit installer un outil analytique de décomposition des causes de pertes de rendement, comme le TRS ou l'efficience de la main-d'œuvre, soit pratiquer des mesures focalisées, en particulier par le biais d'observations instantanées.

➤ Muri et mura

Ces deux concepts sont moins souvent mis en avant dans les descriptions du système Toyota. Pourtant, lorsqu'on travaille concrètement à la réduction des gaspillages, et qu'on en cherche les causes profondes, on tombe souvent sur des travers de l'entreprise qui peuvent être classifiés comme excès ou surcharge (muri) ou comme manque de régularité (mura). Travailler sur les muri et les mura permet souvent de définir des conditions extérieures à l'usine qui lui permettent d'éviter ses propres muda !

Quelques exemples pour illustrer ces concepts

- Mura : l'irrégularité des ventes d'une référence à l'autre, c'est-à-dire la variabilité des consommations au sein d'un catalogue, suscite de vraies difficultés pour stabiliser la production. Elle tend à provoquer la surproduction, les stocks, les attentes…
- Muri : l'absence de prise en compte des capacités réelles dans l'annonce des délais, soit des personnes, soit des équipements, provoque des retards, et de la non-qualité. Cela s'applique aux dossiers R&D comme aux ordres de fabrication !
- Muri : lorsque la pénibilité (au sens de l'ergonomie) d'une tâche n'est pas prise en compte, on peut s'attendre à un manque de fiabilité dans son exécution, et à devoir organiser une rotation des opérateurs défavorable à la bonne maîtrise du procédé.

Les trois concepts de pertes mura, muri, muda sont liés par une relation de causalité : l'irrégularité entraîne la surcharge momentanée et l'impossibilité de délivrer le produit ou le service, qu'on compense par des gaspillages de ressources, eux-mêmes visibles dans les niveaux de stocks et d'en-cours.

En conclusion, peu importe le détail des classifications. C'est l'esprit qui compte : si l'on veut éliminer les gaspillages dans l'usine, il faut en comprendre les causes, et souvent, admettre que pour les résoudre, il faut analyser le fonctionnement de l'entreprise avec suffisamment d'altitude pour identifier ce qui, au-delà de l'usine, l'empêche de fonctionner de façon régulière, sans surcharge, et sans gaspillages.

Autres grilles d'analyse des pertes

D'autres listes analytiques existent pour trier les pertes et organiser les activités d'amélioration continue. À la différence des pertes du système TPS telles que nous les avons décrites plus haut, ces systèmes d'analyse sont souvent plus détaillés et précis. Le praticien du lean devra choisir en fonction de la culture de l'entreprise où il intervient, et surtout en fonction de ses objectifs propres. S'il poursuit un objectif d'ouverture d'esprit de ses interlocuteurs, une grille d'analyse plus conceptuelle et une liste plus courte de pertes génériques permettront de faciliter la prise de conscience des managers de fabrication et des opérateurs. Si en revanche l'analyse des pertes doit aboutir à une construction chiffrée utilisable entre autres par un contrôle de gestion, pour traduire les pertes en termes d'EBITDA, de BFR, de PRU (prix de revient unitaire), alors il devra rentrer dans un détail plus fin et dans une catégorisation des pertes plus contraignante.

Exemple : liste des 22 pertes standardisées du système de production Yamaha Motor Company

- Démarrage des nouveaux produits.
- Manque de charge.
- Maintenance planifiée.
- Changement de série.
- Changement d'outil cyclique.
- Redémarrages.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

- Pannes.
- Micro-arrêts.
- Ralentissements.
- Reprise des défauts.
- Social (délégation, grève…).
- Allure.
- Équilibrage de ligne.
- Contrôles et réglages.
- Non-automatisation.
- Énergies.
- Rendement matière.
- Outils et outillages.
- Défauts.
- Stocks de produits finis et en-cours.
- Transports et manutentions.
- Retouches qualité incluses dans les temps standard.

Par ailleurs, la plupart des listes analytiques de pertes techniques omettent de détailler les types de pertes liées à des aspects spécifiquement comportementaux. Celles-ci sont certes plus délicates à identifier et à traiter mais on ne peut se permettre de les ignorer. Pendant une phase d'identification des pertes avant un projet lean, on se doit donc de mettre sur la table les manques de motivation, les défauts de leadership, les lacunes de la communication, les absences de rituels de management, les causes d'absentéisme… Il est souvent nécessaire de faire appel à un œil extérieur à l'équipe de management pour relever ces écarts-là !

Composantes du système de production Toyota (TPS)

Parmi les entreprises qui ont structuré une réponse technique, organisationnelle et culturelle au besoin de réduire les pertes de productivité, le groupe Toyota fait figure d'exemple. Le terme de lean manufacturing provient d'ailleurs d'une description du TPS faite par des universitaires du MIT aux États-Unis.

Le TPS n'est pas un format unique pour décrire un système de production lean, mais c'est sans doute celui qui a démontré le succès le

plus durable et continu. Souvenons-nous de l'engagement pris par le président du groupe Toyota il y a trois décennies… « *Dans trente ans, nous serons le premier constructeur automobile au monde*. » Cette position de leader a effectivement été atteinte en 2008. Les paragraphes qui suivent résument aussi fidèlement que possible les enseignements des sensei de Gifu-Shataï, l'un des constructeurs automobiles appartenant au groupe Toyota, et dans les usines duquel JMAC accompagne régulièrement des industriels européens en formation au TPS.

Engagement personnel

Avant de parler des composantes techniques ou organisationnelles du TPS, citons les quatre premières règles de l'individu toyotiste (qui pourraient être une forme de « credo » du manager TPS), telles qu'elles nous sont livrées par les anciens directeurs d'usine de Gifu-Shataï (usine du groupe Toyota qui produit les Hiace) :

- Prendre des initiatives personnelles et être un exemple pour les autres.
- Aller sur le terrain et se rendre compte par soi-même.
- Écouter les idées et le bon sens de chacun, et respecter les individus.
- Construire des emplois et former le personnel.

Amélioration continue par tous

Si l'on considère que le client n'est prêt à payer que la part de valeur ajoutée du produit, c'est-à-dire la part correspondant à une transformation de la matière ou du produit, alors les membres de l'encadrement ne participent pas au sens strict à la création de valeur. Leur seule justification dans les dépenses de l'entreprise est donc leur contribution à réduire la part de travail des opérateurs qui ne correspond pas à de la valeur ajoutée. Le principal de l'activité des chefs et des indirects doit donc être d'organiser l'amélioration continue des opérations et la réduction des pertes, et par conséquent de déployer tous les efforts nécessaires pour faire participer l'ensemble de leurs équipes.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Le TPS énonce 10 règles de conduite de l'amélioration continue.

Les 10 règles de conduite de l'amélioration continue

- Prendre soin de tous les opérateurs, qui sont la première richesse de l'entreprise.
- Développer le bon sens et la capacité individuelle à avoir des idées nouvelles – à ce titre, l'usine de Gifu-Shataï se donne par exemple un objectif de quatre idées d'amélioration par personne et par mois.
- Considérer que les bonnes idées et le bon sens trouvent leur meilleure source dans les situations de difficulté. Les situations d'urgence, de contrainte, d'arrêt de ligne… sont donc les moments les plus favorables à la créativité pour résoudre les problèmes.
- Pas de dépenses, mais des idées de bon sens.
- Ne pas chercher d'excuses, et ne pas avoir peur de se tromper.
- Faire les choses tout de suite, sans chercher à être parfait : 60 % de réussite par tâtonnements est déjà un progrès !
- Retourner les situations négatives en occasions positives, et mettre en évidence ce que l'on aura appris.
- « Le temps est l'ombre du geste » : minimiser les efforts, les mouvements et les dépenses. Chaque acte prend du temps, et coûte à l'entreprise.
- Considérer que la situation actuelle est la pire possible et ne jamais cesser de rechercher l'amélioration.
- Ne jamais cacher les problèmes : ceux qui ne sont pas visibles ne seront jamais améliorés :
  – identifier clairement les problèmes ;
  – mettre en place un système qui permette de les mesurer physiquement et concrétiser visuellement cette mesure ;
  – mettre en place les conditions pour que les opérateurs puissent contribuer à la résolution des difficultés.

Méthodologies fondamentales

Le système Toyota repose sur des fondations, des éléments d'organisation prérequis, considérés comme nécessaires au bon fonctionnement des composantes plus élaborées du système : les 5 S et le management visuel, les opérations standardisées, et l'heijunka (le lissage de la charge).

➤ Les 5 S

Le kaizen en général, et donc le lean, commence par les 5 S. Cette règle s'applique aux améliorations locales comme aux programmes couvrant l'usine. On commence donc les chantiers d'amélioration en assurant l'ordre et la propreté de la zone concernée, c'est-à-dire en appliquant au moins les 3 premiers S.

Rappelons le sens des 5 S, qui décrivent 5 activités dont le nom japonais commence par un « s ».

Les 5 S

- Seiri : trier l'utile de l'inutile et débarrasser le poste de travail.
- Seiton : ranger chaque chose à sa place.
- Seiso : nettoyer chaque jour.
- Seiketsu : standardiser les règles de rangement et de nettoyage.
- Shitsuke : maintenir la discipline d'ordre et de propreté.

En ce qui concerne les programmes d'amélioration globaux qui couvrent toute une usine, commencer par une phase d'installation de la pratique des 5 S présente un certain nombre d'avantages :

- Elle prépare les esprits aux techniques plus complexes ultérieures en faisant participer les opérateurs à des actions simples qui touchent directement leur confort de travail.
- Elle permet de s'affranchir du « bruit de fond » que représente le désordre ambiant, pour mieux mettre en évidence les pertes.
- Elle est l'occasion de rationaliser les temps de nettoyage et de leur donner un contenu détaillé et mesuré.
- Elle est l'occasion d'instaurer les premiers rituels de management (vérifications et réunions fréquentielles systématiques) sur lesquels pourront se greffer plus tard les activités de contrôle d'autres indicateurs.

Cette période de déploiement des 5 S comme première phase de construction d'un système de production va avoir des durées variables en fonction de la taille de l'usine concernée. Le praticien lean prendra garde toutefois à ne pas s'enliser dans cette période. Par définition, les

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

5 S ne sont jamais terminés. L'amélioration du poste de travail est une activité continue. Il faut donc savoir juger du bon moment, par secteur, par zone, par atelier, à partir duquel on peut considérer les 5 S comme stabilisés, pour passer ensuite à d'autres sujets d'amélioration. Les 5 S en eux-mêmes ne rapportent pas d'argent à l'entreprise. C'est même souvent un investissement coûteux lorsqu'on part d'une situation défavorable, lorsque les principes de rangement sont en dérive complète, par exemple. Ils sont donc nécessaires, mais pas suffisants à améliorer le compte de résultat.

Un autre écueil à éviter est de traduire la nature continue des 5 S par une nouvelle fonction dans l'organisation. L'application et le contrôle des règles 5 S appartiennent aux opérationnels et à leur hiérarchie. Beaucoup des entreprises qui ont nommé un « responsable 5 S » ont ensuite échoué à maintenir ces activités dans le temps, à cause de la déresponsabilisation des équipes de production. Les 5 S étaient devenus l'affaire du responsable 5 S, et plus celle de la production.

Comme pour la plupart des méthodes de management d'origine japonaise, le bon sens et l'humilité dans l'exécution séquentielle des étapes permettent presque à eux seuls d'obtenir un résultat et son maintien dans le temps.

Les trois clés principales de la réussite des 5 S

- L'attention portée au choix des périmètres successifs d'application : ceux-ci doivent permettre une résolution complète en deux ou trois semaines. Il vaut mieux choisir une zone d'application plus petite pour être certain de pouvoir aller assez vite.
- La formation et les explications données aux opérateurs, par groupes ou individuellement, sont cruciales. Les programmes 5 S les plus réussis sont ceux pour lesquels l'encadrement de terrain n'a pas compté le temps passé à convaincre les opérateurs… au besoin un par un !
- La bonne compréhension par la direction et par l'encadrement de son rôle dans le cinquième S. Les 5 S ne tiennent dans le temps que dans les usines où l'on continue à pratiquer les audits, et où le directeur inscrit à son emploi du temps mensuel les visites de terrain orientées 5 S (pratiquer un audit, discuter avec les opérateurs de façon informelle sur l'ordre et la propreté de leur poste de travail, etc.).

Un exemple de 5 S avancé

L'usine de Sue du groupe Toyota produit les glissières de sièges automobiles, en particulier pour les véhicules montés à Gifu-Shataï, mais aussi pour d'autres lignes de montage du groupe. Elle fait partie des usines que nous visitons régulièrement lors de nos séminaires TPS. Les pratiques de maintien de la propreté y sont particulièrement poussées, et très liées à l'exigence de qualité, comme aux contraintes environnementales :

- Tout d'abord, chaque poste de travail est équipé de seaux transparents accrochés à hauteur d'épaule, du côté de l'allée piétonne. Ces seaux sont destinés à recevoir les balayures de l'équipe. Ils permettent à tous, opérateurs et personnel d'encadrement, de visualiser en temps réel la nature des déchets récoltés au sol et sous les machines. On y cherche en particulier les vis et rondelles tombées au sol, indices de mauvais réglages des machines et donc de défauts qualité potentiels.
- Les seaux de balayures sont ensuite portés en bout de ligne, où l'on trouve une batterie de sacs eux aussi transparents, destinés au tri des déchets par catégories.
- Une fois par semaine, la direction préside une « cérémonie » de tri des déchets, lors de laquelle on évoque les propositions d'amélioration des postes de travail, et où l'on distingue les postes qui ont laissé passer des vis, écrous, rondelles… par une gommette rouge au plan d'implantation de l'usine.

Quels enseignements tirer de cet exemple ? Soulignons simplement les quelques principes qu'on retrouve ici. Tout d'abord, on met en évidence les problèmes (seaux et sacs transparents). Ensuite, on met en place des rituels inamovibles (balayages quotidiens, réunion hebdomadaire…). Enfin, la direction s'implique directement dans ces activités, au plus haut niveau, pour assurer le maintien des pratiques et des résultats.

➤ Management visuel

Le management visuel, c'est-à-dire la construction d'un système d'information sur le lieu de travail où la rédaction de consignes est réduite au minimum par la mise en place de solutions visuelles, a deux types d'application distincts :

- d'une part la communication en temps réel de la performance de la ligne ;
- d'autre part, la visualisation maximale des règles au poste de travail.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

• *Affichages de zone*

L'ensemble des informations sur la performance de court terme (jour, semaine) est traité dans des zones d'affichage et de réunions systématiques dans l'atelier, en bord de ligne de fabrication. Ces affichages sont composés de façon standard avec :

– un graphe de l'indicateur mesurable ;
– un plan de l'atelier ou du produit qui permet de localiser les lieux générateurs d'écarts (par des gommettes de couleur ou des aimants) ;
– un plan d'action de court terme.

Les thèmes traités par ces affichages standard sont :

– la sécurité (fréquence et gravité) ;
– la qualité (suivi des défauts et retouches) ;
– les 5 S (résultats d'audits et propositions d'amélioration) ;
– les pannes des équipements (TRS) ;
– la productivité, l'affectation des opérateurs et la matrice des compétences des équipiers ;
– les idées d'amélioration provenant des activités kaizen.

La préparation des réunions opérationnelles doit permettre de limiter leur déroulement à moins de vingt minutes chaque jour. Cela suppose de définir à l'avance la liste des questions systématiques et de les répartir parmi les participants. Cette préparation des points systématiques peut passer par la constitution de check-lists préformatées qui permettent de structurer le reporting de la performance, les contremesures déjà mises en place, et les points bloquants pour lesquels l'opérationnel a besoin de l'assistance des fonctions de support.

• *Visualisation des règles au poste de travail*

Cet aspect du management visuel est le résultat attendu d'une pratique poussée des 5 S. Il s'agit de faire en sorte que l'information soit disponible immédiatement, et sans interprétation. À titre d'exemples de cette visualisation des règles au poste, on peut citer :

– le marquage au sol de l'emplacement de chaque élément du poste et pour les flux ;

– le dimensionnement standardisé des emplacements pour les encours (de telle sorte qu'on ne puisse en accumuler plus que prévu) ;
– l'utilisation de marquages de couleur pour les points de réglage, les niveaux, les manomètres… afin d'identifier immédiatement les différentes positions possibles ;
– l'utilisation de kanban et de codes couleurs pour la gestion des flux ;
– la visualisation au sol de l'avancement par rapport à la cadence prévue, dans le cas des convoyeurs à vitesse constante ;
– l'affichage en temps réel de la quantité produite comparée à la quantité due ;
– la signalisation lumineuse de l'état de la machine, visible de l'allée (avec un code couleur pour marche, arrêt, réglage, attente…).

➤ Travail standardisé

La standardisation des activités répond à un triple objectif de maîtrise :
– de la productivité (tout le monde utilise la méthode optimale) ;
– de la sécurité et de la qualité (tout le monde respecte le procédé tel qu'il est défini pour assurer que la production soit bonne) ;
– des flux (tout le monde va à la même vitesse, synchronisée sur la demande).

La standardisation fonde son efficacité sur la répétition des gestes. Ouvrons une parenthèse : on retrouve ici l'un des aspects culturels du « bushidô », la voie du guerrier, qui constitue l'ensemble des règles de vie du samouraï, reprises aujourd'hui par les férus d'arts martiaux : c'est dans la répétition à l'infini des gestes qu'on atteint la perfection.

La standardisation se concrétise par la présence au poste de travail d'un document de définition des tâches de l'opérateur, qui décrit graphiquement la succession des positions sur le poste de travail, la succession des gestes, ainsi que l'emplacement et le nombre des encours standard et ceux prévus pour les pièces à faire et pour les pièces faites. Ce document, le diagramme des tâches standard, fait partie des documents de formation. Il est bien entendu complété par des modes opératoires détaillés et visuels pour chacune des tâches élémentaires de la séquence de travail qu'il illustre.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

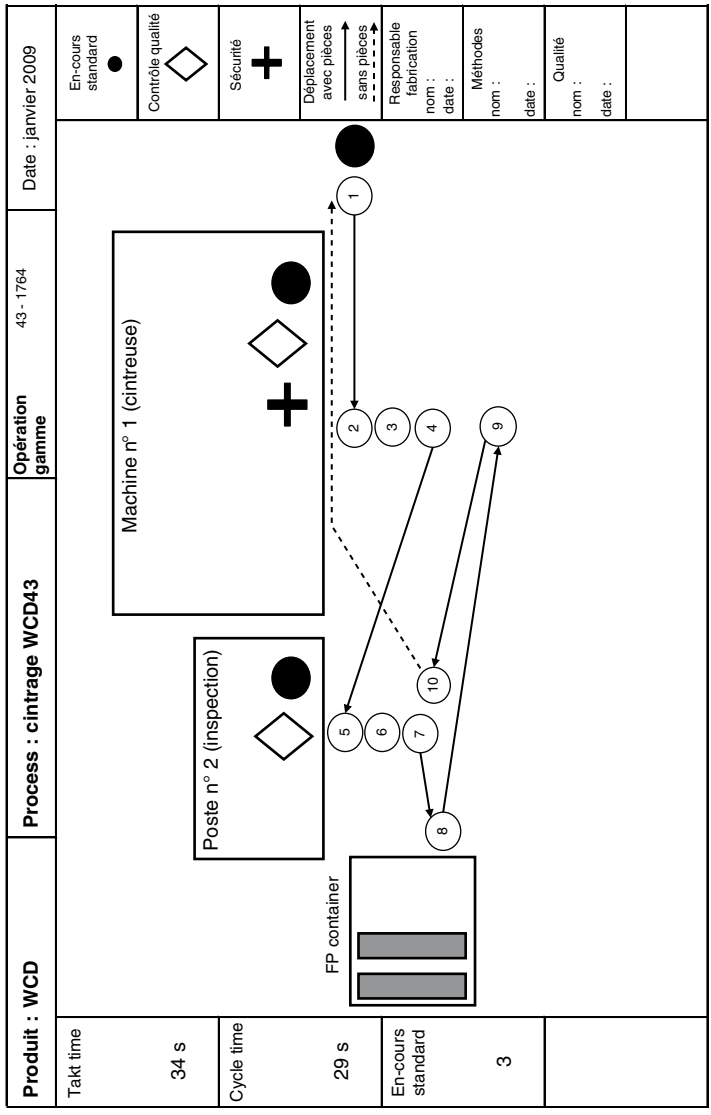


Figure 1.1 – Exemple de diagramme des tâches standard

Le travail standardisé se focalise sur l'activité de l'opérateur dans le cadre d'activités répétitives. On peut parler d'opération standardisée lorsque les trois éléments suivants sont définis :

– une cadence standard ou takt time ;
– une suite d'opérations en séquence répétitive ;
– un en-cours standard à chaque étape de la séquence.

Lorsque les tâches de fabrication comportent une combinaison d'activités manuelles et de temps machine, on utilisera une représentation graphique (simogramme) dont un exemple est reproduit ci-après (figure 1.2).

➤ Lissage de la charge de travail (heijunka)

Le principe du lissage de la charge de travail prend plusieurs significations selon la profondeur qu'on veut bien lui donner.

Il s'agit tout d'abord de répartir la charge de travail globale de façon égale sur chaque période de travail. Autrement dit, l'entreprise ne doit accepter les commandes qu'à hauteur de sa capacité de chaque jour, et l'usine doit ordonnancer la fabrication en répartissant équitablement la charge sur chaque équipe. En allant au bout de la logique, l'atelier de fabrication, à son niveau, doit distribuer le travail sur chaque heure de travail de façon égale. La manière de transmettre les consignes de fabrication au poste de travail est donc une première conséquence concrète de ce principe. On commencera par définir un « pas » de management de l'atelier (le « *pitch* »). À chaque début de pitch, l'opérateur reçoit les consignes de travail pour la durée du pitch uniquement. Si le pitch dure deux heures, il connaîtra son programme de travail chaque deux heures. Le pitch correspond à une durée de tournée d'approvisionnement des pieds de ligne, et à une période de contrôle de l'avancement de la production. Plus le pitch est court, meilleur sera le contrôle de l'avance-retard. Ce principe de lissage sur chaque période de travail se comprend bien au niveau du poste de travail de l'opérateur : c'est un moyen de garantir un rythme de travail constant tout au long de la journée. La logique de l'heijunka ne permet pas non plus au producteur de réarranger l'ordre des fabrications pour regrouper des lots de références similaires. C'est donc aussi un moyen de contrôler le respect des tailles de lots.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

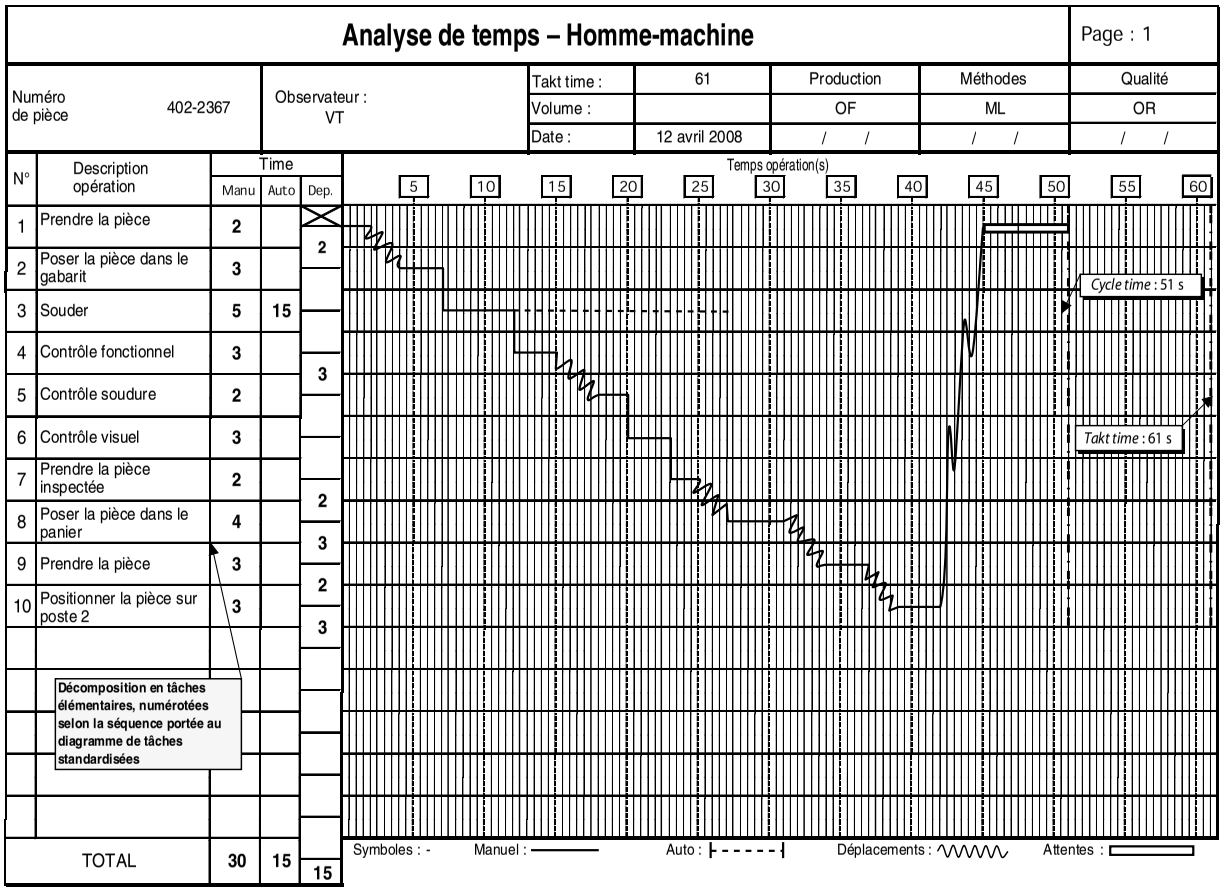


Figure 1.2 – Simogramme homme-machine

Toutefois, on peut aussi appliquer ce principe au niveau de l'entreprise elle-même et à la fréquence de contrôle de ses activités. De nombreuses PMI cadencent la mesure de leurs résultats au pas du rapport mensuel. On y suit le chiffre d'affaires chaque mois, et c'est à ce rythme que la direction générale mesure l'activité de chaque fonction. JMAC a souvent rencontré des patrons, dans ce type d'entreprise, qui s'étonnaient que leur usine, leur logistique, et parfois jusqu'à leurs bureaux d'études fonctionnaient par « vagues » de fortes charges de fin de mois, suivies de débuts de mois très lents. Le pas de contrôle de la direction sur les activités globales en était la cause : il forçait le « coup de bourre » des commerciaux pour facturer avant la fin du mois, et donc les expéditions entre le 24 et le 27 du mois, et par conséquent la saturation de l'atelier entre le 15 et le 20… et ainsi de suite jusqu'aux dossiers d'étude. Ces entreprises fonctionnent systématiquement avec des ressources largement surdimensionnées à chaque étape, puisqu'elles sont capables de servir le pic de charge chaque mois !

Une mesure simple à prendre dans ces situations est d'installer un suivi hebdomadaire au niveau de la direction générale, lui-même décomposé en objectifs quotidiens d'expédition et de production.

Le lissage de la charge ou heijunka ne se limite pas à ce concept d'égalisation de la charge globale. Il s'agit également de répartir la fabrication des références de produit de façon lissée. L'usine lissée doit être capable de produire chaque référence avec une récurrence la plus courte possible. C'est une des conditions de base de la réduction des stocks : plus les récurrences sont courtes, plus les lots sont réduits, et moins on devra tenir de stock et d'en-cours pour couvrir les files d'attente qui en découlent. Ce principe de lissage des références doit trouver une traduction simple qui permette à chacun de comprendre l'objectif de service que l'usine se donne. En fonction du métier et des complexités de fabrication, la définition des récurrences peut avoir des résultats divers. Diminuer la période de lissage d'un ordre de grandeur (passer les récurrences du mois à la semaine, ou de la semaine à la journée) peut être un objectif menant pour un projet lean. Ce changement d'échelle va nécessiter des transformations radicales de l'organisation de production faisant appel à quasiment toutes les techniques du TPS. En effet, il faudra pour cela, entre autres points :

- Installer les boucles courtes de management de l'avance-retard (c'est-à-dire rendre visuel le retard et formaliser les règles de réaction à l'intérieur même d'un pas de management inférieur à l'équipe).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

- Organiser et former les équipes pour permettre les changements de série rapides.
- Éventuellement faire évoluer les équipements pour favoriser les machines flexibles plutôt que les machines à forte cadence.
- Faire évoluer les processus de planification des fabrications pour tenir compte de cette nouvelle exigence.
- Travailler en amont avec les fournisseurs de matières premières et de composants pour que les approvisionnements soient conformes avec le principe de lissage.

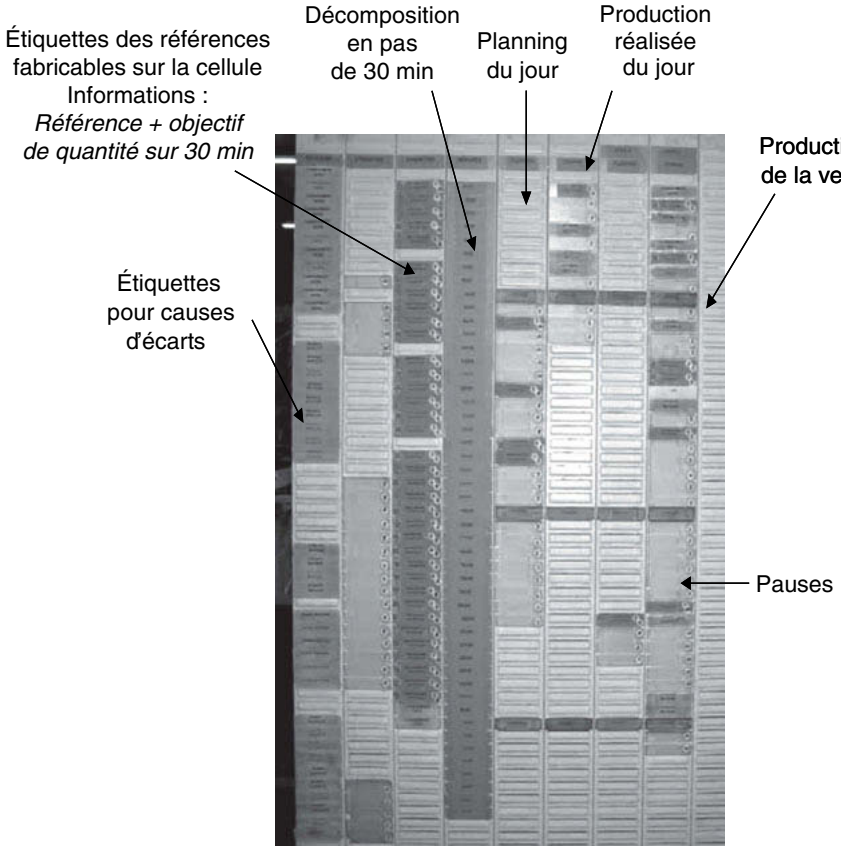


Figure 1.3 – Exemple d'un tableau visuel de pilotage de la journée de fabrication dans un atelier de production d'ensembles mécano-soudés

Le juste à temps

L'objectif du juste à temps est de ne produire que ce que le client achète (a déjà acheté dans le cas d'une production à la commande, ou bien va acheter avec certitude et dans un délai court pour les productions sur stock). Une phrase synthétique pour décrire le mode de fonctionnement en juste à temps (*just in time*, ou JIT) pourrait être d'« apporter au bon endroit la bonne pièce au bon moment dans la quantité juste nécessaire ».

Pour atteindre cet objectif, l'ensemble des flux de l'usine, mais aussi amont (fournisseurs) et aval (distribution) vont être organisés en utilisant les principes et outils suivants.

➤ Flux tiré

« Tirer les flux », c'est faire en sorte à chaque poste de ne produire que ce qui vient d'être consommé par le poste aval. De cette façon, on s'assure de ne produire que ce qui est réellement nécessaire pour servir le client. En principe, c'est donc le contraire du fonctionnement classique, qui consiste à sortir des matières premières du stock à partir d'un ordre de fabrication, à réaliser la première étape de fabrication, et à « pousser » ensuite ce lot de phase en phase de la gamme.

L'opérateur doit changer de mode de fonctionnement. Dans un flux poussé, il attend les pièces et composants pour produire, et réalise l'ensemble du lot d'un seul tenant. En flux tiré, les pièces et composants sont *a priori* disponibles au poste et l'opérateur ne produit que s'il a le signal qui l'autorise à produire la bonne référence dans la bonne quantité. Cela ne signifie pas qu'il « attende » le signal au pied de sa machine ! Bien entendu, installer le flux tiré n'implique pas qu'on mette la productivité de la main-d'œuvre au second plan ; elle reste même une préoccupation très forte pour assurer le respect des temps et donc des délais. Le flux tiré pose une contrainte supplémentaire au responsable d'équipe ou au chef d'atelier pour obtenir la même productivité de la main-d'œuvre. Dans une situation de flux poussé, il suffit d'avoir de l'en-cours à chaque poste pour que chaque opérateur soit occupé… alors que lorsqu'on installe le flux tiré, la logique s'inverse : en cas d'absence de signal de production, il faut savoir réaffecter le personnel efficacement et rapidement !

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Le lecteur mécanicien pourrait faire une remarque judicieuse : comme les systèmes hyperstatiques ne fonctionnent pas, si le degré de liberté du système de production n'est ni dans les en-cours ni sur l'utilisation de la main-d'œuvre, où donc se trouve-t-il ?

Il existe (au moins !) deux réponses concrètes à cette question de principe.

Tout d'abord, pour que le système fonctionne de cette façon, il faut en effet une variable d'ajustement, et c'est souvent le taux d'utilisation des équipements qui joue ce rôle… à condition d'avoir fait les bons choix et que les machines à l'arrêt ne coûtent pas plus cher que ce que l'on cherche à économiser en stocks et en main-d'œuvre. C'est ce qui explique (entre autres) le choix classique des usines japonaises pour des machines plutôt plus petites, moins coûteuses, et facilement réutilisables.

Par ailleurs, la qualité de prévision des ventes est primordiale ! Lorsqu'à Gifu-Shataï, on parle de flux tiré, c'est sur un programme de fabrication bloqué depuis le 20 du mois précédent pour le mois en cours, et connu à 90 % pour le mois suivant. Le flux tiré est donc un principe d'exécution quotidienne d'un programme de fabrication défini avec précision pour le mois. Il ne faut donc pas en attendre une flexibilité totale sur une demande du client qui serait imprévisible et extrêmement variable sur des produits tous disponibles au moment de la demande. Même chez Toyota, on annonce des délais, on fait des prévisions de ventes, et on les utilise pour définir une programmation de fabrication stabilisée d'un jour à l'autre.

Une façon de compenser les imprécisions des prévisions commerciales est de forcer le lissage à la prise de commande, en fournissant un cadre de réponse au délai à l'ADV (administration des ventes) qui tienne compte du film type de production fixé pour la période, lui-même basé sur l'analyse des consommations historiques, ou l'utilisation d'analogies avec des produits passés similaires (dans les industries de la mode, par exemple, où l'on identifiera telle ligne de la nouvelle collection à telle autre ligne d'une collection précédente, catégorisée entre autres critères par sa cible marketing). Certains constructeurs poussent d'ailleurs cette logique beaucoup plus loin en fixant des objectifs très contraignants aux concessionnaires, sur la vente des véhicules comme sur la vente régulière de pièces détachées.

Dans bien des cas, lors de nos projets de mise en flux d'usines, nous en arrivons à faire coexister deux systèmes de flux, en catégorisant les consommations des produits et des matières qui les composent : les produits et matières récurrentes et régulières, ou sur lesquels les prévisions sont bonnes, sont gérés en flux tiré (avec des seuils de réapprovisionnement, des kanban physiques ou électroniques…), alors que les produits et matières de consommations occasionnelles sont gérés par calcul de besoin et/ou à la commande. C'est une situation qui peut paraître plus complexe puisqu'il faut faire fonctionner deux types de gestion en parallèle, mais elle a l'avantage d'être une solution réaliste dans la plupart des industries qui n'ont pas les caractéristiques de régularité des lignes de production automobile, tout en permettant une réduction considérable des stocks sur les produits et matières fréquents et réguliers.

➤ Synchronisation

On veut s'assurer que l'ensemble des opérations fonctionne au rythme du client. Les approvisionnements depuis les fournisseurs, la logistique interne, les tâches des opérateurs sont donc organisés sur l'ensemble de la chaîne de valeur sur une même cadence. Cette cadence est donnée par le client, et il s'agit du takt time. C'est le temps qui s'écoule entre la consommation de deux pièces par le client. On calcule le takt time en divisant le temps d'ouverture par le nombre de pièces nécessaires dans la même période.

La notion de takt time connaît quelques limites qu'il faut savoir contourner :

- Lorsque le coût des équipements est menant dans le prix de revient, il faut parfois favoriser la cadence technique de ceux-ci, quitte à désaccoupler la production de la demande par un stock de produits finis plus important.
- Pour la logistique interne, on choisira de préférence un multiple du takt time pour organiser les rondes d'approvisionnement (voir la notion de « pitch », page 25).
- Du point de vue de l'opérateur, il existe des takt impossibles à tenir (trop courts : la seconde de décalage prend une importance trop grande), ou impossible à mémoriser (trop longs, avec trop d'opérations).
- Les fabrications qui livrent quelques produits par semaine ou par mois à leurs clients vont devoir trouver une autre façon de cadencer

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

l'avancement de la fabrication ainsi que les flux : on préférera dans ces cas-là raisonner par « tranches d'avancement », par exemple avec un pas de quelques heures qui offre malgré tout une subdivision du temps de travail, et en particulier une décomposition de la journée.

➤ Kanban

Le kanban est le mode d'exécution quotidien du système de flux tiré. Il permet de contrôler exactement les niveaux d'en-cours et de pièces, et de simplifier les flux d'informations en les matérialisant par une étiquette ou par un signal électronique.

Le kanban n'exonère absolument pas de faire des prévisions fiables. Dans la mesure où il fixe des stocks et en-cours dans des limites strictes, qui doivent être définies en fonction des quantités relatives de matières, composants et produits consommés, le kanban n'admet que peu de variations par rapport au modèle qui a servi à en calculer les paramètres. On admet en général que les boucles kanban permettent de gérer des variations de quantités relatives de l'ordre de 10 %.

La figure 1.4 ci-après décrit le fonctionnement d'une boucle kanban.

Nous nous plaçons ici dans le cas simpliste où le stock de produits (étiquette rectangulaire) est placé au pied de la machine qui l'utilise, c'est-à-dire que le mouvement des pièces ne fait pas intervenir de manutentionnaire pour les déplacements du stock vers le client.

L'ordre logique de lecture du schéma est donné par les marques 1 à 5 :

1. Le client termine une pièce sur son poste (étiquettes rectangulaires sur le schéma).
2. Le client va chercher la pièce suivante dans le supermarché au pied de la machine. Celle-ci est accompagnée d'une carte kanban (étiquette biseautée sur le schéma).
3. Le client sépare la carte kanban de la pièce à faire et la renvoie vers son fournisseur pour lui signifier qu'il vient de consommer une pièce du stock intermédiaire.
4. Lorsque l'accumulation des cartes kanban atteint la taille de lot prévue pour la production du fournisseur, celui-ci relance la fabrication pour autant de pièces qu'il a de cartes libres.
5. Le fournisseur remet au stock les pièces qu'il vient de faire accompagner de leurs cartes kanban.

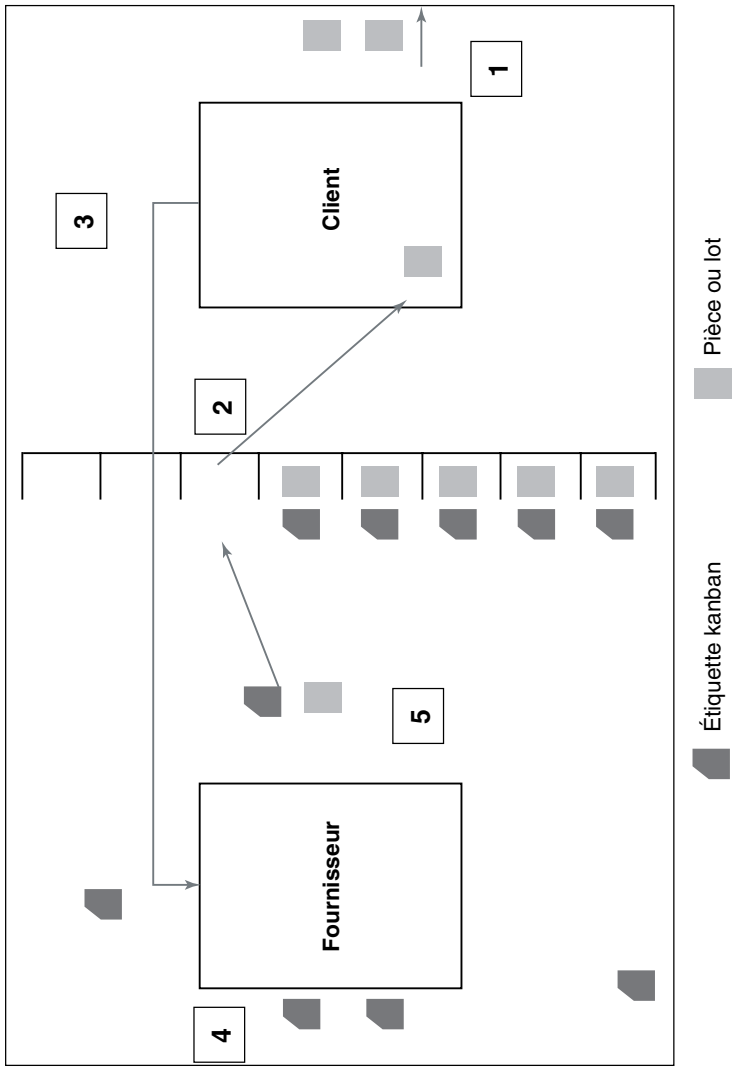


Figure 1.4 – Schéma de fonctionnement du kanban

Dans le cas où les stocks intermédiaires sont gérés par des manutentionnaires (logistique interne), alors leur activité propre est aussi gérée par kanban. On a alors deux boucles kanban : la première, entre le client et le stock pour commander le réapprovisionnement depuis le stock, et la seconde entre le stock et le fournisseur pour déclencher la production et compléter le stock après la consommation du client. C'est le cas le plus couramment rencontré dans les usines qui ont installé des flux en kanban intégraux. La première boucle est un « kanban de prélèvement » ou hikitori kanban. La seconde boucle un « kanban de production » ou shikake kanban.

Le calcul de dimensionnement d'une boucle kanban répond à une règle de bon sens : s'il y a un en-cours à gérer, c'est qu'il y a une complexité à compenser. Cette complexité prend la forme soit d'une file d'attente (d'autres références utilisent une ressource partagée) ou bien d'aléas (demande variable, manque de fiabilité, absences…). Dans le cas d'une file d'attente, le dimensionnement du kanban va utiliser des hypothèses de séquencement de la production, et dans le cas des incidents, c'est une réflexion sur l'aléa probable et sa durée qui va primer.

Les formules classiques pour calculer le nombre d'étiquettes dans une boucle kanban seront donc les suivantes.

Formules classiques de calcul de kanban

Pour un kanban de production :

$$D \times (A + P + S)\ N$$

où :

– D est la demande en nombre de pièces par unité de temps ;
– A est la file d'attente pour pouvoir passer la référence en production (dans la même unité de temps) ;
– P est le temps de production nécessaire pour rendre la référence disponible (dans la même unité de temps) ;
– S est le nombre d'unités de temps pendant lequel les aléas sont couverts par un stock de sécurité ;
– N est le nombre de pièces par container et donc par étiquette kanban.

Pour un kanban de prélèvement :

$$D / N \times (S + A \times [C + 1] / B)$$

où :

– D est la demande en pièces par jour ;
– N est le nombre de pièces par container ;
– S est le nombre de jours de sécurité ;
– A est le nombre de jours dans la période de prélèvement ;
– B est le nombre de livraisons dans cette période ;
– C est le nombre de livraisons entre l'émission d'une étiquette et son retour.

Qualité au poste et autonomation

Ce pilier du système Toyota prend une expression simple : chaque poste de travail doit délivrer une qualité parfaite au poste de travail. Sans cela, on démultiplie les coûts de non-qualité, et on perturbe grandement les flux tirés, puisqu'il faut remplacer des pièces dans un système de flux qui ne laisse pas de place au « gras ». L'autonomation est un moyen pour obtenir la qualité au poste. Ce terme spécifiquement toyotiste décrit la faculté de la machine à détecter elle-même la non-qualité, et à arrêter son cycle lorsque ce cas se présente. Le concept d'autonomation est plus riche que celui de l'automatisation simple, qui ne prend en compte que la réduction des tâches manuelles.

Quelques règles découlent du principe de la qualité au poste :

- Les machines en autonomation s'arrêtent au tout premier rebut. Pour les usinages de précision, on favorisera les mesures « *in process* » qui permettent d'arrêter l'opération avant même d'avoir produit un rebut.
- L'opérateur a pour mission d'arrêter la production (y compris la production d'une ligne qui implique d'autres opérateurs) lorsqu'il détecte une anomalie. L'encadrement est présent sur la ligne pour aider l'opérateur à résoudre son problème, à redémarrer la production et pour éviter que le problème ne se reproduise.
- L'utilisation de détrompeurs (poka-yoké) permet d'éviter les erreurs de montage ou les démarrages de machines sur des pièces mal positionnées en jouant sur la géométrie des pièces et en particulier sur les

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

dissymétries, ou encore sur les indexations décentrées, sans engager l'attention de l'opérateur.

- Les contrôles de fonctionnement, de tolérance et d'aspect doivent être autant que possible réalisés en ligne, par l'opérateur lui-même. Il s'agit de responsabiliser l'individu sur le résultat de son travail. Les surcontrôles statistiques peuvent faire partie du système de maintien de la qualité, et sont particulièrement utiles pour identifier les besoins en formation, ou les postes non capables. Toutefois, ils ne constituent pas une surveillance du produit lui-même. La logique traditionnelle du contrôle en fin de ligne sera donc réservée à des situations exceptionnelles de crise qualité, ou encore lorsque les exigences de contrôle sont particulièrement élevées et font appel à des compétences particulières.

Management participatif

La notion de « participatif » a largement été décrite ces dernières années, et il ne s'agit pas ici de prendre position sur un modèle plutôt qu'un autre. Le terme est couramment utilisé aujourd'hui pour définir un mode de fonctionnement entre opérateurs et management dans lequel les collaborateurs sont mis à contribution pour participer à l'amélioration continue. Cette participation à l'amélioration du poste et de l'outil de travail suscite l'appropriation, une meilleure implication, des idées d'amélioration plus riches et plus simples à appliquer. Elle est donc indispensable à la bonne marche de l'usine moderne.

Au-delà de la participation aux travaux d'amélioration, tous les niveaux d'association à la décision sont possibles, et chaque chef d'entreprise doit définir ce qui convient le mieux à ses équipes… et à lui-même ! Rappelons toutefois qu'une des origines concrètes du « participatif » réside dans les travaux de Shingo sur le SMED. Il s'agissait à l'époque de structurer la « participation » des opérateurs à d'autres activités que la stricte conduite des machines en marche. L'objectif en était essentiellement la réduction des temps de changement de série et l'exploitation d'une ressource perdue : le temps de travail des opérateurs pendant les arrêts pour changements d'outils. On était donc bien loin d'une logique de « participation au management »…

Cette remarque n'enlève rien aux travaux de Mc Gregor puis de Liker sur les styles de management, ni aux développements de « l'école des relations humaines ». Toutefois, il existe un certain nombre d'écueils dans l'interprétation et dans la mise en œuvre des notions de management participatif et plus largement d'enrichissement des tâches. Le risque d'erreur devient réel lorsqu'on pense pouvoir définir une organisation industrielle à partir de ces deux principes, et par exemple, lorsqu'on imagine une usine en imposant *a priori* un modèle organisationnel.

Pour le dire autrement, l'autonomie des équipes (sur leurs besoins en supports, sur une part des tâches de reporting et de management) est souhaitable lorsqu'elle découle d'une réflexion complète qui part du produit et du process, et de l'organisation des flux physiques. Elle devient risquée si les « équipes autonomes » deviennent un but en soi, ou un préalable au travail d'industrialisation. En quelque sorte, il ne faut pas rejeter le taylorisme (l'organisation scientifique du travail) au profit des concepts sociotechniques concrétisés à la fin des années 1980 et au début des années 1990 dans quelques expériences séduisantes mais manquées.

Celles-ci ont échoué pour des questions d'efficacité (principalement liées à des principes d'industrialisation erronés) mais aussi pour des raisons purement humaines. En effet, l'enrichissement des tâches et la participation aux décisions ne se décrètent pas sur une population donnée. Pour amener les opérateurs à être à la fois fabricants (souvent avec des séquences d'opérations beaucoup plus longues et difficiles à mémoriser), logisticiens, mainteneurs, et contrôleurs de leurs propres résultats, il faut soit des formations très longues, soit sélectionner des employés particulièrement habiles. Embaucher des opérateurs surqualifiés est une possibilité (retenue d'ailleurs dans les exemples scandinaves et français de création d'usines sur la base des équipes autonomes dans les années 1990), qui fonctionne… tant que les jeunes embauchés se satisfont de perspectives d'évolution de carrières elles-mêmes diminuées par l'absence de niveaux hiérarchiques intermédiaires (si je n'ai pas de chef, comment espérer remplacer un jour le chef ?!).

Certains auteurs décrivent le modèle des équipes autonomes comme un apport spécifiquement japonais à l'évolution de l'organisation du travail. Peut-être… si ce n'est que l'industrie japonaise fonctionne avec un principe fondamental bien plus fort : celui du pragmatisme.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Les organisations n'y sont jamais un préalable, et toujours la conséquence d'un ensemble de données et de facteurs stratégiques et conjoncturels. Lorsque les observateurs occidentaux sont revenus du Japon émerveillés par la réduction du nombre de niveaux hiérarchiques, et se sont précipités pour faire de même en Europe, ils ont omis une information essentielle : celle du moment auquel était faite l'observation !

Les équipes autonomes, avec moins d'indirects, moins de chefs, ont fonctionné avec une population de directs stable, formée, expérimentée… en soi déjà autonome. Aujourd'hui, nombre d'usines japonaises fonctionnent avec un turnover très fort, et des populations d'opérateurs principalement intérimaires et très jeunes. Ces usines, les mêmes qu'observaient nos confrères il y a dix ans, ont réinstallé des niveaux hiérarchiques, mais surtout des équipes de support conséquentes, aussi bien centrales que locales auprès des lignes de fabrication.

Pour résumer, ce qui compte, c'est la faculté des managers de l'entreprise à identifier le bon moment et les bonnes évolutions de l'organisation et du mode de management, bien plus que le choix d'un modèle figé, aussi théoriquement idéal soit-il.

Conduire une démarche lean

Après avoir compris les principes du système de production Toyota, et commencé à affûter son propre regard sur les pertes à l'intérieur de son organisation, le nouveau praticien du lean va devoir se poser des questions d'organisation et de programme. Il ne peut tout faire tout seul. Il faut un plan de bataille et des ressources. Plusieurs solutions existent, tentons de les décrire.

Deux approches et un seul fil rouge : la réduction du temps de passage

Pour organiser à moyen terme les activités lean, il peut y avoir plusieurs façons de procéder, selon le type d'objectifs que l'on se donne et les échéances pour les atteindre.

Tout d'abord, les outils et techniques du lean peuvent être employés à la restructuration d'une production, avec des objectifs concrets de changement d'échelle pour les résultats opérationnels, dans un cadre temporel limité. Dans ce contexte, on cherche avant tout à améliorer la productivité. Il faut appliquer au bon endroit le bon outil pour aboutir à la bonne solution. On cherchera donc à traiter les flux de produits porteurs de chiffre d'affaires ou connus pour être sources de pertes. Le choix des périmètres successifs dans l'usine et dans le reste de l'entreprise va guider la construction du programme, le choix des ressources et des techniques à acquérir et à appliquer : c'est l'approche par « chantiers ».

L'autre approche consiste à mettre l'accent sur la cohérence du système de production et à généraliser chaque composante du TPS (ou celles choisies comme pertinentes) dans un ordre précis. Dans ce cas, on cherche une consolidation à long terme, un changement de culture, et la progression de la diffusion des outils sera construite en fonction des hommes, de leurs compétences et éventuellement des risques identifiés de résistance au changement. C'est l'approche « projet d'entreprise ».

Dans un cas comme dans l'autre, on retrouvera les mêmes « briques » élémentaires et les mêmes principes d'organisation. L'ordonnancement des activités d'amélioration lui, ne sera pas identique, même si l'idée est de structurer une démarche de réduction systématique des pertes de productivité.

Les deux approches auront tout de même un fil rouge commun : la réduction du temps de passage, qu'on peut prendre comme indicateur global d'avancement des actions lean.

> Lorsque dans les trois usines du groupe S., qui fabriquent des outils spéciaux, nous accompagnons un programme de la nature du « projet d'entreprise », à partir d'un choix de méthodologies adaptées à l'usinage de précision en très petites séries, nous l'appuyons sur la réduction du temps de passage. La plupart des fabrications du groupe S. en France sont effectivement passées de plus de cinquante jours de temps de passage en moyenne à environ trente-cinq jours, et elles ont une ambition de descendre leur *lead time* à vingt-cinq jours dans les deux ans qui viennent. Chez S., on a inclus le temps de réponse en développement à la commande du client dans le temps de passage. Les activités de conception et de mise en œuvre des moyens (programmes CN) font partie du périmètre au même titre que les temps physiques de réalisation des pièces. Les sujets abordés lors du

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

déploiement ont donc été aussi variés que l'éclairage des ateliers, l'implantation des machines, les modes de déclenchement des flux et de pilotage des sous-traitants, ou encore la visualisation de la charge de travail des concepteurs et programmateurs CFAO.

Autre exemple : dans le groupe X., qui fabrique du matériel destiné aux artisans du bâtiment, c'est l'approche « par chantiers » qui a été privilégiée, dans la mesure où chaque chantier permettait de traiter une famille distincte de produits mécanosoudés avec des niveaux divers d'implication des sous-traitants. Les objectifs de l'entreprise étaient tout d'abord la productivité et la réduction du BFR. Pour orienter et prioriser les actions dans chaque chantier, nous avons tout de même choisi le temps de passage comme indicateur principal puisqu'il permettait de tirer la productivité de la main-d'œuvre, de cibler les en-cours inutiles, et aussi de donner aux planificateurs et à l'administration des ventes du grain à moudre pour améliorer la réponse au délai et le taux de service.

Les résultats annoncés pour les chantiers des sites du groupe X. ont été :

- une amélioration de la productivité de la MOD de 20 % à 50 % selon le périmètre ;
- une diminution du temps de passage de huit à deux jours en atelier pour les produits stratégiques ;
- l'amélioration du taux de service en passant de 85 % à 97 %.

Un autre éclairage peut nous aider à comprendre le contexte qui permet de décider quel est le mode de déploiement le mieux adapté. Le groupe S., qui nous sert d'exemple ci-dessus, a une stratégie de long terme fondée sur l'innovation et la recherche permanente de nouveaux cas d'applications de ses outils coupants. S. réinvestit chaque année une forte part de son CA en R & D pour servir cette stratégie. L'objectif du programme lean est d'apprendre aux usines à répondre vite aux nouvelles questions posées par le marché, mais aussi de faire évoluer les individus pour leur apporter de nouvelles compétences (de gestion de l'amélioration continue pour les cadres et d'optimisation des ressources pour les opérateurs et techniciens). Le groupe X. quant à lui est dans une logique de LBO au moment où il lance sa transformation lean. Ses objectifs sont de dégager le plus de profitabilité et le plus de trésorerie possible, alors que son marché est globalement orienté à la baisse après des années fastes portées par la bulle immobilière des années 2000. Chez X, il faut rapidement baisser les en-cours et les prix de revient pour assurer les échéances de remboursement de la dette.

Dans les paragraphes suivants, nous décrivons l'une et l'autre des méthodes de déploiement du lean.

Approche par chantiers

Dans la logique de chantier, la question du programme est simple à résoudre : on doit aller chercher le résultat. On commence donc par traiter une famille de produits sur lesquels l'entreprise a soit un enjeu stratégique, soit des pertes déjà identifiées. Si en se posant ces questions on ne trouve pas de périmètre usine convaincant, c'est sans doute que l'approche « système » est mieux adaptée que l'approche « chantiers ».

Notons en passant que le terme de « chantier hoshin » a été adopté par de nombreux consultants et praticiens du lean en France pour désigner les actions d'amélioration des flux physiques en atelier. L'image derrière ce terme est celle de la boussole, l'aiguille aimantée qui montre la bonne direction (le bon flux). Dans les usines japonaises, le terme de « hoshin » a un tout autre sens : celui de la politique de déploiement des objectifs, qui partent des objectifs stratégiques de l'entreprise pour être décomposés en actions et en objectifs individuels, opérateurs compris. C'est donc bien conceptuellement une boussole pour guider les collaborateurs de l'entreprise, au point où, lorsqu'on demande à un opérateur de montrer son hoshin dans une usine japonaise, il indique soit les quantités à atteindre sur son poste, soit par exemple une fiche plastifiée au format A6, renouvelée tous les trimestres, qu'il garde sur lui et qui explique le lien entre ses objectifs personnels et ceux de l'entreprise… Par respect pour nos amis japonais, nous réserverons donc le terme de hoshin à ce qu'il décrit chez eux, et appellerons nos chantiers lean… « chantiers lean », par exemple !

La taille du chantier a une importance cruciale dans la capacité des équipes à traiter les plans d'action dans un temps court. Il vaut mieux restreindre le champ de la transformation souhaitée pour s'assurer de rester dans des dimensions de projet raisonnables. Chaque usine a ses caractéristiques, il est donc difficile de donner des règles utilisables partout de la même façon pour choisir un nombre de références ou un nombre de machines à traiter. La taille du périmètre devra être ajustée pendant la préparation du chantier.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Dans la mesure où la rapidité d'exécution est importante à la fois pour ne pas démobiliser les équipes et pour ne pas laisser un fonctionnement transitoire en place trop longtemps (puisqu'en général, il faut continuer à livrer !), il faudra estimer la charge de travail nécessaire, et se mettre dans des conditions où le principal (80 %) des actions d'améliorations peut être réalisé sous quatre à six semaines après le début du chantier.

➤ Composantes d'un chantier lean

Le périmètre des actions peut aussi être défini par le choix des thèmes qu'on abordera… ou pas. On peut séquencer la transformation par phases en étalant sur plusieurs périodes denses les réponses à l'ensemble de ces sujets :

– l'implantation et les flux physiques ;
– les 5 S et la standardisation ;
– la fiabilisation des équipements et l'automaintenance ;
– la réduction des tailles de lots ;
– les rituels de management opérationnel et l'animation de la performance ;
– la polyvalence des opérateurs ;
– les modes de planification de la production ;
– les modes de déclenchement de la fabrication et d'exécution du planning.

La variété des compétences requises pour traiter correctement tous ces sujets impose un fonctionnement par groupe de travail multifonctionnel. Par ailleurs, bon nombre d'actions vont modifier l'environnement de travail et les règles de fonctionnement quotidien. Il faut donc inclure le plus possible les opérateurs dans les journées de chantier et bien évidemment sur les sujets qui les concernent le plus : les 5 S, l'organisation des postes de travail, SMED, kanban…

Cette implication des opérateurs a une conséquence importante : plus que pour les chantiers d'amélioration continue, focalisés sur un outil spécifique (5 S par exemple, ou encore TPM), la préparation est primordiale.

Les solutions possibles (en termes d'ingénierie de production) doivent avoir été étudiées et chiffrées avant le chantier. Il serait peu crédible de mobiliser les opérateurs sans savoir à quoi les actions de transformation peuvent aboutir à l'issue du chantier. Il faut donc préparer les dossiers dans le détail, et la somme de travail pour les responsables du projet est aussi conséquente avant que pendant le chantier proprement dit.

➤ Démarche de préparation d'un chantier

La préparation d'un chantier lean est une phase de récolte de données et d'étude de solutions. Elle fait appel à quelques outils classiques de l'analyse de productivité, et doit être faite en respectant une logique et des étapes.

- *Définition du périmètre*

Lors de la définition du périmètre, on choisit une famille de produits apparentés par leur processus de réalisation. Il est préférable de traiter l'intégralité du processus de fabrication (en particulier dans les cas où l'on sait que les questions de flux sont les plus importantes à traiter). Toutefois, en fonction de sa complexité, on peut limiter le nombre de phases de la gamme comprises dans le chantier.

- *Prise de connaissance avec le terrain*

Le plus tôt possible, l'équipe de préparation doit se rendre sur le terrain avec un œil critique vis-à-vis des muda. On utilisera plus tard dans le chantier avec profit tout ce qui peut aider à mettre en évidence les pertes auxquelles on s'est habitué. Les safaris-photos et les films avec le concours des opérateurs sont les bienvenus. On a en général peu de mal à illustrer chacune des 7 muda : surproduction, non-qualité, manutention, stocks, process inadapté, transports et mouvements inutiles.

- *Étude des quantités consommées*

De retour en salle, l'équipe de préparation doit mettre en forme les données qui permettent de lire clairement les types de consommation des clients. La vérification avec les équipes commerciales est évidemment souhaitable. On cherche à mettre en évidence deux types de données. On veut d'une part les moyennes de consommation respectives des produits (pareto cumulé des quantités annuelles), ainsi que les caractéristiques de la variabilité de la demande (saisonnalité et écart

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

type à l'intérieur des saisons). D'autre part, on aura besoin d'identifier les modalités d'expédition (tailles de lots, fréquences d'expédition, conditions logistiques).

Cette étape doit être l'occasion de mettre sur la table les potentiels commerciaux rendus accessibles par une réduction du temps de passage ou par la fiabilisation des délais.

L'étude du taux de service peut elle aussi être réalisée à ce stade.

• *Mise à jour de la matrice produit/process*

Il s'agit d'un tableau simple dans lequel on trouvera en ordonnée les étapes de fabrication et en abscisse les produits. Le tableau est renseigné aux intersections de la matrice par les cycles machine et les temps opératoires (main-d'œuvre) ramenés à la pièce. Il peut être utile de réaliser deux matrices : celle qui comporte les données officielles (temps budgétés, temps standard), et celle des temps réels donnés par les agents de maîtrise de fabrication. Les écarts entre les deux matrices seront autant de sujets à travailler.

De plus, dès ce stade, un travail de mise en forme du tableau permet d'identifier des possibilités de regroupements (produits bons candidats à des lignes dédiées), des singularités (produits complètement différents des autres), ou des ressources partagées qui devront faire l'objet de travaux spécifiques pour l'ordonnancement et le mode d'exécution des programmes.

• *Mise à jour de la matrice de polyvalence*

Les agents de maîtrise disposent en général d'un tableau de polyvalence qui identifie qui peut travailler à quel endroit du process. Il s'agit d'enrichir ce tableau en y ajoutant les compétences sur les outils de base du lean (5 S, SMED, maintenance autonome). Par ailleurs, on utilisera des niveaux d'évaluation selon le degré d'autonomie des personnes sur chaque machine, par exemple :

– 0 = ne sait pas faire ;
– 1 = sait charger et décharger et produire la qualité en sécurité ;
– 2 = maîtrise niveau 1 + productivité ;
– 3 = maîtrise niveau 2 + réglage ;
– 4 = maîtrise niveau 3 + former ;
– 5 = maîtrise niveau 4 + résolution problème.

Tableau 1.1 – Exemple de matrice produit/process

Matrice P/P Découpes		Découpe		Découpe reprise		
		250 MFA E	800 TB	DALLAS	MIB	100 TC
Pièce A	Cycle pièce (100)				110 s	
Pièce A	Temps CS				1,5 h	
Pièce A	Temps CO				1,5 h	
Pièce A	Taux horaire				36,44 €	
Pièce A	Temps de fabrication				303 s	
Pièce B	Cycle pièce (100)					800 s
Pièce B	Temps CS					1,5 h
Pièce B	Temps CO					1,5 h
Pièce B	Taux horaire					30,34 €
Pièce B	Temps de fabrication					1 803 s
Pièce C	Cycle pièce (100)	1 080 s	370 s	190 s		
Pièce C	Temps CS	1,5 h	1,5 h			
Pièce C	Temps CO	1 h	1,5 h			
Pièce C	Taux horaire	16,14	116,3	72,2		
Pièce C	Temps de fabrication	266,94	779,1797	1 517,35		

Temps CS : durée du changement de série — Temps CO : durée du changement d'outil

Tableau 1.2 – Exemple de matrice de polyvalence sur une cellule d'assemblage mécanosoudé

Opérateurs	Débit longeron	Poinçonnage longeron	Encochage longeron	Montage crochets longeron	Débit supérieur traverse	Débit traverse	Montage traverse	Débit supérieur combi/ alu	Total	Maximum
Opérateur X1	5	4	4	5	5	0	4	5	**32**	40
Opérateur X2	5	5	5	5	5	4	5	5	**39**	40
Opérateur X3	3	2	2	2	2	0	3	3	**17**	40
Opérateur X4	3	2	2	2	2	0	3	3	**17**	40
Opérateur X5	5	5	5	5	5	5	5	5	**40**	40
Opérateur X6	2	2	2	2	2	3	3	2	**18**	40
Total	**23**	**20**	**20**	**21**	**21**	**12**	**23**	**23**	**163**	**240**
Maximum opération	30	30	30	30	30	30	30	30		
Polyvalence opération	77 %	67 %	67 %	70 %	70 %	40 %	77 %	77 %	**Polyvalence cellule 68 %**	

• *Analyse de la capacité et calcul du takt time*

À partir de la matrice produit/process, on identifie les goulots et la capacité du processus de fabrication. Il en découle un temps d'ouverture nécessaire pour couvrir la demande. Cette demande est exprimée à l'aide du takt time : le temps d'ouverture divisé par le besoin client dans la même période.

Un corollaire de cette étape de préparation est d'identifier les pertes de rendement et de fiabilité des équipements : la mise en flux d'une ligne de production peut être très chaotique si on n'a pas résolu les principaux défauts des machines auparavant.

• *Flux continu et flux tiré*

Là où les cadences techniques (temps machine) le permettent, et où les flux sont suffisamment simples (c'est-à-dire qu'on a dédié au maximum les ressources en « diagonalisant » la matrice produit/process), on peut envisager d'installer un flux continu entre les étapes de fabrication. Le flux continu est un flux poussé, mais pour lequel les en-cours sont strictement définis, et où la seule règle de priorité est celle du FIFO. Le flux continu abouti est le flux pièce à pièce (*one piece flow*). Les conditions de réussite d'un flux pièce à pièce sont :

– la qualité au poste : on ne peut plus se permettre de faire passer des rebuts aux postes avals ;
– l'équilibrage des postes : le contenu de travail de chaque poste doit avoir la même durée pour éviter les attentes ;
– les équipements doivent être fiables (TRS > 98 %) sous peine de performance très dégradée par l'absence d'en-cours ;
– les temps de changement doivent être maîtrisés par un SMED poussé ;
– les complexités de montage (appairages par exemple) doivent être parfaitement maîtrisées pour assurer le « bon du premier coup » à 98 %.

Là où le flux continu est impossible, en général parce que les cadences des machines sont différentes d'un ordre de grandeur, on installe les moyens de déclenchement du flux tiré (le kanban, par exemple).

• *Possibilités d'équilibrage*

L'étape suivante consiste à étudier les possibilités de découpage de la charge des opérateurs pour équilibrer les postes à hauteur du takt time.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

En théorie, à l'intérieur d'une cellule de travail, chaque opérateur doit avoir une charge de travail égale au takt à chaque takt. Tout d'abord, on calcule le nombre de postes de travail nécessaires dans le flux :

Nombre opérateurs = (somme des temps MO)/takt time

Ensuite, on répartira la charge de travail sur chaque poste à hauteur du takt. Pour ce faire, il faut disposer d'une analyse des tâches élémentaires suffisamment fine. Si cette décomposition n'existe pas dans les dossiers méthode, c'est le bon moment pour aller la réaliser, avant le chantier !

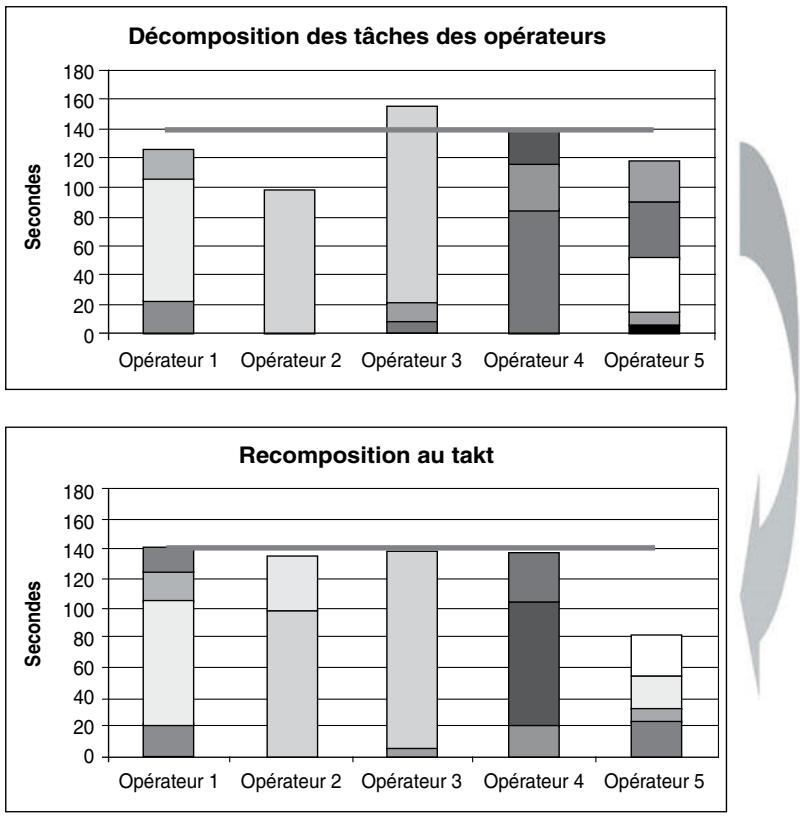


Figure 1.6 – Illustration de l'équilibrage des tâches au takt time

Lorsque l'équilibrage parfait n'est pas possible, on préférera obtenir le meilleur équilibrage possible sur tous les postes sauf un qui cumulera tous les temps d'attente. Ce poste restera comme une souplesse d'aide aux autres opérateurs ou bien deviendra un sujet d'amélioration de la productivité, l'objectif étant à terme de le supprimer.

• *Modes d'approvisionnement et kanban*

Avant de préparer les plans d'implantation possibles, il est nécessaire de connaître les surfaces à réserver aux stocks en pied de ligne : on devra donc décider des rythmes d'approvisionnement et des quantités à gérer en supermarchés ainsi que les surfaces de rayonnages à réserver. Les formules évoquées plus haut s'appliquent pour dimensionner les kanbans.

• *Plan d'implantation*

À ce stade de la préparation, on devrait avoir tous les éléments nécessaires pour définir les possibilités d'implantation des équipements, des postes de travail et des en-cours standard. Bien des équipes de méthodistes commencent par ce point… que nous proposons au contraire de n'aborder qu'à la fin, et le lecteur aura compris pourquoi : implanter n'a de sens que lorsque l'ensemble des données d'industrialisation et de gestion des flux est calculé et prêt à être soumis à décision.

• *Planification de détail*

Enfin, lorsque tous les éléments du dossier sont prêts, il faut encore planifier dans le détail toutes les actions de transformation et en particulier :

– les activités 5 S avec les opérateurs pour faire place nette ;
– les déplacements de machines et les ressources adéquates (sécurité, levage, qualité pour valider la remise en route…) ;
– les formations d'opérateurs pour la nouvelle répartition des tâches de fabrication ;
– les activités de formation aux gammes d'automaintenance ;
– le ou les chantiers spécifiques SMED ;
– la mise en place des réunions opérationnelles et de la mesure de performance.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

➤ **Participants du chantier lean**

Dans la mesure où un chantier lean doit aborder tous les aspects de la réponse industrielle, il faut envisager de solliciter toutes les fonctions qui ont un impact soit sur l'ingénierie de production soit sur la gestion quotidienne des opérations. Souvent, nous distinguons au sein des participants un noyau dur et un groupe élargi. Le noyau dur réalise l'étude préalable et participe à tous les travaux. Il est composé en général :

– du responsable de production local ;
– du méthodiste d'atelier ;
– du qualiticien ;
– du logisticien ;
– éventuellement du mainteneur/travaux neufs.

Au-delà du groupe noyau, il faut être capable de faire intervenir l'ensemble des fonctions de l'entreprise. Les commerciaux peuvent être sollicités si le sujet des prévisions commerciales doit être abordé. Les concepteurs produits peuvent être amenés à intégrer les remarques du groupe de travail à leurs travaux, en particulier pour maintenir la variété des solutions techniques dans des limites acceptables industriellement.

Par ailleurs, l'ensemble des activités qui vont être déclenchées à la suite de l'étude de préparation du chantier doivent être menées avec un rythme soutenu. Cela nécessite de passer par une étape de mesure de la charge de travail à la fin de la préparation, afin d'évaluer les ressources nécessaires à l'exécution du plan d'action. De façon générale, nous recommandons de mener les actions de réparation (remise en état, rangement…) dans un délai inférieur à quinze jours, et de viser un délai de réalisation pour les nouvelles mises en place (kanban, supermarchés, implantations, mises en cellule…) inférieur à deux mois. Le rythme soutenu des réalisations est indispensable pour montrer l'engagement de la direction et maintenir l'attention de l'encadrement de proximité sur l'importance du programme.

Approche « projet d'entreprise »

Selon le besoin de l'entreprise, on peut préférer à l'approche par « chantiers » un mode d'implantation plus lent, mais aussi plus durable, puisqu'il s'appuie davantage sur la progression étape par étape des

esprits que sur les succès rapides et frappants obtenus par les chantiers de transformation focalisée. L'une et l'autre des approches ne s'excluent d'ailleurs pas. Le praticien lean a besoin de résultats rapides pour pouvoir démontrer que ses « excentricités » apportent de la productivité réelle. Il a aussi besoin de donner une perspective à long terme à son programme et d'assurer que les outils et les pratiques de management seront ancrés solidement dans la vie de l'entreprise – ce que le chantier ne garantit pas du tout.

Déployer un système de production, c'est donc avant tout instruire les collaborateurs sur l'application des méthodes et les amener à modifier leurs pratiques, et avant tout leurs pratiques de management. On propose en général de définir sur le long terme des phases d'application, au cours desquelles on va former et déployer les outils lean par couches successives, afin de laisser le temps aux équipes de se les approprier. Le mode d'installation de chacun des outils peut utiliser la dynamique des chantiers, mise au service d'un déploiement global.

Pour illustrer cette logique de déploiement, donnons encore l'exemple du groupe T., qui regroupe une quinzaine d'usines de fabrication de films plastiques et que JMAC a accompagné dans l'installation de son système de production.

Pour démarrer le déploiement de son système de production, l'impulsion a été donnée par la direction générale. Dans le cas de T., on a choisi de déployer un système de production pour redonner de l'élan à l'amélioration continue, et aussi pour construire un langage commun entre des sites de production répartis dans toute l'Europe, et issus de PME d'origine familiales. Il s'agissait aussi bien d'unifier des pratiques de mesure et de management que d'installer les moyens d'obtention de résultats supplémentaires.

La première étape a consisté à convaincre le management des sites que le programme était nécessaire. Cela est passé par l'organisation de séminaires, par la comparaison des usines entre elles, et par la fixation d'objectifs globaux ambitieux. Des usines d'autres groupes, avancées sur les méthodes de management et sur le chemin du lean, ont été visitées.

Lors de ces séminaires de direction, le groupe T. a aussi choisi ses outils communs. Chez T., le choix s'est porté sur quatre thèmes principaux qui découlent de l'analyse critique des écarts au moment du lancement du projet entre la situation du groupe et ses axes stratégiques :

– les 5 S et le management visuel, comme base commune pour démarrer des activités d'amélioration continue et pour structurer le rôle des encadrants dans l'animation de la performance ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

– le SMED et la réduction des tailles de lots, pour gagner en rapidité de réponse sur un marché où celui qui répond le plus vite emporte les nouvelles commandes ;
– l'automaintenance et les activités de fiabilisation, pour aller chercher des points de productivité sur des installations de production dont l'amortissement de la machine est l'élément principal du prix de revient ;
– le lean office (l'amélioration continue dans les activités administratives) afin d'assurer que toutes les fonctions de l'entreprise seraient mises à contribution et en particulier pour mettre sous contrôle les flux d'information (fiabilité des délais annoncés, temps de passage administratif, poids des structures).

Les séminaires de direction se sont conclus par les décisions suivantes :

– le choix d'une usine pilote, qui teste les méthodes les unes après les autres pour construire une première expérience convaincante ;
– la définition d'un programme de déploiement sur deux ans par phase de six mois, outil par outil ;
– la désignation de relais lean par zone géographique (membres des comités de direction locaux) ;
– la désignation d'un représentant du comité de direction du groupe chargé de contrôler l'avancement des projets.

Chaque site a été ensuite laissé libre de la façon dont il allait déployer les outils. Chaque directeur d'usine a donc dû choisir ses modalités de formation (interne, externe…) et le contenu détaillé de ses activités (déploiement généralisé, ou par périmètres successifs ; accompagnement externe ou en autonomie, etc.).

Cette logique de déploiement impose de mettre en place les rôles et moyens de maintien des nouvelles activités dans le temps. Une solution peut être de désigner des garants pour chacun des piliers du système (5 S, SMED, automaintenance, lean office dans le cas du groupe T.), chargés de conduire des audits par la suite pour évaluer les sites et en déduire des recommandations de progression. Le rôle des auditeurs du système de production est similaire à celui des auditeurs du système qualité. On leur demandera toutefois d'être beaucoup plus attentifs aux résultats et à l'adéquation des programmes d'amélioration par usine par rapport aux objectifs stratégique de l'entreprise. Dans un groupe issu de PME d'origine diverses, les auditeurs sont ainsi les *missi dominici* de la direction générale pour piloter l'alignement des sites entre eux.

En synthèse, l'approche « projet d'entreprise » pour déployer le lean va nécessiter les éléments suivants :

– une définition des axes de projet stratégiques ;
– un choix d'outils et techniques adéquats ;
– une phase d'analyse des écarts globale ou par site ;
– un mode de lancement par la direction s'appuyant sur les directions opérationnelles ;
– un pilotage au niveau du groupe ou de l'entreprise ;
– un déploiement par site et/ou par fonction ;
– un mode de surveillance à long terme (audit).

Structure de support du projet

Que ce soit dans un mode de fonctionnement (chantiers) ou dans l'autre (projet d'entreprise), la structure de support va mettre en jeu deux fonctions « projet » dont la mise en place est l'un des éléments-clés de la réussite d'un projet : d'une part, le déploiement doit être soutenu par une équipe suffisante de garants des méthodes et outils lean (champions lean, chefs de projet lean, etc.), d'autre part la hiérarchie opérationnelle doit assurer la réalisation des plans d'action et la mesure d'avancement et de réussite des phases du projet.

Les garants méthode doivent :

– maîtriser suffisamment les outils lean pour pouvoir former à leur tour les opérateurs et managers de l'entreprise ;
– vérifier au fil des phases du projet que les règles méthodologiques sont respectées : les outils fonctionnent à condition qu'on ait la modestie d'en suivre les règles ; ce rôle peut prendre petit à petit la forme d'audits ;
– animer les premiers chantiers et les chantiers stratégiques après avoir formé les opérationnels ;
– formaliser les manuels rédigés et les documents de présentation ou de sensibilisation qui permettront à l'entreprise de s'approprier à long terme les outils et techniques lean.

Quant aux opérationnels, leur rôle est de piloter concrètement l'avancement des actions de transformation. Il n'est pas recommandé de déléguer cette fonction à ceux qui animent les chantiers d'un point de vue méthodologique. Les actions de transformation doivent être décidées

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

et assumées par les chefs. Ceux-ci vont devoir les « faire marcher », et faire évoluer leurs pratiques de management autour des modifications physiques concrètes issues des chantiers. Une démarche lean peut être considérée comme réussie lorsque les opérationnels prennent en charge la suite des améliorations sans l'aide des garants méthode. Pour arriver à cette situation, ils ne peuvent donc se contenter de rester à côté des activités d'amélioration. Les responsables opérationnels doivent donc participer à ces activités directement, qu'il s'agisse des phases pédagogiques lors desquelles ils ont un rôle à jouer dans les explications et les formations de leurs équipes, ou qu'il s'agisse des chantiers d'amélioration, pendant lesquels ils doivent mener l'analyse et faire partie des forces de proposition et de promotion des actions de réimplantation et de réorganisation.

CHAPITRE 2

Réduire les pertes dès la conception

La prévention des pertes en production trouve sa source dès la conception des produits. Ceux-ci doivent être « lean manufacturables ». Dans ce chapitre, nous allons illustrer d'une part les techniques de réduction des pertes dans le processus de conception et, d'autre part, décrire la technique principale pour obtenir des produits compatibles avec le lean : la réduction de la variété (*variety reduction program* ou VRP).

Chasser les pertes dans le processus de conception

Pour chasser ses pertes, l'usine a ses pratiques et rituels de management (la réunion du matin, le meeting du directeur d'usine, la revue de management…). Le « *visible planning* » permet de formaliser ce que les rituels de management doivent être au sein des équipes de développement.

Méthode projet

Dans la majorité des bureaux d'études, la méthode projet comprend des phases clairement affichées (opportunité, faisabilité, développement, industrialisation, vie série). Celles-ci sont jalonnées par des revues de fin de phase, moments où le management valide les délivrables de la phase finie et donne le feu vert pour l'engagement des ressources (au sens large) de la phase suivante. Une revue de fin de phase extrêmement importante est la revue de fin de faisabilité donnant lieu à l'approbation (ou non) du contrat de projet.

Dans celui-ci, on trouve un cahier des charges détaillé du bien à développer, un plan de ressources en volume et en compétence et un budget financier.

On y trouve aussi :

– le bilan des discussions avec le marketing (rentabilisation des coûts de développement sur les volumes de vente etc.) ;
– la composition de l'équipe projet ;
– le master plan du projet, où les phases sont décomposées en jalons de développement. La charge y est décrite globalement : « de date 1 à date 2 le projeteur X est chargé sur cette activité à 25 % de son temps ».

L'annonce de ce contrat de projet est l'occasion de célébrer le « lancement » du projet. C'est souvent pour le management un moment d'anxiété où le projet rentre dans une phase de pilotage en aveugle lors de laquelle les moyens d'évaluation de l'avancement et de la charge sont rares et macroscopiques. En effet, dans un bureau d'études (BE), seul le reporting du chef de projet et ceux des services fournissant des ressources permettent d'appréhender le suivi des opérations. Souvent, le management constate donc trop tard une situation où les projets arrivent en retard, les cahiers des charges dérivent, les coûts projet augmentent sans qu'il soit possible d'anticiper ces problèmes ni de sortir d'un système où l'on mesure les dérives *a posteriori* et donc sans possibilité de les corriger. Les individus quant à eux sont surchargés de travail ; et les chefs de projet sont condamnés à être aussi d'excellents techniciens et passent beaucoup de temps à essayer de rattraper des catastrophes.

Pertes du projet

En production, les pertes (muri, mura, muda) sont visibles et tangibles : quand la poubelle se remplit, quand les stocks débordent, quand la machine tourne à cadence réduite, un œil et des oreilles exercés suffisent à voir de quelle nature sont les problèmes. En R&D, ces indices de la qualité du fonctionnement n'existent pas : les projets sont en retard même si les concepteurs sont en continu devant leurs stations de design et si le laboratoire analyse les prototypes en flux continu. On découvre trop tard que certaines options de design sont irréalisables, par exemple…

Les pertes d'un projet de développement sont donc de deux sortes : les retards liés à l'absence de pratiques de management de l'équipe projet d'une part, et d'autre part les erreurs, oublis, ou approximations sur le développement du produit lui-même, qu'on pourrait qualifier de défauts qualité de la conception ou de l'industrialisation au sens large.

Visible planning

Le *visible planning* (VP) est le moyen utilisé par de nombreux BE japonais pour mettre en évidence et anticiper les pertes du processus de développement. C'est un planning de court terme, opérationnel, permettant au chef de projet d'animer son équipe au plus près des opérations. Il utilise les règles du management visuel (un des fondamentaux du système lean) et force à faire la distinction entre les activités de suivi de projet par l'équipe elle-même et ses activités de développement ou de résolution de problèmes techniques. Le VP est fondé sur le contrat de projet et son moteur est le découpage du projet en phases et jalons.

Le principe de base en est le suivant : sur un sujet de développement, on ne peut pas promettre valablement le franchissement du jalon suivant (typiquement dans un mois) si chaque membre de l'équipe ne sait pas clairement ce qu'il doit faire *demain* pour cela.

Afin que ce planning soit proche des membres de l'équipe projet, il est constitué de papiers autocollants et repositionnables (PAR) : par exemple les post-it® de 3M.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

L'expérience souhaitable est que ce planning s'étale sur six semaines glissantes. Enfin, il est utile que les membres de l'équipe projet utilisent un code couleur pour leurs PAR correspondant à leur service ressource d'appartenance.

Un PAR suivra le format suivant.

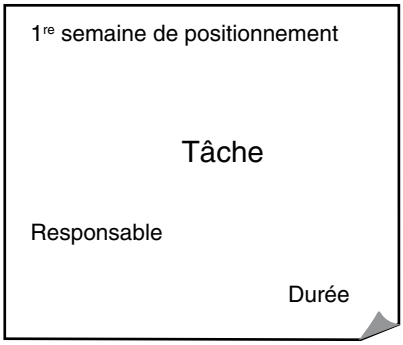


Figure 2.1 – Format du PAR

Première semaine de positionnement : l'expérience montre que l'on gagne à suivre l'âge de certains PAR que l'on finit par remettre en question ou bien dont on devra changer le niveau de priorité.

Tâche : activité unitaire ayant des données d'entrée et des données de sortie.

Durée : on parle ici de durée brute où l'on se consacre à l'exécution de la tâche à 100 %. Cette durée ne doit pas dépasser un jour, au plus un jour et demi. Si tel est le cas, il faut alors fractionner la tâche plus finement.

Les premières réunions VP sont les plus difficiles ; on s'aperçoit vite que la planification fine des tâches à plus de deux semaines est rarement faite. En fait, on planifie le travail de la semaine prochaine, celui à deux semaines est composé des tâches impossibles à planifier plus tôt. On pousse ainsi de semaine en semaine une « vague de charge ». L'effet pervers de ce mode de fonctionnement, au-delà de l'absence d'anticipation des aléas, est que les tâches planifiées et non exécutées viennent grossir cette vague, comme un tsunami !

La responsabilité du chef de projet est donc de répéter inlassablement la question suivante : que prévoyez-vous de faire sur tel sujet afin que nous ayons les délivrables nous permettant de passer au jalon suivant ?

Une fois ce travail fait, il est nécessaire de regarder précisément l'enchaînement de ces tâches afin de dégager un objet de gestion de projet d'importance cruciale : le chemin critique (c'est-à-dire la suite chronologique des tâches qui déterminent le délai global du projet). Faire l'analyse de risque de la planification du projet, c'est faire l'inventaire des décalages d'exécution des tâches qui vont toucher à ce chemin critique. Si celui-ci est modifié, c'est l'ensemble de la planification du projet qui change. Les engagements de l'équipe projet ne seront donc pas tenus.

Les réunions VP ultérieures, c'est-à-dire après les semaines de démarrage, se déroulent de la façon suivante, à chaque réunion :

– on fait l'inventaire des PAR faits ;
– on replanifie les PAR non faits ;
– on vérifie que la replanification respecte le chemin critique et le plan de charge ;
– on analyse les motifs de report ;
– on planifie la nouvelle sixième semaine.

… Et surtout, on n'y parle pas technique ! La réunion VP sert à planifier les séances de travail nécessaires pour discuter les points techniques, c'est justement le but d'une réunion d'avancement projet…

Le *visible planning* utilisé comme pratique de management systématique permet de construire les indicateurs et les éléments analytiques suivants :

– une mesure de l'efficacité de planification, qu'on peut calculer comme un « rendement » :

$$\frac{\text{Somme des charges} - \text{Somme des reports}}{\text{Somme des charges}}$$

– une structure de perte par cause (les muda du projet) en catégorisant les PAR non faits ainsi que les motifs de report.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Par ailleurs, l'équipe projet voit en permanence et six semaines à l'avance les difficultés survenir et peut trouver des scénarios alternatifs permettant de tenir le chemin critique.

Qualitativement, le *visible planning* peut être considéré comme solidement installé lorsque l'équipe communique sur le projet, lorsque le chef de projet n'est plus là pour dire ce qu'il faut faire mais prend un rôle de coordination et de mise en cohérence des activités de développement, travaille sur l'implication des hommes et donc sur le management de son équipe.

Utilisation du visible planning

On a parlé ci-dessus de la tenue des délais, qui s'opère par une lecture « horizontale » du VP (sur l'axe des temps), mais sa lecture « verticale » est aussi intéressante (pour mesurer la charge de travail à un instant donné). De la même façon que l'on demande aux membres de l'équipe projet de planifier les tâches en fonction des jalons, on leur demandera de les planifier en fonction de leur charge personnelle par semaine et du respect des engagements pris dans le contrat de projet.

Cette mécanique individuelle, négociée collectivement sous la direction du chef de projet, est non seulement une garantie de la bonne exécution des opérations, mais aussi et surtout l'assurance du bon positionnement de l'individu dans le groupe, dans la perspective du succès commun. Le système fonctionne (sur le plan de la qualité des rapports entre individus) lorsque le chef de projet écoute et infléchit les discussions et négociations entre membres de l'équipe. Ceux-ci se tournent vers lui pour des arbitrages et non plus pour trouver des solutions.

Structure de perte : laquelle choisir ?

D'entreprise à entreprise, on peut trouver différentes structures de pertes en développement. Notre façon d'aborder les choses sera, comme toujours, pragmatique. Une structure de perte doit permettre de mener des plans d'action efficaces et compréhensibles par tous.

Aussi, une structure simple comme celle ci-dessous peut suffire pour dégrossir les actions d'amélioration principales :

– pas de données d'entrées ;
– durée mal estimée ;
– positionnement erroné ;
– tâche mal définie ;
– décision d'utilisation de la ressource sur problème urgent ;
– laboratoire indisponible ;
– aléas (maladie, etc.).

La meilleure structure de perte sera celle qui peut être comprise par l'équipe, en utilisant ses termes opérationnels propres, et qui soit conforme aux axes stratégiques d'amélioration du directeur du bureau d'études.

Standards

L'analyse des pertes va permettre de mener des plans d'action qui vont progressivement dégager des standards d'activité, en particulier pour les tâches fréquemment exécutées. Comme en production, on entend ici par standard la description d'un résultat, d'une façon optimisée de l'obtenir, des conditions de sa réalisation et en particulier du temps nécessaire pour aboutir au résultat.

Le but de l'amélioration continue au sein du BE sera dont rapidement double :

– comment respecter de mieux en mieux ces standards de développement ;
– comment améliorer ces standards par des changements organisationnels, des investissements ciblés, etc.

Il est à noter que si des investissements sont nécessaires, on peut se servir de la structure des pertes pour justifier les dépenses : celle-ci fournit des sujets d'amélioration quantifiés, et donc les données permettant le calcul du retour sur investissement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Notions de *variety reduction program* (VRP)

VRP est une méthodologie développée par JMAC pour maîtriser la variété des produits, des composants et des procédés de fabrication. Cette méthode consiste à mener successivement des activités coordonnées pour réduire la variété dès les étapes de conception :

– utiliser les études marketing pour anticiper les évolutions ultérieures des gammes de produit ;

– décrire de façon analytique la variété actuelle ;

– employer les cinq techniques de VRP en conception ;

– en déduire des règles spécifiques à intégrer aux projets de conception et d'industrialisation.

Origines de VRP

La question de réduire la variété des solutions techniques a été abordée de façon méthodologique par Kohdate et Suzue dans les années 80. Le problème de la variété se pose lorsque la variété produit est stratégique (foisonnement du catalogue produit) et que la prolifération des composants et des procédés de fabrication rend le coût de leur gestion inacceptable. On s'aperçoit rapidement que les pertes de marge dans une situation où la multiplication des versions est un axe majeur d'augmentation du CA ne peuvent se réduire que lors des phases de définition et de conception des produits et en interaction entre le marketing et le développement.

VRP permet aussi de réduire le time to market : en effet, quand on analyse une nomenclature, on trouve typiquement :

– des pièces standard, peu chères, identiques ;
– des pièces rares, spécifiques, chères ;
– beaucoup de pièces similaires entre elles, interchangeables ou pas, ou identiques à une cote près (l'épaisseur par exemple).

Les pièces existantes modifiées sont une grosse source de multiplication de la variété dans la vie quotidienne des bureaux d'études, et donc, de retard des projets de développement.

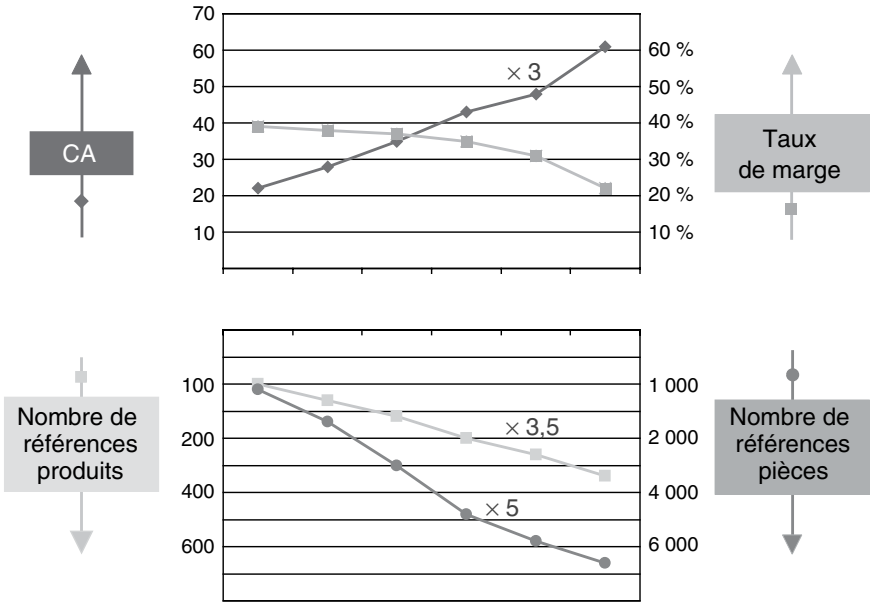


Figure 2.2 – Cas d'un équipementier automobile (évolution sur cinq ans)

Ces graphiques illustrent le cas d'un équipementier automobile dont le chiffre d'affaires a été multiplié par 3 en 5 ans. Cette augmentation a été obtenue par l'innovation et la création de nouveaux produits. La variété n'ayant pas été maîtrisée, elle a augmenté plus vite encore que le chiffre d'affaires (5 fois plus de références). Il en a découlé un tel coût de gestion de la complexité que la marge du groupe s'est effondrée (divisée par 2 dans les mêmes 5 années).

Indice de variété et impact sur les coûts

Il est nécessaire de définir la variété et de la mesurer par un indicateur : l'indice de variété. VRP propose de réduire à la fois le nombre de composants Nx et le nombre Ny d'application de ces composants. L'indice de variété se définit comme :

$$V = Nx \times Ny$$

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

On peut distinguer trois catégories de coûts :

– les coûts des fonctions de base nécessaires ;
– les coûts liés à la variété :
  – des matières,
  – des machines et outillages,
  – des changements de série, gestion des stocks, etc. ;
– les coûts de gestion.

Lors des analyses approfondies des coûts dans une entreprise, on constate sommairement que :

– les coûts de base sont liés à Nx ;
– les coûts de variété sont liés à Ny ;
– les coûts de gestion sont liés à Nx × Ny.

Si on raisonne sur le coût total, comme somme de ces trois catégories conceptuelles :

– l'effet d'échelle (volumes) permet de réduire le coût des fonctions de base ;
– s'il n'y a pas de maîtrise de la variété, les coûts de la variété croissent de plus en plus vite (foisonnement du catalogue) ;
– les coûts de gestion augmentent de façon cachée : en effet, l'augmentation des effectifs indirects est rarement liée de façon linéaire aux augmentations de volume.

Les cinq techniques de la VRP

VRP comporte trois techniques applicables dès la conception de base :

- Faire une distinction nette entre la partie fixe et la partie variable sur les produits. Cette technique prépare le tronc commun du futur flux de production (fixe) et les cellules flexibles qui l'alimentent en versions (variable).
- Préparer des modules dont la combinaison permet la variété du produit fini, en optimisant le nombre de modules nécessaires (pour préparer les cellules ou îlots de fabrication modulaire).
- Minimiser le nombre de pièces en créant des pièces multifonctionnelles, à condition de faire le calcul entre l'augmentation du coût de la pièce par rapport au gain attendu sur la variété.

Ensuite, VRP fait appel à deux techniques de conception détaillée pour fixer les performances et les spécifications techniques lors des choix de dimensionnement. Ces techniques s'appliquent aussi bien aux calculs de résistances mécaniques qu'aux choix de composants électroniques :

- Appliquer la notion de « plages » : il faut pour cela différencier le résultat exact du calcul scientifique et le besoin réel industriel en répondant par des classes dans lesquelles on accepte un certain surdimensionnement et donc une augmentation du coût direct de la matière.

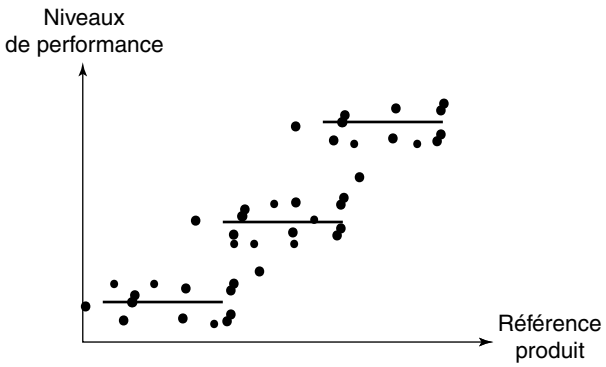


Figure 2.3 – Constitution de classes de spécification par paliers

- Appliquer la notion de « série » en fixant des lois dont le caractère prédéterminé permet de simplifier la conception et les réglages.

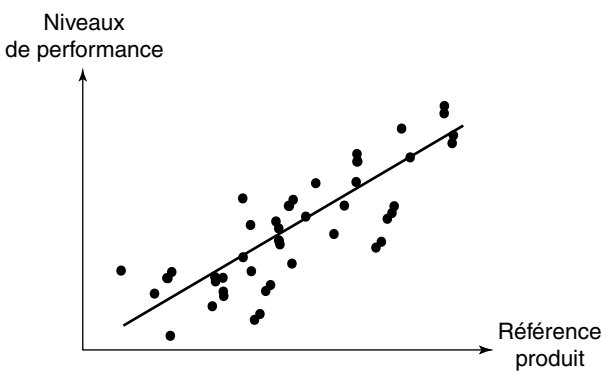


Figure 2.4 – Choix d'une loi linéaire représentant les niveaux de spécification possibles

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Concevoir des produits transférables : exemple de délocalisation « positive »

Dans un monde industriel globalisé, la capacité à concevoir des produits et des procédés facilement transférables vers des pays à plus bas coûts de production peut être déterminante pour la survie de l'entreprise. Transférer facilement une fabrication demande d'avoir assimilé en particulier les éléments suivants :

– des processus de fabrication simples et standardisés, utilisant en particulier des machines « catalogue » de préférence aux machines spéciales ;
– un concept de fabrication (gamme, flux, implantation…) simple et duplicable ;
– un plan qualité totalement maîtrisé et des procédés stabilisés ;
– des modes opératoires permettant de reproduire à l'identique les conditions de fabrication (c'est-à-dire, des opérations standardisées).

On comprend donc que l'entreprise qui conçoit et produit lean a un pas d'avance pour décider où distribuer ses productions. Pour autant, l'usine lean en France se condamne-t-elle elle-même à la délocalisation ? Cette question est souvent posée par les opérateurs ou agents de maîtrise qui s'apprêtent à participer à des actions lean.

> Pour tenter d'y répondre, donnons l'exemple de la fabrication de rasoir électrique P. au Japon. Le groupe possède des ateliers sur le continent asiatique, dans lesquels il peut produire à bas coût. Il conserve toutefois une production au Japon, qui en tant qu'usine mère, fait partie d'un système industriel rodé :
> – Les services de développement et d'industrialisation sont dans le même bureau, avec un seul chef de service : le co-engineering est poussé au point d'avoir intégré les deux équipes.
> – Les développeurs sont localisés à quelques mètres seulement de l'atelier de production et peuvent donc passer à tout moment dans les fabrications en traversant un couloir ; ils assistent donc à toutes les phases de mise en production et de montée en cadence des nouveaux produits.
> – L'usine elle-même ne comporte que peu de process complexes, et garde de nombreuses opérations manuelles : elle emploie une main-d'œuvre locale non qualifiée.

– Le catalogue produit des rasoirs électriques comporte quatre niveaux de gamme : P. sort un nouveau rasoir tous les six mois environ, et supprime de son catalogue la quatrième gamme au même moment ; parallèlement à ce mouvement de catalogue, les prix publics « glissent » d'une gamme à l'autre : le rasoir le plus moderne est toujours aux alentours de 450 €, son prédécesseur passe à environ 250 €, etc.
– Chaque nouveau rasoir est produit dans l'usine japonaise, pendant six mois, c'est-à-dire le temps qu'une nouvelle gamme arrive, qui prend sa place et provoque sa délocalisation en Chine ; on a donc en permanence une production japonaise pour trois productions chinoises.

Finalement, l'usine japonaise, à condition que l'industrialisation soit sans accrocs (et c'est à cela que sert le co-engineering), produit en permanence la gamme de rasoirs à plus forte marge et dégage donc des bénéfices. Ce faisant, elle s'intègre parfaitement dans un modèle global, puisqu'elle prépare en permanence la délocalisation des produits qu'elle est en train de fabriquer. Les gammes antérieures continuent elles aussi à dégager des marges importantes malgré la baisse des prix publics, puisque leurs coûts de production sont diminués grâce aux coûts de main-d'œuvre.

CHAPITRE 3

L'usine idéale : anticiper l'élimination des pertes en production dès la pré-étude des projets d'industrialisation

Ce chapitre est consacré à l'application des principes lean aux activités d'industrialisation, et en particulier à la préparation et à la conduite des projets d'investissements productifs. « Usine Idéale » est une méthode développée par JMAC Paris.

Principes de la démarche « Usine Idéale »

La démarche Usine Idéale s'applique aux projets capacitaires ou d'intégration de nouvelles technologies qui rythment la croissance industrielle

des usines. Il peut s'agir de la construction d'un atelier de production, du renouvellement d'un équipement capacitaire, d'un investissement productif dans le cadre du développement de nouveaux produits, comme de la construction d'un bâtiment, ou d'une plateforme logistique.

La démarche Usine Idéale démarre avant les grandes phases de la gestion de projet cadrées par les rôles de maître d'œuvre et de maître d'ouvrage : elle a pour objet de définir au plus tôt le meilleur compromis possible entre le budget d'investissement, les exigences de service d'un marché, les contraintes d'exploitation, et les objectifs lean de performance industrielle.

Le principe de la démarche Usine Idéale est d'associer les futurs utilisateurs, la direction de l'entreprise et les concepteurs (produit, process, ingénierie) dans une réflexion structurée et approfondie pour décrire un modèle d'industrialisation, un mode de réponse au client et une maquette de fonctionnement de l'usine future. Cette réflexion commune se traduit par un enrichissement des cahiers des charges destinés aux bureaux d'études, équipementiers ou intégrateurs et par la rédaction de standards et modes opératoires décrivant le fonctionnement de l'usine.

Préparer l'excellence industrielle lean

Les travaux de préparation de l'Usine Idéale doivent s'inscrire dans le cadre d'une vision commune aux concepteurs et aux futurs utilisateurs de ce que sera le niveau d'excellence industrielle du résultat du projet. Celle-ci peut se décliner de plusieurs manières selon une grande variété de critères de performance, d'attentes de service du client, et d'exigences de simplicité et d'efficacité opérationnelle.

Nous proposons un modèle pour décrire les composantes de l'excellence industrielle selon cinq axes :

– la vitesse de réponse au client ;
– la flexibilité ;
– la productivité totale ;
– la gestion des équipements ;
– l'intégration des systèmes de management et d'information.

C'est une des premières tâches de la direction que d'exprimer et de faire partager les niveaux de performance à atteindre pour le nouveau projet. Cela peut prendre la forme de séminaires préparés par des groupes de travail au sein desquels auront participé tous les niveaux hiérarchiques de l'entreprise.

Le graphe ci-dessous illustre l'arborescence logique entre les trois exigences principales (qualité, coût, délai), les axes de la performance industrielle et les activités systématiques de l'entreprise qui doivent en découler. Préparer l'excellence pour une future ligne de production, c'est s'intéresser à toutes les conditions qui vont permettre d'atteindre le niveau attendu pour l'ensemble de ces fonctions de l'entreprise.

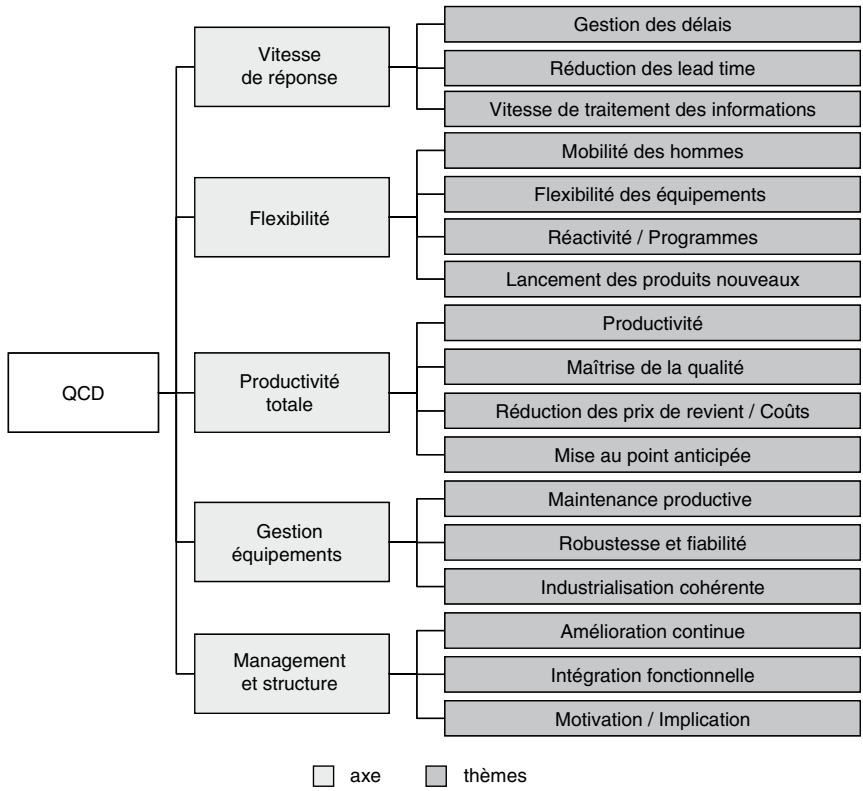


Figure 3.1 – Décomposition des axes et thèmes de l'excellence industrielle

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

La description des niveaux à atteindre doit d'abord être littérale. Il s'agit d'un exercice de construction d'une vision nouvelle et l'application de contraintes chiffrées à cette vision ne viendra que dans un second temps. Par exemple, lorsqu'on décrira les résultats à obtenir en matière de « vitesse de traitement des informations », il faudra tout d'abord chercher à exprimer qualitativement quel progrès remarquable on cherche à atteindre : « le temps de transformation de la commande du client en un programme de fabrication doit être transparent pour le client » finira effectivement par se traduire en délais chiffrés (« saisie de la commande dans l'heure », « calcul prévisionnel de disponibilité trois fois par jour »…). Mais si l'on veut aboutir à transformer la vision des personnes sur leur mission, il faut les amener progressivement à cette description d'exigences mesurables.

Cet inventaire des critères de l'excellence industrielle servira formellement dans la suite de la démarche Usine Idéale pour organiser et structurer les groupes de travail successifs.

Par ailleurs, notons que cette description méthodique de la forme que doit prendre la performance nouvelle de l'entreprise est souvent fastidieuse et donc omise, alors qu'elle a la plupart du temps d'excellents résultats sur la motivation et l'implication des intervenants dans le projet en préparation. Autrement dit, lorsqu'un directeur d'usine se pose la question de savoir comment annoncer que les futurs investissements vont amener des mesures de productivité drastiques, il est souvent trop tard, sauf s'il a pris la précaution d'impliquer le plus tôt possible ses collaborateurs opérateurs dans une réflexion construite et ouverte sur ce que doit devenir la productivité de leur moyen de production à moyen terme.

Anticiper pour optimiser

La démarche Usine Idéale utilise les principes fondamentaux de l'ingénierie simultanée, que JMAC décrit sous les termes de « front loading » et « feed forward ». Il s'agit d'une part (« front loading ») de maximiser volontairement la charge de travail dès le début du projet, dans une collaboration multidisciplinaire (de front, transversale) ayant pour objet le démarrage rapide et l'anticipation de la résolution des problèmes ;

et d'autre part (« *feed forward* »), d'alimenter le plus tôt possible les travaux de définition par l'expertise et les savoir-faire de l'entreprise, pour détecter les sujets à traiter au plus tôt et de manière exhaustive. Ces principes permettent dans le cadre d'un projet industriel d'envergure :

– d'organiser la mise à disposition des compétences pour traiter les problèmes identifiés au préalable ;
– de tracer les scénarios de résolution des sujets critiques au plus tôt dans le projet ;
– de planifier chaque tâche avec une évaluation de la charge associée et donc de mieux maîtriser les plannings de résolution de problèmes.

Le schéma suivant illustre le concept d'anticipation de la charge de travail : mieux préparer pour passer moins de temps à mettre au point lorsque le moyen capacitaire sera installé.

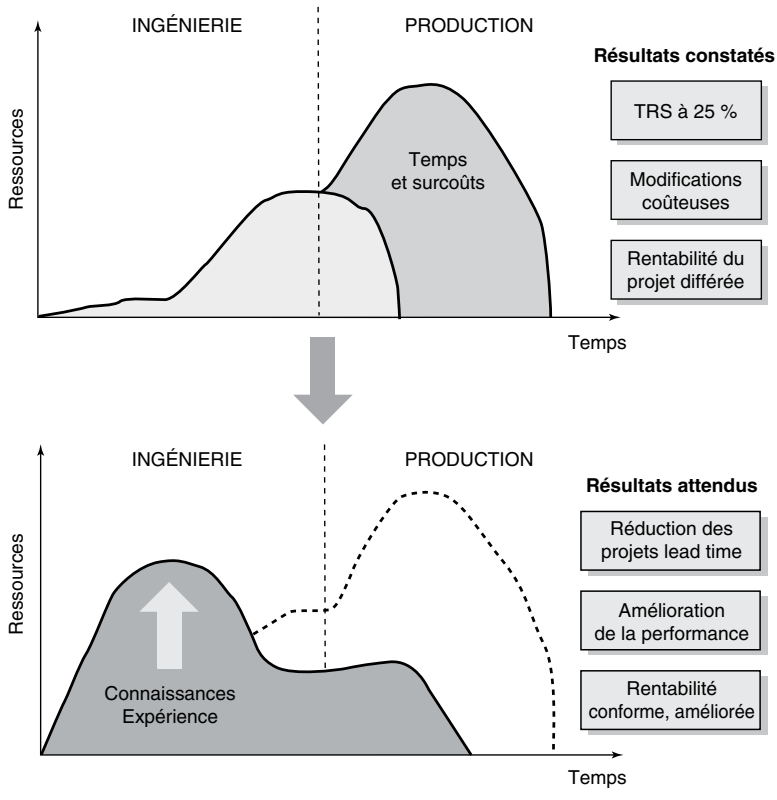


Figure 3.2 – Faire porter l'effort sur les phases de préétude

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Déroulement méthodologique : une démarche en cinq étapes

La démarche Usine Idéale consiste en un exercice d'enrichissement de l'étude du projet, en ajoutant aux activités classiques traditionnelles l'ensemble des exigences lean. Il s'agit bien d'intégrer dès le départ les nouveaux niveaux d'excellence, et, en particulier, de les transcrire dans les cahiers des charges, dans les protocoles de réception des équipements et dans la maquette organisationnelle de la future usine.

Elle exige d'impliquer l'ensemble des fonctions de l'entreprise dans la définition de détail du projet. Un grand nombre de personnes vont donc devoir y participer. Par ailleurs, elle a une ambition d'exhaustivité, qui aboutit nécessairement à un inventaire varié de thèmes, de problèmes et de demandes venant de multiples horizons. Pour éviter d'une part la dispersion des interlocuteurs et d'autre part le foisonnement des sujets, il est utile de respecter l'ordre des activités et de s'en tenir, au moins pour les premières applications, aux étapes suivantes.

Les cinq étapes

- Étape 1 – Préparer et lancer.
- Étape 2 – Établir la matrice fonctions/critères.
- Étape 3 – Identifier et hiérarchiser les sujets.
- Étape 4 – Constituer et planifier les groupes de travail.
- Étape 5 – Suivre et jalonner.

Étape 1 – Préparer et lancer

Le déroulement de l'étude de base va être confié à un groupe de travail « permanent », qui fera appel au fil des réunions de travail aux experts de l'entreprise ou aux prestataires. Il convient de constituer ce groupe avant de lancer la démarche et de le former à la méthode qu'il devra appliquer.

Par exemple, le groupe de travail « permanent » pourra être constitué de la manière suivante :

– les chefs de projets représentant l'ingénierie, responsables des différents lots du projet ;

– un coordinateur représentant l'usine (producteur) ;

– un mainteneur ;

– un chef de projet « développement produit » ;

– un membre de l'équipe logistique/ADV.

La réunion de lancement de la démarche Usine Idéale est destinée à mobiliser l'ensemble des services sur le projet. Elle s'adresse donc, au-delà du groupe « permanent » :

– à la direction de l'exploitation ;

– à la direction de la qualité de service ;

– à la direction des projets ;

– à la direction technique ;

– au responsable de l'amélioration continue ;

– à la direction commerciale et au marketing.

Elle est l'occasion de préciser les objectifs donnés par la direction au projet considéré, de présenter les produits concernés et l'état d'avancement des pré-études process/ingénierie sous la forme d'un planning général qui identifiera les grandes étapes du projet, ainsi que son chemin critique.

Étape 2 – Établir la matrice fonction/critères

Elle consiste en une description matricielle du projet, selon deux axes d'analyse : d'une part celui des critères de performance et des attentes exprimées par les différentes fonctions de l'entreprise, d'autre part celui des fonctionnalités de l'usine qui permettent d'y répondre.

Les intersections des lignes (fonctions) et des colonnes de la matrice (critères) constituent autant de sujets d'études et de décisions.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

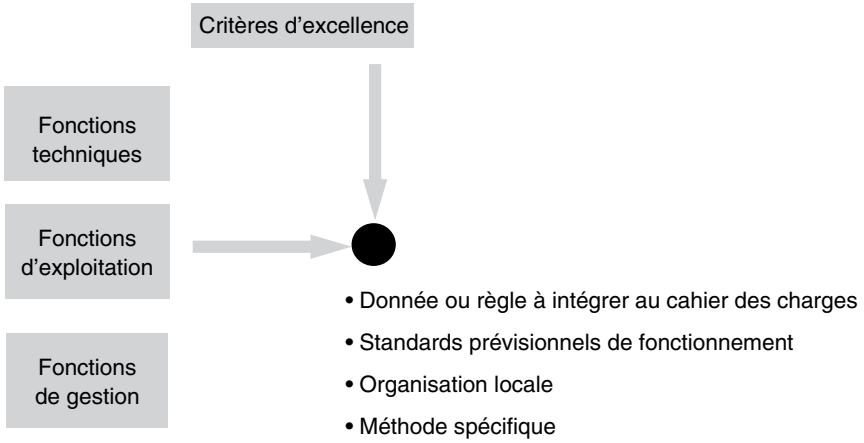


Figure 3.3 – Choix des sujets de travail

Le listing des *fonctions* de l'usine se décompose comme suit :

– les fonctions techniques qui correspondent à la gamme de fabrication et aux installations techniques connexes ;
– les fonctions d'exploitation, qui décrivent l'ensemble des activités des exploitants producteurs et mainteneurs ;
– les fonctions de gestion, qui listent les activités de la structure : management, contrôle, gestion de production… ;
– les fonctions « projet » propres à la construction et au démarrage de l'investissement considéré.

L'établissement de la liste des fonctions techniques en particulier doit se faire autant que possible par l'expression du rôle attendu de la fonction plutôt que par le choix technique d'une solution préexistante. Pour illustrer concrètement : on choisira de décrire une *fonction* : « transporter la matière de A vers B, sans pollution, à vitesse constante » plutôt qu'une *solution* : « utiliser un convoyeur à bandes ».

Cette étape de description des fonctions techniques de l'usine est aussi l'occasion pour l'ingénierie de communiquer au groupe de travail « permanent » l'état d'avancement de ses études, ainsi que d'identifier les points urgents à ses yeux (détail des sujets apparaissant sur le chemin critique du projet).

Les *critères*, quant à eux, découlent d'une part de l'expression de l'excellence industrielle telle que décrite ci-dessus, et d'autre part, des attentes spécifiques au projet soumis à la méthode Usine Idéale.

On distinguera donc trois natures de critères, qui traduiront en indicateurs mesurables trois natures d'attentes :

– les critères économiques, ou attentes de l'actionnaire (budget, PRU, rentabilité, BFR, évolution du CA…) ;
– les attentes d'exploitation (capacités, cadences, TRS, fiabilité, maintenabilité, facilité de conduite, ergonomie, sécurité d'exploitation...) ;
– les attentes du client (qualité des produits, du service, de la réponse au délai, esthétique, marchés à prendre...).

Exemple : synthèse des attentes marketing sur un projet de construction d'usine

1. Image

- Usine phare gros œuvre.
- Outil de communication.
- Usine montrable : visite facile pour des groupes de 10 personnes.
- Propreté, sécurité et fierté de montrer (y compris procédure de réception des visiteurs).
- Usine « visuelle ».
- Présentoir *showroom*.
- Usine respectueuse de l'environnement (bruit, pollution…).

2. Performance produit

- Conception pertinente, facilité de pose des produits.
- Qualité sur le chantier (mesure par les avoirs) : 0 casse chantier.
- Qualité de la palettisation : visuel, informations, tenue, résistance du support.
- Produit à plus-value justifiée du point de vue du poseur prescripteur.
- Maintien de la performance produit (pas de dérive, rigueur de gestion, plan de contrôle).
- Propreté du produit (favoriser la tenue).
- Géométrie du produit (épaisseur des parois, dimensions hors tout).
- Homogénéité avec les autres sites.

3. Disponibilité

- Disponibilité sur le parc : actuellement un à deux mois de stock.
- Disponibilité pour le chantier (négociant) : vingt-quatre à quarante-huit heures ; à benchmarker.
- Niveau de service (livraison demi-journée, taux de service 99 %).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Étape 3 – Identifier et hiérarchiser les sujets

➤ Choix des sujets d'étude

En théorie, chaque intersection entre une ligne « fonction » et une colonne « critères » de la matrice pourrait faire l'objet d'une étude spécifique ou d'une vérification. Toutefois, pour rester dans des dimensions réalistes pour la phase d'étude, il convient de prioriser les attentes et les fonctions, afin d'en déduire une matrice réduite, celle qui servira à déterminer les groupes de travail nécessaires à la bonne conduite du projet.

Cette hiérarchisation est faite par le groupe de travail « permanent » en tenant compte des avis des exploitants et des concepteurs.

➤ Hiérarchiser les fonctions

On commencera par distinguer les fonctions qui vont être concernées par la rédaction des cahiers des charges des fonctions qui ne seront décrites de façon complète que lorsqu'on en viendra à définir les standards opérationnels de l'usine. De manière générale, dans la première partie de l'étude, les fonctions techniques (machines, implantation, bâtiment) sont prioritaires. Par ailleurs, pour évaluer l'importance relative des fonctions, on prendra l'avis de l'ingénierie sur le degré d'urgence de l'étude.

➤ Hiérarchiser les critères

La hiérarchisation des critères de performance, lorsqu'elle n'apparaît pas comme évidente au groupe de travail, peut être obtenue par des grilles de pondération, en fonction de la contribution individuelle des critères aux objectifs stratégiques spécifiques du projet, tels qu'ils ont été transmis par la direction de l'entreprise.

Étape 4 – Constituer et planifier les groupes de travail

➤ Définition des sujets

Il ressort de l'analyse de la matrice réduite (matrice fonctions/critères hiérarchisée) des sujets d'étude, selon l'axe des fonctions (plusieurs fonctions devant être analysées sur un critère donné, comme la fiabilité ou la sécurité, par exemple), ou bien selon l'axe des critères (une ou

plusieurs fonctions déterminantes devant répondre à tous les critères principaux du projet).

Les sujets d'étude peuvent être confiés :

– à un groupe de travail quand ils demandent le partage d'information et d'expertise de plusieurs fonctions de l'entreprise ;
– à une fonction support lorsque le sujet rentre dans ses compétences ;
– à un fournisseur à qui on poserait une question spécifique de développement préalable.

➤ Description des attendus et découpage en étapes

Chaque sujet d'étude fera l'objet d'une description détaillée des attendus, définis en commun entre l'ingénierie et les exploitants. On distinguera clairement les différentes natures d'attendus en précisant en particulier leur impact sur la planification d'activités supplémentaires :

– les éléments qui nécessitent une validation intermédiaire spécifique par la direction du groupe ;
– les points qui sont susceptibles d'être soumis à une validation technique, et à des campagnes d'essais produit/process ;
– les données attendues par l'ingénierie pour être intégrées à la rédaction des cahiers des charges ;
– les sujets qui vont nécessiter des campagnes de mesures ou des enquêtes spécifiques sur les équipements productifs actuels.

➤ Évaluation de la charge de travail

Dans la description de détail des groupes de travail, on identifiera :

– le nombre de réunions jugé nécessaire ;
– la charge de travail de préparation, lorsqu'il faut rassembler et analyser des données.

➤ Choix des participants aux groupes de travail

Afin d'éviter la multiplication des intervenants et des journées-hommes consacrées aux groupes de travail en commun, il est préférable de limiter les intervenants en appliquant une règle simple : « une compétence, une personne ». Toutefois, dans certains cas, la participation de collaborateurs venant d'autres usines peut être utile à la richesse de la réflexion.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Par exemple, on pourra favoriser les échanges en organisant :

– la participation des mainteneurs d'autres sites sur le sujet fiabilité, maintenance ;
– l'élargissement au réseau amélioration continue sur le sujet SMED ;
– l'intervention des logisticiens d'une autre zone géographique pour illustrer l'organisation d'une plateforme logistique ;
– l'intégration d'un cabinet d'architecte aux groupes définissant l'implantation, lorsqu'il y a lieu…

➤ **Planification des réunions**

La planification des réunions ainsi définies peut alors être traduite au-delà des convocations individuelles, dans un outil de communication visuelle, portant les dates de réunion et le récapitulatif de la charge de travail de chaque intervenant.

Étape 5 – Suivre et jalonner

L'étape 5 de la démarche Usine Idéale va utiliser les règles connues par ailleurs du pilotage des projets. Il conviendra donc de définir les règles du pilotage opérationnel (généralement, autour du groupe de travail « permanent » décrit plus haut) et d'installer un comité de pilotage qui organise le suivi d'avancement, la vérification du respect des objectifs du projet, le suivi du budget et des engagements de dépenses.

Ces règles de pilotage des projets ne sont pas spécifiques à la démarche Usine Idéale. Le tableau suivant présente une synthèse des rôles de chacun des membres du projet et de l'encadrement de l'entreprise dans le cadre d'une démarche Usine Idéale.

Industrialisation et ordonnancement

C'est une caractéristique fondamentale de l'usine lean que de lier dès les phases amont de la conception du produit et du process les logiques de flux de fabrication avec les exigences de l'industrialisation dans leur acception classique (choix et dimensionnement des procédés de fabrication, essentiellement). C'est pour cette raison que dans la démarche Usine Idéale, le sujet « industrialisation » doit être traité de façon systématique en même temps que l'organisation des flux physiques.

Tableau 3.1 – Rôles et responsabilités dans un projet Usine Idéale

Qui	Réalise	Rend compte	Informe
Direction des projets / Comité de pilotage	• Fixe les objectifs et valide les ressources • Valide les grands jalons du projet • Lance les phases ultérieures (mensuel)	• Réalise un point sur les choix techniques/coûts/délais pour le comité de direction « projets »	• Fait la promotion des choix du projet au sein de la direction et vers le reste du groupe
Coordinateur projets	• Compile le calendrier récapitulatif des groupes de travail • Suit le planning général du projet • Évalue le respect des méthodes et des outils du projet • Vérifie les détails	• Rend compte aux services concernés des besoins en temps de travail des membres des groupes • Rend compte au COPIL des indicateurs du projet (tenue des réunions, délais, coûts)	• Assure le partage d'informations entre les chefs de projets ou pilotes de groupe de façon formelle lors de la préparation des COPIL
Pilote d'un groupe de travail ou chef de projet	• Anime les réunions du groupe de travail • Anime la mise à jour du plan d'action de détail (PAD) en équipe (hebdomadaire) • Finalise les documents externes (CdC, administratifs, commandes…) • Vérifie les détails	• Rédige les comptes rendus hebdomadaires d'avancement et techniques (synthèse PAD) • Met en évidence les points de blocage technique • Argumente et propose à la décision du COPIL les choix soumis à plusieurs versions • Évalue la charge de travail réalisée/restante	• Finalise les documents internes destinés à la diffusion (présentation) et à l'archivage des travaux du groupe

L'industrialisation lean a besoin de connaître les tailles de lots, les récurrences de production, les modes de prélèvement des clients (fréquence, quantités) ainsi que les types de conditionnement. En pratiquant la démarche Usine Idéale, on ira donc jusqu'à proposer très tôt dans la définition du projet (avant la rédaction des cahiers des charges) un programme type de fabrication, des durées de campagne et donc un modèle d'ordonnancement suffisamment détaillé pour qu'on puisse en déduire les conditions techniques et organisationnelles qui en découlent : entre autres, la durée admissible des changements de série, la capacité et la flexibilité des moyens de manutention, les modalités d'ajustement des cadences et donc l'organisation du travail qui permettront d'atteindre les différents paliers de fonctionnement de l'usine.

La définition des flux, des récurrences et des cadencements de l'Usine Idéale passe par les étapes décrites ci-après. Ces points de contrôle s'enchaînent de façon logique, mais font l'objet de boucles de vérification et d'aller-retour afin d'assurer la cohérence optimale entre tous les éléments de dimensionnement de l'usine. On portera une attention particulière aux itérations entre la définition des capacités (à maîtriser dans le cadre du coût du projet) et la réduction des tailles de lots (cruciale pour la réduction du temps de passage), jusqu'à trouver le juste équilibre – dont le juge de paix sera de toute façon obtenu par la simulation du résultat d'exploitation et du retour sur investissement du projet.

Volumes et caractéristiques des produits

Pour chaque famille de produits, il est nécessaire d'établir avec la participation des commerciaux, des développeurs produit et de l'ingénierie, toutes les données qui vont définir les caractéristiques du process, les capacités des machines et les volumes respectifs de chaque produit à l'année. Les caractéristiques physiques sont par exemple : les dimensions tolérancées, la masse unitaire, la composition, les états de surface, des granulométries… toutes les grandeurs physiques qui permettent de définir le produit en tant qu'objet fonctionnel au niveau de qualité souhaité.

Les volumes retranscrivent en unités d'œuvre par an, mois, jour la capacité demandée à l'usine, la quantité respective de chaque produit à l'année et sont une première ébauche de la notion de takt time décrite plus haut.

Analyse produit/process et choix d'un concept de fabrication

L'analyse produit/process permet d'éclairer le choix du concept de fabrication. Elle permet de distinguer les produits dont les gammes de fabrication seront suffisamment proches pour envisager de les fabriquer de la même façon. Lors de l'analyse produit/process, on établit une première version des cadences instantanées par produit et des niveaux d'automatisation. Cette étape permet d'identifier des familles de produits et de commencer à lister les générateurs de coûts qui permettront de simuler les prix de revient respectifs.

Le document support de l'analyse produit/process est la matrice du même nom, illustrée par la figure 3.4 suivante, où l'on trouve en lignes les produits à fabriquer (A, B, C… F) et en colonnes les opérations fabrication. Les paramètres « aux intersections » représentent les conditions techniques de réalisation. Lors d'une analyse approfondie, on listera comme conditions techniques de réalisation les cycles machine, les temps de changement connus, les contenus main-d'œuvre lorsque ceux-ci sont déjà déterminés, les niveaux de non-qualité interne pour les technologies déjà existantes.

Le choix du concept de fabrication est le résultat d'une réflexion commune aux concepteurs et aux utilisateurs sur les grandes lignes qui vont déterminer le type de machines, le nombre de lignes de fabrication et l'affectation prévisible des produits.

Cette étape se traduit par un synoptique du flux de l'usine future, qui retranscrit les opérations de gamme, les équipements dédiés, les machines partagées et les choix techniques.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

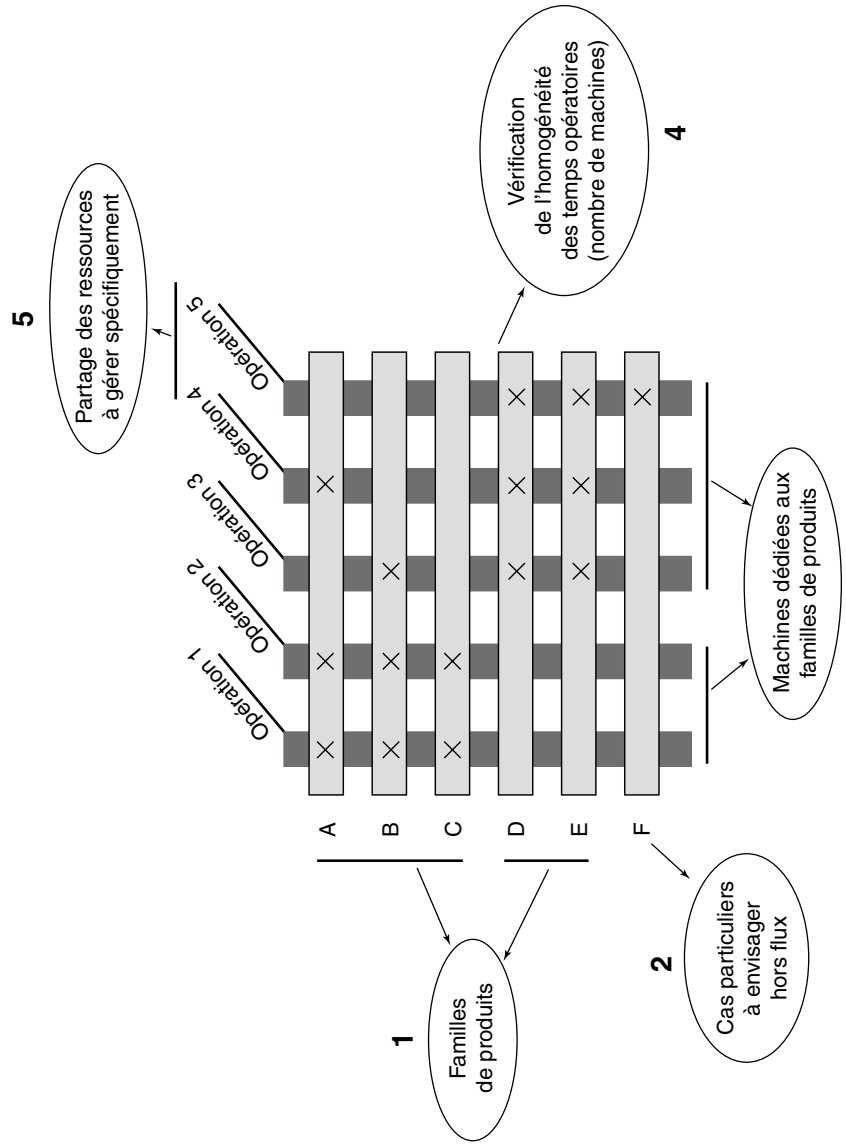


Figure 3.4 – Schéma de principe d'une analyse produit-process

Mise en adéquation produit/process

Les caractéristiques physiques des produits imposent d'établir des capacités instantanées et des dimensionnements d'installations (dimensions géométriques, vitesses linéaires ou temps/pièce, temps d'ouverture et nombre de lignes de production…). Cette étape de mise en adéquation permet aussi d'identifier les produits qui doivent faire l'objet d'un traitement particulier parce que leurs caractéristiques et leurs volumes imposeraient des investissements spécifiques différents de ceux qui occupent majoritairement le temps d'ouverture de la ligne considérée. Parmi ceux-ci, on trouvera les produits à réaliser par des opérations manuelles (très petites séries) ou les produits à sous-traiter, ou encore les produits qui nécessitent une déviation partielle du flux de production. Pour ces produits incompatibles, qui sont donc à produire hors ligne, on estime la rentabilité des différentes options : intégration à la ligne avec des investissements adaptés, ou bien production « manuelle » dans un atelier spécifique aux petites séries. À ce stade, on décide aussi, le cas échéant, des produits ou des opérations qui seront sous-traitées (pour raisons d'investissement hors budget, d'opérations d'exploitation rendues non rentables, ou d'opérations hors activités stratégiques…).

Définition des lots et récurrences

Cet exercice a pour objet de déterminer les paramètres fondamentaux de l'ordonnancement de l'usine. La première étape consiste à établir l'équation qui lie les capacités de production, les quantités à produire telles que projetées sur le marché, et les récurrences de chaque référence de produit, en fonction des exigences de service. On en déduira à la fois les capacités nécessaires et un modèle de planification de l'atelier.

Un des *outputs* principaux des activités de définition de l'industrialisation ordonnancement est la construction du « planning type » de production de l'usine. Il définit les tailles de lots, le nombre de changements de série admissibles par unité de temps (semaine, jour…). Ce document devient ensuite une référence et les groupes de travail ultérieurs devront valider à partir de ce tableau que leurs conclusions sont conformes au modèle de fonctionnement de l'usine, tel qu'il est décrit dans son planning type.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Standards de fonctionnement de l'usine

Une fois les capacités des installations déterminées et le fonctionnement cible (le modèle de planification des références en fabrication), on peut en déduire l'ensemble des éléments organisationnels nécessaires à la marche de l'atelier tel qu'il vient d'être dessiné.

À ce stade, on doit être en mesure de définir, au moins dans une première ébauche :

– le nombre et les horaires des équipes de production ;
– quels types d'arrêts programmés vont structurer les activités de maintenance (hebdomadaire, mensuel… et sur quelles machines) ;
– le nombre et les horaires des équipes de maintenance ;
– l'organisation des producteurs pour réaliser les changements de référence ;
– les ajustements éventuels du temps d'ouverture par étapes de la gamme ;
– les emplacements et les dimensions des en-cours tampons entre les équipements (couverture des pannes, des changements de série, et des ruptures de flux dues à des temps d'ouverture inégaux) ;
– une idée générale de l'effectif nécessaire au fonctionnement de l'usine.

Améliorations techniques (maintenabilité, fiabilité, SMED)

Après l'étape de choix de la maquette organisationnelle, il est nécessaire de détailler et d'enrichir les cahiers des charges pour améliorer la fiabilité des futurs équipements. Cette activité commune entre producteur, mainteneur et chef de projet ingénierie passe par les étapes suivantes :

- Chiffrer les sources de pertes actuelles et mettre en évidence les sujets sur lesquels il faut progresser.
- Sur la décomposition fonctionnelle des machines existantes, exprimer le retour d'expérience des mainteneurs.

- Intégrer le portefeuille d'exigences supplémentaires au cahier des charges de l'équipement futur.
- Détailler les check-lists de vérification aux différentes étapes de la réception des équipements pour assurer la prise en compte des nouvelles exigences.

Évaluer les pertes actuelles

Les informations à récupérer sont de plusieurs natures :

– décomposition détaillée du TRS de l'équipement (ainsi que MTBF-MTTR là où ils existent) ;
– dépenses en pièces et en main-d'œuvre (curatif, gros entretien et préventif) ;
– historique des gros incidents ;
– historique des pannes récurrentes ;
– historique des améliorations et modifications ;
– coût des stocks de pièces de rechange.

Lorsque l'équipement étudié s'y prête (similarité sur plusieurs sites, même constructeur, machine « incontournable »), il est souhaitable de faire participer les mainteneurs des autres usines à la récolte de ces informations.

Si la taille des lots et les pertes pour changements de série sont des sujets critiques pour la nouvelle ligne de production, alors il est indispensable de compléter cette image des pertes par une analyse SMED poussée, dont les conclusions seront reprises au même titre que les idées d'amélioration de la fiabilité et de la maintenabilité de la future ligne.

Exprimer le retour d'expérience des mainteneurs

Le retour d'expérience des mainteneurs s'organise autour des Pareto de coûts et de défaillances établis à l'étape précédente. Il s'agit de détailler les éléments fonctionnels de la machine, de répertorier les causes de dysfonctionnements et de proposer des recommandations de conception. On attachera autant d'importance à ce stade aux questions de fiabilité et de robustesse qu'aux questions d'accessibilité des organes mécaniques, ou encore aux temps de démontage/remontage.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Tableau 3.2 – Exemple d'expression des souhaits des mainteneurs

Machine	Décomposition	Incidents/Problèmes récurrents (curatif – préventif – GE)	Cause identifiée	Recommandations
Presses	Général Presse	Pas de possiblité de mesure pour maintenance conditionnelle		Prévoir capteurs adaptés sur les roulements à efforts (vibration, jauges de contrainte ou de déformation…)
		Vitesse « constante »	Pas de variateur de vitesse	Système qui permette d'accélérer en montée et ralentir en descente/ou bien came développée
	Plaqueur	Décalage de la chaîne, mauvais enroulage	Défaut d'automatisme	Supprimer le plaqueur ?
		Fuite et mauvais graissage roulements	Conception de la purge basse	
		Aspiration mal conçue + usure	Ventilateur pas adéquat, au lieu de venturi !	
	Roulements de cames	Destruction des roulements de cames	Surrégime en cadence et en pression	Prévoir un dimensionnement en cadence/ pression suffisant pour saturer le four
			Poussière dans les roulements	Travailler l'étanchéité des carters Carters en surpression
			Roulements pas prévus pour encaisser des efforts axiaux (initialement dimensionnés pour tuile plate)	Montage permettant d'encaisser les efforts axiaux ou pressage des tuiles en opposition pour annuler les efforts axiaux
			Flexion de came due au porte-à-faux	Prévoir supportage intermédiaire
			Redémarrages durs sur galette séchée	Prévoir une évacuation obligatoire des galettes après un certain temps d'arrêt Interdire les double pressages
		Mauvaise accessibilité – obligé de couper au chalumeau	Mal conçu	Attention à la disposition des éléments mécaniques qui gèrent l'accès aux roulements (sauf si roulement éternel !)
				Monter les roulements sur boitards pour démonter plus vite et protéger le bâtiment

Enrichir le cahier des charges de la future ligne de production

Il appartient à l'ingénierie de réexprimer éventuellement les recommandations issues de la discussion avec les mainteneurs pour tenir compte en particulier des éléments suivants :

– l'évolution de l'état de l'art ;
– la responsabilité propre du concepteur (éviter de décrire des solutions techniques abouties et s'en tenir aux fonctionnalités) ;
– l'impact des modifications sur la sécurité des équipements.

La traduction dans le cahier des charges des nouvelles exigences peut prendre deux formes principales :

– l'expression générale d'une fonctionnalité (par exemple, « pouvoir inspecter en moins d'une minute chaque pièce d'usure ») ;
– l'expression détaillée d'une demande technique spécifique (choix d'un matériau, solution hydraulique plutôt que mécanique, etc.).

Préparer les check-lists de réception des équipements

On distinguera quatre étapes de réception maintenance des nouveaux équipements. Il n'est pas toujours possible ou utile de réaliser scrupuleusement le détail décrit ci-dessous dans l'ordre où il apparaît ; toutefois, ces sujets devraient tous être abordés dans la discussion avec les constructeurs, en particulier pour les équipements-clés ou traditionnellement générateurs de coûts pour l'entreprise. La description qui suit est focalisée sur les questions de fiabilité et de maintenabilité : elle ne prétend pas à l'exhaustivité des thèmes assujettis à une réception formelle, en particulier dans les industries qui utilisent des équipements soumis à des réglementations spécifiques.

La réception de conception (sur plans) aborde :

– la prise en compte des exigences de sécurité ;
– la qualité des réponses du constructeur aux demandes spécifiques portées au cahier des charges ;
– le niveau de standardisation des pièces ;
– la modularité des sous-ensembles (facilité de démontage, échange standard, etc.).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

La réception machine à vide (chez le constructeur de préférence) doit vérifier :

– la prise en compte des exigences sécurité dans la réalisation des organes de la machine ;
– le catalogue des pièces de rechange ;
– les documents constructeur, utilisateur, mainteneur ;
– la formation des opérateurs de maintenance ;
– les défauts résiduels d'accessibilité pour contre-mesure à l'implantation.

La mise en service industrielle (au démarrage de l'équipement) permet d'assurer :

– la testabilité (alarmes, facilité du diagnostic, capteurs pour maintenance conditionnelle...) ;
– le niveau de simultanéité des opérations de maintenance préventive, afin de construire le plan M1/M2/M experts ;
– le fonctionnement en mode dégradé.

La réception définitive (après la montée en cadence) permet de confirmer :

– les conditions de sécurité et de propreté en situation de fonctionnement ;
– les indicateurs de performance réels TRS, MTBF, MTTR ;
– la conformité des vitesses d'usure.

Pour chacune de ces étapes de réception, les check-lists de vérification doivent être établies en commun entre le futur exploitant et l'ingénierie. C'est bien par la mise en commun du détail des fiches de réception qu'on trouvera la concrétisation de l'engagement commun des différentes parties prenantes du projet. Les uns ont émis des souhaits, les autres les ont réexprimés et retranscrits, ou volontairement mis de côté. La fiche de réception constitue le contrat interne exploitant/ingénierie qui définit les modalités de vérification du résultat final.

CHAPITRE 4

Réduire les pertes de l'usine : un mode de management et des techniques d'amélioration

Les changements apportés par les chantiers et par l'application des outils et techniques du lean manufacturing vont toucher aux multiples aspects de l'organisation et du flux physique. On va modifier des postes de travail, déplacer des machines, changer la façon dont on ordonnance la journée de travail. On va changer les façons de faire pour l'opérateur, et lui demander de pratiquer ses changements de série de façon standardisée, par exemple. La façon de travailler autour des machines et du produit va donc évoluer. Cette évolution des pratiques de l'opérateur, et de son environnement de travail, doit être accompagnée par une évolution des pratiques de l'encadrement. Les habitudes des chefs doivent changer, ne serait-ce que pour montrer à tous que les choses sont sérieuses, et qu'on ne se satisfera pas d'une évolution cosmétique des affichages et du rangement de l'usine.

Par ailleurs, les transformations physiques dont nous parlons ici ont bien entendu un but productiviste. On veut faire moins cher, en mobilisant moins de ressources. On veut aller plus vite, répondre plus vite,

avec moins de filets de sécurité (moins de stocks). Tous les outils du lean contribuent avec une efficacité démontrée à installer les conditions pour obtenir un changement d'ordre de grandeur dans les résultats de l'usine. Mais… ils ne font en général qu'installer les conditions d'une meilleure performance. Le directeur d'une usine qui entre dans une démarche lean ne doit pas se faire d'illusion : il n'y a ni grimoire ni baguette magique lean. Pour que la productivité augmente et que le temps de passage diminue, il va falloir concrètement contrôler plus souvent, vérifier plus étroitement et mieux aider l'opérateur, avec une meilleure réactivité.

Il est nécessaire de bien comprendre l'état d'esprit qui doit guider cette évolution managériale. Il ne s'agit nullement de presser les cadences sans contrepartie ergonomique ou organisationnelle. La plupart du temps, lorsque nous installons une cellule en pièce à pièce, les opérateurs sont assez surpris eux-mêmes de constater, lorsque la cellule est stabilisée, qu'il est plutôt plus agréable de travailler avec des gestes réguliers et de façon ininterrompue à un rythme naturel, plutôt que d'alterner dans la même heure des phases d'attente avec des phases de précipitation. Le vrai gain de productivité est dans l'amélioration des postes et des conditions d'exécution, et pas dans la pression pour aller plus vite.

Pour que l'atelier fonctionne dans les nouvelles conditions installées par les chantiers lean, il va donc falloir :

– suivre de nouveaux indicateurs dans des rituels de management revus ;
– généraliser l'emploi de techniques de détection des pertes et d'outils d'amélioration continue ;
– impliquer les opérateurs dans la détection des pertes ainsi que dans le nouveau processus d'amélioration de la performance.

Nouveaux indicateurs et nouveaux rituels de management

La notion d'indicateur « nouveau » est relative d'une part à ce que l'on cherchait déjà à mesurer avant et aux modifications que le chantier a apportées d'autre part. L'idée est bien de compléter le suivi de la performance pour prendre en compte des exigences supplémentaires. Comme on va donc en général rajouter des relevés, des déclarations et des analyses, il faut toutefois être très sélectif sur la batterie d'indicateurs

qui représentera le mieux l'activité de l'îlot de travail, sans surcharger l'équipe d'encadrement de terrain avec des travaux de gestion inutiles. Il est aussi utile de préciser qu'un « indicateur » est souvent moins un résultat chiffré de productivité qu'une pratique structurée de l'analyse détaillée et de l'explication des causes de pertes. En étant un peu provocateur, on pourrait même dire que le résultat d'un calcul de productivité au jour le jour importe peu. Regarder l'évolution du résultat permet de se faire une idée sur la qualité des actions d'amélioration passées et éventuellement de faire des projections d'ordre budgétaire, mais cette information ne permet pas d'être proactif pour améliorer le résultat lui-même. Il faut donc préférer peu d'indicateurs, décrivant bien les exigences de productivité globale (c'est-à-dire incluant le respect des en-cours standard, par exemple) et insister plutôt sur la qualité de l'analyse, la rigueur de l'exploitation des données et la parfaite tenue des plans d'action de résolution de problèmes, dans leurs dimensions techniques, logiques (pour ne pas se tromper dans les choix) et de gestion de projet (tenue des délais et des coûts d'amélioration).

On cherchera à construire un tableau de suivi de l'activité qui fasse progresser la maîtrise de la performance sur trois axes : le management visuel, la mise sous contrôle des muda et l'adéquation des fréquences de contrôle.

Management visuel des indicateurs sur la zone de travail

Les indicateurs de performance doivent être affichés sur le « territoire » de ceux dont l'activité quotidienne a une influence directe sur le résultat. Faire progresser le management visuel, c'est aussi faire en sorte de limiter au maximum les calculs pour préférer des solutions d'enregistrement et de visualisation des pertes qui utilisent soit des affichages automatisés soit des astuces visuelles (tableaux à fiches, magnets, etc.).

Cette exigence d'affichage sur la zone de travail a plusieurs corollaires concrets. Tout d'abord, l'atelier doit être subdivisé en zones gérables, ce qui sous-entend d'avoir eu une réflexion complète sur l'organisation des équipes et sur les zones, ou territoires, auxquelles elles sont affectées. Ensuite, on sous-entend par le vocable « management visuel » que les affichages en question font l'objet de réunions opérationnelles structurées qui permettent d'en discuter le contenu, d'organiser les actions

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

immédiates de correction, et d'engager les améliorations de moyen terme. Enfin, pour que cela fonctionne, il faut avoir clairement désigné le responsable de la tenue de chaque indicateur, et préparé le contenu systématique des réunions opérationnelles.

Notons que cette règle de bijectivité entre une équipe, son territoire et les pratiques de l'encadrement pour en animer la performance doit aussi trouver son application dans les bureaux, dans les fonctions de support ou administratives, ou en R&D par exemple.

Mise sous contrôle des muda

On portera la mise sous contrôles sur les muda qui sont traitées par les activités d'amélioration continue. À ce titre, on portera la réflexion sur les indicateurs suivants :

- Bon du premier coup (pour les procédés de transformation comme pour les assemblages, en particulier les appairages mécaniques). Le BPC se calcule comme le taux de produits directement bons au premier passage sans retraitement, sans retouche, sans reprise d'assemblage.
- Temps de passage des en-cours en fabrication. Le temps de passage ou *lead time* décrit le temps qui s'écoule entre le moment où la matière première arrive en fabrication et le moment où elle est disponible à l'expédition. On peut choisir d'autres conventions pour le temps de passage et en particulier, dans les cas de fabrication sur commande, y inclure les activités spécifiques administratives et les temps de développement s'ils comptent à l'intérieur du délai annoncé au client.
- *Dock to dock*. C'est le temps de passage entre l'arrivée sur le quai de réception et le départ vers le client.
- Le respect des en-cours standard. Il s'agit de vérifier que les règles de définition des en-cours et de déclenchement des flux sont bien respectées.
- Le nombre des étiquettes dans les boucles kanban et le suivi des incidents qui y sont reliés.
- Le taux de service des lignes (mesuré par rapport au programme de fabrication ou par rapport à la demande validée par l'administration des ventes).

Adéquation des fréquences de contrôle

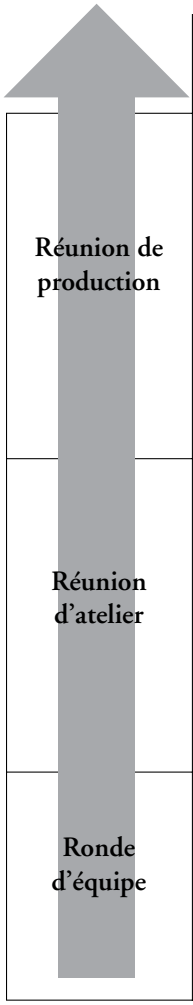
Lors de la mise en place d'un tableau d'indicateurs, une réflexion sur les fréquences de mesure et de vérification de l'atteinte des résultats est nécessaire : c'est le moment de se structurer l'emploi du temps du management (et par la même occasion, de vérifier que sa charge de travail est cohérente). Il faut distinguer deux natures d'indicateurs : ceux qui sont là pour aider les prises de décision immédiates et ceux qui sont des supports d'analyse, pour lesquels les périodes peuvent être plus longues pour mettre en évidence des tendances et autoriser des statistiques.

Une partie de la mesure est destinée à montrer dans l'instant l'avancement de la production. C'est l'outil du chef d'équipe. Son pas de mesure et de décision doit donc être homogène avec le rythme des actions de correction qu'il peut prendre à l'intérieur d'une équipe pour rattraper un ordre de fabrication, parer à une panne d'équipement, ou réaliser une tâche non prévue. JMAC recommande de tenir ce pas de mesure inférieur à deux heures. La raison en est empirique : imaginons un retard de 10 % mesuré en temps passé sur le temps prévu. Si ce retard est mesuré au pas de la journée de travail, il vaut le lendemain environ deux heures et demie si l'atelier est en 3×8 et déjà environ trois-quarts d'heure sur une équipe unique. Diviser la mesure d'avancement en pas de deux heures, c'est avant tout un moyen de s'assurer que les mesures de correction du retard vont être limitées dans leur ampleur : dans notre cas, on cherche à corriger douze minutes plutôt que deux heures. Notre chef d'équipe peut y arriver à l'intérieur de sa journée de travail. Dans l'autre cas, celui où l'on calcule le résultat chaque jour, les mesures de correction sortent la plupart du temps de son champ de responsabilité et engagent des dépenses : par exemple, des heures supplémentaires.

L'autre catégorie d'indicateurs, celle qui permet d'enregistrer des pertes par natures pour constituer une base d'analyse statistique, est plutôt destinée au contrôle de la qualité pour identifier les actions de réduction des rebuts et retouches, ou de l'état des équipements pour permettre à la maintenance d'organiser les actions de fiabilisation adéquates. La fréquence d'analyse dans ces cas-là doit être déterminée en fonction de la nature du problème observé, et nous y reviendrons dans les paragraphes qui suivent.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Tableau 4.1 – Exemple 1 : réunions opérationnelles, fournisseur automobile de rang 2



	Responsable Fréquence	Participants	Contenu/Indicateurs
Réunion de production	Direction production Trois fois par semaine (1 h)	Direction production 1 Qualité 1 Logistique 1 Maintenance 1 Outillage 1 Méthode	TRS (y compris qualité) MTTR, MTBF Lead time Stocks PF Taux de service client BPC et disponibilité outils
Réunion d'atelier	Chef d'atelier Une fois par jour dans chaque atelier (20 min), debout	CEq production CEq maintenance 1 Méthode 1 Qualité	Retards TRS Qualité Efficience MOD Présence Respect AM + 5 S + ordonnancement
Ronde d'équipe	Chef d'équipe production Au moins chaque équipe (20 min), tour du périmètre	Chef d'équipe production Mainteneur Opérateurs	État des machines TRS

Tableau 4.2 – Exemple 2 : extrait de l'agenda détaillé de la réunion de production dans la même usine (sujets « performance »)

Réunion de production				
Thème	**Indicateur**	**Jour où le sujet est traité**	**Qui prépare ?**	**Qui participe ?**
Performance	TRS	Jeudi	Direction production	Maintenance, méthode, qualité, outillage
	Efficience MOD	Jeudi	Direction production	Méthode, DRH
	Charge des ateliers	Mercredi	Direction production	DRH, logistique, ADV
	En-cours et lead time	Mardi	Responsable logistique	Production, ADV
	Taux de service client	Mardi	Responsable logistique	Production, ADV, qualité
	Stocks MP	Mardi	Responsable logistique	Production, achats
	Ratios et consommations (huiles, abrasifs, conditionnements)	Vendredi	Direction production	Méthode, maintenance, achats
	Nombre et durée des pannes, réactivité maintenance, récurrence des pannes	Mercredi	Responsable maintenance	Production, méthode
	BPC et consommation outillages	Vendredi	Responsable maintenance	Achats, méthode, maintenance
	5 S, automaintenance	Mardi	Responsable maintenance	Tous
	Non-qualité	Mardi	Responsable qualité	Production, achats, logistique

Réduire les pertes de qualité

Nous allons nous intéresser ici aux pratiques de réduction des pertes pour non-qualité, en distinguant d'une part les pertes évidentes des pertes cachées, et d'autre part les pertes dans les opérations à valeur ajoutée de la non-qualité dans les opérations sans valeur ajoutée.

Pertes évidentes et pertes cachées

La chasse aux pertes de qualité débute nécessairement par l'identification de ces dernières. Comment pourrait-on traquer une proie dont on ne connaît pas l'existence ?

> Prenons l'exemple du développement d'un connecteur, pour le marché de l'automobile, dont les simulations informatiques de moulage ont été effectuées après la réalisation du moule de série ! Dans notre exemple, le non-respect d'une règle élémentaire d'industrialisation d'un moyen de production ne sera pas identifié comme une perte, en première approche tout du moins.
>
> En effet, l'industrialisation du moyen de production sera effectuée dans les temps et selon le budget alloué. Quelques problèmes de « remplissage », c'est-à-dire des difficultés à mouler une pièce complète, seront rencontrés lors des préséries. Mais l'intervention d'un metteur au point expérimenté permettra de surmonter ces difficultés en surchauffant légèrement la matière. Ce qui est alors considéré comme de la mise au point est en fait une première « retouche ». Dès son industrialisation, le processus est en mode « dégradé »…
>
> Ce n'est que deux ans plus tard, lorsque quelques connecteurs seront détectés non conformes sur des véhicules produits en grande série, que la perte prendra toute son ampleur. Sera-t-elle alors attribuée à un problème de qualité ? Oui, certainement. Mais il sera déjà trop tard. Cette perte, dont le coût est démultiplié de manière exponentielle à cause de sa détection tardive, est restée cachée si longtemps qu'elle a peut-être déjà essaimé au sein de la même entreprise.

Cet exemple montre la difficulté d'identification des pertes en qualité. Il est facile de considérer comme une perte le connecteur mis au rebut parce que l'injection ne s'est pas réalisée correctement, on parle alors de perte « évidente ».

Il est beaucoup plus difficile d'identifier les pertes supplémentaires encourues lors de la vie du produit : pertes d'énergie pour chauffer plus le moule, pertes de fiabilité sur un équipement plus sollicité qu'il n'aurait dû l'être, pertes de temps process : les pertes cachées. Le non-respect des étapes de validation produit/process en développement en est une cause courante !

Pertes cachées par absence de déclaration

Les pertes en qualité peuvent aussi se « cacher » dans le processus de fabrication en tant que tel.

Prenons l'exemple de la fabrication d'un pot et de son couvercle en plastique. Le processus de fabrication est constitué de deux moules d'injection (un pour le pot, un pour le couvercle) et d'une machine d'assemblage automatique pot/couvercle. Chacun des moules est constitué de quatre cavités, c'est-à-dire qu'à chaque « moulée », quatre composants identiques sont fabriqués et reliés par une carotte. Un robot vient prélever la carotte et les composants, jette la carotte dans un broyeur pour que la matière soit recyclée, puis dépose les quatre composants dans un bac.

Dans notre cas, l'une des cavités du moule de couvercles est défectueuse. Pensant bien faire, l'équipe de moulage décide d'accrocher la pièce à la carotte : en modifiant de manière réversible la cavité défectueuse, le couvercle est injecté mais ne peut pas se désolidariser de la carotte, il ne sera donc pas envoyé dans les pièces bonnes. D'un point de vue qualité, l'équipe est satisfaite, elle protège son client interne (l'assemblage automatique) et « évite » quatre heures d'intervention sur le moule. Pendant les trois jours qui suivent, à chaque moulée, trois pièces vont dans le bac de pièces bonnes et une pièce va dans le broyeur avec sa carotte.

Faisons le bilan de cet événement. À raison d'une moulée toutes les vingt secondes pendant trois jours, l'équipe a mis au rebut 12 960 couvercles. Les couvercles étant broyés automatiquement, ils ne sont pas passés par la phase de déclaration des rebuts : ils ont donc été comptés en pièces bonnes, cette perte « évidente » *a priori* devient « cachée » par sa non-déclaration… Les pertes se chiffrent donc

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

à 12 960 pièces détruites (matière) auxquelles il faut ajouter 12 960 pièces à reproduire (capacité). Mais ce n'est pas tout : un problème d'appairage va apparaître lors de l'assemblage automatique où 12 960 pots resteront en attente, faute de couvercle… générant une nouvelle perte.

Variabilité du process

On peut ajouter à ces pertes cachées l'ensemble des pertes liées à la variabilité des process. En effet, si chaque transformation physique du produit est validée par l'appartenance à un intervalle de tolérance, n'oublions pas que les processus sont clients et fournisseurs les uns des autres… la variabilité de chaque sous-ensemble du process a un impact sur la fabrication en aval.

Dans le cas de notre assemblage d'un pot et de son couvercle, une crise qualité a éclaté à l'assemblage automatique : les couvercles ne s'assemblent pas sur leur pot. Le technicien responsable de la machine d'assemblage immobilise la machine et vérifie le bon fonctionnement des centreurs mécaniques et des vérins, rien à signaler. Il informe alors l'atelier de moulage du problème qu'il rencontre. Les composants sont contrôlés « conformes » par l'atelier de moulage. Seule une analyse construite permettra de détecter la cause de création du défaut : les deux composants étaient bien dans leurs tolérances, mais l'écart type de la cote permettant le bon appairage avait augmenté au fil du temps, rendant détectable la proportion de couvercles trop petits sur des pots trop grands.

Dans le meilleur des cas, l'entreprise a mis en place une démarche structurée de résolution de problèmes et fait le constat suivant : la circonférence du couvercle est à sa cote minimale, la circonférence du pot est à sa cote maximale et la pression exercée par le vérin est légèrement en deçà de sa valeur nominale. Le problème étant posé, les équipes vont pouvoir mettre en place les actions palliatives et remonter aux causes racines afin de les éradiquer pour enfin revenir à un fonctionnement standard. Dans ce cas, la perte en qualité « cachée » constituée par la dispersion se solde par une perte « évidente » de quelques pièces non assemblées dans la machine.

Reprise, retouche

Mais imaginons que cette analyse ne soit pas menée. Le technicien observe que les couvercles ne s'assemblent pas sur les pots. Il décide de modifier le programme en doublant le mouvement du vérin d'assemblage pot/couvercle, au prix d'une perte d'une seconde sur le temps de cycle. Il vient donc d'introduire une « retouche » dans le processus, aussi automatique soit-elle. Notez cependant que le problème de dispersion n'est toujours pas résolu ni même détecté.

Après quelques semaines de fonctionnement dans ce mode dégradé, le double mouvement du vérin est considéré comme normal. Après quelques mois, le « candide » qui demandera à quoi sert ce double mouvement obtiendra la réponse trop souvent entendue : « on a toujours fait comme ça ». Ce cas illustre comment une perte « cachée » en génère une seconde (perte de temps de cycle) qu'il sera très difficile d'identifier et d'éradiquer. On rencontre ce type de perte à chaque fois qu'un mode dégradé de fabrication est entériné et devient le standard. C'est le cas typique des retouches systématiques, qui sont même parfois gammées par le service méthode : leur coût est accepté par l'entreprise.

Le cas des reprises et retouches « gammées » illustre parfaitement la nécessité de visualiser les pertes. En ne voyant plus cette activité comme une perte, la proie que nous traquons est invisible, elle n'existe plus en tant que telle. C'est pour cette raison que les consultants JMAC tendent à adopter une position radicale sur la définition des cadences nominales et des temps alloués : tous les facteurs de correction qui intègrent dans les temps considérés comme productifs des « excuses » d'activités improductives sont à proscrire !

Qualité dans les opérations à valeur ajoutée

Les pertes pour non-qualité dans les opérations à valeur ajoutée font appel à des techniques de maîtrise et de fiabilisation des procédés.

➤ Bon du premier coup

La chasse aux pertes de qualité peut se résumer à une phrase simple : « faire bon du premier coup ». La phrase peut sembler trompeuse. Il s'agit bien de « faire » autant de fois que le client commande de

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

pièces, mais à chaque fois « faire bon » sans avoir à reprendre l'opération. L'entreprise lean met tout en œuvre pour que les opérations soient effectuées de manière conforme, sans opération de reprise ni de retouche. On se distingue ici très nettement de la simple culture « produit » qui va garantir le niveau qualité sans regarder à la dépense en termes de tri, vérifications, reprises, retouches et autres activités à non-valeur ajoutée.

Faire bon du premier coup n'est pas le résultat d'un état de grâce mais bien l'objectif que se fixe l'entreprise industrielle afin de rendre possible l'élimination des pertes qualité. Un processus de fabrication qui livre une pièce mauvaise sur un million de pièces bonnes ne laisse pas de place au hasard. Obtenir ce résultat lorsqu'on ne fait pas « bon du premier coup » nécessite sept personnes effectuant un contrôle visuel successif et indépendant (chaque personne ne sachant pas que six autres font le contrôle).

Ne pas faire bon du premier coup est la preuve de l'existence d'un problème. Si l'on ne fait rien, pourquoi ce problème disparaîtrait-il ? Acceptons-nous de laisser les choses en l'état ? Il faut le reconnaître, c'est trop souvent le cas. Pourtant, malgré nos incantations, nos problèmes ne disparaissent que lorsqu'on les résout. Posons-nous alors la question du procédé de fabrication : lorsqu'on ne fait pas bon du premier coup, que devons-nous faire ? Notre culture nous pousse à cacher les problèmes, voire à nier leur existence. La culture lean inverse les choses : détecter un problème est une chance car c'est la preuve que l'on va pouvoir réduire les pertes, simplifier les tâches et améliorer les résultats de l'entreprise.

➤ Arrêt au premier défaut, autocontrôle

Notre culture doit donc évoluer. Soyons concrets : le premier choc consiste à arrêter la production lorsqu'on rencontre un défaut qualité. En effet, continuer à produire alors qu'il y a un problème, c'est choisir délibérément de générer des pertes. On mesure alors l'ampleur de la transformation à opérer : nos machines, nos modes opératoires, notre organisation, nos équipes, nos compétences permettent-elles un tel changement dans l'immédiat ? Sans doute non. Mais peu importe, il faut réduire les pertes.

Lorsque nous faisons découvrir le système de production Toyota à nos clients européens, il n'y a pas un séminaire sans que l'un de ces derniers ne demande au sensei s'il est vraiment plus efficace d'arrêter les lignes de montage lorsqu'un problème est détecté plutôt que de continuer et isoler le véhicule en sortie de chaîne. À ce jour, les sensei n'ont pas encore répondu : comment peut-on demander s'il est plus efficace de générer délibérément des pertes ? En effet, le problème existe, on doit le résoudre immédiatement. Si on attend, il ne sera pas plus facile à résoudre et aura généré encore d'autres pertes.

Une personne et une seule peut arrêter la production dès la détection d'un défaut : c'est l'opérateur. L'entreprise lean responsabilise donc chaque opérateur (et chaque col blanc !) sur la qualité obtenue à son poste de travail. L'opérateur se doit d'arrêter la production lorsqu'il détecte un défaut, qu'il en soit l'auteur ou non. En effet, on ne transmet pas un défaut vers l'aval : transmettre un produit défectueux vers l'aval, c'est accepter d'ajouter de la valeur à un produit qui ne sera pas acheté par le client.

Cependant, l'opérateur n'arrêtera pas la production s'il n'est pas en parfaite sécurité pour le faire. L'ensemble de ces prérequis doit être mis en place par le management :

– l'opérateur est officiellement responsable d'arrêter la production ;
– l'opérateur sait que l'organisation cherche des solutions pour les problèmes, pas des coupables ;
– l'opérateur sait que l'organisation permet de régler le problème et de redémarrer la production rapidement ;
– l'opérateur sait qu'il contribue à faire progresser l'entreprise ;
– l'opérateur sait détecter le problème.

L'opérateur doit donc contrôler la valeur qu'il ajoute au produit. On parle d'autocontrôle. Transférer cette tâche à une autre personne revient à le déresponsabiliser, diminue la réactivité face à l'apparition de défauts et dissocie la production de la qualité.

➤ État de référence, modèle, standard

Pour pouvoir détecter un défaut, il faut pouvoir comparer la situation avec un état de référence, on parle souvent de standard. Ce principe est fondamental.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Nous pouvons citer ici en exemple le cas d'une équipe de production qui a fabriqué des pièces non conformes pendant tout un week-end : la référence produit correspondait à des pièces jaunes, ils les ont produites en bleu. Pas un opérateur n'était formé à la lecture des références et les consignes du responsable de production exigeaient des pièces à tout prix : ils n'avaient pas le droit d'arrêter les machines.

Les opérateurs de cette équipe de week-end connaissent aujourd'hui parfaitement la signification des références produit. Mais à ce stade, nous n'avons fait qu'améliorer notre problème. Tant que nous ne mettrons pas en place un standard permettant à chaque opérateur, quelle que soit son équipe de production, de connaître la couleur et la référence du produit qu'il doit fabriquer, nous savons que le problème reviendra. L'amélioration continue de la qualité au poste passe par la définition d'un standard, puis la formation des opérateurs à ce standard. Ces deux premières étapes rendent possible l'amélioration de manière pérenne : l'amélioration de l'entreprise et non du problème rencontré. C'est dans la définition du standard que l'ensemble des leçons apprises dans le passé sont écrites et enregistrées. Le standard est à la base du support de formation utilisé pour mettre à niveau l'ensemble des équipes. Si un nouveau problème apparaît, nous en analyserons les causes et ferons évoluer, si nécessaire, notre définition du standard puis formerons les équipes à cette nouvelle définition.

La défauthèque est l'un des exemples classiques de standard de référence en qualité : l'ensemble des types de défauts visuels des produits qui ont pu être générés lors de la fabrication sont photographiés et conservés dans un manuel qui permet de définir les critères d'acceptation et de refus. Les opérateurs se réfèrent à la défauthèque lorsqu'ils détectent une anomalie sur le produit. La mise en place d'une défauthèque permet d'améliorer très rapidement les résultats qualité de la fabrication. Cependant, ne se rapporter qu'à la défauthèque n'est pas suffisant. Pour éviter les défauts sur les produits, il convient de mettre sous contrôle le process. Les critères visuels du produit, donc la défauthèque, sont alors utilisés pour anticiper les problèmes.

➤ Contrôle produit, contrôle process

Revenons à notre atelier d'injection plastique qui fabrique des connecteurs pour l'automobile. L'un des connecteurs est situé sous le capot moteur, à un endroit invisible pour l'utilisateur final. L'atelier expédie

les connecteurs à son client japonais qui le câble sur le faisceau moteur. Le client japonais émet une réclamation, demande le remplacement complet des produits livrés (en-cours y compris, ce qui représente environ douze semaines à cause des livraisons par bateau…) à cause de la présence d'une petite griffure à la surface du connecteur, marque d'à peine un millimètre et superficielle. Le client a détecté 4 pièces avec cette marque sur les 10 000 livrées. Le premier réflexe du fournisseur français, qui utilise sa défauthèque pour valider les produits et non pour piloter son process, est de refuser la réclamation. Il argue que cette marque n'a qu'un impact visuel sur un produit qui n'est pas une pièce d'aspect, étant caché de la vue du client final.

Le fournisseur « refuse » la réclamation ! Du jamais vu au Japon ! Ce fournisseur est-il sérieux ? Après une forte pression de la part du management, le fournisseur se met à nouveau à l'écoute de son client. Après de longues heures de conférences téléphoniques, le fournisseur finit par comprendre le problème : si 4 connecteurs présentent une marque de griffure, ce qui est un écart vis-à-vis du modèle, c'est que quelque chose dans le process de fabrication n'est pas sous contrôle. Donc si le process n'est pas sous contrôle, rien ne garantit que les autres connecteurs aient bien été fabriqués selon le standard. Dans cette hypothèse, il faut vérifier l'ensemble des pièces produites tant que les causes de cette griffure ne sont pas identifiées.

Cette démarche est parfaitement logique, même si elle semble toujours « extrémiste » pour notre fournisseur français dont la culture n'a pas encore effectué sa transformation lean. Les équipes du connecticien se mettent alors à la recherche des causes de création de la griffure pendant que l'ensemble des livraisons sont isolées pour être contrôlées avant d'être libérées (pertes à la charge du fournisseur, il va sans dire). Après des études approfondies avec les opérateurs, techniciens, bureau d'études et industrialisation réunis en task force, la cause racine est identifiée : lorsque la machine d'assemblage automatique détecte une pièce non conforme, elle actionne un vérin qui éjecte la pièce. Il arrive que le mouvement de ce vérin ne se fasse pas entièrement à cause d'une électrovanne défectueuse. Le connecteur qui doit être éjecté vers les pièces non conformes est griffé par une glissière et retombe du côté des pièces bonnes. Le verdict est sans appel : la démarche du client japonais est la bonne, un écart au modèle, aussi infime soit-il, peut cacher un

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

défaut capital : l'ensemble des livraisons est pollué par des pièces non conformes.

Trois mois plus tard, l'un des opérateurs de l'atelier d'injection plastique arrête la production suite à la détection de connecteurs dont la teinte est très légèrement plus foncée que le modèle. Le technicien qualité, qui connaît bien les spécifications du produit, donne sa dérogation pour relancer la production et livrer les connecteurs déjà produits : la teinte légèrement plus foncée est acceptable. Malheureusement, si la teinte est acceptable, le fait qu'elle change démontre une variation dans le process : 10 % des connecteurs seront retrouvés cassés dans leur emballage après le transport vers l'usine du client. L'analyse démontrera que le doseur, qui n'a pas été maintenu selon le standard, a multiplié par deux la quantité de colorant dans la matière.

Les deux exemples précédents montrent pourquoi il est préférable de se référer à un modèle pour la conformité du produit. La défauthèque est utile pour savoir regarder le modèle de la bonne façon, c'est-à-dire connaître l'ensemble des défauts que le produit pourrait comporter. L'approche statistique de maîtrise du process nous aidera par ailleurs à garantir une stabilité de la fabrication et une conformité au modèle.

➤ Autonomation

Le principe de la comparaison des paramètres à un standard et de l'arrêt de la production en cas de détection d'une non-conformité est appliqué aux machines automatiques. En effet, lorsqu'on automatise un process de fabrication, la présence de l'opérateur est nécessaire pour que les machines puissent fonctionner correctement. En revanche, ce sont les machines elles-mêmes qui effectuent des contrôles et qui s'arrêtent lorsqu'elles détectent un écart par rapport au standard. On appelle cela l'« autonomation ». L'exemple de la machine automatique qui n'éjecte plus les pièces défectueuses correctement montre la nécessité d'appliquer l'autonomation avec précision : la machine savait détecter un produit non conforme, mais au lieu de s'arrêter afin que les équipes puissent analyser les causes de création du défaut et les éradiquer, elle continuait à produire et ne parvenait même pas à évacuer les pièces non conformes.

L'autonomation permet de réduire les pertes en arrêtant la fabrication au premier défaut. Cependant, elle n'évite pas au management de

mettre en place toute la structure nécessaire pour mener les analyses des causes racines des défauts et mettre en place les actions correctives et d'amélioration qui en découlent.

➤ Poka-yoké

L'une des façons d'éviter l'apparition de défauts consiste à utiliser le poka-yoké dans le processus de fabrication. Un poka-yoké est un dispositif anti-erreur, qui empêche la création de la pièce défectueuse de manière parfaitement sûre. On retrouve des poka-yoké dans les puzzles : la forme géométrique de chaque pièce ne lui permet qu'un et un seul emplacement possible. Si vous avez l'occasion d'attacher une remorque derrière votre voiture, vous avez pu observer que le raccordement électrique entre les deux véhicules ne peut se faire que dans une seule position : des détrompeurs mécaniques sont positionnés dans les prises, c'est un poka-yoké !

➤ Andon

La démarche lean passe par la visualisation des opérations et des problèmes. Ce principe s'applique directement dans le domaine de la qualité. Sur les lignes de montage automobile de Toyota, une cordelette passe au-dessus des postes des opérateurs. Lorsqu'un opérateur détecte un problème, il tire sur la ficelle qui active un signal lumineux. Les fonctions support interviennent pour résoudre le problème avec l'opérateur dans le takt time et annuler le signal lumineux. Si le problème n'est pas résolu pendant le takt time, la ligne s'arrête. Ce système d'alerte s'appelle « Andon ». Par extension, on dénomme « Andon » l'ensemble des systèmes lumineux qui alertent quant à l'état de fonctionnement hors standard d'une machine ou d'un process. La mise en place d'un système Andon permet de garantir la réactivité des équipes support qui peuvent être mutualisées sur plusieurs moyens de production.

Les systèmes donnant l'information à distance ont un but et un seul : faire venir le management sur le terrain le plus vite possible. Attention à ne pas provoquer l'effet inverse, où le manager resterait confortablement dans son bureau, tous les indicateurs étant au vert ! Nous pouvons citer en exemple le cas d'une découpe de feuillard de cuivre contrôlée par caméra : deux jours complets de production sans aucun problème, résultat inhabituel qui attira l'attention du service qualité… les caméras

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

de contrôle était en mode « apprentissage » et non en mode « contrôle production »…

➤ Sécurisation du client, mur qualité

Lors de la détection d'un défaut, le responsable de la création du défaut se doit de sécuriser les processus en aval dans la production afin de ne pas interrompre le flux de production. Il peut aussi bien s'agir ici de relations en interne dans une entreprise que de relations clients-fournisseurs entre deux entreprises différentes.

Comprenons-nous bien, il ne s'agit pas de continuer à produire des pièces mauvaises, mais bien de mettre en place les actions nécessaires pour garantir l'absence totale de défaut au client. Les tris et contrôles additionnels doivent à coup sûr piéger les éventuelles pièces défectueuses. On ne lèvera ces actions de sécurisation que lorsque l'ensemble des actions curatives et préventives auront été mises en place et validées.

➤ Résolution de problèmes

La maîtrise de la résolution de problèmes fait partie des avantages concurrentiels de l'entreprise. Au même titre que les opérations sont standardisées dans l'entreprise lean, la méthode de résolution de problèmes fait partie intégrante du standard. De nombreux outils existent et sont décrits dans une multitude d'ouvrages tout à fait pertinents. L'utilisation de ces outils nécessite de respecter quelques principes-clés. En premier lieu, les équipes de résolution de problèmes doivent être constituées par des personnes qui sont concrètement confrontées à la réalité des choses. Il est assez fréquent de voir des managers du comité de direction réfléchir ensemble sur un problème rencontré en production. Ils émettent des hypothèses, produisent des analyses et déterminent des causes. Malheureusement, n'étant pas eux-mêmes confrontés à la réalité des choses, une grande partie des données leur échappe. Leurs analyses risquent d'être incomplètes, voire erronées. Quand bien même elles seraient tout à fait justes et précises, elles ne seront ni comprises ni partagées par les acteurs du terrain. Le rôle du manager est surtout de donner les moyens aux opérationnels de mener la résolution de problèmes. Cela peut se faire en mettant en place l'organisation adéquate, en formant les personnes, en dégageant des ressources matérielles et humaines lorsque des analyses et essais techniques sont nécessaires, en

libérant des capacités de production pour reproduire le défaut. Il est important que le management se déplace sur le lieu réel pour se faire expliquer la résolution de problèmes, qu'il observe la reproduction du défaut (preuve de la validité des causes de création identifiées) et qu'il vérifie la mise en place des actions planifiées pour éradiquer le problème.

Également, le management doit s'assurer que la résolution du problème se tient immédiatement après sa détection. Les enregistrements réalisés en production sont souvent insuffisants pour permettre la résolution du problème avec ces seules données d'entrée. La mémoire des individus n'est pas infaillible. Les détails du moment peuvent avoir une importance capitale. Pour démontrer l'importance de ne pas attendre pour lancer la résolution de problèmes vous pouvez vous amuser à demander à vos collègues s'ils se souviennent du menu du déjeuner de la veille. Ils seront surpris de se rendre compte qu'ils ne s'en souviennent plus !

Ensuite, le management doit amener l'équipe chargée de résoudre le problème à travailler sur le lieu réel de détection et de création du défaut. Un problème qui se résout en salle de réunion est bien souvent un problème qui va revenir ! Aller sur le terrain permet de percevoir une multitude de paramètres qui ne peuvent pas être pris en compte en salle. Aller sur le terrain, c'est s'assurer que l'on ne fait pas de la théorie, mais bien que l'on se confronte à la réalité.

L'équipe doit travailler avec les données réelles. Non pas celles relevées dans les gammes, les dossiers techniques ou sur les plans, mais bien les données mesurées sur le terrain. Ce n'est que par la suite que les données écrites seront lues et comparées aux données réelles. Sans données réelles, l'analyse devient subjective. Le manager peut le détecter lorsqu'il entend des « je crois que… je suis sûr que… beaucoup de… toujours… ». Le subjectif dans la résolution de problèmes produit toujours les mêmes effets : c'est celui qui parle fort qui impose son idée et on ne parvient pas à reproduire le défaut (preuve que l'on n'en connaît toujours pas les causes). La mise en place de relevés supplémentaires permet d'éviter cet écueil. Il ne faut pas oublier que savoir être factuel est aussi quelque chose qui s'apprend. Les formations aux outils de résolution de problèmes intègrent cette problématique.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Pertes dans les opérations sans valeur ajoutée

Nous allons nous intéresser plus particulièrement aux opérations sans valeur ajoutée suivantes :

– les stockages ;
– les contrôles et « murs » qualité ;
– les manutentions entre postes de travail ;
– les manutentions au poste de travail ;
– les manutentions du produit fini jusqu'au client final.

➤ Stocks

Les opérations de stockage comportent de nombreux risques de perte en qualité :

- Lors des opérations de mise en stock ou de déstockage, les contenants peuvent être soumis à des contraintes. La qualité des contenants doit être partie intégrante du cahier des charges produit/process. Le couple produit/contenant doit être qualifié lors de l'industrialisation.
- En phase de stockage, il convient également de minimiser les risques d'agressions de l'environnement : poussière, fuites d'eau, toit percé, coups de fourches des caristes, etc. L'audit process, associé à un plan d'action préventive, demeure un moyen d'identifier ces pertes.
- Enfin, pour les produits à durée de vie limitée (alimentaire, chimie…), le temps est un facteur aggravant le taux de perte qualité en phase de stockage.

Afin de minimiser les pertes qualité relatives aux trois points abordés ci-dessus, les principes de FIFO, de rotation forte et de réduction de la taille des stocks – composantes à part entière du système de production Toyota – sont fondamentaux.

➤ Contrôles et « murs » qualité

Les contrôles – qu'ils soient à 100 % ou par échantillonnage – et les « murs » qualité sont tous deux des opérations de vérification de la conformité des produits aux spécifications. Les premiers sont des opérations standard de maîtrise de la qualité, les seconds des dispositifs exceptionnels et temporaires, suite à une crise qualité, et destinés à garantir aux clients le niveau de qualité attendu.

Les pertes en qualité sont ici les suivantes :

– les produits détruits par les contrôles destructifs ;
– les produits endommagés à l'occasion des contrôles non destructifs ;
– les produits non conformes qui ne sont pas détectés ;
– les produits conformes jugés à tort comme non conformes.

Selon les types de process, l'addition de ces quatre catégories peut atteindre un pourcentage non négligeable de la production totale, et être loin du zéro défaut.

Un effort de développement devra dès lors être mené pour réduire autant que possible les contrôles destructifs. De même pour les contrôles non destructifs, on visera à réduire les prélèvements de produit sur les lignes de fabrication dans une optique de respect du takt et du zero perturbation process. Les systèmes de vision, réduisant les risques de décision à tort, dès lors qu'ils sont réglés et maintenus, sont bien sûr à encourager.

➤ Manutentions entre postes de travail

Les manutentions entre postes de travail sont essentiellement critiques pour l'intégrité physique des produits. De même que pour les contenants évoqués plus haut, l'implantation physique de la ligne doit tenir compte des risques de génération de pertes qualité, et faire l'objet d'une qualification lors de l'industrialisation.

Lorsque cette précaution n'est pas prise ou lorsque l'implantation de la ligne est modifiée en cours de vie du produit pour des raisons extérieures, il est nécessaire d'identifier les causes – potentielles ou avérées – de détérioration de la qualité du produit lors de manipulations entre postes.

Pour ce faire, la méthode des « gommettes » de couleur est parfaitement adaptée. Il s'agit de distribuer aux opérateurs des postes concernés, des planches de gommettes adhésives d'une couleur voyante. À chaque coup – ou presque coup (risque de coup) – l'opérateur devra coller une gommette à l'endroit exact de la ligne (poteau, bâti, plot, etc.) qui a généré – ou potentiellement généré – le coup sur le produit. Pour être représentative de l'ensemble des conditions de travail à l'œuvre sur le périmètre concerné, cette opération doit être conduite sur une durée suffisamment longue et couvrir l'ensemble des équipes. Une à deux semaines est une durée souvent retenue. En fin d'opération

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

« gommettes », la cartographie des zones à risques pour l'intégrité du produit est naturellement dessinée. Il ne reste plus qu'à éliminer ces risques en modifiant la ligne en priorité, ou à protéger (mousses, doufline, etc.) les zones identifiées. Cette opération a le mérite d'être ludique, participative, et pragmatique.

➤ Manutentions au poste de travail

Les observations relatives aux pertes qualité lors des manutentions entre postes de travail sont également valables pour les manutentions au poste de travail. À cela, il convient d'ajouter un critère supplémentaire : la détection de la non-qualité lors de ces manutentions au poste de travail. Les opérateurs doivent d'une part être dans des conditions propices à la détection de la non-qualité, et d'autre part être autonomes dans leurs appréciations.

Il s'agit bien d'affecter une tâche de contrôle pour utiliser les temps non productifs (mouvements) au poste.

Les conditions propices à la détection de la non-qualité sont la propreté et le rangement au poste, ainsi que la qualité de l'éclairage. L'autonomie de jugement quant à la qualité des produits qui seraient détériorés lors des manutentions au poste est issue d'une formation initiale aux défauts qualité, suivie d'une évaluation par l'encadrement de ligne et accompagnée d'un système d'aide au poste : défauthèque, échantillons limites, etc.

➤ Manutentions du produit jusqu'au client final

L'image de l'entreprise est très fortement corrélée à la qualité des produits, perçue par le client final. Il serait dès lors dommage que les efforts fournis pour obtenir une qualité élevée lors de l'ensemble des étapes de conception, d'approvisionnement, de sous-traitance et de fabrication, soient impactés par un processus de manutention/livraison inadapté. Les contenants définitifs, de même que les contenant intermédiaires, sont souvent conçus dans l'optique de minimiser les pertes qualité produit. La validation de ces contenants dans les conditions de transport et de manutention réelles fait en revanche souvent défaut. Cette validation est aussi un des délivrables de la qualification du process.

Pertes fournisseurs

Bon nombre d'entreprises se reconcentrent aujourd'hui sur leurs métiers de base, sous-traitant les parties de leur activité à faible valeur ajoutée, ou sur lesquelles entretenir un savoir-faire compétitif est devenu trop coûteux. C'est le cas dans l'automobile, où les constructeurs sont aujourd'hui devenus des concepteurs-assembleurs. Bien que l'on note un léger mouvement inverse en période de crise – il s'agit dans ce cas de sécuriser certaines activités habituellement sous-traitées, et de conserver un niveau d'activité maximum – on peut penser que cette tendance va se poursuivre.

Afin de garder la maîtrise de la qualité pour les fonctions sous-traitées, l'entreprise doit mettre en place un processus de pilotage des fournisseurs cohérent avec le niveau de qualité attendu par ses propres clients.

Ce processus comporte trois phases :

– la sélection des fournisseurs ;
– la maîtrise de la qualité des opérations sous-traitées ;
– la capitalisation d'expérience.

➤ Sélection des fournisseurs

Cette phase cruciale est encore trop souvent réduite au choix du fournisseur « le moins cher » au sein d'un panel à rotation lente. Un panel vivant et structuré minimisera les risques de non-maîtrise de la qualité liés aux opérations sous-traitées.

La rotation du panel de fournisseurs est alimentée par différentes sources :

– les retours d'expérience issus des missions confiées aux fournisseurs figurant au panel ;
– les salons (sous-traitance, techniques, thématiques) ;
– les informations provenant des incidents qualité en production ;
– les informations provenant des services connexes à la production : commercial, R&D…

Le panel doit être structuré :

– catégories de fournisseurs par typologies de prestations ou produits achetés ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

– historique de la relation avec le fournisseur : impact de ce dernier sur le plan de la qualité des produits livrés, maîtrise des délais de livraison, régularité des paiements ;
– informations financières à jour ;
– fournisseurs de substitution ;
– résultats d'audit process ;
– classement.

Un panel vivant constitue également un message fort envers les fournisseurs : le statut de sous-traitant n'est pas inscrit dans le marbre. Il revient à chaque fournisseur de mettre en œuvre la dynamique de progrès permettant à ses clients de maîtriser leur propre qualité.

Une caractéristique forte du modèle Toyota réside dans le régionalisme de ses fournisseurs. Les Japonais ont su transformer une contrainte – le caractère insulaire du pays induisant des coûts d'approvisionnement élevés pour des fournisseurs extérieurs – en un des principaux points forts de leur modèle de production : la proximité régionale des principaux fournisseurs.

Sans qu'il soit possible en Europe de dupliquer à la lettre ce modèle, il reste intéressant de s'en inspirer du fait des avantages qu'il permet dans l'optique d'une meilleure maîtrise de la qualité :

– approvisionnements fréquents ;
– taille des lots réduite ;
– fonctionnement en kanban ;
– audit et surveillance fournisseurs facilités ;
– codéveloppements possibles.

➤ Maîtrise de la qualité des opérations sous-traitées

La maîtrise de la qualité des opérations sous-traitées comporte les phases suivantes :

- Communiquer au sous-traitant le cahier des charges détaillé des opérations sous-traitées.
- Évaluer la capacité du sous-traitant à répondre au cahier des charges. À cet effet, l'identification des risques associés aux nouvelles technologies, fonctions, matériaux et process est cruciale. Elle peut être réalisée en interne, par le sous-traitant, ou conjointement, en fonction

du niveau de confidentialité des technologies mises en œuvre. Selon le niveau de confiance perçu en interne envers le sous-traitant, il pourra être opportun d'effectuer un audit process pour étayer l'engagement de capabilité de ce dernier

- Suivre, tout au long de la relation contractuelle, la performance du sous-traitant et donc son respect des engagements. Les « règles du jeu » doivent lui être communiquées de manière claire, dès la signature du contrat : critères d'évaluation continue, critères de sortie du panel, objectifs à respecter, pénalités contractuelles assorties en cas de non-respect des engagements.

Au-delà de la relation contractuelle, la formule gagnante et éprouvée reste la relation gagnant-gagnant, c'est-à-dire accompagner les sous-traitants dans leur chemin vers l'excellence. À ce titre, certains industriels ont déjà commencé à former leurs sous-traitants à leur référentiel d'excellence interne – cela peut être une condition préalable à l'établissement d'une relation contractuelle, comme cela est le cas chez Toyota à Nagoya avec la fondation du TSSC (Toyota Supplier Support Center) en 1992.

En terme de management visuel de la performance qualité des sous-traitants, l'affichage, dans le hall d'entrée du siège et des usines, des plus mauvais fournisseurs du mois et depuis le début de l'année, a toujours un impact fort – à la fois sur les sous-traitants eux-mêmes, convoqués pour répondre de leur non-performance, mais également sur les autres sous-traitants qui auront dès lors bon goût de ne pas figurer sur le dit panneau d'affichage.

➤ Capitalisation d'expérience

Documenter les réussites et les échecs est nécessaire pour progresser. Parmi les rares à transformer ce discours en actes, encore peu nombreux sont ceux qui n'attendent pas la fin d'un projet pour capitaliser à l'aide des revues de fin de projet ou de fin de vie produit.

Dans un contexte économico-industriel évoluant vite, il devient nécessaire d'accélérer les boucles de capitalisation. Cela permet d'éviter, par exemple, que pendant qu'un site de production soit impacté par le niveau de qualité insuffisant d'un fournisseur, ce dernier soit en cours de sélection pour une autre activité de sous-traitance par une équipe projet en central.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Les boucles de capitalisation et de communication à mettre en place pour la maîtrise de la qualité fournisseur sont les suivantes :

– Réception des produits sous-traités → Qualité et achats ;

– Ligne de production → Qualité et achats ;

– Retours garantie/après-vente → Qualité et achats ;

– Achats et qualité → R&D et commercial.

Sans vouloir aborder de manière exhaustive les sujets capitalisation et *knowledge management*, il nous paraît important de rappeler que Toyota aborde ces sujets avec simplicité et sens pratique. Plutôt que d'additionner les bases de données type « KM », et de disposer, certes, d'une masse colossale d'informations, mais très rarement utilisée, nous préférerons les outils de « terrain » type *visible planning* (voir chapitre 2), qui permettent en temps réel un partage physique d'informations (post-it, bannettes, etc.). Il faut viser le « simple, rapide et efficace ».

Utiliser ces techniques de management de projet avec les fournisseurs nécessite une relation transparente et constructive : les équipes doivent être intégrées, les rôles doivent être partagés, et cela n'est pas possible si les achats n'ont que le prix de la pièce en tête au départ des négociations !

Réduire les pertes de productivité de la main-d'œuvre

Pour atteindre les objectifs fixés par le principe de l'équilibrage des tâches des opérateurs, il faut apprendre à mesurer l'activité de la main d'œuvre, à la décomposer, et à améliorer chacun des éléments de cette décomposition. Ce sont ces techniques que nous allons décrire dans les paragraphes qui suivent.

Temps standard et temps passé

La mesure de la productivité doit faire référence à un standard qui décrit à la fois les conditions de réalisation et le temps nécessaire pour exécuter les tâches prévues pour une unité d'œuvre (une pièce, un

kilogramme de produit, un contenant d'emballage…). C'est le « temps standard ». Plusieurs techniques existent pour établir ces temps, et parmi celles-ci, les plus pratiquées en France sont le MTM, le MOST et le chronométrage avec jugement d'allure. Ces techniques de calcul des temps standard nécessitent des formations longues donnant lieu à des certifications et il est fortement déconseillé de les pratiquer avec approximation en s'improvisant spécialiste des temps standard, ne serait-ce que par respect pour les opérateurs dont on va ainsi configurer le rythme et les conditions de travail. Toutefois, la compréhension de la logique de ces méthodes est très utile au praticien lean et à l'ingénieur de production. En effet, elles permettent de saisir dans le détail concret l'importance de l'ergonomie des postes et de la préparation de ceux-ci au moment de l'industrialisation. Comprendre comment fonctionne le MOST par exemple est très fortement recommandé pour que le dialogue entre le « chrono » et l'ingénierie de production puisse aboutir à des améliorations concrètes et productivistes de l'ergonomie et de l'environnement de travail.

Ces techniques ne sont certes pas nouvelles puisque le MOST par exemple a été formalisé en 1972… Mais en 2009 encore, nous constatons souvent dans les usines européennes que des pertes importantes de productivité de la main-d'œuvre mettent les productions dans des situations où la délocalisation est considérée comme inévitable, alors que par ailleurs, les conditions d'exécution de la production dans la réalité concrète de l'atelier sont exécrables, et visiblement loin de ce qu'on peut obtenir en appliquant les quelques principes simples issus des méthodes scientifiques d'organisation du travail, dont le MOST fait partie. Ces mêmes usines sont souvent aussi celles qui ont cru faire du lean en s'y prenant à l'envers, en commençant par diminuer les effectifs indirects et de supports avant de travailler à réduire les pertes, et en particulier en supprimant des compétences en méthodes industrielles et en MOST.

Le temps standard comporte donc une valeur mesurable en unités de temps, et la description des conditions standard d'exécution, telles que présentées plus haut dans le paragraphe relatif aux opérations standardisées. Les méthodistes « classiques » appliquent en général un coefficient de pertes au temps dit « sec » qui serait le minimum absolu idéal. Ces pertes vont parfois au-delà des coefficients de repos prévus par les méthodes officielles de calcul des temps. Cette pratique, généralisée à

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

la plupart des usines qui lient les quantités produites à une prime salariale mensuelle pour les opérateurs, est due à la volonté de « mieux » représenter la réalité dans les temps standard. C'est une bonne intention, mais c'est contraire à l'esprit lean qui nous anime ici, qui consiste à exposer les pertes pour les réduire et les éliminer. Il ne faut pas confondre deux fonctions remplies par les temps méthode : d'une part la fonction de standardisation et de fixation du temps idéal, et d'autre part l'établissement des objectifs de cadence. Les objectifs quotidiens du rythme de travail doivent évidemment tenir compte des conditions réelles d'exécution. Les objectifs de quantité doivent être atteignables. Pourtant, la mesure de productivité doit bien être faite par rapport au temps idéal, puisque c'est elle qui va orienter les actions d'amélioration et l'évolution du coût réel des pièces. Il est donc nécessaire de garder deux références de temps : le temps « sec », ou idéal, fruit du calcul du méthodiste sans coefficient d'excuse, et le temps « objectif », réaliste, qui tient compte des circonstances et des exceptions. La mesure d'avancement de la production heure par heure se fait par rapport au temps objectif, alors que le choix des actions d'amélioration se fait par comparaison avec le temps idéal.

D'autre part, il faut préciser l'autre terme de la formule de calcul de la productivité de la main-d'œuvre : le temps passé. Il se mesure par les heures payées et à l'individu. Dans les cas de cellules dont le flux est en pièce à pièce, on peut mutualiser le temps passé par l'équipe puisque le résultat de chaque opérateur est lié au bon fonctionnement de la cellule. On calculera alors une productivité d'équipe.

Décomposition des pertes de temps de main-d'œuvre directe (MOD)

JMAC propose une décomposition par nature des pertes de productivité MOD illustrée par la figure 4.1.

La productivité de la main-d'œuvre est calculée comme le résultat de la division du temps utile par le temps payé.

Le temps utile est le résultat de la multiplication du temps standard unitaire « sec » par les quantités produites.

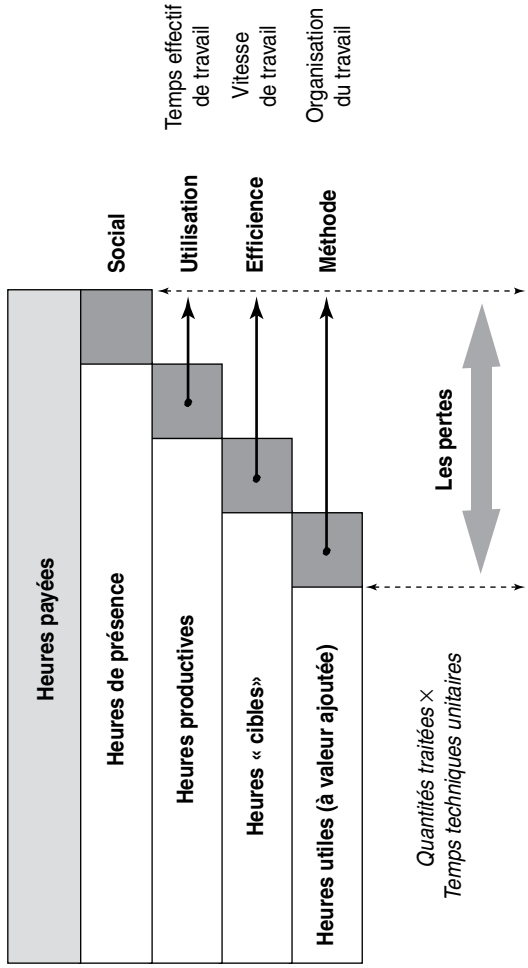


Figure 4.1 – Décomposition des pertes « main-d'œuvre »

Une première perte se rajoute au temps utile : les pertes liées aux méthodes de travail, qui ne dépendent pas des opérateurs et qu'on appellera « pertes méthode ». La somme des temps utiles et des pertes méthode constitue l'objectif de temps passé (heures cibles) tel qu'il faut le communiquer aux opérateurs.

Une deuxième perte s'ajoute aux heures cibles : celle du rythme de travail ; elle peut être due par exemple au non-respect des modes opératoires, au manque de formation, à la non-qualité ou aux aléas de vitesse d'exécution. On parle alors de perte d'efficience.

La somme des heures cibles et des pertes d'efficience est le temps passé devant l'équipement de production en fonctionnement. Ce sont donc des heures productives (même si toutes ne sont pas efficaces !)

Aux heures productives, on rajoute les pertes de temps pour attentes, contrôles non prévus, pannes, ainsi que les temps de formation et d'information etc., qui sont les heures passées dans l'atelier en dehors des temps de fonctionnement. La somme de ces deux termes permet de définir les heures de présence du personnel.

Aux heures de présence se rajoute une dernière perte, qui va représenter les heures payées en absence du personnel et qui dépend en général peu de l'encadrement de production. Il s'agit des congés, délégations, absences, et autres heures payées lors desquelles le personnel n'est pas à la disposition de la production.

L'intérêt d'une telle décomposition par nature de pertes est de pouvoir rentrer dans le détail de l'analyse des temps perdus, pour quantifier clairement quels potentiels d'amélioration appartiennent à quel type d'action, et à quel responsable opérationnel ou des fonctions de support.

Observations continues et observations instantanées

Être sur le Gemba n'est pas juste un slogan, et il faut donner à cette activité une structure et une méthode pour qu'elle subsiste dans le temps et qu'elle produise des résultats concrets. Il faut aussi se garder de penser que le chef « pompier » qui sauve le monde chaque matin dans son

usine en résolvant des problèmes opérationnels quotidiens est « sur le terrain » de la bonne façon. N'oublions pas qu'il ne justifie son rôle que par son succès à éliminer les muda ! Il existe donc bien une bonne et une mauvaise façon de passer son temps auprès des opérateurs et des machines… Ce principe vaut d'ailleurs pour l'ensemble des activités d'encadrement et de support ! La bonne manière, c'est celle qui exploite les techniques et méthodes de réduction des pertes, et en particulier celles que nous allons décrire ci-dessous : pour éliminer, il faut commencer par apprendre à voir et à mesurer. Il existe plusieurs méthodes d'observation des activités.

Les professionnels de la mesure des temps (les agents de méthode) utilisent des outils différents selon les circonstances :

- Le chronométrage, avec jugement d'allure consistant à corriger les temps constatés par une appréciation de la rapidité avec laquelle le travail est accompli, de manière à retenir un temps accessible par la moyenne de la population d'opérateurs.
- Les observations instantanées dont l'efficacité est basée sur les lois de probabilité selon le principe qu'un petit nombre d'événements constatés au hasard est le reflet de la généralité. On retrouve cette notion dans les sondages d'opinion.

Quant aux agents de maîtrise en atelier, la méthode suffisante à la mesure du travail des opérateurs est le pendulage, c'est-à-dire le chronométrage mais sans jugement d'allure. Ce mode de mesure est moins minutieux dans le découpage des gestes, car il s'agit seulement d'effectuer des analyses comparatives et non d'établir des temps alloués officiels.

Il faut souligner que mesurer en observant un travail révèle une plus grande sensibilité à la consommation du temps : autrement dit, plus on observe les activités de fabrication devant les postes de travail, mieux on voit les pertes et plus on devient capable de détecter les détails qui vont rapporter.

➤ Observations continues

À ce titre, ceux qui ont croisé des sensei japonais ont pu être frappés par leur capacité à rester devant un poste de travail pendant de longues heures pour en faire ressortir les points faibles et proposer un plan de

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

transformation du poste qui élimine les muda. Il serait naïf de penser que cet exercice peut se pratiquer « les mains dans les poches » avant les quelques dizaines d'années d'expérience des sensei en question. L'analyse d'activité en observation continue pour le praticien lean, le technicien des méthodes ou l'agent d'encadrement de production doit prendre une forme analytique construite qui permette d'en déduire par la méthode ce que le maître japonais « voit » sans prendre de notes. La recommandation habituelle de JMAC est de commencer par apprendre à chronométrer les activités, comme premier exercice de présence statique devant un poste. Les jeunes ingénieurs méthode ont souvent des scrupules à sortir le chronomètre dans l'atelier… et pourtant, à condition d'expliquer ce qu'ils font et de manipuler cet instrument avec précaution, c'est un des rares moyens objectifs de jugement des activités qui ne nécessite pas de certification complexe. Le chronométreur peut être perçu comme inquisiteur dans les ateliers qui en ont perdu l'habitude, mais il peut devenir un arbitre rassurant dans de nombreuses situations socialement tendues, à condition de savoir chronométrer intelligemment. Décrivons donc la méthode de chronométrage sans jugement d'allure, ou pendulage :

- *Choisir* un opérateur réputé entraîné ; éviter néanmoins de bâtir la mesure sur les champions sauf à titre d'information comparative et d'identification d'astuces permettant la performance démontrée.
- *Informer* l'opérateur du but de l'observation et de la mesure.
- *S'assurer* que les conditions de réalisation du travail sont normales.
- *Observer* plusieurs cycles sans prise de temps afin de repérer l'enchaînement des contenus de la tâche.
- *Décomposer* le cycle en phases élémentaires par nature : transformer, contrôler, etc.
- *Identifier* les repères sonores ou visuels qui marquent le début et la fin de chaque phase élémentaire, de manière à faciliter la prise des temps.
- *Chronométrer* chaque phase élémentaire. Une dizaine de mesures est généralement suffisante.
- *Calculer* le temps moyen retenu en excluant les temps constatés anormalement bas ou élevés.

- *Noter* les commentaires issus de l'observation et orientant les améliorations possibles. Pour ce faire, on peut par exemple décortiquer dans un groupe de travail comprenant des opérateurs volontaires, les mesures faites, pour susciter des propositions d'amélioration des postes, en ayant identifié quels gestes sont coûteux en temps ou non conformes.

Les temps moyens retenus lors d'un pendulage ne doivent servir que pour l'analyse comparative. En effet, les temps officiels contiennent quant à eux des coefficients dits de repos dont l'ampleur dépend des conditions de travail et ils sont aussi soumis à des jugements d'allure (évaluation de la vitesse d'exécution) qui demandent une expérience suffisante.

➤ Observations instantanées

Les observations continues sont adaptées à l'étude de postes de travail statiques, où l'opérateur reste dans une zone de travail déterminée et visible d'un même point d'observation. Il peut être utile de se doter de méthodes d'observations sur des périodes plus longues, qui mettent en évidence des fluctuations au cours de la semaine ou du mois. On peut aussi avoir besoin d'observer l'activité de plusieurs postes de travail, ou d'une zone de travail à plusieurs opérateurs, comme un quai d'expéditions, par exemple. C'est l'objet de la méthode de mesure par observations instantanées. Celles-ci sont aussi un bon moyen de démarrer une campagne d'améliorations lean dans une usine, en impliquant les chefs, les responsables des fonctions de support et les méthodistes dans la détection des muda par des rondes d'observations.

Il s'agit d'une technique de mesure du poids de chaque élément constitutif d'un temps de travail (ou temps d'ouverture), par échantillonnage. Elle s'applique particulièrement bien aux situations de faible répétitivité ou aux évaluations sur des zones de travail étendues.

Lorsque l'observation permanente, en continu, n'est pas possible, les observations instantanées (OI) permettent d'obtenir une image fiable à partir d'un échantillon représentatif, qui a été défini en fonction

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

des lois de la statistique. Elles peuvent avoir de nombreux cas d'application :

- Identifier le poids respectif des opérations à valeur ajoutée et de chacune des pertes observables pour identifier les potentiels de progrès, hiérarchiser les actions d'amélioration continue, mesurer les déséquilibres d'occupation sur une ligne…
- Vérifier le respect des standards et des règles.
- Fournir des éléments pour contribuer à l'établissement des temps standard lorsqu'on les utilise, ou pour établir des jugements d'allure sur les opérations manuelles.
- Déduire des valeurs moyennes pour les opérations de grande variabilité.
- Établir des clés de répartition par poste de travail, comme par exemple pour affecter les coûts du personnel de support (répartition d'activité d'un régleur, d'un mainteneur…).

La mise en œuvre des observations instantanées nécessite de se plier à une petite routine méthodologique, dont nous allons décrire l'enchaînement.

- *Cadrer la mesure.* Tout d'abord, comme dans toute mesure, il faut délimiter ce qu'on veut observer, aussi bien en tant qu'un périmètre physique qu'à partir d'une liste de pertes connues à qualifier. Cela doit se traduire par une liste de machines et de postes, ou de zones à visiter pendant les observations.
- *Définir la durée de la campagne.* Réflexion à avoir sur la période représentative minimale pour tenir compte des différentes situations vécues par l'atelier. Pour ce faire, il est nécessaire de commencer par décrire l'activité de manière chronologique, sur une période de temps suffisamment longue pour repérer tous les cas possibles. Il faudra les inclure dans l'échantillon, ou bien traiter spécifiquement les temps correspondants si on sait qu'on les a exclus :
  - production normale ;
  - fin d'équipe ;
  - fin de semaine ;

– équipe réduite ;
– arrêts préventifs ;
– créneaux horaires bloqués (formation, animation progrès continu…) ;
– etc.

- *Définir le nombre d'observations*. Les lois statistiques sur les échantillons représentatifs sont traduites dans un abaque, qui permet de donner le nombre d'observations à tenir pour obtenir une fiabilité donnée des résultats. La lecture brute de l'abaque donne en général un grand nombre d'observations. Si on sait que le phénomène observé est très stable, on peut réduire leur nombre pour réduire le poids de l'opération. En particulier au cours de la campagne si les observations tendent à montrer un résultat constant, il faut savoir s'arrêter à temps ! Dans l'exemple ci-après (figure 4.2), si l'on veut confirmer un taux de panne estimé à 25 % du temps d'ouverture, avec une erreur de mesure inférieure à 1,25 %, (5 % d'erreur relative) on doit lancer une campagne de 4 800 observations instantanées. Dans la réalité des faits, si on est dans le cas d'une campagne d'OI qui a pour but principal de sensibiliser une équipe aux pertes en les leur faisant compter chaque jour, on peut baisser l'exigence de précision. Par ailleurs, les phénomènes observés dans l'industrie sont relativement stables, et la plupart du temps, quelques centaines de points de mesure suffisent déjà à avoir une très bonne image de la réalité.

- *Définir les rondes et les horaires*. Sur un plan d'implantation, on déterminera plusieurs rondes qui passent par l'ensemble des points à observer. On attribuera ensuite un horaire à chaque ronde sur une base aléatoire et on distribuera ces horaires d'observations aux participants du groupe de travail de telle sorte que chacun sache à quelle heure pratiquer quelle ronde pour observer quels postes de travail.

- *Observer et enregistrer les résultats*.

- *Dépouiller, analyser, faire ressortir les tendances et expliquer les exceptions*.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

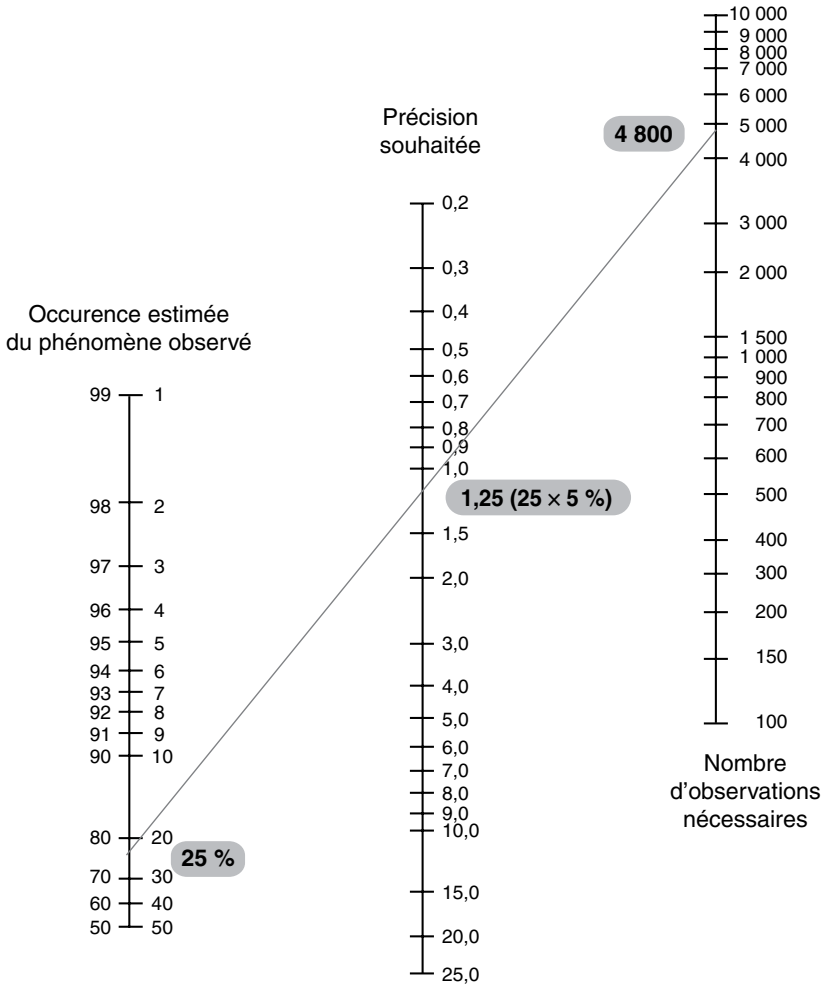


Figure 4.2 – Exemple de détermination graphique du nombre d'observations

Notions de MOST et de techniques d'économie de mouvements

Le MOST est une des techniques d'analyse et de mesure de travail dont l'emploi permet de décomposer rationnellement les activités des opérateurs pour préparer l'amélioration de la productivité par l'ergonomie et pour fixer les cadences des opérations standardisées.

➤ Notions de MOST

Le MOST est une des techniques d'analyse et de mesure de travail. Elle permet de prédire les temps standard sur des opérations de durée « moyenne », comme le présente le tableau ci-dessous :

Tableau 4.3 – Complexité relative des techniques de prédiction des temps

Technique de détermination des temps	TMU produits par heure d'analyse *(1 h = 100 000 TMU)*	Nombre de pages d'analyse pour une opération de 3 min
MTM 1	300	16
MTM2	1 000	10
MTM 3	3 000	8
Mini MOST	4 000	2
Basic MOST	12 000	1
Maxi MOST	25 000	1/2

Dans cette technique, chaque activité est représentée par une séquence de lettres sous lesquelles on porte un chiffre qui permet de quantifier les mouvements contenus dans cette sous-activité. Il existe trois séquences standardisées dont la combinaison permet de décrire la plupart des actions élémentaires dans une décomposition d'opérations standardisées. Il s'agit du :

– mouvement général, avec un déplacement libre et sans parcours imposé ;
– mouvement contrôlé, qui rajoute la notion de contrainte au mouvement (par exemple abaisser un levier) ;
– mouvement avec utilisation d'outil, qui permet de chiffrer les temps d'occupation des mains pendant la manipulation d'outils.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

La somme des chiffres portés en index des lettres de chaque séquence donne le temps sec d'exécution de la séquence en dmh (dix millièmes d'heure).

Tableau 4.4 – Les 3 séquences standardisées principales du basic MOST

Activité	Modèle de séquence	Sous-activité
Mouvement général	A B G A B P A	A Distance B Mouvement du corps G Placer P Prendre
Mouvement contrôlé	A B G M X I A	M Mouvement contrôlé X Temps technologique I Alignement
Utilisation d'outils	A B G A B P**…… A B P A**	F Serrer L Desserrer C Couper S Nettoyer M Mesurer R Écrire T Lire

Une carte précise, pour chaque sous-activité, le chiffre à adjoindre à la lettre, chiffre qui est lié à la complexité du mouvement, par exemple dans les tableaux suivants :

Tableau 4.5 – Exemple de basic MOST : pondération des distances

Index X10	A : distance	B : mouvement de corps
	Paramètres	Paramètres
0	Inférieur ou égal à 5 cm	
1	Dans la zone de travail	
3	1 à 2 pas	Se lever, se baisser (50 %)
6	3 à 4 pas	Se lever, se baisser

☞

10	5 à 7 pas	S'asseoir, se lever
16	8 à 10 pas	Passer une porte Monter sur une plateforme

Tableau 4.6 – Exemples de décompositions MOST

Mouvement général : se déplacer pour prendre une broche sur le sol, placer la broche dans un trou	**Mouvement contrôlé : fraisage manuel d'une pièce**	**Utilisation d'outils : utilisation d'une clé pour serrage d'un écrou**
A6 B6 G1 A1 B0 P3 A0	A1 B0 G1 M1 X10 I0 A0	A1 B0 G1 A1 B0 P3 F10 A1 B0 P1 A0
A6 Se déplacer vers objet (3 à 4 pas)	A1 Atteindre levier	A1 Atteindre clé
B6 Se baisser, se relever	B0 Pas de mouvement du corps	B0 Pas de mouvement du corps
G1 Prendre objet	G1 Prendre levier	G1 Prendre clé
A1 Amener objet	M1 Déplacer levier, approche fraise	A1 Déplacer clé sur écrou
B0 Pas de mouvement du corps	X10 Temps technologique (3 s)	B0 Pas de mouvement du corps
P3 Placer objet	I0 Pas d'alignement	P3 Placer clé sur écrou
A0 Pas de retour	A0 Pas de retour	F10 Serrer écrou
		A1 Déplacer clé
		B0 Pas de mouvement du corps
		P1 Poser clé
		A0 Pas de retour

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

➤ Économie de mouvements

L'économie de mouvements traite de l'organisation et de l'aménagement des postes fixes de travail. Elle est souvent négligée dans les publications généralistes sur le lean, et pourtant, elle constitue une compétence fondamentale des ingénieurs TPS chez Toyota. Chez Gifu-Shataï – l'usine qui reçoit nos séminaires de formation au TPS –, en 2009, c'est d'ailleurs toujours la principale activité des groupes d'amélioration continue. Il est donc utile d'en rappeler ici les principes !

Rentrons donc dans le détail du poste de travail de l'opérateur… Un poste de travail est abordé par trois entrées :

– la position et les mouvements de l'opérateur ;
– la conception des outillages ;
– la disposition générale.

Le but est d'obtenir l'optimisation des critères suivants :

– le moindre temps d'exécution d'une tâche ;
– la moindre fatigue de l'opérateur ;
– les conditions de bonne qualité ;
– les conditions de sécurité absolue ;
– l'autonomie de fonctionnement.

• *Position et mouvements de l'opérateur*

Voici quelques principes d'optimisation de l'ergonomie des postes de travail.

Position assis/debout

L'idéal est de pouvoir alterner ces deux positions en cours de journée d'une manière permanente.

La position debout, inévitable dans certaines tâches, peut être compensée par un « repose fesses » permettant de soulager les jambes qui supportent le poids du corps.

La position assise peut difficilement être transformée en position debout du fait des hauteurs des plans de travail qui ne sont généralement

pas mobiles. On doit en revanche pour le moins utiliser des sièges à hauteur et dossiers réglables afin que chaque personne adapte la position assise la plus confortable.

Les mains ne servent pas d'étaux

En effet, les mains qui maintiennent un objet pendant qu'une opération s'accomplit sur le produit sont bloquées, donc inutilisées. On doit donc chercher à installer des dispositifs de maintien qui libèrent les mains utilisées alors à un autre mouvement.

Simultanéité et symétrie des mouvements

L'enchaînement des gestes doit être conçu de manière à ce que les deux mains travaillent au même moment, permettant une moindre fatigue mentale de coordination. C'est d'autant plus vrai lorsque la symétrie des mouvements se traduit par des gestes plus naturels, donc moins fatigants.

Engagement musculaire minimal, distances

Il est évidemment moins fatiguant et plus rapide de ne mouvoir que la main plutôt que le bras entier. On doit donc s'attacher à réduire les distances des mouvements.

Continuité naturelle des gestes

L'enchaînement des gestes est plus aisé dans des mouvements arrondis plutôt qu'en ligne brisée, qui nécessite un plus grand effort de maîtrise des arrêts et démarrages.

Libération des mouvements

Ce critère s'applique au moment de relâcher-évacuer ce qu'on tient en main. Plutôt que déposer l'objet à un endroit précis, il est préférable de le lâcher sans précaution.

Utilisation du pied

C'est le cas typique de la main libérée par un dispositif à commande au pied.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Utilisation de la gravité

C'est l'énergie la moins coûteuse.

Il est préférable que des composants arrivent à portée de la main sur un plan incliné plutôt qu'allonger le bras pour les atteindre.

• *Conception des outillages*

Pour appuyer ces principes généraux de conception des activités manuelles, on doit s'intéresser au détail de l'ergonomie des outillages employés.

Combinaison de fonctions

Plutôt que de disposer d'outils à un seul usage qui obligent, dans la succession des gestes, à saisir et lâcher successivement chaque outil, il est bien sûr préférable de combiner plusieurs fonctions sur le même outil. Par exemple, une clé à main avec une extrémité en clé plate, l'autre en clé à œil ; ou encore, la pince à couper et dénuder les fils électriques ; ou encore, l'arrache-pointes combiné au marteau utilisé en pied-de-biche côté prise en main, etc.

Utilisation de guides et butées

Il est plus aisé, plus précis, plus rapide de maîtriser les mouvements par un aménagement contre lequel on vient en appui. Par exemple, l'évasement en entonnoir à l'entrée d'un trou dans lequel on place une pièce ; ou encore, un guide de scie à main, boîte à onglets, pour le découpage de baguettes de bois à un angle déterminé, etc.

Dimensionnement adapté des organes de commande

Les leviers, volants, écrous papillons... ne sont pratiques que si leur forme et leur dimension sont bien adaptées à la manipulation sans effort.

• *Disposition générale du poste*

La dernière étape de définition des opérations standardisées consiste à choisir l'emplacement de chacune des sous-opérations élémentaires.

Rangement chronologique des préhensions

Qu'il s'agisse des composants de produit ou des outils à main, il est nécessaire de les disposer successivement dans l'ordre dans lequel ils doivent être saisis dans le mode opératoire. Cela évite de casser l'enchaînement logique des mouvements et par ailleurs le risque d'erreur de saisie des objets.

Emplacement défini et fixe pour chaque objet

C'est moins de fatigue nerveuse que de travailler de manière spontanée en saisissant les objets systématiquement au même endroit. Un opérateur entraîné, donc efficace, peut dire qu'il saurait travailler « les yeux fermés ». De plus, il est important que les objets saisis soient si possible dans la position d'utilisation immédiate, c'est-à-dire sans besoin de manipulation intermédiaire.

Localisation dans le champ visuel

Même si l'on peut travailler « les yeux fermés » comme il est dit précédemment, c'est encore mieux en voyant. Les systèmes scientifiques de temps allouent un coefficient majorateur pour les opérations exécutées en « aveugle », ce qui prouve, s'il en est besoin, le ralentissement gestuel.

Éclairage adapté

Il doit être de bonne intensité, non éblouissant, sans générer d'ombre.

Former les opérateurs au geste exact

L'un des facteurs les plus importants à la fois du respect des temps prévus mais aussi de la qualité au poste de travail est la formation des opérateurs. Cette formation au poste et au geste de travail tient compte du produit, des opérations à réaliser et de la dextérité. Faisons l'inventaire des éléments de formation des nouveaux opérateurs dans notre usine de référence, Gifu-Shataï, à Gifu, près de Nagoya au Japon :

- Les critères de sélection à l'embauche font partie de cet inventaire, puisque les usines japonaises du groupe Toyota mesurent leur

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

condition physique ainsi que leur rapidité d'exécution de tâches manuelles simples avant d'affecter les opérateurs à tel ou tel poste de travail.

- La formation au produit : pour comprendre les exigences de qualité de chaque poste de travail, il est nécessaire de comprendre dans quel ensemble cohérent on se place. Cette formation au produit peut faire intervenir d'autres fonctions de l'entreprise que celles habituellement sollicitées pour les formations initiales des opérateurs et peut comprendre plusieurs parties, par exemple :

– le produit lui-même tel qu'il est présenté par l'entreprise et par ses commerciaux ;

– les modes d'utilisation du produit par le client ;

– la décomposition fonctionnelle du produit et ses spécifications techniques ;

– les critères qualité qui découlent du positionnement marketing, de l'utilisation, et des caractéristiques techniques.

- La période d'observation au poste : les opérateurs restent devant le poste de travail en fonctionnement et ne font qu'observer depuis le bord de ligne, pendant quelques jours. Le but de cette étape est d'enregistrer les phases successives de l'opération standardisée. On peut donner un peu plus d'intérêt à cette phase en demandant au nouvel arrivant un compte rendu d'œil neuf sur les pertes de temps au poste.

- Le passage au « dojo » d'apprentissage permet à l'opérateur d'apprendre à réaliser les gestes les plus précis en les répétant jusqu'à les maîtriser. Le dojo est une zone dans l'atelier réservée à la formation et équipée de moyens d'apprentissage proches des conditions réelles de production, comme des maquettes ou des machines qui imitent les mouvements réels.

- L'apprentissage au poste à proprement parler consiste en une période où l'opérateur produit sur la ligne tout ou partie de l'opération standardisée, assisté par un moniteur qui contrôle le résultat (la qualité et la cadence) et l'aide à terminer son cycle s'il prend du retard. Cette phase peut durer deux semaines.

Réduire les pertes de productivité de l'équipement

La plupart des usines qui ne sont pas entrées dans une logique lean, et dans lesquelles on accepte d'avoir des en-cours importants pour pallier les pannes et les aléas, sont satisfaites lorsque chaque équipement atteint un rendement suffisant pour que les manques puissent être rattrapés en quelques heures d'équipe supplémentaire en fin de semaine. Faisons un calcul trivial : une équipe de rattrapage sur une semaine en 2×8 correspond à un manque de rendement de 9 % (8 heures manquantes sur 88 heures d'ouverture totale) ; 91 %… serait donc plutôt un bon rendement global dans cette « culture » classique du rattrapage.

> Prenons maintenant l'exemple inverse d'une usine de montage de rasoirs électriques, du groupe japonais P. Ses lignes de production répondent à tous les critères du lean : pas d'en-cours, des cellules pièce à pièce, des postes de montage simples et ergonomiques et des produits faciles à monter. Les pièces d'aspect (capots, pièces externes en plastique) sont montées à la main. Les pièces mécaniques (parties coupantes, moteur, entraînement…) sont mises en place par des lignes pièce à pièce constituées de robots 2 axes et de bras manipulateurs. La cellule robotisée principale comporte 27 étapes de montage et donc 27 machines indépendantes. La ligne en question ne comporte aucun en-cours : lorsqu'une machine tombe en panne, l'ensemble de la ligne est arrêté.
>
> Imaginons que chacune de ces 27 machines ait un rendement individuel de 91 % (pannes et arrêts propres). Le rendement global de la ligne serait alors de 91 % × 91 % ×… (27 fois) = 7,8 %…
>
> À l'inverse, pour obtenir un rendement de ligne de 0,91 % (rattrapable en une équipe par semaine), il nous faut envisager un tout autre niveau pour la fiabilité de chacun des équipements qui composent la ligne : chacune des 27 machines doit avoir un rendement supérieur à 99,65 % !

Cette démonstration est sans doute exagérée : dans la réalité, les équipements de la ligne de montage de rasoirs P. sont doublés et étudiés pour pouvoir être changés rapidement et sans réglage. La fiabilité intrinsèque n'est sans doute pas de 99,65 %.

Toutefois, elle nous permet de comprendre l'importance accrue des questions de maintenance et de fiabilité des équipements lorsqu'on veut fonctionner en flux tendu. Les rendements des étapes successives de la gamme se multiplient entre eux, traduisant ainsi l'interdépendance des

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

machines. La notion classique de « goulot » dans une ligne pièce à pièce devient très relative : toutes les machines arrêtent la ligne lorsqu'elles présentent des défaillances.

Lors de la mise en place d'une ligne en pièce à pièce, ou même avec des tailles de lots réduites, il est donc nécessaire de prévoir des stratégies de fiabilisation. Fiabiliser les équipements est souhaitable comme préalable à la mise en ligne. Toutefois, dans la plupart des cas, c'est la réimplantation et la réduction volontaire des tailles de lots qui force l'organisation à mesurer et à traiter les pertes liées à l'équipement qu'elle avait pris l'habitude d'ignorer à cause des stocks et en-cours. La mise en flux des équipements peut constituer une mise sous contrainte salutaire pour trouver des gains de productivité rapides sur les machines !

Ces stratégies de fiabilisation ont été décrites dans les années 1970 lorsque S. Nakajima (JMAC) a formalisé le système TPM. TPM reste bien entendu valable en tant que tel. Les industries à fort investissement capitalistique, les industries de process, la chimie, les usines à feu continu, etc., ne peuvent pas se passer des principes TPM-istes. TPM en tant que système de management a donc toujours son rôle à jouer.

Dans le cadre du lean manufacturing, nous nous intéresserons toutefois à ce que JMAC appelle désormais « core-TPM », le cœur de la méthodologie de réduction des pertes de rendement de l'équipement. Il s'agit des trois premiers piliers de TPM :

– la réduction des pertes majeures par le TRS ;
– la maintenance autonome ;
– et la maintenance préventive.

Réduire les pertes : le taux de rendement synthétique (TRS), premier pilier de TPM

Le taux de rendement synthétique (TRS) est une technique de décomposition des pertes de l'équipement en catégories d'analyse. Le TRS peut se calculer pour un équipement-clé, ou pour l'ensemble d'une ligne de fabrication.

Cette décomposition des pertes par le TRS est représentée par la figure 4.3, dont nous allons expliciter les éléments dans les paragraphes qui suivent.

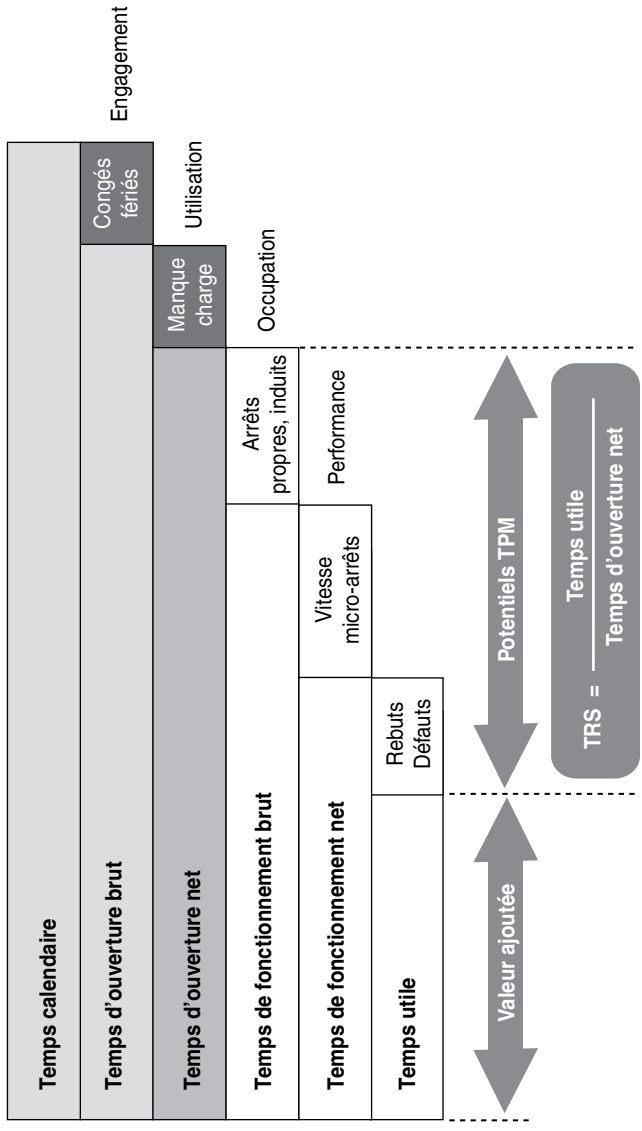


Figure 4.3 – Décomposition des pertes « machine » ou TRS

L'objectif de cette décomposition est d'identifier et de quantifier clairement les pertes de productivité de l'équipement pour les traiter de façon ordonnée dans des plans d'action.

La mise en œuvre du TRS comme méthode d'analyse de la performance de l'équipement nécessite de mettre en place des enregistrements par les opérateurs ou automatiques, qui permettent de mesurer la durée de chaque arrêt.

Il va sans dire que les productions bonnes et les rebuts doivent être connus précisément au moins pour chaque équipe eux aussi…

Par ailleurs, le résultat du TRS n'a d'intérêt que s'il fait partie des indicateurs systématiques utilisés par l'encadrement pour animer les activités d'amélioration de l'atelier. La pratique du TRS nécessite donc de revoir le calendrier des managers avec :

– des discussions quotidiennes sur les pertes avec les opérateurs ;
– des réunions de coordination des plans d'amélioration avec les fonctions de support, au rythme au moins hebdomadaire ;
– des analyses mensuelles entre production et maintenance pour les aspects techniques complexes et l'analyse des dérives.

➤ Temps calendaire

C'est la durée potentielle brute et maximale d'occupation de la ligne. Elle correspond à 365 ou 366 × 24 heures pour une année, c'est ainsi une référence de temps indiscutable pour tous et pour tous types d'équipements.

➤ Du temps calendaire au temps d'ouverture brut

Pour arriver au temps d'ouverture brut, à ce temps calendaire seront enlevés ou ajoutés un certain nombre de temps définis par convention et présentés ci-dessous. Tout d'abord, on ôte des arrêts qui par nature sont :

– définis annuellement ;
– programmés « suffisamment longtemps avant » ;
– applicables à la globalité des équipements du site ou à l'ensemble des sites.

Aussi, par convention pratique, le résultat de la somme des arrêts définis porte le nom générique d'arrêts conventionnels.

Le temps d'ouverture brut est le potentiel d'ouverture de l'outil (c'est le résultat arithmétique de la différence entre le temps calendaire et les arrêts conventionnels auquel on ajoute les postes additionnels tels que définis ci-dessus.)

Taux d'engagement brut

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps d'ouverture brut et le temps calendaire. Ce ratio exprime dans sa valeur l'engagement de l'investissement par rapport au temps maximum disponible, c'est-à-dire le temps calendaire. Ce ratio peut n'être calculé qu'une fois par an, soit en prévisionnel, soit aussi en réel après imputation des arrêts pour leur durée réelle et correction par les heures supplémentaires une fois constatées et consommées.

➤ Du temps d'ouverture brut au temps d'ouverture net

Pour arriver au temps d'ouverture net, base du calcul du taux de rendement synthétique, il faut ôter du temps d'ouverture brut les postes non travaillés pour manque de charge commerciale et pour cause de RTT selon le planning annuel fixé. On rajoute ensuite les temps correspondant à des équipes supplémentaires.

Aussi, par convention pratique, le résultat de la somme des arrêts définis ci-dessus déduits des postes additionnels porte le nom générique d'arrêts de non-utilisation.

Le temps d'ouverture net, c'est le temps pendant lequel l'outil est ouvert à la production pour produire. C'est la base de temps à partir de laquelle la qualité d'utilisation de la machine sera exprimée et à partir de laquelle le taux de rendement synthétique ou TRS sera calculé.

Taux d'utilisation

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps d'ouverture net et le temps d'ouverture brut. Ce ratio exprime dans sa valeur l'engagement réel de l'outil par rapport au temps disponible, c'est-à-dire le temps d'ouverture brut. Ce ratio peut être calculé, soit en prévisionnel, soit aussi en réel après constat des postes non travaillés par manque de charge commerciale. C'est un paramètre qui entre en ligne de compte pour les prévisions budgétaires.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Taux d'engagement

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps d'ouverture net et le temps calendaire, c'est aussi le résultat du produit des taux d'engagement brut et le taux d'utilisation. Ce ratio exprime dans sa valeur l'engagement réel de l'investissement par rapport au temps maximum disponible, c'est-à-dire le temps calendaire.

➤ Définition des arrêts

Un arrêt, quelle que soit sa nature, correspond à un laps de temps de durée variable de nature programmée ou aléatoire supérieur à un seuil pendant lequel *la ligne ne produit pas*.

Elle peut être à l'arrêt franc ou fonctionner sans produire :

– elle fonctionne à vide ;

– elle traite des produits « sacrifiés » pour essai ou démarrage…

Dans ce cas, la notion d'arrêt équivalent est retenue.

• *Notion de seuil*

Par convention, nous admettrons que l'arrêt a une durée minimum appelée seuil à partir duquel cet arrêt est renseigné. Ce seuil est fixé par convention, par exemple à trois minutes. À noter que toute interruption de fonctionnement inférieure à ce seuil sera comptée dans les micro-arrêts. La fixation de ce seuil est le résultat d'une discussion entre producteur et mainteneur. On peut prendre aussi comme critère de choix la limite entre les arrêts que l'opérateur peut éliminer simplement de lui-même sans intervenir dans la machine et les arrêts qui nécessitent l'intervention du régleur ou du mainteneur, avec un démontage partiel.

• *L'arrêt est mesurable et identifiable*

Mesurable, car on doit pouvoir définir et/ou caractériser ce qu'est un arrêt de la ligne, où cela se constate, comment on en mesure la durée. Identifiable, car on doit pouvoir en imputer la durée dans une des rubriques préalablement définies (*cf.* ci-après).

• *Cause première*

L'imputation des durées d'arrêt obéit au principe de la cause première. En cas d'une succession d'arrêts « dépendants » liés à une même cause origine A, « cause première », la totalité de la durée de cette succession d'arrêts est imputable à A. Dans le cas où il n'est pas possible de remonter à la cause première, on considère que les arrêts sont indépendants.

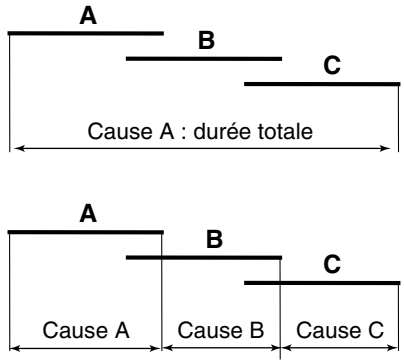


Figure 4.4 – Affectation des pertes à la cause d'origine

Dans le cas d'arrêts « indépendants », liés à une cause A et une cause B, l'imputation devra se faire sur A et B. Les règles d'usage sont que la durée de A + la durée de B ne peut dépasser la durée totale de cette succession d'arrêts, la répartition entre A et B devant obéir à la logique des événements tels qu'ils sont apparus.

• *Arrêt induit et arrêt propre*

Un outil, quel qu'il soit, est toujours placé dans un environnement technique et organisationnel. Une défaillance de cet environnement peut générer un arrêt de la ligne. On parlera dans ce cas d'arrêt induit supporté par la ligne. Autrement dit, ce n'est pas en travaillant sur cette ligne et/ou avec son personnel, que l'on va pouvoir « traiter » ces arrêts induits.

Une ligne peut être également arrêtée parce qu'une défaillance liée à sa nature même ou à son état, la contraint à s'arrêter. C'est le cas

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

traditionnel de la panne, conséquence de l'état de la machine ou de son mode de conduite. On parlera dans ce cas d'arrêt propre.

Il est possible de disserter à l'infini sur le distinguo entre arrêt propre et arrêt induit. Un arrêt est toujours subi et pourrait par conséquent appartenir à la catégorie des induits. Néanmoins, il est logique de reconnaître que la nature d'un manque d'approvisionnement machine qui la met en arrêt est bien induite par son environnement amont, alors qu'un temps de changement de consommable est bien le résultat de la nature et de l'état technologique de la machine.

• *Notion de volontaire et aléatoire*

Cette notion « évidente » ne s'applique généralement qu'aux arrêts propres et permet de structurer les actions entre optimisation et fiabilisation. L'arrêt volontaire est par définition décidé et donc programmé par opposition aux arrêts aléatoires, non maîtrisés.

➤ Méthode de calcul du TRS

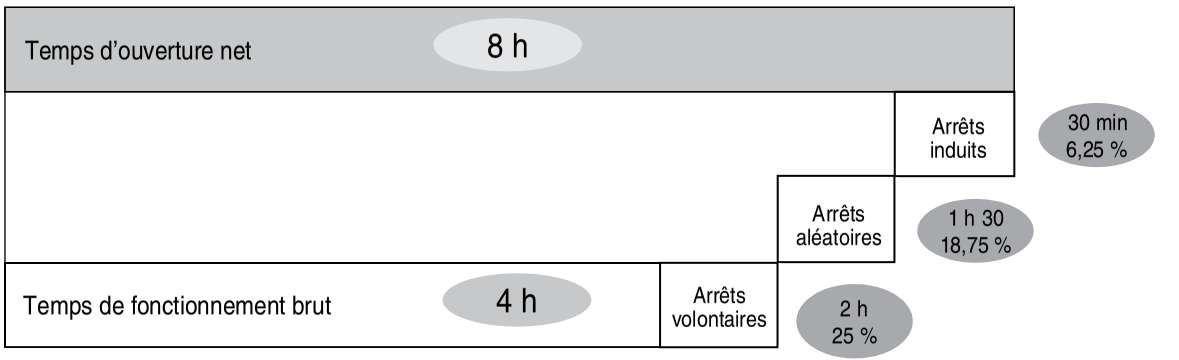
Le calcul du TRS à partir de la décomposition des pertes suit un certain nombre de règles.

• *Du temps d'ouverture net au temps de fonctionnement brut*

Pour arriver au temps de fonctionnement brut, temps pendant lequel la ligne a fonctionné sans aucun arrêt, il faut ôter du temps d'ouverture net les différents temps d'arrêts mentionnés ci-dessus : induits, volontaires, aléatoires, non identifiés.

Taux de fonctionnement brut

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps de fonctionnement brut et le temps d'ouverture net. Ce ratio exprime dans sa valeur la part du temps pendant lequel la ligne a fonctionné (en cumulé) sans aucun arrêt supérieur à trois minutes par rapport au temps mis à disposition, c'est-à-dire le temps d'ouverture net.



Liste des arrêts :

- Manque carton : 10 min
- Panne mécanique margeur : 1 h
- Changement commande : 1 h 30
- Bourrage évacuation : 30 min
- Nettoyage : 30 min
- Panne évacuation déchets : 20 min

$$\text{Taux de fonctionnement brut} = \frac{\text{Temps de fonctionnement brut}}{\text{Temps d'ouverture net}} = 50\ \%$$

Exprime le fonctionnement réel (hors arrêt) par rapport au temps possible de production (ouverture)

Figure 4.5 – TRS : calcul de taux de fonctionnement brut

• *Du temps de fonctionnement brut au temps de fonctionnement net*

Pour déterminer le temps de fonctionnement net, temps équivalent pendant lequel la ligne aurait fonctionné sans aucun arrêt à sa vitesse nominale, il faut valoriser la totalité des quantités produites sur la machine par la cadence nominale de la ligne.

Exemple

> Nominal : 15 000 pièces/heure
> Quantités sorties : 10 000 pièces (bonnes et rebuts)
> Soit temps de fonctionnement net = 10 000/15 000 = 0,66 heure

L'écart de temps entre le temps de fonctionnement brut et le temps de fonctionnement net correspond à deux facteurs :

– les micro-arrêts : il s'agit de l'ensemble des arrêts inférieurs au seuil défini. Ces arrêts sont cumulés et non pas regroupés par familles ;
– les ralentissements appelés « sous-performances » : il s'agit de l'écart de vitesse réelle/au nominal.

Taux de fonctionnement net

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps de fonctionnement net et le temps de fonctionnement brut.
Ce ratio exprime le temps de fonctionnement équivalent idéal (à la cadence nominale) par rapport au temps de fonctionnement réel de la ligne.

• *Cadences nominales*

Pour couper court à toute discussion interminable, sont retenues comme cadences nominales les valeurs de vitesse atteignables par la machine principale de la ligne. Toutes les causes pouvant justifier un écart de vitesse par rapport à ce maxi mécanique sont considérées comme des pertes de rendement (au sens du TRS) au niveau de notre périmètre : la ligne de production.

Citons entre autres : l'influence du mix produit, les configurations amont/aval, la qualité des approvisionnements, l'influence des postes manuels…

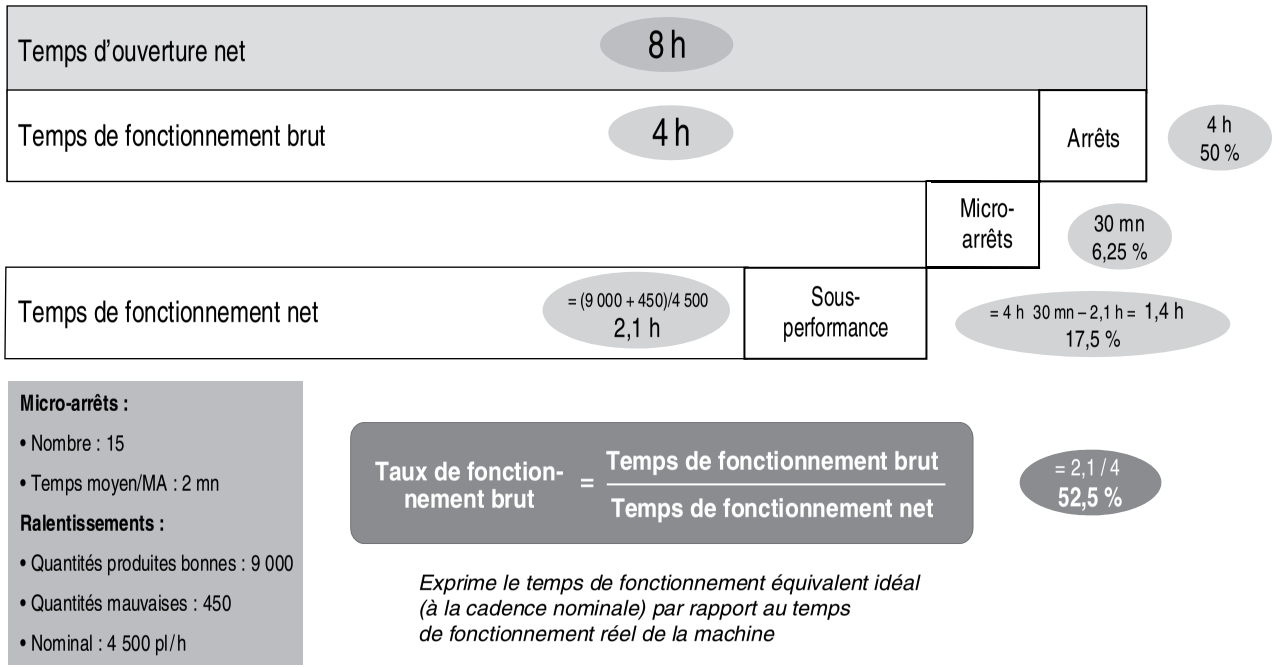


Figure 4.6 – TRS : calcul de taux de fonctionnement net

• *Du temps de fonctionnement net au temps utile*

Pour déterminer le temps utile, temps équivalent pendant lequel la ligne aurait fonctionné sans aucun arrêt (supérieur à trois minutes), à sa vitesse nominale et pour ne faire que du bon produit, il faut valoriser uniquement les produits bons sortis de la ligne par la cadence nominale de la ligne.

Exemple

> Nominal : 300 ml/min
> Quantités bonnes produites : 10 000 ml
> Soit temps utile = 10 000/300 = 33 min

L'écart de temps entre le temps de fonctionnement net et le temps utile correspond au temps passé à produire des produits mauvais qui peuvent être par exemple :

– des produits non conformes ;

– des produits dits de réglages (à la suite des changements de commande) ;

– des produits dégradés lors d'aléas.

Taux de rendement synthétique

Arithmétiquement, il s'agit du ratio entre le temps utile et le temps d'ouverture net. Ce ratio exprime le temps utile consacré à la production d'une quantité donnée par rapport à la totalité du temps engagé (temps d'ouverture net). Il est l'image du rendement physique réel de la ligne et permet de mettre en évidence l'ensemble des pertes, d'où son qualitatif de synthétique. En d'autres termes, il est l'image du temps perdu par un fonctionnement qui n'était pas idéal, c'est-à-dire : aucun arrêt, toujours à la vitesse maxi, pour du produit bon uniquement. Bien entendu, cet idéal n'est pas atteignable dans des conditions réelles de production mais la mise en évidence de la totalité de l'écart entre situation réelle et idéale permet de mettre en évidence de voies de progrès notables !

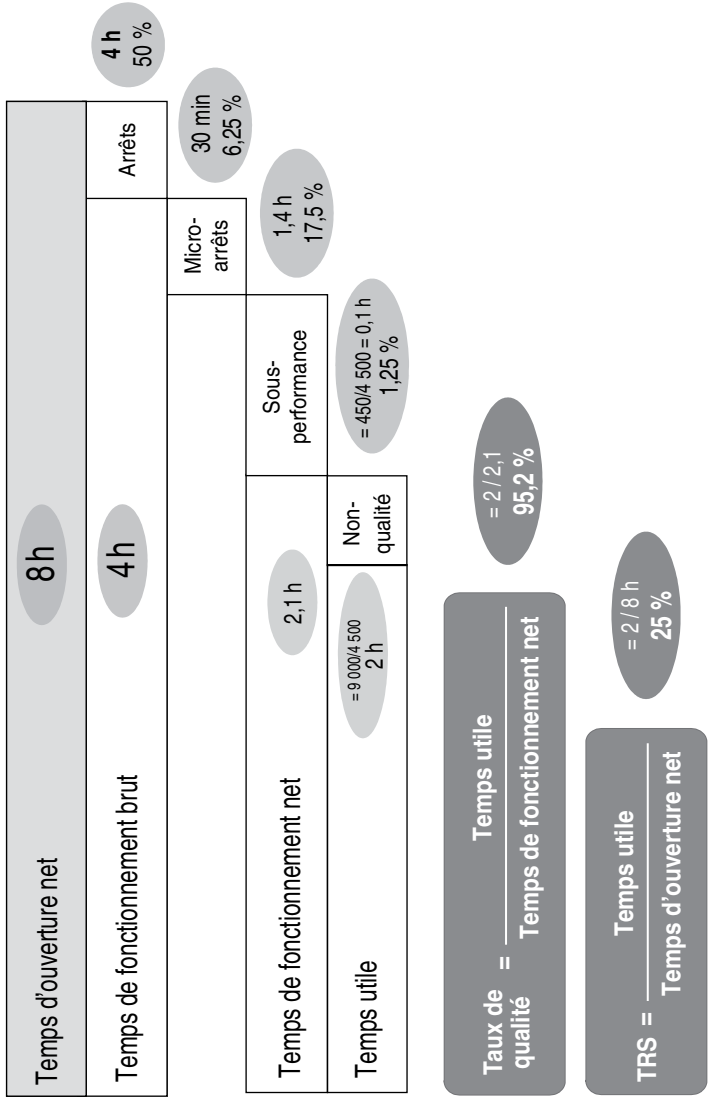


Figure 4.7 – TRS : calcul de taux de qualité et du TRS résultant

Récapitulatif de la méthode de calcul du TRS

- Déterminer le temps d'ouverture net.
- Déterminer le temps de fonctionnement brut à partir des enregistrements d'arrêts.
- Calculer le temps de fonctionnement net en valorisant les quantités produites bonnes et mauvaises à leur vitesse nominale.
- Déterminer la somme des micro-arrêts.
- Calculer la sous-performance en retranchant du temps de fonctionnement brut : le temps de fonctionnement net, les micro-arrêts.
- Calculer le temps utile comme produit des quantités bonnes à leurs vitesses nominales.
- Calculer le temps de non-qualité de la même manière à partir des quantités de rebuts.
- Mettre en forme la structure des pertes et calculer le TRS comme ratio du temps utile au temps d'ouverture net.

Automaintenance ou maintenance autonome

La mise sous contrôle de la machine va nécessiter de partager différemment les tâches d'entretien et d'inspection. Elle va donner à l'opérateur un rôle de surveillance de proximité et lui demander une connaissance accrue de son moyen de production. C'est le but des activités de mise en place de l'automaintenance.

➤ Définitions et principes de la maintenance autonome

Les concepts généraux de cette démarche peuvent être exprimés de la manière suivante :

- Si l'ensemble du personnel impliqué dans le fonctionnement des équipements pouvait changer sa conception et ses comportements, les pannes et les dysfonctionnements des équipements pourraient être prévenus et l'objectif de « zéro pannes, zéro défauts » approché.

- Si l'équipement change, l'opérateur va changer. Si l'opérateur change, l'atelier sera ensuite changé !
- La mise en place doit être réalisée à l'aide d'une méthode structurée en étapes afin de promouvoir l'obtention de résultats durables, avec la participation de tous les opérateurs dans des activités de groupe.

L'automaintenance cherchera à mettre en place un système basé sur la mise en œuvre de pratiques autonomes au plus près du terrain. En effet, il est maintenant très largement admis qu'après une phase intensive de promotion de l'amélioration, tout système productif tendra à se dégrader à nouveau après un certain temps. Toutefois, ce principe simple est bien souvent oublié dans la plupart des programmes de progrès.

La maintenance autonome va contribuer au traitement des pertes de rendement. Son mode d'action va être indirect, de nature contributive. Rappelons brièvement la définition du taux de rendement synthétique (TRS) : le rendement d'un équipement s'exprime par le rapport entre temps utile (à la production de pièces bonnes à la cadence optimale) et le temps d'ouverture de l'atelier. Les pertes de rendement mises en évidence se décomposent schématiquement en trois catégories :

– *occupation* : la machine est à l'arrêt ;
– *performance* : la machine tourne mais dans des conditions dégradées ;
– *qualité* : la machine tourne dans de bonnes conditions mais pour fournir des pièces défectueuses.

Pour chacune de ces catégories, les pertes sont de deux natures différentes :

- Pertes explicites : il s'agit des pertes bien identifiées et cernées : par leur nature, leur expression et leur cause potentielle. Ces pertes sont généralement traitées par des méthodes classiques de résolution de problèmes.
- Pertes cachées : elles ne sont pas facilement mises en évidence et restent masquées car non déclarées. Il peut s'agir également de pertes

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

de type multicauses/multi-effets particulièrement complexes à traiter par de la résolution de problèmes classique.

L'automaintenance va faciliter le traitement des pertes explicites en simplifiant leur prise en compte. Elle visera à éliminer toutes les causes liées à un état de référence non assuré.

Elle va également s'attaquer aux pertes cachées en partant du principe que si l'on assainit l'ensemble des points anormaux, il est fortement probable que les problèmes seront ainsi traités à la source, sans même avoir à les analyser spécifiquement un à un.

Pour que la maintenance d'un équipement soit optimale, la production doit y prendre une part de responsabilité et coopérer avec les personnes du service maintenance. La production se doit ainsi de développer les activités de prévention des détériorations de l'équipement, bases de la maintenance de spécialistes. Avec cette collaboration, les activités pratiques de maintenance peuvent être ainsi réalisées beaucoup plus efficacement.

Pour atteindre une maintenance globale performante, l'ensemble des activités classées ci-dessous doivent être couvertes :

- Activités de type « maintien ». Recherche d'un bon fonctionnement de l'équipement (prévention des dysfonctionnements, remise en état). Maintenance d'intervention quotidienne, préventive, prédictive.
- Activités d'amélioration. Maintenance corrective : amélioration de la fiabilité, maintenabilité et réduction des heures passées à la maintenance.
- Prévention de la maintenance (participation à la conception d'équipement sans maintenance).

On s'aperçoit fréquemment que l'on se concentre généralement sur la maintenance préventive ou les contrôles de précision. C'est une erreur dans la logique d'une recherche d'une maintenance optimale. Les activités de prévention des dysfonctionnements sont ainsi souvent oubliées bien qu'elles soient à la base de la construction d'un système de maintenance totale. C'est l'objet de la maintenance autonome !

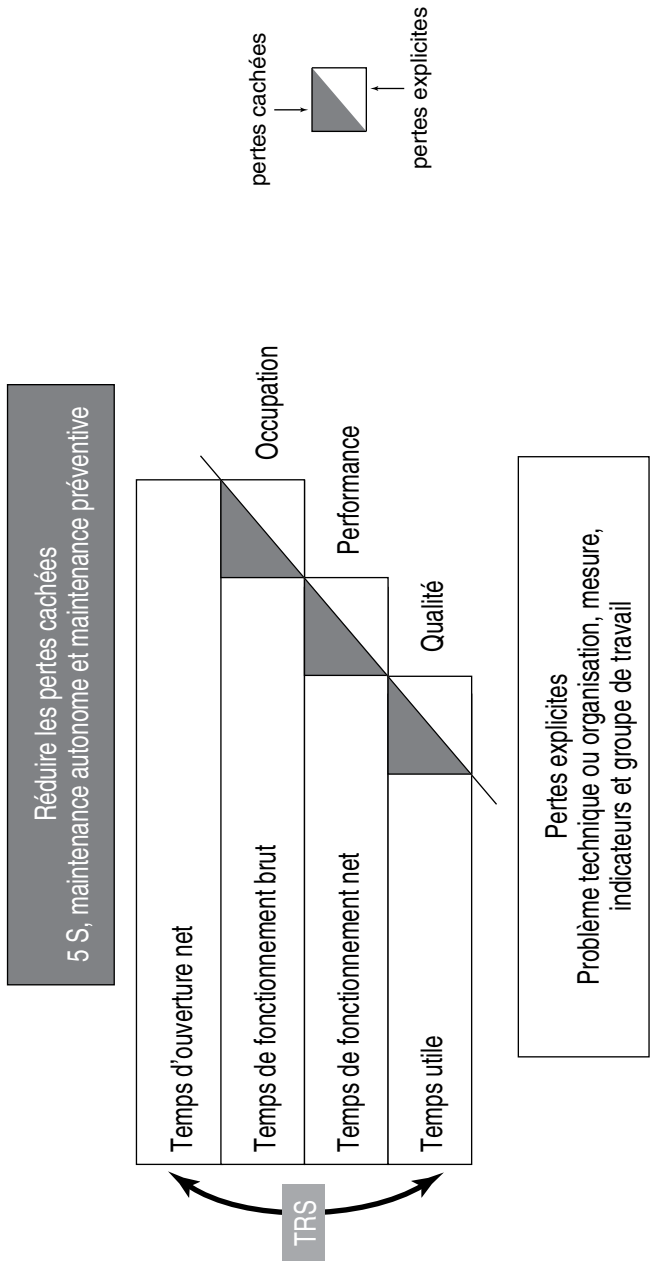


Figure 4.8 – Dualité des pertes machine, pertes explicites/pertes cachées

➤ L'automaintenance parmi l'ensemble des activités de maintenance d'un équipement

La production doit se concentrer sur les différentes activités liées à la prévention des détériorations. Un système de maintenance autonome performant doit couvrir les activités suivantes.

- Activités de prévention des détériorations :

– conduite standardisée ;
– établissement des conditions de bases (nettoyage, lubrification, serrage) ;
– réglages ;
– enregistrement des réglages et des anomalies ;
– coopération avec la maintenance dans les activités d'amélioration ;
– enregistrement et exploitation des données issues du système de suivi.

- Activités de mesure des détériorations :

– inspection quotidienne (basées sur les cinq sens) ;
– part des activités de maintenance préventive (fréquence inférieure à un mois) ;
– activités curatives ;
– petites réparations (remplacements de pièces mineures et remèdes d'urgence) ;
– rapport rapide et précis sur les anomalies ou dysfonctionnements ;
– assistance dans les dépannages (préparation, aide, redémarrage).

Parmi toutes ces activités, l'établissement des conditions de base (nettoyage, lubrification et resserrage) ainsi que les inspections quotidiennes sont les plus importantes, et ce sont celles qu'on va tendre à redistribuer vers les opérateurs de fabrication qui sont au plus près de la machine.

La maintenance autonome doit être implantée dans le but d'assurer des équipements à leur état de référence, par la prévention des défaillances en couvrant les activités suivantes :

– soigner son équipement ;
– détecter les anomalies ;
– analyser les dérives.

Le système de maintenance autonome devra être élaboré non pas seulement sur un contenu mais aussi sur des pratiques de gestion et d'exploitation au quotidien.

Le mode de gestion mis en place devra permettre de s'assurer que le contenu des tâches de maintenance est réalisé régulièrement. Il devra également fournir l'ensemble des informations nécessaires à l'analyse de l'efficacité de ces pratiques.

Bien qu'étant nommée « autonome », cette méthode de maintenance n'exclut en aucun cas le contrôle. Ce contrôle se fera sur la base d'indicateurs d'application du programme prévu, mais aussi sur des indicateurs de performance des équipements (MTBF, MTTR, TRS...).

Cette méthode ne saurait être complète sans implanter les pratiques d'animation visant une implication marquée de l'ensemble du personnel. L'encadrement de production (maîtrise) sera le garant de ces différents aspects et donc au cœur de la démarche.

➤ Une participation indispensable des services de maintenance

La redistribution des activités d'entretien et d'inspection ne peut être réalisée avec succès que si la maintenance procure une assistance de qualité. La production attendra de la maintenance, entre autres, la couverture des points suivants :

- formation aux fonctions de l'équipement ;
- assistance pour la lubrification, la standardisation et la rédaction des plans de graissage (points de lubrifications, types d'huile, fréquence) ;
- assistance technique pour la maîtrise et l'élimination des sources de salissures, suppression des zones difficiles à nettoyer et autres activités d'améliorations ;
- réaction rapide aux demandes de la fabrication sur les dysfonctionnements relevés ;
- formation et assistance sur les serrages, liste des pièces qui ne doivent pas être démontées ;
- formation et assistance dans les connaissances utiles à la rédaction des standards d'inspection (points, fréquences...) ;

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

– recherche et développement des technologies de maintenance et mise au point de standards ;

– enregistrement des données de maintenance, construction du système d'information, suivi des actions ;

– recherche de techniques d'analyse des pannes et implantation d'activités de prévention des pannes critiques ;

– contrôle des pièces détachées, des outils et des données techniques.

➤ Mise en œuvre de la maintenance autonome

Les lignes qui suivent démontrent les conditions et les méthodes d'application de la maintenance autonome dans le cadre d'un programme lean.

• *Où et quand peut-on l'appliquer ?*

La maintenance autonome s'applique sur l'ensemble des équipements d'un site de production. Tout équipement nécessitera d'être maintenu dans le temps à un haut niveau de performance. Le champ d'application peut très bien être étendu à l'instrumentation, mais aussi à des services périphériques. Il n'est pas rare de rencontrer des applications de la maintenance autonome dans des laboratoires ou sur des équipements pilotes.

Au prix d'ajustements méthodologiques spécifiques, tous les secteurs d'activités industriels sont concernés. Citons entre-autres les secteurs de production suivants, parmi les applications JMAC : automobile, camion, équipementier, agroalimentaire, sidérurgie, chimie, pétrole, papier/carton, pharmacie, mécanique, verre, optique, minéral, matériel électrique, électroménager, imprimerie, bâtiment, logistique…

La « carte » automaintenance dans un programme lean doit être utilisée lorsque :

– la fiabilité de l'équipement est cause d'en-cours et de retards ;
– la connaissance de l'équipement par les opérateurs est insuffisante ;
– les équipes de production et de maintenance ont besoin d'un souffle nouveau et d'une méthode pour focaliser leurs activités sur la performance de l'équipement.

La maintenance autonome est bien une activité productiviste, mais c'est aussi une technique d'accompagnement du changement à l'intérieur d'un programme d'amélioration plus large. C'est donc une méthodologie précieuse pour tous les praticiens du lean dans des ateliers où la performance et l'état des machines jouent un rôle important sur les flux.

- *Qui met en œuvre la maintenance autonome ?*

La mise en place de la maintenance autonome va concerner divers acteurs :

- *Animateur* : il est essentiel de nommer un animateur de la démarche qui va s'assurer du déploiement correct à travers la gestion des plans d'action et des indicateurs de suivi. Bien qu'ayant une bonne connaissance technique des installations, il ne jouera pas le rôle d'expert technique mais plutôt de guide méthodologique. Il s'assurera également de la mise à disposition et de la gestion des ressources nécessaires.
- *Opérateurs* : ils seront au cœur de la démarche dans la prise en compte des activités terrain. Ils seront également directement impliqués dans la définition des opérations à conduire (contenu et mise en forme). La constitution de groupes de travail impliquant des opérateurs sera établie tout au long des étapes de mise en place, puis maintenue dans le fonctionnement courant.
- *Encadrement de production* : ils seront les garants de l'application des activités à conduire dans leur secteur. En tant que relais des travaux de groupes, ils s'assureront que les pratiques sont homogènes et correctement réalisées. Au fur et à mesure du déploiement des étapes, ils viendront récupérer les missions de l'animateur pour leur secteur.
- *Techniciens de maintenance* : ils assisteront techniquement les groupes dans la définition des activités à conduire. Ils seront des formateurs sur les méthodes d'inspection et participeront à la rédaction des standards.

- *Comment la mettre en place ?*

Dans le cadre d'un programme lean, la maintenance autonome est une activité qu'on subordonne au reste du programme. Son application est

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

donc délimitée par un périmètre, qui est en général le même que celui du chantier lean.

Toutefois, en termes de nature d'activité, ses étapes sont structurées en trois grandes phases.

Première phase

Cette phase consiste à rétablir les conditions de base (nettoyage, lubrification et resserrage) de l'équipement et mettre en place un système de maintien essentiellement basé sur le nettoyage et l'inspection. Elle consistera en outre à amener l'ensemble des opérateurs à partager les principes suivants :

- Le nettoyage c'est l'inspection : on organise donc le nettoyage de l'installation par le groupe de travail.
- L'inspection est réalisée afin de détecter les anomalies, de les repérer et de les analyser : c'est la seconde tâche du groupe de travail.
- Les anomalies doivent être éliminées, des solutions doivent être apportées et comprises. Ce processus est important pour que le principe de « faire des efforts, concevoir, et réfléchir » soit bien compris.

Deuxième phase

Les activités vont évoluer de la prévention des détériorations vers leur détection (signes précurseurs). Cela, à travers la formation aux aptitudes d'inspection générale de la machine et à la mise en place d'un système d'inspection structuré. Le groupe de travail de mise en place de la maintenance autonome doit donc produire des gammes d'inspection des organes critiques, des points de réglage et des points d'usure connus. Il doit aussi produire des instructions de réaction standard aux anomalies ou dérives dont on sait qu'elles peuvent se reproduire.

Troisième phase

On recherche ici une standardisation (gestion visualisée) et la mise en place du système de management autonome.

On cherche aussi à amener des améliorations plus technologiques, l'augmentation du champ d'action de l'automaintenance, le développement de l'envie de réussir, la prise de conscience des coûts de maintenance et la maîtrise des compétences techniques pour réaliser certaines réparations.

En synthèse, le déroulement d'un chantier d'installation de la maintenance autonome sur un équipement va passer successivement par les activités concrètes suivantes :

- Préparation : rassembler les données sur l'équipement comportant l'historique des pannes et des dépenses, la liste des modifications, les plans, les préconisations du constructeur et les modalités de nettoyage pour chaque fonction technique de l'équipement.
- Informer le personnel sur le chantier (raisons, objectifs, contexte du programme lean) et mettre en place les relevés complémentaires temporaires (TRS).
- Organiser le nettoyage initial par un groupe de travail composé avec les compétences nécessaires pour traiter l'ensemble des pertes connues sur l'équipement (opérateurs, mainteneurs, méthodiste, responsable d'équipe…).
- Réaliser le nettoyage et lister les anomalies.
- Analyser les anomalies et en déduire le plan d'action de remise en état.
- Construire le programme systématique de nettoyage et d'inspection (moyens, fréquence, responsables, temps alloué…).
- Construire les règles de réaction standard aux anomalies et dérives identifiées.
- Établir les programmes systématiques de maintenance préventive et conditionnelle.
- Mettre l'équipement sous contrôle en systématisant et en automatisant le TRS ainsi que les pratiques d'animation de la performance autour de cet indicateur.
- Travailler le management visuel autour de l'équipement et de ses indicateurs de performance et de fiabilité.
- Pérenniser les pratiques d'amélioration continue en inscrivant la revue des indicateurs et des pratiques d'automaintenance à l'agenda de l'encadrement (audits d'atelier, revues mensuelles de performance, etc.).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Réduire les pertes liées aux flux

Dans ce paragraphe, nous allons donner quelques outils et quelques pistes d'action pour construire et mener un programme d'amélioration des flux, et en particulier de diminution des stocks et du temps de passage.

N'oublions toutefois pas que les stocks et en-cours sont la plupart du temps présents en compensation d'une autre perte : la réduction des stocks passe donc essentiellement par la fiabilisation des équipements, par l'élimination des pertes main-d'œuvre et par la réduction de l'instabilité des procédés de fabrication.

➤ Indicateurs du flux de production

Comme nous l'indiquions ci-dessus, les opérationnels vont devoir prendre en compte des indicateurs spécifiques au flux de production. Nous allons ici tenter de décortiquer ceux d'entre eux qui nous semblent indispensables à mettre en place dans un programme d'amélioration des flux : le temps de passage et le taux de service.

- *Temps de passage ou lead time (LT)*

Le temps de passage peut prendre plusieurs définitions conventionnelles en fonction du type d'activité de l'entreprise et en particulier de la façon dont elle sert son marché. Il est nécessaire pour cela d'avoir eu une réflexion stratégique avec les commerciaux pour mettre en évidence les jalons importants du processus de prise de commande et de livraison.

En effet, les usines qui produisent sur stock et pour lesquelles l'activité de développement n'a pas d'impact sur le délai de réaction aux demandes du client se contenteront de suivre le temps de passage des matières dans l'usine, entre l'arrivée des composants principaux sur le quai de réception et le départ des produits finis vers le client. C'est la définition classique du lead time. Elle est suffisante pour englober l'ensemble des activités de l'usine qui contribuent à l'accumulation de stocks et d'en-cours.

Dans bien des cas, cette définition est insuffisante. Les entreprises qui produisent à la commande et qui souvent ont des activités de développement incluses dans le temps de réponse au client (CAO/FAO pour

les pièces uniques, industrialisation d'options, traitement par l'ADV et mise au programme de production par l'ordonnancement, etc.) ont besoin de faire rentrer ces activités dans le périmètre des sujets soumis à l'amélioration continue.

> Par exemple, dans une fabrication de fraises spéciales du groupe S., dans de nombreux cas conçues et produites pour des applications uniques, le temps de conception et d'industrialisation est plus long que le temps de fabrication. La réduction des stocks en atelier a permis de gagner une semaine sur le temps de passage (global) initial, qui était d'une quarantaine de jours. Les gains sur le processus de conception et d'industrialisation quant à eux sont deux fois plus importants. Sur le marché spécifique du groupe S., répondre avec des délais courts et fiables constitue un avantage primordial. L'amélioration des flux ne saurait donc se limiter à la diminution des stocks et des en-cours !

La mise en place d'un suivi du temps de passage est donc souvent la première étape de la réponse aux entrepreneurs qui se demandent comment élargir les activités d'amélioration de la performance, pour les faire passer de l'atelier aux bureaux. Il permet d'éviter les débats complexes sur la valorisation de la productivité sur des fonctions peu habituées à raisonner en termes de temps alloué par unité d'œuvre. Dans tous les cas qui se sont présentés à JMAC, les groupes de travail à qui l'on a proposé de travailler sur la réduction de l'attente du client par la mise en évidence des dysfonctionnements et des pertes ont eu des résultats fructueux.

C'est pour toutes ces raisons que nous prônons le choix du temps de passage élargi au temps de traitement de la commande comme indicateur maître dans la plupart des projets lean.

- *Taux de service (TS)*

Après le temps de passage comme indicateur global de moyen terme, qui permet de jauger les progrès accomplis lors d'un programme lean, nous proposons aussi de consolider la mesure de l'adéquation à la demande des clients par le taux de service. C'est un indicateur opérationnel, qui permet d'analyser l'ensemble des activités contributrices à la prise d'engagement et à la tenue des délais. Comme pour le TRS, on peut proposer une décomposition des pertes pour le taux de service. En voici un exemple, illustré par la figure qui suit.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

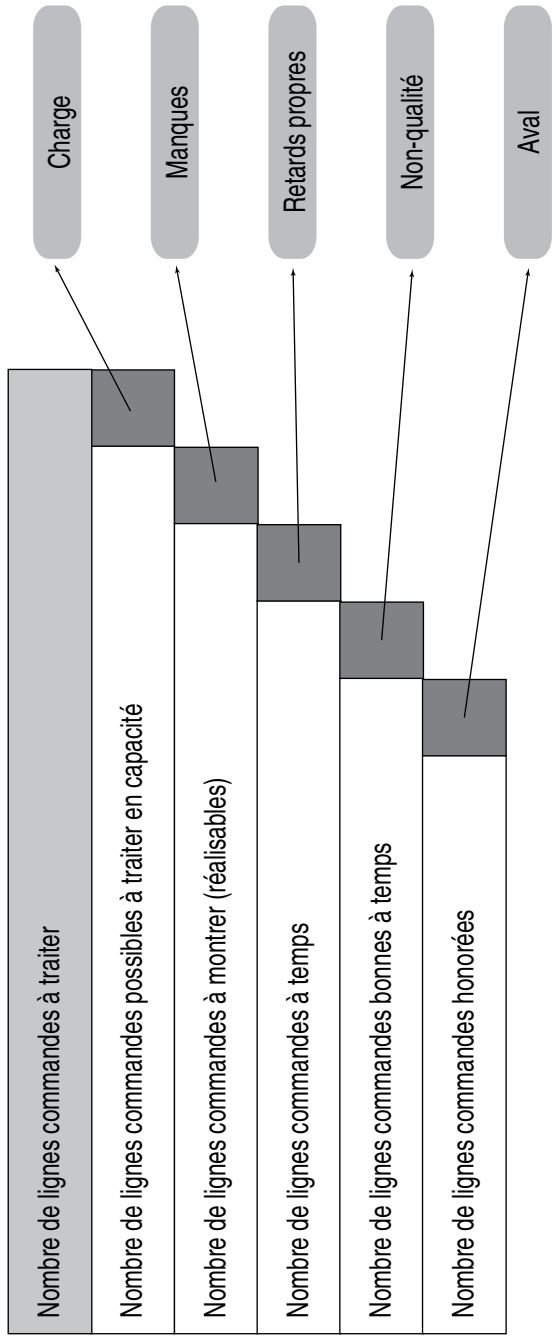


Figure 4.9 – Décomposition des pertes de service client

Il s'agit de se donner un moyen analytique de décomposer les causes de retards pour organiser convenablement les actions d'amélioration. Le suivi (en tant que compilation des données) de cet indicateur peut être confié à l'ADV, puisqu'il représente le respect des engagements pris par celle-ci au nom de l'ensemble des fonctions de la supply chain. Il va toutefois demander une remontée d'information de chacune de ces fonctions : le TS est un indicateur de bon fonctionnement d'un processus transversal ; il ne saurait donc être tenu par l'ordonnancement seul, ou la logistique seule, etc. Typiquement, le TS peut être l'indicateur d'ouverture d'une réunion systématique hebdomadaire « usine ».

Pour mémoire, les équipementiers automobiles ont souvent pour objectif de tenir leur taux de service au-dessus de 98 %. Sans prétendre faire une loi corrélation automatique, nous constatons souvent que les usines dont les taux de service sont entre 80 et 90 % dépensent en général en salaires indirects des sommes qui justifient déjà des programmes d'amélioration des flux. En effet, à ces niveaux de TS, le téléphone sonne… les clients ou les commerciaux appellent… les circuits informels commencent à faire savoir en interne que « l'usine ne livre pas » ou que « l'usine ne sait pas où sont les commandes »… le retour par la hiérarchie pousse le directeur d'usine à mettre en place des roues de secours, et par exemple, on sort un collaborateur de confiance (de préférence un bon, celui qui connaît le process de fabrication par cœur) pour courir après les OF et les lots… et le cercle vicieux s'installe : l'indirect en question avait une fonction de maintien du procédé, qui dérive, et provoque des retards supplémentaires, etc., etc., etc.

En dessous de 80 % de taux de service, la question n'est plus d'éviter les dépenses supplémentaires en indirects pour suivre les séries perdues, mais de mettre en place un plan d'urgence pour remettre en route le processus d'annonce des délais et de tenue des dates de livraison prévues. Par expérience, ces niveaux de taux de service peuvent être considérés comme l'indice d'une déroute commerciale proche !

➤ Cartographier les flux et les pertes : le *value stream mapping* (VSM)

Le temps de passage et le taux de service sont deux conséquences de la bonne santé des flux physiques (le parcours de la matière et des composants

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

dans l'usine) et des flux d'informations (les dossiers liés à la commande et à l'ordre de fabrication, la connaissance de l'état des stocks, les pratiques de programmation de la fabrication, les consignes au poste…). Une des bonnes pratiques de démarrage de projet d'amélioration des flux consiste à se donner une image complète et conjointe de ces deux aspects. C'est le rôle de l'outil VSM (*value stream mapping*, ou cartographie des flux). Au-delà de la représentation formalisée sur un même document des deux natures de flux (physique et information), la pratique du VSM est une activité de groupe de travail qui permet de mettre l'ensemble des participants au même niveau d'information sur les flux.

La pratique systématique du VSM est un apport spécifique des praticiens du lean de culture nord-américaine. Elle a en effet un certain nombre d'avantages qui en font une bonne technique de réflexion au départ des projets de transformation. Elle est pédagogique, simple et ludique. Elle a toute sa place dans les premiers chantiers pour faire comprendre aux équipes les problématiques globales des flux (c'est d'ailleurs pour cette raison qu'elle a autant de succès auprès des consultants). Elle devient toutefois vite difficile à maîtriser lorsque les flux se complexifient et qu'une fabrication utilise plusieurs ressources partagées. Cet outil doit donc être dégainé au bon moment, et pour les bonnes raisons. Le VSM complète mais ne remplace en aucune façon l'étude préalable décrite au chapitre 1.

Les étapes successives de réalisation d'une cartographie des flux sont récapitulées dans les paragraphes qui suivent.

- *Décrire l'état actuel*

Le VSM de l'état actuel a pour objectif de représenter les flux physiques et d'informations et de mettre en évidence les temps à valeur ajoutée (pour lesquels le client est prêt à payer) et les temps sans valeur ajoutée, qui représentent des pertes pour l'entreprise.

Le VSM de l'état actuel se pratique en atelier avec les moyens les plus simples possibles : crayon, gomme, feuille de papier A3. Après avoir choisi un produit représentatif des fabrications ciblées, et en groupe de travail, on dessine :

- Le client et les conditions d'expédition (tailles de lots d'expédition, fréquence, takt time qui en découle).

- Le flux de la commande entre le client et les fonctions ADV et de gestion de la production.
- Les fournisseurs et leurs conditions de livraison (tailles de lots et fréquences).
- Le flux des commandes entre la fonction approvisionnement et les fournisseurs.
- En partant du client, et en remontant vers les fournisseurs, les étapes de fabrication les unes après les autres en documentant au passage les paramètres suivants :

– le temps d'ouverture hebdomadaire de l'opération ;

– le temps de cycle de réalisation d'une unité d'œuvre (temps avec et temps sans valeur ajoutée) ;

– le nombre d'opérateurs et de machines ;

– le TRS de l'opération ;

– la durée du changement de série ou des catégories de changements de série ;

– la nature du flux (FIFO, tiré, poussé, unitaire…) entre chaque opération ;

– la façon dont l'information arrive au poste de travail pour choisir le lot suivant (kanban, instruction verbale, OF, etc.).

En fonction de la profondeur d'analyse qu'on donne à l'exercice, on rajoute à ces informations l'illustration (chiffres, photos, notes, films…) des muda.

La réalisation de l'état actuel du VSM se termine par le calcul du taux de tension des flux, ou encore taux de valeur ajoutée, qui est le rapport entre les temps à valeur ajoutée et le temps de passage total des matières et produits.

Dans bien des cas, ce calcul est l'occasion de faire prendre conscience aux équipes que le taux de valeur ajoutée est très faible par rapport au temps passé par les produits dans l'atelier. La plupart des industries manufacturières, en particulier, ont des temps de transformation ou de montage qui se chiffrent en minutes, alors que les temps de passages totaux se chiffrent en semaines…

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

• *Établir le VSM de l'état futur*

La seconde étape de la réalisation du VSM ne devrait être réalisée qu'à la fin de l'étude de détail telle que nous la proposons au chapitre 1. Elle consiste en une mise au propre de la représentation des flux physiques et d'informations modifiés et permet d'identifier visuellement les points sur lesquels on va devoir travailler et dans quel contexte. C'est un outil de communication simple pour expliquer vers quoi l'organisation va être transformée. On représentera donc :

– le nouveau takt time si le temps d'ouverture est modifié ;

– le flux des produits livrés sur stock et des produits livrés à la commande ;

– les niveaux de stocks de sécurité ;

– là où les cycles le permettent, les flux continus en pièce à pièce, par petits lots, ou en FIFO ;

– là où les flux sont rompus par des distances irréductibles, ou par des cadences techniques incompatibles, les en-cours intermédiaires et leurs moyens de gestion ;

– les tailles de lots réduites et les règles de lissage du mix produit ;

– les sujets d'amélioration de la fiabilité, les diminutions des temps de changement, les réimplantations, etc., nécessaires à réaliser pour que l'ensemble fonctionne.

Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, les niveaux des stocks sont la conséquence des conditions de réalisation et de programmation des fabrications. Il convient donc pour « réduire les stocks » d'aborder tous ces aspects de façon méthodique pour définir l'organisation future, qui, elle, n'aura pas « besoin » des stocks pour fonctionner.

Rappelons les étapes successives de l'étude préalable qui permet d'établir l'ensemble des éléments de ce qui va constituer la cible du projet de réduction des stocks, tel que nous l'avons détaillé au chapitre 2 :

– définition du périmètre ;

– prise de connaissance sur le terrain ;

– étude des quantités consommées ;

– mise à jour de la matrice produit/process ;
– mise à jour de la matrice de polyvalence ;
– calcul de la capacité et des takt time ;
– flux continu et flux tiré ;
– équilibrage des tâches d'opérateurs en flux ;
– modes d'approvisionnement et kanban ;
– implantation de détail.

➤ Le *single minute exchange of die* (SMED)

De toutes les pratiques du lean, le SMED est sans doute la plus stratégique pour l'entreprise. Elle permet la réduction des tailles de lots et donc la réduction du temps de passage, ainsi que la mobilisation des équipes autour de la réponse rapide aux demandes du marché. Si l'entreprise lean est une entreprise « agile », c'est d'abord parce qu'elle pratique le SMED et en exploite l'ensemble des effets.

• *Un peu d'histoire*

Les observations documentées de Shingo sur les pertes de productivité liées aux changements de série commencent dès les années 1950. Il a fallu toutefois attendre une contrainte extérieure (une crise économique) pour que ce sujet prenne toute l'importance qu'on lui connaît aujourd'hui. Au moment de la crise du pétrole des années 1970, les constructeurs, et parmi eux Toyota, se trouvent devant un problème nouveau : les véhicules se vendent moins, d'une part parce que les conditions économiques globales sont mauvaises, et d'autre part parce que des modes de consommation différents commencent à apparaître : les modèles de voiture durent moins longtemps sur le marché, la commercialisation des options se généralise : il faut pouvoir livrer le bon véhicule pour le bon client avec des délais raisonnables. Dans les conditions de flux physique des usines de l'époque, le temps de passage d'une nouvelle voiture chez Toyota, entre la réception de la tôle et la livraison au concessionnaire, était de plus de cinq mois. Le marché changeait et demandait une diversification accrue et ce paramètre du temps de passage devenait absolument critique pour suivre le rythme de

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

l'évolution des produits. Il fallait donc faire évoluer la logique de calcul de taille de lot, de laquelle découlaient les en-cours de fabrication responsables de ces temps de défilement.

La méthode SMED vient de ce constat fait par Shingo (JMA) et Ohno (Toyota), qu'il fallait diminuer drastiquement les temps de changement pour réduire les tailles de lots afin d'accélérer les flux.

Bien entendu, le SMED peut aussi servir à gagner des points de TRS dans les cas où l'on considère que les tailles de lots sont déjà suffisamment petites (n'oublions pas de prendre cette décision toujours en fonction de ce que le marché exige comme niveau de réactivité !).

• *La méthode SMED*

Les consultants JMAC spécialistes de cette méthode ont l'habitude de dire qu'au premier SMED, on doit avoir pour objectif de réduire de 50 % le temps de changement de série, et qu'à la seconde passe d'analyse, on doit encore trouver 30 % d'amélioration. Ce changement d'ordre de grandeur se vérifie quel que soit le domaine industriel et quelles que soient les technologies de production présentes. Pour obtenir ces résultats, il est nécessaire de respecter les principes de la méthode telle que Shingo l'a formalisée :

- Distinguer les opérations de réglage externes à la machine, les opérations internes et les opérations inutiles.
- Supprimer l'inutile et convertir les opérations internes en opérations externes pour lesquelles on pourra opérer en temps masqué.
- Réduire les temps des activités de réglage internes et externes en appliquant quelques règles simples d'amélioration :

– utiliser des systèmes à bridage ou à serrage rapide ;

– standardiser les outils du réglage et leur appliquer les règles des 5 S ;

– éliminer les réglages par l'auto-indexation, l'uniformisation des hauteurs d'outil, la limitation des degrés de liberté… et l'emploi du préréglage (temps masqué) ;

– synchroniser les activités en fournissant un mode opératoire standard chronométré qui décrive les gestes de chacun des participants sous la forme d'un simogramme.

Lors des chantiers spécifiquement dédiés au SMED, il faut aussi suivre un déroulement temporel et une organisation de groupe de travail qui permette de mobiliser les équipes, de réaliser l'étude des temps et de mettre en place les modifications proposées par les équipes.

Le groupe de travail SMED est constitué de 5 à 7 personnes :

– l'animateur du groupe, chargé d'expliquer la méthode et de conduire les travaux ;

– les opérateurs et régleurs de la machine concernée ;

– le représentant de la maîtrise d'atelier (encadrement de proximité) ;

– le mainteneur ;

– le technicien des méthodes d'atelier ;

– ponctuellement, l'ordonnanceur pour prendre en compte les nouvelles tailles de lots.

Les étapes d'un chantier SMED sont les suivantes :

- Préparation : identification des différents changements de série et de leurs durées approximatives pour planifier les observations.
- Observation non détaillée des changements (pour repérer les phases et préparer leur chronométrage).
- Relevé chronométré des différents changements de série.
- Analyse critique des activités de changement : distinguer les opérations inutiles, les attentes, les préparations, les montages/démontages, les préréglages, et les réglages ou essais finaux.
- Proposer les améliorations et les synchronisations possibles.
- Établir le simogramme de la nouvelle façon de faire.
- Former les opérateurs (par la pratique !).
- Installer une mesure systématique de la durée du changement.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Pour être complet, un SMED doit aboutir à deux évolutions des pratiques de management :

- D'une part l'encadrement de l'atelier doit s'approprier l'indicateur de mesure de la durée du changement de série et l'inscrire à ses tableaux de bord ainsi qu'aux sujets d'amélioration systématique.
- D'autre part, l'ordonnanceur ainsi que l'ensemble de la supply chain doivent modifier les paramètres de programmation logistique pour utiliser les gains de temps de changement et les transformer en une réduction réelle des tailles de lots.

- *SMED : un changement culturel*

Avant l'application du SMED, la façon de voir le changement de série est souvent celle-ci :

- Les compétences de réglage sont concentrées sur des spécialistes, régleurs, qui ne font pas partie des équipes directes présentes dans l'environnement de la machine (le régleur intervient sur un périmètre plus large).
- Le régleur règle et l'opérateur produit (sans régler, donc).
- La maîtrise d'atelier, lorsqu'elle en a l'opportunité, tend à « éviter » les changements de série pour faire de la « productivité » : les changements sont des arrêts et au sens strict du TRS, lorsqu'on en limite le nombre, on utilise « mieux » les ressources.

Il faut donc, lorsqu'on rentre dans une logique SMED, prendre tous ces aspects en compte et préparer le changement de vision :

- sur la responsabilité de l'opérateur vis-à-vis de la qualité de ses produits, puisqu'on va lui apporter de nouvelles compétences de réglage et une capacité d'intervention approfondie sur ses équipements ;
- sur ce qu'est un « expert » technique : l'ancienne fonction de régleur devra évoluer vers celle de père technique sur les équipements : le régleur devient formateur, animateur de l'amélioration, méthodiste de maintenance puisqu'il ne règle plus ;
- sur le changement de série lui-même, du point de vue de l'encadrement de proximité : la clé principale de la réussite d'un SMED, c'est

lorsque le chef d'équipe ou le responsable d'atelier comprend qu'il va devoir connaître le nombre de changements de série admissibles dans une journée ou une semaine de travail et qu'une partie de sa mission va consister à faire en sorte de tous les « utiliser », et de ne plus chercher à les éviter pour être « productif ».

➤ Heijunka et « *mixed model manufacturing* »

Le SMED est la méthode principale d'amélioration de la productivité et du temps de passage dans de très nombreuses industries :

– depuis l'origine, sur les technologies de presses et d'outils de formes ;

– en plasturgie sur les moules ;

– dans la mécanique de précision pour réduire les temps de reprogrammation des CN ;

– dans des industries de process variées où les temps de vidange et de nettoyage sont longs et réglementés (agroalimentaire, pharmaceutique, chimique…) ;

– sur les lignes d'assemblage pour traiter les problématiques de reconfiguration des postes et de la mise à disposition des composants.

Nous l'avons dit, la réduction des tailles de lots en elle-même accélère le temps de passage. Le temps de passage (LT) de la pièce marginale sur une gamme de fabrication de P opérations avec des tailles de lots L peut se calculer comme :

$$LT = P \times L \times Tcg$$

où Tcg est le temps de cycle du process le plus lent (le goulot d'étranglement).

Toutefois, la réduction de la taille de lots dans le cadre d'une ligne de fabrication partagée par plusieurs produits (et donc sur laquelle on a un intérêt évident à pratique le SMED) permet l'heijunka (le lissage de la charge) et apporte d'autres bénéfices que la réduction pure du temps de passage.

L'objectif est de stabiliser et de standardiser la marche de la ligne en lui donnant un pas de base le plus court possible.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Le SMED poussé permet de réduire les temps et de construire une « cellule rythmique » qui mixe les différents produits et qu'on puisse reproduire tout au long de la journée. Par exemple, pour une ligne de fabrication qui partage son temps entre des produits A, B, C, D, on tendra à organiser la main-d'œuvre, les outils et les approvisionnements non pas pour des campagnes de A, puis de B, puis de C, et de D, mais bien pour des séquences répétitives de type [aA, bB, cC, dD], où a, b, c, d représentent les proportions respectives de chaque produit pour que la séquence de base soit homogène avec la demande du client, et tienne compte du temps de changement de série.

> Par exemple, partons d'une consommation par les clients de 1 200 pièces par jour, réparties en 600 A, 300 B, 150 C et 150 D. Le programme de fabrication dans le modèle où le SMED permet d'éliminer la contrainte du changement de série pourrait être construit comme la répétition de la séquence de base [A, B, A, C, A, B, A, D], autant de fois que nécessaire pour arriver aux 1 200 pièces du jour, c'est-à-dire 150 fois.
>
> Les avantages en sont les suivants :
>
> – Les écarts de temps de cycle entre les modèles de produits sont lissés par la succession des modèles différents : on n'accumule pas les produits lents.
> – Le principe de fonctionnement par séquence de base permet de donner un rythme répétitif à la logistique interne, qui pourra approvisionner toute la journée sur la base de ces proportions.
> – Les modes opératoires de tous les produits restent frais à l'esprit de tous les opérateurs, puisqu'on fabrique tout, tout le temps.

Il faut reconnaître que de nombreuses usines ne sont pas en mesure d'appliquer le pièce à pièce et en modèle mixte, qui est l'aboutissement du SMED le plus poussé (OTED, zéro temps de changement). Toutefois, il nous arrive souvent de recommander ce principe à tous les types de production en ajustant le pas de base, à l'heure, ou à la journée, pour donner un « film type », un standard d'ordonnancement, à partir duquel :

– les agents de maîtrise de production sauront organiser leurs effectifs et mesurer leur avancement ;

– les gestionnaires de production et de la logistique interne sauront cadencer leurs programmes ;

– les équipes d'administration des ventes pourront annoncer des délais fiables à condition de pouvoir visualiser les créneaux de production préréservés et leur affectation en temps réel.

Lorsqu'on rend visuel ce mode de programmation (par des tableaux croisant l'axe des temps et les références à produire), on permet à tous de partager à la fois le besoin du client, l'avancement, la mesure de la productivité… C'est là toute la richesse du « tableau heijunka ».

Conclusion

Tentons de synthétiser les éléments à mettre en place pour progresser sur le chemin du lean.

Tout d'abord, soulignons que le modèle du système de production Toyota reste la référence dans le monde industriel comme un vrai système vivant et en évolution permanente, permettant au groupe Toyota d'être le premier constructeur mondial d'une part et d'avoir réussi sa croissance dans une relative indépendance financière d'autre part. Toyota ouvre volontiers ses portes au Japon pour participer à la formation de cadres et d'ingénieurs d'autres types d'industries, et il faut savoir profiter de cette chance.

Par ailleurs, le système lean n'est pas réservé aux constructeurs automobiles, ni aux équipementiers, ni même aux usines qui fabriquent leurs produits en grandes séries. JMAC a vu des usines de mondes divers retourner leur situation en appliquant avec détermination les principes du lean. En particulier, la recherche de la réduction du temps de passage global, aussi bien en conception qu'en production, permet d'obtenir des améliorations de productivité et de capacité à répondre au marché. Les programmes de réduction du temps de passage fonctionnent parfaitement pour toutes les entreprises qui travaillent essentiellement « à la commande ». Le lean donne des avantages concurrentiels à tous ceux pour qui répondre et livrer vite permet de passer devant les autres.

L'existence d'un programme, elle-même, est déterminante. Seule l'existence d'un « plan directeur lean » permet d'assurer d'une part l'adéquation entre les objectifs stratégiques de l'entreprise et d'autre part de maîtriser la progression des activités lean au même titre qu'on

maîtrise les délais, les coûts et les apprentissages nécessaires pour tout projet majeur. Un programme lean doit donc comprendre :

- Une formalisation de ce que veut dire « performance » dans l'entreprise, en utilisant un référentiel de décomposition des KPI en une *roadmap* de progrès.
- Le résultat partagé d'un diagnostic complet, qui soit à la fois chiffré pour détecter les améliorations productives à mener et à la fois visuel et pédagogique dans sa mise en forme, pour servir de support aux premières phases de sensibilisation.
- Un découpage de l'activité de l'entreprise en périmètres physiques et/ou en processus qui délimiteront les territoires sur lesquels on va mesurer et améliorer la performance.
- Une dynamique d'amélioration continue (débutée par exemple par les 5 S, ou bien par la mise en place de réunions opérationnelles dont le sujet sera la productivité), et qui permette à chacun de comprendre son rôle : les opérateurs doivent acquérir une compréhension physique de ce qu'on attend d'eux en termes d'améliorations et les encadrants eux aussi doivent faire évoluer leur rôle et leurs pratiques quotidiennes.
- La pratique de l'amélioration par des groupes de travail dédiés à des thèmes clairement délimités.
- Les compétences et les ressources suffisantes pour animer les groupes de travail, dont les dépositaires doivent non seulement comprendre les techniques (5 S, SMED, TPM, kanban…) mais aussi savoir guider un groupe et gérer un projet.
- … et dans l'équipe de direction, beaucoup de patience et de fermeté.

Pour aboutir à une transformation lean, il faut y croire ! Certes, il est indispensable d'obtenir des résultats visibles et chiffrables, mais les usines qui réussissent sont celles qui inscrivent leur démarche lean dans le long terme.

Lexique

5 S

Les 5S sont les 5 verbes japonais qui décrivent une méthode d'organisation de l'atelier et des bureaux, par le tri, le rangement, le nettoyage, la standardisation et le maintien des règles et des rituels de management (Seiri, Seiso, Seiton, Seiketsu, Shitsuke).

6 Sigma

Cette expression est employée pour décrire un système d'amélioration continue qui a deux caractéristiques principales. D'une part, l'organisation du kaizen s'appuie sur une structure de projets et sur une organisation « matricielle » de l'amélioration animée par des spécialistes, Green ou Black Belts. D'autre part, 6 Sigma utilise de façon approfondie les lois statistiques pour éliminer la variabilité des résultats obtenus. 6 Sigma fait référence à la formule mathématique de la capabilité qui utilise le rapport entre l'écart type d'un phénomène mesurable et sa tolérance.

Andon

L'andon est le panneau d'affichage électronique de l'état de la production. On y trouve soit des informations sur les incidents qualité et sur les pannes soit le niveau d'avancement instantané de la production. Il permet aux supports et à l'encadrement de ne pas perdre de temps pour repérer les machines en situation anormale.

Auto-maintenance

L'auto-maintenance est l'une des pratiques recommandées par TPM. Elle a pour objectif la fiabilisation de l'équipement en utilisant l'opérateur dans la surveillance et l'entretien de sa machine. Elle impose de décrire avec minutie l'ensemble des activités de nettoyage, d'inspection, de lubrification et de petits entretiens sous la forme de programmes systématiques.

Autonomation

L'autonomation est un principe de conception des moyens de production qui permet à l'opérateur de se dégager d'une partie des opérations sans valeur ajoutée: la machine devient capable de contrôler elle-même sa qualité et de s'arrêter lorsqu'elle détecte une pièce mauvaise.

Cellule

Le terme de cellule dans un contexte Lean décrit un type d'implantation des machines qui pour une part de la gamme de fabrication fonctionnent en flux continu, et pour lequel existent plusieurs scenarii standard d'occupation du personnel en fonction du Takt Time. On ajuste donc l'effectif de la cellule en fonction de la demande du client.

Chantier lean

Un chantier lean est une activité d'amélioration menée sous la forme d'un projet utilisant toutes les compétences de l'entreprise pour remettre à plat les conditions de réalisation et de planification d'une partie des fabrications. Le chantier se définit par un périmètre physique, un périmètre produits/process et une équipe projet. La préparation méthodique et détaillée du chantier permet de garantir l'atteinte d'objectifs de réduction drastiques des pertes.

dmh (dix-millième d'heure)

Unité de mesure des temps standard dans les industries manufacturières. Le MOST en particulier permet de calculer directement les temps standard en dmh.

Dojo

Le dojo est une zone de l'atelier dédiée à la formation pratique des opérateurs. On y trouve des explications visuelles, des jeux d'entraînement de la dextérité, et des maquettes de machines ou de postes de travail qui permettent de s'exercer avant que l'opérateur soit affecté à un poste réel.

Feed forward

Feed forward est un principe de conduite des projets qui demande de détailler le plus possible les phases de préparation et d'étude, avec pour objectif de réduire le volume de travail dans les phases de mise en œuvre et de démarrage.

FIFO

Cette abréviation désigne un mode de fonctionnement des flux physique, dans lequel chaque pièce passe sur l'opération suivante dans son ordre d'arrivée dans la file d'attente. FIFO signifie first-in first-out (premier entré, premier sorti).

Flux pièce-à-pièce

Le flux pièce-à-pièce est atteint lorsqu'on a éliminé les en-cours entre les opérations et qu'une seule pièce passe d'une étape à l'autre de la gamme de fabrication.

Flux poussé

Le flux poussé est un mode de pilotage des flux de production. La décision de transférer les pièces au process aval appartient au processus amont, qui « pousse » ses pièces une fois faites. En général, ce mode de fonctionnement se traduit par un manque de contrôle des en-cours et des ordres de passages.

Flux tiré

Le flux tiré est un type de pilotage des flux de production. Son principe est de ne pas déclencher de production ni de mouvement de pièce tant que le client (ou le process aval) n'a pas signalé une consommation.

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Front loading

Front loading est un principe général de conduite des projets et des activités d'amélioration, qui consiste à faire intervenir l'ensemble des fonctions et des compétences de l'entreprise le plus tôt possible dans la vie du projet.

Gemba

Le gemba, c'est le terrain, là où les choses se passent. C'est l'atelier de fabrication pour les chantiers physiques, mais c'est aussi le bureau de l'ordonnanceur lorsqu'on parle de programmation de fabrication. C'est encore le bureau d'études lorsqu'on parle des pertes liées à la conception.

Heijunka

L'heijunka est l'un des principes fondamentaux du TPS. On le traduit par « lissage de la charge ». Il se traduit concrètement aussi bien par le nivellement de la charge globale (régularité de la charge) que par le fractionnement des lots de fabrication (chaque produit chaque jour).

Hoshin

Le terme japonais hoshin désigne le déploiement des objectifs de l'entreprise depuis l'expression de la stratégie de la direction jusqu'aux objectifs des opérateurs (qualité, cadence…). Il a aussi été employé en France pour désigner des chantiers d'amélioration en atelier, dont les axes principaux sont les 5S et la visualisation des flux de fabrication.

Juste à temps, just in time, JIT

Le JIT est un concept d'organisation de la logistique et des flux de production qui a pour but d'apporter les pièces et produits au bon endroit, au bon moment, dans la bonne qualité et dans les quantités juste nécessaires.

Kaizen

Le terme de kaizen désigne en japonais l'amélioration continue. C'est un état d'esprit : chercher à améliorer sans cesse les conditions de travail, la productivité, les process... fait partie de la culture au travail, mais c'est surtout une pratique de management, structurée par des outils, soutenue par des ressources, et à laquelle on alloue une part du temps de travail.

Kanban

Le kanban désigne un système visuel de pilotage des en-cours et d'exécution du planning de fabrication. Il prend la forme d'étiquettes qui matérialisent la consigne de production unitaire, ou bien de signaux electroniques lorsque le système informatique peut s'adapter à un mode de gestion par boucles kanban.

Lead time, temps de passage, temps de défilement

Le lead time est le temps qui s'écoule entre deux points de contrôle du flux de production, par exemple (et en général) entre l'arrivée des matières premières sur le quai de réception et le départ des produits finis vers le client.

Ligne

La ligne désigne un type d'implantation dans lequel les équipements d'une gamme de fabrication sont disposés à proximité les uns des autres, en ligne droite, ou en U. Le nombre d'opérateurs sur la ligne est un standard fixe. La ligne compense les variations de la demande par du stock et par l'ajustement du temps d'ouverture.

Matrice produits-process

La matrice produits-process porte en abscisse les opérations de fabrication et en ordonnée les produits fabriqués. À chaque intersection valide, on renseignera les conditions techniques de réalisation (temps de cycle, temps de changement, taux horaire, temps alloué...).

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

Mixed model manufacturing

Cette expression désigne un mode d'industrialisation dans lequel les mêmes machines permettent de fabriquer plusieurs références de produits, dans un flux continu et avec des temps de changements courts (dans l'idéal, sans temps de changement).

Monozukuri

Si on le traduit littéralement, ce terme décrit l'action de fabriquer (créer) des produits. Il a été adopté pour décrire le modèle de production industriel « à la japonaise » qui englobe dans un même périmètre le développement des produits, l'industrialisation, la fabrication et l'amélioration continue.

MOST

MOST est une technique de calcul prévisionnel des temps standards qui utilise une décomposition systématique des tâches en séquences standards (suite de gestes) paramétrables à partir de catalogues de conditions d'exécution.

MTBF

Le mean time between failure (MTBF) mesure le temps moyen entre deux pannes de l'équipement. C'est un indicateur de fiabilité de la machine. Pour l'améliorer, on fait appel aux principes de TPM (TRS, automaintenance, maintenance préventive, etc.).

MTM

MTM est une technique de calcul prévisionnel des temps standard fondée sur la décomposition des tâches en gestes élémentaires précis dont la durée d'exécution est documentée dans des catalogues de gestes, en fonction des conditions d'exécution.

MTTR

Le mean time to repair (MTTR) mesure le temps moyen de remise en route de l'équipement après une panne. C'est l'un des indicateurs

de performance de la maintenance. Pour l'améliorer, on passera par la description des tâches de maintenance dans des modes opératoires mesurés, ainsi que par l'amélioration des méthodes de maintenance (standardisation, modularité, disponibilité des pièces et des outils).

Muda

Le terme de muda décrit les pertes de l'organisation industrielle. Les 7 pertes de l'organisation industrielle que cible le TPS sont la non-qualité, la surproduction, les attentes, les stocks, les transports, les mouvements inutiles et les process inadaptés.

Mur qualité

Le mur qualité est une mesure de sauvegarde de la qualité finale, qu'on met en place lors d'une crise qualité et qui consiste à contrôler tous les produits avant expédition (ou avant utilisation chez le client) pour le critère à risque. Le mur qualité a vocation à disparaître lorsque le fournisseur démontre la fiabilisation de son process.

Observations continues

Les observations continues consistent à relever l'ensemble des évènements survenus pendant une ou plusieurs journées de travail sur un même poste afin d'établir une statistique des pertes de productivité et de leurs causes.

Observations instantanées

Les observations instantanées permettent d'établir une représentation statistique d'un phénomène aléatoire. Elles sont utiles dans les activités d'amélioration continues dans les phases de diagnostic et pour faire partager le constat des pertes aux équipes d'encadrement et de support.

Opération standardisée

L'opération standardisée est la brique élémentaire d'un système de production lean. Elle est définie de façon univoque par un schéma d'implantation matérialisé au sol, par la description des conditions

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

d'exécution de la tâche (en-cours, ressources, outils, points de vigilance), de l'ordre dans lequel les gestes s'accomplissent et du temps alloué par pièce pour les réaliser. La totalité de ces définitions est présente au poste de travail et peut être consultée à tout instant, étant établie de la façon la plus visuelle possible.

OTED

Cette expression (Zero time exchange of die) décrit la situation idéale où les équipements et l'organisation permettent de changer de référence sans perte de temps entre deux pièces.

Pitch

Le pitch est le multiple du takt, sur laquelle sont bâtis l'ensemble des cycles de contrôle et d'approvisionnement des lignes. C'est par exemple la fréquence de passage du petit train qui apporte les composants aux postes de travail, ou encore la fréquence à laquelle on passe les consignes détaillées d'exécution du planning de fabrication.

Poka yoke

Le terme décrit l'ensemble des astuces de conception des pièces et des process, comme par exemple les détrompeurs asymétriques, qui permettent d'empêcher l'apparition des défauts.

Process

Ensemble des procédés de fabrication et de contrôle qui composent la gamme de fabrication.

SMED

Le SMED est la méthode qui permet d'analyser et de réduire les temps de changements de référence en fabrication. Elle a été développée à l'origine sur des presses à emboutir, par Shigeo Shingo. Elle se décline

dans tous les types de fabrication. SMED est l'abréviation de single minute exchange of die.

Supermarché

On appelle supermarché le type d'étagères qu'on trouve classiquement en bord de ligne de montage, approvisionnées par les manutentionnaires du coté de l'allée et dans lesquelles l'opérateur prélève les pièces de l'autre côté (face machine).

Takt time

Le takt time est le terme consacré pour désigner le rythme de consommation du client sur lequel l'ensemble des flux de production et de logistique doivent se synchroniser.

Taux de rendement synthétique (TRS)

Le taux de rendement synthétique mesure la performance des équipements, ou des ensembles d'équipements. Il se calcule comme le rapport entre le temps utile (qu'il aurait fallu dépenser dans des conditions nominales pour réaliser la même production) et le temps d'ouverture.

Taux de service (TS)

Le taux de service mesure la performance de la tenue des délais. Il se calcule comme la proportion des commandes livrées complètes à l'heure parmi l'ensemble des commandes acceptées. Pour qu'il puisse servir à l'analyse et à l'amélioration, il doit être accompagné d'une décomposition des pertes qui permette de connaître les causes de défaillance du service par ordre d'importance.

TPM

TPM est un système de management centré sur le maintien des performances de l'usine, et en particulier de ses équipements. TPM propose d'organiser les activités des exploitants autour de quelques grands principes, dont les principaux sont la mesure et la réduction des pertes

© Dunod – La photocopie non autorisée est un délit

majeures de productivité (le TRS), l'auto-maintenance, la maintenance préventive, et la formation.

Usine Idéale

Usine Idéale est une méthode de management des projets d'industrialisation. Elle a pour principe fondamental l'implication des futurs utilisateurs directs des moyens de production dans la conception des nouveaux équipements et des nouveaux flux de production. Son objectif est double : atteindre plus rapidement un nouveau niveau de productivité et susciter l'adhésion des équipes.

Valeur ajoutée

Les activités à valeur ajoutée sont celles pour lesquelles le client serait prêt à payer. Au sens strict, ce sont les activités qui ajoutent de la valeur au produit. En fabrication, ce sont les opérations qui transforment la matière.

Visible Planning

Visible Planning est une méthode de management et d'amélioration continue des équipes de développement, R&D et industrialisation, ou des équipes projet de façon générale. Elle utilise des techniques simples de visualisation et de mise en commun des avancements et des pertes. VP est un développement propre de JMAC.

VRP

VRP est une méthode de maîtrise de la variété des catalogues de produits finis et des nomenclatures de pièces et composants. Elle est l'un des outils principaux qui permettent de rendre les gammes de produits « lean-manufacturables ».

VSM

Le value stream mapping (VSM) ou cartographie du flux de la valeur, ou encore MIFA (material and information flow analysis) est une représentation formalisée des flux de matière et des flux d'information

dans l'usine ou entre sites. Il fait partie des activités de diagnostic et de préparation des chantiers lean.

Waterbeattle ou Milkman

Ce terme est employé pour dénommer les manutentionnaires qui approvisionnent de façon cyclique les bords de ligne de montage. La fréquence de passage du manutentionnaire est le pitch.

Zone sans-retouche

La zone sans-retouche est l'un des éléments de l'implantation standardisée. On décide d'interdire la retouche des pièces dans le flux principal de fabrication. L'opérateur doit arrêter sa machine dès qu'il a un doute sur la qualité et appeler de l'aide s'il ne sait pas résoudre le problème. Il est interdit de continuer à produire et de retoucher la série. Si par exception une retouche est autorisée par la qualité, alors elle doit être réalisée dans une zone hors-flux et mise en évidence.

Bibliographie

ABEGGLEN J. C., *21st century Japanese management : new systems, lasting values*, Palgrave MacMillan, 2004.

AOSHIMA Y., TAKEISHI A., *Shimano : business case book n° 1 edited by Hitotsubashi Business Review*, Toyo Keizai Shinposha, 2003.

BLONDEL F., *Gestion de la production*, Dunod, 5e édition, 2007.

BOSSIDY L., CHARAN R., *Tout est dans l'exécution*, First, 2003.

CHAPEAUCOU R., *Techniques d'amélioration continue en production*, Dunod, 2003.

DUGGAN K. J., *Creating mixed model value streams*, Productivity Press, 2007.

FUJIMOTO T., « Organisational capabilities and product architecture », *in* H. Itami (ed.) *et al.*, *Readings on the Japanese firm as a system, II. Vol.3: Strategy and innovation*, Yuhikaku, 2006.

JAPAN MANAGEMENT ASSOCIATION, *Companies who can draw hidden capabilities*, JMA Management Center, 2008.

JMA CONSULTANTS INC., *Investigate the roots of JMA consultants*, Internal booklet, 1990.

Lean Product Development : Making waste transparent, thèse de C. Bauch au MIT en 2004.

LIKER J., *The Toyota Way. 14 Management Principles*, McGraw Hill, 2004.

MISHINA K., *The Logic of strategy failure*, Toyo Keizai Shinposha, 2004.

MORGAN J., LIKER J., *The Toyota Product Development System: Integrating people, process and technology*, Productivity Press, 2006.

NAKAJIMA S., *La Maintenance productive totale (TPM)*, Afnor, 1990.

NAKHLA M., *L'Essentiel du management industriel*, Dunod, 2e édition, 2009.

SHIROSE K., *TPM for workshop leaders*, Productivity Press, 1992.

SHIROSE K., KANEDA M., KIMURA Y, *PM-Analysis*, Productivity Press, 1995.

SUZUE T., *Cost Half*, Productivity Press, 2002.

SUZUE T., KOHDATE A., *Variety Reduction Program (VRP) : A production strategy for product diversification*, Productivity Press, 1990.

TIDD J., IZUMIMOTO Y., « Knowledge exchange and learning through international joint ventures: an Anglo-Japanese experience », *Technovation*, n° 22, p. 137-145, 2002.

WALTON M., *Strategies for lean product development*, Lean Aerospace Initiative, MIT, 1999.

WOMACK J. P., JONES D. T., ROOS D., *Le Système qui va changer le monde*, Dunod, 1993.

ZANDIN K. B, *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, McGraw Hill, 2001.

Index

5 S 19, 22, 42, 49, 166, 174

A
Andon 107
autonomation 35, 106

C
chantier 12, 39, 157

F
flux tiré 29, 47, 165

G
gemba 3, 120

H
heijunka 25, 171

J
JIT 29

K
kanban 42, 47, 49, 165, 174

L
lead time 10, 94, 158

M
maintenance autonome 152, 154
monozukuri 8
MOST 12, 117, 127
MTBF 87, 153
MTM 117
MTTR 87, 153
muda 8, 10, 94, 121

O
observation
– continue 122, 123
– instantanée 123

P
pitch 25
process 4, 12, 79, 82, 99, 104, 165

S
SMED 4, 11, 36, 42, 49, 80, 87, 169, 174

T
takt time 31, 165
temps de passage 161
TPM 42, 136, 174
TRS 9, 14, 87, 136, 153, 157, 159
TS (taux de service) 94, 161

U
Usine Idéale 69, 74, 82

V
visible planning 55, 57, 59, 60
VRP (variety reduction program) 55, 62
VSM (value stream mapping) 162