

AVIS D'EXPERT

MRP, Lean, 6-sigma, TOC, DDMRP : quelle démarche à adopter pour viser l'excellence opérationnelle en production ?

Les diverses approches développées ces cinquante dernières années (figure 1) visant à améliorer les performances opérationnelles en production ont conduit au concept d'excellence opérationnelle. Ces diverses démarches, qu'il s'agisse du MRP¹, du Lean associé au 6-sigma, de la théorie des contraintes ou plus récemment du DDMRP², ont, en effet, un même objectif : respecter les délais, livrer en quantité et en qualité les produits commandés par les clients.

Il serait erroné de défendre seulement l'une ou l'autre de ces démarches ou encore d'adopter les préceptes de l'une en ignorant ceux des autres. Nous allons, en effet, montrer dans cet article qu'il est plus pertinent de considérer le MRP, le Lean 6-sigma et la théorie des contraintes comme des approches complémentaires. Même si certaines de celles-ci semblent, en effet, plus adaptées que d'autres en fonction du contexte, elles ont toutes un seul et même but : **viser l'excellence opérationnelle**.

La quête de la satisfaction client, au cœur de l'excellence opérationnelle, consistant à livrer ni trop ni trop peu, ni trop tard ni trop tôt des produits conformes est finalement un objectif de production « *juste-à-temps* », souvent confondu avec l'approche Lean. Le MRP et la théorie des contraintes poursuivent également ce but qui est le **dénominateur commun des diverses démarches d'excellence opérationnelle** : en effet, les calculs MRP permettant



Régis Brigaud,

fondateur du cabinet Blue Lean Consulting³

d'établir le plan directeur de production puis le calcul des besoins nets tiennent compte du temps de cycle et du coefficient de nomenclature de chaque composant pour déclencher des ordres de fabrications à des dates permettant aux livraisons de produits finis d'être parfaitement alignées sur la prévision des ventes, en quantité et en temps⁴. De même, la technique de synchronisation développée par la théorie des contraintes focalise l'ordonnement de la production sur le goulot qui détermine le débit du flux, le niveau des stocks et le respect des délais. Même si ces diverses approches sont nées des lacunes constatées des démarches précédentes, elles ont su tenir compte des avan-

cées permises par chacune d'entre elles.

Commençons par rappeler ce qui définit chacune de ces démarches d'excellence opérationnelle puis analysons en quoi elles se complètent.

LE MRP

Né dans les années 60 aux Etats-Unis des travaux de Joseph Orlicky, le « *material requirements planning* » est l'un des premiers outils de gestion de la production assistée par ordinateur (GPAO) entrés dans les entreprises. Il permettait, dans un premier temps, de réaliser le calcul des besoins en matières. Jusqu'alors, la gestion traditionnelle des stocks, depuis Henry Ford, consistait à traiter chaque article indépendamment les uns des autres sans se soucier des dates de besoin, en se basant sur l'historique de leur consommation tout en gérant le risque de rupture d'approvisionnement par la mise en place d'un stock de sécurité. A contrario, le principe d'Orlicky était de considérer que les besoins en articles dépendants devaient être calculés avec l'aide des nomenclatures sur la base des prévisions de vente des produits finis. De nouvelles versions du MRP, développées dans les années 70, ont étendu son périmètre aux calculs des besoins en composants et en ressources de tous types. Le module actuellement intégré dans les ERP⁵ n'a quasiment pas évolué depuis la version MRP2.

On dit que les productions gouvernés

1. Manufacturing resources planning.

2. Demand-driven MRP.

3. www.bluelean.fr.

4. Si la demande réelle correspond exactement à la prévision et sans aucun aléa de production.

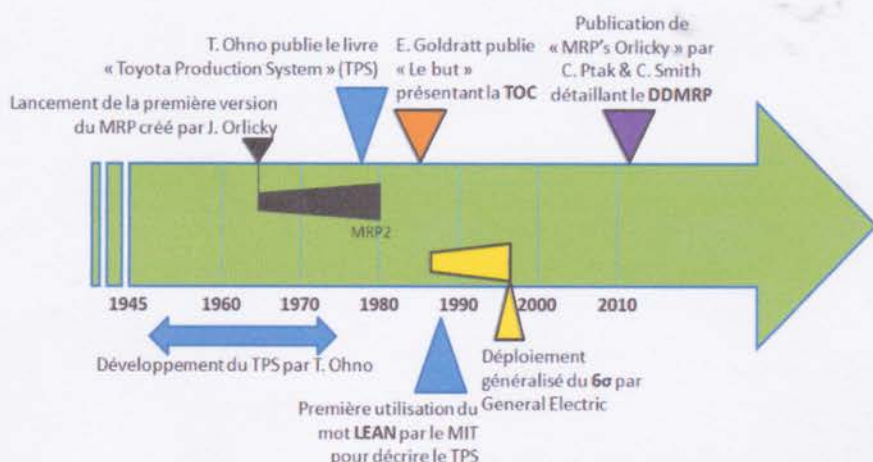
5. Enterprise resources planning.

par un MRP conduit à une gestion de la production en « flux poussé » dans la mesure où les ordres de fabrication, établis sur la base des prévisions de vente, sont injectés en début de gamme puis traités au fur et à mesure de leur arrivée dans les postes en aval du cycle de production.

LE LEAN

Même si les deux appellations sont souvent accolées, le Lean et le 6-sigma sont deux démarches d'amélioration des performances opérationnelles d'origines différentes. Le Lean prend appui sur le « Toyota Production System » développé par Taïchi Ohno, au Japon, dans les années 1970 et théorisé par le M.I.T. à la fin des années 80. Sa finalité est de maximiser la valeur ajoutée pour le client par une « gestion au plus juste ».

La principale règle d'or du Lean est de ne produire que ce dont le poste aval a besoin, au moment où il en a besoin. De cette règle, découlent les deux autres moteurs du Lean que sont l'amélioration continue et l'intelligence collective. En effet, pour que chaque poste se conforme à la règle énoncée plus haut, il est nécessaire qu'il concède des efforts d'amélioration en flexibilité, fluidité et qualité. Ces efforts permanents sont à conduire par les



Frise chronologique présentant l'émergence des diverses approches participant à l'excellence opérationnelle en production.

personnes qui connaissent le mieux les processus, c'est-à-dire les personnels de mise en œuvre de ces processus : c'est ainsi que le Lean défend l'idée selon laquelle l'entreprise a besoin de tous ses employés pour améliorer la performance collective, afin de transformer l'entreprise en « organisation apprenante », qui sait capitaliser et apprendre de ses erreurs.

Le déploiement du Lean comprend trois leviers principaux (figure 2) :

- Les flux : c'est le pilier « juste-à-temps » dont la technique de synchronisation est le « flux tiré » par la demande avec la mise en œuvre

de « kanbans », signaux envoyés vers l'amont autorisant à produire la quantité prélevée par le poste aval,

- Les produits : c'est le pilier « qualité » (également appelé « Jidoka ») dont l'objectif peut se résumer par produire « bon du premier coup », et,
- Le pilotage de la performance, garant de la pérennité des gains réalisés.

LE 6-SIGMA

Le « 6-sigma » est une approche globale d'amélioration de la satisfaction du client, développée aux Etats-Unis par Motorola, puis généralisée par General Electric dans les années 90, qui englobe, à la fois, un objectif « qualité » (moins de 3,4 pièces défectueuses par million de pièces produites) et une démarche de résolution de problème, structurée en mode projet, suivant l'acronyme DMAIC⁶.

C'est une approche qui va au-delà des outils standards de résolution de problème du Lean : il ne s'agit pas, seulement, de « faire parler les hommes » mais surtout de « faire parler les processus » afin de découvrir la fonction de transfert qui relie les paramètres de sortie du processus aux

6. Cette méthode comprend 5 étapes : define – mesure – analyse – improve et control.

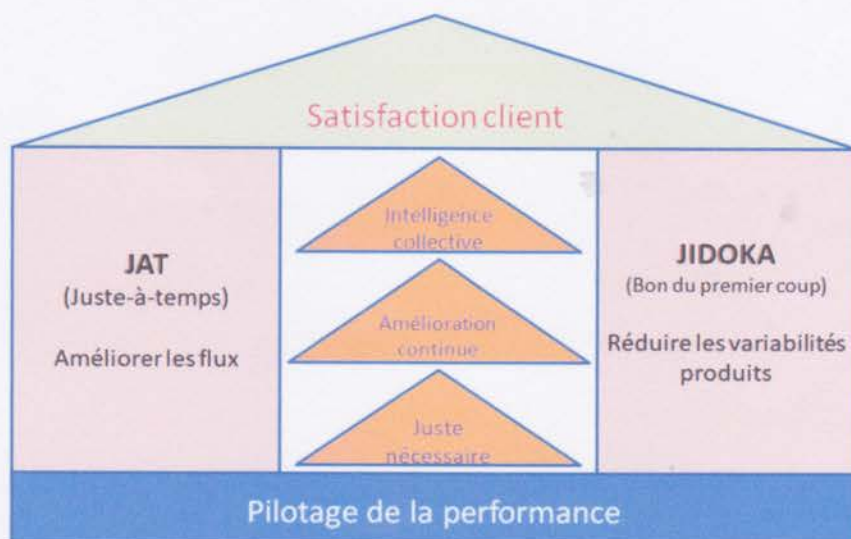
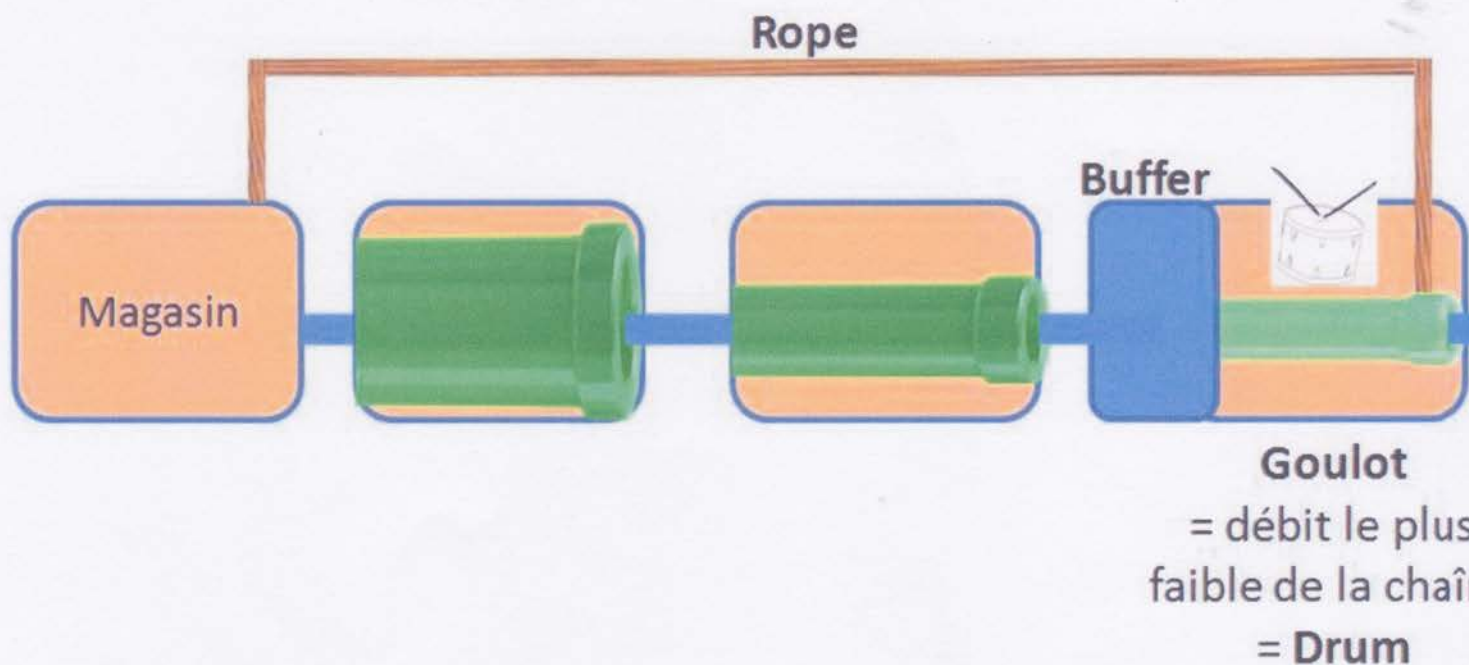


Figure 2 : La « maison » Lean (inspirée du Toyota Production System)



paramètres d'entrée influents sur la qualité. Cette fonction de transfert est alors exploitée pour piloter la qualité.

Les armes du 6-sigma sont **les statistiques** avec, notamment deux outils puissants que sont les cartes de contrôle, et, les plans d'expérience.

LA THÉORIE DES CONTRAINTES

La théorie des contraintes ou TOC (theory of constraints) est née des travaux d'Eliyahu Goldratt qui l'a vulgarisée dans son célèbre livre « *Le but* » (1984). La TOC part du postulat selon lequel **tout système de production présente au moins un point de déséquilibre** entre charge et capacité. Si cette contrainte ne permet pas de répondre à la demande client, elle prend l'appellation de « *goulot* ». Cette contrainte limite non seulement le débit du goulot mais l'ensemble de la performance de l'entreprise.

La théorie des contraintes propose donc une méthode visant à optimiser les flux par le pilotage de ce goulot : la méthode DBR pour drum-buffer-rope (tambour – tampon – corde). Le goulot représente le tambour qui rythme et limite le flux de toute l'entreprise. Il convient de le protéger par un stock de sécurité (le tampon) et de compléter le dispositif par un moyen (la corde) qui limite les lancements à l'entrée du flux pour limiter l'en-cours de production en amont du goulot (Figure 3).

LE DDMRP

Le DDMRP que l'on peut traduire en français par « *MRP piloté par la demande* », est un outil d'ordonnancement de la production, qui a été détaillé par Ptak et Smith dans le livre « *Orlicky's MRP* » (2011). Il a pour objectif de produire « *juste-à-temps* » actant des deux principaux défauts inhérents au modèle MRP :

- le fait que les ordres de fabrications soient établis sur la base de prévisions plus ou moins justes, et,
- la non prise en compte des aléas de production et des variabilités de la demande.

Le DDMRP comprime les cycles pour répondre à la demande client tout en absorbant les variabilités (aléas, variations de la demande) **par la mise en place de buffers à des points stratégiques de la chaîne de production**. Ceux-ci permettent de découpler la production de la demande en jouant le rôle d'amortisseurs. Les ordres de fabrication en amont des boucles découplées sont transmis quotidiennement par une comparaison du buffer avec l'en-cours réel dans la boucle, corrigée de la demande quotidienne réelle. Cette comparaison, appelée « *équation de flux* », permet d'insuffler le long de la production un flux tiré par la demande réelle. Les diverses variabilités sont amorties par l'entretien d'en-cours d'autant plus importants que ces variabilités sont jugées élevées.

7. Cet ouvrage a battu des records de vente depuis 1984 et a été classé par le magazine Times parmi les 25 livres de management les plus influents de tous les temps.

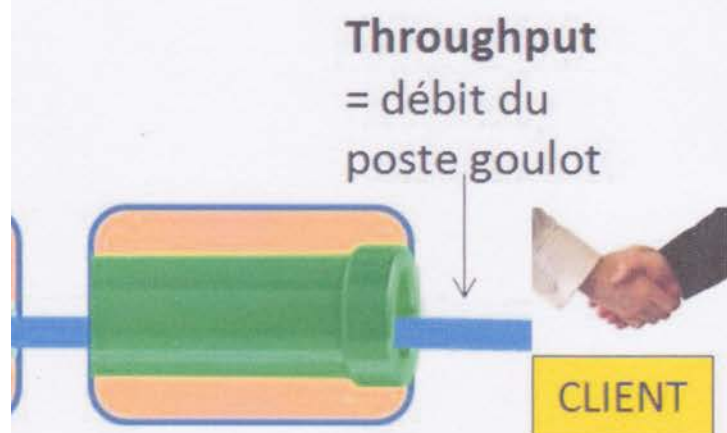


Figure 3 : Illustration du pilotage de la production selon la méthode DBR.

LA COMPLÉMENTARITÉ DES DIVERSES DÉMARCHES D'EXCELLENCE OPÉRATIONNELLE

Avant l'émergence du Lean, la seule démarche rationnelle de planification de la production à disposition des entreprises était l'approche MRP. Celle-ci donnait satisfaction et permettait globalement d'atteindre l'objectif de production « *juste-à-temps* ».

Alors pourquoi Taïchi Ohno a-t-il ressenti le besoin de bâtir une nouvelle méthode « *juste-à-temps* » qui, en quelques décennies, a connu un succès mondial et ce quel que soit le secteur d'activités ?

Le rapport entre l'offre et la demande s'est rapidement inversé après-guerre ; les produits se sont personnalisés et les séries sont devenues plus petites : il est devenu de plus en plus hasardeux d'établir avec confiance une prévision des ventes. Or, c'est cette prévision des ventes qui est la base des calculs du MRP : les écarts entre prévision et consommation réelle, conjugués aux diverses variabilités des processus de production que les calculs MRP n'ont pas la puissance de prendre en compte en temps réel ont conduit à accumuler des stocks et à augmenter les cycles dans les entreprises dont la production est lancée par un MRP. Ces stocks ont eu pour effet de masquer les problèmes « *qualité* » qui n'ont jamais été réglés dans ces entreprises. Elles sont alors entrées dans un cercle infernal : plus les stocks augmentaient, plus les paramètres

de cycles pris en compte par le MRP étaient réévalués⁸, conduisant à lancer des ordres de fabrication encore plus tôt et donc à créer toujours plus de stocks !

C'est dans ce contexte que le modèle créé par Ohno est né avec pour principal effet de venir combler la lacune principale du modèle MRP : l'ordonnement de la production, c'est-à-dire la synchronisation fine des postes de travail dans l'atelier. Ainsi, la principale force du « *juste-à-temps* » selon l'approche Lean est de synchroniser la production en temps réel : chaque poste ne produit que ce qui est effectivement consommé par le poste suivant, compte tenu de la demande réelle et des effets de la variabilité des processus de production : le flux est alors tiré par la demande réelle. Ce modèle a pour vertu d'imposer aux postes amonts des efforts de flexibilité, fluidité et qualité pour pouvoir livrer en petites quantités les postes aval, devenus chacun le client du poste qui le précède. C'est ainsi que sont nés les outils 5S, SMED, Andon, Poka-Yoke, TPM, etc....

Faut-il pour autant « *débrancher* » le MRP dans les entreprises converties au Lean ? Ce serait oublier les principales vertus du modèle MRP qui impose aux entreprises de structurer de manière rationnelle leur production en définissant les nomenclatures, les gammes et les centres de production avec des capacités et des performances mesurées. Cette structuration permet alors d'exploiter pleinement la partie haute du modèle MRP (Figure 4), le processus PIC/PDP⁹, qui fournit une planification moyen/long terme de la production : celle-ci permet alors d'apporter de la visibilité aux fournisseurs, de prévoir les investissements futurs ou encore de planifier les besoins en ressources humaines (embauches/formations), en un mot, de permettre à l'entreprise de se projeter dans l'avenir et d'avoir une vision stratégique.

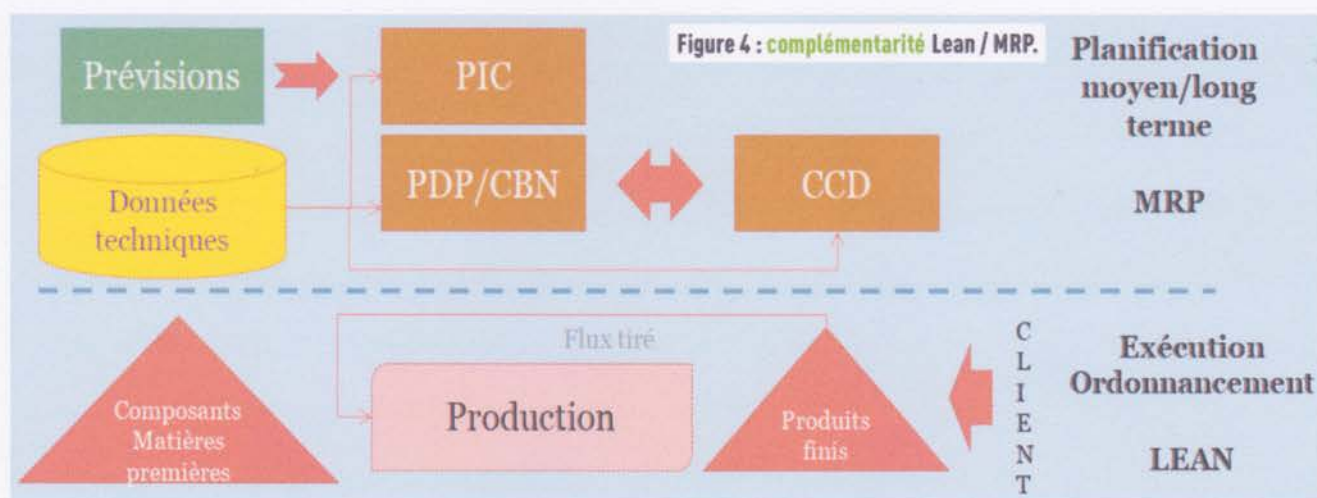
La méthode 6-sigma est, avant tout, une méthode « *qualité* » et non pas une méthode de synchronisation des flux : elle est rapidement venue renforcer le pilier « *qualité* » du Lean, en complétant sa boîte à outils. Il s'agit de produire « *bon du premier coup* » en apportant la puissance des statistiques :

- Pour déterminer la meilleure combinaison des paramètres d'entrée permettant de maîtriser une caractéristique « *qualité* » (plans d'expérience), et,
- Pour anticiper les problèmes qualité avant qu'ils ne conduisent à rebuter des pièces par une identification de la capacité des processus (maîtrise statistique des procédés et cartes de contrôle).

On comprend alors aisément la complémentarité des approches

8. On constate fréquemment que les temps de cycles paramétrés dans les MRP sont largement supérieurs aux véritables temps de traversée technique (lead time) des opérations.

9. Plan industriel et commercial / plan directeur de production.



Lean et 6-sigma, qui sont souvent fusionnées. Il nous faut, maintenant, comprendre pourquoi la théorie des contraintes a émergé et en quoi elle vient s'opposer au Lean ou bien le compléter.

La très large application du Lean, depuis les années 80/90, dans de nombreux secteurs industriels, n'a pourtant pas connu que des succès. Une des premières raisons est que la démarche forme un tout cohérent et qu'une application trop formatée ou partielle, souvent restreinte au pilier flux sans développement du pilier qualité et du socle consistant à piloter la performance conduit à des avancées qui ne tiennent pas dans le temps. Un autre raison est que le Lean dont la synchronisation repose en grande partie sur le « kanban » ne s'applique qu'à des productions répétitives pour lesquelles le débit est à la fois régulier et suffisamment important pour justifier les dépôts de stockage entre les postes, servant de tampon le temps que la boucle « kanban » vienne réapprovisionner les pièces consommées par le poste aval.

Il est, en effet, faux de considérer que le Lean conduit à une production « zéro stock » : les boucles « kanban » s'appuient, en effet, sur des stocks « tampon » pour chaque référence de produits qui permettent d'absorber les variabilités de la demande client et les aléas de la production. Cependant lorsque la production n'est pas régulière ou lorsque les processus de production ne sont pas suffisamment performants (fiabilité, flexibilité, qualité) ou encore lorsque le volume de production ne permet pas de justifier les stocks intermédiaires tels que calculés par les boucles « kanban », la mise en œuvre du Lean s'avère lourde, voire inefficace.

C'est alors que la méthode DBR développée par la théorie des contraintes prend tout son sens : plutôt que de vouloir aligner les temps de cycles de chaque poste sur le Takt time, comme le préconise le Lean, la TOC s'attache à piloter le goulot et à

maintenir des excédents de capacités en amont et en aval de celui-ci : avec la TOC, les stocks de sécurité du modèle MRP ou les dépôts de stockage du Lean sont convertis en excédent de capacité. La mise en œuvre est moins lourde que celle des boucles « kanban » et moins exigeante en matière de maîtrise de la performance du processus de production : elle nécessite cependant de piloter un goulot fiable tout en subordonnant les autres ressources aux besoins de celui-ci.

Faut-il pour autant oublier le Lean 6-sigma lorsque l'on pilote une production selon les principes de la théorie des contraintes ?

La réponse a été apportée par Jacob et Bergland dans le livre « Velocity » (2010), qui suggère de combiner les trois disciplines afin d'obtenir de véritables percées dans l'amélioration des performances. La TOC permet de stabiliser la production au rythme du goulot et la rendre robuste aux aléas alors que le Lean et le 6-sigma permettent de porter des efforts ciblés et efficaces :

- d'amélioration de la productivité et de la qualité sur le goulot, source de croissance pour l'entreprise et,
- de réduction de la variabilité (qualité), des en-cours (tailles de lot) et du temps de cycle sur les ressources non-goulot, afin de protéger le goulot.

Ainsi, la TOC nécessite également de s'appuyer sur un processus d'amélioration continue que le Lean, associé au 6-sigma est en mesure de lui apporter.

Que penser alors de l'arrivée récente d'une nouvelle méthode d'excellence opérationnelle, appelée DDMRP ?

Les créateurs de la méthode DDMRP présentent volontiers leur approche comme une synthèse des approches MRP, Lean et TOC : il est vrai qu'une analyse minutieuse du dimensionnement des buffers caractérisant l'approche DDMRP montre

une certaine similitude avec le calcul des tableaux « *kanban* » (zones rouge, orange et verte) et que le choix des emplacements stratégiques pour positionner ces buffers (à l'avant des goulots, par exemple) s'appuie en partie sur les préceptes de la TOC. Ainsi, on pourrait comparer le DDMRP à un « *kanban* » informatique permettant de faire remonter vers l'amont la demande client via des ordres de fabrication déclenchés grâce à l'équation de flux.

Enfin, les approches Lean et 6 sigma, ne sont pas remises en cause par le DDMRP et restent totalement nécessaires à l'amélioration continue car, comme le montrent les règles de dimensionnement des buffers, ces derniers sont directement liés au délai de réapprovisionnement de fabrication et à la variabilité des processus. Donc plus on tend à les réduire, plus les buffers, et donc le stock moyen, seront faibles. La mise en œuvre du DDMRP peut, cependant, conduire à des niveaux d'en-cours importants lorsque la chaîne de production est soumise à de fortes variabilités (aléas de production et demande client) et s'avérer coûteuse. Il devient alors plus pertinent d'adopter une synchronisation s'appuyant sur les principes de la TOC, renforcée par des outils issus des autres démarches d'excellence opérationnelle. Ainsi, le déploiement de la méthode DBR (théorie des contraintes) peut s'avérer particulièrement efficace avec la mise en place de kanbans en amont du goulot, remontant jusqu'au poste de lancement de la production. La fiabilité du goulot pourra, par ailleurs, être améliorée par le déploiement d'outils Lean (par exemple : un chantier TPM¹⁰) et la qualité des pièces alimentant le goulot pourra sensiblement être améliorée par la mise en œuvre du 6-sigma (cartes de contrôle) sur les postes en amont du goulot.

CONCLUSION

Malgré le nombre croissant d'approches d'excellence opérationnelle qui s'offrent aux managers de production, il serait erroné d'adopter la dernière-née ou la plus répandue dans tel ou tel secteur d'activité. Il serait également vain d'en défendre une seule en cherchant absolument à prouver en quoi les autres seraient fragiles.

Comme nous l'avons montré, **ces diverses approches se complètent** et certaines se révèlent parfois plus adaptées que d'autres en fonction du contexte de production ou de la culture de l'entreprise.

Nous pensons, en particulier, que la mise en œuvre d'un MRP est une condition nécessaire à la structuration de toute production, ne serait-ce que pour la planification moyen/long terme. Son emploi dans l'atelier peut même s'avérer pertinente lorsque les cycles de fabrication sont inférieurs aux délais de livraison client : en effet, les calculs de besoins nets s'appuient alors sur des commandes fermes, ce qui évite les accumulations de stocks inutiles que le MRP engendre lorsque les prévisions sont hasardeuses. Dès lors que le processus de production ou la demande client sont sujets à des variabilités, il devient préférable de piloter la production en s'appuyant sur des méthodes qui prennent en compte la réalité du terrain pour viser une production « *juste-à-temps* ».

Le Lean et l'outil « *kanban* » permettent de réduire drastiquement les stocks

10. Total Productive Maintenance.

et donc les cycles constatés par la prise en compte de la consommation réelle. C'est également le cas de la méthode DDMRP qui peut être considérée comme un « *kanban* » informatique. En revanche, le *kanban* ne peut se déployer que sur des productions répétitives et performantes (fiabilité, flexibilité, qualité). Il a également l'inconvénient de ne pas offrir de solution pour rattraper un retard engendré par un aléa de production puisque les capacités sont alignées sur le Takt time et saturées (à moins de déployer des heures supplémentaires, ce qui peut, selon la culture de l'entreprise, présenter plus ou moins de difficultés). Dans ce cas, il est alors préférable de mettre en œuvre la théorie des contraintes qui focalise son attention sur la maximisation du débit du goulot tout en protégeant globalement la chaîne de production par le maintien d'excédents de capacité. Cependant, la performance de l'usine est alors subordonnée à la fiabilité du goulot qui peut s'avérer une faiblesse de la chaîne.

Ainsi, **aucune des approches d'excellence opérationnelle ne peut être considérée comme la « meilleure » méthode !** Elles ont toutes la même finalité, produire « *juste-à-temps* », et nécessitent toutes le soutien d'un processus d'amélioration continue pour faire progresser la flexibilité, la fiabilité et la qualité du processus de production. Il faut également garder à l'esprit que chacune d'entre elles est adaptée aux conditions de mise en œuvre qui ont justifié son développement. **Pour atteindre l'excellence opérationnelle, l'expérience montre donc qu'il est nécessaire de savoir associer et adapter les pratiques de toutes ces méthodes.**

Régis Brigaud

Un X-Sup'Aéro dans l'aéronautique et la défense

Régis Brigaud a fondé en 2016 le cabinet de conseils et de formation Blue Lean Consulting. Diplômé de l'école polytechnique et de sup'aéro, il a réalisé une grande partie de sa carrière d'ingénieur dans l'aéronautique et la défense. Il est également l'auteur d'un livre de vulgarisation sur l'Excellence Opérationnelle.