

Proposition d'un modèle sur la complexité de la relation "Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive"- Cas d'une PME marocaine dans le secteur thermomécanique

Ikram TAJRI

Equipe de recherche Ingénierie, management et optimisation des systèmes (IMOSYS),
Département du Génie Industriel,
Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat- Maroc
tajriikram@gmail.com

Abdelghani Cherkaoui

Equipe de recherche Ingénierie, management et optimisation des systèmes (IMOSYS),
Département du Génie Industriel,
Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat- Maroc
cherkawi@emi.ac.ma

Résumé— Dans un contexte de concurrence mondiale, maintenir ou renforcer sa compétitivité tout en conservant ses marges devient une priorité pour toute entreprise. Parmi toutes les pratiques, le système Lean a incontestablement fait ses preuves. Il rend l'entreprise plus performante en termes de qualité, de coûts et de délais par une gestion rationnelle des flux.

Si l'impact positif du Lean sur la performance de l'entreprise a été démontré, son impact sur l'Homme ne l'est pas pour autant et plusieurs travaux de recherche ont montré que le Lean est une organisation qui génère du stress pour les employés. Cette réalité appelle l'ergonomie cognitive à produire les connaissances nécessaires permettant une meilleure interaction entre l'espace cognitif de l'employé et son environnement de travail.

Dans cet article nous proposons tout d'abord un modèle sur la complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive ». À travers ce modèle, nous montrons que le Lean est une organisation qui améliore la performance de l'entreprise. Ensuite, nous mettons l'emphase sur les effets du Lean sur les employés avec un focus particulier sur le stress généré par le Lean et nous analysons dans le même sens la relation « Stress - Performance ». Enfin, nous abordons le rôle de l'ergonomie cognitive dans l'amélioration des performances de l'entreprise et l'amélioration de l'interaction du Lean avec l'espace cognitif de l'employé à travers les aides cognitives.

Nous abordons aussi, dans cet article, les questionnaires permettant d'expérimenter notre modèle et nous présentons, en fin, les résultats de son expérimentation dans le cadre d'une entreprise marocaine dans le secteur thermomécanique. Les résultats collectés ont permis de confirmer les différentes hypothèses formulées dans le cadre de notre modélisation.

Mots clés — *Lean; performance; stress; ergonomie cognitive; aides cognitive*

I. INTRODUCTION

Face à une concurrence internationale de plus en plus vive et à des impératifs de performance de plus en plus croissants, les entreprises doivent mettre en œuvre les leviers de croissance essentiels et faire preuve d'agilité et d'adaptation pour gagner en compétitivité. Le Lean constitue, dans ce sens, une voie d'avenir pour améliorer la compétitivité de l'entreprise, réduire les surcoûts et augmenter sa rentabilité.

En plus de la mise en œuvre d'un ensemble de techniques et d'outils, le Lean est un mode de management qui repose sur le facteur humain et suggère que le personnel travaille avec un état d'esprit orienté vers la réduction des pertes et du gaspillage. La motivation et les comportements des Hommes sont des conditions nécessaires pour une intégration réussie du Lean.

Si les effets positifs du Lean sur les performances de l'entreprise ont été démontrés, ses effets sur les employés ne le sont pas pour autant et plusieurs recherches ont montré que le Lean génère du stress. Dans ce sens, l'intervention de l'ergonomie cognitive pour sa conception et son implémentation semble importante pour mieux gérer ce stress en améliorant l'interaction des employés avec un environnement Lean.

Dans cet article, nous présentons un modèle sur la complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive ». Ce modèle permet d'illustrer, tout d'abord, l'impact du Lean sur l'amélioration des performances de l'entreprise. Il aborde, ensuite, les effets du Lean sur les employés tout en mettant l'emphase sur le stress généré par le Lean. Enfin, le modèle souligne le rôle de l'ergonomie cognitive pour améliorer les performances de l'entreprise et

assurer une meilleure adéquation entre l'environnement Lean et l'espace cognitif de l'Homme à travers les aides cognitives.

Nous abordons aussi, dans cet article, les principes des questionnaires qui permettront d'expérimenter le modèle proposé et nous présentons, dans le même sens, les résultats de son expérimentation dans le cadre d'une entreprise marocaine dans le secteur thermomécanique. Les résultats collectés ont confirmé les différentes hypothèses formulées dans le cadre de notre modélisation.

II. PROPOSITION D'UN MODÈLE EXPLICATIF DE LA COMPLEXITÉ DE LA RELATION « LEAN, ENTREPRISE, EMPLOYÉ & ERGONOMIE COGNITIVE »

A. La construction du modèle

A partir des recherches, analyses et synthèses bibliographiques sur les champs disciplinaires Lean, ergonomie et stress, nous avons mis en évidence les relations suivantes :

- La relation « Lean-Entreprise » : émergence de la performance :

Le Lean est une organisation intéressante faisant progresser la performance et les résultats de l'entreprise. Ceci est confirmé par les travaux de Alarcón et al. [1], par l'étude McKinsey [2] et aussi les travaux de Rivera et al. [3], Abdulmalek et al. [4] et De Treville et al. [5].

La définition de la performance par Ganster et Perrewé [6] comme « un ensemble de comportements engagés par des employés et qui sont pertinents pour atteindre les objectifs organisationnels », montre que d'une part la performance est réalisée par les employés avec leurs caractéristiques cognitives (capacités et limites) et d'autres part, la performance est mesurée en comparant le travail réel et le travail prescrit.

- La relation « Lean-Homme » : émergence du stress :

Le Lean est une organisation qui a des impacts positifs sur les employés et sur leurs conditions de travail. Ceci a été confirmé par les travaux de Berggren (1992) (cité par [7]), les travaux de Ballé ([8] et [9]) et les travaux de (Hopp et Spearman, 1996; Monden, 1983; Womack et al, 1990 ; Mac Duffie (1995a: 1998)) cité par [5].

D'autres travaux ont montré que le Lean entraîne aussi des impacts négatifs pour les employés. Cela a été appuyé par les

travaux de De Treville et al. [5], Womack et al. [28], Ballé [9], Jackson et Mullarkey [10], Ferreira [11], Conti et al. [12], P. Hasle [13] et B. Lyonnet [29]. Ces impacts négatifs génèrent du stress qui, à son tour, influence la performance de l'entreprise selon les travaux de Légeron [14], Laurent M.C. [15], Jex cité par [6] et S. Moors [16]. Il faudrait noter à ce niveau que le stress perçu par les employés est subjectif. Il s'opère en effet une comparaison entre ce qu'on demande de l'employé (exigences de l'entreprise) et ses capacités à répondre à ces exigences (caractéristiques de l'employé) ou ce qu'on met à sa disposition pour faire face aux exigences (latitude décisionnelle, récompenses...). Cela a été expliqué par les modèles de Karasek ((Karasek, 1979) cité par [15], [17] et [18]), Siegrist ((Siegrist et al., 1997) cité par [15]) et Mackay et Cooper ((Mackay et Cooper, 1987) cité par [17]).

- La relation « Lean-Ergonomie » :

Selon Bourgeois et Gonon [19], il existe entre l'ergonomie et le Lean des points d'entente (notamment avec l'ergonomie physique) et des points de divergence (avec l'ergonomie cognitive).

- La relation « Entreprise- Ergonomie » :

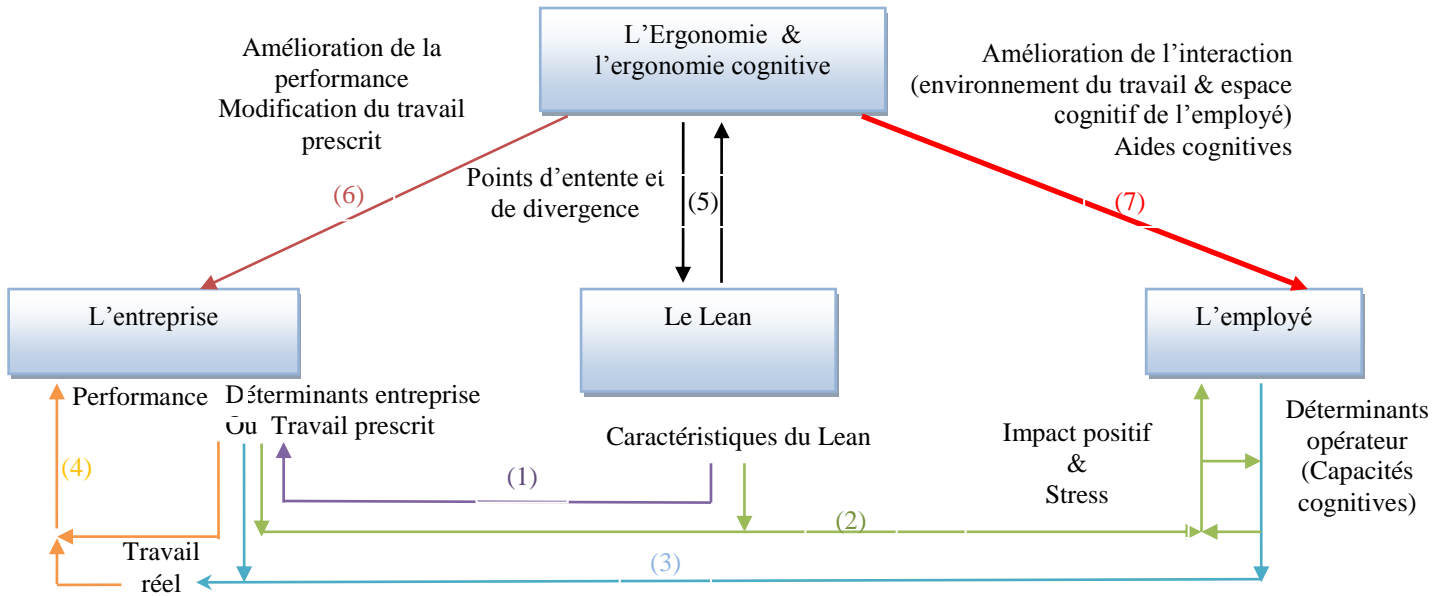
L'ergonomie est abordée aujourd'hui aussi du point de vue performance. En effet, les définitions récentes de cette discipline explicitent le rôle de l'ergonomie dans la promotion de la performance de l'entreprise. Ceci se confirme par les travaux de [20], [21], [22], F. DANIELLOU, l'Association Internationale d'Ergonomie (IEA) et la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF). Dans le même sens, les travaux de Koningsveld [23], abordent, avec plus de détail, l'impact de l'ergonomie sur la performance de l'entreprise en termes d'augmentation de productivité, réduction des coûts opérationnels, amélioration de la compétitivité et des valeurs de la société.

- La relation «Homme-Ergonomie » :

L'ergonomie cognitive propose des aides cognitives (voir par exemple [24]) et des dispositifs afin d'améliorer l'interaction de l'espace cognitif de l'Homme avec l'environnement de travail.

L'agrégation de ces relations donne le modèle global suivant (figure n°1) et qui modélise la complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé et Ergonomie Cognitive » :

Fig. 1. Modélisation de la complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive »



Les 'déterminants entreprise' désignent ce que l'entreprise met à la disposition de l'employé et qui conditionne ou influence son travail. Ils incluent :

- les moyens techniques mis à disposition (ex. le matériel),
- l'environnement physique de travail (ex. le milieu),
- la capacité du système,
- la conception de la tâche : les objectifs à atteindre, la manière de les atteindre, les consignes et procédures à suivre, la répartition des tâches entre les différents opérateurs,
- la conception de l'environnement de travail : l'automatisation, la conception d'interface, les conditions temporelles de travail (horaires, durée),
- les conditions sociales : qualification, salaire, soutien sociale, récompense,
- l'autonomie et la latitude décisionnelle.

Concrètement, les 'déterminants entreprise' représentent le travail prescrit, c'est à dire ce que l'opérateur doit faire et qui est défini par l'organisation. Il recouvre tout ce qui définit le travail (par écrit ou non) de chacun au sein d'une structure donnée ; autrement dit, c'est la manière officielle de faire les choses.

Dans un environnement Lean, les 'déterminants entreprise' se caractérisent par une surcharge de travail, la complexité de la tâche, quantité excessive de travail, exigences mentales, contraintes de temps liées au travail, stresseurs...etc. autrement dit, le Lean influencent le travail prescrit (1).

Les 'déterminants opérateur' : ce qui caractérise l'opérateur et influence ou conditionne son travail. Ils incluent les buts et les objectifs de l'opérateur, les idées préconçues (les attentes), les capacités cognitives, l'expérience et la formation.

Une évaluation cognitive des 'déterminants opérateur' en relation avec les 'déterminants entreprise' et les caractéristiques du Lean (reconnaissance, respect pour l'Homme..) fait ressortir des écarts positifs ou négatifs qui ont un effet sur l'opérateur. Ce processus d'évaluation permet d'évaluer s'il existe un déséquilibre et de déterminer ses conséquences. Selon le déséquilibre ressenti, l'effet sur l'opérateur peut être positif (motivation, performance) ou négatif (stress). L'effet sur l'employé (motivation ou stress) influence à son tour les 'déterminants opérateur' (objectifs, capacités cognitives...) (2).

Dans un environnement Lean, les 'déterminants opérateur' incluent en plus le niveau de compétence (individuelle et collective), la polyvalence, l'engagement sur l'amélioration continue, l'esprit de défi, etc.

L'opérateur face à un travail prescrit (déterminants entreprise) déclenche le processus de réalisation du travail réel selon ses propres déterminants (3).

Le travail réel : correspond à la manière dont l'opérateur pense qu'il agit et la manière dont il agit réellement. C'est son activité. La tâche réelle est donc la représentation que l'utilisateur se fait de son travail.

La comparaison du travail réel avec le travail prescrit fait apparaître un écart qui peut avoir un effet positif (performance, augmentation du chiffre d'affaire, amélioration de l'image de marque, ambiance de travail stimulante, qualité des résultats, augmentation de clientèle,

etc.) ou négatif (malfaçons, diminution de la production et non-respect du délai de livraison, diminution du rendement au travail, diminution de la qualité, anticipation par la surcapacité et les stocks tampons, désorganisation, perte de clientèle, mauvaise image de marque, etc.) (4).

Si le Lean présente plusieurs points d'entente avec l'ergonomie physique, il présente d'autres points de divergence avec l'ergonomie cognitive (5). Les points de divergence entre le Lean et l'ergonomie présentent des limites pour le Lean et qui sont soulevées par l'ergonomie cognitive à travers la proposition des aides cognitives qui influencent à la fois le travail prescrit dans un environnement Lean et les 'déterminants opérateur' ((6) & (7)). L'objectif étant d'améliorer l'interaction entre l'espace cognitif de l'employé et l'environnement de travail et avoir de bonnes performances en conséquence.

B. L'expérimentation du modèle : la construction des questionnaires

Les questionnaires présentent une source d'informations importante pour les ergonomes. En effet, ils permettent d'apporter des réponses individuelles à des interrogations ciblées sur le stress. Les questionnaires peuvent être un outil de référence pour franchir la frontière entre le constat ergonomique et la transformation de la situation de travail.

Les questionnaires sur le stress sont nombreux, avec plus de cent cinquante références bibliographiques proposées par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité). Les trois retenus ici sont validés scientifiquement. Ces questionnaires cités, et bien d'autres, sont multidimensionnels, le nombre de dimensions est variable selon le questionnaire :

- Le Job Content Questionnaire¹ de Karasek (JCQ) ;
- Le WOCCQ package² (Le Working Conditions and Control Questionnaire) ;
- Le NASA TLX³.

Le questionnaire que nous avons proposé s'inspire de ces trois questionnaires et propose de mesurer 14 dimensions de stress perçus par les opérateurs dans une situation problématique. Aussi, ce questionnaire est établi en deux versions : la version opérateur pour remonter le point de vue

opérateur (les stresseurs perçus par l'opérateur) et la version encadrement qui remonte le point de vue entreprise (le point de vue de l'encadrement sur les stresseurs perçus par les opérateurs).

Les 14 dimensions du stress dans notre questionnaire sont classés en deux catégories ([25] et [26]) et ce à partir de l'analyse bibliographique sur les stresseurs déjà proposés, analysés et discutés :

1. Des stresseurs (que nous appellerons par la suite stresseurs 1^{ère} catégorie) que nous pouvons écarter d'une organisation Lean en partant des propriétés de cette organisation par rapport à une organisation classique ;
2. Des stresseurs (que nous appellerons par la suite stresseurs 2^{ème} catégorie) qui concernent le Lean du fait d'éléments intrinsèques au Lean;

Chaque dimension de stress (1 à 14) est mesurée à travers des questions prédéfinies posées à l'encadrement et aux opérateurs travaillant dans une situation problématique. Chaque question est notée sur une échelle de 1 à 3 signifiant faible, moyen et fort.

Le questionnaire destiné à l'encadrement propose, en plus de la mesure des stresseurs, d'évaluer :

- Le niveau de maturité du Lean dans l'entreprise selon les dix dimensions du Lean [27] ;
- Les principales difficultés que l'entreprise a affrontées pour adopter la démarche Lean ;
- L'impact du stress sur la performance (perçu par l'encadrement) ;
- Le rôle de l'ergonomie cognitive pour améliorer l'applicabilité du Lean dans l'entreprise (inspiré des normes de la série ISO 10075 ([30], [31] et [32])).

III. CAS DE L'ENTREPRISE EXTRUS

L'entreprise EXTRUS est un leader national en procédés thermomécaniques (Extrusion). Elle opère dans quatre secteurs d'activité à savoir l'hydraulique, l'agriculture, le bâtiment et l'emballage. L'entreprise a un métier très intégré qui couvre la conception, la fabrication et/ou la commercialisation des produits différents tels que les tuyaux en PVC et en PE, le film en PE et les profilés en PVC.

L'entreprise arrive à offrir à ses clients une large gamme de produits. La clientèle de l'entreprise est très diversifiée et principalement placée sur le plan national alors que ses principaux fournisseurs sont placés à l'étranger (les Etats-Unis et l'Europe).

¹ Le questionnaire suivant est issu de : PISTES © Vol. 7 No. 2 Mai 2005 -- Recherche

<http://www.pistes.uqam.ca/v7n2/articles/v7n2a1.htm>

² Service de Psychologie du Travail de l'Université de Liège
<http://www.wocccq.be>

³ Sandra G. Hart, "NASA-TASK LOAD INDEX (NASA-TLX); 20 YEARS LATER", NASA-Ames Research Center, Moffett Field, CA.

Voir aussi

<http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLXScale.pdf>

A. Présentation du contexte du projet Lean chez l'entreprise EXTRUS

L'entreprise s'est engagée depuis plus de deux ans dans le déploiement des concepts du Lean Manufacturing afin de réduire son coût de revient et pérenniser son avantage compétitif. En effet, cette entreprise enregistre des pertes significatives dans ses unités de production qui l'ont obligées alors à mettre au point une stratégie ambitieuse de réduction des coûts.

Dans l'optique de déployer les concepts Lean et améliorer la satisfaction de ses clients, l'entreprise a choisi 'l'unité de production x' comme zone pilote. En effet, cette unité fabrique plusieurs versions pour le même client et se trouve obligée de constituer un stock pour chaque référence afin de satisfaire la demande diversifiée du client. Cette unité devait ainsi augmenter sa productivité et sa réactivité tout en réduisant ses coûts de fabrication. Pour ce faire, l'entreprise a dû principalement améliorer la disponibilité des équipements de production de cette unité, réduire et maîtriser son temps de changement de série et donc améliorer le taux de rendement synthétique (TRS) et enfin améliorer le taux de respect du planning (taux de service).

B. Evaluation du degré de maturité du Lean

La validation de nos hypothèses nécessite avant tout de mesurer le degré de maturité du Lean au niveau de l'entreprise. La mesure a été faite selon les dix dimensions du Lean [27]. Pour chaque dimension, une échelle de notation est prévue de 0 à 3. Le score obtenu, par dimension, présente le degré d'application du Lean selon cette dimension vu par le responsable Lean de l'entreprise.

TABLE I. EVALUATION DU DEGRE DE MATURETE DU LEAN

	Score faible	Score moyen	Score maxi	Score obtenu
D1 feedback au fournisseur:	1	2	3	2
D2 Livraison juste à temps par les fournisseurs	1	2	3	3
D3 Le développement du fournisseur	1	2	3	3
D4 Implication des clients	1	2	3	3
D5 Flux Tiré (faciliter la production JAT en intégrant les cartes kanban)	1	2	3	0
D6 Flux continu: établir des mécanismes qui permettent et facilitent un flux continu de produits.	1	2	3	3
D7 Réduction du temps: réduire les temps de changement de séries.	1	2	3	3
D8 TPM (total productive/preventive maintenance)	1	2	3	2
D9 MSP (maîtrise statistique des processus)	1	2	3	1
D10 Implication des employés	1	2	3	3
Score	10	20	30	23

Le score obtenu montre que le degré d'application du Lean au niveau de l'entreprise est généralement intéressant. En effet, le score obtenu dépasse le score moyen et ce malgré le fait que le projet Lean est relativement récent au niveau de l'entreprise. Ceci s'explique par le fait que l'entreprise a établi, mis en œuvre, entretenu et amélioré un système de management intégré Qualité, Sécurité et

Environnement. Cette démarche intégrée (QSE) a permis à l'entreprise de couvrir plusieurs dimensions du Lean avant même de s'engager formellement dans ce projet.

Notons à ce niveau que l'organisation Lean se recoupe avec les démarches managériales sur plusieurs aspects liés à l'amélioration continue, aux clients, aux fournisseurs (relation mutuellement bénéfiques) et aux employés

(communication, formation, mode de management). Malgré que l'intérêt porté aux conditions de rentabilité fait défaut dans ces normes, nous pouvons dire que les entreprises lancées dans les démarches managériales sont initiées au Lean au moins implicitement. Il n'est pas donc surprenant de découvrir que l'entreprise est forte sur ces points malgré qu'elle vienne d'adopter le Lean (explicitement) il y a deux années.

Cependant, le raisonnement global sur la maturité du Lean au sein de l'entreprise cache des situations différentes selon les dimensions d'application du Lean. En effet, l'entreprise a obtenu un score élevé sur les dimensions liées au fournisseur, au client et à l'implication des employés. Ces concepts sont, en effet, exigés par les normes QSE. L'entreprise a obtenu également un score très important relativement à la réduction du temps de changement de série et cela grâce au chantier SMED réalisé dans le cadre du projet Lean. Cependant, un effort à fournir au niveau des dimensions pénalisantes à savoir : la mise en œuvre des principes de flux tiré par les cartes Kanban et le renforcement des principes MSP afin de prévoir les risques de non-conformités.

C. Impact du projet Lean sur les performances de l'entreprise

Pour assurer l'atteinte de ses objectifs stratégiques, l'entreprise devait avoir plus de flexibilité au niveau de son organisation et surtout de son système de production, afin de faire face aux nouveaux enjeux imposés par le nouveau contexte de l'entreprise. Ceci a constitué l'objet du projet Lean dans le cadre duquel on a mis en place un ensemble de chantiers (chantier SMED, chantier de gestion de la performance, chantier pièces de rechange, chantier standard, chantier 5S et chantier planification) pour garantir l'optimisation de la productivité et l'amélioration de la réactivité.

Dans la phase de pérennisation du projet, nous avons constaté un impact positif du projet sur le taux du rendement synthétique (TRS), qui a enregistré une augmentation importante d'une valeur moyenne de 33% (moyenne sur 5 mois durant les phases de diagnostic et de préparation qui ont précédé la mise en œuvre du projet) à une valeur moyenne de 67% (moyenne de 12 mois dans la phase de pérennisation).

Cet impact positif est réalisé grâce aux bons résultats assurés par l'ensemble des chantiers mis en place à tous les niveaux et à toutes les intersections mutuelles.

Dans la phase de diagnostic, nous avons aussi constaté que les changements de série constituaient presque 35 % des

NTRS⁴. Ce pourcentage est passé à 19 % dans la phase mise en œuvre du projet.

L'augmentation du TRS a engendré, à son tour, l'amélioration du taux de respect de planning et qui est passé en moyenne de 37% à 79%.

En fin, cette augmentation du TRS et du taux de respect de planning offre une amélioration de la productivité et de la réactivité qui se traduit par un niveau optimal du niveau de stock par rapport au stock mini (qui est passé de 31% à 39%). Ce niveau offre un avantage commercial particulier à l'entreprise dans son secteur d'activité. En effet, la disponibilité de toute la gamme par rapport à une référence produit fini est une exigence du client. Cette exigence présente un facteur de différenciation entre les concurrents dans ce secteur.

Pour les clients de l'entreprise, la disponibilité de toute la gamme (c.-à-d. du plus petit jusqu'au plus grand diamètre) permet de mettre dans l'opération de transport et de stockage, les références les plus petites dans les plus grandes qui les suivent et ainsi de suite (le principe du télescopage) pour garantir une optimisation au niveau des coûts logistiques.

Enfin, l'ensemble de ces résultats confirme notre hypothèse selon laquelle le Lean améliore la performance de l'entreprise.

D. Impact du projet Lean sur les employés

Afin de mesurer l'impact du projet Lean sur les employés de l'entreprise nous avons mené notre étude sur la ligne de production d'une référence de produit commandée sous plusieurs versions. Une fréquence élevée de changement de série constitue pour les employés et l'encadrement de l'entreprise une « situation de travail problématique » qui génère du stress. En effet, afin d'optimiser les coûts logistiques, l'entreprise doit garantir la disponibilité des différents diamètres (toute la gamme) dans le stock pour exploiter le maximum des voyages et optimiser le taux d'occupation des moyens de transport en mettant les petits diamètres à l'intérieure des grands (télescopage). Cette condition génère beaucoup de changements qui atteignent parfois deux changements par semaine, alors que la durée de changement avant la mise en œuvre du Lean était en moyenne de 70 h. Après l'application du projet Lean, le temps de changement a été réduit à une moyenne de 30 h. Les opérateurs se sont retrouvés alors en situation de stress avec des standards à respecter et l'obligation d'utiliser des outils « poka yoke » pour effectuer le changement dans les durées nominales. Ce stress entraîne un manque de concentration des opérateurs et par conséquent des défauts de réglage et d'alignements par la suite. Cela impacte directement la qualité du produit fini.

⁴ Les temps à non valeur ajoutée qui pénalisent le TRS

Le stress perçu par les opérateurs sur cette ligne de produit avait un effet négatif sur la performance de l'entreprise. Cet effet a porté essentiellement sur l'augmentation du taux de non-conformité et de la durée d'exécution de la tâche.

La mesure de l'impact du Lean sur les employés est réalisée pour les conditions de travail 1^{ère} catégorie selon les dimensions : la communication & Formation, le rôle & l'organisation du travail, l'autonomie, la reconnaissance & respect pour l'homme, le soutien des chefs et collègues, la sécurité d'emploi, les perspectives d'évolution, d'apprentissage & préoccupations liées à la carrière et la prévisibilité du travail.

La mesure de l'impact du Lean sur les employés a concerné aussi les conditions de travail 2^{ème} catégorie selon les dimensions : la cadence du travail, la demande illimitée sur la compétence et la polyvalence, la surcharge qualitative (complexité), le travail collectif, la surcharge quantitative et évaluation cognitive de la situation.

Pour chaque dimension, des questions préétablies sont posées au responsable Lean et à trois opérateurs avec une échelle de notation de 1 à 3. Le score obtenu mesure l'impact du Lean sur les conditions de travail ressenti par les employés de l'unité x.

L'objectif de cette étape est de vérifier nos hypothèses selon lesquelles :

- Une intégration forte du Lean renforcera les conditions de travail 1^{ère} et 2^{ème} catégorie ;
- Les conditions de travail 1^{ère} catégorie permettent d'éviter les stresseurs 1^{ère} catégorie présentant ainsi un point de rencontre avec l'ergonomie alors que les conditions de travail 2^{ème} catégorie sont responsables d'apparition de stresseurs 2^{ème} catégorie constituant ainsi un point de divergence avec l'ergonomie ;
- L'intervention de l'ergonomie cognitive permettrait une meilleure adéquation des conditions de travail 2^{ème} catégorie avec les capacités cognitives des employés.

1) *Evaluation de l'impact positif : les stresseurs 1ère catégorie*

TABLE II. : EVALUATION DE L'IMPACT POSITIF : LES STRESSEURS 1ERE CATEGORIE

Dimension	Score point de vue opérateur				Score point de vue entreprise			
	mini	moyen	maxi	Score obtenu	mini	moyen	maxi	Score obtenu
1 Communication & Formation	1	2	3	2	1	2	3	2
2 Rôle & organisation du travail	1	2	3	3	1	2	3	2
3 Autonomie	1	2	3	2	1	2	3	1
4 Reconnaissance & respect pour l'homme	1	2	3	2	1	2	3	1
5 Soutien des chefs et collègues	1	2	3	2	1	2	3	1
6 Sécurité d'emploi	1	2	3	2	1	2	3	2
7 Perspectives d'évolution, d'apprentissage & préoccupations liées à la carrière	1	2	3	2	1	2	3	2
8 Prévisibilité du travail	1	2	3	2	1	2	3	2
Total	8	16	24	18	8	16	24	13

Le score mesurant l'impact positif du Lean sur les employés donne des informations différentes selon le point de vue opérateur qui a enregistré un score de 18 dépassant le score moyen et le point de vue entreprise qui a enregistré un score de 13 inférieur au score moyen. En effet, pour le point

de vue opérateur, un score dépassant le score moyen montre que les opérateurs sont généralement satisfaits de leurs conditions de travail (1^{ère} catégorie) ou au moins ces conditions de travail ne présentent pas pour eux une source de stress.

Sur l'ensemble des dimensions mesurées, les opérateurs ont exprimé un niveau de satisfaction moyen à fort.

Notons à ce niveau que les certifications de l'entreprise selon les normes QSE avec un grand degré de maturité des trois systèmes ont permis à l'entreprise d'avancer, avant même le projet Lean, sur plusieurs points par exemple la formation et la communication.

Pour le point de vue entreprise, l'impact du Lean sur les conditions de travail est généralement moyen parfois faible. La dimension la plus pénalisante est relative à la reconnaissance du travail des employés et le respect pour l'Homme.

En générale, nous retenons que la mise en place des pratiques Lean (à travers les certifications et le projet INMAA (l'Initiative Marocaine d'Amélioration)) au niveau de l'entreprise a amélioré les conditions de travail relatives à la communication & formation, le rôle & l'organisation du travail, l'autonomie, la reconnaissance, le soutien des chefs, la sécurité d'emploi, les perspectives d'évolution et la prévisibilité du travail. Ceci confirme notre hypothèse selon laquelle il y a une corrélation entre l'application du Lean et la diminution des « stresseurs 1^{ère} catégorie ».

2) *Evaluation de l'impact négatif : les stresseurs 2^{ème} catégorie*

TABLE III. EVALUATION DE L'IMPACT NEGATIF : LES STRESSEURS 2EME CATEGORIE

Dimension	Score point de vue opérateur				Score point de vue entreprise			
	mini	moyen	maxi	Score obtenu	mini	moyen	maxi	Score obtenu
1 Cadence de travail	1	2	3	3	1	2	3	3
2 Demande illimitée sur la compétence et la polyvalence	1	2	3	2	1	2	3	2
3 Surcharge qualitative (complexité)	1	2	3	2	1	2	3	2
4 Travail collectif	1	2	3	2	1	2	3	2
5 Surcharge quantitative	1	2	3	2	1	2	3	1
6 Evaluation cognitive de la situation	1	2	3	2	1	2	3	2
Total	6	12	18	14	6	12	18	11

La perception des impacts négatifs du Lean sur les conditions de travail est aussi variable entre le point de vue opérateur et le point de vue entreprise. En effet, le point de vue opérateur a affiché un score de 14 dépassant le score moyen et le 'point de vue entreprise' a enregistré un score de 11 légèrement inférieur au score moyen.

Pour le 'point de vue opérateur', un score dépassant le score moyen montre que les opérateurs ressentent généralement du stress généré par 'les conditions de travail 2^{ème} catégorie'. Sur l'ensemble des dimensions mesurées, les opérateurs ont exprimé un niveau de stress moyen à fort.

Le 'point de vue entreprise' rejoint le point de vue opérateur sur les dimensions liées à la cadence de travail, la surcharge qualitative et le travail collectif. Pour les autres dimensions de stress, l'encadrement de l'entreprise les considère comme étant faibles à moyennes.

En générale, nous retenons que la mise en place des pratiques Lean (à travers les certifications et le projet INMAA) au niveau de l'entreprise a généré du stress relatif à la cadence de travail, la demande illimitée sur la

compétence et la polyvalence, la surcharge qualitative (complexité), le travail collectif, la surcharge quantitative et évaluation cognitive de la situation. Ceci confirme notre hypothèse selon laquelle il y a une corrélation entre l'application du Lean et l'apparition des « stresseurs 2^{ème} catégorie ».

E. *Rôle de l'ergonomie cognitive dans l'amélioration de l'applicabilité du Lean au sein de l'entreprise*

Selon le responsable Lean de l'entreprise, une amélioration de la conception de l'environnement Lean est possible. Cette amélioration porte essentiellement sur la réduction de la charge de travail mental par la réduction de la complexité des exigences de la tâche et aussi par une meilleure gestion des conditions de travail par:

- Une meilleure gestion du flux d'information,
- Une meilleure gestion des responsabilités,
- Une meilleure gestion de la polyvalence et l'autocontrôle,
- Une meilleure gestion des contraintes temporelles liées au travail,

- l'intégration de la flexibilité et de l'autonomie.

L'introduction de ces mécanismes nécessite de prendre en considération l'ergonomie cognitive lors de la conception ou la modification des situations de travail Lean.

IV. CONCLUSION

Le Lean se présente aujourd'hui comme un mode d'organisation qui se concentre sur la valeur ajoutée des processus de l'entreprise et en supprime ou limite les gaspillages. Si la mise en place d'un ensemble de techniques et d'outils est essentielle au succès d'un projet Lean, la dimension humaine d'une telle transformation doit impérativement être considérée. La prise en compte des facteurs humains (surtout cognitifs) font en effet la différence entre les entreprises utilisant avec succès le Lean, et les autres.

Si l'impact positif du Lean sur la performance de l'entreprise semble évident, ses effets sur les conditions de travail ne le sont pas toujours et les recherches montrent que le Lean est un mode de management générateur de plusieurs stressseurs. Ces stressseurs, constituant un point de divergence entre le Lean et l'ergonomie cognitive, interpellent l'ergonomie à produire des connaissances pour mieux gérer le stress perçu par les employés, d'améliorer leur performance et augmenter leur engagement pour le bon fonctionnement du Lean.

La modélisation de la complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive » à été proposée à l'issue de différentes analyses bibliographiques et le questionnaire permettant son expérimentation a été aussi construit sur la base de questionnaires validés scientifiquement.

Les résultats collectés auprès de l'entreprise 'EXTRUS' confirment la corrélation entre l'application du Lean et l'amélioration des conditions de travail 1^{ère} catégorie et aussi une corrélation entre la mise en œuvre du Lean et l'apparition de stressseurs 2^{ème} catégorie. Étendre le champ d'étude à d'autres entreprises, avec des niveaux différents de maturité du Lean, est nécessaire pour valider nos hypothèses.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Alarcón Luis F., Diethelm Sven, Rojo Oscar, Calderón Rodrigo, « Assessing the impacts of implementing lean construction » Revista Ingeniería de Construcción Vol. 23 No 1, Abril de 2008 www.ing.puc.cl/ric

[2] F. BOUVARD, et P. DUCLOS, « Donner un nouvel élan à l'industrie en France », McKinsey & Company, RÉALITÉS INDUSTRIELLES, NOVEMBRE 2007

[3] Rivera L., Chen F. F., « Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles », Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 23, Issue 6, , pp 684-689, 2007.

[4] Abdulmalek F. A., Rajgopal J., « Analyzing the benefits of Lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study », Int.J.Production Economics 107, pp. 223 –236, 2007.

[5] De Treville S., Antonakis J., « Could Lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues », Journal of Operations Management Vol. 24 pp 99–123, 2006.

[6] Ganster D. C., Perrewé P. L., New Developments in Theoretical and Conceptual Approaches to Job Stress (Research in Occupational Stress and Well Being Vol 8), Emerald Group Publishing Limited, 2010.

[7] Saurin T.A., Ferreira C.B., « The impacts of Lean production on working conditions: A case study of a harvester assembly line in Brazil », International Journal of Industrial Ergonomics 39 pp 403–412, 2009.

[8] Ballé M., « Lean Transformation: Learning to Learn from Lean Working », Paper n°17 Projet Lean Entreprise, TELECOM ParisTech.

[9] Ballé M., « The Psychology of Lean Management », Working Paper n°19 Projet Lean Entreprise, Télécom ParisTech.

[10] Jackson P.R., Mullarkey S., « Lean production teams and health in garment manufacture », Journal of Occupational Health Psychology 5 (2), pp 231–245, 2000.

[11] Ferreira C.F., « Guidelines for Assessing the Impacts of Lean Production on Working Conditions ». MSc dissertation. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (in Portuguese), 2006.

[12] Conti R., Angelis J., Cooper C., Brian Faragher, Colin Gill, « The effects of Lean production on worker job stress », International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26 Iss: 9, pp.1013 – 1038, 2006.

[13] P. Hasle, "Lean Production—An Evaluation of the Possibilities for an Employee Supportive Lean Practice" National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen, Denmark, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries DOI: 10.1002/hfm, 2014.

[14] Légeron P., « Le stress au travail : de la performance à la souffrance », Droit social, n°12, 2004.

[15] Laurent M.C., « Stress et travail », ères, Empan, no55, p. 22-26, 2004.

[16] Moors S., STRESS ET TRAVAIL: ORIGINES ET APPROCHES, Simon Moors (Ed.), Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail (INRCT), 2^{ème} impression, 1998.

[17] Berghmans C., Stress au travail : Des nouveaux outils pour les ressources humaines, Dunod, 2010.

[18] Gollac M., Volkoff S., Les conditions de travail, Nouvelle édition, Éditions La Découverte, 2007.

[19] Bourgeois F., Gonon O., « Le Lean et l'activité humaine. Quel positionnement de l'ergonomie, convoquée par cette nouvelle doctrine de l'efficacité ? », Activités Revue électronique, Volume 7, Numéro 1, Avril 2010.

[20] K. J. Zink, S. Seibert, "Performance Measurement from Marco ergonomics Perspective", C.M. Schlick (ed.), Industrial Engineering and Ergonomics, DOI 10.1007/978-3-642-01293-8_7, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

[21] H. Strasser, "Principles, methods and examples of Ergonomics Research and work design", C.M. Schlick (ed.), Industrial Engineering and Ergonomics, DOI 10.1007/978-3-642-01293-8_28, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

[22] K. Vanwonterghem, "Ergonomics and Human Factors: Methodological considerations about evidence based design of work systems", C.M. Schlick (ed.), Industrial Engineering and Ergonomics, DOI 10.1007/978-3-642-01293-8_31, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

[23] E.A.P. Koningsveld, "The impact of ergonomics", C.M. Schlick (ed.), Industrial Engineering and Ergonomics, DOI 10.1007/978-3-642-01293-8_14, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

[24] Tajri I., Cherkaoui A., 'Complexité de la relation « Lean, Entreprise, Employé & Ergonomie Cognitive » : Emergence du stress et de la performance', CIGIMS 2015.

[25] Tajri I., Cherkaoui A., Benchekroun T. H., 'Réduction des stressseurs chez les employés pour un Total Lean Environment - Pistes pour l'ergonomie cognitive', CIGIMS 2012.

[26] I.TAJRI, A.CHERKAOUI, T.H. Benchekroun , “The impact of TLE on employees’ stress and performance and role of cognitive ergonomics in reducing Lean’s stressors”, IESM 2013, Rabat, Morocco, published by IEEE.

[27] Shah R et Ward P T., « Defining and developing measures of Lean production », Journal of Operations Management, 25 (4), 2007.

[28] Womack J. P., Jones D. T., Roos D., The Machine That Changed The World, 2007, revue par Vedpuriswar (www.vedpuriswar.org).

[29] Barbara Lyonnet ,Un état des lieux réalisé pour l’Université d’été Lean qui a eu lieu du 1 au 3 septembre 2008. <http://www.ecam.fr/Lean/-La-recherche-autour-du-Lean-.html>

[30] ISO 10075 v 1991 : principes ergonomiques concernant la charge de travail mental-termes généraux et leurs définitions.

[31] ISO 10075-2 v 1996 : principes ergonomiques relatifs à la charge de travail mental – partie 2 : principes de conception.

[32] ISO 10075-3 v 2004 : principes ergonomiques relatifs à la charge de travail mental- partie 3 : principes et exigences concernant les méthodes de mesurage et d’évaluation de la charge de travail mental.