

# Note Pédagogique

## « INTEGRATION DES JEUX SIMULÉS DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA PHILOSOPHIE LEAN MANUFACTURING ET MANAGEMENT »

<b>Auteur</b>	RIAHI Amen
<b>Fonctions</b>	- Enseignant Technologue en Eco & Gestion à l'ISSET de Kasserine - Premier Responsable de l'unité de recherche en Lean management
<b>Email</b>	amen777@windowslive.com
<b>Tél</b>	97 302 142

**NB** : La présente note pédagogique fait partie du *premier travail de recherche* réalisé dans *l'unité de recherche en Lean management* créée le 24 février 2017 au sein de l'ISSET de Kasserine suite à une convention cadre entre :



### Objectifs pédagogiques

- Apprendre par l'expérience : un champ pratique pour le changement Lean
- Accroître la participation et l'enthousiasme des étudiants

### Résumé

Le Lean est un concept important enseigné dans les disciplines de « Gestion de la production ». Le défi, pour les enseignants, est de créer un contexte pour que les étudiants puissent imaginer et comprendre pourquoi la philosophie Lean est importante et comment elle peut fonctionner. Un nouvel outil pédagogique est alors demandé qui a pour objectif de créer une expérience avec tous les concepts techniques et sociaux pertinents tels que : la production par flux tirés, le temps de cycle, la technique kanban, l'équilibrage, animation de la performance, le travail d'équipe, la communication, etc.

Cette note pédagogique décrit un jeu Lean, sa configuration et son utilisation dans des scénarios contrôlés et plus réalistes. Elle apporte des recommandations pour l'utilisation future du jeu dans l'enseignement, en ayant à l'esprit les résultats d'apprentissage pour les étudiants.

**Mots clés** : pédagogie, Lean management, jeu simulé.

## Introduction

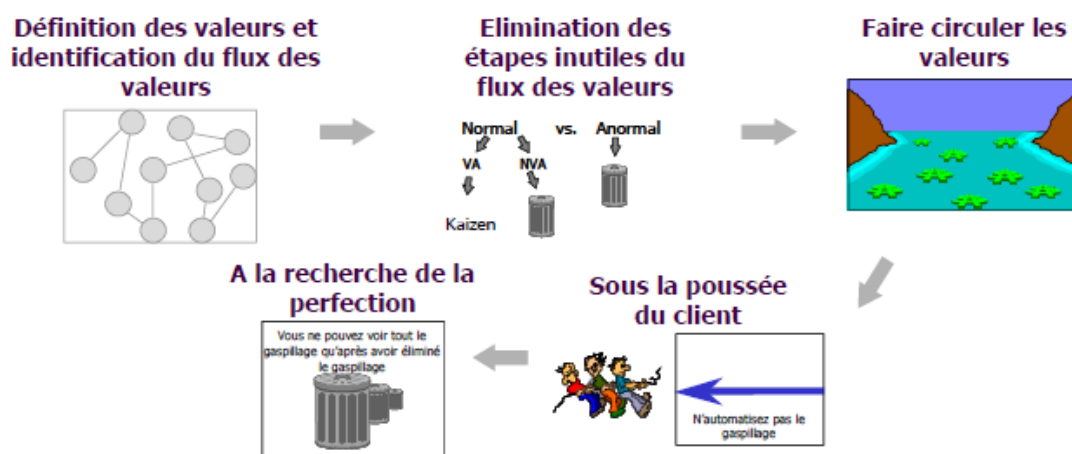
L'un des principaux outils permettant l'amélioration des processus industriels et de gestion est le Lean, largement étudié dans les cours de « GP ». Le Lean a été enseigné dans de nombreuses écoles et instituts dans un mode trop conceptuel, principalement dans les classes expositives. C'est la raison pour laquelle, nous avons choisi de rejoindre les jeux au Lean permettant de faire deux outils : Un outil technique facilement applicable dans l'enseignement des concepts Lean et un outil social favorisant le travail en groupe.

Dans ce qui suit, nous présenterons brièvement et par des figures la démarche et les outils Lean dans l'industrie, section 1, puis dans la section 2, nous traiterons le jeu Lean simulé (objectifs, étapes, résultats, expériences étudiants, etc.) en passant par les recommandations nécessaires aux enseignants quant à l'intégration de ce jeu dans leurs cours.

## Section 1 : La philosophie Lean

La philosophie Lean a aidé les organisations à rationaliser leurs opérations, à éliminer les gaspillages et à fabriquer des produits rentables. À l'aide des techniques de tableau de bord équilibré, les organisations ont élaboré des mesures pour aligner leurs visions, leurs stratégies, leurs activités et leurs mesures de rendement de façon plus systématique. Ce n'est pas une méthode de réduction des coûts; Plutôt, la démarche Lean cherche des améliorations continues et la poursuite de la perfection.

Les principes Lean sont:



**Figure 1** : Les principes Lean manufacturing (Source : Benjamin LOBET ; Service Industrie CCI des Landes)

Les trois concepts de pertes et gaspillages dans le Lean : Muda, Muri et Mura :

### Muda

Toyota Motor Company a conçu sept classifications pour les plus courantes formes de gaspillage (MUDA):

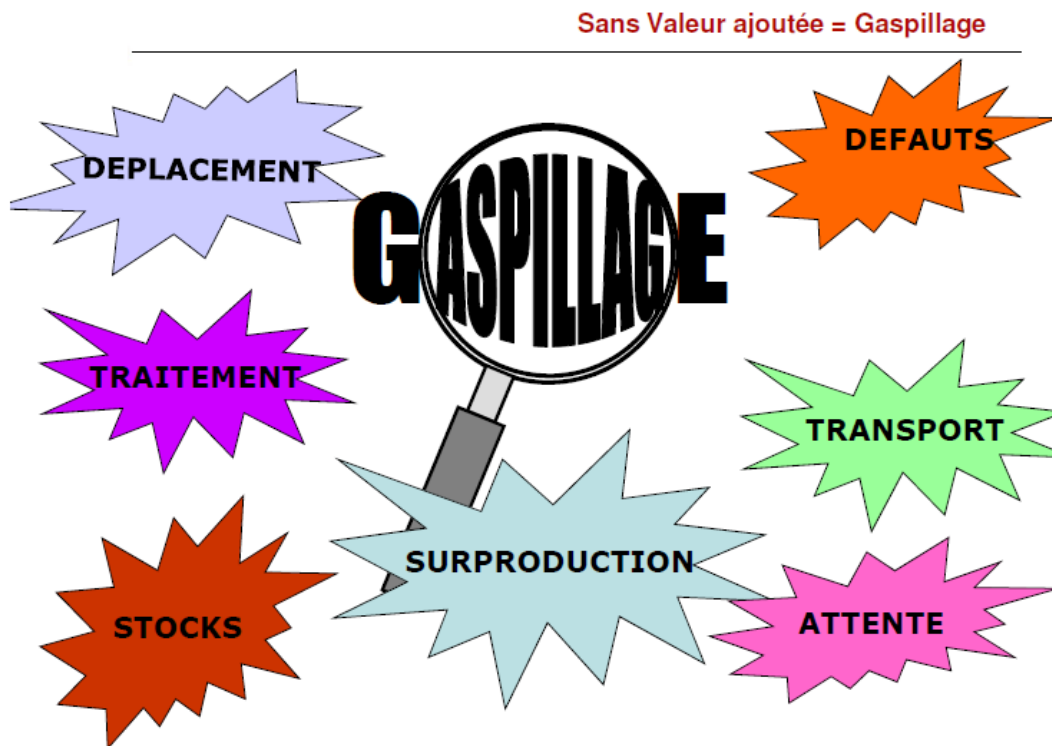


Figure 2 : Les 7 MUDA

- **Surproduction**, par exemple, produire des articles non commandés;
- **Attente** : attendre qu'une machine soit réparée, le temps que nous passons à attendre des matériaux ou d'autres employés est un gaspillage
- **Traitements inutiles** : emploi de tolérances plus étroites que celles qu'a demandées le client, Travail trop long sur une pièce car notre procédé n'offre pas les capacités suffisantes
- **Stock** : le stock cache des problèmes de production et immobilise nos liquidités
- **Transport** : l'acheminement de pièces, d'équipements, d'outils de réglage et de machines dans le cadre d'un procédé de production constitue un gaspillage
- **Déplacement inutile** : des employés surélevés pour atteindre un article sur l'étagère supérieure, lorsque des ouvriers doivent effectuer des déplacements excessifs pour faire leur travail
- **Défauts** : Chaque fois que nous consacrons du temps et des efforts pour faire quelque chose qui ne correspond pas aux besoins du client, nous avons créé du gaspillage

Lorsqu'on travaille concrètement à la réduction des gaspillages, et qu'on en cherche les causes profondes, on tombe souvent sur celles qui sont extérieures à l'usine et qui peuvent être classifiés comme :

**Muri** : excès ou surcharge. Exemple : Equipement acheté mais presque jamais utilisé, main d'œuvre excessive, mal employée, sous occupée..

**Mura** : manque de régularité. Exemple : augmentation inhabituelle de consommation d'huile par un moteur. Si on décide d'augmenter le stock d'huile pour prévenir le risque de rupture, on crée des Muras. On doit recherche plutôt s'il existe des fuites et les réparer.

Le déploiement du Lean dans l'entreprise est présenté comme suit :

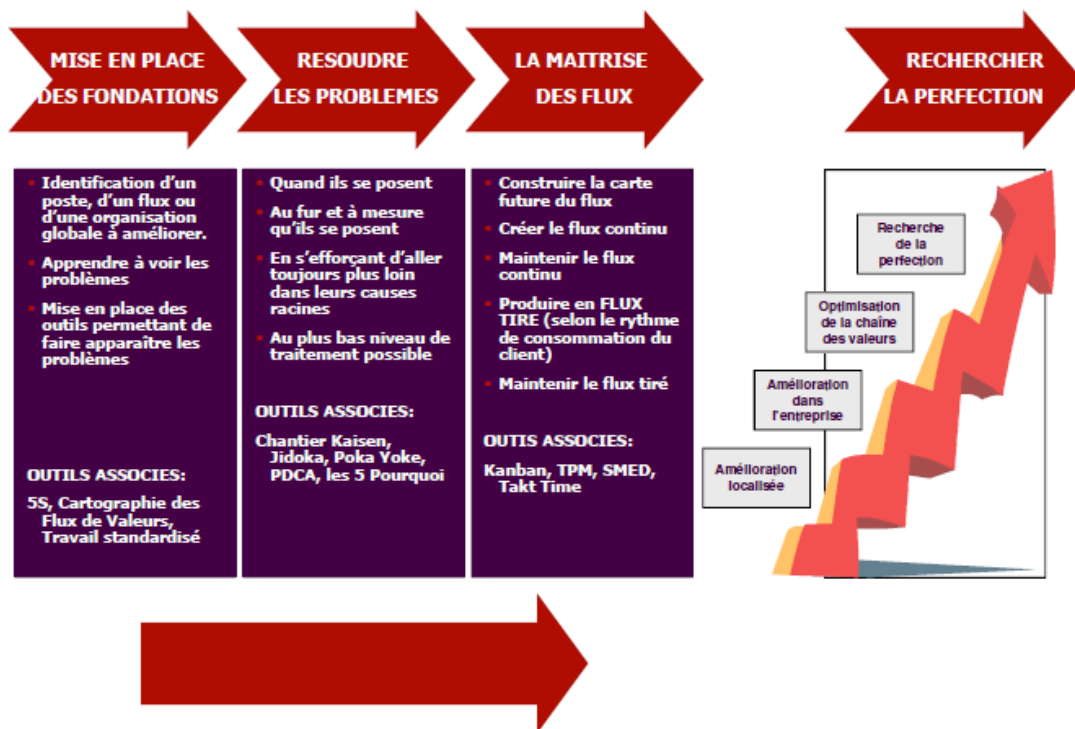


Figure 3 : le processus Lean (Source : Benjamin LOBET ; Service Industrie CCI des Landes)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> La majorité des outils associés dans chaque phase sera traitée au niveau de la section 2 (Jeu simulé)

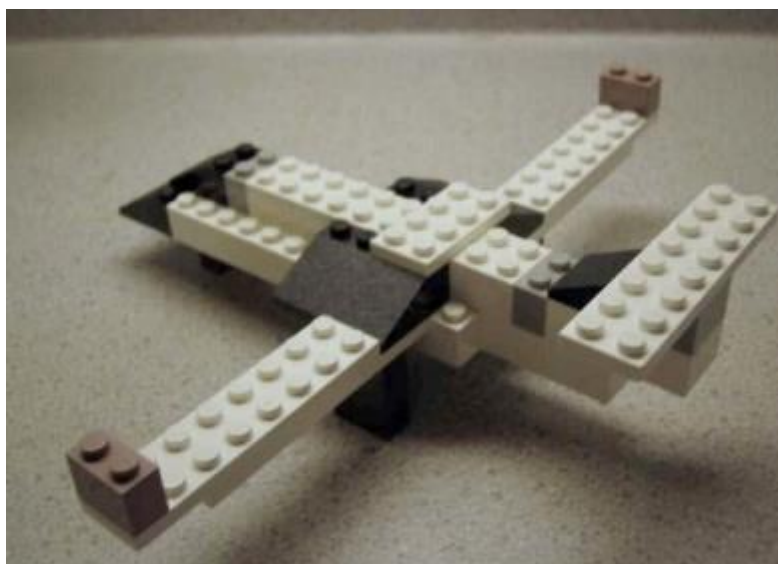
## Section 2 : Le jeu Lean simulé

Les objectifs de ce jeu Lean sont :

- Amener les participants à comprendre les avantages de la création de flux dans les processus de travail (l'un des concepts Lean)
- Apprendre par l'expérience : un champ pratique pour le changement Lean
- Accroître la participation et l'enthousiasme des étudiants

Le jeu Lean simulé se caractérise par :

- Un processus d'assemblage d'avion construit par des briques Lego (**figure 4**)
- Des groupes de 5 étudiants
- Une quinzaine de concepts Lean mis en œuvre dans le jeu de simulation.



**Figure 4** : Avion LEGO personnalisée fabriquée dans le jeu



### **Recommandations**

**n°1 :**

#### **Nombre de participants**

L'enseignant doit connaître le nombre de participants avant le début du jeu. Le nombre optimal de participants par groupe est 5.

On peut construire plus qu'un groupe pour créer une atmosphère de compétition.

Cependant, s'il ya plus de 4 groupes dans une salle, au moins deux instructeurs sont recommandés.

Le meilleur effet d'apprentissage est obtenu si tous les étudiants jouent le jeu, au lieu d'observer.

Avant et pendant le jeu, les étudiants doivent appliquer certaines techniques Lean afin d'améliorer le champ de simulation (**tableau 1**)

<b>Améliorations de la simulation</b>	<b>Principes Lean</b>	<b>Actions typiques des étudiants</b>
Organisation des activités	<b>5S, contrôle visuel, Pull flow, Standardized work</b>	Nettoyer la salle (chantier), organiser le stock des LEGO, normaliser la séquence de commande, assembler et noter sur papier
Équilibrage de la charge de travail entre les ateliers (tables). Cela nécessite une aide de l'enseignant	<b>Lead time, Takt-time, Travail équilibré</b>	Au cours de la simulation, les étudiants suivent les métriques de performance comme les délais, le temps de cycle etc. et doivent équilibrer le travail entre les ateliers
Changer (améliorer, éliminer ou déplacer) les ateliers (tables). Également nécessite une aide de l'enseignant	<b>5S, MUDA</b>	L'étudiant ordonne les mouvements et les pièces et évite les différentes formes de gaspillages.
Analyser tous les processus et les flux. De plus, tous les flux de matériaux et d'informations sont tirés avec leurs détails	<b>VSM</b>	Préparer une carte de flux de valeur, dans laquelle toutes les informations importantes telles que les processus et leurs initiateurs, leurs timings etc. sont inclus.
Tout le monde participe à des améliorations bien qu'elles soient faibles.	<b>Kaizen</b>	La base de la méthode Kaizen se compose de : 1. Travail d'équipe, 2. La discipline personnelle, 3. Suggestions d'amélioration.
Ne jamais laisser un défaut passer dans la station suivante.	<b>Jidoka</b>	Feedbacks immédiats. Les erreurs des étudiants devraient être immédiatement discutées et corrigées.
Appliquer la démarche de changement rapide d'outils. On tient compte des problèmes logistiques tels que les horaires de réparation de base, les activités de réparation planifiées etc.	<b>SMED</b>	Pour simuler le changement et la réparation des machines de production, certains étudiants doivent prendre le rôle des autres .

**Tableau 1** : Processus d'amélioration du champ de simulation par les étudiants<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Source avant modification : **Teaching Lean Thinking Principles Through Hands-On Simulation**, Hugh McManus Metis Design Eric Rebentisch and Earll M. Murman MIT, Lean Aerospace Initiative Alexis Stanke Eclipse Aviation, 3rd International CDIO Conference Cambridge, MA, June 13, 2007

Le jeu est joué en quatre cas chacun d'eux montrant des flux avec :

- **Cas n°1** : Disposition traditionnelle de production (**tableau 2**)
- **Cas n°2** : Disposition avec plusieurs unités de production (**tableau 3**)
- **Cas n°3** : Production à une seule unité tirée (**tableau 4**)
- **Cas n°4** : Production équilibrée à une seule unité tirée (**tableau 5**)



## **Recommandations n°2 :**

### **Introduction à chaque cas**

L'introduction pour chaque cas doit être donnée avant de commencer, au lieu de présenter le jeu complet au début. C'est parce qu'il ya une quantité considérable d'informations pour l'ensemble du jeu.

Une formation initiale pour la construction des avions est recommandée. Il y a beaucoup de bruit dans la salle à cause des briques de Lego et de l'excitation, quand le jeu commence, donc il est recommandé de ne pas donner de nouvelles instructions avant que toutes les briques ne soient de nouveau rangées, sinon personne ne peut entendre les instructions.

les instructions doivent être faites sur les diapositives Power Point et clairement présentées aux participants, au lieu d'être verbalement exprimées.

Lors de la planification de la configuration du jeu, l'enseignant doit garder à l'esprit l'expérience et les connaissances des participants concernant la philosophie Lean. Si la connaissance est très faible ou n'existe pas, il est préférable d'introduire les concepts de base et les idées derrière la philosophie Lean au début, ainsi qu'entre les différents cas. Cette introduction devrait améliorer le processus de réflexion plus tard dans le jeu ainsi que la compréhension des différents concepts.

<b>Cas n°1 : Production traditionnelle</b>	
<b>Organisation chantier</b>	<b>Résultat</b>
<p>Le travail est organisé de façon à ce que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les postes de travail soient situés là où il ya de l'espace (différentes salles, coins, bureaux, etc.).</li> <li>• L'ordre des postes de travail ne soit pas pris en compte pour le produit.</li> <li>• Le stockage du matériel soit situé à l'écart du lieu de travail.</li> <li>• Les travailleurs (étudiants) soient divisés par fonction et soient payés individuellement selon la production individuelle.</li> <li>• Les matériaux soient transportés d'un poste de travail à l'autre</li> </ul>	<p>Il y a un gros travail en cours qui donne des poussées dans le flux causant des goulots d'étranglement. L'assurance qualité n'est pas existante et n'est exécutée qu'à la fin du flux. Le résultat de ce tour est généralement assez faible, environ 5 pièces en 6 minutes.</p>
<b>Expérience</b>	<b>Exemple de cas réel</b>
<p>Les participants au jeu ont exprimé ce qui suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible rendement, en raison de la distance entre les magasins et les postes de travail.</li> <li>• Les participants sont très occupés à faire les choses fausses.</li> <li>• Il n'y a pas de temps pour le développement.</li> <li>• Beaucoup de goulots d'étranglement.</li> </ul>	<p>Les architectes et les ingénieurs qui conçoivent des bâtiments, des travailleurs situés dans des bureaux différents, avec une frontière nette entre les fonctions, ne réalisant que l'assurance qualité dans la dernière partie de l'œuvre.</p>

**Tableau 2** : Cas n°1 (Disposition traditionnelle de production)



<b>Cas n°2 : Plusieurs unités de production</b>	
<b>Organisation chantier</b>	<b>Résultat</b>
<p>La production de ce tour est en série de cinq unités. Les postes de travail/travailleurs sont situés dans l'ordre logique avec agencement des cellules.</p>	<p>Il y a toujours une poussée dans le flux, un grand stockage interne (work-in-process) et un contrôle de qualité dans la dernière partie du travail. Le résultat après cette étape est amélioré à environ 10-14 pièces en 6 minutes.</p>
<b>Expérience</b>	<b>Exemples de cas réels</b>
<p>Les participants au jeu ont exprimé ce qui suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le résultat augmente puisque les entrepôts se situent au poste de travail et les travailleurs se trouvent dans un ordre logique.</li> <li>• Toujours le stress existe dû aux goulots d'étranglement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les administrations/bureaux où les travailleurs sont situés logiquement en fonction du flux de travail, les gens sont occupés à faire les choses comme d'habitude, pas de temps pour l'optimisation, chacun a sa propre façon de faire son travail et son propre magasin de papiers, etc.</li> <li>• Les sociétés de production où les machines sont situées dans un ordre logique. L'assurance qualité est dans la dernière partie du travail, le stockage est situé à côté du poste de travail; Il ya un grand stockage interne (work-in-process).</li> </ul>

**Tableau 3 :** Cas n°2 (Plusieurs unités de production)

<b>Cas n°3 : Production à une seule unité tirée</b>	
<b>Organisation chantier</b>	<b>Résultat</b>
<p>Ce cycle est caractérisé par une production à une seule unité avec tirage (selon le rythme de consommation des clients).</p>	<p>Pas de stockage interne de la préfabrication, très peu de gaspillage, encore quelques goulots d'étranglement existent, le stockage est situé au poste de travail, l'assurance qualité est communiquée par tous les membres du groupe mais les participants ne peuvent corriger que leurs propres erreurs. Le résultat de ce tour est considérablement amélioré, environ 20-25 pièces en 6 minutes.</p>
<b>Expérience</b>	<b>Exemples de cas réels</b>
<p>Les participants au jeu ont exprimé ce qui suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le résultat augmente puisque les séries passent de 5 à 1 unité.</li> <li>- Pas de stockage en cours de processus.</li> <li>- La sous-optimisation s'arrête car on n'est pas autorisé à travailler à l'avance pour gagner plus de salaire pour soi-même (le Pull est là).</li> <li>- Toujours le stress dû aux goulets d'étranglement persiste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les administrations/bureaux où les travailleurs se trouvent logiquement, en fonction du flux de travail, les gens exécutent la planification conjointe et le suivi du travail, l'optimisation de l'assurance qualité est communiquée par tous les travailleurs les uns aux autres, application du tirage (pull) dans la production, pas de stockage interne, il y a des goulets d'étranglement.</li> <li>• Les sociétés de production où les machines sont situées dans un ordre logique. Les employés communiquent l'assurance qualité entre les fonctions. le pull est en exécution, pas de stockage interne. Encore, des goulets d'étranglement.</li> </ul>

**Tableau 4 :** Cas n°3 (Production à une seule unité tirée)

<b>Cas n°4 : Production équilibrée à une seule unité tirée</b>	
<b>Organisation chantier</b>	<b>Résultat</b>
<p>Il s'agit d'une production équilibrée (monobloc) avec tirage de flux, on utilise les temps de tâche pour déterminer comment combiner les postes afin d'équilibrer la ligne.</p>	<p>Pas de goulots d'étranglement, les entrepôts sont situés au poste de travail, tous les participants sont tenus d'effectuer et de communiquer l'assurance qualité et de corriger leurs propres erreurs et celles des autres dans l'ensemble du processus. Dans le dernier tour, le résultat est d'environ 35-40 pièces en 6 minutes.</p>
<b>Expérience</b>	<b>Exemple des cas réels</b>
<p>Les participants au jeu n'ont vécu aucun goulot d'étranglement ni stress et ils sont surpris du résultat réalisé et de la qualité de la performance globale du jeu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les architectes et les ingénieurs qui conçoivent des bâtiments où les travailleurs sont situés dans un bureau de projet commun.</li> <li>• Les administrations/bureaux où les travailleurs sont situés logiquement en fonction du flux de travail</li> <li>• Les sociétés de production où les machines sont situées dans un ordre logique.</li> </ul> <p>Dans ces trois simulations, les travailleurs communiquent l'assurance qualité entre les fonctions, et chacun peut corriger les erreurs d'une autre fonction. La frontière entre les fonctions est absente. Un plan de performance et de suivi du travail est mis en place. Pas de goulots d'étranglement. Le Pull est implémenté dans l'exécution. Il n'y a ni travail en cours ni gaspillage. Tout le travail est effectué par le travailleur le plus compétent et il n'y a pas de double travail</p>

**Tableau 5 :** Cas n°4 (Production équilibrée à une seule unité tirée)



### **Recommandations**

**n°3 :**

#### **Après chaque cas**

En plus de l'expérience que les participants obtiendront du jeu, l'apprentissage est considérablement amélioré par des réflexions entre deux cas. Ce processus de réflexion peut être facilité par des feuilles de travail MS Excel projetées sur le mur de la salle. Les participants doivent insérer les différents paramètres du cas dans la feuille de travail, et cela doit être répété par chaque groupe (s'il y a plus d'un groupe). Il s'agit d'un moyen beaucoup plus efficace d'apprentissage et de réflexion, que de donner à chaque groupe une feuille en papier avec un tableau où ils doivent remplir les paramètres du processus.

Il semble que les étudiants apprennent mieux ce qu'il faut faire s'ils ont la possibilité de choisir des étapes d'amélioration pour le prochain cas, au lieu de simplement leur dire quoi faire au suivant. Ils comprendront mieux les raisons pour lesquelles ils ont dû faire certains choix.

Dans le cas de deux ou plusieurs groupes, l'apprentissage peut être enrichi parce que les différents groupes peuvent choisir des améliorations différentes pour chaque cycle. Les effets de chaque choix peuvent être réfléchis et analysés entre les cas. L'enseignant doit faciliter la réflexion en considérant les connexions entre les différents concepts, ainsi que la façon dont différents problèmes influencent le processus.



### **Recommandations**

**n°4 :**

#### **À la fin du jeu**

Résumer les résultats et les causes, durant tout le jeu, est une étape importante de l'apprentissage. À ce stade, l'enseignant doit stimuler et faciliter aux étudiants pour faire toutes les connexions entre les concepts. Cette phase est un primordial si un niveau plus élevé d'apprentissage conceptuel doit se produire.

## **Conclusion : Apprendre du jeu Lean**

Après le jeu, un questionnaire a été adressé aux étudiants participants leur demandant de réfléchir sur ce qu'ils ont appris de la simulation et sur leurs expériences. Ils ont résumé comme suit:

- **Cas n°1** : beaucoup de perte de temps pour obtenir les produits semi-fabriqués d'un processus à l'autre et erreurs commises dès le début.
- **Cas n°2** : meilleur débit, perte de temps réduite, présence de goulots d'étranglement.
- **Cas n°3**: la fabrication d'une pièce est plus efficace, meilleur esprit d'équipe lorsqu'on tire la production, meilleure occasion de découvrir les erreurs, une diminution du temps de transport et un temps de production plus court, moins de produits semi-fabriqués.
- **Cas n°4** : le flux est amélioré de façon significative lorsque les tâches sont divisées uniformément entre les processus, une grande quantité d'avions est alors produite.

Tous les étudiants ont eu la même expérience que le mode de travail Lean est plus efficace et donne plus de produits finis, et moins de gaspillage. Ils ont fait des commentaires intéressants tels que :

- « *Il était bon que nous puissions expérimenter les améliorations au lieu de dire simplement que "Le Lean est mieux" »*
- « **C'est une façon amusante d'apprendre le processus Lean, Il vaudrait mieux que tout le monde puisse participer à tous les cas, au lieu d'observer de loin ou parfois participer »**

### **Remarque :**

**Les instructions du jeu seront détaillées dans un manuel d'utilisation qui sera commercialisé avec les briques Lego sous la marque L2M TUNISIA GAME.**

## **Bibliographies**

### **Livres**

LEARNING LEAN PHILOSOPHY THROUGH 3D GAME-BASED SIMULATION, Lucas Constantino Delago, Gustavo Casarini Landgraf, Michael E. F. H. S. Machado, Marcos de Andrade Schroeder, Flávio Oliveira de Brito, Lucas Constantino Delago (2016).

### **Articles**

Pratique du lean Réduire les pertes en conception, production et industrialisation, Olivier FONTANILLE, Éric CHASSENDE-BAROZ, Charles de CHEFFONTAINES, Olivier, FRÉMY ; Préface de Yasuhiko Izumimoto.

### **Rapports**

LES PRINCIPES DU LEAN MANUFACTURING, Benjamin LOBET ; Service Industrie CCI des Landes.

Teaching Lean Thinking Principles Through Hands-On Simulation, Hugh McManus Metis Design Eric Rebentisch and Earll M. Murman MIT Lean Aerospace Initiative Alexis Stanke Eclipse Aviation 3rd International CDIO Conference Cambridge, MA, June 13, 2007.

Physical Simulations in Classroom as a Pedagogical Tool for Enhancing Manufacturing Instruction in Engineering Technology Programs, Alok K. Verma, Han P. Bao Anand Ghadmode, Swanand Dhayagude Old Dominion University. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.