

## *Rapport de stage G3*

---



# **CATERPILLAR®**

## **TODAY'S WORK. TOMORROW'S WORLD.™**

Stage réalisé dans l'entreprise CATERPILLAR  
Belgium (Gosselies, Belgique), du 14 avril au  
30 octobre 2009

Tuteur entreprise : François DUMONCEAU

Tuteur école : Jean Yves DAUPHIN



« L'étudiant certifie que ce travail est personnel et ne comporte aucun emprunt qui ne soit signalé comme tel. »

Signature :



## Remerciements

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes ayant contribué à la réussite de ce stage et tout particulièrement :

- M. François DUMONCEAU, mon tuteur de stage.
- MM. Stéphane BOULANGER, Pierre PELTZER et François GLASSET, du groupe projet WIP CAP, pour leur aide toujours précieuse.
- MM. Sébastien VERDONCK et Vincent BROGNIEZ du service CPS des chargeuses sur pneu, pour leur présence.
- L'ensemble des membres du service Planning de la ligne de fabrication des grosses pelles hydrauliques, pour leur bonne humeur quotidienne.
- L'ensemble des opérateurs de l'atelier pour leur sympathie.
- Mme Claudine BOURDREL, pour son aide dans l'obtention de ce stage et sa disponibilité.

## Table des matières

Remerciements.....	3
Résumé .....	6
I. Préambule .....	7
II. Présentation de l'entreprise CATERPILLAR Belgium .....	8
A. Le groupe Caterpillar Inc. ....	8
B. Présentation générale de CATERPILLAR Belgium .....	8
C. Bref historique .....	9
D. Les valeurs de l'entreprise.....	9
1. INTÉGRITÉ : Le pouvoir de l'honnêteté .....	9
2. EXCELLENCE : Le pouvoir de la qualité .....	10
3. TRAVAIL D'ÉQUIPE : Le pouvoir de travailler ensemble .....	10
4. ENGAGEMENT : Le pouvoir de la responsabilité .....	10
E. Les produits de l'entreprise de l'usine de Gosselies .....	11
1. Les chargeuses sur pneu intermédiaires (Medium Wheel Loaders) .....	11
2. Les pelles hydrauliques (Hydraulic Excavators ) .....	12
3. Composants .....	12
F. Autres filiales .....	13
G. Positionnement sur le marché .....	13
H. Contexte socio-économique.....	14
1. Importance dans la région.....	14
2. Caterpillar dans la crise .....	14
3. La situation de Caterpillar Belgium .....	14

III.	Les différents systèmes de gestion de production chez Caterpillar.....	15
A.	Caterpillar Production System (CPS) .....	15
B.	Le projet WIP CAP.....	16
1.	Terminologie.....	16
2.	Objectifs.....	16
3.	Les rapports .....	18
C.	La méthode 6 sigma .....	18
IV.	Les missions de mon stage .....	20
A.	Présentation succincte de la ligne des Chargeuses sur Pneu.....	20
B.	Mesure des incomplets en sortie de ligne .....	21
C.	Le projet de réduction du complétage .....	25
D.	Chantier de remise à jour de la disposition des pièces .....	26
E.	Chantier d'Amélioration Rapide concernant la ligne après Built .....	27
V.	Analyse du stage.....	29
A.	Introduction.....	29
B.	Les apports de ce stage .....	29
C.	Conclusion .....	29
VI.	Conclusion .....	30
	Bibliographie.....	31
	Annexes .....	32
	Sujet de stage initial .....	33
	Carte de la chaîne de valeur (VSM) .....	34

## Résumé

L'entreprise Caterpillar Inc. est solidement implantée sur le marché des machines dans les domaines de la construction et des mines, puisqu'elle est actuellement leader mondial en la matière. Cette position se traduit par beaucoup d'engagement et d'implication auprès des clients de la société afin de leur apporter satisfaction, sécurité et qualité, aux meilleurs prix et délais. De nombreux services sont ainsi assurés afin de garantir le bon fonctionnement de ces équipements partout dans le monde.

Les missions qui m'ont été confiées durant ce stage sont de natures différentes et ont fait toute la richesse des enseignements que j'ai pu en retirer. Chaque point de vue, chaque aspect a ainsi représenté une source d'apprentissage.

Au travers des différents systèmes de gestion de la production mis en place par Caterpillar au niveau mondial, les différentes missions et les groupes projet dont j'ai fait partie m'ont fait découvrir un peu plus l'univers de la production industrielle à grande échelle. L'optimisation et l'amélioration continue de la ligne de production des chargeuses sur pneu sont ainsi au cœur de cette découverte. Ces projets m'ont permis une approche selon plusieurs points de vue : logistique, avec la résolution de problèmes liés à l'approvisionnement de pièces en ligne, organisationnel, avec la variabilité des volumes de production qui impose des modifications concrètes en ligne ou encore en termes de qualité, avec la diminution du nombre de pièces défectueuses sur les machines.

Ce stage m'aura donc appris à gérer bien des situations tant au niveau technique que relationnel ou encore organisationnel. Les contraintes de sécurité, qualité, délai ainsi que de coûts ont également joué un rôle très important dans ces différentes missions.

## I. Préambule

Le choix de ce stage s'explique principalement par ma méconnaissance du secteur des machines de construction, ainsi que par la bonne impression que j'ai eue lors de l'entretien préliminaire, en ce qui concerne le contenu du stage proposé ainsi que l'ambiance ou les valeurs de l'entreprise.

Ce stage me permettra d'envisager de façon plus approfondie la diversité des métiers de l'ingénieur mais aussi de découvrir le fonctionnement dans sa globalité d'un site d'un grand groupe industriel international.

L'ensemble des missions qui m'ont été confiées durant ce stage s'articulent autour de la transformation de la chaîne de production des Chargeuses sur Pneu. Chacune correspondant à des métiers bien différents. Et surtout elles faisaient intervenir tous les intervenants de la chaîne de valeur. Elles ont fait la richesse des enseignements que j'ai pu retirer de ce stage.

Ainsi, nous verrons les différents projets auxquels j'ai été associé : réduction du complétage en fin de ligne, adaptation de la ligne de finition en fonction du volume de production ou bien amélioration de la localisation des pièces pour une logistique simplifiée.

Enfin, je terminerai par l'analyse de mon stage ainsi que des différents enseignements et connaissances que j'ai pu en tirer et en quoi cela pourra m'aider dans ma future carrière professionnelle.

## II. Présentation de l'entreprise CATERPILLAR Belgium

### A. Le groupe Caterpillar Inc.

La société Caterpillar Belgium fait partie du groupe Caterpillar Inc. Cette multinationale est le plus important producteur mondial de matériels de construction et d'exploitation minière, de moteurs alternatifs et de turbines à gaz industrielles et figure parmi les leaders dans les technologies de ce secteur. Ce groupe comporte aujourd'hui plus de 100 000 collaborateurs de par le monde.



Quelques chiffres concernant la groupe datant de 2008 sont donnés ici à titre indicatif :

- Nombre de collaborateurs : **121 887**
- Chiffre d'affaire : **51,324 milliards \$**
- Bénéfices réalisés : **3,557 milliards \$**
- Réalisation des ventes aux U.S.A. : **50%**
- Nombre de centres de production : **179**
- Nombre de concessionnaires : **182**
- Investissements réalisés dans la recherche et le développement : **1,728 milliards \$**

### B. Présentation générale de CATERPILLAR Belgium

Le siège de l'entreprise se situe à Gosselies, en Belgique, près de Charleroi. Elle compte près de 4000 salariés. 97% du chiffre d'affaire de l'entreprise est destiné à l'exportation hors Belgique. C'est la deuxième usine du groupe Caterpillar Inc. dans le monde et la plus grande en dehors des Etats-Unis.





Quelques chiffres datant de 2008 sont ici donnés à titre indicatif :

- Nombre d'employés : **4703 personnes**
- Investissements : **40 millions € / an**
- Investissements consacrés à la formation : **8 millions € / an**
- Surface : **98 hectares**, dont **25 sous toit**

### C. Bref historique

C'est en 1965 que Caterpillar Belgium SA voit le jour. L'usine produit tout d'abord des chargeuses sur pneu et des moteurs qui sortent dès 1967. Puis la production de pelles hydrauliques est lancée à partir de 1973. En 2004, le site de Gosselies devient l'unique centre de production des excavatrices de grande taille dans le monde. En 2006, l'usine connaît une année record de production.

### D. Les valeurs de l'entreprise

Caterpillar possède un code de conduite mondial nommé : « Nos valeurs en action ». Ce code de conduite, publié pour la première fois en 1974, définit ce qui anime le groupe, en étayant des normes éthiques rigoureuses que l'entreprise a maintenues depuis sa création en 1925. Ce programme a pour but d'aider les employés de Caterpillar à appliquer quotidiennement les valeurs et les principes énoncés dans ce Code de conduite en présentant des recommandations précises concernant les comportements et les actes à l'appui des valeurs d'Intégrité, d'Excellence, de Travail en équipe et d'Engagement.

#### 1. INTÉGRITÉ : Le pouvoir de l'honnêteté

**L'INTÉGRITÉ EST À LA BASE DE TOUTES NOS ACTIONS.** C'est une constante. Les personnes avec lesquelles nous travaillons, vivons et que nous servons peuvent compter sur nous. Nos actes reflètent nos paroles et nous tenons nos promesses. Nous construisons et renforçons notre réputation par la confiance. Nous n'influons pas les autres à mauvais escient et nous ne les



laissons pas nous influencer. Nous faisons preuve de respect et nous nous comportons de manière ouverte et honnête. En bref, la réputation de l'entreprise reflète le comportement éthique et intègre du personnel.

## 2. EXCELLENCE : Le pouvoir de la qualité

**NOUS NOUS FIXONS DES OBJECTIFS AMBITIEUX ET NOUS LES ATTEIGNONS.** La qualité de nos produits et de nos services reflète la force et l'héritage de Caterpillar, ainsi que la fierté de ce que nous faisons et de ce que nous rendons possible. Nous éprouvons le plus grand intérêt pour les gens, les procédés, les produits et l'Excellence de nos services. Nous sommes déterminés à faire bénéficier nos clients de notre esprit d'innovation et d'amélioration continue, en nous concentrant sur les besoins de nos clients, en nous assurant de répondre à de tels besoins, et en montrant que nous sommes conscients de l'urgence avec laquelle il est nécessaire d'y répondre. Pour nous, l'Excellence représente non seulement une valeur, mais aussi une discipline et un moyen de bâtir un monde meilleur.

## 3. TRAVAIL D'ÉQUIPE : Le pouvoir de travailler ensemble

**NOUS NOUS ENTRAIDONS POUR RÉUSSIR.** Nous formons une équipe et nous partageons nos talents spécifiques pour aider ceux avec qui nous travaillons, vivons et que nous servons. La diversité des modes de pensée et de prise de décision de notre personnel renforce notre équipe. Nous respectons et nous estimons ceux qui ont des origines, des expériences et des avis différents. Nous nous efforçons de saisir une situation dans son ensemble, puis de jouer notre rôle. Nous savons qu'en travaillant ensemble, nous pourrions produire de meilleurs résultats que chacun individuellement.

## 4. ENGAGEMENT : Le pouvoir de la responsabilité

**NOUS ASSUMONS NOS RESPONSABILITÉS.** Individuellement et collectivement, nous prenons des engagements significatifs - premièrement, les uns envers les autres, et ensuite, envers ceux avec qui nous travaillons, nous vivons et que nous servons. Nous comprenons et nous nous focalisons sur les besoins de nos clients. Nous sommes des citoyens du monde et des membres responsables de nos communautés, soucieux de la sécurité, respectueux de notre environnement et nous gérons nos activités de manière éthique. Nous savons qu'il relève de notre devoir et de notre honneur de perpétuer l'héritage de Caterpillar.

### Our Values in Action

> > > Caterpillar's Worldwide Code of Conduct



Bien entendu, ces priorités s'entendent aussi bien vis-à-vis des clients que des collaborateurs à l'intérieur même de l'entreprise.

La société s'engage également pour l'environnement, la santé et la sécurité au travers d'actions volontaristes visant à réduire l'impact environnemental, les risques pour la santé ainsi que pour la sécurité de tous les produits Caterpillar, mais aussi vis-à-vis des collaborateurs. Cette démarche s'inscrit donc dans une logique de développement durable et d'amélioration continue.

## **E. Les produits de l'entreprise de l'usine de Gosselies**

### **1. Les chargeuses sur pneu intermédiaires (Medium Wheel Loaders)**

Caterpillar construit une gamme complète de chargeuses sur pneus comprenant la plus grosse chargeuse au monde, la 994F. Les chargeuses industrielles reçoivent une grande variété d'outils de travail. Les chargeuses sur pneus intermédiaires de la Série H offrent une productivité améliorée et une réduction des coûts d'exploitation tout en maintenant un confort de conduite et une longévité à la hauteur des meilleurs classements mondiaux.

Certaines caractéristiques incluent une plus grande facilité d'utilisation des commandes, grâce à des commandes d'accessoires électrohydrauliques permettant un levage et une inclinaison simultanés. Les machines sont également équipées d'une échelle inclinée de 5 degrés vers l'avant, pourvue de marches autonettoyantes facilitant la montée et la descente, ainsi que de centres hydrauliques et d'entretien centralisés, pour un entretien quotidien amélioré, offrant aux conducteurs un confort sans égal et un meilleur temps productif.



Au total, 6 modèles de base sont produits à Gosselies de 14 à 30 tonnes et de 145 à 320 CV (938H, 950H, 962H, 966H, 972H, 980H)

## 2. Les pelles hydrauliques (Hydraulic Excavators )

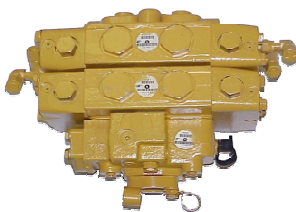
Les pelles hydrauliques Caterpillar sont destinées aux clients pour qui la fiabilité et la production sont essentielles pour les applications de terrassement en vrac et/ou de levage de conduites lourdes et de structures dans le cadre de gros projets. Elles sont équipées d'un circuit hydraulique à 3 pompes, exclusif à Caterpillar et de commandes par manipulateur électrohydrauliques réglables pour optimiser la production quotidienne.



Il existe de nombreuses configurations de pelles hydrauliques. 8 modèles de base sont produits à Gosselies : de 23 à 85 tonnes et de 138 à 520 CV (324D, 329D, 336D, 345D, 365C, 385C).

## 3. Composants

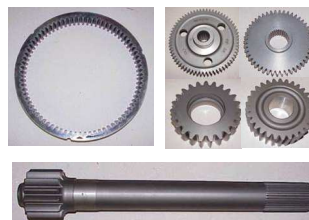
Ce sont des composants à haute valeur ajoutée. Ils sont ensuite utilisés pour les produits de Gosselies, d'Europe, des Etats-Unis, du Japon et du Brésil.



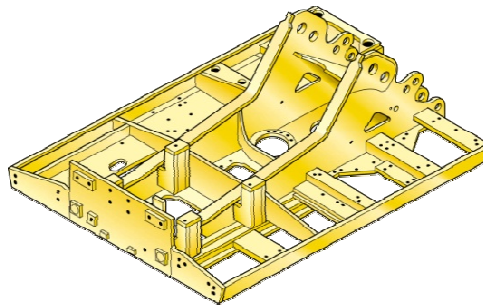
3 Distributeurs hydrauliques



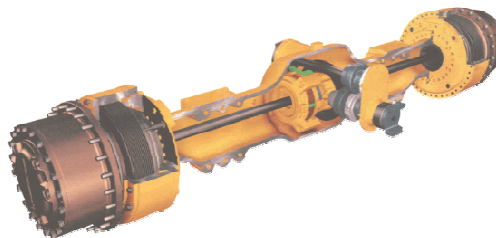
2 Cylindres



1 Engrenages



4 Fabrications mécano-soudées (concentration sur les soudures finales et complexes)



5 Ponts

## F. Autres filiales

Il existe également d'autres filiales de Caterpillar en Belgique :

- Solar Turbines produit des turbines à gaz.
- Caterpillar Logistics Services est une entreprise de service logistique.
- Grimbergen assure la distribution de pièces détachées dans toute l'Europe.

A noter que les machines Caterpillar sont distribuées par des concessionnaires exclusifs : Bergerat-Monnoyeur s'occupe de la distribution des machines Caterpillar en France et en Belgique.

## G. Positionnement sur le marché

Caterpillar Inc. est le premier constructeur mondial de matériel de construction et d'exploitation minière, de moteurs diesel et à gaz naturel, et de turbines à gaz industrielles. La force de l'entreprise réside dans sa maîtrise de l'ensemble des métiers liés à la fabrication d'équipements ainsi que dans sa capacité à proposer une offre globale de la conception, avec des équipes d'ingénieurs de haut niveau, jusqu'aux services après-vente. Ce leadership, Caterpillar Inc. le doit à l'inventivité de son bureau d'études, à la qualité de sa production et à l'enthousiasme de l'ensemble de ses équipes, qui unissent leurs efforts dans une synergie toujours plus créative.





## H. Contexte socio-économique<sup>1</sup>



### 1. Importance dans la région

Avec son personnel d'environ 4000 effectifs, Caterpillar Belgium, située à Gosselies, est le deuxième employeur industriel privé wallon, après Arcelor-Mittal. Caterpillar est donc un acteur économique primordial de la région de Charleroi.

### 2. Caterpillar dans la crise

Au premier trimestre 2009, Caterpillar enregistre une perte suite à la baisse des ventes de machines, surtout en Europe (-46% sur cette période), et le coût des plans sociaux a fait plonger le résultat trimestriel de Caterpillar dans le rouge. Caterpillar a annoncé une perte de 112 millions de dollars (84 millions d'euros) pour le premier trimestre 2009, à comparer à un bénéfice de 922 millions de dollars pour la même période de 2008.

Jim Owens, le P-DG, se montrait cependant confiant. « En prenant aujourd'hui des décisions déterminées et décisives nous nous plaçons sur la voie du succès non seulement à court-terme mais également pour être encore plus compétitifs à long terme, quand l'économie repartira » dit-il en faisant référence à un plan mondial de réduction d'effectifs qui touche 20 000 personnes.

Au deuxième trimestre 2009, Caterpillar renoue avec les bénéfices. L'américain, leader mondial des engins de chantier, a annoncé être revenu dans le vert au deuxième trimestre avec un bénéfice net de 371 millions de dollars. Un résultat très supérieur aux attentes. "En dépit de l'importante dégradation de nos ventes, notre bénéfice réalisé ce trimestre témoigne (de la célérité) de notre réponse à la sévérité de la récession mondiale", a commenté le PDG Jim Owens.

Dès les premiers signes du ralentissement économique, le groupe a mis en oeuvre des mesures drastiques de restructuration qui l'ont conduit à supprimer 10.000 postes de titulaires et 15.000 postes d'intérimaires depuis fin 2008.

### 3. La situation de Caterpillar Belgium

Le site de Gosselies a toutefois été relativement épargné par ce vaste plan social. En effet, chaque site du groupe possède sa propre autonomie de gestion du personnel. La stratégie mise en place à Gosselies au dernier trimestre 2008 a permis de limiter l'impact de la crise et d'éviter ainsi une restructuration massive.

Des outils de flexibilité comme le chômage économique, la diminution des primes ou la non-prolongation d'une centaine de contrat à durée déterminée ont été toutefois décidés pour faire face. Mais la direction le concède: ces mesures ne sont efficaces qu'à relativement court terme.

Tout dépendra donc d'une éventuelle reprise économique au deuxième semestre. A l'heure actuelle, le volume de production n'a jamais été aussi bas depuis la création de l'usine de Gosselies en 1965.

---

<sup>1</sup> Source : <http://www.lexpansion.com/>

### III. Les différents systèmes de gestion de production chez Caterpillar

Ces différents systèmes sont liés les uns aux autres selon une hiérarchie et ne rentrent donc pas en concurrence. Ils s'appliquent à des niveaux divers. Nous irons du plus global au plus précis, que ce soit de manière géographique ou temporelle. Voici donc une petite explication des différents systèmes et principes mis en place chez Caterpillar dans le but d'améliorer la production dans sa globalité.

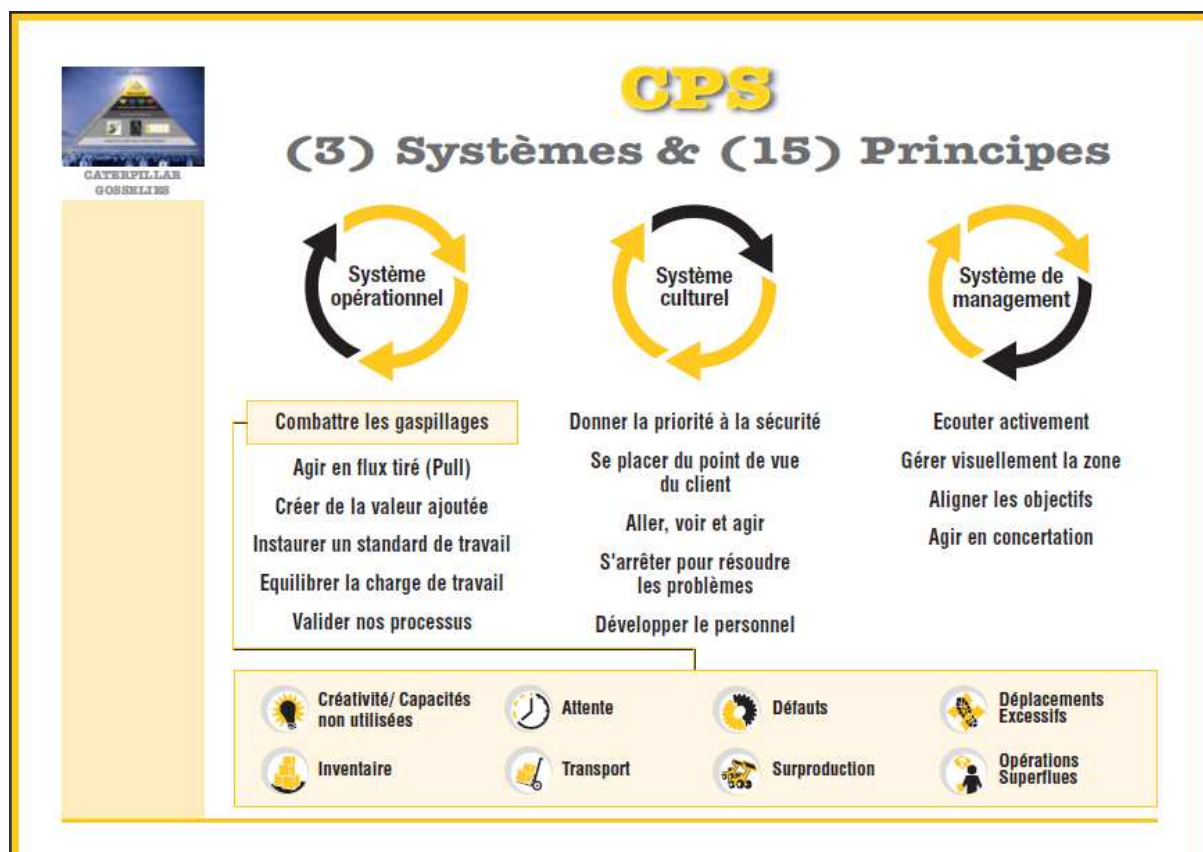
#### A. Caterpillar Production System (CPS)

Le système CPS d'inspire fortement du système de production développé par Toyota qui a pour but la mise en place du « lean manufacturing », c'est-à-dire une production sans gaspillages et sans stocks importants.

Le système CPS se base sur 3 grands domaines (les systèmes opérationnel, culturel et managérial). Ces 3 domaines sont interdépendants et ne peuvent être dissociés si l'on veut obtenir des résultats probants. Il faudra donc prévoir des actions spécifiques pour chacun lors de la résolution de problèmes.

Ces 3 domaines peuvent être subdivisés en une quinzaine de principes qui contribuent tous à l'obtention d'un standard de travail selon la règle Caterpillar.

Le diagramme suivant présente de façon visuelle ces principes :



Tous ces principes possèdent un niveau de notation compris entre 1 et 5. Une note globale peut ensuite être donnée par exemple à une section de l'usine, c'est l'évaluation CPS.

On voit donc bien que le but premier de CPS est la réduction des gaspillages et des temps n'apportant pas de valeur ajoutée au produit. L'amélioration des délais de fabrication ainsi que la réduction des coûts est la conséquence directe de cet objectif.

Les principaux gaspillages sont au nombre de huit. Ce sont :

- Créativité/capacité non utilisées : Opportunités perdues à cause d'une mauvaise sécurité et de ressources sous-utilisées
- Défauts : Production ou re-travail de pièces hors des spécifications du client
- Inventaire : Excédent de matières premières, en-cours ou produits finis
- Surproduction : Fournir plus que ce que le client demande
- Attente : Temps perdu à cause d'un mauvais flux de production – manque de pièces, goulots d'étranglement, machines cassées
- Déplacements excessifs : Mouvements inutiles pendant le travail
- Transport : Mouvements excessifs de pièces dans le processus
- Opérations superflues : Travail qui n'ajoute pas de valeur au produit pour le client

## **B. Le projet WIP CAP**

### **1. Terminologie**

Le WIP (Work In Process) désigne l'inventaire des en-cours de production. Il est utilisé aussi bien pour les machines en ligne d'assemblage que pour les composants en cours de fabrication.

Le WIP Cap représente quant à lui l'objectif à atteindre, c'est-à-dire la limite maximum de WIP (à ne pas dépasser).

### **2. Objectifs**

Les objectifs du groupe projet WIP CAP et la mise en place de ce concept sont multiples :

- Minimiser les temps d'attente des produits dans la ligne ;
- Eviter la surproduction en démarrant la production des seuls produits nécessaires ;
- Créer des flux optimaux au sein du process de fabrication ;
- Mettre en place un process continu : une mise en ligne pour une sortie de ligne ;



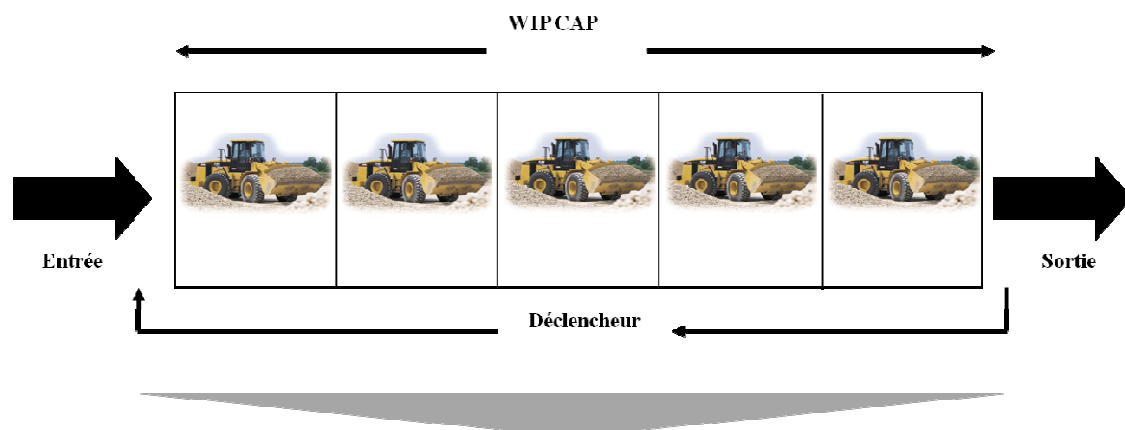
- Stabiliser le process : permettre une plus grande prédictibilité de celui-ci ;
- Réduire des inventaires : limite les inventaires en cours de process afin d'éviter la surproduction ;
- Gagner en efficacité : temps de cycle réduits ;
- Améliorer la productivité : des inventaires réduits assurent la promotion des activités à valeur ajoutée ;
- Améliorer la qualité : des WIPs réduits, la discipline Stop to Fix, des meilleurs temps de cycle et contrôles visuels, les résolutions de problèmes se font au sein même du process (impact positif sur la qualité).

Et l'objectif principal de toutes ces améliorations est de permettre la mise en place du principe « STOP TO FIX ». Le but de ce principe est que lorsque qu'une augmentation anormale du WIP est constatée (ceci est la traduction directe d'un problème rencontré sur la ligne), la mise en place d'actions rapides pour solutionner le problème rencontré et le cas échéant, l'arrêt de la ligne peut être décidé. On considère en effet qu'il est moins pénible de stopper un process en cours pour résoudre directement un problème que de ne pas solutionner celui-ci.

Dans la pratique, il faut d'abord définir le nombre de machines maximum dans le pipeline en fonction du rendement voulu de la ligne. Ensuite, en cours de production, si le WIP dépasse le WIP Cap, on applique la procédure du Stop to Fix : on ne lance pas de production supplémentaire.

Dans ce cas, il faut réagir vite pour comprendre les problèmes relatifs à chaque machine qui introduisent un point de blocage dans la ligne. Puis définir un plan pour terminer ces machines et le mettre en pratique pour pouvoir continuer la production.

Ensuite, si l'on veut améliorer encore le WIP Cap et donc l'efficacité de la ligne de production, des actions doivent être mises en place. L'identification des raisons entraînant du WIP permettra d'éviter de renouveler les mêmes erreurs. Plusieurs causes peuvent intervenir dans ce blocage. Il faut alors les classer par priorité, puis les solutionner au travers de Chantiers d'Amélioration Rapide.

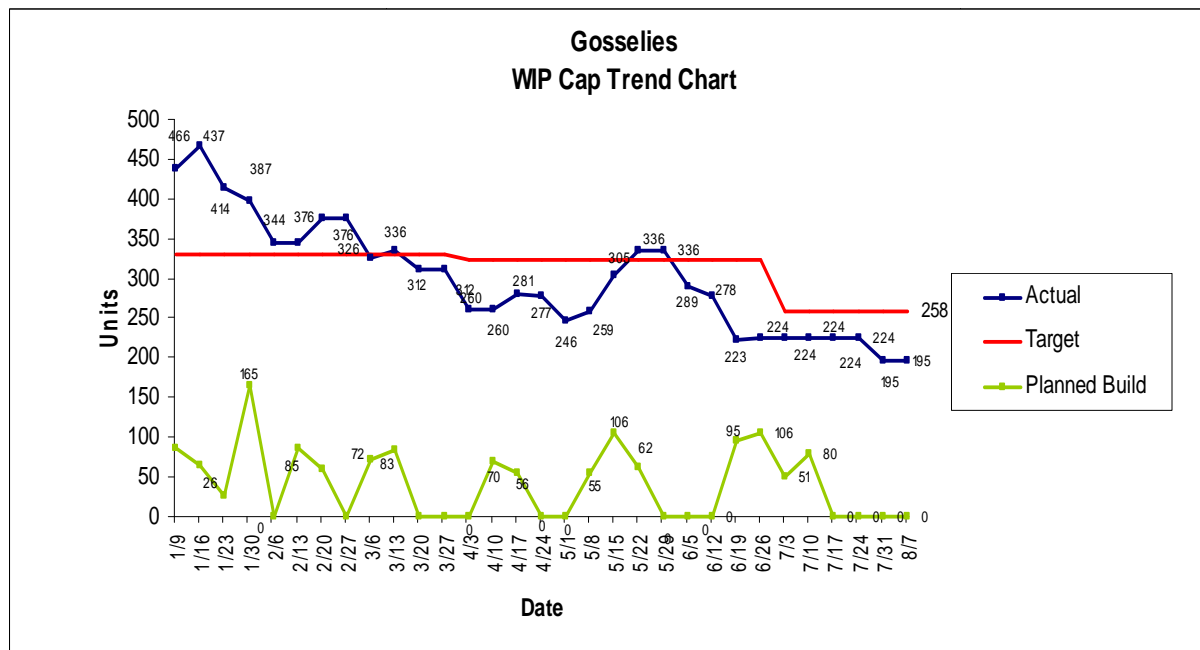


**Règle d'or : une ENTREE pour une SORTIE**

Le but recherché de toute cette démarche est de diminuer le temps nécessaire à la fabrication d'une machine ainsi que de réduire l'**inventaire** en ligne. Les délais en seront mieux maîtrisés et les dates imposées par le client final mieux respectées.

### 3. Les rapports

Des rapports comme celui présenté ci-après sont envoyés de façon hebdomadaire à la Corporation. L'évolution est ainsi très facile à suivre. On remarque l'évolution progressive de l'objectif. Le nombre de machines qui apparait est le total concernant l'usine de Gosselies. On ne tient pas compte ici de la valeur financière des machines au moment où ce rapport est établi. Une comparaison peut ainsi être faite entre les principales usines du groupe.



### C. La méthode 6 sigma<sup>2</sup>

Six Sigma ou 6 Sigma est une marque déposée de Motorola désignant une méthodologie structurée de management visant à une amélioration de la qualité et de l'efficacité des processus.

La méthode se base ainsi sur 5 étapes qui se contractent dans l'acronyme DMAAC pour : « définir, mesurer, analyser, améliorer et contrôler ».

Chaque étape possède des outils différents qui sont regroupés dans une démarche cohérente. Typiquement, la gamme d'outils utilisés dans chacune des phases est (cette liste n'est pas exhaustive) :

1. Définir : voix du client, SIPOC (Supplier Input Process Output Customer, cartographie des processus), ...

2. Mesurer : analyse de systèmes de mesure, capacités, diagrammes d'Ishikawa...

<sup>2</sup> Source : Wikipédia ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Six\\_Sigma](http://fr.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma))

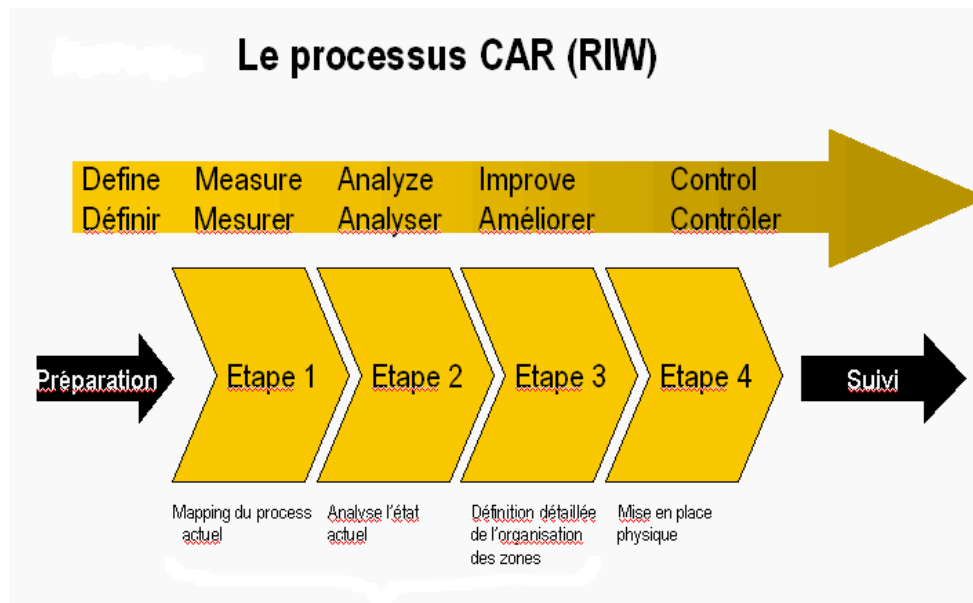
3. Analyser : cartographie détaillée des processus (par exemple, analyse de la valeur ajoutée), tests d'hypothèses, plans d'expérience...

4. Améliorer : plans d'expériences, AMDEC...

5. Contrôler : plans d'expérience, MSP...

Six Sigma va permettre de réduire les coûts et les pertes pour tendre vers des résultats optimums en termes de profit et de qualité. Les objectifs pour l'entreprise sont de se doter d'actions mesurables et efficaces, de satisfaire ses clients, d'impliquer les équipes et bien souvent d'améliorer son image.

Si la méthode Six Sigma est une méthode globale mise en place sur une durée très grande, elle sous-entend la mise en place d'actions ponctuelles : les Chantiers d'Amélioration Rapide ou « Rapid Improvement Workshop ». Le déroulement d'une telle action est précisée sur le diagramme ci-dessous. Habituellement, il dure 5 jours.



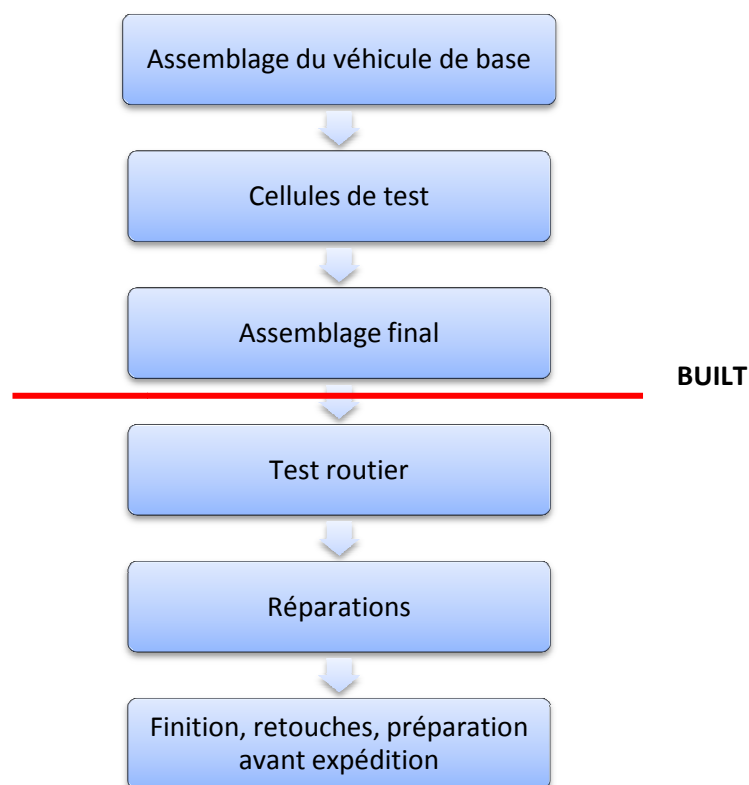
Au-delà de la méthodologie, la réussite d'un programme de Six Sigma doit s'appuyer sur une profonde conduite du changement. J'ai d'ailleurs assisté durant une semaine à une formation interne sur le management du changement.

## IV. Les missions de mon stage

Comme précisé plus haut, les missions de stage qui m'ont été confiées ont été de natures très différentes et ont fait toute la richesse de cette expérience. Toutefois, toutes étaient tournées vers l'amélioration d'une même ligne de production et ces différents points de vue auront été très intéressants. De cette ligne d'assemblage sort l'ensemble des chargeuses sur pneu.

### A. Présentation succincte de la ligne des Chargeuses sur Pneu

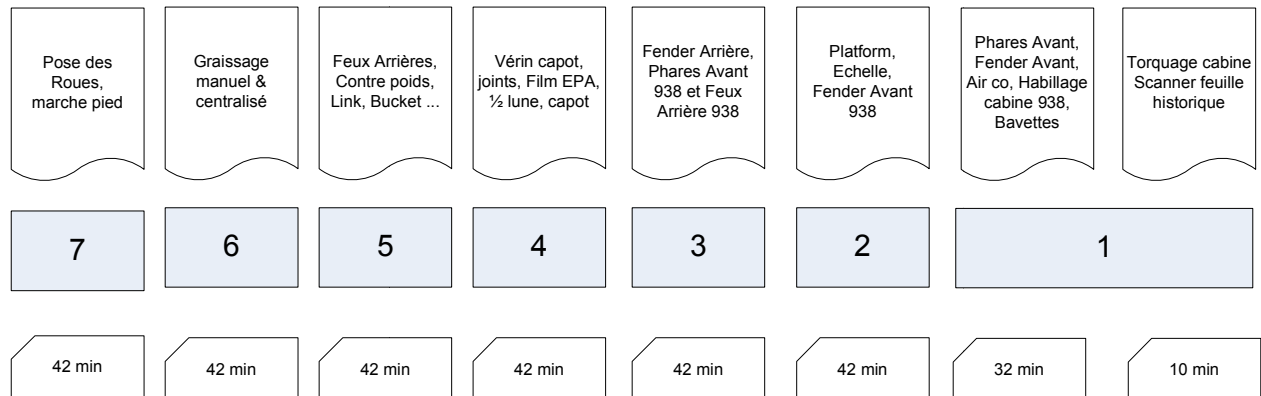
La ligne de production des Chargeuses sur pneu est bâtie telle que sur le schéma suivant :



Les composants de base du véhicule (châssis, moteur, pompe hydraulique, cabine ...) sont d'abord assemblés. Ensuite, chaque machine est testée en cellules pour vérifier le fonctionnement notamment hydraulique de la machine. Puis c'est l'assemblage final de tous les autres composants dont le détail est donné dans le prochain diagramme. A la fin de cet assemblage, la machine est capable de rouler, elle est déclarée « Built ». Elle subit alors un test routier qui peut mettre en lumière des défauts qui seront corrigés lors de la phase de réparation. Des opérations de finition sont ensuite prévues avant l'expédition de la machine.

On trouvera également en annexe la carte de la chaîne de valeur (ou VSM, pour Value Stream Map). Ce document reprend l'ensemble des étapes subies par la machine ainsi que les zones de stockage, ou encore les circuits de décision en cas de problème rencontré sur une machine. On y trouve également le nombre de postes de travail, le temps alloué à chaque étape, le nombre d'emplacements.

La fin de la ligne d'assemblage est ensuite présentée un peu plus en détail puisque c'est celle qui comporte le plus de difficultés. Cette section est une ligne synchrone, c'est-à-dire que la première machine entrée est aussi la première sortie. Une machine sort de la ligne en théorie toutes les 42 minutes. C'est aussi la durée de travail à un poste donné. Elle comporte 7 postes de travail représentés ci-dessous. On peut voir également chaque pièce qui est montée sur chacun de ces postes.



## B. Mesure des incomplets en sortie de ligne

Actuellement, de trop nombreuses machines sortent de ligne tout en étant incomplètes. Cela crée de très nombreux problèmes à tous les niveaux (qualité des machines, sécurité des opérateurs, précision des inventaires de pièces, pertes de temps, dé-séquençage des machines, augmentation du WIP, augmentation des coûts de main d'œuvre). C'est pourquoi, la résolution de l'ensemble de ces problèmes est un enjeu primordial pour l'amélioration de la rentabilité de la ligne. Il faut donc pour cela une vision la plus précise possible des causes de pièces manquantes sur les machines en sortie de ligne.

Pour cela, des relevés ont été réalisés de la manière la plus exacte qui soit. On peut voir ci-dessous l'un de ces relevés (en l'occurrence, celui du 5 juin), on y retrouve : le numéro de la machine concernée, la pièce manquante, la cause apparente du manquant, la section responsable de la pièce en question ainsi que des commentaires supplémentaires.

# RELEVÉ DES PROBLÈMES DE MACHINES INCOMPLÈTES AU PASSAGE DU BUILT

Date de passage de la machine au Built : 05/05/2009

Equipe (1 ou 2) de passage de la machine au Built : 1 et 2

Nombre total de machines : 9

Ces relevés seront réalisés par Donato en équipe 1 et Jean-Claude en équipe 2 du 4 au 20 mai 2009

Les 1er relevés seront réalisés avec François DUMONCEAU, Sébastien VERDONCK ou Vincent BROGNIEZ selon disponibilité

En cas de doute sur les relevés suivants, appeler pour avoir de l'aide au 727 19 ou au 1545 ou 71719 ou 71841

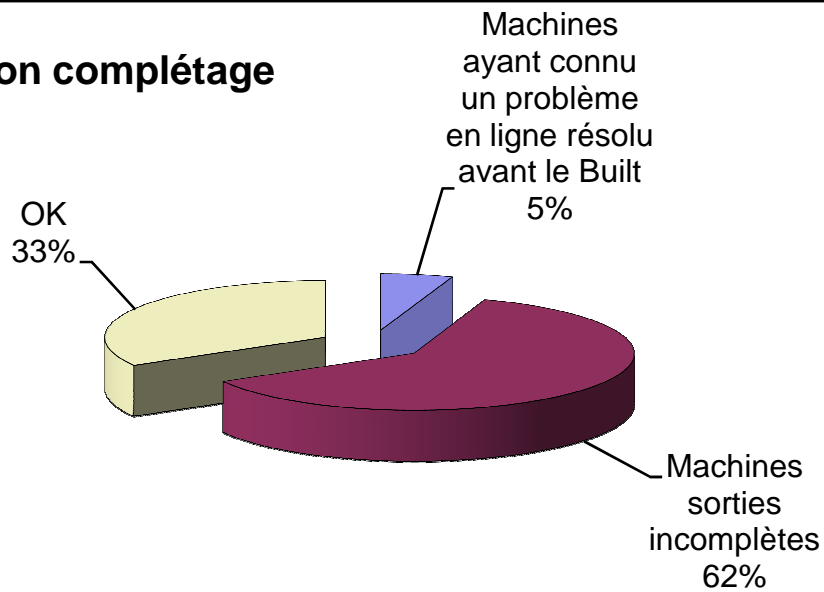
Numéro de série de la machine	Nom de la pièce	Référence de la pièce	COCHER LE TYPE DE PROBLÈME CONCERNÉ								COMPLÉTAJE NEAR MISSED		Commentaires additionnels sur le problème rencontré	Section
			CHANGEMENT ISO	APPROVISIONNEMENT	CONNAISSANCE SÉQUENCE	QUALITÉ	COMPORTEMENT LAYOUT	DIVERS						
A6G03892 (966 H)	Precleaner	2453816					X				X	Piratage	5942	
A7G01246 (972 H)	Echelle	GP2722775		X							X	Pièce manquante	Attecarn	
	Link	2785949		X							X	Pièce manquante	Mondia	
	Bucket	2855011			X							Bucket non monté puisque pas de link	5944	
A7G01245 (972 H)	Echelle	GP2722775		X							X	Pièce manquante	Attecarn	
A6G3894 (966 H)	Guard	2487325			X						X	Problème de documentation chez Mondia	Mondia	
	Cover	3158043					X					Pièces à l'intérieur du bâtiment introuvables par le SPOC	Mondia	
A7G1248 (972 H)	Echelle	2722775		X							X	Non anticipation visuelle du nombre de pièces restantes en zone de production	5944	
	Cover	3158043					X					Pièces à l'intérieur du bâtiment introuvables par le SPOC	Mondia	

Les différents problèmes ont été classés en 8 catégories :

- Changement d'un bon de commande : un changement récent n'est pas pris en compte et engendre une erreur de montage.
- Approvisionnement : la pièce n'a pas été livrée au bon moment ou au bon endroit.
- Connaissance : manque de formation des opérateurs, problème de documentation au poste de travail.
- Séquence : non-respect de la séquence d'assemblage d'un sous-ensemble.
- Qualité : pièces non conformes (griffes, coups, rouille ...)
- Comportement : mauvaise manipulation de pièce, pièce non demandée en urgence à la logistique ...
- Layout : la localisation de la pièce n'est pas clairement établie.
- Divers : machine en panne, problème lié au temps d'assemblage ...

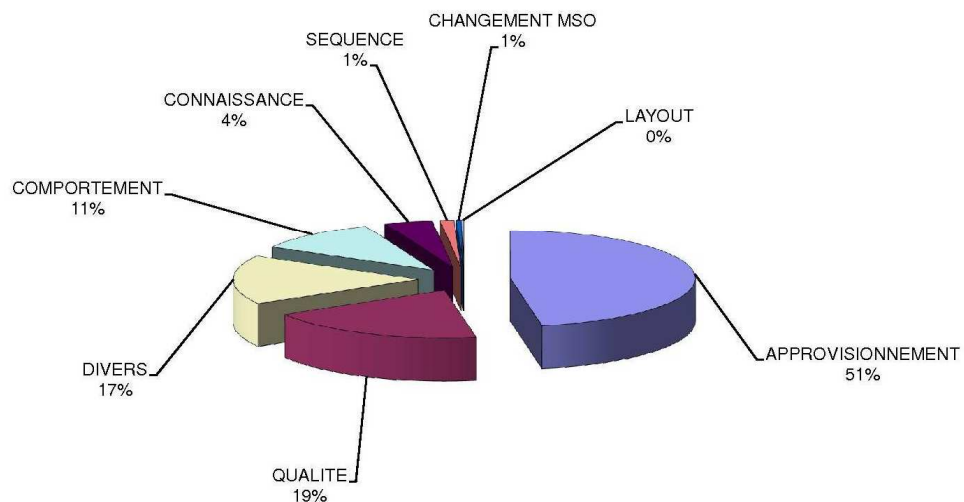
Ces différents relevés permettent d'établir des statistiques afin de déterminer les causes principales des manquants, les fournisseurs posant le plus de problèmes ou encore les pièces les plus critiques. Ces résultats permettront de cibler les actions sur les difficultés récurrentes. On obtient sur un échantillon de près de 400 machines les diagrammes suivants :

### Répartition complétage



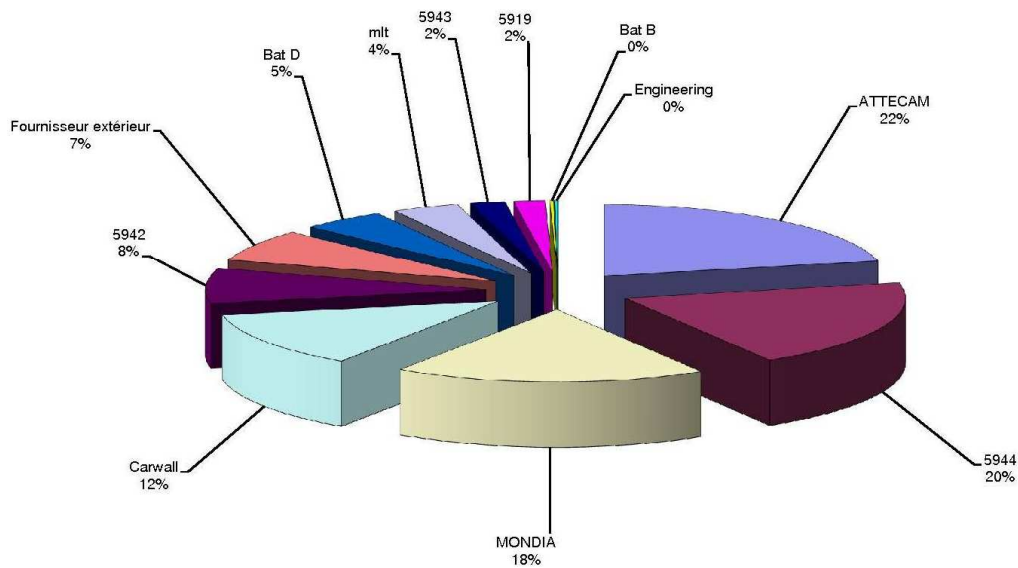
La première conclusion qui vient à la vue de ce graphe est que seule une machine sur trois sort complète de la ligne d'assemblage. Ce résultat bien faible traduit évidemment un problème assez général sur cette ligne.

### Root cause analysis



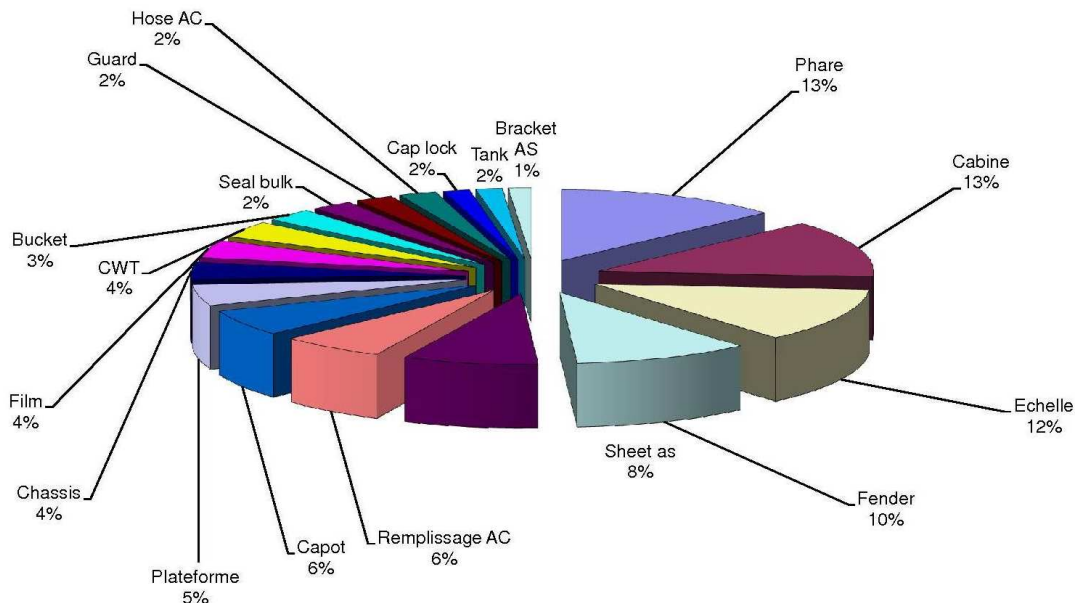
Sur ce second graphe, on perçoit aisément que les problèmes d'approvisionnement au point d'utilisation des différentes pièces sont prépondérants, c'est-à-dire qu'un maillon de la chaîne logistique semble clairement défaillant. Les problèmes de qualité des pièces (de nombreux rebut sont observés) ainsi que les problèmes humains sont loin d'être négligeables également.

### Répartition par section d'origine



Ce troisième graphique montre les intervenants avec lesquels les problèmes sont le plus fréquemment rencontrés. De nombreux manquants sont causés lors de l'apport de pièces par des fournisseurs extérieurs (Attecam, Carwall et autres fournisseurs extérieurs), mais aussi par un intervenant essentiel : Mondia qui réalise l'approvisionnement des pièces au point d'utilisation. Toutefois des difficultés sont connus directement en interne dans les sections de la ligne de montage (5944, 5942).

### Répartition par pièces

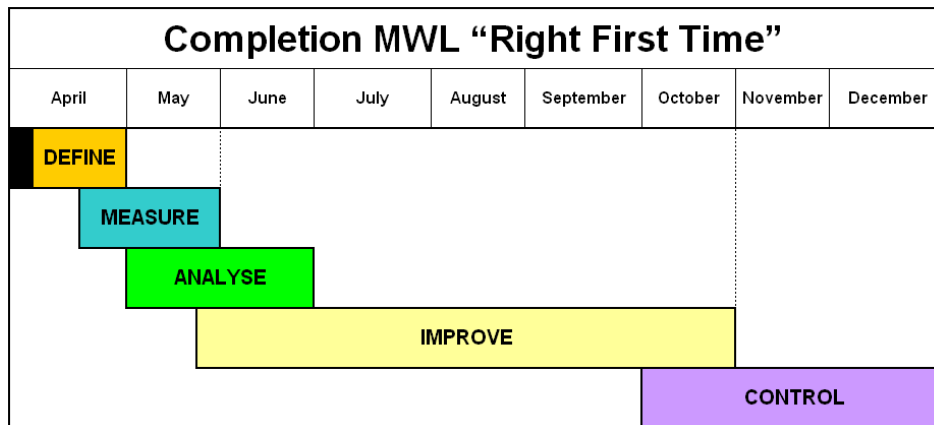


On remarquera ici que malgré la diversité des pièces présentes en ligne (plus de 400 références peuvent être livrées, rien que dans la dernière section de la ligne d'assemblage), un faible nombre de pièces sont réellement concernées. Ce sont les phares, les cabines, les échelles, les garde-boue ou encore des pièces métalliques dont l'ajout se fait en fin de ligne.

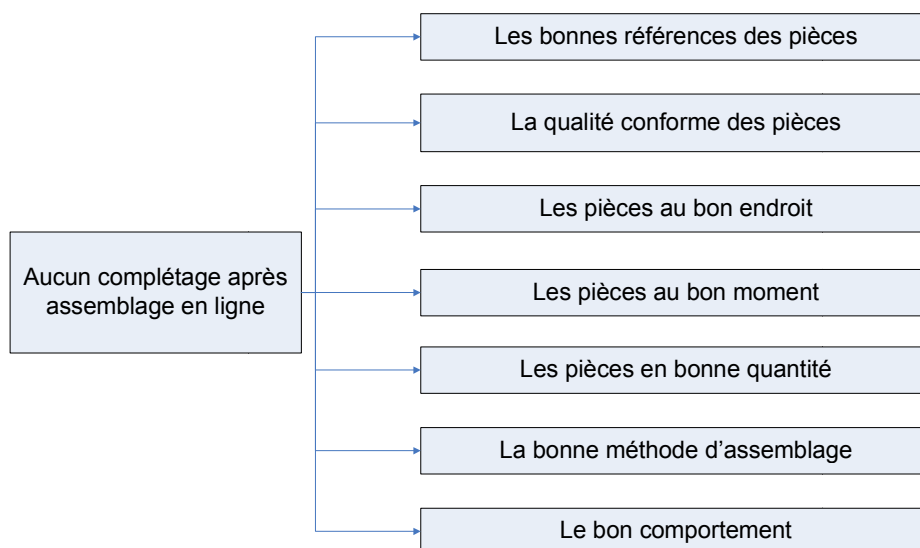


## C. Le projet de réduction du complétage

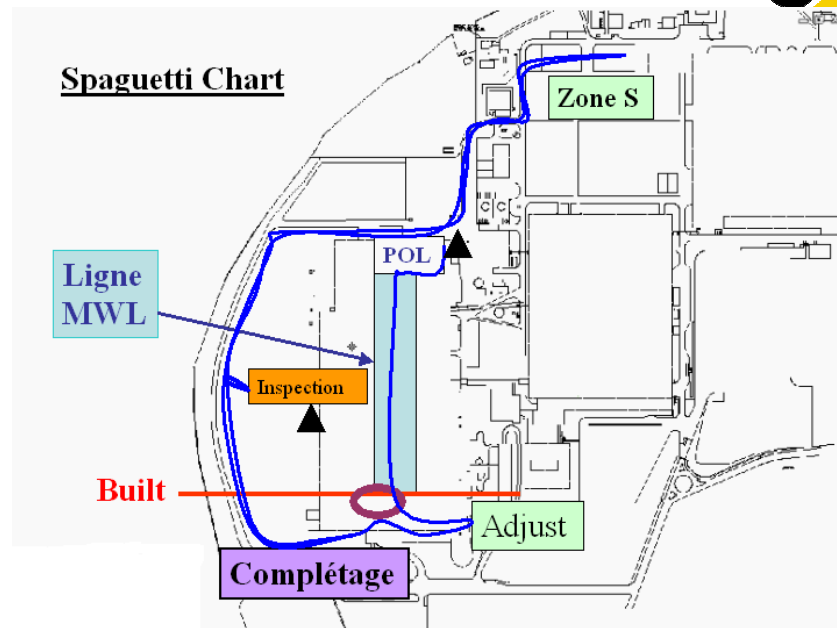
Voici le planning prévisionnel de réalisation du projet concernant la réduction du complétage en fin de ligne d'assemblage :



La demande du management est la suppression de toute opération de complétage une fois que la machine est sortie de la ligne. Cet impératif entraîne directement toutes les demandes suivantes :



Le diagramme « Spaghetti » suivant permet d'évaluer de façon visuelle les gaspillages en terme de déplacement des machines tout au long de leur process, afin de chercher plus facilement les solutions pour rendre le flux des machines le plus direct possible. On voit ici assez clairement les aller-retours des machines tout au long du process. Cela induit directement des coûts supplémentaires mais aussi des possibilités plus nombreuses de détériorer la qualité de la machine.



#### D. Chantier de remise à jour de la disposition des pièces

Ce chantier a concerné uniquement la fin de la ligne de montage des Chargeuses.

Il permet de travailler les points suivants :

- Améliorer la localisation visuelle des zones d'emplacements des pièces livrées en ligne ;
- Améliorer l'approvisionnement des pièces aux bons points d'utilisation par les services logistiques ;
- Permettre à l'opérateur de trouver plus facilement les pièces dont il a besoin et limiter le risque d'erreur de référence.

Les actions à mettre en place sont donc relativement simples :

- Faire du rangement en zone et valider les emplacements des différentes pièces ;
- Identifier les emplacements par marquage au sol des conditionnements de pièces ;
- Identifier correctement toutes les pièces sur une étiquette par les numéros de pièce et photos visuelles aux points d'utilisation (on peut voir une de ces étiquettes sur la photo suivante, la mise en place sur des câbles à une hauteur raisonnable permet une robustesse suffisante de ce système).



## E. Chantier d'Amélioration Rapide concernant la ligne après Built

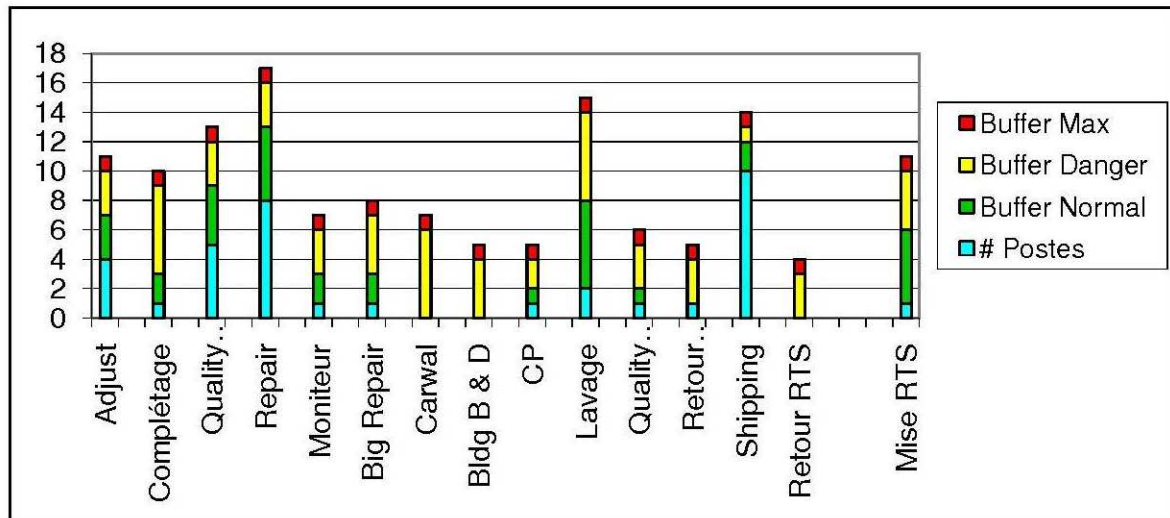
Le but global est de définir l'optimisation optimale des zones de la ligne de finition en fonction du volume de production. En effet, ceux-ci sont très variables à cause du faible nombre de commandes. Les objectifs de ce chantier sont multiples :

- Détermination du nombre de postes nécessaires par zone
- Calcul des buffers minimum et maximum entre étapes sur base de la méthodologie « WIP Cap »
- Détermination du nombre d'opérateurs requis
- Mise en place des outils de gestion du WIP (tableaux, informatique)
- Liste des actions d'amélioration du flux global

La méthodologie générale utilisée lors de ce chantier est la suivante :

- Etape 1: Relevé des données clés de l'étape, de l'étape en amont et de l'étape en aval
- Etape 2: Estimation du nombre de postes à ouvrir par équipe
- Etape 3: Définition de la situation initiale (règles de fin d'équipes)
- Etape 4: Calcul des buffers (en entrée et/ou en sortie)
- Etape 5: Calcul du nombre d'opérateurs nécessaires par équipes
- Etape 6: Liste des actions à mener

« On peut voir sur le graphique ci-dessous la répartition des buffers entre les différents postes. Le niveau du buffer doit se situer dans la zone verte. S'il augmente, des actions doivent être prises immédiatement pour le réduire et s'il entre dans la zone rouge, on applique la règle du « Stop To Fix ». Bien entendu, l'actualisation de ce graphique est nécessaire en fonction de la cadence de production.



## **V. Analyse du stage**

### **A. Introduction**

Le sujet de stage proposé initialement par Caterpillar était assez large et je dois dire que cet aspect m'avait plutôt séduit. Il est disponible en annexe. En tout cas, il s'agit d'une mission réellement importante pour l'usine de Gosselies et je dois avouer que cela est tout à fait motivant. Mon stage n'en a été que bien plus intéressant. Mes missions ont trouvé place dans un environnement globalisé au niveau de la corporation.

### **B. Les apports de ce stage**

En ce qui concerne les différents apports de ce stage, ils sont de plusieurs ordres. En premier lieu, il m'a permis de mettre au service de l'entreprise certaines de mes compétences mais aussi de faire partager un autre point de vue que celui d'une personne travaillant depuis longtemps chez Caterpillar. Par contre, il a aussi mis en lumière certains de mes points faibles. Bien sûr, j'ai su évoluer sur certains de ces défauts comme la communication et le manque d'implication. J'étais en effet au début de ce stage trop sur la réserve, je n'ai pas toujours su aller vers les autres pour leur donner ou leur demander les informations. Et je pense avoir beaucoup évolué de ce point de vue là au cours de cette expérience. Toutefois, il resterait des facultés à améliorer comme la prise de décision. En effet, j'ai des difficultés à décider pour les autres et à les entraîner dans une certaine direction. Cela s'est parfois fait ressentir, mais puisque jusqu'à présent, les missions que j'ai réalisées ne s'y prêtaient pas particulièrement, cela reste pour moi l'un de mes défauts.

### **C. Conclusion**

Quoiqu'il en soit, je garderai un très bon souvenir de ce stage, qui aura été extrêmement enrichissant à tous points de vue. Je suis certain qu'il me servira plus tard pour toutes les capacités que j'ai pu y acquérir, notamment dans les domaines relationnel et organisationnel.

## VI. Conclusion

L'entreprise Caterpillar, leader sur son marché, est une bonne illustration d'une multinationale évoluant dans un contexte concurrentiel fort. Bien que le secteur de la production de machines de génie civil ne soit pas très porteur du fait de la conjoncture actuelle défavorable, cela n'a en rien altéré la qualité de mon stage.

Les diverses missions qui m'ont été confiées durant ce stage auront toutes eu un intérêt particulier de mon point de vue à différents niveaux. En effet, elles prennent en compte des acteurs différents, donnent une vision plus ou moins globale de la production, plus ou moins technique aussi. La diversité de ces aspects est particulièrement valorisante et a pu me montrer les différents métiers de l'ingénieur dans un tel contexte.

J'ai donc eu l'occasion durant ce stage d'acquérir non seulement certaines capacités d'organisation personnelle, de rigueur, d'adaptabilité, de flexibilité, d'écoute ou encore de synthèse mais j'ai pu également apprendre de nombreuses choses sur mes attentes quant à mon futur métier d'ingénieur.

Tant d'un point de vue organisationnel que technique ou encore humain, je garderai longtemps le souvenir de ce stage. Nul doute que cette expérience m'aura donné envie de poursuivre dans cette voie.

## Bibliographie

- <http://www.cat.com>
- Intranet de l'entreprise
- Documentation interne à l'entreprise Caterpillar



## Annexes

- Sujet de stage initial ;
- Carte de la chaîne de valeur (VSM).



## Sujet de stage initial

Dans le cadre du déploiement du Système de Production Caterpillar (Caterpillar Production System), optimisation du flux des machines dans le secteur de la finition (de la fin de la ligne d'assemblage jusqu'à l'expédition de la machine) pour ce qui concerne les 'Chargeuses sur roues' (Medium Wheel Loaders).

M. Alliot fera partie de l'équipe de transformation de cette chaîne de valeur. Il contribuera à l'optimisation du flux des matières et des informations entre les différentes étapes de ce processus. Il appliquera les méthodes systématiques d'identification des pertes et gaspillages (surproduction, sur-qualité, re-travail, stock, attentes, etc.) et participera à l'élaboration de solution au travers de Chantiers d'Amélioration Rapide qu'il conduira en collaboration avec le chef de projet.

Le stagiaire jouera un rôle clé dans l'amélioration du flux et de l'efficacité de cette chaîne de valeur. Il sera en contact avec tous les intervenants de la chaîne de valeur (production, logistique, maintenance, achats, méthodes, qualité). Il recevra en outre une formation basée sur les techniques 'lean' et de conduite du changement.

Des activités significatives lui seront confiées. Des opportunités de contacts internationaux (notamment avec des consultants) ainsi que des interactions ponctuelles avec la direction générale sont également prévues dans le cadre de ce stage. La contribution de M. Alliot sera évaluée sur base des progrès réalisés sur les 4 axes : Sécurité, Qualité, Délai et Coûts.

# Carte de la chaîne de valeur (VSM)

