

**DELPHI**



*Université Sidi Mohamed Ben Abdullah*

**DELPHI**

*Faculté des Sciences et Techniques Fès*

*Département de Génie Mécanique*

# *Projet Fin D'Etude*

*Pour l'Obtention du Diplôme*

*Ingénieur D'Etat*

*Conception Mécanique et  
Innovation*



*Réalisé par:*

*Encadré par :*

*Parrain du*

*EL Malouani Omar*

*Mr B. Ragi*

*Mr R. Arifi*

# Dédicaces

## ***A ma très chère mère,***

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir, Tu étais une mère merveilleuse qui a toujours cru en moi et en l'aboutissement de mes efforts, Je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entouré. Que Dieu te prête une longue vie et beaucoup de santé et de bonheur.*

## ***A mon très cher père,***

*Tu es et tu étais depuis toujours une personne digne de mon estime et de mon respect, un père digne de considération, un père qui a fait preuve d'altruisme.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, Que Dieu le tout puissant te préserve et te procure santé et longue vie.*

## ***A mon cher Youssef***

*Proches de mon cœur, t'étais toujours l'épaule solide, l'oreille attentive compréhensive, Ton amour, ton aide et ta confiance en moi m'ont été d'un grand soutien, Que ce travail soit pour toi l'expression de ma gratitude et de toute mon affection.*

## ***A toute ma famille***

*Merci d'être ma famille. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

## ***A mes amis de toujours***

*Merci pour tous les beaux moments qu'on a partagé ensemble.*

## ***A tous les élèves ingénieurs CMI***

*Sans exception mais en particulier ceux de la promotion 2011. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect profond.*

## Liste des Figures

---

---

- Figure 1.2 : processus de production  
Figure 1.1 : Organigramme de DELPHI  
Figure 1.3 : logigramme du flux de production  
Figure 1.4 : Système d'excellence DELPHI  
Figure 2.1 : Cellule de kitting  
Figure 2.2 : Zone d'Epissures  
Figure 2.3 : lay-out de la tombola  
Figure 2.4 : Lay-out du sous ensemble  
Figure 2.5 : Lay-out du Bord Main  
Figure 2.6 : Injection du joint Pur  
Figure 2.7 : Banc Electrique  
Figure 2.8 : Poste de Contention  
Figure 2.9 : Poste d'Emballage  
Figure 2.10: Trajectoire d'alimentation des épissures  
Figure 2.11 : Cellule 10  
Figure 2.12: Cellule 11  
Figure 2.13 : Lay-out des cellules 10&11  
Figure 2.14 : Nouvelle Dimension des Tapis  
Figure 2.15 : Simulation de la nouvelle cellule de kitting  
Figure 2.16 : Limites des courbes de Pareto  
Figure 2.17 : Diagramme de Pareto  
Figure 2.18: Sous Ensemble Double Take Off  
Figure 2.19: Nouveau Lay-out de l'implantation  
Figure 3.1 : modèle de Système manufacturier  
Figure 3.2 : modèle de ligne de fabrication  
Figure 3.2' : modèle de ligne d'assemblage  
Figure 3.3 : Modélisation du Sous Ensemble et des flux internes  
Figure 3.4 : Processus d'assemblage dans les cellules SE  
Figure 3.5 : Processus d'assemblage dans la chaine SE  
Figure 3.6 : Algorithme de la méthode RPW  
Figure 3.7 : Répartition des charges sur les postes du SE  
Figure 3.8 : Nouvelle répartition des charges sur les postes du SE  
Figure 4.1: stock de coupe surdimensionné  
Figure 4.2: stock de coupe sous dimensionné  
Figure 4.3: stock de préparation surdimensionné  
Figure 4.4: stock de préparation sous dimensionné  
Figure 4.5: Fils Basic« High-Runners »  
Figure 4.6: La cartographie préliminaire des flux physiques  
Figure 4.7: Temps Opératoires des fils « High-Runners »  
Figure 4.8: Capacité de production KOMAX ALPHA 433  
Figure 4.9: La cartographie détaillée des flux physiques  
Figure 5.1 : Le fonctionnement du système à deux bacs  
Figure 5.2 : Le principe de fonctionnement d'une boucle Kanban  
Figure 5.3: Les seuils d'alerte  
Figure 5.4: Machine alimente deux machines  
Figure 5.5: Le cycle de base : quantités produites et quantités consommées  
Figure 5.6:  $N = R + B + V$

## *Liste des Tableaux*

---

---

*Tableau.1.1 Cahier de charges du Projet*  
*Tableau 1.2 : Diagramme de la planification du projet*  
*Tableau 2.1 : chiffrage des gains*  
*Tableau 2.2: Le Plan Industriel et Commercial du T8 PPL*  
*Tableau 2.3 : Classes d'importance de la méthode ABC*  
*Tableau 2. 4 : Control 17-19*  
*Tableau 2.5: Résultat du Control 17-19*  
*Tableau 2.6 : catégorie de références A&B*  
*Tableau 3.1 : Les variantes du SALBP*  
*Tableau 3.2 : Gamme d'assemblage pour les cellules de kitting*  
*Tableau 3.3 : Gamme d'assemblage dans la chaine du sous ensemble*  
*Tableau 3.4 : Les indicateurs de performance des cellules kitting*  
*Tableau 3.5 : Les indicateurs de performance dans la chaine du sous ensemble*  
*Tableau 3.5 : Les indicateurs de performance dans la chaine du sous ensemble*  
*Tableau 3.7 : Les indicateurs de performance des cellules kitting après amélioration*  
*Tableau 3.8: Les indicateurs de performance des postes de la chaine après amélioration*  
*Tableau 3.9 : Comparaison des indicateurs de performance des cellules de kitting*  
*Tableau 3.10: Comparaison des indicateurs de performance des postes de la chaine*  
*Tableau 3.11 : Gain apporté par l'équilibrage des lignes de Production*  
*Tableau 4.1: Le QQQQPC*  
*Tableau5.2: Résultats du dimensionnement des boucles 1,2 et 3*  
*Tableau5.7: Valeurs caractéristiques des deux boucles 4 et 5*  
*Tableau5.8: Résultats du dimensionnement des boucles 4 et 5*  
*Tableau5.9: Valeurs caractéristiques des deux boucles 6*  
*Tableau5.10: Résultats du dimensionnement de la boucle 6*  
*Tableau5.11: Valeurs caractéristiques des deux boucles 7 et 8*  
*Tableau5.12: Résultats du dimensionnement des boucles 7et 8*  
*Tableau5.13: Calcul du nombre total des Kanban avec la prise en compte du coefficient de*  
*Sécurité*

## TABLE DES MATIERES

### Introduction générale

#### Chapitre 1 : « Contexte général du

projet».....1

##### I. L'entreprise

d'accueil.....2

##### I.1. DELPHI

Monde.....2

##### I.2. DELPHI

Maroc.....3

##### I.3. Produits de

DELPHI.....3

##### I.4. Organigramme de

DELPHI.....4

##### I.5. Présentation des Processus de

Production.....5

##### I.6. Organisation de la

Production.....7

##### II. Présentation du

projet.....7

II.1. Le cahier des charges de départ du  
projet.....7

##### II.1.1.

Mission.....  
.....8

II.1.2.Finalité.....  
.....8

##### II.2.

Planification.....9

### PREMIERE PARTIE : « Etude d'implantation et équilibrage des lignes

#### de Production »

#### Chapitre 2 : « Etude d'implantation et Optimisation de la zone

T8 ».....11

##### I. Etude d'implantation de la zone T8

Principale.....12

I.1.Présentation du Projet T8 Principale.....12

I.1.1 Présentation de la zone T8	
Principale.....	12
I.1.2 Description du Flux de Production	
.....	13
I.2. Description de la	
problématique.....	17
I.3. Analyse de l'état	
existant .....	18
<b>II. Conception de structures</b>	
<b>optimale.....</b>	<b>18</b>
<b>III. Etude du Sous Ensemble</b>	
<b>Capacitaire.....</b>	<b>22</b>
III.1.Etat existant du sous	
ensemble.....	22
III. 2. Etude d'un sous ensemble	
capacitaire .....	23
III. 2 .1.Classification des	
références.....	23
III. 2 .1.1Le Plan Industriel et	
Commercial.....	24
III. 2 .1.2_La démarche de	
classification .....	24
III. 2 .1.3_Présentation de la méthode	
ABC .....	26
a- Définition	
b-Principe de base	
c- Détermination des classes d'importance	
III. 2 .1.4 Application de la méthode	
ABC .....	27
III. 2.2_Etude de	
capacité .....	29
III. 2.2 .1 Algorithme du Contrôle 17-	
19 .....	31
III. 2.2 .2 Application du Contrôle 17-	
19 .....	34
III. 2.2 .3 Flux de	
Production.....	35
III. 2.2.4 Planification de la	
Production .....	37
III. 2.2.5 Lay-out de	
l'implantation .....	37
<b>Chapitre 3:«Amélioration de la productivité Par équilibrage des lignes de</b>	
<b>Production».....</b>	<b>38</b>
<b>I. Problème d'équilibrage des lignes</b>	
<b>manufacturières.....</b>	<b>39</b>
I.1. Ligne	
manufacturière .....	40
I.2. Equilibrage d'une ligne	
d'assemblage .....	41

I.2.1. Approches et méthodes d'équilibrage des lignes manufacturières .....	43
I.3. Evaluation d'un équilibrage.....	44
I.3.1. Coefficient de perte de productivité.....	44
I.3.2. Coefficient d'efficacité.....	44
I.3.3. Coefficient de déviation maximale.....	44
<b>II. L.B. appliqué aux lignes de Production.....</b>	<b>51</b>
II.1. Mise en situation.....	51
II.2. Proposition d'amélioration.....	61
II.3. Evaluation de l'équilibrage de l'état amélioré : .....	62
II.4. Gains apportés.....	62

## **PREMIERE PARTIE : « Mise en place d'un flux tiré pour les activités**

### **Coupe et Production »**

#### **Chapitre 4 :« Définition de la problématique & Préparation du terrain**

**».....66**

<b>I. Définition du problème .....</b>	<b>67</b>
I.1. Formalisation du problème .....	68
<b>II. Diagnostic de l'existant.....</b>	<b>69</b>
II.1. Description de la situation actuelle .....	69
II.2. L'objectif à atteindre .....	70
<b>III. Introduction à la philosophie du Juste à Temps.....</b>	<b>71</b>
III.1. L'environnement de production du JAT .....	71
III.2. Le plan directeur de production du JAT .....	71
<b>IV. Recueil des données.....</b>	<b>72</b>
IV.1. Les documents à réunir .....	72
<b>V. Classification des références.....</b>	<b>72</b>
V.1. Mise en situation .....	73

V.2. La démarche de classification .....	74
--	----

<b>VI. Implantation préliminaire des flux physiques .....</b>	<b>74</b>
---	-----------

<b>VII. Cartographie détaillée des flux physiques .....</b>	<b>74</b>
---	-----------

VII.1. Affectation des références aux lignes de coupe et préparation .....	74
--	----

VII.1.1. Détermination du besoin en lignes de coupe et préparation.....	74
---	----

## Chapitre 5:« Dimensionnement des boucles KANBAN

».....	81
--------	----

<b>I. Le système Kanban de gestion des flux .....</b>	<b>82</b>
---	-----------

I.1. Les étiquettes Kanban.....	82
---------------------------------	----

I.2. Le principe de fonctionnement d'une boucle Kanban .....	82
--	----

I.2.1. Le système à deux bacs.....	82
------------------------------------	----

I.2.2. Une boucle Kanban.....	83
-------------------------------	----

I.2.3. Le calcul du nombre de Kanban en circulation.....	84
--	----

I.3. Les seuils d'alerte : l'index vert et l'index rouge.....	85
---	----

I.4. Deux boucles avec de nombreux paramètres communs .....	86
---	----

I.4.1. Les notations utilisées.....	86
-------------------------------------	----

I.4.2. Le calcul de l'index rouge R.....	86
--	----

I.4.3. Le calcul de l'index vert V.....	87
---	----

I.4.4. Le calcul de l'indicateur de boucle B.....	88
---	----

I.4.5. Le calcul du nombre total de Kanban.....	88
---	----

I.4.6. L'influence du temps de changement de série Tcs.....	89
---	----

I.5. Deux boucles avec des paramètres différents.....	89
---	----

I.5.1. Les notations utilisées.....	89
-------------------------------------	----

I.5.2. Le calcul des paramètres V, R et B.....	89
--	----

I.6. La généralisation à plusieurs boucles avec des paramètres communs.....	90
---	----

I.6.1. Les variables du modèle.....	90
-------------------------------------	----

I.6.2. Le calcul des index verts	
Vi.....	91
<b>II. Dimensionnement des boucles Kanban entre coupe et Production.....</b>	<b>94</b>
II.1.1. Boucle entre la machine de coupe 1 et les lignes de Préparation et T8PPL.....	95
II.1.2. Boucle entre les lignes de Préparation et T8PPL.....	95
II.1.3. Boucle entre la machine de coupe 2 et T8PPL.....	96
II.1.4. Boucle entre la machine de coupe grande section et T8PPL.....	97
II.2. La prise en considération des aléas.....	97
II.2. 1 MTBF, MTTR et disponibilité.....	98
<b>Conclusion Générale</b>	

# Introduction générale

---

*Aujourd'hui, le secteur automobile est incontestablement le plus touché par une conjoncture économique très difficile. Mais fort est de constater que les entreprises ayant eu une stratégie d'amélioration continue et ayant mis en application les principes du LEAN en cherchant la perfection, résistent mieux que celles qui n'ont pas voulu revoir leur politique ou ont misé sur la rentabilité à court terme.*

*DELPHI Automotive Systems s'inscrit parmi celles-là et, grâce à son système d'excellence managériale se référant aux principes mettant en œuvre l'optimisation et l'exploitation de ses ressources (surfaces disponibles, équipements et machines, main d'œuvre,...), de clarification des ateliers et d'augmentation de la fluidité des flux, de maîtrise des encours et réduction des délais de production.*

*Dans ce sens, il m'a été demandé dans le cadre d'un projet industriel de fin d'études de déployer une démarche LEAN manufacturing pour amélioration des flux. Projet dont la finalité est de régulariser le fonctionnement d'une unité de production.*

*Pour cela faire, un premier chapitre va décrire le contexte général du projet, le rapport sera ensuite partagé en deux parties, et qui vont révéler la démarche suivie pour la réalisation de ce projet.*

## **1er Chapitre: «Contexte général du projet »**

*Dans ce chapitre, je commence par une présentation de DELPHI Automotive Systems en tant qu'établissement d'accueil, et je présente ensuite le cahier de charges du projet, en termes d'objectifs et de finalités, et je terminerai par une planification des tâches durant la période du projet.*

*La première partie englobe ensuite deux chapitres :*

## **2ème Chapitre: « Etude d'implantation et Optimisation de la zone T8 »**

*Dans lequel je vais présenter la problématique des flux physiques à l'intérieur de cette zone. Ainsi les solutions générées tel que la conception d'une nouvelle cellule et l'étude de capacité d'un nouveau sous-ensemble qui répond au besoin des deux chaînes de main, afin de pouvoir intégrer les postes d'épissures à l'intérieur de la zone de production pour l'objectif d'optimiser les flux en interne.*

## *3ème Chapitre: « Amélioration de la productivité Par équilibrage des lignes de*

### *Production »*

*Dans ce chapitre je vais déployer l'un des outils du LEAN manufacturing qui est l'équilibrage des lignes de Production. Je commence par rappeler la philosophie de cet outil et j' introduis les approches qui y sont relatives et que je vais appliquer sur des lignes choisies comme pilotes pour les rendre plus 'Lean', plus rentables.*

*La deuxième partie concerne la mise en place d'un flux tiré pour les activités coupe et Production, elle s'étale sur les deux derniers chapitres :*

## *4ème Chapitre: « Définition de la problématique et préparation du terrain »*

*A travers lequel j'ai procédé par un diagnostic de l'existant et un recueil d'informations. Ensuite une classification des références produites afin d'en sélectionner celles à grande production, que je vais considérer comme références pilotes pour la mise en place d'un flux tiré, ainsi que la détermination du besoin en machines de coupe et Préparation afin de définir une cartographie détaillée des flux physiques.*

## *5ème Chapitre: « Dimensionnement des boucles Kanban »*

*Dans lequel j'introduis les boucles Kanban comme outils principaux dans la mise en place du flux tiré. Je présente ensuite la méthodologie de dimensionnement des boucles et le modèle de calcul de leurs paramètres que je ai développé, et que j'ai appliqué au cas réel.*

## CHAPITRE 1

# *Contexte général du projet*

*Avant de se lancer dans un projet au sein d'une entreprise, il Paraît essentiel de commencer par connaître cette dernière, Connaître ses produits, connaître ses métiers et ses activités. Dans ce sens je vais commencer par une présentation de DELPHI Maroc en tant qu'établissement d'accueil.*

*Ensuite, je présenterais le cahier de charges du projet, en Termes d'objectifs et de finalités, et je terminerais par une Planification des tâches durant la période du projet.*



*Équipementier leader de l'industrie automobile, le groupe DELPHI est fournisseur de plus de 50 marques de voitures dont Mitsubishi, Hyundai, Peugeot, Lear, Ford et plusieurs autres. Le groupe comporte sept divisions à savoir:*

- \*Interior Systems*
- \*Energy and Chassis System*
- \*Saginaw Steering System*
- \*Packard Electric System*
- \*Delco Electronics Systems*
- \*Harrisson Thermal System*
- \*Electronics Mobile Communication Sector*

*DELPHI emploie plus de 205.700 personnes à travers le monde, et compte 99 sites de production, 45 joint-ventures, 51 centres clients et bureaux de vente, et 52 centres techniques dans 57 pays et qui ont réalisé un chiffre d'affaires de 26.4 billion de dollars en 2009.*

## **1.2. DELPHI Maroc :**



*Le  
Tro  
che  
pre*

*Implantée à Tanger depuis 1999, DELPHI Maroc est filiale de l'une des sept divisions du groupe, DELPHI Packard Electric Systems dont la Direction Centrale se trouve à Warren, Ohio, aux États-Unis.*

## **1.3. Produits de DELPHI :**



*D  
P  
é  
Amélioration des flux internes*

Ces faisceaux sont composés d'un ensemble de composants ordonnés de façon logique : fils électriques, terminaux, connecteurs, passe-fils, rubans, tubes isolants, etc.....

## Les certifications de DELPHI :

DELPHI a obtenu des certifications aux normes internationales :

- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO TS 1694

### I.4. Organigramme DELPHI :

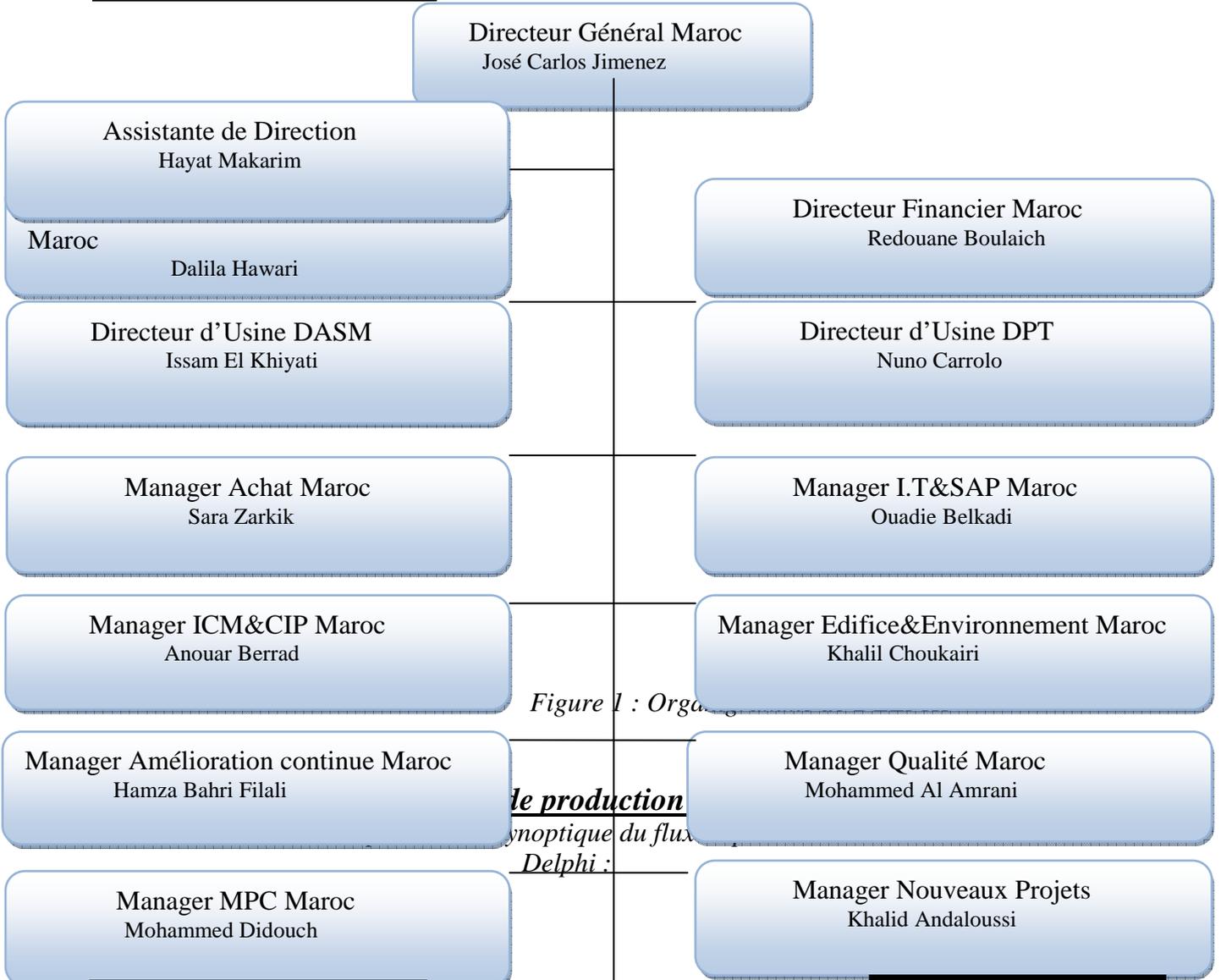
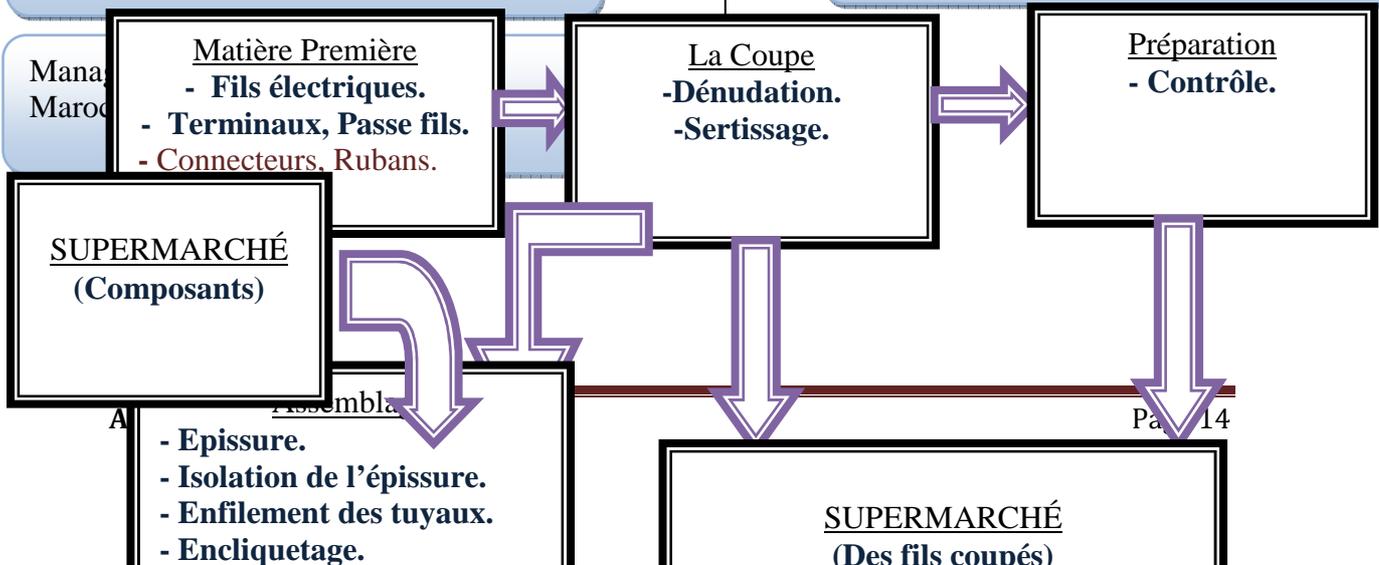


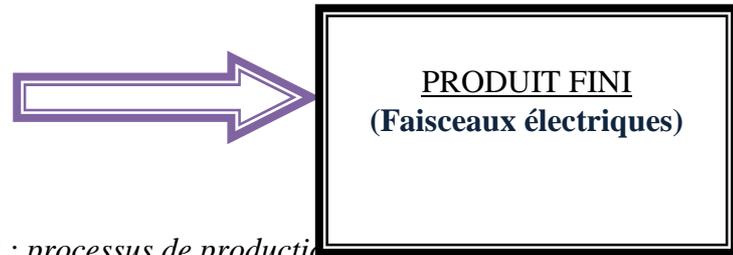
Figure 1 : Organigramme

### le production

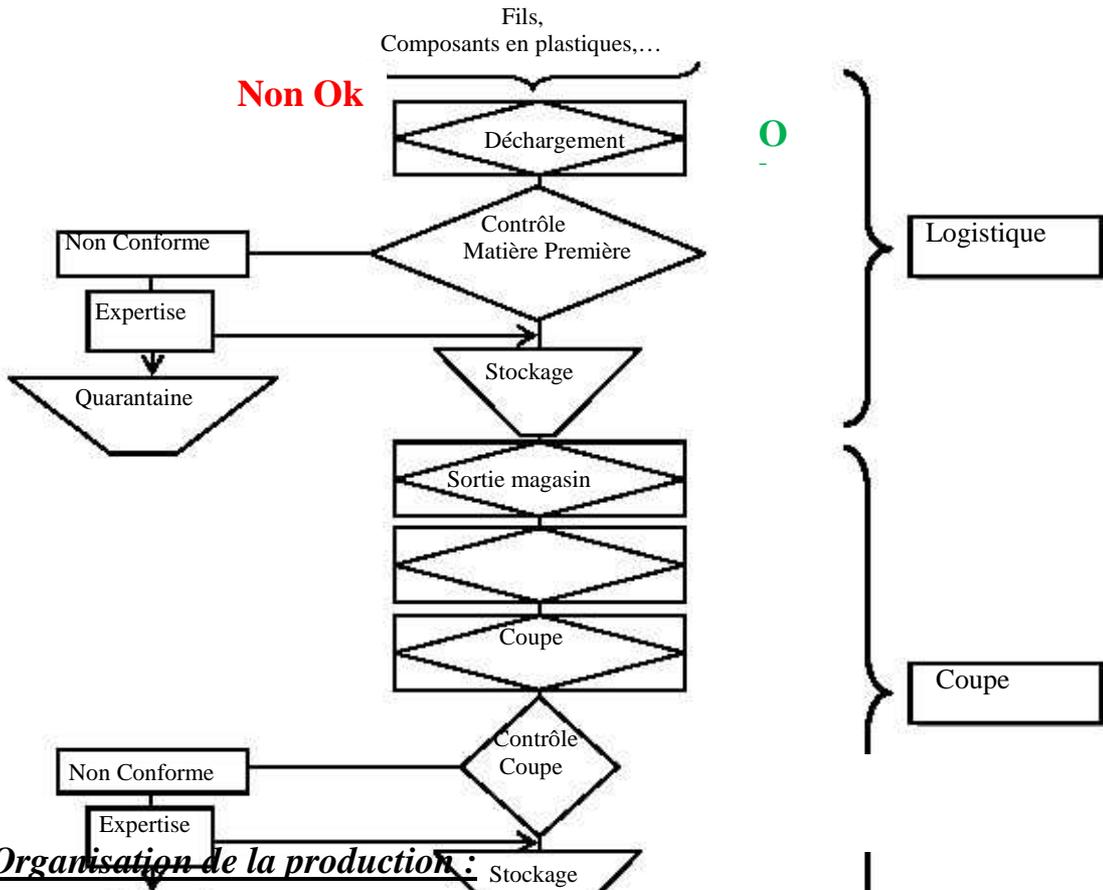
synoptique du flux

Delphi :





*Figure 2 : processus de production.*

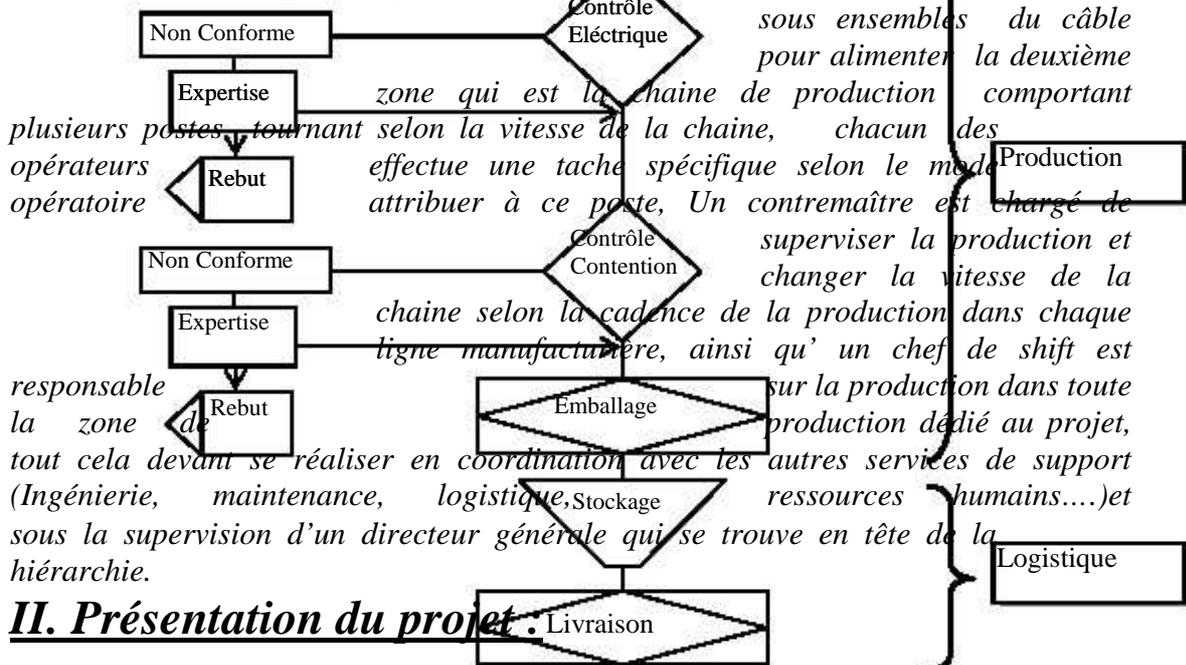


**I.6. Organisation de la production :**

Figure 3 : logigramme du flux de production

Le système de production à DFIPHI est centrée essentielle.

production se compose de deux zones : la zone qui est la chaîne de production comportant plusieurs postes tournant selon la vitesse de la chaîne, chacun des opérateurs effectue une tâche spécifique selon le mode attribuer à ce poste, Un contremaître est chargé de superviser la production et changer la vitesse de la chaîne selon la cadence de la production dans chaque ligne manufacturière, ainsi qu'un chef de shift est responsable de la zone de production dédié au projet, tout cela devant se réaliser en coordination avec les autres services de support (Ingénierie, maintenance, logistique, Stockage ressources humaines....) et sous la supervision d'un directeur générale qui se trouve en tête de la hiérarchie.



**II. Présentation du projet :**

Le groupe DELPHI répond aux exigences de la norme de l'industrie automobile ISO TS16949. Afin d'aller encore plus loin et pour garder son pouvoir concurrentiel dans un marché connu par son niveau haut de compétitivité, le groupe a mis en place le système d'excellence DELPHI. Il repose sur une démarche d'excellence fondée sur l'ensemble des meilleures pratiques tant en termes d'implication du personnel, de satisfaction clients, de systèmes de développement, de production et de leadership. Ceci afin de tendre vers l'excellence en termes de qualité, coût, délai et implication du personnel.



Figure 4 : Système d'excellence DELPHI

En ce sens vient le présent projet touchant aux principaux axes de ce système et qui vise le déploiement d'une démarche Lean manufacturing selon son axe 'amélioration des flux internes'

## **II.1. Le cahier des charges de départ du projet :**

Dans ce paragraphe, je présente le cahier des charges de mon projet de fin d'études en termes de missions et finalités pour définir après la démarche à suivre.

### **II.1.1. Mission :**

- ✚ Etude et optimisation de l'implantation
- ✚ Equilibrage des lignes de production
- ✚ La mise en place d'un flux tiré dans les zones de coupe et production

### **II.1.2. Finalité :**

- ✚ Exploiter au mieux la surface de la zone T8 Principale
- ✚ Clarifier les flux physiques dans la zone T8 Principale
- ✚ Equilibrer les lignes de production afin de maximiser leur cadence globale
- ✚ Maitriser les en-cours de production et prévenir les ruptures d'approvisionnement

## **II.2. Planification :**

La réussite d'un projet est fonction d'une gestion efficace du temps et des ressources, sa planification permet ainsi de fixer les objectifs, de coordonner les actions, de

*maîtriser les moyens et de rendre compte de l'état d'avancement du projet*  
*Dans ce sens et afin d'assurer un meilleur déroulement de mon projet, j'ai réalisé en collaboration avec notre parrain industriel un planning de suivi d'avancement*  
*Je présenterais par la suite les phases et les tâches associées au projet (Cf. Tableau.1.1/1.2)*

		
Nom	Date de début	Date de fin
[-] Etude d'implantation et optimisation de la zone T8	24/02/11	15/03/11
..... Descriptif de la problématique	24/02/11	26/02/11
..... Analyse de l'état existant	25/02/11	01/03/11
..... Conception de structure optimale et proposition De Sous Ensemble Capacitaire	01/03/11	11/03/11
..... Proposition d'implantation et dessin du Lay-out	11/03/11	15/03/11
[-] Equilibrage des lignes de production	16/03/11	06/04/11
..... Analyse de l'existant et choix de lignes pilotes pour l'équilibrage	16/03/11	19/03/11
..... Décèlement des gammes de Production et Relevé des temps Opératoires.	21/03/11	29/03/11
..... Evaluation de l'équilibrage actuel des lignes pilotes	30/03/11	02/04/11
..... Proposition d'amélioration et chiffrage des gains	04/04/11	06/04/11
[-] Mise en place d'un flux tiré pour les zones coupe et production	07/04/11	31/05/11
..... Recherche bibliographique	07/04/11	14/04/11
..... Collecte de données et réunion des documents nécessaires	15/04/11	23/04/11
..... Classification des références et choix des "High Runners" à Étudier	22/04/11	27/04/11
..... Détermination du besoin en ressources et leur affectation aux "High Runners"	28/04/11	04/05/11
..... Dimensionnement des boucles KanBan entre la coupe et la Production	04/05/11	31/05/11

*Tableau.1.1 Cahier de charges du Projet*

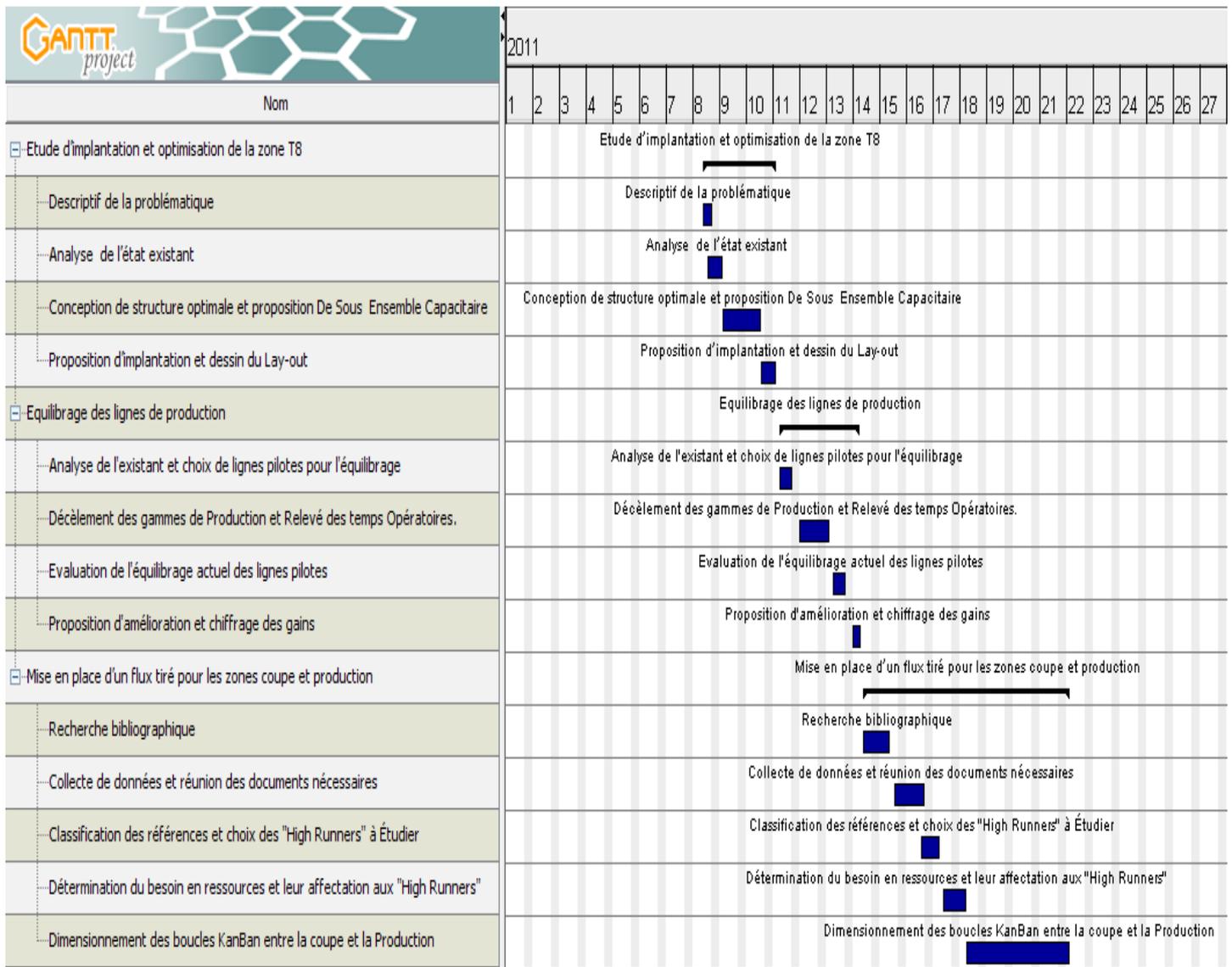


Tableau 1.2 : Diagramme de la planification du projet

## **Conclusion :**

*J'ai présenté DELPHI AUTOMOTIVE SYSTEMS Maroc, en tant qu'un équipementier automobile leader de taille mondiale. Le déploiement d'une démarche du Lean manufacturing, thème de mon présent projet, et dont j'ai introduit le cahier de charges et la planification des tâches, s'inscrit dans le cadre du système d'excellence mis en place pour garder cette position de leader.*

# PREMIERE PARTIE

---

Etude d'implantation

Et équilibrage des lignes de

Production

## CHAPITRE 2

# *Etude d'implantation et optimisation de la zone T8*

*Dans le cadre de l'amélioration continue des activités de l'entreprise, il m'a été confiée la mission d'étudier l'implantation dédiée au Projet T8 principale du client PEUGEOT qui est le plus grand projet de l'entreprise et auquel on accorde le plus grand degré d'importance, pour objectif d'optimiser cette dernière afin de rendre les flux physiques dans cette zone plus fluide et d'annuler un certain nombre d'activités de transport et manutention et gagner en terme d'espace*

*Dans Ce chapitre je vais présenter l'étude réalisée ainsi que les actions apportées et la proposition d'un nouveau lay-out optimal pour cette zone*

### **I. Etude d'implantation de la zone T8 Principale :**

*Gérer une production consiste entre autres à organiser les flux physiques des produits à travers des moyens de production. Une 'bonne' implantation doit permettre d'optimiser les flux de production mais aussi gagner de l'espace et par la suite pouvoir intégrer les nouveaux projets, tout cela en veillant à satisfaire les contraintes des standards d'ergonomie afin de rendre agréable l'environnement du travail.*

#### **I.1. Présentation du Projet T8 Principale :**

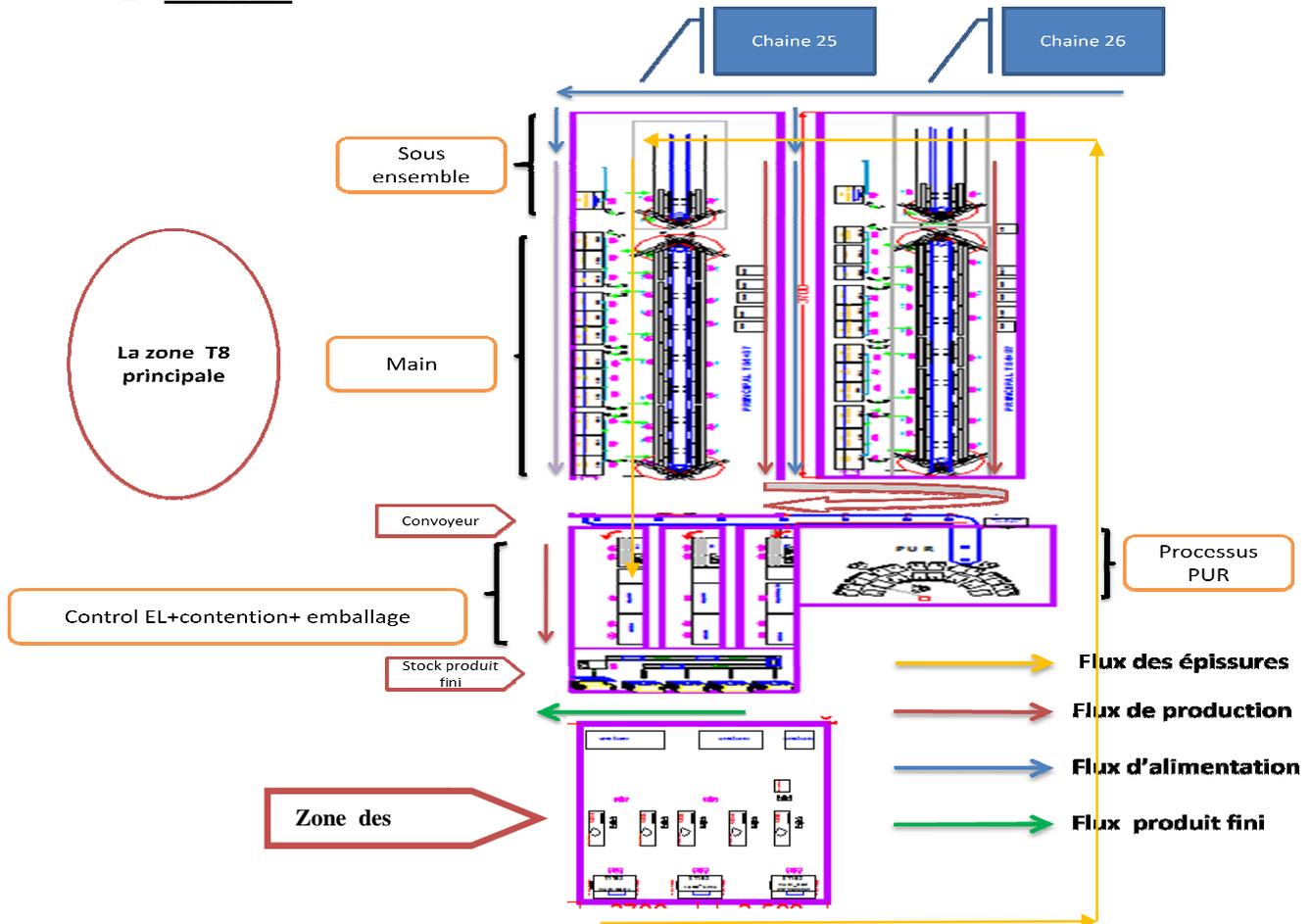
*Le Projet T8 représente le plus grand projet dans la société DELPHI et a qui on*

accorde la plus grande importance et plus de ressources, du aux exigences du client PEUGEOT en ce qui concerne la qualité du câblage et la cadence de la production pour répondre au besoin du marché

La famille T8 principale est le projet qui consiste a produire le câble reliant entre le moteur de la voiture et la tableau de bord

## I.1.1 Présentation de la zone T8 Principale :

### LAY-OUT :



## I.1.2 Description Flux de Production :

### Les cellules de kitting :

Les cellules de kitting sont des structures qui contiennent des fils et des composants entrant dans la composition d'un kit (petite partie du câble) et un tableau de préparation du kit qui sera monté par la suite dans la chaine d'assemblage



Figure 5 : Cellule de kitting

### Zone d'épissures :

La zone ou on effectue les opérations d'épissures (C'est l'union à l'aide d'une agrafe de deux conducteurs ou plus pour assurer la continuité électrique) pour alimenter par la suite les cellules kitting



Figure13 : Zone d'Epissures

### Le sous ensemble :

La chaîne du sous ensemble consiste à produire le sous ensemble du câblage qui sera monté par la suite sur une chaîne d'assemblage plus grande (Main), Ce sous ensemble produit trois référence du câblage selon l'ordre de production (T84/Hybride & T87) grâce à une tombola (cellule qui comporte deux tableau) chaque tableau produit une référence spécifique de kit qui alimente le sous ensemble, et l'opérateur fait tourner le tableau selon l'ordre de production

## Tombola T84/Hybrid & T87

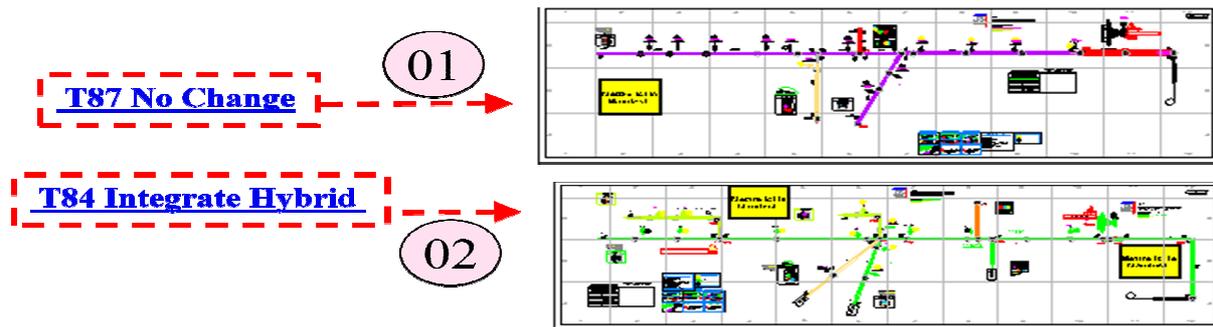


Figure 6 : lay-out de la tombola

### Lay-out du sous ensemble :

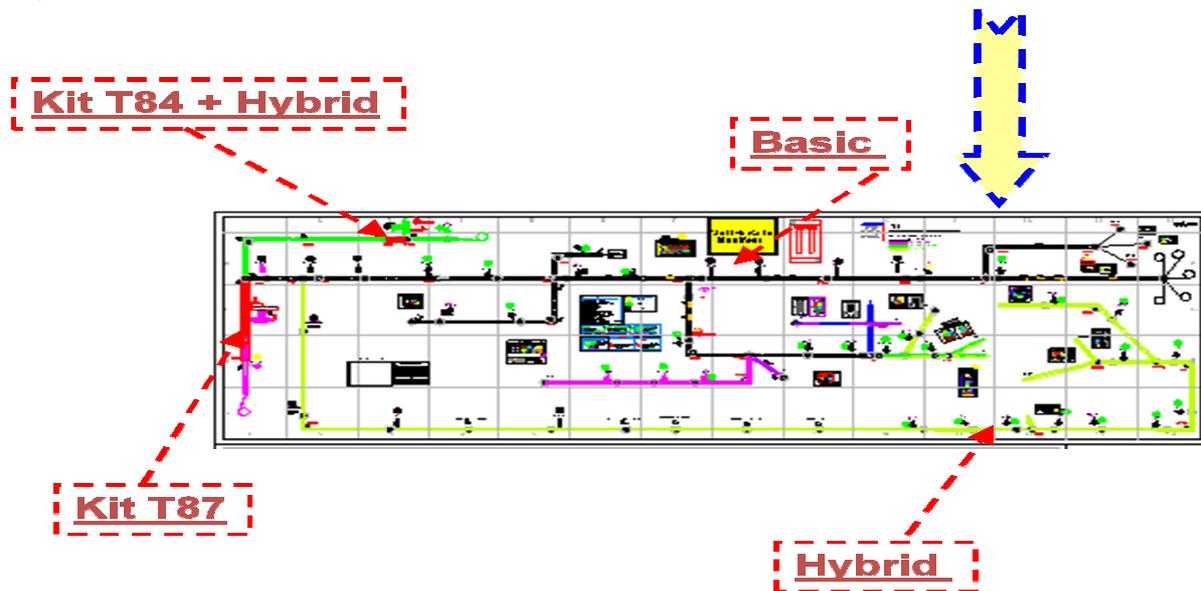


Figure 7 : Lay-out du sous ensemble

### Main :

Le Main est la plus grande chaîne de la zone T8 Principale, elle consiste à faire l'assemblage Final du câblage, cette dernière est alimentée par le sous ensemble ainsi que les cellules de kitting

Cette chaîne comporte 8 tableaux montés sur convoyeur tournant à une vitesse déterminée, et chacun des opérateurs occupe un poste sur la chaîne dans lequel il effectue une tâche spécifique selon le mode opératoire attribué à son poste

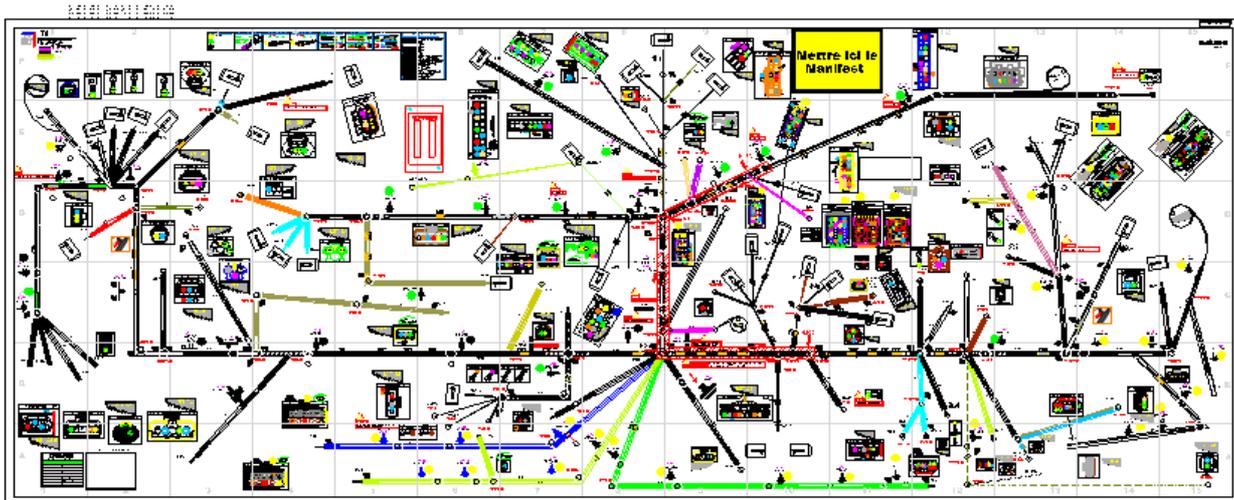


Figure 8 : Lay-out du Bord Main

### Le procès PUR :

*Le procès Pur est un poste qui fait monter un joint t'étanchéité sur le câblage à travers l'injection d'une matière (isopolyome) dans des moules, puis alimenter un convoyeur qui porte le câblage jusqu'au banc électrique*



Figure9 : Injection du joint Pur

### Contrôle électrique :

*Le banc électrique vérifie successivement toutes les fonctions assurées par le câblage électrique ainsi que ses composants en affichant un message qui indique la validité des faisceaux et imprime automatiquement une étiquette de CE que l'opérateur doit coller sur l'emplacement spécifié.*



Figure10 : Banc Electrique

## Contention :

*Le poste contention s'assure de la compatibilité entre les cotations du câblage et les cotations définis sur le plan et vérifie ainsi la présence de toutes les composantes défini sur le plan.*



Figure11 : Poste de Contention

## Emballage :

*Dans ce poste on met un emballage au câblage selon la méthode prédéfinie dans le mode opératoire et en suite on le met sur des palettes pour être livré au client*



Figure12 : Poste d'Emballage

## **I.2. Description de la problématique :**

*Dans le cadre de l'amélioration continue j'ai été amené à faire une étude sur l'implantation du projet pré décrits afin d'optimiser l'espace de la zone et améliorer les flux physique à l'intérieur de l'implantation.*

*Après l'analyse du lay-out de la zone T8 principale j'ai pu constater les points critiques dans cette zone se présentant comme suivant :*

*La zone dédiée aux épissures se trouve très loin des lignes de production et ne respectait pas un flux de production normale se qui nécessitait beaucoup d'opérations de transport et de manutentions ainsi que des stocks pour épissures, vu que la zone d'épissures devrait alimenter la plupart des cellules de kitting de façon plus fluide et directe, donc il fallait trouver une méthode pour optimiser l'espace de l'implantation afin de pouvoir libérer de l'espace pour d'intégrer les épissures dans les lignes de production et annuler par la suite toutes opérations qui n'ont pas de valeur ajoutée au produit et qui peuvent diminuer le taux d'efficacité, ainsi que de gagner l'espace dédié à l'ancienne zone d'épissures (55.38m<sup>2</sup>) pour intégrer une petite ligne de production d'un nouveau projet*

*On a décidé de choisir le Projet T8 principale comme un Projet pilote pour faire notre étude et après implanter ces propositions dans les autres projets de l'entreprise*

## **I.3. Analyse de l'état existant :**

*La zone des épissures occupe un espace de 55.38m<sup>2</sup> et se compose de 3 cellules de préparation des fils et de 5 postes d'épissure et de 3 supermarchés. Cette dernière alimente les cellules de kitting soit pour le Main ou le sous ensemble, pour ce faire les opérateurs préparent les épissures selon les ordres de production qu'ils reçoivent et*

les mettent dans l'emplacement prédéfinie dans le supermarché, un autre opérateur transporte le chariot des épissures pour alimenter les 2 lignes de production selon une trajectoire de **138.8 m**.

Chacun des deux sous ensemble comporte une chaîne de 6 tableaux tournant sur un convoyeur et 3 cellules de kitting ( $93.6m^2*2=187.2m^2$ ), ce dernier alimente le Main par un chariot parcourant une distance de **25m**

Les deux Main comportent une chaîne de 14 tableaux tournant sur un convoyeur et 12 cellules de kitting ( $180m^2*2=360m^2$ )

Ensuite le câblage délivré passe par les Procès (PUR+ Banc Electrique+ Contention+ Emballage) et enfin déposé dans des palettes de produits finis

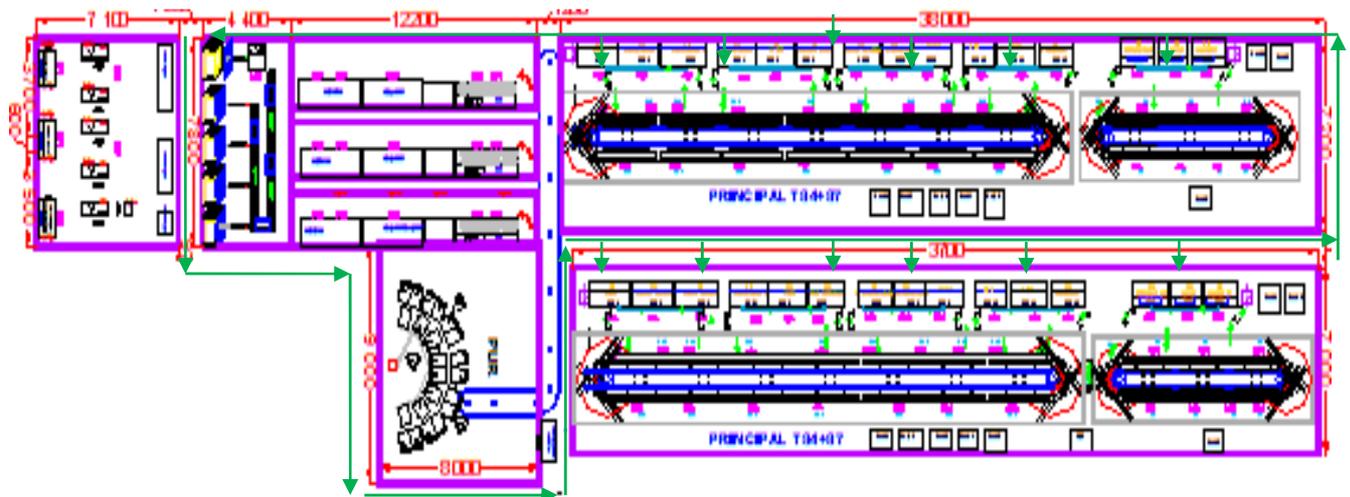


Figure14 : Trajectoire d'alimentation des épissures

## II. Conception de structures optimale :

Dans le cadre de l'optimisation de l'implantation du Projet T8 Principale, j'ai été amené à étudier les différentes zones de Production a Fin de pouvoir libérer le maximum d'espace Possible.

J'ai commencé tout d'abord par la zone kitting, et mon idée consiste à apporter une nouvelle conception aux cellules de kitting à travers un modèle mixte entre deux cellules dans l'objectif de réunir les deux cellules mais cette action n'était pas si facile tant que cette nouvelle structure devrait répondre aux critères d'alimentation, d'ergonomie et devrait surtout respecter le flux de production.

- Etat existant des deux cellules :

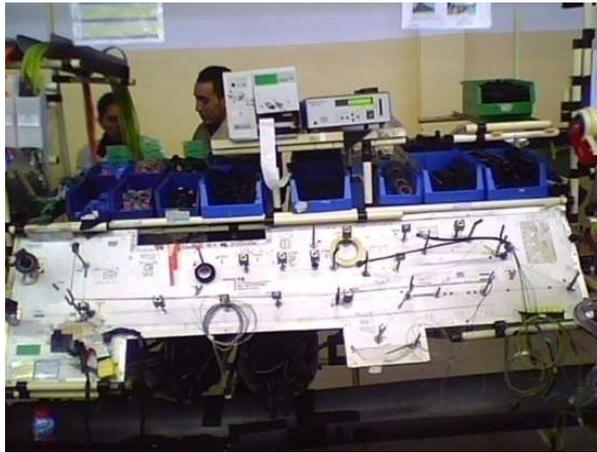


Figure15 : Cellule 10

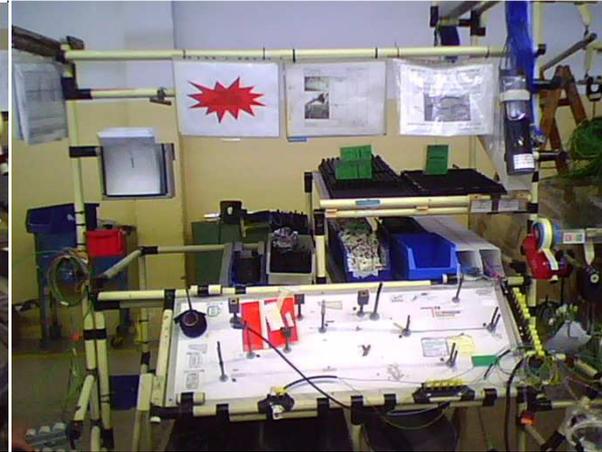
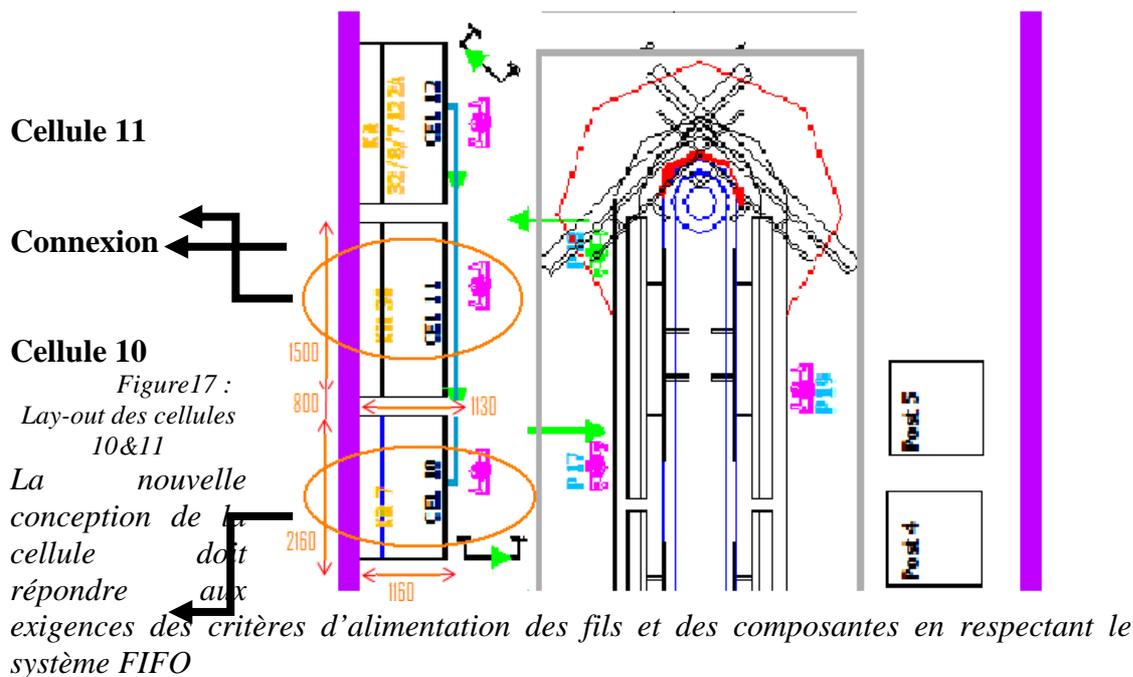


Figure16 : Cellule 11

## Les cotations des deux cellules :



### Le système FIFO :

(First In First Out) Un des systèmes de gestion de tampon où les éléments sont sortis dans le même ordre qu'ils sont rentrés. Un système FIFO est très utile pour mettre en tampon un flux de données entre deux entités non synchronisées, i.e. qui n'envoient ni ne reçoivent en même temps.

Cette nouvelle conception consiste à intégrer une cellule dans une autre plus grande d'une façon que chaque face de la nouvelle cellule contienne un tableau de préparation ainsi que ces fils et composants

Pour répondre aux critères d'alimentation et du système Fifo j'ai mis le tableau en arrière à l'extrémité de la cellule afin de libérer un espace suffisant à l'alimentateur pour alimenter la cellule avec le fils et les composants, sans perturber l'opérateur qui travail du côté du couloir dédié à l'alimentation, ainsi que j'ai séparé les fils et les

*composants de chaque poste en mettant chacun dans un étage pour éviter toute confusion possible*

*La connexion entre les deux postes est établie par un shuttle gravitaire qui sert à faire glisser les kitt préparés jusqu'au deuxième poste pour préparer le dernier kitt qui va alimenter la chaîne d'assemblage*

*Le problème qui se posait finalement était la dimension de la nouvelle cellule qui va s'élargir et va occuper une partie de l'espace du couloir dédié à l'alimentation et au transport des produits finis, pour garder l'espace du couloir inchangeable, on a opté pour la solution suivante :*

- *Optimiser les dimensions des tapis dans toute la ligne de production en respectant toujours les normes définies dans l'organisation du travail adoptée par l'entreprise*

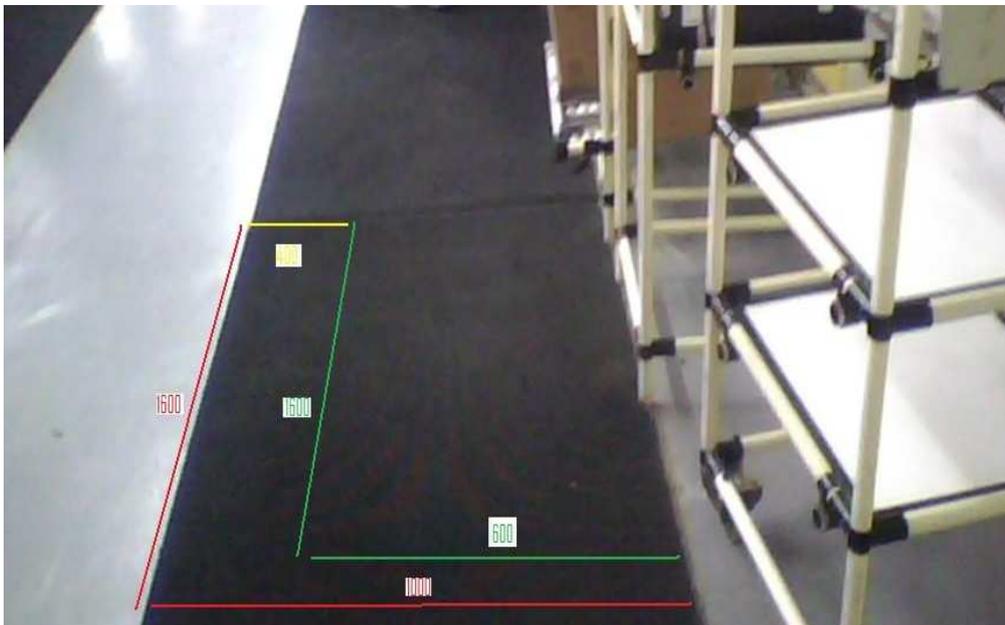


Figure18 : Nouvelle Dimension des Tapis



- *Après l'optimisation des dimensions des tapis, on a pu libérer 1.2m de largeur, ce qui est bénéfique pour l'intégration de la nouvelle cellule dans la ligne de Production sans perturber les Flux de Transport et d'alimentation mis en place.*

### **Simulation de la nouvelle Conception :**

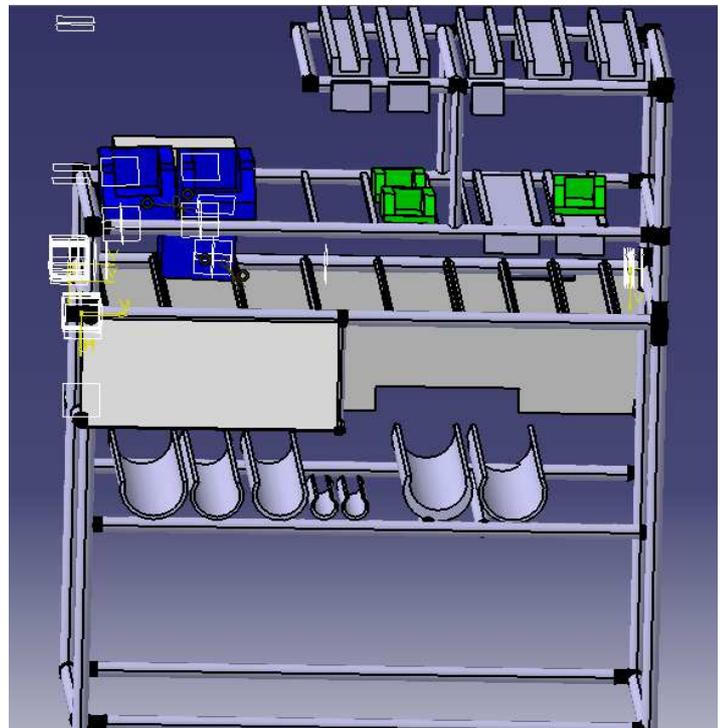
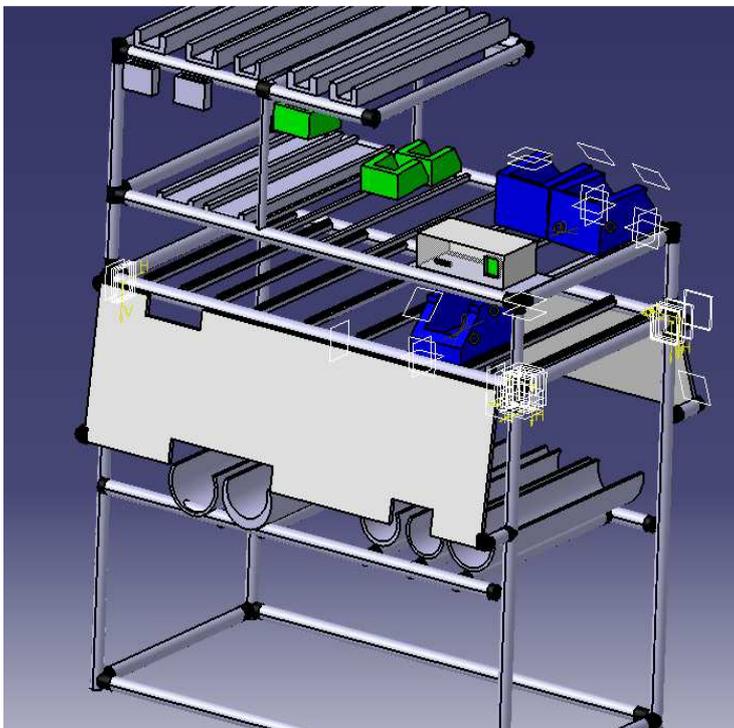


Figure19 : Simulation de la nouvelle cellule de kitting

- Cette nouvelle Conception a été validée par l'équipe responsable sur le Projet T8 Principale, et Considéré comme une cellule Pilote dans le Projet afin de pouvoir adopté cette proposition sur quelques cellules semblables

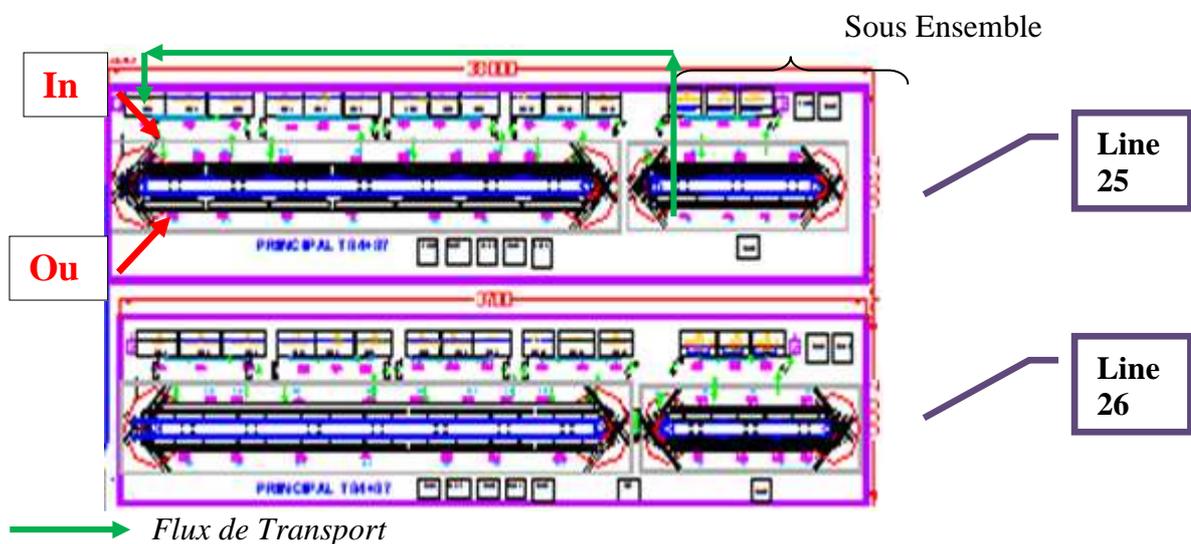
Cellules modifiées	Espace Libéré	Gain (Euro)
Cellules 10&11	2*2.61 m <sup>2</sup>	500
Cellules 6&7	2*1.92 m <sup>2</sup>	300

Tableau 3 : chiffrage des gains

### III. Etude du Sous Ensemble Capacitaire :

#### III.1. Etat existant du sous ensemble :

Afin de répondre aux exigences du client et la cadence de production, il a été définie de mettre en place deux lignes de Production semblable (ligne25&26) comportant chacune un sous ensemble et un Main



La chaîne du sous ensemble contient comme effectif 10 personnes répartis en 4 personnes travaillant dans les cellules de kitting et 6 personne dans la chaîne, et Prépare en avance 10 sous ensemble du câblage pour alimenter la chaîne du Main par un supermarché.

#### III. 2. Etude d'un sous ensemble capacitaire:

Dans le cadre de l'optimisation de l'implantation, j'ai eu l'idée de garder juste un seul sous ensemble pour alimenter les deux Mains (Line 25&26).

*Pour concrétiser cette proposition et la rendre faisable, toute une étude de capacité devrait suivre cette proposition. Ainsi j'ai dû dimensionner un nouveau sous ensemble de telle façon à ce qu'il soit capacitaire pour répondre aux exigences de production, et respecter ces flux physiques et d'informations.*

*Pour dimensionner le nouveau sous ensemble, j'ai dû classer les différentes références du câblage pour déterminer les "High Runners" selon leur niveau de pénétration dans le plan Industriel et Commercial (PIC)*

### **III. 2.1. Classification des références**

*Vu qu'on a une grande variété de références, avec une demande client énormément dispersée. La première étape consiste à choisir parmi toutes les références celles qu'on va prendre en compte pour dimensionner notre sous ensemble.*

*Dans ce dimensionnement on doit tenir en compte toutes les références dont la quantité à produire représente, durant l'horizon de production limité par le Plan Industriel et Commercial, au moins 80% de la production totale.*

*De ce fait, il faut obligatoirement procéder à une classification des références en prenant en considération la demande mensuelle fixée par le client d'une part et le nombre de réapparition le long des mois du Plan Industriel et Commercial d'autre part et cela pour chacune des références, afin d'obtenir enfin deux catégories de références :*

- *Les « High Runners » dont la demande est relativement importante et sur lesquels on va dimensionner le sous ensemble*
- *Les « Low Runners » dont la demande est relativement faible et sur lesquelles on va mettre un plan d'action*

*Avant d'entreprendre ma démarche de classification, il vaut mieux définir qu'est ce qu'un Plan Industriel et Commercial.*

#### **III. 2.1.1 Le Plan Industriel et Commercial**

*Le Plan Industriel et Commercial, communément abrégé en "PIC" est une vision à long terme, quatre mois dans le cas de DELPHI. Il prévoit les quantités à produire par familles de produits pour satisfaire la demande client tout en respectant la capacité et les ressources de l'entreprise.*

*Le PIC sert à établir :*

 *Les prévisions de ventes*

- Les lancements des nouveaux produits
- L'évolution prévisionnelle des stocks
- Les besoins de production
- Les besoins en ressources et approvisionnement

*Il est élaboré par un travail conjoint entre les responsables commerciaux, production, achats, éventuellement RH et de la direction de l'entreprise. Chacun y apporte les éléments pertinents dont il dispose, les confronte à ceux de ces collègues et tous partagent une vision des potentialités de la période à venir. Le PIC permet de vérifier la faisabilité et l'adéquation entre les ressources de production, les moyens financiers et les objectifs commerciaux de l'entreprise. Ce plan est une traduction opérationnelle de la stratégie de l'entreprise.*

*Fondé sur des prévisions, d'autant plus incertaines qu'elles sont éloignées dans le temps, le PIC est remis à jour périodiquement, (mensuellement, trimestriellement) et de manière glissante : l'horizon considéré se décale à mesure que l'on avance dans le temps.*

*Les éléments chiffrés du PIC sont reversés dans les plans de vente, les plans financiers, le budget d'usine, le plan prévisionnel de recrutement et formation, etc.*

### **III. 2.1.2 La démarche de classification :**

*En se basant sur le PIC (Mars-Juin) préétabli par le service logistique on peut en sortir, selon une classification bien adaptée, les références « High Runners » qui représentent au moins 80% de la production total pendant les quatre mois du PIC.*

T8 PPL				863.48	215.8696																
Customer Calendar				Wk 12	Wk 13	avr-11	Wk 14	Wk 15	Wk 16	Wk 17	mai-11	Wk 18	Wk 19	Wk 20	Wk 21	juin-11	Wk 22	Wk 23	Wk 24	Wk 25	Wk 26
Min	Max	Exig/shift	Part Number	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	3	180	T8PPL1124	12	7	24	25	31	31	27	27	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23
2	3	197	T8PPL1122	60	14	47	35	38	28	41	41	41	41	33	33	33	33	33	33	33	33
2	3	188	T8PPL1121	18	36	28	30	29	31	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
			T8PPL1120	11	28	26	25	20	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22
			T8PPL1119	38	175	81	77	69	53	72	72	72	72	72	67	67	67	67	67	67	67
			T8PPL1115	0	25	11	14	11	16	17	17	17	17	17	14	14	14	14	14	14	14
			T8PPL1112	4	8	11	10	8	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
			T8PPL1111	0	9	39	40	37	24	31	31	31	31	27	27	27	27	27	27	27	27
			T8PPL1109	1	5	9	5	6	4	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4
			T8PPL1108	0	62	25	31	28	24	29	29	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27
			T8PPL1106	4	3	6	5	11	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5
			T8PPL1105	12	35	33	36	37	32	42	42	42	42	42	36	36	36	36	36	36	36
			T8PPL1104	28	96	67	68	75	61	38	38	38	38	38	33	33	33	33	33	33	33
			T8PPL1041	4	24	12	16	20	16	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11
			T8PPL1040	19	164	89	70	71	65	62	62	62	62	57	57	57	57	57	57	57	57
			T8PPL1039	0	0	22	50	41	38	33	33	33	33	24	24	24	24	24	24	24	24
			T8PPL1038	42	40	76	81	84	57	67	67	67	67	47	47	47	47	47	47	47	47
			T8PPL1037	4	10	24	24	25	12	24	24	24	24	20	20	20	20	20	20	20	20
			T8PPL1036	0	39	71	72	71	62	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
			T8PPL1029	0	2	20	25	28	21	26	26	26	26	20	20	20	20	20	20	20	20
			T8PPL1028	19	25	27	28	29	17	28	28	28	28	23	23	23	23	23	23	23	23
			T8PPL1027	76	66	71	72	72	58	67	67	67	67	70	70	70	70	70	70	70	70
			T8PPL1025	37	28	67	64	61	56	79	79	79	79	68	68	68	68	68	68	68	68
			T8PPL1023	0	6	9	10	12	7	10	10	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7
			T8PPL1022	24	44	30	39	34	23	40	40	40	40	36	36	36	36	36	36	36	36
			T8PPL1021	20	53	75	76	74	54	89	89	89	89	89	70	70	70	70	70	70	70
			T8PPL1019	0	0	0	11	16	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13	13	13
			T8PPL1017	0	3	4	5	5	5	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4

T8 PPL				863.48	215.8696																		
Customer Calendar				Wk 12	Wk 13	avr-11	Wk 14	Wk 15	Wk 16	Wk 17	mai-11	Wk 18	Wk 19	Wk 20	Wk 21	juin-11	Wk 22	Wk 23	Wk 24	Wk 25	Wk 26		
Total Weekly req				2974	4327	5096	5104	5123	4023	5048	5048	5048	5048	5048	4607	4607	4607	4607	4607	4607	4607		
Daily req				995	985	1017	1021	1025	806	1010	1010	1010	1010	1010	921	921	921	921	921	921	921		
Net Req				0																			
Open Orders(Shift)				0.0	27.7	30.6	23.9	24.0	18.9	23.7	23.7	23.7	23.8	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	0.0		
Installed Capacity-(Shift)				30.0	36.0	36.0	24.0	20.0	24.0	24.0	24.0	20.0	24.0	24.0	24.0	24.0	20.0	24.0	20.0	24.0	0.0		
Cum Balance				183.6	44.4	49.7	49.8	45.8	50.9	51.3	51.6	47.9	48.2	50.5	52.8	51.1	53.4	53.4	53.4	53.4	53.4		
Occupation rate per crew				99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%		
				99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	
				99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%
				99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%
DELPHI Calendar				6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	5	6	6				
# of crews				4	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	
1 st crew				213	214	214	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	*****	
2nd crew				213	214	214	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	*****
3rd crew				213	214	214	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	*****
4th crew				213	214	214	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	*****
5th crew				0	107	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*****
6th crew				0	107	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*****
Weekly Output				5118	6406	5976	5124	4265	5118	5118	5118	4265	5100	5100	5100	5100	4250	5100	*****				
Available daily Output				853	1068	996	854	853	853	853	853	853	853	853	850	850	850	850	850	850	850	850	*****
Stock				7736	9217	10107	10127	9269	10364	10434	10505	9722	9774	10267	10761	10404	10897	#VALEUR!					
GAP Stock Vs. Wk N-1 Demands				2809	4131	5003	5004	5246	5316	5387	5457	4674	5167	5661	6154	5797	6290	#VALEUR!					
Min (Days)				10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00		
DOH / (W+1)				7.85	9.06	9.90	9.88	11.51	10.26	10.33	10.40	9.63	10.61	11.15	11.68	11.30	11.83	*****					
Max (Days)				11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00		

Tableau 4: Le Plan Industriel et Commercial du T8 PPL

La démarche ABC est la plus pertinente pour aboutir à une classification à la fois plus certaine et efficace.

### III. 2.1.3 Présentation de la méthode ABC :

#### a- Définition

La méthode ABC est la plus connue des méthodes de classification. Elle est également connue sous le nom « loi 20/80 » ou « loi de Pareto ».

Cette méthode permet de déterminer l'importance relative des éléments d'un ensemble dans un contexte donné en les répartissant en trois axes d'importance:

- Classe A : éléments de forte importance ;
- Classe B : éléments d'importance normale ;
- Classe C : éléments de faible importance ;

## b- Principe de base

Pour déterminer la classification des éléments d'un ensemble, la méthode ABC propose la démarche suivante :

- Identification du problème à résoudre et identification de la classification désirée ;
- Recherche du critère d'analyse correspondant à la classification désirée ;
- Classification des articles par valeur décroissante du critère d'analyse ;
- Calcul des valeurs de classification (pourcentages cumulés du critère d'analyse) ;
- Tracé de la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse :
  - Où les abscisses représentent les éléments à classifier,
  - Où les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse ;

Interprétation de la courbe et détermination des classes d'importance.

## c- Détermination des classes d'importance

Afin de pouvoir déterminer les classes de répartition, il faut calculer le ratio de discrimination :

$$RD = \frac{\text{Longueur du segment CB}}{\text{Longueur du segment AB}}$$

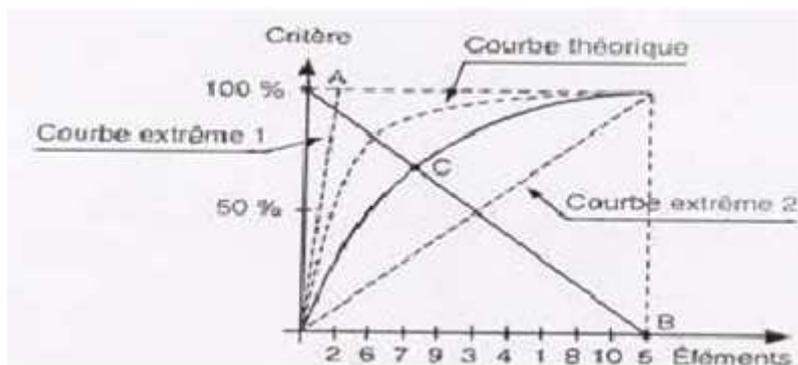


Figure 20 : Limites des courbes de Pareto

Valeur du ratio de discrimination Zone		A	B	C
$1 > RD \geq 0,90$	1	10	10	80
$0,90 > RD \geq 0,85$	2	10	20	70
$0,85 > RD \geq 0,75$	3	20	20	60
$0,75 > RD \geq 0,65$	4	20	30	50
$0,65 > RD$	5	Non Interprétable		

Tableau 5 : Classes d'importance de la méthode ABC

### III. 2.1.4 Application de la méthode ABC :

*Je procède à une analyse ABC des références. Il s'agit donc de recenser toutes les références.*

*Cette classification permet de faire la distinction entre trois classes de références, avec le critère d'analyse est la quantité de ces références (quantité mensuelle).*

*Pour cette fin, on classe tout d'abord les références selon un ordre décroissant de la demande mensuelle et on calcule la somme des demandes de toutes les références, ensuite on calcule le pourcentage de la demande de chacune par rapport à cette somme. Une fois les pourcentages sont calculés, on calcule le pourcentage cumulé en commençant par la référence dont la demande est maximale.*

*On dresse le tableau ABC de toutes les références et on trace en parallèle les courbes Pareto représentants le pourcentage cumulé de la production mensuelle en fonction des références qui existent pour les deux projets. (La démarche et les résultats sont détaillés dans l'annexe)*

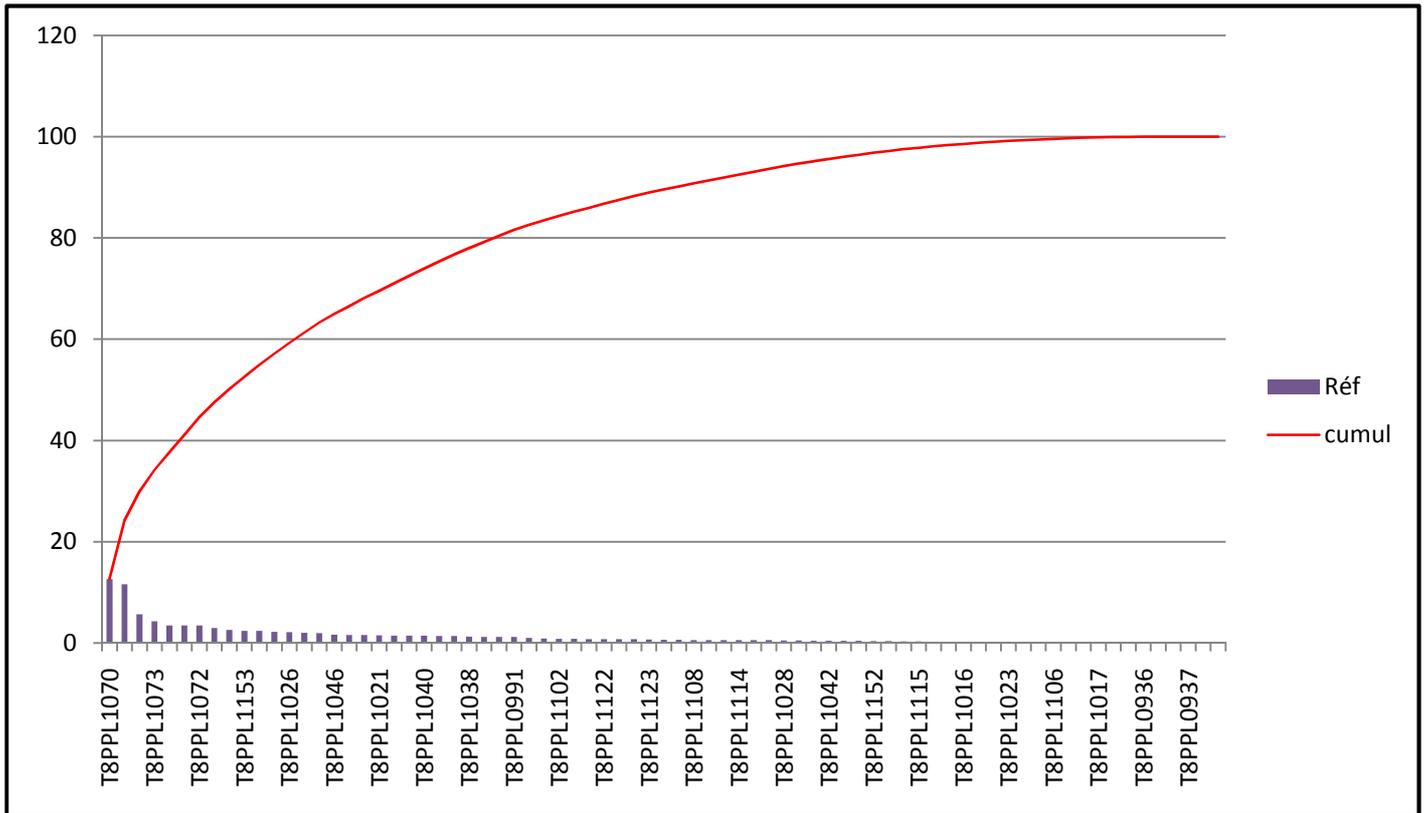


Figure 21 : Diagramme de Pareto

Une fois le ratio de discrimination est calculé pour la courbe, on peut retenir facilement les « High Runners »:

### Les « High Runners »

T8PPL1070	T8PPL1074
T8PPL1150	T8PPL1046
T8PPL1071	T8PPL1119
T8PPL1073	T8PPL1154
T8PPL1151	T8PPL1021
T8PPL1020	T8PPL1044
T8PPL1072	T8PPL1027
T8PPL1010	T8PPL1040
T8PPL1079	T8PPL1081
T8PPL1153	T8PPL1025
T8PPL1075	T8PPL1038
T8PPL1110	T8PPL1036
T8PPL1026	T8PPL1155
T8PPL1078	

A partir de cette classification on va étudier la capacité du nouveau sous ensemble Proposé

### III. 2.2 Etude de capacité :

Pour étudier la capacité du nouveau sous ensemble j'ai utilisé une application standard a DELPHI programmée sur Excel (contrôle 17-19), cette dernière sert à déterminer les moyens en ressources humaines pour satisfaire la demande client tout en laissant une marge de sécurité supérieure à 20% dans la capacité de moyen calculée en se basant sur des données entrées (Volume à produire, nombre de personnes, Moyenne pondérée...)

#### 2.2 .1 Algorithme du Contrôle 17-19 :

Work standard data
Nombre de ligne
Nombre de personnes
Volume à Produire
Nombre de cable/shift
capacité

Plant	Customer	Carline	Product Group	VSD Cutting content	VSD FZA content	N° of Lines or cells	Boards (m)	Boards per Line (pcs)	ROB's per Line	Operators per Crew	Customer Requests (pcs/week)	Shifts Available	Output Crew / lin	Tool Capacity %	Comment		
Tangier	PSA	T8	T84	<b>BODY Line 21</b>			7.40	96.00	1	4.4x1.2	12	1	46	3137	17.31	220	121.6%
				Kits-Man	30.60							14	3137	17.31	210	116.1%	
				Line-man	55.85							27	3137	17.31	222	122.7%	
				ROB	5.55							3	3137	17.31	248	137.2%	
				Packaging	4.00							2	3137	17.31	230	126.8%	
Tangier	PSA	T8	T87-T84	<b>BODY Line 23</b>			9.20	110.00	1	4.4x1.2	12	1	45	1834	17.31	188	177.6%
				Kits-Man	34.78							15	1834	17.31	188	187.2%	
				Line-man	64.31							25	1834	17.31	179	168.8%	
				ROB	6.33							3	1834	17.31	218	205.6%	
				Packaging	4.57							2	1834	17.31	201	198.0%	
Tangier	PSA	T8	T84	<b>Console T84</b>			6.30	6.27	0	1.5x0.5	2	1.0	4.6	3122	17.31	337	187.1%
				Kits-Console T84	2.73							2	3122	17.31	337	187.1%	
				Line-Console T84	2.73							2	3122	17.31	337	187.1%	
				ROB	0.55							0.4	3122	17.31	337	187.1%	
				Packaging	0.27							0.2	3122	17.31	337	187.1%	
Tangier	PSA	T8	T87	<b>Console T87</b>			0.08	1.27	0	0.5x0.3	1	1	14	3636	17.31	507	248.3%
				Kits-Console T87	0.91							1	3636	17.31	507	248.3%	
				ROB	0.27							0.3	3636	17.31	507	248.3%	
				Packaging	0.09							0.1	3636	17.31	507	248.3%	

Tableau 6 : Control 17-19

#### ✚ Algorithme du contrôle 17-19 :

- *Calculer les paramètres d'entrée :*
  - *Le temps chiffré global du sous ensemble*
  - *Le volume à Produire (la quantité de câble demandée par le client)*
  - *Le temps chiffré global des cellules de kitting dans le sous ensemble*
  - *Le temps chiffré global de la chaine dans le sous ensemble*
  
- *Entrer et faire varier les paramètres suivants de façon à augmenter le taux de capacité des moyens (>100%)*
  - *Le nombre de personnes*
  - *Le nombre de jours travaillés par semaine :*
    - 1shift → 5.77j*
    - 2shift → 11.54j*
    - 3shift → 17.31j*
  
- *Le contrôle calcule selon les formules suivantes le nombre de câble par shift et le taux de capacité des moyens*

$$\text{Le nombre de câble produit par shift} = \frac{\text{Le nombre de personnes} \times 460^* \text{ min}}{\text{Le temps chiffré du sous ensemble}}$$

\* 460 min : le temps de travail disponible pour chaque opérateur

$$\text{Capacité \%} = \frac{\text{Nombre de ligne} \times \text{Le nombre de jours travaillés par semaine} \times \text{Le nombre de câble produit par shift}}{\text{Le volume moyen à produire}}$$

### III. 2.2 .2 Application du Contrôle 17-19 :

❖ Calcul des paramètres d'entrée :

On calcul le temps chiffré global du sous ensemble par la moyenne pondérée des temps de cycles des High-Runners affectés à leurs taux de pénétration

✚ Moyenne Pondérée :

La moyenne pondérée est la moyenne d'un certain nombre de valeurs affectées de coefficients.

En statistiques, considérant un ensemble de données,

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

Et les poids non-négatifs correspondants,

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\},$$

La moyenne pondérée  $\bar{x}$  est calculée suivant la formule

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

Quotient de la somme pondérée des  $x_i$  par la somme des poids;

Soit

$$\bar{x} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n}.$$

Pour calculer la moyenne pondérée on a besoin des temps de cycles\* des références obtenues dans la classification des High-Runners obtenues à partir de la liste des temps de montage, ainsi que leurs taux de pénétration obtenus à partir du plan Industriel et Commercial (PIC) (voir Annexe)

**\*Temps de cycles : le temps global de réalisation d'un produit**

Pour obtenir la moyenne pondérée du temps chiffré globale du sous ensemble on doit déterminer la proportion du sous ensemble dans tout le câblage, car les temps de cycles qu'on a dans la liste des temps de montage représentent les temps globales du câblage.

J'ai pu obtenir la proportion du sous ensemble en chronométrant les temps de cycles de tous les postes et les cellules de la ligne de Production et j'ai pu tracer le tableau (Voir Annexe)

$$\text{Sous Ensemble \%} = \frac{\text{Temps cycle du sous ensemble}}{\text{Temps cycle global du câble}}$$

$$\begin{aligned} \text{Sous Ensemble \%} &= 1218\text{s} \\ &= 18 \times 6550\text{s} \end{aligned}$$

Calcul de la moyenne pondérée : (voir Annexe)

Donc

$$\begin{aligned} \text{La moyenne pondérée du temps chiffré globale du sous ensemble} &= \frac{\sum \text{Temps de cycle} \times \% \text{pénétration}}{80 \%} \times \% \text{SE} \\ &= 21.3 \text{ min} \end{aligned}$$

Le temps chiffré global                      kitting dans le sous ensemble :

Pour déterminer le temps chiffré global des cellules de kitting, il suffit de déterminer la proportion des cellules de kitting dans le Sous Ensemble, et ensuite de le multiplier par la moyenne pondérée du sous ensemble déjà calculée

$$\begin{aligned} \text{Cellules de kitting \%} &= \frac{\text{Temps cycle global des cellules}}{\text{Temps cycle global du sous ensemble}} \\ &= 40\% \end{aligned}$$

$$\text{Le temps chiffré global des cellules de kitting} = 8.52 \text{ min}$$

Le temps chiffré global de la chaine dans le sous ensemble :

On utilise la même procédure pour calculer le temps chiffré global de la chaine

$$\begin{aligned} \text{Cellules de la chaine \%} &= \frac{\text{Temps cycle global de la chaine}}{\text{Temps cycle global du sous ensemble}} \\ &= 60\% \end{aligned}$$

$$\text{Le temps chiffré global de la chaine} = 12.78 \text{ min}$$

Le Volume moyen à produire :

On peut calculer le volume moyen à produire à partir du Plan Industriel et commercial en calculant la moyenne des commandes du client durant les 14 semaines

$$\text{Volume moyen à produire} = 4821 \text{ pièces/weekend}$$

Après avoir calculé les paramètres d'entrée du contrôle 17-19, on fait varier le nombre de personnes et le nombre de shift jusqu'à ce que la capacité calculée du sous ensemble soit supérieure à 100%

Dans ce cas on obtient les ressources humaines nécessaire pour que le sous ensemble soit capacitaire pour produire la quantité de câble demandée par le client.

**➤ Résultat du contrôle 17-19 :**

				Sous Ensemble	nombre de ligne	nombre d'opérateur			2 Shift	Capacité				
Plant	Customer	Carline	Product Group	WSD Cutting content	WSD F/A content	N° of Lines or cells	Boardsize (m)	# Boards per Line (pcs)	# ROB's per Line	# Operators per Crew	Customer Requests (pcs/week)	Shifts Available	Output per Crew / lir	Tool Capacity %
Tangier	PSA	T8_T84 & T87	Main	21.3	1	3000 x 1,2	20	1.5	20.0	4821	11.54	432	103.4%	
			Cell-Sub assembly	8.52	1				8.0	4821	11.54	432	103.4%	
			Line-Sub assembly	12.78	1		6		12.0	4821	11.54	432	103.4%	
			Cell-Main	29.03					13.0	4821	11.54	239	114.4%	
			Line-main	37.56					20.0	4821	11.54	245	117.3%	
			ROB	9.60					5.0	4821	11.54	240	114.7%	
			BPGA	5.40					3.0	4821	11.54	256	122.3%	
			Packaging	6.00					3.0	4821	11.54	230	110.1%	

Tableau 7 : Résultat du Control 17-19

D'après les résultats du contrôle 17-19, la proposition de garder une seule ligne du sous ensemble pour alimenter les deux chaînes du Main nécessite l'intégration de 20 personnes dans le sous ensemble, répartis en 6 personnes dans les cellules de kitting et 14 personnes dans la chaîne pour répondre à la demande du client.

**III. 2.3 Flux de Production:**

La nouvelle Proposition du sous ensemble capacitaire doit respecter le flux normal de production dans l'implantation, sachant que le nouveau sous ensemble doit alimenter les deux chaînes du Main sans perturber le flux de production dans l'une des deux. Vu que la préparation des kitt dans le Main suit la préparation des kitt dans le sous ensemble, il y a un risque de perturber le flux informatique des deux chaînes lorsque le sous ensemble va les alimenter à tour de rôle, donc il y a un risque de déphasage entre les deux chaînes ce qui peut entraîner des arrêts de production. Alors j'ai pensé à diviser la chaîne du sous ensemble en deux côtés (coté A et B), chaque côté va alimenter une chaîne ( Double Take Off ) et le convoyeur va tourner avec la moitié de la vitesse correspondante au temps de cycle du sous ensemble, afin de permettre aux opérateurs d'effectuer les différentes tâches de production du

Câblage dans les deux côtés de la chaîne, donc le câble sera monté et délivré dans un seul côté de la chaîne

Ainsi le sous ensemble doit fournir deux câbles à la fois pour alimenter les deux chaînes du Main (25&26)

Pour respecter les normes du travail standard de l'entreprise, on a décidé d'ajouter un 4<sup>em</sup> Tableau dans chaque coté de la chaîne pour diminuer la densité des opérateurs dans la chaîne, et aussi pour des raisons d'ergonomie (risque de bousculade entre les opérateurs lors d'exécution des tâches prédéfinies)

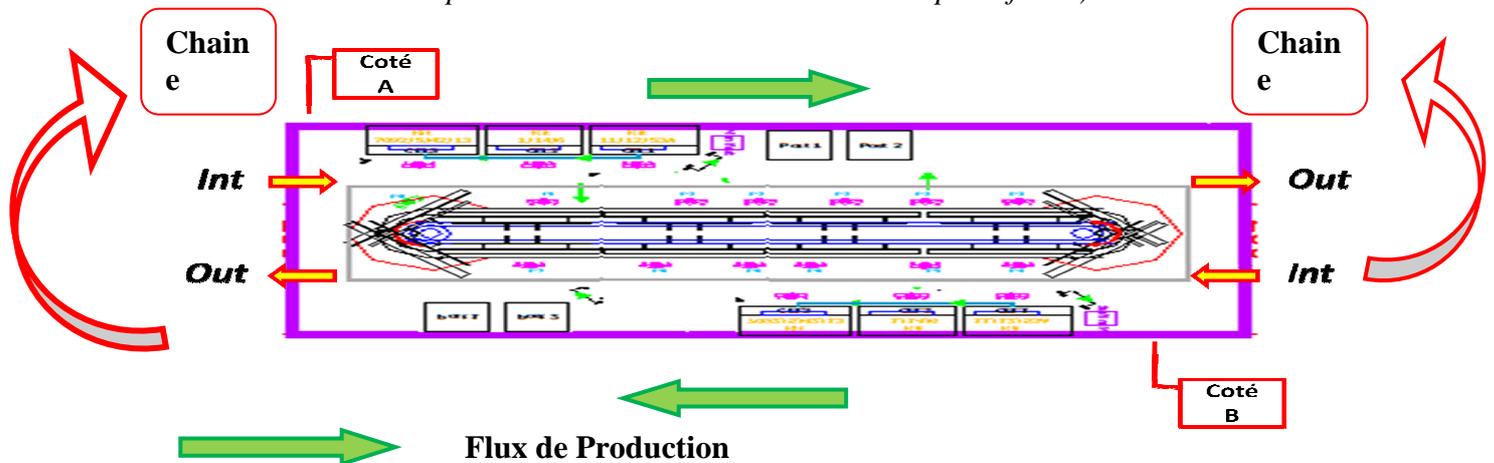


Figure 22: Sous Ensemble Double Take Off

### III. 2.4 Planification de la Production :

Vu la diversité des références de câblage produite dans la chaîne du sous ensemble et de leurs temps de cycle, il est obligatoire de classer les références selon deux catégories (A et B) (Voir Annexe)

La planification de la production sera divisée en deux catégories et se fera comme suivant :

- planifier la production de la catégorie A dont le temps chiffré est inférieure à la moyenne pondérée calculée
- planifier la production de la catégorie B dont le temps chiffré est supérieur à la moyenne pondérée calculée

catégorie B	catégorie B
T8PPL1006	T8PPL1113
T8PPL1115	T8PPL1122
T8PPL1041	T8PPL1022
T8PPL1014	T8PPL1105
T8PPL1016	T8PPL1123
T8PPL1019	T8PPL1012
T8PPL1112	T8PPL1121
T8PPL1023	T8PPL1108
T8PPL1008	T8PPL1107
T8PPL1003	T8PPL1111
T8PPL1106	T8PPL1114
T8PPL1007	T8PPL1039

T8PPL1109	T8PPL1018	catégorie A
T8PPL1017	T8PPL1028	T8PPL1070
T8PPL1009	T8PPL1124	T8PPL1150
T8PPL1024	T8PPL1120	T8PPL1071
T8PPL0936	T8PPL1042	T8PPL1073
T8PPL0920	T8PPL1029	T8PPL1151
T8PPL0922	T8PPL1110	T8PPL1072
T8PPL0937	T8PPL1026	T8PPL1010
T8PPL0938	T8PPL1074	T8PPL1079
T8PPL0990	T8PPL1046	T8PPL1153
T8PPL1025	T8PPL1119	T8PPL1075
T8PPL1038	T8PPL1021	T8PPL1078
T8PPL1155	T8PPL1044	T8PPL1154
T8PPL0991	T8PPL1027	T8PPL1081
		T8PPL1036
		T8PPL1104
		T8PPL1004
		T8PPL1102
		T8PPL1005
		T8PPL1037
		T8PPL1152
		T8PPL1002
		T8PPL0995

Tableau 8 : catégorie de références A&B

*La production se fera de façon à se qu'on produit l'une des deux catégories de références, une fois la quantité demandée est produite, on passe à la deuxième catégorie car pour chaque catégorie le contremaître règle une vitesse de rotation du convoyeur correspondante*

### III. 2.5 Lay-out de l'implantation :

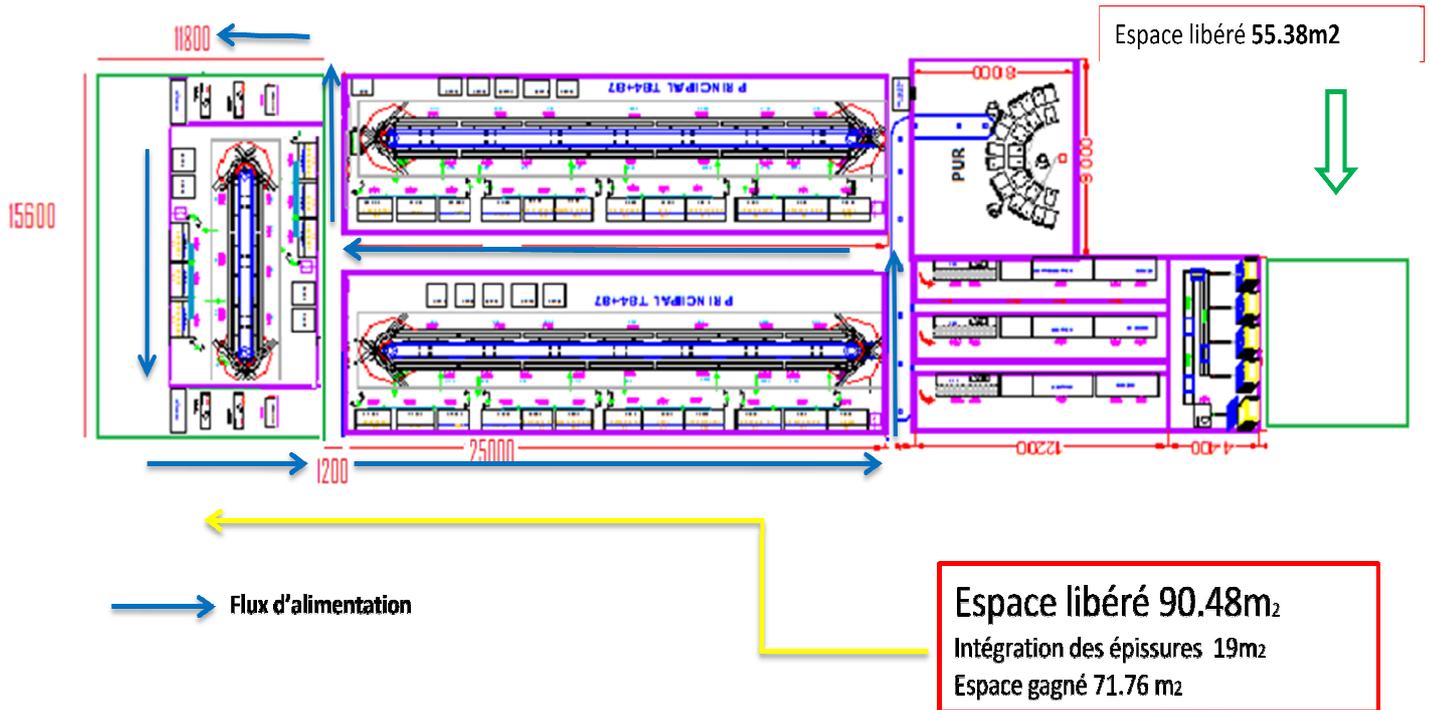


Figure 23: Nouveau Lay-out de l'implantation

### Conclusion:

Après tel étude, on a pu optimiser l'espace de l'implantation de la zone T8 Principale en libérant l'espace de la zone dédié aux épissures ( $55.38m^2$ ), et en intégrant les épissures dans la ligne de Production afin d'annuler les opérations de transport et de manutention

L'espace gagné par les deux structures optimales nous a permis d'intégrer un poste d'épissure à l'intérieur de chaque Main, qui sert à alimenter directement les cellules de kitting à proximité

Ainsi le total de l'espace qu'on a pu libérer est de  $127.14m^2$  qui va être utilisé pour intégrer de nouveaux projets dans le futur

L'étude d'implantation et l'optimisation de la zone T8 Principale présentée dans ce chapitre n'a traité que qualitativement la problématique des flux physiques. La quantification de ces derniers et leur optimisation sera l'objectif des chapitres qui suivent, tant au niveau interne des lignes de Production par amélioration de l'équilibrage, qu'au niveau interlignes par mise en place d'un flux tiré et dimensionnement des boucles Kanban.

# Amélioration de la productivité Par équilibrage des lignes de Production

*Dans ce chapitre nous allons déployer l'un des outils  
Du lean manufacturing visant l'amélioration de la  
Productivité, à savoir l'équilibrage des lignes de  
Production. Nous allons commencer par décrire la  
Philosophie de celui-ci et nous allons faire le rappel  
Des différentes approches permettant son application.*

## **I. Problème d'équilibrage des lignes manufacturières**

*Précédemment, j'ai traité le problème d'implantation des chaînes en ne considérant que l'aspect 'macroscopique' de ces derniers : chaque chaîne a été, en effet, vu comme étant un seul bloc fonctionnel avec une entrée et une sortie. Dans ce qui suit, je vais examiner de plus près les chaînes dans leur nature en tant que lignes manufacturières et j'y appliquerais l'un des outils du Lean manufacturing à savoir l'équilibrage des lignes (line balancing (L.B.) dans la littérature anglo-saxonne).*

D'abord je Commence par rappeler la philosophie de cet outil et introduisons les approches qui y sont relatives et que l'on va appliquer sur les chaines choisies pilotes pour les rendre plus "Lean", et plus rentables.

## I.1. Ligne manufacturière :

Le système de production à DELPHI est un système de production manufacturier. C'est un système de production discret se basant sur des procédés de fabrication et d'assemblage, et se faisant principalement à la main, mais sans exclure le machinisme (machines de coupe, Presse,...) (Le mot 'manufacture' est dérivé du latin : manus (main) et factus (faire)).

En effet, tout système manufacturier inclut une combinaison de machines, outillage, énergie et main d'œuvre (figure 3.1).

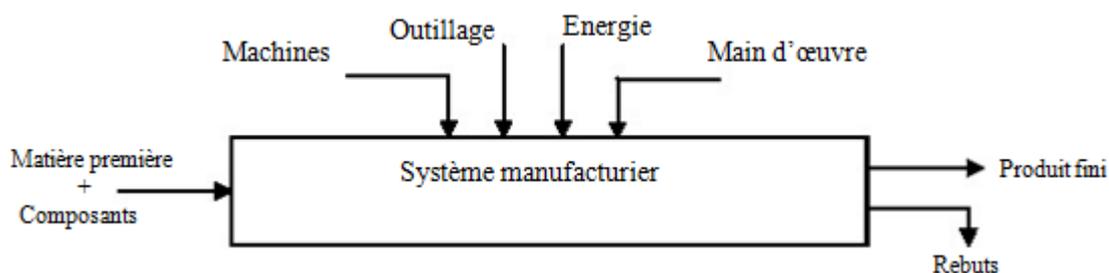


Figure 3.1 : modèle de Système manufacturier

Une ligne manufacturière (de fabrication ou d'assemblage) est un sous-ensemble d'un tel système, il s'agit d'un agencement de stations visitées dans un ordre donné pour aboutir à un produit issu de la transformation de la matière première ou du produit semi-fini introduit en début de la ligne. Chaque station exécute une opération ou un ensemble d'opérations de transformation.

Mon étude concernera toute la ligne de production. Parmi cette ligne, on trouve les chaînes d'assemblage, ce sont des lignes manufacturières d'assemblage : la seule différence avec une ligne de fabrication est l'apport de composants (connecteurs). Ces composants sont assemblés au produit qui circule sur la ligne, d'où le nom de ces systèmes (figures 3.2 et 3.2').

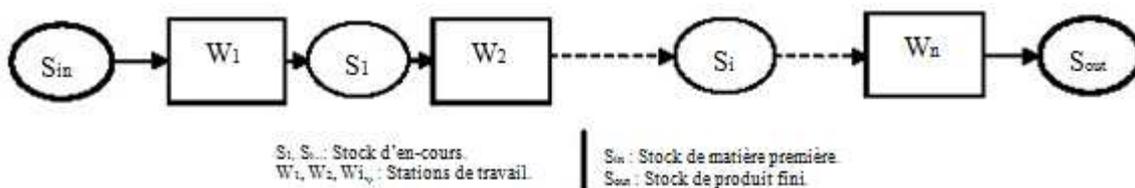


Figure 3.2 : modèle de ligne de fabrication

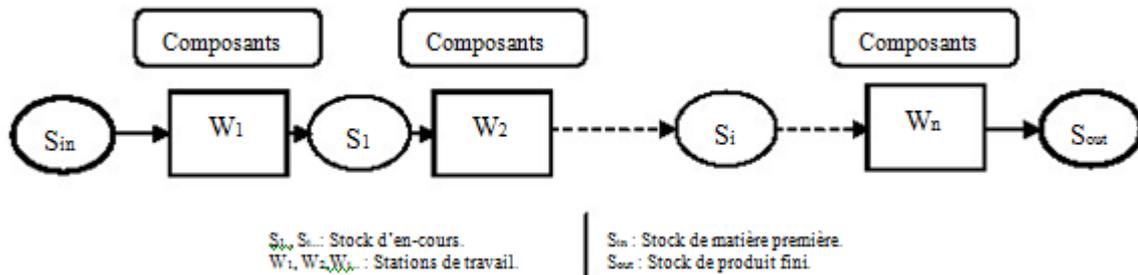


Figure 3.2' : modèle de ligne d'assemblage

## I.2. Equilibrage d'une ligne d'assemblage :

L'équilibrage des lignes d'assemblage est un outil efficace pour améliorer le débit (cadence) de celles-ci, tout en minimisant les besoins en main-d'œuvre et les coûts. L'équilibrage des lignes d'assemblage est un problème de l'attribution des opérations aux postes de travail le long d'une ligne d'assemblage, de manière à ce que l'affectation soit optimale dans un certain sens. Depuis **Henry Ford** l'introduction de lignes d'assemblage, LB a été un problème d'optimisation de grande importance industrielle: la différence entre l'efficacité d'une affectation optimale et celle d'une affectation moins optimale peut conduire à des économies(ou dés-économie), atteignant des millions par ans.

Rappelons qu'une ligne d'assemblage consiste en une série de stations, chacune exécutant un ensemble d'opérations (ou de tâches). Les opérations sont caractérisées par leur temps d'exécution et elles sont le plus souvent reliées par des contraintes de précedence. Les opérations d'une même station sont exécutées de façon séquentielle. Il en résulte que le temps de travail d'une station est égal à la somme des temps d'exécution de ses opérations.

Le temps de cycle impose une cadence aux stations car celles-ci ne doivent pas avoir un temps de travail qui lui est supérieur. Le temps mort d'une station est défini comme étant la différence entre le temps de cycle et son temps de travail. L'équilibrage d'une ligne d'assemblage revient à trouver une affectation de l'ensemble des opérations telle que les contraintes de précedence entre les opérations soient respectées et que le temps mort total de la ligne soit minimal.

### I.2.1. Approches et méthodes d'équilibrage des lignes manufacturières :

Le problème de l'équilibrage des lignes d'assemblage (ALB) a été largement étudié dans la littérature. Il en dérive plusieurs problèmes : le simple, noté **SALBP**, pour Simple Assembly Line Balancing Problem, le mixte **MALBP** les généralisés notés **GALBP**, pour Generalized Assembly Line Balancing Problem.

#### a-SALBP :

*Le SALBP est directement pertinent pour des lignes d'assemblage à un seul et unique produit, où seulement les contraintes de priorité entre les tâches sont à envisager.*

*Les hypothèses générales du SALBP sont les suivantes :*

- *Les temps d'exécution des opérations sont déterministes (connues avec certitude),*
- *Les temps d'exécution des opérations sont indépendants de la station sur laquelle elles sont effectuées,*
- *Toute opération peut être exécutée sur toute station,*
- *Toutes les opérations doivent être exécutées,*
- *Un ordre partiel entre les opérations doit être respecté,*
- *Une opération est exécutée complètement sur une seule station, c'est-à-dire qu'il ne peut y avoir de Chevauchement sur une autre station,*
- *La ligne est constituée d'une série de stations et le mode de fonctionnement est synchrone,*
- *Les stations sont visitées dans un ordre donné,*
- *Un seul type de produit est considéré,*
- *Selon les variantes du SALBP soit le temps de cycle  $T_0$  est donné soit le nombre de stations  $m$  est donné.*

*Il existe plusieurs variantes de SALBP, elles se différencient notamment par la variation de la*

*Dernière hypothèse mais également par leur objectif.*

*Le tableau suivant synthétise les différentes variantes du SALBP.*

Temps de cycle		
Nombre de station	Donné	A minimiser
Donné	SALB-F	SALB-2

A minimiser	SALB-1	SALB-E

Tableau 3.1 : Les variantes du SALBP

Le problème SALBP-F est un problème de décision (le F désignant faisabilité). Dans ce cas, Le problème revient à trouver une solution réalisable qui respecte les données, en l'occurrence Le temps de cycle et le nombre de stations.

Contrairement au SALBP-F, les variantes SALBP1 et SLABP2 sont des problèmes D'optimisation. Le premier problème a comme objectif de minimiser le nombre de stations en Respectant un temps de cycle donné et fixe, alors que le second, à l'inverse, doit minimiser le

Temps de cycle en respectant un nombre de stations donné et fixe.

Le SALBP-E est plus général car il a pour objectif de maximiser l'efficacité

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{m.t_0}$$

(Tel que n est le nombre d'opérations et  $t_i$  est le temps d'exécution de l'opération i).

Du fait que  $\sum_{i=1}^n t_i$  est fixe, l'objectif revient à minimiser le produit du temps de cycle et du nombre de stations en même temps soit à minimiser  $m.T_0$ .

Notons enfin que toutes les approches de résolutions des problèmes d'équilibrage découlent des règles de bons sens. Lorsque l'une ou plusieurs hypothèses parmi celles précitées sont non satisfaites, comme le cas que je vais traiter où les opérations d'une même ligne d'assemblage peuvent différer d'un poste à autre, c'est ce bon sens qui va permettre d'obtenir des Configurations de lignes équilibrées

### **b- MALBP et MSP**

Le modèle mixte du problème d'équilibrage des lignes d'assemblage (MALBP) concerne les lignes d'assemblage de plusieurs variantes d'un produit de base en séquences combinées. Outre ce modèle mixte d'équilibrage (MALBP), qui consiste à affecter des tâches aux stations en tenant compte des différents temps de cycle relatifs à chaque variante, le modèle mixte de Problème de séquençage (MSP) est pertinent. Le MSP consiste à trouver une séquence pour toutes les unités de production de telle manière à veiller à ce que les inefficiences (la surcharge de travail, l'arrêt de la ligne, réparation hors-ligne,..) Sont réduites au minimum.

### **c- GALBP**

Dans la littérature, tous les types de problèmes généralisés qui ne vérifient une ou plusieurs hypothèses de Baybars correspondantes au SALBP, sont appelées des

problèmes généralisés d'équilibrage ligne d'assemblage (GALBP). Cette catégorie de problèmes (y compris LBP) est très grande et contient toutes les extensions de problème qui pourrait être utile dans la pratique, y compris la sélection du matériel, les processus alternatifs, etc.

### I.3. Evaluation d'un équilibrage

Un équilibrage étant maintenant mis en place, des indicateurs permettent son évaluation.

Ce sont les paramètres empiriques suivant :

#### I.3.1. Coefficient de perte de productivité

Nous définissons d'abord un coefficient de perte de productivité, noté **CPP**, de la manière suivante :

$$CPP = \frac{\text{Somme des temps libres dans les stations}}{P \times N} \times 100$$

*P* : la période de cadencement

*N* : le nombre de stations réellement utilisées

Ce coefficient de perte de productivité est le pourcentage global de temps d'inactivité dans le processus.

#### I.3.2. Coefficient d'efficacité

Nous définissons encore le coefficient d'efficacité (Effectiveness dans la littérature anglo-saxonne).

Ce pourcentage mesure le degré auquel la capacité recherchée est atteinte. Il est noté **CE** et défini comme suit :

$$CE = \frac{\text{Production par période de référence}}{\text{Production souhaitée par période de référence}} \times 100$$

#### I.3.3. Coefficient de déviation maximale

Ce coefficient mesure l'écart maximal (en pourcentage) entre la charge des stations et leur capacité. Il est noté **CDM** et se définit comme suit :

$$CDM = \frac{\text{Max (période de cadencement - charge de la station S)}}{\text{Période de cadencement}} \times 100$$

(Où s IS et S désigne l'ensemble des stations)

## II. L.B. appliqué aux lignes de Production

### II.1. Mise en situation :

Pour chaque chaîne d'assemblage on conçoit une ligne de préparation. Cette dernière, doit son nom au fait qu'elle s'occupe des opérations préliminaires (sans précédentes dans la gamme de fabrication), les cellules de kitting sert à préparer des kits entrant dans la composition du câblage qui sera par la suite assembler dans la chaîne. Cette dernière permet de diminuer la complexité dans les tableaux d'assemblage, ainsi de réduire leurs dimensions.

Dans le présent rapport je vais prendre la chaîne du sous ensemble comme chaîne pilote pour en améliorer la productivité grâce à la revue de l'équilibrage des cellules de kitting correspondantes, ainsi que les postes définis sur la chaîne d'assemblage.

Ce choix à été pris essentiellement vu la proposition du nouveaux sous ensemble qui produit avec une cadence plus proche de ca capacité, d'où l'importance d'une telle amélioration

Dans la figure qui suit, je représente le nouveau Sous Ensemble en question et je schématise les flux matériels internes.

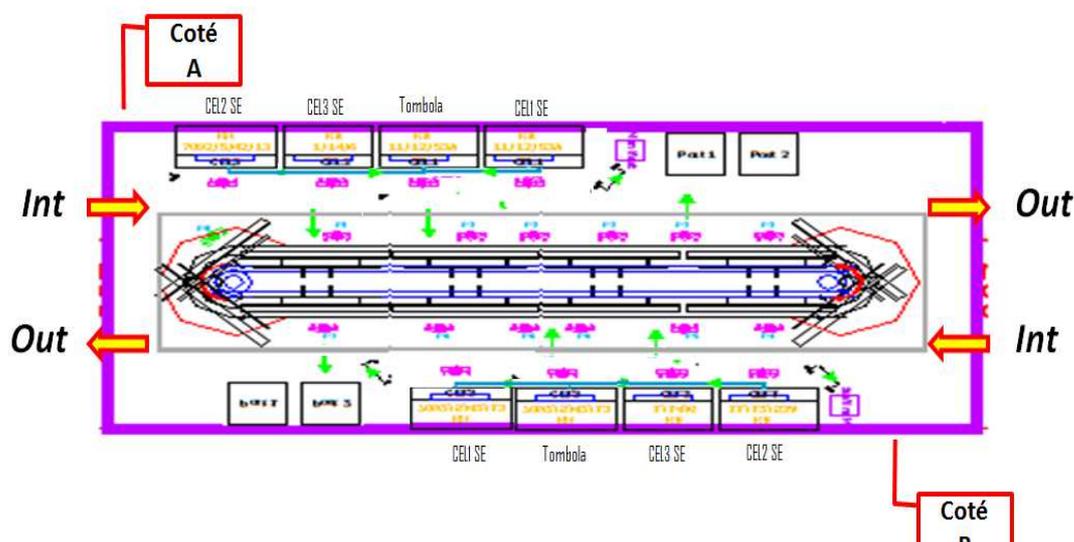


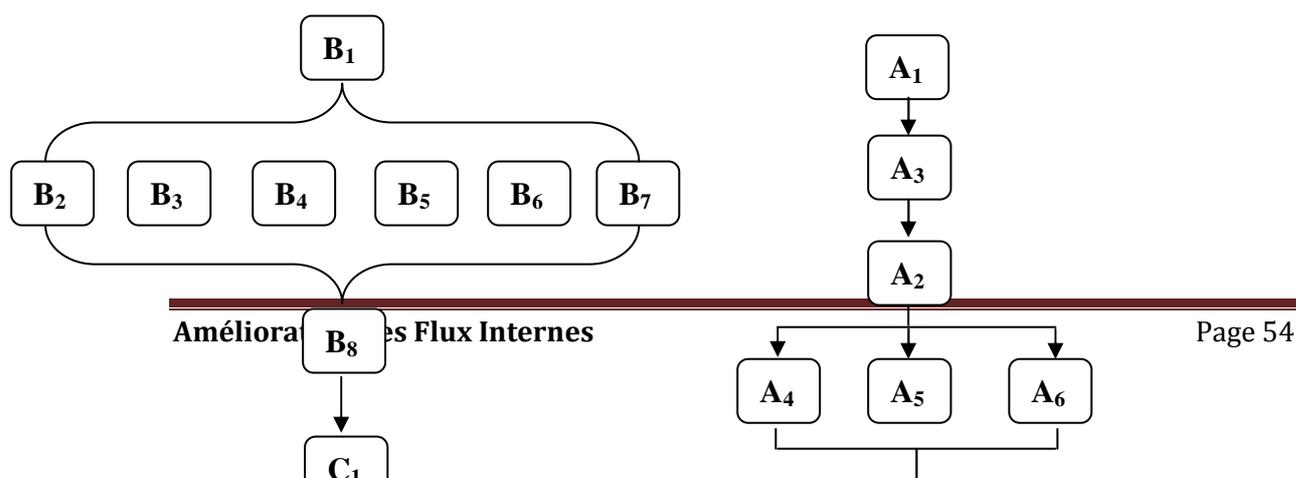
Figure 3.3 : Modélisation du Sous Ensemble et des flux internes

On rappelle dans les tableaux suivants l'ensemble des opérations relatives aux processus d'assemblage dans les cellules et dans la chaîne

Poste	Opérations	Indice	Temps opératoire (s)	Prédécesseur
-------	------------	--------	----------------------	--------------

Cellule 1 SE	Lire le kitting order	A <sub>1</sub>	2	-
	Prendre passe gaine et mettre au contre pièce	A <sub>3</sub>	4	A <sub>1</sub>
	Prendre con 1211 et encliqueter 4 fils	A <sub>4</sub>	13	A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>
	Prendre con 1283 et encliqueter 3 fils	A <sub>5</sub>	39	A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>
	Mettre tobo	A <sub>6</sub>	50	A <sub>2</sub>
	Emballer 5 fils + 2 épissures et encliqueter CON7010	A <sub>2</sub>	36	A <sub>1</sub>
	Mettre Kitting ordre et kit au Tobo-gon	A <sub>7</sub>	6	A <sub>5</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub>
Cellule 2 SE	Lire le kitting order et mettre au support	B <sub>1</sub>	2	-
	Prendre con 7092 et encliqueter (kit 7092)	B <sub>4</sub>	26	B <sub>1</sub>
	Prendre con 7804 et encliqueter (kit 5)	B <sub>2</sub>	18	B <sub>1</sub>
	Prendre con BSI1A et encliqueter (kit 1-1)	B <sub>3</sub>	18	B <sub>1</sub>
	Prendre con 8060A/C et encliqueter (kit 42)	B <sub>5</sub>	13	B <sub>1</sub>
	Préparer kit 53	B <sub>6</sub>	44	B <sub>1</sub>
	Préparer kit 6	B <sub>7</sub>	19	B <sub>1</sub>
	Mettre les kits au support et kitting_order	B <sub>8</sub>	2	B <sub>1...7</sub>
Cellule 3 SE	Lire le kitting order et prendre les kits du support	C <sub>1</sub>	3	-
	Prendre con 7095 et encliqueter (kit 11)	C <sub>3</sub>	78	C <sub>1</sub>
	Prendre kit 53 et encliqueter les fils	C <sub>2</sub>	43	C <sub>1</sub>
Tombola4SE	Mettre les kits au tobo gan avec kitting order	C <sub>4</sub>	4	C <sub>1...3</sub>
	Lire kitting order et prendre kit 1 du tobogan et mettre au tableau	D <sub>1</sub>	4	-
	Positionner les connecteurs et séparer kit 1	D <sub>2</sub>	14	D <sub>1</sub>
	Mettre tubes aux branches et bandage en continue	D <sub>3</sub>	39	D <sub>2</sub>
	Mettre les lanières, Couper et tester	D <sub>4</sub>	34	D <sub>3</sub>
	Evacuer câble et mettre au Tobo gan avec kitting order	D <sub>5</sub>	13	D <sub>4</sub>

Tableau 3.2 : Gamme d'assemblage pour les cellules de kitting



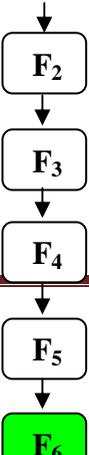
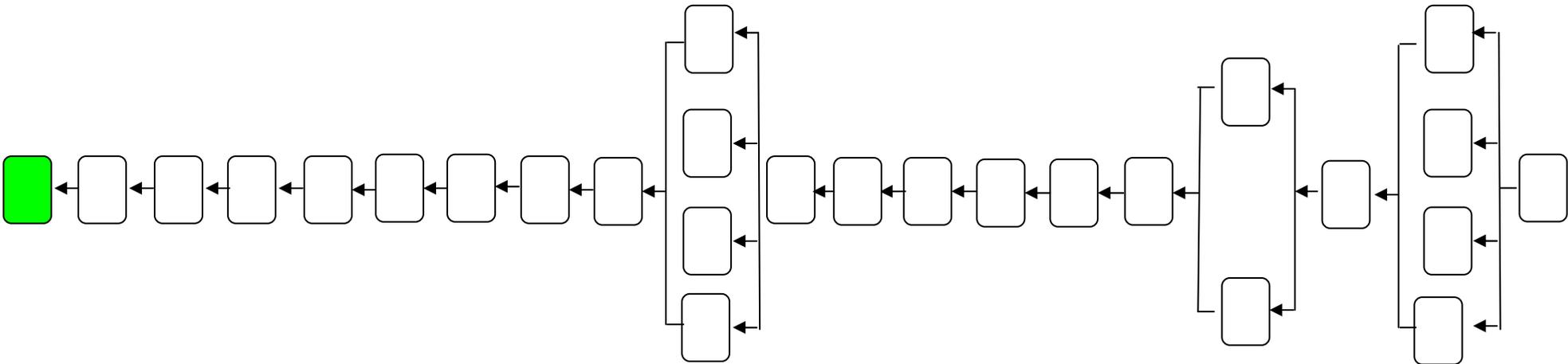
**Cellule 2 &**

**Cellule 1 & Tombola**

**Figure 3.4 : Processus d'assemblage dans les cellules SE**

Poste	Op			
Poste 5 SE	Prendre manifest et kit11&42 du tobogan et le mettre au tableau	A <sub>1</sub>	7'	--
	Séparer Kit11/ Kit5 au MC selon l'aide visuelle et Enc E265	A <sub>2</sub>	43'	A <sub>1</sub>
	Séparer Kit42 et EM46C au MC selon l'aide visuelle	A <sub>3</sub>	6'	A <sub>1</sub>
	Séparer kit /6/14 au MC selon l'aide visuelle	A <sub>4</sub>	24'	A <sub>1</sub>
	Séparer kit 13/53/54 au MC selon l'aide visuelle	A <sub>5</sub>	12'	A <sub>1</sub>
Poste 6 SE	Prendre kit1 du tobogan et Separer au tableau	B <sub>1</sub>	69'	
	Encliquetter les fils EM46B et E900	B <sub>2</sub>	23'	B <sub>1</sub>
	Encliquetter les fils du Connecteur BSI1B	B <sub>3</sub>	6'	B <sub>1</sub>
Poste 7 SE	Mettre GTRAF et fixer avec TSA +Bander en continu sous Passe-Gaine	C <sub>1</sub>	19'	
	Bander en continu la branche N384--- N_380	C <sub>2</sub>	27'	C <sub>1</sub>
	Bander en continu la branche 7804 avec TSA et réaliser le nœud	C <sub>3</sub>	16'	C <sub>2</sub>
	Mettre couver et fixer GTRE avec TSA	C <sub>4</sub>	27'	C <sub>3</sub>
	Mettre NTSA L=200 au branches 1640/1641	C <sub>5</sub>	2'	--
Poste 8 SE	Mettre couver au connecteur 7092A/B et bander encontinu +bandage 7051	D <sub>2</sub>	27'	
	Bander en decontinu les branches N-372---N-370 et N-380--- N_LA 15+les masses	D <sub>3</sub>	37'	--
	Bander en continu LA15---sortie des fils et mettre fixation sous LA15	D <sub>4</sub>	6'	--
	Mettre la bride 10720468 au couver 7095 et Passe-gaine	D <sub>1</sub>	7'	--
	Mettre GAFAB +bandage en continu à la branche avec TNA et mettre GTRAF	D <sub>5</sub>	7'	--

Poste	Opérations	indice	Temps opératoire	Prédécesseur
Poste 9	Resquiller les fils du MACDO poste 14/15 et mettre au PIN	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>26'</b>	--
	Mettre les lanière	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>80'</b>	<b>E<sub>1</sub></b>
	Couper les lanière au signe Noir avec pistolet Noir et au signe jaune avec pistolet jaune	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>10'</b>	<b>E<sub>2</sub></b>
Poste 10 SE	Resquiller les fils du MACDO poste 14 et mettre au PIN	<b>F<sub>1</sub></b>	<b>10'</b>	--
	Mettre les lanière	<b>F<sub>2</sub></b>	<b>7'</b>	<b>F<sub>1</sub></b>
	Couper les lanière au signe Vert avec pistolet Vert	<b>F<sub>3</sub></b>	<b>30'</b>	<b>F<sub>2</sub></b>
	Mettre les frettes blanches	<b>F<sub>4</sub></b>	<b>2'</b>	--
	Tester et coller l'étiquette au branche des masses	<b>F<sub>5</sub></b>	<b>2'</b>	<b>F<sub>3</sub></b>
	Evacuer cable et mettre au chariot	<b>F<sub>6</sub></b>	<b>27'</b>	<b>F<sub>5</sub></b>



Calculons pour chaque ligne, les différents indicateurs pré-présentés lors des références « High-Runners » afin de qualifier la qualité de l'équilibrage actuellement mis en place.

- Vu la grande diversité qui caractérise les Produits T8 principale, il fallait faire un bilan des différents taches et kits qui entre dans la composition de chaque référence, afin de calculer la charge des postes lors des références pris en « High-Runners » (Voir Annexe)

❖ Pour les Cellules de kitting :

Référence T8PPL	% pénétration	Assemblage S.E	Temps de cycle(sec)	Cellules de kitting SE							
				cellule 1 SE	Tombola 4 SE	cellule 2 SE	cellule 3 SE	Temps libre	CPP %	CE %	CDM %
T8PPL1070	12.60253754	19.98946259	119.4	137	150	97	85	56.8	9.46666667	98.19933	22.933333
T8PPL1150	11.57503335	20.06683934	120	127	180	98	84	58	8.05555556	101.875	2
T8PPL1071	5.683914734	20.76348504	124.2	136	151	96	85	67.4	11.1589404	94.2028986	25.960264
T8PPL1073	4.283159717	20.91177763	125.4	137	150	160	128	0	0	114.633174	
T8PPL1151	3.494081916	19.93929914	119.4	127	180	97	86	55.8	7.75	102.596315	18.555555
T8PPL1020	3.474213051	22.85695577	136.8	138	152	98	87	88.6	14.5723684	86.8055556	32.763157
T8PPL1072	3.464278618	20.04156026	120	136	143	96	84	60	10.4895105	95.625	25.174825
T8PPL1010	2.964718572	21.48473259	128.4	104	141	134	130	24.4	4.32624113	99.1043614	17.304964
T8PPL1079	2.602821379	19.19317706	114.6	104	142	97	84	28.2	4.96478873	93.1500873	21.549295
T8PPL1153	2.388521473	21.08762278	126	128	183	161	127	0	0	118.849206	
T8PPL1075	2.384263859	20.00872699	120	103	141	135	129	17	3.0141844	105.833333	12.056737
T8PPL1110	2.209701683	22.52924684	135	126	182	131	125	23	3.15934066	104.444444	5.4945054
T8PPL1026	2.147256677	23.77927081	142.2	136	150	160	128	20.2	3.15625	100.914205	8.87
T8PPL1078	2.019528256	21.10418273	126.6	137	152	98	84	71.2	11.7105263	93.0094787	28.026315
T8PPL1074	1.978371321	22.14473797	132.6	139	154	161	129	3.6	0.55900621	109.917044	2.2360248
T8PPL1046	1.656211859	25.0028627	150	147	168	136	130	37	5.50595238	96.8333333	11.904761
T8PPL1119	1.580994011	22.40170664	134.4	126	182	131	125	21.2	2.91208791	104.910714	5.1648351
T8PPL1154	1.561125145	21.70200756	130.2	128	183	99	85	78.6	10.7377049	95.0460829	24.699453
T8PPL1021	1.49868014	23.06758069	138	138	152	98	87	91	14.9671053	86.0507246	33.552631
T8PPL1044	1.475972865	23.74679596	142.2	140	155	149	167	2.2	0.32934132	107.419128	1.3173652
T8PPL1027	1.466038432	23.98989572	143.4	137	150	163	126	23.8	3.65030675	100.41841	10.674846
T8PPL1040	1.43197752	23.99478232	143.4	147	167	98	86	102.8	15.3892216	86.8200837	34.371257
T8PPL1081	1.412108654	21.82954776	130.8	126	182	99	86	81.4	11.1813187	94.2278287	24.615384
T8PPL1025	1.369532514	22.59840815	135	138	152	161	127	8	1.24223602	107.037037	4.968944
T8PPL1038	1.25315773	22.73871557	136.2	137	151	98	84	90.4	14.9668874	86.2701909	34.569536
T8PPL1036	1.226192842	21.347228	127.8	138	150	100	83	72.6	12.1	92.1361502	29.866666

Tableau 3.4 : Les indicateurs de performance des cellules kitting

116 : Les postes sélectionnés en rouge sous les postes dont la charge dépasse le temps de cycle défini

❖ Pour la chaîne du sous ensemble:

Référence T8PPL	% pénétration	Assemblage S.E	Temps de cycle(sec)	Chaine SE						Σ Temps libre	CPP %	CE %	CDM %
				Poste 5 SE	Poste 6 SE	Poste 7 SE	Poste 8 SE	Poste 9 SE	Poste 10 SE				
T8PPL1070	12.60253754	19.98946259	119.4	62	98	91	84	116	78	187.4	26.925287	73.841429	49.48275
T8PPL1150	11.57503335	20.06683934	120	63	99	91	85	116	78	188	27.011494	73.888889	49.13793
T8PPL1071	5.683914734	20.76348504	124.2	62	97	91	83	116	78	218.2	31.350575	70.71927	53.6206
T8PPL1073	4.283159717	20.91177763	125.4	98	98	91	85	116	78	186.4	26.781609	75.225944	40.86206
T8PPL1151	3.494081916	19.93929914	119.4	64	97	91	84	116	78	186.4	26.781609	73.981016	47.75862
T8PPL1020	3.474213051	22.85695577	136.8	65	100	91	84	116	78	284.4	40.862069	65.05848	61.89655
T8PPL1072	3.464278618	20.04156026	120	61	97	91	83	116	78	194	27.873563	73.055556	50.86206
T8PPL1010	2.964718572	21.48473259	128.4	102	99	91	85	116	78	199.4	28.649425	74.117342	43.44827
T8PPL1079	2.602821379	19.19317706	114.6	63	99	91	86	116	78	156	22.413793	77.515998	44.48275
T8PPL1153	2.388521473	21.08762278	126	99	97	91	85	116	78	190	27.298851	74.867725	41.3793
T8PPL1075	2.384263859	20.00872699	120	101	97	91	84	116	78	153	21.982759	78.75	36.20689
T8PPL1110	2.209701683	22.52924684	135	95	98	91	86	116	78	246	35.344828	69.62963	49.13793
T8PPL1026	2.147256677	23.77927081	142.2	100	97	91	85	116	78	286.2	41.12069	66.455696	55.34482
T8PPL1078	2.019528256	21.10418273	126.6	64	99	91	83	116	78	226.6	32.557471	69.905213	53.96551
T8PPL1074	1.978371321	22.14473797	132.6	100	98	91	84	116	78	228.6	32.844828	71.266968	47.06896
T8PPL1046	1.656211859	25.0028627	150	102	98	91	85	116	78	328	47.126437	63.333333	62.06896
T8PPL1119	1.580994011	22.40170664	134.4	94	98	91	86	116	78	244.4	35.114943	69.816468	48.6206
T8PPL1154	1.561125145	21.70200756	130.2	64	99	91	85	116	78	248.2	35.66092	68.228367	57.06896
T8PPL1021	1.49868014	23.06758069	138	65	100	91	84	116	78	294	42.241379	64.492754	62.93103
T8PPL1044	1.475972865	23.74679596	142.2	120	98	91	87	116	78	263.2	36.555556	69.15143	53.
T8PPL1027	1.466038432	23.98989572	143.4	99	99	91	86	116	78	291.4	41.867816	66.132032	654
T8PPL1040	1.43197752	23.99478232	143.4	61	110	95	104	120	80	290.4	40.333333	66.248257	68.66666
T8PPL1081	1.412108654	21.82954776	130.8	64	100	91	86	116	78	249.8	35.890805	68.170234	57.58620
T8PPL1025	1.369532514	22.59840815	135	98	97	91	84	116	78	246	35.344828	69.62963	49.13793
T8PPL1038	1.25315773	22.73871557	136.2	63	98	91	85	116	78	286.2	41.12069	64.977974	63.10344
T8PPL1036	1.226192842	21.347228	127.8	62	99	91	83	116	78	237.8	34.166667	68.988002	56.72413
T8PPL1155	1.204904771	22.8503312	136.8	62	97	91	85	116	78	291.8	41.925287	64.449318	64.48275

**Tableau 3.5 :** Les indicateurs de performance dans la chaîne du sous ensemble

**116** : Les postes sélectionnés en rouge sous les postes dont la charge dépasse le temps de cycle défini

**N.B:**

*Pour le calcul du coefficient d'efficacité, je me suis basé sur les cadences objectives de la semaine où j'ai chronométré les temps opératoires*

## II.2. Proposition d'amélioration

*L'idée ici c'est de déléguer, respectivement de la gamme de chaque référence, une tâche spécifique à la ligne de préparation (celle-là doit être sans prédécesseurs direct et avoir un temps opératoire inférieur au temps de cycle de la ligne de préparation). Ensuite je vais réaffecter les opérations restantes sur les postes des lignes d'assemblage et procéder à l'équilibrage de cette dernière. Je vais opter pour cela la méthode RPW (Ranked positional weight – ordonnancement des opérations en fonction du poids relatif) connue à la fois par sa simplicité et par la qualité de la solution obtenue.*

*Enfin je vais évaluer les nouveaux équilibrages et dévoiler les gains apportés par la présente amélioration.*

*Rappelons que la méthode RPW se définit comme méthode de résolution des SALBP et le choix des opérations se fait à l'aide d'un critère non seulement basé sur la durée des opérations concernées, mais aussi sur celles de leurs successeurs. L'idée qui sous-tend cet algorithme est la suivante : plus la somme de la durée d'une opération et de successeurs est grande, plus cette opération sera prioritaire pour l'affectation aux stations. L'algorithme cherche donc à 'libérer' des suites d'opérations ayant une durée opératoire totale maximale à chaque itération.*

*L'algorithme de la méthode est donné sur la figure suivante (Cf. Figure 3.6), et son application conduit à l'affectation des opérations comme je présente dans la suite.*

**1. Ordonnancement des opérations :**

*a. Pour chaque opération  $i=1, 2... n$ , calculer  $PW(i)$ , poids relatif à sa position.*

*$PW(i) = t_i + \sum_{k \in S(i)} tk$  ; ( $S(i)$  désigne l'ensemble des successeurs de l'opération  $i$ ).*

*b. Classer les opérations dans l'ordre décroissant des  $PW(i)$ .*

**2. Ouverture d'un poste.**

**3. Affectation des opérations.**

*a. Explorer les opérations dans l'ordre obtenu en 1.b. Pour chaque opération non encore affectée, procéder à l'affectation si (i) la durée de l'opération est inférieure au temps non utilisée du poste et si (ii) tous les prédécesseurs de cette opération ont été affectés.*

*b. Lorsqu'aucune affectation n'est plus possible, alors :*

- o Si toutes les opérations ont été affectées, fin de l'algorithme.*
- o Si certaines opérations restent à affecter, retourner en 2.*

**Figure 3.6 : Algorithme de la méthode RPW**

*Après l'analyse des tableaux (3.4 et 3.5), on peut remarquer que les postes de la chaîne sont soulagés puisque la plupart de ces derniers effectuent des opérations standard lors de toutes les références, contrairement aux cellules de kitting qui sont sensiblement chargées, chose qui peut accroître le taux de perte de productivité dans le sous ensemble.*

**❖ Balancement pour les cellules 2 & 3 :**

*La cellule 3 SE travaille en succession avec la cellule 2 SE, donc les deux cellules se chargent simultanément lors des références suivantes (T8PPL1075/ T8PPL1025/ T8PPL1026/ T8PPL1027/ T8PPL1073/ T8PPL1074/ T8PPL1153/ T8PPL1155/ T8PPL1044/ T8PPL1010), car lors de ces derniers s'ajoute la préparation de deux kits supplémentaires (kit 53, kit6 / kit54, kit 14 / kit3/kit 13) (voir Annexe)(kit selon réf)*

→ Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1073/1153/1026/1074/1027/1025/1155):

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 125 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	161	128	98	98	91	85	116	78
Temps libre	0	0	27	27	34	40	9	47

Remarquons que les cellules 2 et 3 sont sensiblement surchargées, tandis que les postes de la chaîne sont sensiblement sous-chargés, je propose dès lors de déléguer une fraction J1 des opérations (équivalente à 38 secondes) faites par la cellule 2 aux postes de séparation 5 et 6, et déléguer encore une fraction J2 des opérations (équivalente à 6 secondes) faites par la cellule 3 aux postes de bandage 7 et 8.

✚ Balancement pour les Réf (1073/1153/1026/1074/1027/1025/1155):

Postes problématique	Action	Temps
<b>Cellule 2 SE</b>	supprimer l'encliquitage de 4 fils pour kit 53 supprimer l'encliquitage de 4 fils pour kit 7092	-22' -16'
<b>Cellule 3 SE</b>	supprimer cover du con 7095+Bride	-11'
<b>Poste 5</b>	Ajouter l'encliquitage de 4 fils pour kit 53	+22'
<b>Poste 6</b>	ajouter l'encliquitage de 4 fils pour kit 7092	+16'
<b>Poste 7</b>	pas de changement	—
<b>Poste 8</b>	ajouter le cover du con 7095+Bride	+11'
<b>Poste 9</b>	Supprimer 3 lanières+couper ces lanières	-18'
<b>Poste 10</b>	Ajouter 3 lanières+couper ces lanières	+18'

→ Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1010/1075):

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 120 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	135	147	101	97	91	84	116	78
Temps libre	0	0	19	23	29	36	4	42

Remarquons que les cellules 2 et 3, ainsi que le poste 9 sont sensiblement surchargées, tandis que les postes de la chaîne sont sensiblement sous-chargés, je propose dès lors de déléguer une fraction J1 des opérations (équivalente à 20 secondes) faites par la cellule 2 aux postes de séparation 5 et 6, et déléguer encore une fraction J2 des opérations (équivalente à 30 secondes) faites par la cellule 3 aux postes de bandage 7 et 8. Ainsi une fraction J » des opérations (équivalente à 18 secondes) faites par le poste 9 au poste 10

✚ Balancement pour les Réf (1075/1010):

Postes problématique	Action	Temps
Cellule 2 SE	-supprimer l'encliquetage de 2 fils du con 1630 pour kit 54 -supprimer l'encliquetage de 4 fils pour kit 7092	-9' -16'
Cellule 3 SE	-supprimer couver du con 7095+Bride -supprimer mettre CALSA+Bandage	-11' -19'
Poste 5	Ajouter l'encliquetage de 2 fils du con 1630 pour kit 54	+9'
Poste 6	ajouter l'encliquetage de 4 fils pour kit 7092	+16'
Poste 7	Ajouter mettre CALSA+Bandage	+19
Poste 8	ajouter le couver du con 7095+Bride	+11'
Poste 9	Supprimer 3 lanières+couper ces lanières	-18'
Poste 10	Ajouter 3 lanières+couper ces lanières	+18'

➔ Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1044/1046):

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 143 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	149	167	120	98	91	87	116	78
Temps libre	0	0	23	23	45	56	27	65

Remarquons que les cellules 2 et 3, ainsi que le poste 9 sont sensiblement surchargées, tandis que les postes de la chaîne sont sensiblement sous-chargés, je propose dès lors de déléguer une fraction J1 des opérations (équivalente à 10 secondes) faites par la cellule 2 aux postes de séparation 5 et 6, et déléguer encore une fraction J2 des opérations (équivalente à 24

secondes) faites par la cellule 3 aux postes de bandage 7 et 8 .Ainsi une fraction J » des opérations( équivalente à 18secondes) faites par le poste 9 au poste 10

✚ Balancement pour les Réf (1044/1046):

Postes problématique	Action	Temps
Cellule 2 SE	-supprimer l'encliquetage de 2fils du con 1630 pour kit 13 -supprimer l'encliquetage de 4 fils pour kit 7092	-9' -16'
Cellule 3 SE	-supprimer couver du con 7095+Bride -supprimer mettre CALSA+Bandage	-11' -19'
Poste 5	Ajouter l'encliquetage de 2fils du con 1630 pour kit 13	+9'
Poste 6	ajouter l'encliquetage de 4 fils pour kit 7092	+16'
Poste 7	Ajouter mettre CALSA+Bandage	+19
Poste 8	ajouter le couver du con 7095+Bride	+11'
Poste 9	Supprimer 3 lanières+couper ces lanières	-18'
Poste 10	Ajouter 3 lanières+couper ces lanières	+18'

■ Résultat du balancement pour les cellules 2 & 3

➔ Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1073/1153/1026/1074/1027/1025/1155):

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 125 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	123	123	120	109	91	96	98	96
Temps libre	2	2	5	11	34	29	27	29

➔ Gain direct :

Une diminution du temps de cycle de 161s à 123s,  
Donc une augmentation de la capacité de production de **31%**.

➔ Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1010/1075):

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 120 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	110	117	110	113	110	95	98	96
Temps libre	10	3	10	7	10	15	22	24

→ **Gain direct :**

Une diminution du temps de cycle de 147s à 117s,  
Donc une augmentation de la capacité de production de **26%**.

→ **Pour les cellules 2 et 3 SE (Réf 1044/1046):**

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 143 sec/ poste

	Cellule 2	Cellule 3	Poste 5	Poste 6	Poste 7	Poste 8	Poste 9	Poste 10
Charge (sec)	124	137	129	114	110	98	98	96
Temps libre	19	6	14	29	33	45	45	47

→ **Gain direct :**

Une diminution du temps de cycle de 167s à 137s,  
Donc une augmentation de la capacité de production de **22%**.

❖ **Balancement pour la cellule 1 & Tombola 4 :**

D'après les tableaux (3.5 & 3.6), la cellule 1 et la tombola 4 sont sensiblement chargées lors de la majorité des références pris en « High-Runners », D'où la nécessité du balancement des deux cellules considérée. Comme déjà décrits dans le processus d'assemblage, la cellule 1 et la tombola 4 prépare un kit fermé (un kit fini et contrôlé, qui contient une étiquette portant le code de la référence produite)

Un balancement pour les deux cellules semble difficile, puisqu'on ne peut pas déléguer une fraction des opérations faites par ces derniers aux postes de la chaîne, car le kit produit est un kit fermé.

La solution proposée est de créer un poste intermédiaire entre les deux cellules, la personne qu'on va définir pour ce nouveau poste existe déjà dans la définition de la méthode pour une référence intitulé HYBRID.

❖ **Présentation du câblage HYBRID :**

Le câblage HYBRID est le câble qui relie le moteur au tableau de bord pour la voiture T8 du client PEUGEOT, dont le système de fonctionnement est différent.

La voiture T8 HYBRID fonctionne avec un couplage entre diesel et gaz, car lorsque la voiture s'arrête dans un feu rouge le moteur passe de la consommation du diesel au gaz pour but de réduire le degré de pollution.

Cette voiture écologique n'a pas de grand marché dans le monde, mais elle est demandée en Europe.

HYBRID est un câblage dans lequel une grande branche s'ajoute aux références T84, d'où vient la criticité de cette référence au niveau production, par la suite on va analyser l'impact de HYBRID sur la production en série.

■ **Intégration d'HYBRID dans le sous ensemble :**

*Le tableau suivant montre les éléments d'intégration du câblage HYBRID dans chacun des cellules, ainsi que les postes de la chaîne*

Cellule1 SE	Mettre :	DPN	Type
		7022H/7021H	TORSADO
		7032H/7031H	TORSADO
		13755725	Con1760
		15342610	Seal
		10812136	Con1763
		BH37	fil
		CE02	fil
		1927	fil
		1918	fil
		9036A/9037A	TORSADO
		6597	fil
		1948	fil
		1732	fil
		1957	fil
		MC176	fil(spliceEM46)

Cellule2 SE	DPN	Type
	10820158	Con1916
	1707	fil
	13736181	Con1534
	MC1916	fil(spliceEM10C)
	12198198	Seal
	MC153	fil(spliceEM10C)
	13817864	1919H
	9037B/9036B	TORSADO
	1051	fil
	9000Q/9001Q	TORSADO
	9A03E/9A02E	fil
	9069	fil
	9070	fil
	7309H	fil
	1046	fil
	1047	fil

Cellule3 SE	DPN	Type
	13651456	Con70A7
	M4528005	GLSR-5
	7075	fil
	7076	fil
	7077	fil
	10846783	Con1919F
	7842E	fil(splice)
	10889624	Con1917
	1951	
	1952	
	1953	
	1950	
	D207	
	1949	
	1955	
	1954	
	1958	

**1919H** | 1 2 3 4 | **NR**

**1919F** | 1 0 8 4 6 7 8 3 | **NR**

**NB** les longueurs des fils de con1660 changer → 1660H

<b>Poste 4( Tombola)</b>	
<b>Poste5</b>	<p><b>Mettre kit 1-Hybrid+ mettre les tubes aux branches</b></p>
<b>Poste6</b>	<p><b>Hybrid:</b></p> <p>Separer E902/E903 et encliquetter le reste:5fils</p> <p>Separer 1919H + Encliquettage de 2 fils</p> <p>Separer 1917/1919F</p>
<b>Poste7</b>	<p><b>Hybrid:</b></p> <p>Separer kit 1-Hybrid</p> <p>Separer Em46B/A</p> <p>Separer 1763/1760</p> <p>Encliquetter 8 Fils+separation des fils au Macdo kit 53</p>
<b>Poste8</b>	<p><b>Hybrid:</b></p> <p>Fermer securité et Mettre les couvreurs aux connecteurs 1919F/1919H bander en continu la branche avec TNA</p> <p>Fixer GTRE 1919F et realiser Nœud et continuer bandage du branche</p> <p>Mettre Capôt au connecteur 1760</p> <p>Bander encontinu la branche 1760 avec TNA et realiser nœud</p> <p>Bander en continu la branche avec TNA</p> <p>Bander encontinu la branche 1763 avec TNA et realiser nœud</p> <p>Mettre( NTSA) L=160</p>
<b>Poste9</b>	<p><b>Hybrid:</b></p> <p>Mettre tube GAFAB L=140</p> <p>Bander en continu la branche avec TNA</p> <p>Mettre GTRAF L=820 au branche</p>
<b>Poste10</b>	<p><b>Hybrid:</b></p> <p>Mettre les lanières</p> <p><b>Ajout de mettre les lanières</b></p> <p>Couper les lanières</p> <p><b>Ajout deCouper les lanières +les frettes</b></p>

Tableau 3.6 : Elément d'intégration d'HYBRID

■ Impact d'HYBRID sur la capacité du sous ensemble :

Le tableau suivant montre le temps de cycle réel des différents postes du sous ensemble en production de la référence HYBID

<b>Project:</b> T8								
<b>Family:</b> Main								
<b>Line / Cell:</b>	25							
<b>After</b>								
ATT	174"	After Date:	2010-12-20					
TT	180"							
Workstation	Element Time	Cycle Time	Walking	Waiting (TKT)	TT	ATT	Max	Min
Cell 01 SE	161"	163"	2"	0"	180"	174"		
Cell 02 SE	169"	171"	2"	0"	180"	174"		
Cell 03 SE	166"	168"	2"	0"	180"	174"		
Post 04SE	164"	166"	2"	0"	180"	174"		
Post 05SE	224"	226"	2"	0"	180"	174"		
Post 06 SE	255"	257"	2"	0"	180"	174"		
Post 07SE	268"	270"	2"	0"	180"	174"		
Post 08SE	229"	231"	2"	0"	180"	174"		
Post 09SE	174"	176"	2"	0"	180"	174"		
Post 10SE	141"	143"	2"	0"	180"	174"		

\*le temps de cycle défini pour cette référence est 180s/poste

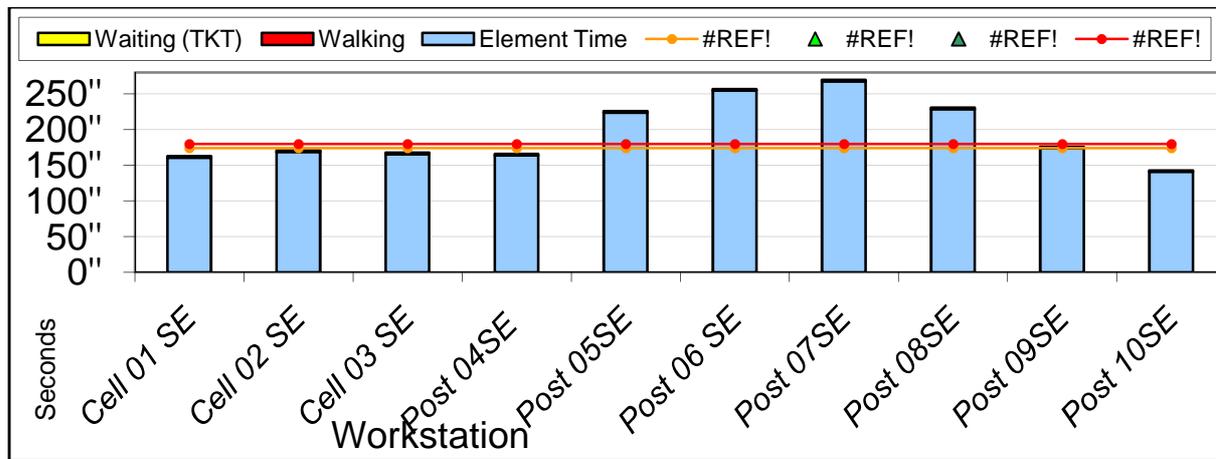


Figure 3.7 : Répartition des charges sur les postes du SE

→ Remarquons que les postes de séparation 5 & 6 et les postes de bandage 7 & 8 sont sensiblement chargés, d'où la nécessité d'ajouter un poste supplémentaire dans la chaîne ainsi de déléguer quelques fractions d'opérations sur les postes soulagés selon le plan d'action suivant :

Poste Problématique	Actions
Poste04	Ajout de mettre les tube 7010/7015 avec les fixations sur les tubes

Poste05	Suppression de séparer kit con1919F
Poste 06	Suppression de séparer kit con1760 et ajout de séparer kit con1919F
Poste 07NEW	Ajout poste : Séparer kit con 1760+Mettre les cover1919H/1919F/1760+Bandage continu
Poste 07	Suppression Mettre les cover1919H/1919F/1760+bandage continu+ajout bandage
Poste 08	Suppression bandage continu
poste09	Suppression de couper les lanières
poste10	Ajout de mettre les lanières

Le nouveau balancement pour la référence HYBRID et la répartition des charges :

Actual			
ATT		After Date:	2010-04-15
TT	126.35		

Workstation	Element Time	Cycle Time	Walking	Waiting (TKT)	TT	ATT	Max	Min
Cell 01 SE	161"	163"	2"	0"	180"	174"		
Cell 02 SE	169"	171"	2"	0"	180"	174"		
Cell 03 SE	166"	168"	2"	0"	180"	174"		
Post 04SE	170"	166"	-4"	0"	180"	174"		
Post 05SE	170"	172"	2"	0"	180"	174"		
Post 06 SE	170"	168"	-2"	0"	180"	174"		
Post 07SE	170"	172"	2"	0"	180"	174"		
Post 07newSE	170"	172"	2"	0"	180"	174"		
Post 08SE	172"	174"	2"	0"	180"	174"		
Post 9SE	174"	176"	2"	0"	180"	174"		
Post 10SE	170"	172"	2"	0"	180"	174"		

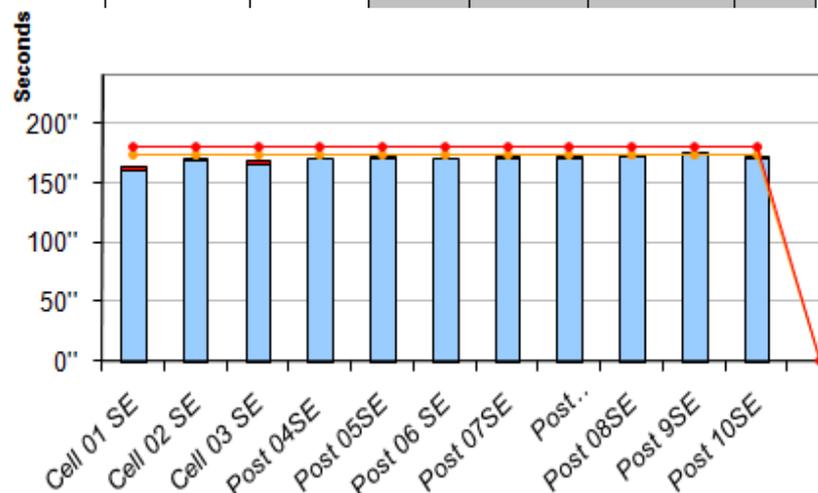


Figure 3.8 : Nouvelle répartition des charges sur les postes du SE

Le nouveau poste défini lors de la référence HYBRID va nous servir pour résoudre les problèmes des cellules chargés lors des autres références produite en série.

Lors de la production de la référence HYBRID le nouveau poste est défini sur la chaîne car ce sont les postes de séparation qui se montrent les plus chargés, mais lors des autres références produites en série, l'opérateur va occuper le nouveau poste intermédiaire entre la cellule 1 et la tombola 4 selon le plan d'action suivant :

	Cellule 1	Tombola 4
Charge (sec)	138	180
Temps libre	0	0

<u>Poste Problématique</u>	<u>Actions</u>	<u>Temps</u>
Cell 01 SE	Supprimer les fixations au Con 7010 et 7015 Supprimer mettre les tubes+ Bandage en continu	-43'
NEW Poste	Ajout poste : mettre les fixations au Con 7010 et 7015 mettre les tubes+ Bandage en continu Prendre le kit 1 et séparer la branche CON 7010 Mettre 4 brides + Couper les brides	+ 106'
Tombola 04 SE	Supprimer la séparation de la branche CON 7010 Supprimer Mettre 4 brides + Couper le brides	-63'

→ Résultat de balancement pour les cellules 1 et Tombola 4 SE :

\*Le temps de cycle définie pour ces références est 120 sec/ poste

	Cellule 1	New Poste	Tombola 4
Charge (sec)	95	106	117
Temps libre	25	14	3

→ Gain direct :

Une diminution du temps de cycle de 180s à 117s,  
Donc une augmentation de la capacité de production de **53%**.

II.3. Evaluation de l'équilibrage de l'état amélioré :

Les nouveaux indicateurs de performance pour évaluer l'équilibrage de l'état amélioré

❖ Pour les Cellules de kitting :

## Cellules de kitting SE

Customer Calenda	% pénétrati	ASS S.E	Temps de cycle(sec)	cellule 1 SE	New Poste	Tombola 4 SE	cellule 2 SE	cellule 3 SE	Temps libre	CPP %	CE %	CDM %
T8PPL1070	12.602538	19.989463	108.4	94	103	104	97	85	114	0.2192308	102.19933	33.0769
T8PPL1150	11.575033	20.066839	118	95	106	117	98	84	100	0.1709402	110.875	30.76
T8PPL1071	5.6839147	20.763485	116.2	93	107	101	96	85	139	0.2598131	103.2029	36.635514
T8PPL1073	4.2831597	20.911778	123.8	94	106	105	123	123	76	0.1235772	120.63317	25.52
T8PPL1151	3.4940819	19.939299	118.4	95	107	116	97	86	94	0.159322	115.59631	28.3
T8PPL1020	3.4742131	22.856956	126.8	95	106	117	98	87	181	0.3094017	95.805556	42.56
T8PPL1072	3.4642786	20.04156	114	95	105	118	96	84	102	0.1728814	102.625	30.508475
T8PPL1010	2.9647186	21.484733	120.4	93	106	99	110	117	117	0.2	109.10436	30.25641
T8PPL1079	2.6028214	19.193177	106.6	93	103	100	97	84	96	0.1864078	99.150087	29.708738
T8PPL1153	2.3885215	21.087623	125	95	106	120	124	122	63	0.1016129	124.84921	25
T8PPL1075	2.3842639	20.008727	116	92	102	100	110	116	80	0.137931	112.83333	24.137931
T8PPL1110	2.2097017	22.529247	132	96	106	119	131	125	98	0.1496183	114.44444	29.770992
T8PPL1026	2.1472567	23.779271	132.2	96	107	105	123	123	157	0.2552846	104.91421	37.560976
T8PPL1078	2.0195283	21.104183	126.6	95	106	106	98	84	144	0.2716981	97.009479	40.188679
T8PPL1074	1.9783713	22.144738	132.6	96	106	107	123	123	108	0.1756098	116.91704	29.756098
T8PPL1046	1.6562119	25.002863	138.5	107	108	110	124	137	164	0.2394161	102.83333	31.386861
T8PPL1119	1.580994	22.401707	132.8	95	106	117	131	125	98	0.1496183	108.91071	30.076336
T8PPL1154	1.5611251	21.702008	122.2	95	106	117	99	85	78.6	0.134359	97.046083	38.632479
T8PPL1021	1.4986801	23.067581	129	96	107	105	98	87	91	0.1700935	92.050725	47.663551
T8PPL1044	1.4759729	23.746796	138.2	96	106	107	125	136	2.2	0.0032353	113.41913	33.970588
T8PPL1027	1.4660384	23.989896	136.4	96	106	104	123	123	23.8	0.0386992	106.41841	38.536585
T8PPL1040	1.4319775	23.994782	134.4	104	108	105	98	86	102.8	0.1903704	94.820084	53.148148
T8PPL1081	1.4121087	21.829548	125.8	92	105	118	99	86	81.4	0.1379661	98.227829	37.966102
T8PPL1025	1.3695325	22.598408	126	95	106	104	123	122	8	0.0130081	111.03704	32.520325
T8PPL1038	1.2531577	22.738716	126.2	96	106	105	98	84	90.4	0.170566	96.270191	49.245283
T8PPL1036	1.2261928	21.347228	118.8	95	106	106	100	83	72.6	0.1369811	100.13615	42.264151
T8PPL1155	1.2049048	22.850331	126.8	93	104	119	124	123	15.6	0.0251613	121.83187	4.3093923

Tableau 3.7 : Les indicateurs de performance des cellules kitting après amélioration

❖ Pour les postes de la chaîne SE :

Chaine SE													
Customer Calenda	% pénétrat	ASS S.E	Temps de cycle(sec)	Poste 5 SE	Poste 6 SE	Poste 7 SE	Poste 8 SE	Poste 9 SE	Poste 10 SE	ΣTemps libre	CPP %	CE %	CDM %
T8PPL1070	12.602538	19.989463	108.4	62	98	91	84	98	96	187.4	0.3187075	73.841429	58.571429
T8PPL1150	11.575033	20.066839	118	63	99	91	85	98	96	188	0.3164983	73.888889	57.575758
T8PPL1071	5.6839147	20.763485	116.2	62	97	91	83	98	96	218.2	0.3710884	70.71927	63.469388
T8PPL1073	4.2831597	20.911778	123.8	120	109	91	96	98	96	142.4	0.1977778	81.073897	28.666667
T8PPL1151	3.4940819	19.939299	118.4	64	97	91	84	98	96	186.4	0.3170068	73.981016	56.530612
T8PPL1020	3.4742131	22.856956	126.8	65	100	91	84	98	96	286.8	0.478	65.05848	71.8
T8PPL1072	3.4642786	20.04156	114	61	97	91	83	98	96	194	0.329932	73.055556	60.204082
T8PPL1010	2.9647186	21.484733	120.4	110	113	110	95	98	96	148.4	0.2188791	80.737279	29.557522
T8PPL1079	2.6028214	19.193177	106.6	63	99	91	86	98	96	154.6	0.2602694	77.515998	52.121212
T8PPL1153	2.3885215	21.087623	125	121	108	91	97	99	97	143	0.1969697	81.084656	28.925621
T8PPL1075	2.3842639	20.008727	116	110	114	110	95	99	96	96	0.1403509	86.666667	21.929825
T8PPL1110	2.2097017	22.529247	132	95	98	91	86	99	96	245	0.4124579	69.753086	49.494949
T8PPL1026	2.1472567	23.779271	132.2	120	110	91	96	98	96	242.2	0.3363889	71.612752	42.666667
T8PPL1078	2.0195283	21.104183	126.6	64	99	91	83	98	96	228.6	0.3848485	69.905213	63.232323
T8PPL1074	1.9783713	22.144738	132.6	120	109	91	97	98	96	184.6	0.2563889	76.797386	34.666667
T8PPL1046	1.6562119	25.002863	138.5	129	114	110	98	98	96	255	0.3294574	71.666667	41.860465
T8PPL1119	1.580994	22.401707	132.8	94	98	91	86	98	96	243.4	0.4139456	69.816468	49.387755
T8PPL1154	1.5611251	21.702008	122.2	64	99	91	85	98	96	248.2	0.4178451	68.228367	66.868687
T8PPL1021	1.4986801	23.067581	129	65	100	91	84	98	96	294	0.49	64.492754	73
T8PPL1044	1.4759729	23.746796	138.2	128	113	110	98	98	96	210.2	0.2736979	75.363338	36.09375
T8PPL1027	1.4660384	23.989896	136.4	121	109	91	98	97	97	247.4	0.3407713	71.245932	43.305785
T8PPL1040	1.4319775	23.994782	134.4	61	110	95	104	102	100	288.4	0.4369697	66.480707	79.230769
T8PPL1081	1.4121087	21.829548	125.8	64	100	91	86	98	96	249.8	0.4163333	68.170234	66.8
T8PPL1025	1.3695325	22.598408	126	121	110	91	96	98	97	197	0.2713499	75.679012	36.363636
T8PPL1038	1.2531577	22.738716	126.2	63	98	91	85	98	97	285.2	0.485034	65.100343	74.693878
T8PPL1036	1.2261928	21.347228	118.8	62	99	91	83	98	97	236.8	0.3986532	69.118414	66.464646
T8PPL1155	1.2049048	22.850331	126.8	120	109	91	96	98	98	208.8	0.29	74.561404	64.482759

Tableau 3.7 : Les indicateurs de performance des postes de la chaine après amélioration

## II.4. Gains apportés

Outre que le gain chiffrable représenté par l'augmentation de la capacité de production issue de la minimisation du temps de cycle d'obtention de chacune des références

Un gain qualitatif peut être mis en œuvre, il s'agit d'une part de rendre linéaire le flux de matière et d'autre part de rendre plus tendu ce flux (Minimisation des en-cours entre postes de travail).

Customer Calendar	Cellules de Kitting SE (Before)			Cellules de Kitting SE (After)		
	CPP %	CE %	CDM %	CPP %	CE %	CDM %
T8PPL1070	9.466666667	98.19932998	22.93333333	0.219230769	102.19933	33.0769
T8PPL1150	8.055555556	101.875	20	0.170940171	110.875	30.76
T8PPL1071	11.1589404	94.20289855	25.9602649	0.259813084	103.2028986	36.63551402
T8PPL1073	0	114.6331738	0	0.123577236	120.6331738	25.52
T8PPL1151	7.75	102.5963149	18.55555556	0.159322034	115.5963149	28.3
T8PPL1020	14.57236842	86.80555556	32.76315789	0.309401709	95.80555556	42.56
T8PPL1072	10.48951049	95.625	25.17482517	0.172881356	102.625	30.50847458
T8PPL1010	4.326241135	99.10436137	17.30496454	0.2	109.1043614	30.25641026
T8PPL1079	4.964788732	93.15008726	21.54929577	0.186407767	99.15008726	29.70873786
T8PPL1153	0	118.8492063	0	0.101612903	124.8492063	25
T8PPL1075	3.014184397	105.8333333	12.05673759	0.137931034	112.8333333	24.13793103
T8PPL1110	3.159340659	104.4444444	5.494505495	0.149618321	114.4444444	29.77099237
T8PPL1026	3.15625	100.9142053	8.875	0.255284553	104.9142053	37.56097561
T8PPL1078	11.71052632	93.00947867	28.02631579	0.271698113	97.00947867	40.18867925
T8PPL1074	0.559006211	109.9170437	2.236024845	0.175609756	116.9170437	29.75609756
T8PPL1046	5.505952381	96.83333333	11.9047619	0.239416058	102.8333333	31.38686131
T8PPL1119	2.912087912	104.9107143	5.164835165	0.149618321	108.9107143	30.07633588
T8PPL1154	10.73770492	95.04608295	24.69945355	0.134358974	97.04608295	38.63247863
T8PPL1021	14.96710526	86.05072464	33.55263158	0.170093458	92.05072464	47.6635514
T8PPL1044	0.329341317	107.419128	1.317365269	0.003235294	113.419128	33.97058824
T8PPL1027	3.650306748	100.41841	10.67484663	0.038699187	106.41841	38.53658537
T8PPL1040	15.38922156	86.82008368	34.37125749	0.19037037	94.82008368	53.14814815
T8PPL1081	11.18131868	94.22782875	24.61538462	0.137966102	98.22782875	37.96610169
T8PPL1025	1.242236025	107.037037	4.968944099	0.01300813	111.037037	32.5203252
T8PPL1038	14.96688742	86.2701909	34.56953642	0.170566038	96.2701909	49.24528302
T8PPL1036	12.1	92.13615023	29.86666667	0.136981132	100.1361502	42.26415094
T8PPL1155	2.154696133	109.8318713	4.309392265	0.02516129	121.8318713	4.309392265

Tableau 3.8 : Comparaison des indicateurs de performance des cellules de kitting

Customer Calendar	chaîne SE ( Before)			chaîne SE ( After)		
	CPP %	CE %	CDM %	CPP %	CE %	CDM %
T8PPL1070	26.92528736	73.84142937	49.48275862	0.318707483	73.84142937	58.57142857
T8PPL1150	27.01149425	73.88888889	49.13793103	0.316498316	73.88888889	57.57575758
T8PPL1071	31.35057471	70.71926999	53.62068966	0.371088435	70.71926999	63.46938776
T8PPL1073	26.7816092	75.22594365	40.86206897	0.197777778	81.07389686	28.66666667
T8PPL1151	26.7816092	73.98101619	47.75862069	0.317006803	73.98101619	56.53061224
T8PPL1020	40.86206897	65.05847953	61.89655172	0.478	65.05847953	71.8
T8PPL1072	27.87356322	73.05555556	50.86206897	0.329931973	73.05555556	60.20408163
T8PPL1010	28.64942529	74.11734164	43.44827586	0.218879056	80.73727934	29.55752212
T8PPL1079	22.4137931	77.51599767	44.48275862	0.26026936	77.51599767	52.12121212
T8PPL1153	27.29885057	74.86772487	41.37931034	0.196969697	81.08465608	28.92561983
T8PPL1075	21.98275862	78.75	36.20689655	0.140350877	86.66666667	21.92982456
T8PPL1110	35.34482759	69.62962963	49.13793103	0.412457912	69.75308642	49.49494949
T8PPL1026	41.12068966	66.4556962	55.34482759	0.336388889	71.61275199	42.66666667
T8PPL1078	32.55747126	69.90521327	53.96551724	0.384848485	69.90521327	63.23232323
T8PPL1074	32.84482759	71.26696833	47.06896552	0.256388889	76.79738562	34.66666667
T8PPL1046	47.12643678	63.33333333	62.06896552	0.329457364	71.66666667	41.86046512
T8PPL1119	35.11494253	69.81646825	48.62068966	0.413945578	69.81646825	49.3877551
T8PPL1154	35.66091954	68.22836662	57.06896552	0.417845118	68.22836662	66.86868687
T8PPL1021	42.24137931	64.49275362	62.93103448	0.49	64.49275362	73
T8PPL1044	36.55555556	69.15142991	53.5	0.273697917	75.36333802	36.09375
T8PPL1027	41.86781609	66.13203161	6540	0.34077135	71.24593212	43.30578512
T8PPL1040	40.33333333	66.24825662	68.66666667	0.436969697	66.48070665	79.23076923
T8PPL1081	35.8908046	68.17023445	57.5862069	0.416333333	68.17023445	66.8
T8PPL1025	35.34482759	69.62962963	49.13793103	0.271349862	75.67901235	36.36363636
T8PPL1038	41.12068966	64.97797357	63.10344828	0.485034014	65.10034263	74.69387755
T8PPL1036	34.16666667	68.98800209	56.72413793	0.398653199	69.11841419	66.46464646
T8PPL1155	41.92528736	64.44931774	64.48275862	0.29	74.56140351	64.48275862

Tableau 3.8 : Comparaison des indicateurs de performance des postes de la chaîne

**Conclusion :**

		Cellules de kitting SE			Chaine du SE		
		Avant amélioration	Après amélioration	Evolution	Avant amélioration	Après Amélioration	Evolution
<b>Evaluation de l'équilibrage</b>	<b>Coefficient perte de Productivité</b>	<b>6.94%</b>	<b>0.16%</b>	<b>-6.78%</b>	<b>33.96%</b>	<b>0.33%</b>	<b>-33.63%</b>
	<b>Coefficient d'efficacité</b>	<b>99.5%</b>	<b>106.41%</b>	<b>+ 6.91%</b>	<b>70.07%</b>	<b>73%</b>	<b>+ 2.93%</b>
	<b>Coefficient de Déviation maximale</b>	<b>17.04%</b>	<b>33.83%</b>	<b>+ 16.79</b>	<b>53.1%</b>	<b>55.6%</b>	<b>+ 2.5%</b>
<b>Capacité de Production</b>	<b>22 câble/heure</b>	<b>30 câble/heure</b>	<b>+ 31%</b>	<b>20 câble/heure</b>	<b>30.76 câble/heure</b>	<b>+ 53%</b>	

**Tableau 3.9 : Gain apporté par l'équilibrage des lignes de Production**

*L'équilibrage des lignes de Production du sous ensemble et l'application des règles de bon sens m'ont permis des améliorations considérables de productivité.*

*Je recommande ainsi de réévaluer l'équilibrage des lignes dédiées aux autres Procédés et de suivre la même démarche afin d'étendre les profits apportés par le déploiement de cet outil du lean manufacturing en interne des lignes d'assemblage.*

# DEUXIEME PARTIE



Mise en place d'un flux tiré  
Pour les activités coupe et  
Production



CHAPITRE 4

---

# Définition de la problématique & Préparation du terrain

*Avant d'entamer la mise en place d'un flux tiré entre  
Les activités coupe-Production, une présentation de la  
Problématique permet d'appréhender les différentes  
Facettes de la situation actuelle et de préparer le  
Terrain pour une implantation à la fois commode et  
Efficace des flux.*

## **I. Définition du problème :**

*La définition du problème est la première étape à franchir vers une bonne résolution. Je Procède à une formalisation du problème, suivie par un diagnostic de l'état actuel. C'est ce qui me permettra de cibler mes champs d'actions.*

## I.1. Formalisation du problème :

Le problème sera d'autant mieux défini si on peut le chiffrer à l'aide d'indicateurs qui le Synthétisent. Une méthode couramment utilisée pour définir le problème est le QQQQPC

Ce qui signifie *Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Pourquoi ? Comment ?*

Le fait de répondre à ces questions permet de cerner le problème et de le formaliser (Cf. Tableau4.1)

<b>Quoi ?</b>	<p><b>De quoi s'agit-il ?</b> Mode d'approvisionnement inefficace et gestion des encours non maîtrisable.</p> <p><b>Pour quel produit ?</b> Tout les fils à grande consommation</p>
<b>Qui ?</b>	<p><b>Qui est concerné?</b> Les approvisionneurs des lignes de Production, la logistique, l'ingénierie et la Coupe.</p>
<b>Où ?</b>	Entre les différentes unités de coupe et Production de l'entreprise
<b>Quand ?</b>	Au moment de mon arrivée
<b>Pourquoi ?</b>	La non-prise en compte du besoin réel des clients internes → Espace énorme occupé par les encours <b>ou</b> Ruptures répétitives des stocks d'encours
<b>Comment ?</b>	Le problème se manifeste par un grand budget modélisé par les frais d'approvisionnement, de stockage et encore des arrêts imprévus de production

Tableau4.1 : Le QQQQPC

## II. Diagnostic de l'existant

Après avoir répondu aux six questions QQQQPC et après avoir eu une idée générale sur notre problématique, je vais élaborer un diagnostic de l'existant. Ce diagnostic permet après une analyse, de dégager les différents écarts entre la situation actuelle et les objectifs à atteindre.

### II.1. Description de la situation actuelle :

La gestion actuelle de la production se base sur une planification inspirée d'un mode de gestion sous un flux poussé, qui ne prend pas en compte la demande effective des centres de

production. Autrement, la quantité à produire et le moment de production ne sont pas déterminés par le besoin réel de l'unité de production située en aval.

Ainsi, l'unité autonome de « coupe » et les lignes de préparation continuent à alimenter un stock d'encours en se basant seulement sur la demande prévisionnelle des lignes de production.

De ce fait, la quantité des encours ainsi générés entre les unités de production est :

- Soit surdimensionnée par un coefficient de sécurité très important donc il y a un surstock Générant la perte d'espace et des immobilisations financières énormes.
- Soit sous dimensionnée et par la suite il y a un risque de rupture de stock et l'arrêt de la Production.



Figure 4.1: stock de coupe surdimensionné



Figure 4.2: stock de coupe sous dimensionné



Figure 4.3: stock de préparation surdimensionné



Figure 4.4: stock de préparation sous dimensionné

## II.2. L'objectif à atteindre :

L'objectif de ce chapitre consiste alors à remédier aux problèmes cités auparavant en mettant en place un flux tiré entre les unités de production, et ceci à travers une gestion adéquate des

encours. Mais avant d'entamer le recueil des données et leur analyse, il vaut mieux fixer et concrétiser d'avantage nos objectifs à travers une bonne appréhension des différentes facettes de la philosophie Juste à Temps.

### **III. Introduction à la philosophie du Juste à Temps**

Les techniques de planification de la production du type MRP appartiennent à la famille dite de production à flux poussés qui anticipe la demande de composants par une programmation prévisionnelle s'appuyant sur un échéancier de livraison de produits finis. Dans les années soixante-dix est apparue une philosophie diamétralement opposée, reposant sur une logique dite de production à flux tirés dans laquelle la production d'un composant est déclenchée par la demande effective des centres de production, au lieu de l'être par la demande révisionnelle de ces centres.

La production juste-à-temps (connue sous son sigle JAT) se fonde sur cette seconde approche et résout à la fois des problèmes de planification et d'ordonnancement. Elle constitue une alternative intéressante aux techniques de MRP pour certains types de production. On parle encore, dans la littérature spécialisée, d'appel par l'aval ou encore de production à flux tendus.

Depuis quelques années, on parle également d'approvisionnement synchrone pour désigner un approvisionnement à flux tirés dans lequel le délai qui sépare l'ordre d'approvisionnement, de la livraison, est très court (rarement plus de quelques heures). La brièveté de ce délai oblige le fournisseur à une organisation logistique contraignante.

Lorsque l'approvisionnement porte sur des composants ou de modules interchangeables ou sur des composants optionnels, pour introduire de la variété dans une production de masse, le fournisseur peut être amené à pratiquer un assemblage à la commande pour respecter la contrainte de délai. Si les composants sont directement utilisés sur une ligne d'assemblage, le fournisseur peut être tenu en outre de livrer ces articles en bord de chaîne dans un ordre prédéterminé lié à la «personnalisation» des produits qui «défilent» devant le poste consommateur de ces articles (cas du câblage, par exemple); on parle alors d'encyclage.

La brièveté du délai imparti au fournisseur peut l'obliger à s'implanter près du client, pour des raisons de compatibilité du temps de transport avec ce délai.

Pour faire appel à cette approche de Juste-à-Temps, deux conditions doivent être réunies:

- Il faut d'abord que l'on ait affaire à une production de masse visant à satisfaire des demandes relativement stables.
- Il faut ensuite que le «contexte de production» soit conforme à la philosophie du JAT.

La première remarque exclut du champ d'application un certain nombre d'entreprises et explique l'échec de certaines d'entre elles qui ont voulu «passer au juste à temps» pour «suivre une mode». Cela étant, un certain nombre de principes du JAT sont utilisables avec profit par toutes les entreprises.

La seconde condition est plus complexe. Elle s'appuie sur une certaine vision du rôle joué par les stocks et la main d'œuvre. Techniquement, le JAT utilise, tout comme la MRP, un Plan Directeur de Production. C'est au niveau du système d'informations, connu sous le nom de système KANBAN, que le JAT semble se différencier le plus des autres systèmes (en grande partie parce qu'il semble aller à contre-courant de l'informatisation croissante observée des systèmes d'information occidentaux), mais cette différence apparente ne doit pas faire oublier qu'un système d'information n'est qu'un sous-ensemble d'un système de gestion.

## III.1. L'environnement de production du JAT :

*Ce n'est sans doute pas un hasard si la philosophie du JAT est apparue au Japon. En effet, elle vise fondamentalement à éliminer toutes les sources de gaspillage dans la production, en fournissant le bon composant au bon endroit et au bon moment. Cette hantise du gaspillage des Japonais s'explique par l'exiguïté de l'espace disponible au Japon et l'absence quasi complète de ressources minières ou énergétiques.*

*Il s'ensuit que tout ce qui ne contribue pas directement à la valeur d'un produit est considéré comme du gaspillage. Dans cette perspective, le stock est à bannir puisqu'il ne génère pas de valeur ajoutée. Le non-respect des spécifications d'une fabrication est également à prohiber puisqu'il se traduit par un rebut ou par des procédures de rectification des défauts constatés qui ne contribuent pas non plus à la création d'une valeur ajoutée.*

*Enfin, les équipements productifs doivent être maintenus en état de marche par une maintenance préventive pour éviter non seulement les pertes de temps et de matières consécutives à des pannes mais également la constitution de stocks de sécurité pour pallier les conséquences de cette source de perturbations.*

*La notion de gaspillage ne s'arrête pas aux produits et aux équipements. Elle vise également la bonne utilisation des ressources humaines. On doit alors considérer comme gaspillage toute sous utilisation du potentiel des travailleurs. De par leur qualification polyvalente (capacité à travailler sur des machines fortes différentes) et leur haut niveau (capacité à accomplir non seulement des tâches simples mais aussi des tâches complexes, comme les réglages), les travailleurs sont à même d'assumer la responsabilité qui leur incombe: fournir à temps les composants requis. Il s'ensuit notamment qu'en cas d'incidents, on assistera à une mobilisation collective pour résoudre les problèmes ponctuels posés.*

*Sur le moyen terme, cette «philosophie» conduit à impliquer fortement les travailleurs dans la recherche permanente d'une amélioration des processus de fabrication et cela, à travers des systèmes participatifs divers (cercles de qualité, systèmes de suggestion...).*

*Une dernière caractéristique japonaise explique l'émergence du JAT dans ce pays.*

*Historiquement, les industries européennes et nord-américaines ont défini leurs gammes de production dans une optique de production de masse (tendance encore très largement observable de nos jours). Elle s'expliquait à l'origine par le fait que l'on était fondamentalement en présence de marchés «offreurs», c'est-à-dire dans lesquels la demande solvable devait s'adapter à une offre relativement peu variée. Dans ce contexte, le bureau des méthodes (qui définit les gammes de fabrication et d'assemblage) ne prête qu'une attention très limitée au temps de préparation préalable au lancement d'une série en production parce qu'il considère que les temps de préparation devant être répartis sur des lots importants, il vaut mieux se focaliser sur les temps unitaires de production pour baisser les coûts.*

## III.2. Le plan directeur de production du JAT :

*A la base du JAT, se trouve un Plan Directeur de Production (PDP). A la différence du PDP établi pour la MRP, le PDP du JAT est établi sur un horizon prévisionnel ne dépassant pas*

habituellement trois mois. Ce délai est le plus souvent très inférieur au cycle de fabrication mais la relative stabilité du PDP et la souplesse de l'environnement du JAT lui permet de fonctionner dans des conditions satisfaisantes.

La production mensuelle de chaque référence est divisée par le nombre de jours ouvrables du mois. Ces productions journalières correspondent à un objectif duquel il convient de ne pas s'écarter et qui permet de limiter au maximum les stocks. Dans la mesure du possible, cette production journalière sera fragmentée en lots de production qui seront panachés pour constituer une séquence répétitive de production.

Il est peu probable que la charge de travail qui découle de l'application de ce PDP corresponde exactement aux capacités disponibles. Si la charge de travail désirée est inférieure au potentiel disponible, le temps excédentaire sera utilisé pour la maintenance ou pour réfléchir en groupe aux améliorations possibles des processus de production (cercles de qualité). En aucun cas, cet excédent n'est utilisé pour fabriquer une production destinée à être stockée. Dans le cas inverse, il est fait appel aux heures supplémentaires ou à des ressources d'autres ateliers (ce que permet la polyvalence des travailleurs).

Le PDP est habituellement recalculé tous les mois ainsi que l'incidence de cette actualisation sur la gestion des flux.

## **IV. Recueil des données**

Le recueil des informations, que j'effectue, n'est pas aléatoire mais plutôt orienté par un nombre de réunions de brainstorming. Le brainstorming permet à chacun de s'exprimer sans jugement, ni classement sur le projet ouvert. Le résultat est une banque d'informations qui pourra ensuite être utilisée pour la résolution du problème. Le principe est la création d'idées nouvelles par la friction des idées entre elles : le « synergie du groupe »

Cette méthode est très utile dans notre situation pour éviter que le groupe connaisse un problème relationnel après le changement et afin d'augmenter la motivation des personnes impliquées. Ceci tout en atteignant notre objectif qui est la collecte d'informations des différentes personnes concernées par le projet.

### **IV.1. Les documents à réunir :**

Un problème de mise en place d'un flux tiré est un problème complexe qui nécessite un grand nombre de données. Les informations nécessaires sont souvent dispersées et la première étape consiste à réunir l'ensemble des informations.

Voici les éléments nécessaires :

- \_ Le Plan Industriel et Commercial du projet T8 Principale(Annexe) ;
- \_ Les nomenclatures du câblage ;
- \_ Les gammes de fabrication du câblage ;
- \_ Le bilan global des fils pour le Projet T8PPL ;
- \_ Les Temps de Production des câblages « High-Runners » (Annexe)
- \_ Les capacités de production des machines de coupe et Préparation ;

Cela va me permettre de comprendre les différentes contraintes relatives à mon projet.

## **V. Classification des références**

### **V.1. Mise en situation :**

*Les machines de coupe fournissent en permanence à l'unité de production autonome T8 Principale dont le client final est PEUGEOT.*

*Vu qu'on a une grande variété de références, avec une demande client énormément dispersée et vu que la mise en place d'un flux tiré nécessite en premier lieu moins de variétés et une demande stable et relativement élevée, alors on ne peut pas appliquer un flux tiré sur toutes les références.*

*Une première idée consiste à choisir parmi toutes les références celles qu'on va prendre en compte pour la mise en place du flux tiré.*

*Pour que ce choix soit consistant, il doit tenir en compte toutes les références dont la quantité à produire représente, durant l'horizon de production limité par le Plan Industriel et Commercial, au moins 80% de la production total.*

*De ce fait, il faut obligatoirement procéder à une classification des références en prenant en considération la demande mensuelle fixée par le client d'une part et le nombre de réapparition le long des mois du Plan Industriel et Commercial d'autre part et cela pour chacune des références, afin d'obtenir les « High-Runners »*

## **V.2. La démarche de classification :**

*En se basant sur le PIC (Avril-Octobre) préétabli par le service logistique on peut en sortir, selon une classification bien adaptée, les références « High Runners » qui représentent au moins 80% de la production total pendant les sept mois du PIC.*

*Le service logistique envoie au département de la coupe un planning de Production se basant sur les demandes prévisionnels du client (PIC) et la capacité de Production des machines de coupes (Annexe)*

*À partir de la classification faite au chapitre 2 des références «High-Runners », et le bilan global des fils qui entre dans la composition de tous les câblages T8 PPL j'ai pu obtenir une liste des fils basic «High-Runners »*

*Fils Basic « High-Runners »*



*Références du câblage « High-Runners »*



Fils Basic	Longueur	Type Conn.	Term DPN A	Coul conn	Type Conn.	Term DPN B	Coul conn	High-Runners																															
								>75E+09	>75E+09	PPL1010	PPL1020	PPL1021	PPL1025	PPL1026	PPL1027	PPL1036	PPL1038	PPL1040	PPL1044	PPL1046	PPL1110	PPL1119	PPL1070	PPL1071	PPL1072	PPL1073	PPL1074	PPL1075	PPL1078	PPL1079	PPL1150	PPL1151	PPL1153	PPL1154	PPL1155	PPL1081			
210	220		14		LS215	10738196	JN	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
640	800		14		LMQS	15327260	JN	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
1065	1855	C15BTS	15414369	MR	LS215	10738196	OR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
4411	340	CDTW	10811252	BA	LMQS	15327260	OR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
6739	1955	CTS15	15432210	NR	LMQS	15327260	OR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9009	2260	CTS15	15432210	NR	CBTS	15414369	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9028	805	CDTW	10811252	BA	CBTS	15414369	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9029	805	CDTW	10811252	BA	CBTS	15414369	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
1025A	1265	LS215	10738196	OR	CP06	10763230	GR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
210B	1770	CTS15	15432210	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
210P	455	CBTS	15414369	VE		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
285B	1250	CP06	10763230	GR	LS215	10738196	JN	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
286B	1250	CP06	10763230	GR	LS215	10738196	JN	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7001G	1825	CTS15	15432210	NR	C15BTS	15414369	GR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7002G	1825	CTS15	15432210	NR	C15BTS	15414369	GR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7112A	1975	LS215	10738197	OR	CTS15	15432210	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7112B	2800	LS215	10738197	OR	CMQSJ	15327080	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842A	1805		14		CP06	10763230	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842P	735		14		CDTW	10811252	BE	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842U	1990	CTS15	15432210	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000A	2749	CDTW	10811252	BE	CP06	10763230	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000D	805	CBTS	15414369	NR	CDTW	10811252	BA	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000E	929	CTS15	15432210	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000F	1323	CMQSJ	15327080	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000G	1004	CP06	10763230	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9001A	2743	CDTW	10811252	BE	CP06	10763230	NR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9001D	805	CBTS	15414369	NR	CDTW	10811252	BA	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9001E	972	CTS15	15432210	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9001F	1269	CMQSJ	15327080	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9001G	945	CP06	10763230	NR		14		X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9017B	1357	CDTW	10811252	BA	CP06	10763230	GR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9018B	1347	CDTW	10811252	BA	CP06	10763230	GR	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

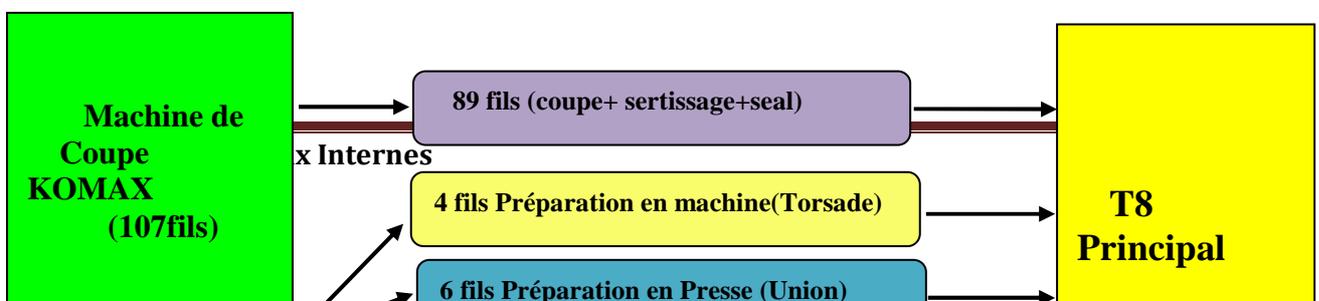
Figure 4.5: Fils Basic « High-Runners »

**VI. Implantation préliminaire des flux physiques :**

On constate qu'il y a eu au total 107 fils basic appartenant à la catégorie « High Runners », Pour le Projet T8 Principale.

On à 4 fils nécessitant chacune une préparation Torsade et 6 fils avec préparation en sertissage union sur une Presse spécifique, et 2 fils préparé sur une machine de coupe grande section, ainsi que 8 fils nécessitant une préparation en sertissage simple sur une presse hydraulique par contre les 89 fils restant passent directement de la machine de coupe au stock des fils prédéfinie (Voir Annexe)

A ce stade, on peut facilement établir une cartographie générale illustrant l'itinéraire des flux des « High Runners » déjà retenus :





**Figure 4.6:** *La cartographie préliminaire des flux physiques*

## **VII. Cartographie détaillée des flux physiques :**

*Avant de passer au dimensionnement des boucles Kanban entre les deux processus coupe et Production, il faut au préalable bien expliciter les postes en aval de la machine de coupe, autrement dit, pour les fils nécessitant la préparation il est indispensable de déterminer le nombre de lignes de préparation.*

*Une fois le nombre de lignes de coupe et préparation est connus pour notre projet, on peut ainsi faire l'affectation des fils à ces lignes en respectant la capacité-charge de chacune.*

### **VII.1. Affectation des références aux lignes de coupe et préparation :**

#### **VII.1.1. Détermination du besoin en lignes de coupe et préparation**

*Afin d'éviter la rupture des encours coupe-Production au cours des semaines de pointe où la demande client est maximale, il est préférable de déterminer le nombre des lignes de coupe et de préparation en se basant sur la demande maximale de chaque référence.*

*Pour déterminer le besoin en ligne de coupe et Préparation nécessaire pour satisfaire la demande du client, j'ai commencé d'abord par déterminer les catégories de fils selon les opérations correspondantes effectués au niveau de coupe ou Préparation, ensuite j'ai calculé le temps opératoires de chaque fil en se basant sur la capacité de Production des machines utilisées dans les zones coupe et Préparation*

Fils Basic	COUPE ou Préparation	opération	Longueur	Temps Opérateur(sec)	967	967	PPL1010	PPL1020	PPL1021	PPL1025	PPL1026	PPL1027	PPL1036	PPL1038	PPL1040	PPL1044	PPL1046	PPL1110	PPL1119	PPL1070	PPL1071	PPL1072	PPL1073	PPL1074	PPL1075	PPL1078	PPL1079	PPL1150	PPL1151	PPL1153	PPL1154	PPL1155	PPL1081			
210	machine de coupe	2	220	1.08	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
640	machine de coupe	2	800	1.14	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
1065	machine de coupe	3	1855	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
4411	machine de coupe	3	340	1.28	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
6739	machine de coupe	5	1955	1.6	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
9009	machine de coupe	5	2260	1.74	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
9028	machine de coupe	3	805	1.36	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
9029	machine de coupe	3	805	1.36	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
1025A	machine de coupe	3	1265	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
210B	machine de coupe	4	1770	1.4	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
210P	machine de coupe	2	455	1.08	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
285B	machine de coupe	3	1250	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
286B	machine de coupe	3	1250	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7001G	Torsade	5 + 11	1825	25.41	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7002G	Torsade	5 + 11	1825	25.41	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7112A	sertissage union( terminale simple)	2 + 10	1975	20.22	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7112B	sertissage union( terminale simple)	2 + 10	2800	20.32	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842A	machine de coupe	2	1805	1.22	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842P	machine de coupe	2	735	1.22	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7842U	machine de coupe	4	1990	1.4	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000A	machine de coupe	3	2749	1.66	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000D	machine de coupe	3	805	1.36	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000E	machine de coupe	4	929	1.32	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000F	machine de coupe	4	1323	1.4	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9000G	machine de coupe	2	1004	1.14	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9001A	machine de coupe	3	2743	1.66	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9001D	machine de coupe	3	805	1.36	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9001E	machine de coupe	4	972	1.32	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9001F	machine de coupe	4	1269	1.4	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9001G	machine de coupe	2	945	1.14	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9017B	machine de coupe	3	1357	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9018B	machine de coupe	3	1347	1.52	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure 4.7: Temps Opérateires des fils « High-Runners »

→ Les capacités de Production des machines de coupes et de Préparations :

- Machine de Coupe KOMAX ALPHA 433

Le tableau suivant montre la capacité de production de la machine de coupe KOMAX ALPHA 433 Selon les opérations effectuées et en fonction des longueurs des fils

Opération	Length	mm	100	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	
1		Measured time/50pièces	sec	42	44	50	52	59	65	72	80	87	94	101	108	115	122	129	136	143	150
			min/100	70	73	83	87	98	108	120	133	145	157	168	180	192	203	215	227	238	250
		Measured output	pc/h	4286	4091	3600	3462	3051	2769	2500	2250	2069	1915	1782	1667	1565	1475	1395	1324	1259	1200
		Output incl. accumulation	pc/h	4054	3879	3435	3309	2932	2671	2419	2184	2013	1867	1741	1630	1533	1447	1370	1301	1238	1181
		Monitor display	pc/h	4755	4494	3908	3817	3308	2941	2647	2404	2188	2028	1883	1751	1637	1546	1455	1379	1307	1246
2		Measured time/50pièces	sec	53	54	54	57	61	66	73	79	86	94	102	109	116	121	130	135	142	150
			min/100	88	90	90	95	102	110	122	132	143	157	170	182	193	202	217	225	237	250
		Measured output	pc/h	3396	3333	3333	3158	2951	2727	2466	2278	2093	1915	1765	1651	1552	1488	1385	1333	1268	1200
		Output incl. accumulation	pc/h	3249	3191	3191	3030	2839	2632	2387	2211	2036	1867	1724	1616	1520	1459	1360	1310	1247	1181
		Monitor display	pc/h	3662	3564	3522	3441	3220	2950	2647	2403	2201	2028	1883	1753	1641	1546	1453	1378	1308	1244
3		Measured time/50pièces	sec	58	60	64	68	76	83	89	97	104	111	119	126	133	140	147	154	161	167
			min/100	97	100	107	113	127	138	148	162	173	185	198	210	222	233	245	257	268	278
		Measured output	pc/h	3103	3000	2813	2647	2368	2169	2022	1856	1731	1622	1513	1429	1353	1286	1224	1169	1118	1078
		Output incl. accumulation	pc/h	2980	2885	2711	2557	2296	2108	1969	1811	1692	1587	1483	1402	1329	1264	1205	1151	1102	1063
		Monitor display	pc/h	3377	3214	3030	2830	2571	2331	2137	1976	1833	1712	1610	1515	1425	1355	1287	1225	1170	1119
4		Measured time/50pièces	sec	63	64	65	66	70	70	73	80	88	94	102	109	116	123	130	137	144	151
			min/100	105	107	108	110	117	117	122	133	147	157	170	182	193	205	217	228	240	252
		Measured output	pc/h	2857	2813	2769	2727	2571	2571	2466	2250	2045	1915	1765	1651	1552	1463	1385	1314	1250	1192
		Output incl. accumulation	pc/h	2752	2711	2671	2632	2486	2486	2387	2184	1991	1867	1724	1616	1520	1435	1360	1291	1230	1173
		Monitor display	pc/h	3056	3000	2982	2917	2752	2754	2645	2400	2200	2035	1882	1750	1637	1543	1454	1376	1308	1247
5		Measured time/50pièces	sec	64	65	68	73	80	87	94	101	108	115	123	130	137	144	151	158	165	172
			min/100	107	108	113	122	133	145	157	168	180	192	217	228	240	252	263	275	287	
		Measured output	pc/h	2813	2769	2647	2466	2250	2069	1915	1782	1667	1565	1463	1385	1314	1250	1192	1139	1091	1047
		Output incl. accumulation	pc/h	2711	2671	2557	2387	2184	2013	1867	1741	1630	1533	1447	1360	1291	1230	1173	1122	1075	1032
		Monitor display	pc/h	3050	2970	2832	2660	2414	2208	2035	1888	1752	1645	1547	1460	1385	1313	1247	1190	1139	1091
6		Measured time/50pièces	sec	74	77	80	85	92	99	106	114	121	128	135	142	149	157	164	172	182	189
			min/100	123	128	133	142	153	165	177	190	202	213	225	237	248	262	273	287	303	315
		Measured output	pc/h	2432	2338	2250	2118	1957	1818	1698	1579	1488	1406	1333	1268	1208	1146	1098	1047	989	952
		Output incl. accumulation	pc/h	2356	2267	2184	2059	1907	1775	1661	1546	1459	1380	1310	1247	1189	1129	1082	1032	976	940
		Monitor display	pc/h	2595	2501	2385	2274	2080	1936	1801	1670	1572	1482	1410	1330	1268	1205	1154	1101	1027	991

Figure 4.8: Capacité de production KOMAX ALPHA 433

- Machine de Coupe Grande section SHEULINGERN GS :



### Résultats Par Type Des fils

Date: 18/05/2011

Mc	Tnp			type	Système	Obj	Production				Nbr Réglage			Run time			Tnp réglage			Temps Moy. de réglage		
	Hamma ni	El Amri	Soussi				Tnp régl.	Hamma ni	El Amri	Soussi	Tot	Hamma ni	El Amri	Soussi	Tot	Hamma ni	El Amri	Soussi	Hamma ni	El Amri	Soussi	Hamma ni
<b>G, section</b>																						
7	68	8		MAKFIL	SK	NA	4,220	0	0	4,220	11	0	0	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	69			MAKFIL	SK	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	70	8	8	Sheulinger GS	SK	NA	3,650	3,800	4,750	12,200	13	23	13	49	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	71			Sheulinger GS	SK	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	72	8	8	Sheulinger GS	Sans sq	NA	3,050	3,300	0	6,350	12	12	0	24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
							10,920	7,100	4,750	22,770	36	35	13	84	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Total Machines:							3	2	1						0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
							475	463	620													
							495	<b>Temps opératoire Coupe grande section : 6.86s</b>														

- Machine de Torsade:

## Résultats de Préparation Par Zone

Date: 18/05/2011

Poste	Tmp			type	Production			Nbr Réglage			Tnp Mq Fils			Tnp réglage			TNP Maintenance			TNP MP		
	M	S	N		Matin	Soir	Nuit	Matin	Soir	Nuit	Matin	Soir	Nuit	Matin	Soir	Nuit	Matin	Soir	Nuit	Matin	Soir	Nuit
<b>Zone : 01</b>																						
<b>Torssados</b>																						
1	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,200	1,400	1,150	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,550	1,530	1,570	4	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,940	1,880	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,920	1,800	1,900	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	1,750	2,000	0	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	1,800	1,860	0	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,900	1,940	1,900	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	7.67	7.67	7.67	Torssados	2,300	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7.67	7.67	7.67	Torssados	2,130	0	2,000	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,850	2,050	1,950	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	7.67	7.67	7.67	Torssados	2,200	2,000	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,700	1,820	1,650	6	7	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,900	1,750	1,750	7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,940	1,900	1,900	5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,900	1,900	1,800	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,580	1,540	1,620	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	7.67	7.67	7.67	Torssados	2,350	2,400	2,300	6	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,800	2,050	1,950	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	7.67	7.67	7.67	Torssados	1,950	2,000	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	7.67	7.67	7.67	Torssados	2,000	2,020	1,700	4	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	7.67	7.67	7.67	Torssados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					34,110	33,530	29,000	93	107	90	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
					96,640						0.00%			0.00%			0.00%			0.00%		
					Total Machines						0.00%			0.00%			0.00%			0.00%		
					18	18	16				0.00			0.00			0.00			0.00		
					17						0.00			0.00			0.00			0.00		
					247	243	236				0.00			0.00			0.00			0.00		
					242						0.00			0.00			0.00			0.00		

Temps opératoire torsade **24.35s**

- *Presse de sertissage (simple et Union)*

<b>Zone : 02</b>																						
<b>Sertissage Simple</b>																						
28				Sertissage Simple	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29				Sertissage Simple	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	7.67	7.67		Sertissage Simple	1,539	1,450	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	7.67	7.67	7.67	Sertissage Simple	3,300	2,400	2,000	5	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	7.67			Sertissage Simple	2,960	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	7.67	7.67	7.67	Sertissage Simple	2,600	2,700	2,500	7	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35				Sertissage Simple	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	7.67	7.67	7.67	Sertissage Simple	2,800	2,890	1,500	7	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	7.67	7.67		Sertissage Simple	3,300	3,100	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38				Sertissage Simple	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	7.67	7.67		Sertissage Simple	2,600	2,400	0	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	7.67		7.67	Sertissage Simple	2,950	0	3,025	8	0	7	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
42				Sertissage Simple	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	7.67	7.67	7.67	Sertissage Simple	1,500	2,300	2,960	2	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	7.67	7.67	7.67	Sertissage Simple	2,680	2,500	3,000	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					26,219	19,740	14,985	56	42	34	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
					60,944						0.00%			0.00%			0.87%			0.00%		
					Total Machines						0.00%			0.00%			0.29%			0.00%		
					10	8	6				0.00			0.00			0.00			0.00		
					8						0.00			0.00			0.00			0.00		
					342	322	326				0.00			0.00			0.00			0.00		
					330						0.00			0.00			0.00			0.00		

Temps opératoire sertissage **19s**

- *Presse de sertissage HUNK (Grande section)*

				Hunk																				
8	67	7.67	7.67	7.67	Hunk	2,350	1,700	2,350	5	6	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	68				Hunk	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	69	7.67			Hunk	1,450	0	0	10	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	70	7.67	7.67		Hunk	1,440	1,300	0	9	7	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	71	7.67	7.67	7.67	Hunk	2,300	2,450	2,400	6	7	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	73				Hunke	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	74	7.67	7.67		Hunke	1,170	1,300	0	9	8	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75	7.67			Hunke	1,500	0	0	2	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	78	7.67	7.67		Hunke	1,044	1,510	0	5	6	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						11,254	8,260	4,750	46	34	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
						24,264						0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
						Total Machines						0.00%			0.00%			0.00%			0.00%			
						7	5	2																
						5																		
						210	215	310																
						245																		

Temps opératoire sertissage grande section 12.44s

→ La somme des temps opératoires des fils coupés dans la machine KOMAX ALPHA 433 est de 134 secondes.

Le temps d'arrêt du aux opérations de maintenance et manque de matière première est de 13.81% Pour chaque machine

- Le besoin en machine de coupe KOMAX APLHA 433 :

**Temps de coupe = Temps opératoire \* exigence (24h)**

Temps global de réglage = nombre de fils \* temps de réglage = 107 \* 227 = **24289sec**

Temps d'arrêt = 13.81% pour chaque machine

(460 min : le temps de travail disponible pour chaque machine)

Temps de Coupe = (134 \* 7.67 \* 60 \* 2) (60 pièces/heure : L'exigence de Production pour T8PPL)  
 = **123333.6sec**

Temps de coupe + Réglage (sans arrêt) = **147622.6sec**

Nombre de machine de coupe (sans arrêt) = 147622.6 / (23 \* 3600) = **1.78machines**

Nombre total de machine (avec arrêt) = 1.78 + (1.78 \* 13.81%)  
 = **2 machines**

- Le besoin en machine de coupe Grande section SHEULINGERN GS :

On effectue le même calcul pour déterminer le besoin en machine de coupe grande section, et pour faciliter les calculs j'ai préparé un fichier Excel dans le quel on saisit le temps opératoires de la machine, le nombre de fils, le temps d'arrêt et de réglage, ainsi que l'exigence de Production.

<b>Grande Section</b>	Exigence Production/24H	860	
			Sec
	Temps d'arrêt:	0.00%	-
	NB de fils		2.0
	Tps Reg	140	280.0
	Tps de préparation	10	8600
	Total (pré+Reg)		8,880.0
	Nb de presses sans arrêt		0.107
Nb de presses avec arrêt		<b>1 machine</b>	

- Le besoin en machine de sertissage Grande section HUNK :

<b>HUNK</b>	Exigence Production/24H	860	
			Sec
	Temps d'arrêt :	0.00%	-
	NB de fils		2.0
	Tps Reg	180	360.0
	Tps de préparation	63.4	54524
	Total (pré+Reg)		54,884.0
	Nb de presses sans arrêt		0.663
Nb de presses avec arrêt		<b>1 machine</b>	

- Le besoin en machine de sertissage (Presse) :

<b>Sertissage</b>	Exigence Production/24H	860	
			Sec
	Temps d'arrêt :	0.30%	82.8
	NB de fils		12.0
	Tps Reg	240	2880
	Tps de préparation	297	255420
	Total (pré+Reg)		258300
	Nb de presses sans arrêt		3.120
Nb de presses avec arrêt		<b>4 machines</b>	

- Le besoin en machine Torsade:

<b>Torsade</b>	Exigence Production/24H	860	
			Sec
	Temps d'arrêt:	0.00%	-
	NB de fils		1.0
	Tps Reg	120	120.0
	Tps de préparation	26	22360
	Total (pré+Reg)		22,480.0
	Nb de presses sans arrêt		0.271
Nb de presses avec arrêt		<b>1 machine</b>	

Après l'analyse des résultats, je peux facilement dresser la cartographie des flux détaillée sur laquelle je vais me baser pour le dimensionnement des boucles Kanban:

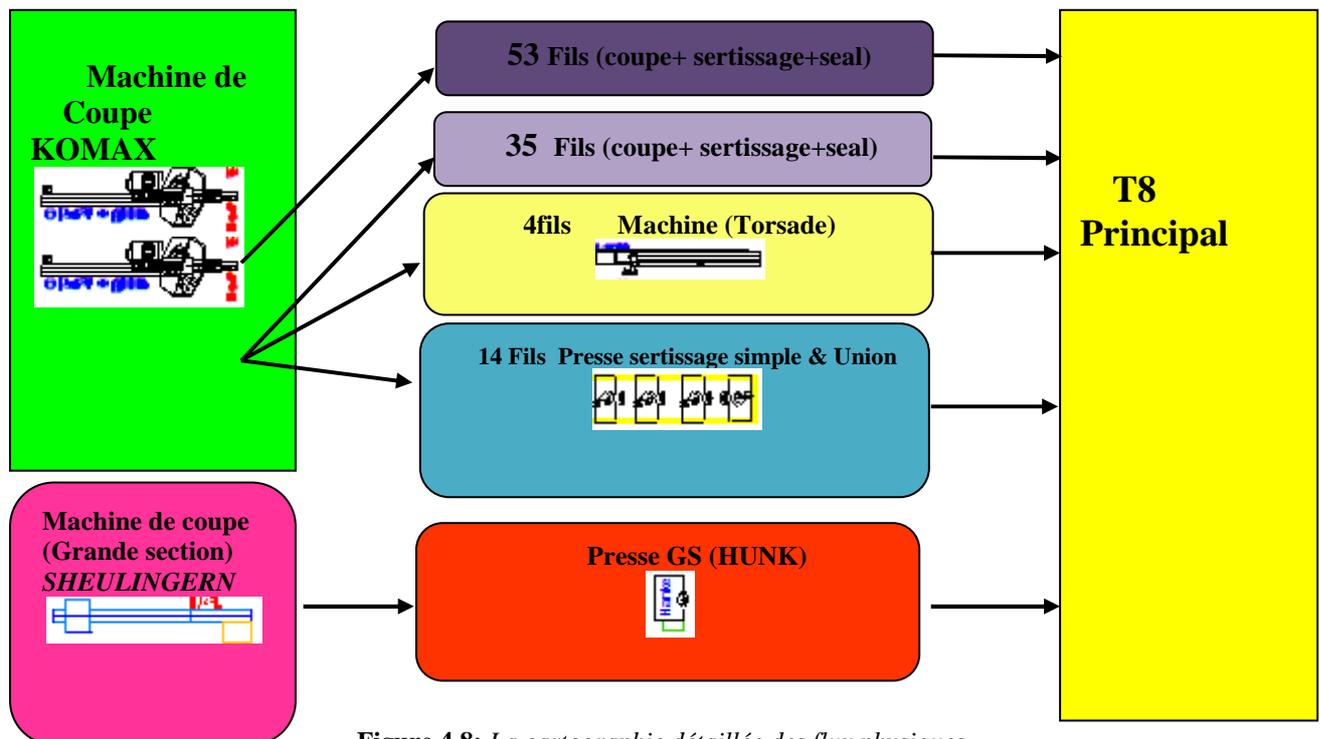


Figure 4.8: La cartographie détaillée des flux physiques

## Conclusion

Le diagnostic de l'existant m'a reflété l'état actuel de la gestion des approvisionnements de l'unité autonome de Production, la quantité des encours est jugée, soit trop intéressante occupant par suite une surface énorme, soit insuffisante pour satisfaire la demande interne à un moment donné.

A la lumière de l'analyse de la situation actuelle, j'ai pu mettre le point sur les états à améliorer ainsi que les actions à mener afin d'atteindre mes objectifs.

Tout d'abord, j'ai dévoilé la finalité de la philosophie Juste à temps en illustrant son objectif à savoir garantir une production à flux tiré exempte de toute sorte de gaspillage.

Pour préparer le terrain à une implantation efficace d'un flux tiré, j'ai procédé à une classification des fils coupés et préparés afin d'en sélectionner ceux de grande consommation, et aboutir enfin à l'élaboration d'une cartographie des flux sur laquelle je vais me baser pour le dimensionnement des boucles Kanban dans le chapitre suivant.

# Dimensionnement des boucles KANBAN

*Dans le cadre de la mise en place d'une gestion de la Production à flux tiré je procède, à travers ce Chapitre, l'implantation d'un système Kanban qui Va me Permettre la maîtrise des encours entre les Lignes de Préparation et de Production. Avant de s'engager directement à la gestion et au Dimensionnement des encours interprocessus Coupe et Production, une étude bibliographique Bien approfondie permet d'appréhender les Différentes facettes du système Kanban et de développer un model de calcul pour le Dimensionnement des boucles Kanban.*

## I. Le système Kanban de gestion des flux

*Le JAT est très souvent confondu avec le Kanban. En réalité, le Kanban est un mode de gestion décentralisé des flux d'information et des flux de production qui n'est que l'une des composantes du JAT, les autres composantes ayant été évoquées précédemment. Le caractère décentralisé et «manuel» de ce système d'information prend fortement le contre-pied des systèmes fortement centralisés s'appuyant sur des logiciels lourds axés sur la MRP. C'est sans doute la raison essentielle qui fait que les responsables européens et nord-américains n'ont retenu au départ que cet aspect des choses.*

*Cette technique, mise au point au Japon dans les années 1970, permet, grâce à des étiquettes (Kanban en japonais), de piloter une production en flux tirés par la consommation du client. L'élimination des gaspillages obtenue par l'utilisation des nombreux outils du «juste-à-temps» autorise ensuite à tendre les flux par un retrait progressif et maîtrisé d'étiquettes, au fur et à mesure des progrès et de la volonté de réduire l'en-cours.*

*C'est justement cet en-cours de production maximal qui sert à dimensionner le nombre initial d'étiquettes à mettre en circulation.*

### I.1. Les étiquettes Kanban

*Kanban, en japonais, signifie étiquette (carte ou ticket), nous retiendrons ici le terme français étiquette. A chaque référence utilisée est associé un nombre fixe d'étiquettes qui mentionnent notamment le numéro de la référence et la quantité que contient le conteneur. Celles-ci sont nécessairement:*

- \_ Soit accrochées à des conteneurs pleins ;*
- \_ Soit accrochées à un tableau situé dans le centre de fabrication de la référence ou à un tableau situé dans le centre de consommation de cette référence ;*
- \_ Soit, enfin, en transit entre le centre de consommation de la référence et celui de sa fabrication (sans être accrochées à des conteneurs pleins) ;*

*Je rappelle dans un premier temps le fonctionnement d'une boucle Kanban, puis je vais étudier les cas de trois boucles en parallèle avec de nombreux paramètres communs puis des boucles simples,*

### I.2. Le principe de fonctionnement d'une boucle Kanban

#### I.2.1. Le système à deux bacs

*Le système à deux bacs est l'ancêtre ou l'aboutissement le plus simple d'une boucle Kanban :*

- \_ Au stade N°1, les pièces du bac 1 sont consommées par le poste aval.*
- \_ Au stade N°2, lorsque le bac 1 est vide, il retourne vers le poste amont.*
- \_ Au stade N°3, le bac 1 est rempli par le poste amont pendant que le poste aval*

Consomme les pièces du bac 2.  
 \_ Au stade N°4, le bac 1 plein retourne vers le poste aval de manière que la situation soit Analogue à celle du stade N°1.

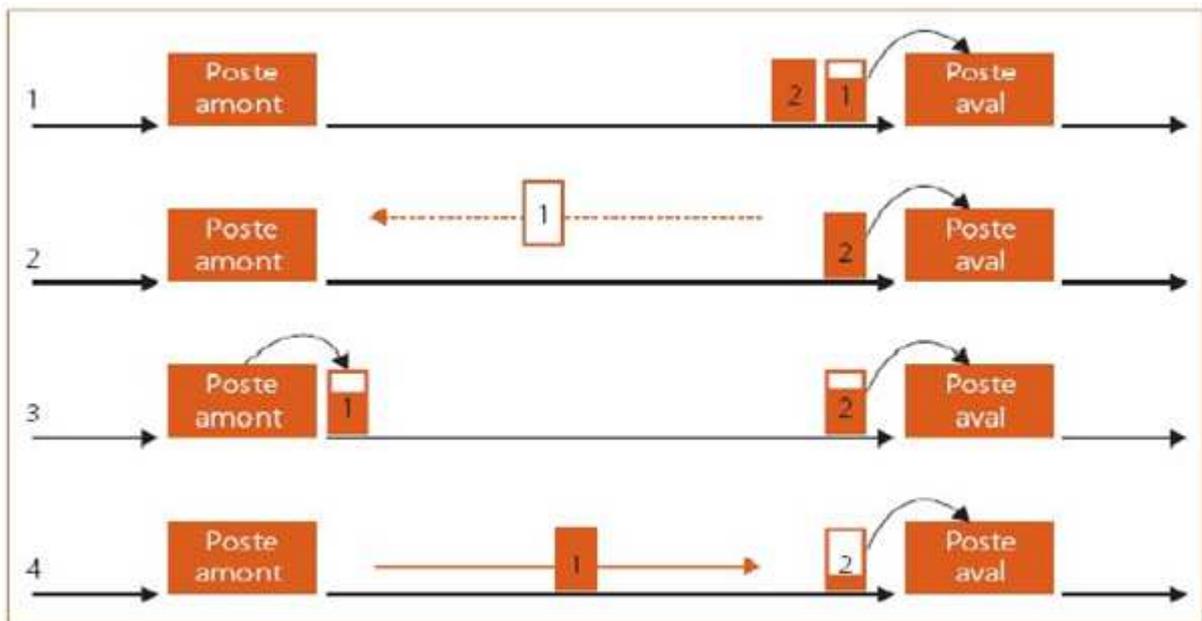


Figure 5.1 : Le fonctionnement du système à deux bacs

## 1.2.2. Une boucle Kanban

La figure 5.2 rappelle le principe de fonctionnement d'une boucle Kanban. Lorsqu'un conteneur vient d'être produit au poste amont, on lui accroche un Kanban pris dans le tableau.

Le conteneur est ensuite acheminé vers le poste aval, où il est placé dans la file d'attente.

Lorsque le poste aval commence à prélever des pièces dans le conteneur, le Kanban est retiré et placé dans un collecteur avant de retourner sur le tableau du poste amont.

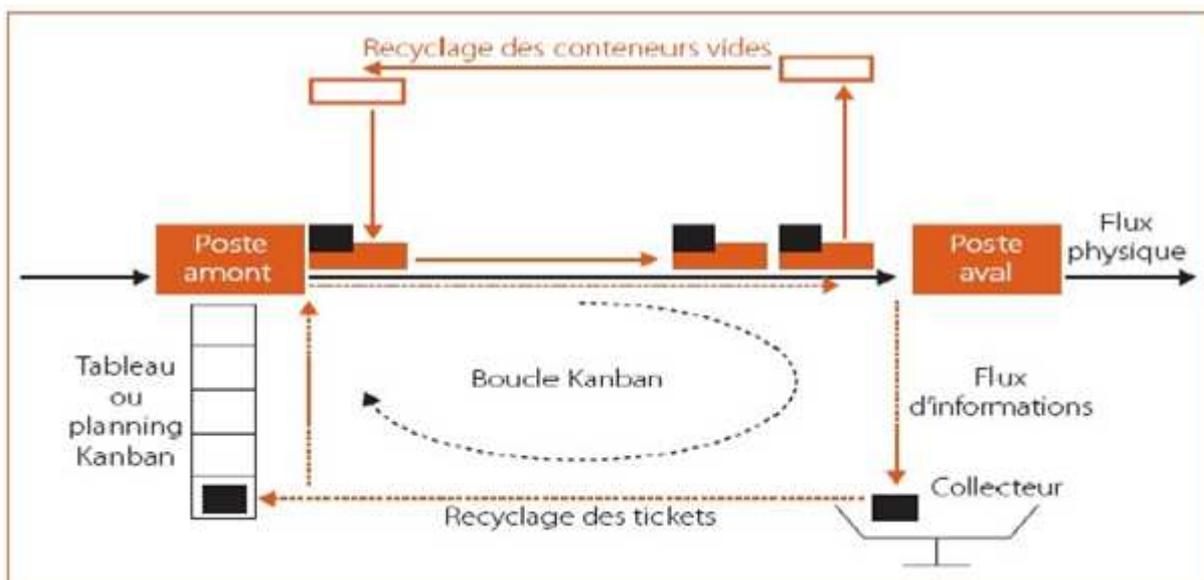


Figure 5.2 : Le principe de fonctionnement d'une boucle Kanban

### I.2.3. Le calcul du nombre de Kanban en circulation

Le nombre maximal de Kanban ( $N_{max}$ ) à mettre en circulation entre un poste amont et un poste aval est calculé à partir des paramètres suivants :

- $p$  : Cadence de production du poste amont (unités /unité de temps notée par la suite  $ut$ , en Général heure ou minute) ;
- $d$  : Cadence de consommation (demande) du poste aval ( $u/ut$ ) ;
- $q$  : Capacité d'un conteneur (unités) ;
- $Tr$  : Temps de recyclage d'un Kanban depuis le poste aval vers le poste amont ;
- $Ta$  : Temps d'attente moyen des étiquettes sur le tableau ;
- $Tcs$  : Temps de changement de série ;
- $Tt$  : Temps de transport du conteneur depuis le poste amont vers le poste aval ;
- $Tp$  : Temps de production d'un conteneur au poste amont :  $Tp = q/p$  ;
- $Q$  : Quantité « économique » de production après chaque changement de série ;
- $N_{max}$  : Nombre maximal de Kanban à mettre en circulation ;

En appliquant le mode de gestion de stock à point de commande on obtient la formule :

$$N_{max} = E \left[ \frac{d \times (Tr + Ta + Tcs + Tt + Tp) + Q}{q} \right] + 1$$

Avec  $E [ ]$  est la partie entière.

Le temps d'attente  $Ta$  est souvent appelé coefficient de sécurité, pour ne pas dire coefficient d'ignorance. Il est a priori indépendant du stock de sécurité ( $Ss$ ), dont on peut également tenir compte avec la formule suivante :

$$N_{max} = E \left[ \frac{d \times (Tr + Ta + Tcs + Tt + Tp) + Q + Ss}{q} \right] + 1$$

Dans un souci de simplification, le stock de sécurité ne sera plus pris en compte dans la suite.

### I.3. Les seuils d'alerte : l'index vert et l'index rouge

Les étiquettes situées sur le tableau du poste amont donnent une image « inverse » de la file d'attente au pied du poste aval. Plus il y a d'étiquettes sur le tableau, moins il y a de conteneurs en attente devant le poste aval. Dans ce cas, un seuil va indiquer à l'opérateur du poste amont le moment où il devra absolument produire pour éviter la rupture d'approvisionnement du poste aval. C'est le rôle de l'index rouge, qui fixe le nombre d'étiquettes donnant obligation de produire.

A l'opposé, moins il y a d'étiquettes sur le tableau, plus il y a de conteneurs en attente devant le poste aval. Dans ce cas, si le nombre d'étiquettes sur le tableau est faible, il est inutile de produire. En conséquence, en dessous d'un certain seuil, aussi appelé index vert, on ne doit pas produire. Au-dessus de cet index vert, et donc en dessous de l'index rouge, on peut produire.

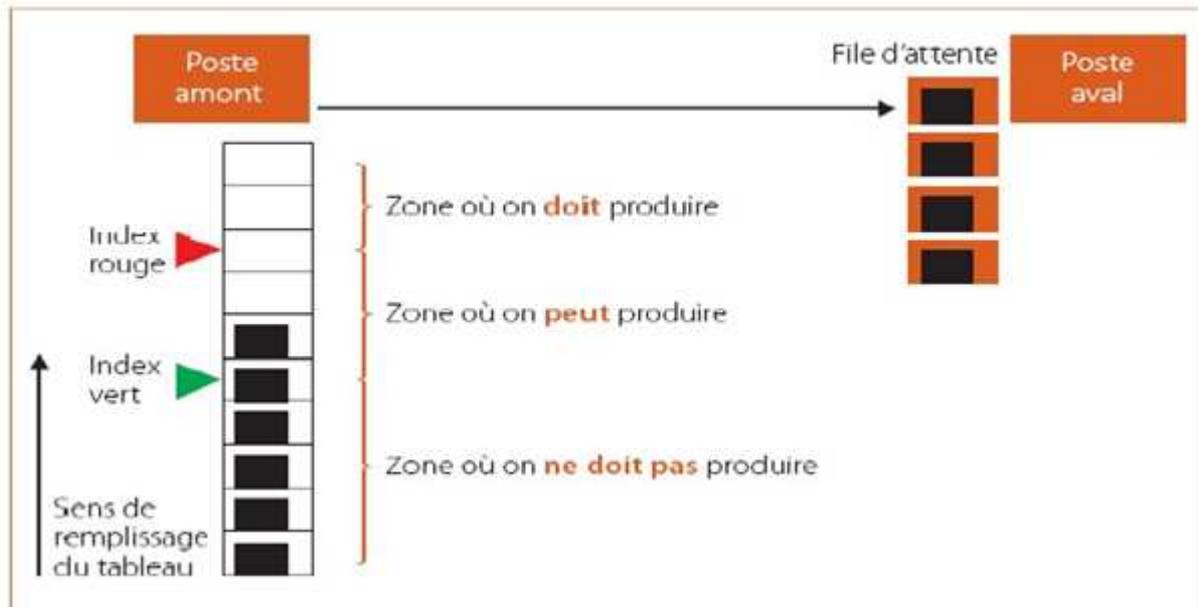


Figure 5.3: Les seuils d'alerte

Dans le cas d'une boucle Kanban entre un poste amont et un poste aval, c'est-à-dire lorsque le poste amont ne produit qu'une seule référence, il n'est pas nécessaire d'utiliser l'index vert.

Tout se passe comme une gestion de stock de la file d'attente avec pour mode de fonctionnement le point de commande. Ce point de commande est le niveau à partir duquel il faut lancer le réapprovisionnement; c'est donc bien le même rôle que l'index rouge.

On l'appelle aussi seuil de commande ou stock de couverture. Hors stock de sécurité, il représente la quantité consommée pendant le délai de réapprovisionnement ( $T$ ). Si  $d$  est la cadence de consommation et  $q$  la capacité du conteneur, la position de l'index rouge par rapport au nombre total de Kanban est donnée par le paramètre  $R$  tel que :

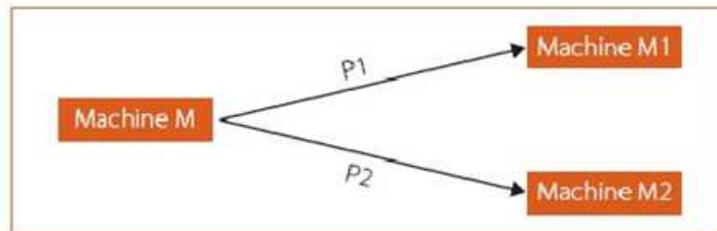
$$R = E \left[ \frac{d \times T}{q} \right] + 1$$

## I.4. Deux boucles avec de nombreux paramètres communs

Passons maintenant à un cas un peu plus proche de la réalité : celui où il y a deux boucles en parallèle.

### I.4.1. Les notations utilisées

Il y a deux boucles lorsque la machine  $M$  (fournisseur) fabrique deux types de pièces : des pièces  $P1$  pour la machine  $M1$  (client) et des pièces  $P2$  pour la machine  $M2$  (autre client). Le « client » peut être aussi bien externe à l'entreprise qu'interne, proche ou éloigné, d'où l'emploi de ce terme.



**Figure 5.4:** Machine alimente deux machines

Voici les notations utilisées pour ce premier modèle dans lequel de nombreux paramètres sont communs aux deux boucles :

- $p$  : Cadence théorique moyenne de production de la machine M ;
- $d1$  : Cadence de consommation (demande) de la machine M1 ;
- $d2$  : Cadence de consommation (demande) de la machine M2 ;
- $q$  : Capacité d'un conteneur (quantité) transportant les pièces de M vers M1 ou M2 ;
- $Tr$  : Temps de recyclage d'un Kanban depuis un poste client vers le poste fournisseur ;
- $Ta1$  : Temps d'attente moyen des étiquettes associées à P1 ;
- $Ta2$  : Temps d'attente moyen des étiquettes associées à P2 ;
- $Tcs$  : Temps de changement de série pour passer de la production de pièces P1 à la production de pièces P2 et réciproquement ;
- $Tt$  : Temps de transport d'un conteneur depuis le poste fournisseur vers le poste client ;
- $Tp$  : Temps de production d'un conteneur de pièces ;

#### I.4.2. Le calcul de l'index rouge R

L'application de l'équation  $R = E \left[ \frac{d \times T}{q} \right] + 1$

Est immédiate dès l'instant que l'on comprend que le délai d'approvisionnement T est égal à la somme des temps de recyclage, de changement de série, de production d'un conteneur et de transport. On obtient ainsi la formule de calcul de l'index rouge pour les deux boucles:

$$R1 = E \left[ \frac{d1}{q} (Tr + Tcs + Tp + Tt) \right] + 1$$

$$R2 = E \left[ \frac{d2}{q} (Tr + Tcs + Tp + Tt) \right] + 1$$

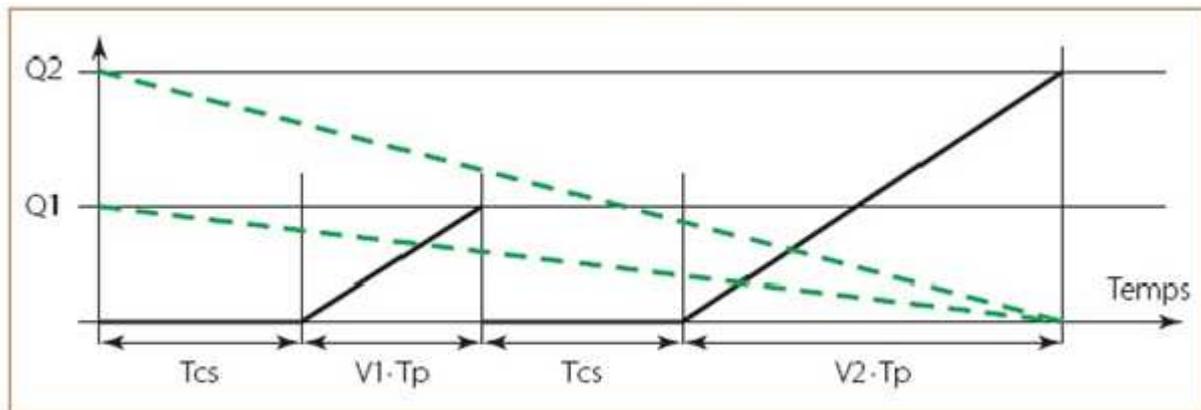
#### I.4.3. Le calcul de l'index vert V

La position de l'index vert fixe la quantité minimale à partir de laquelle on peut produire ; C'est la taille du lot de fabrication. Dans le cas qui nous intéresse de deux boucles en parallèle, on ne peut déterminer l'index vert d'une boucle sans calculer celui de l'autre boucle. Les deux paramètres sont imbriqués.

Le principe est simple : pour que ces boucles fonctionnent correctement, il faut que la machine M conserve une capacité de production supérieure à la consommation des machines M1 et M2 réunies. Autrement dit, il faut que l'offre reste supérieure à la demande.

Or, pendant chaque changement de série, la machine  $M$  ne produit pas alors que les machines  $M1$  et  $M2$  peuvent continuer à consommer.

Considérons le cycle de base composé d'un temps de changement de série ( $T_{cs}$ ), suivi du temps de production d'un lot de pièces  $P1$  ( $V1 \cdot T_p$ ), puis d'un nouveau changement de série ( $T_{cs}$ ), et enfin du temps de production d'un lot de pièces  $P2$  ( $V2 \cdot T_p$ ). Pendant le cycle de base, la quantité de pièces  $P1$  produites doit être supérieure à la quantité de pièces  $P1$  consommées.



**Figure 5.5:** Le cycle de base : quantités produites et quantités consommées

Mathématiquement, cela s'écrit :

$$p \cdot V1 \cdot T_p \geq d1 \times (T_{cs} + V1 \cdot T_p + T_{cs} + V2 \cdot T_p) \quad [1]$$

Et la quantité de pièces  $P2$  produites doit être supérieure à la quantité de pièces  $P2$  consommées.

$$p \cdot V2 \cdot T_p \geq d2 \times (T_{cs} + V1 \cdot T_p + T_{cs} + V2 \cdot T_p) \quad [2]$$

[1] et [2] forment un système de 2 équations à 2 inconnues  $V1$  et  $V2$  qui a pour solutions :

$$V1 = E \left[ \frac{d1}{q} \cdot \left( \frac{p}{p-d1-d2} \right) (2T_{cs}) \right] + 1$$

$$V2 = E \left[ \frac{d2}{q} \cdot \left( \frac{p}{p-d1-d2} \right) (2T_{cs}) \right] + 1$$

L'important est de retrouver que ces formules n'ont de sens physique que si le dénominateur est strictement positif, c'est-à-dire si  $p > d1 + d2$ . Ce qui signifie que la cadence de production ( $p$ ) doit être supérieure à la somme ( $d1 + d2$ ) des cadences de consommation.

#### **I.4.4. Le calcul de l'indicateur de boucle B**

L'indicateur de boucle est le nombre d'emplacements pour étiquette entre l'index vert et l'index rouge. Nous l'appelons indicateur de boucle car il est le reflet de la présence des autres boucles. Pour la boucle 1, il représente le nombre de conteneurs consommés par la machine  $M1$  pendant le temps d'attente ( $Ta1$ ) de la dernière étiquette relative aux pièces  $P1$  arrivée sur le tableau.

On a donc :

$$B1 = E \left[ \frac{d1}{q} \times Ta1 \right] + 1$$

Ce temps d'attente ( $Ta1$ ) correspond à la production du lot de pièces  $P2$  ( $V2 \cdot Tp$ ) précédée du Temps de changement de série ( $Tcs$ ), On a donc :

$$Ta1 = V2 \cdot Tp + Tcs$$

De même, pour la boucle 2, on a :

$$Ta2 = V1 \cdot Tp + Tcs$$

$$B2 = E \left[ \frac{d2}{q} \times Ta2 \right] + 1$$

Ainsi, il vient :

### I.4.5. Le calcul du nombre total de Kanban

On peut maintenant écrire une nouvelle formule donnant le nombre total de Kanban en faisant la somme de l'index vert, de l'indicateur de boucle et de l'index rouge :

$$N1 = R1 + B1 + V1$$

$$N2 = R2 + B2 + V2$$

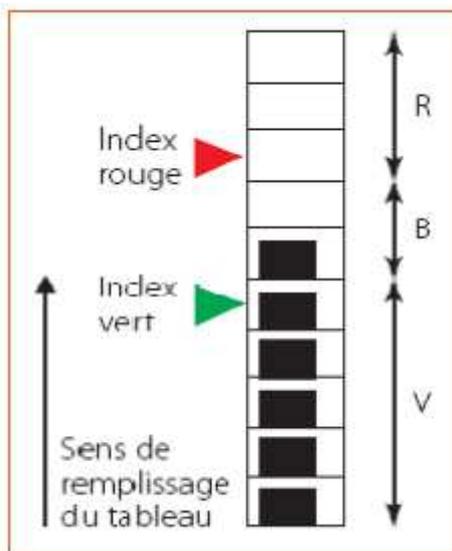


Figure 5.6:  $N = R + B + V$

### I.4.6. L'influence du temps de changement de série $Tcs$

A l'aide des différentes formules précédentes, on retrouve un fait bien connu : l'influence prépondérante du temps de changement de série ( $Tcs$ ). En effet  $Tcs$  apparaît dans les trois termes : celui de l'index rouge, celui de l'index vert ainsi que celui de l'indicateur de boucle par l'intermédiaire du temps d'attente.

Le nombre total de Kanban est proportionnel au temps de changement de série. Cela veut dire que, si l'on divise le temps de changement de série par 2, le nombre total de Kanban en circulation sera pratiquement divisé par 2, à plus ou moins une unité près en raison de la

fonction partie entière. Comme le nombre total de Kanban en circulation donne une idée de l'en-cours de production, on constate ainsi que l'en-cours est aussi divisé par 2.

## 1.5. Deux boucles avec des paramètres différents

Dans certains cas industriels, les deux boucles peuvent avoir des paramètres différents. On obtient un modèle plus général sans difficulté conceptuelle supplémentaire.

### 1.5.1. Les notations utilisées

Voici les notations utilisées pour ce deuxième modèle dans lequel les paramètres caractéristiques des deux boucles sont tous différents :

$p1$  : Cadence théorique moyenne de production de la machine  $M$  quand elle produit des pièces  $P1$  ;

$p2$  : Cadence théorique moyenne de production de la machine  $M$  quand elle produit des pièces  $P2$  ;

$d1$  : Cadence de consommation (demande) de la machine  $M1$  ;

$d2$  : Cadence de consommation (demande) de la machine  $M2$  ;

$q1$  : Capacité d'un conteneur (quantité) transportant les pièces de  $M$  vers  $M1$  ;

$q2$  : Capacité d'un conteneur (quantité) transportant les pièces de  $M$  vers  $M2$  ;

$Tcs12$  : Temps de changement de série pour passer de la production de pièces  $P1$  à la production de pièces  $P2$  ;

$Tcs21$  : Temps de changement de série pour passer de la production de pièces  $P2$  à la production de pièces  $P1$  ;

$Tr1$  : Temps de recyclage d'un Kanban depuis la machine  $M1$  vers la machine  $M$  ;

$Tr2$  : Temps de recyclage d'un Kanban depuis la machine  $M2$  vers la machine  $M$  ;

$Tt1$  : Temps de transport d'un conteneur depuis la machine  $M$  vers la machine  $M1$  ;

$Tt2$  : Temps de transport d'un conteneur depuis la machine  $M$  vers la machine  $M2$  ;

$Tp1$  : Temps de production d'un conteneur de pièces  $P1$  ;

$Tp2$  : Temps de production d'un conteneur de pièces  $P2$  ;

### 1.5.2. Le calcul des paramètres $V$ , $R$ et $B$

Dans ce cas, le calcul de l'index rouge et de l'indicateur de boucle est inchangé. Les formules s'obtiennent facilement en utilisant les indices.

De même, le calcul de  $V1$  et  $V2$  nécessite de résoudre le système à 2 équations :

$$\begin{cases} V1 \cdot q1 \geq d1 \cdot (Tcs21 + V1Tp1 + Tcs12 + V2Tp2) \\ V2 \cdot q2 \geq d2 \cdot (Tcs21 + V1Tp1 + Tcs12 + V2Tp2) \end{cases}$$

Il a pour solutions :

$$V1 = E \left[ \frac{d1 \cdot p1 \cdot p2 \cdot (Tcs12 + Tcs21)}{q1 \cdot (p1 \cdot p2 - d2p1 - d1p2)} \right] + 1 ; \quad V2 = E \left[ \frac{d2 \cdot p1 \cdot p2 \cdot (Tcs12 + Tcs21)}{q2 \cdot (p1 \cdot p2 - d2p1 - d1p2)} \right] + 1$$

Comme précédemment, pour que ces formules aient un sens, il faut que le dénominateur soit strictement positif, c'est-à-dire que  $(p1 \cdot p2)$  soit strictement supérieur à  $(d1 \cdot p2 + d2 \cdot p1)$ .

## I.6. La généralisation à plusieurs boucles avec des paramètres communs

Il est maintenant relativement facile de modéliser plusieurs boucles. C'est le cas lorsqu'une machine crée de la diversité et alimente plusieurs postes de consommation.

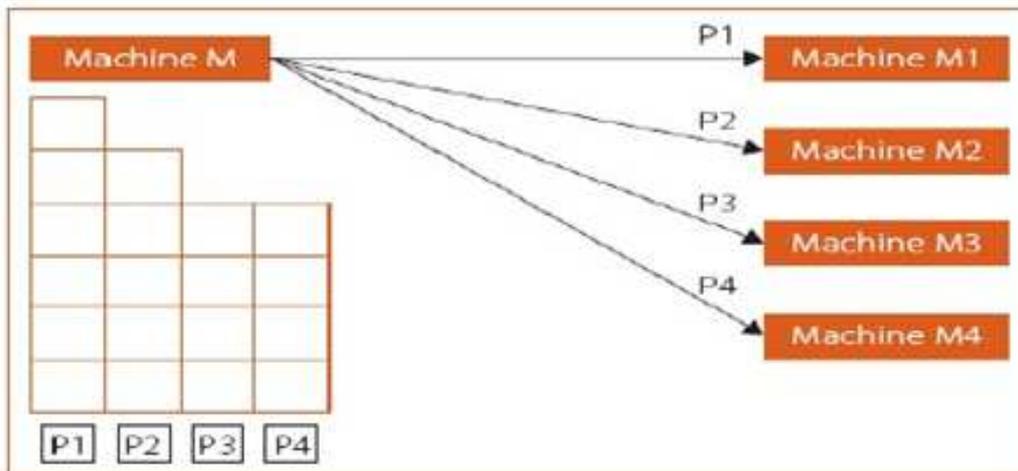


Figure 5.7: Le cas d'une machine qui alimente plusieurs

### I.6.1. Les variables du modèle

On utilise les mêmes variables qu'au paragraphe « Deux boucles avec de nombreux paramètres communs » ; seules les cadences de consommation changent.

En utilisant  $i$  comme indice des machines, on a :

$d_i$  : Cadence de consommation (demande) de la machine  $M_i$  ;

$v_i$  : Index vert correspondant au produit  $P_i$  consommé par la machine  $M_i$  ;

### I.6.2. Le calcul des index verts $V_i$

En utilisant le même raisonnement que pour les modèles précédents, on aboutit à la résolution d'un système de 4 équations à 4 inconnues qui a pour solution :

$$V_i = E \left[ \frac{d_i}{p - \sum_{i=1}^4 d_i} \times \frac{4T_{cs}}{T_p} \right] + 1$$

Après le développement du modèle de calcul des boucles Kanban dans le cas où il y a plusieurs boucles en parallèles, on va procéder maintenant à l'application de ce modèle sur les boucles déjà explicitées dans la cartographie des flux détaillée dans le chapitre précédent.

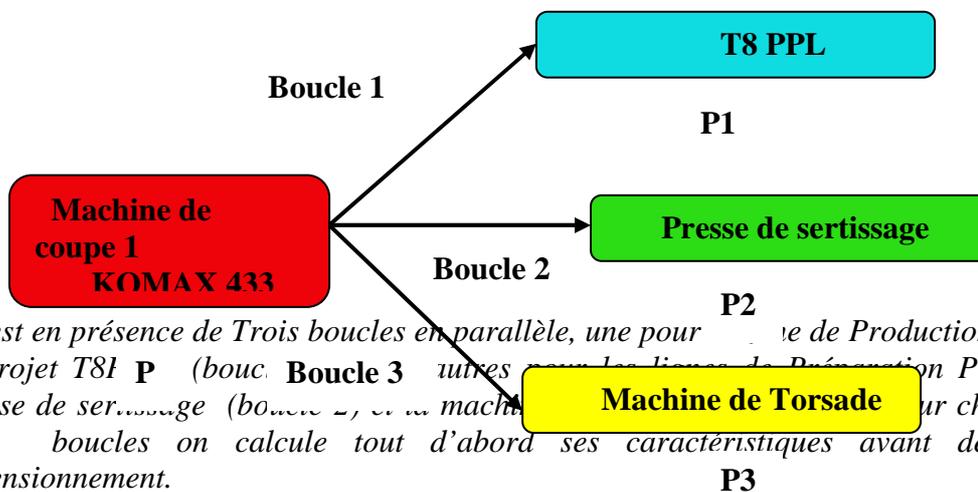
## II. Dimensionnement des boucles Kanban entre coupe et Production

Le dimensionnement d'une boucle Kanban consiste en effet à déterminer un seuil optimal de l'encours qui permet d'éviter le maximum possible la rupture du stock. Ainsi pour chaque boucle élémentaire de la cartographie des flux déjà établie, on essaie de déterminer l'index vert, l'index rouge et l'indicateur de boucle.

On retient les paramètres suivants dans tout ce qui suit :

- $p1$  (resp.  $p2, p3$ ): cadence du poste amont  $P$  lorsqu'il produit des pièces de référence relative au poste aval ' $P1$ ' (resp.  $P2, P3$ );
- $d1$  (resp.  $d2, d3$ ): cadence de consommation (demande) du poste aval ' $P1$ ' (resp.  $P2, P3$ );
- $q1$  (resp.  $q2, q3$ ): capacité d'un conteneur (quantité) transportant les pièces de  $P$  vers  $P1$  (resp.  $P2, P3$ );
- $Tcs$ : temps de changement de série;
- $Tr1$  (resp.  $Tr2, Tr3$ ): temps de recyclage d'un Kanban depuis ' $P1$ ' (resp.  $P2, P3$ ) vers ' $P$ ';
- $Tt1$  (resp.  $Tt2, Tt3$ ): temps de transport d'un conteneur depuis la ' $P1$ ' (resp.  $P2, P3$ ) vers ' $P$ '.
- $Tp1$  (resp.  $Tp2, Tp3$ ): temps de production d'un conteneur de fils pour ' $P1$ ' (resp.  $P2, P3$ );

### II.1.1. Boucle entre la machine de coupe 1 et les lignes de Préparation et T8PPL



On est en présence de Trois boucles en parallèle, une pour la ligne de Production précisément le Projet T8I P (bouc. Boucle 3 autres sur les lignes de Préparation Précisément la Presse de sertissage (boucle 2), et la machine de Torsade (boucle 1) pour chacune de ces trois boucles on calcule tout d'abord ses caractéristiques avant de passer au dimensionnement.

En se basant sur l'exigence de Production de la ligne d'assemblage et les capacités de Production des machines de coupes et Préparations, ainsi que le chronométrage effectué sur le terrain des différents paramètres cités ci-dessus, j'ai réussi à établir le tableau suivant :

$P1$ (fil/h)	$P2$ (fil/h)	$P3$ (fil/h)	$d1$ (fil/h)	$d2$ (fil/h)	$d3$ (fil/h)	$q1$ (fil)	$q2$ (fil)	$q3$ (fil)	$Tcs$ (h)	$Tr1$ (h)
156.5	3309	156.5	60	199.5	247.7	100	100	100	0.063	1

$Tr2$ (h)	$Tr3$ (h)	$Tt1$ (h)	$Tt2$ (h)	$Tt3$ (h)	$Tp1$ (h)	$Tp2$ (h)	$Tp3$ (h)
0.33	0.33	0.45	0.083	0.083	0.64	0.030	0.64

Tableau5.1: Valeurs caractéristiques des deux boucles 1 et 2,3

#### a- Calcul de l'index vert

La nécessité de garder la quantité des coiffes préparées supérieure à la quantité consommée pendant le cycle de base, impose avoir toujours le système d'équations suivant vérifié :

$$V1 \times q1 = d1 \times (3Tcs + V1 \times Tp1 + V2 \times Tp2 + V3 \times Tp3)$$

$$V2 \times q2 = d2 \times (3Tcs + V1 \times Tp1 + V2 \times Tp2 + V3 \times Tp3)$$

$$V3 \times q3 = d3 \times (3Tcs + V1 \times Tp1 + V2 \times Tp2 + V3 \times Tp3)$$

Avec  $V1$  et  $V2, V3$  sont respectivement les index vert de la boucle 1 et la boucle 2 et la boucle 3. Le système ci-dessus peut s'écrire sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{pmatrix} q1 - d1Tp1 & -d1Tp2 & -d1Tp3 \\ -d2Tp1 & q2 - d2Tp2 & -d2Tp3 \\ -d3Tp1 & -d3Tp2 & q3 - d3Tp3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V1 \\ V2 \\ V3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3d1Tcs \\ 3d2Tcs \\ 3d3Tcs \end{pmatrix}$$

Mon but est de connaître la valeur numérique des indicateurs verts  $V1$  et  $V2, V3$ , j'ai utilisé la méthode de Cramer pour résoudre cette équation matricielle

### b- Calcul de l'index Rouge

L'index rouge s'exprime de façon générale sous la formule suivante :  $R = E [d \times \frac{T}{q}] + 1$

Ainsi pour la **boucle 1**, l'index rouge s'écrit :  $R1 = E [d 1 \times (T1/q)] + 1$

Et pour la **boucle 2** on a :  $R2 = E [d 2 \times (T2/q)] + 1$

Et pour la **boucle 3** on a :  $R3 = E [d 3 \times (T3/q)] + 1$

Avec  $T1$  et  $T2, T3$  représentent respectivement les délais d'approvisionnement pour les boucles 1, 2 et 3 ( $T = Tr + Tcs + Tt + Tp$ )

### c- Calcul de l'indicateur de boucle

Les indicateurs des deux boucles s'écrivent sous la forme :

$$\begin{cases} B1 = E [d 1c(Ta1 / q)] + 1 \\ B2 = E [d 2 \times (Ta2 / q)] + 1 \\ B3 = E [d 3 \times (Ta3 / q)] + 1 \end{cases}$$

- $Ta1$  est le temps d'attente qui correspond à la production d'un conteneur de fils pour le Projet T8PPL précédée du temps de changement de série :

$$Ta1 = V1 \times Tp1 + Tcs$$

- $Ta2$  est le temps d'attente qui correspond à la production d'un conteneur fils pour la Presse de sertissage précédée du temps de changement de série :

$$Ta2 = V2 \times Tp2 + Tcs$$

- $Ta3$  est le temps d'attente qui correspond à la production d'un conteneur fils pour la machine de torsade précédée du temps de changement de série :

$$Ta3 = V3 \times Tp3 + Tcs$$

Le tableau suivant indique les résultats obtenus des trois indicateurs :

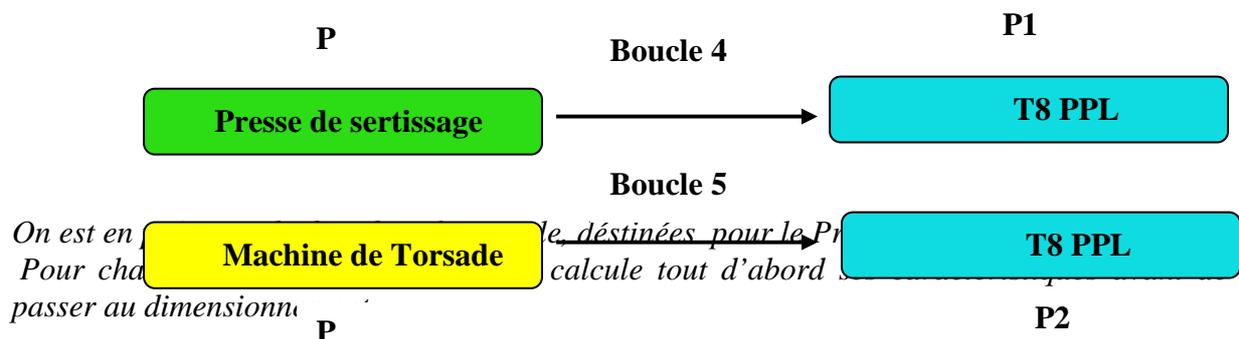
	<b>R1</b>	<b>2</b>
	<b>B1</b>	<b>1</b>

<b>Boucle 1</b>	V1	1
<b>Boucle 2</b>	R2	2
	B2	1
	V2	1
<b>Boucle 3</b>	R3	5
	B3	3
	V3	2

**Tableau5.2:** Résultats du dimensionnement des boucles 1,2 et 3

- Le nombre total de Kanban pour la boucle 1 est :  
 $N1 = V1 + R1 + B1 = 4$  Kanban
- Le nombre total de Kanban pour la boucle 2 est :  
 $N2 = V2 + R2 + B2 = 4$  Kanban
- Le nombre total de Kanban pour la boucle 3 est :  
 $N3 = V3 + R3 + B3 = 10$  Kanban

### II.1.2. Boucle entre les lignes de Préparation et T8PPL



Puisqu'on a absence de boucles en parallèle, le seul index rouge suffira pour dimensionner les encours, donc le nombre total des Kanban nécessaire pour éviter la rupture de stock dans ce cas est égal à l'index rouge. Sous le mode de gestion de stock à point de commande on a la formule :

$$N = R = E \left[ \frac{d \times (Tr + Tcs + Tp + Tt)}{q} \right] + 1$$

En se basant sur l'exigence de Production de la ligne d'assemblage et les capacités de Production des machines de Préparations, ainsi que le chronométrage effectué sur le terrain des différents paramètres cités ci-dessus, j'ai réussi à établir le tableau suivant :

P1 (fil/h)	P2 (fil/h)	d1 (fil/h)	d2 (fil/h)	q1 (fil)	q2 (fil)	Tcs (h)	Tr1 (h)	Tr2 (h)	Tt1 (h)	Tt2 (h)	Tp1 (h)	Tp2 (h)
199.5	247.7	60	60	100	100	0.063	0.33	0.33	0.083	0.083	0.50	0.40

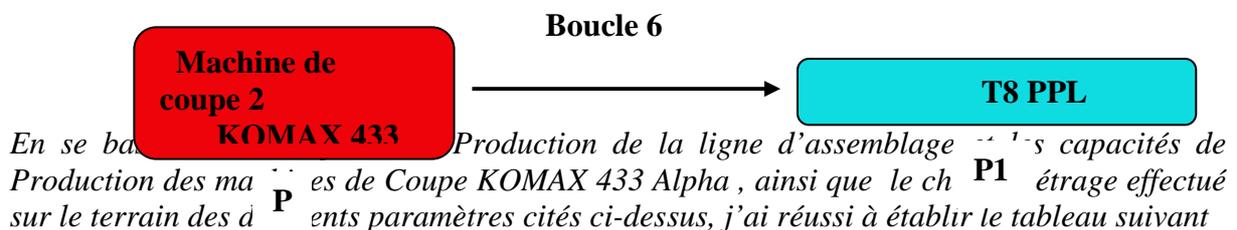
**Tableau5.7: Valeurs caractéristiques des deux boucles 4 et 5**

On calcul le nombre total des Kanban nécessaire pour chacune des deux boucles :

<b>Boucle 4</b>	<b>R4</b>	<b>2</b>
<b>Boucle 5</b>	<b>R5</b>	<b>2</b>

**Tableau5.8: Résultats du dimensionnement des boucles 4 et 5**

### II.1.3. Boucle entre la machine de coupe 2 et T8PPL



<b>P1</b> (fil/h)	<b>d1</b> (fil/h)	<b>q1</b> (fil)	<b>Tcs</b> (h)	<b>Tr1</b> (h)	<b>Tt1</b> (h)	<b>Tp1</b> (h)
156.5	60	100	0.063	1	0.45	0.64

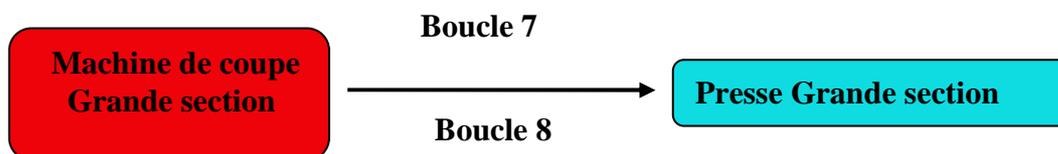
**Tableau5.9: Valeurs caractéristiques des deux boucles 6**

On calcul le nombre total des Kanban nécessaire pour cette boucle :

<b>Boucle 6</b>	<b>R6</b>	<b>2</b>
-----------------	-----------	----------

**Tableau5.10: Résultats du dimensionnement de la boucle 6**

### II.1.4. Boucle entre la machine de coupe grande section et T8PPL



Pour chacune de ces deux boucles on calcule tout d'abord ses caractéristiques avant de passer au dimensionnement.

En se basant sur les données de Production de la ligne d'assemblage des capacités de Production des machines de Coupe Grande section et du chronométrage effectué sur le terrain des différents paramètres cités ci-dessus, j'ai réussi à établir le tableau suivant

<i>P1</i> (fil/h)	<i>P2</i> (fil/h)	<i>d1</i> (fil/h)	<i>d2</i> (fil/h)	<i>q1</i> (fil)	<i>q2</i> (fil)	<i>Tcs</i> (h)	<i>Tr1</i> (h)	<i>Tr2</i> (h)	<i>Tt1</i> (h)	<i>Tt2</i> (h)	<i>Tp1</i> (h)	<i>Tp2</i> (h)
550.19	306.37	306.37	60	100	100	0.063	0.033	1	0.016	0.45	0.18	0.32

**Tableau5.11:** Valeurs caractéristiques des deux boucles 7 et 8

On calcul le nombre total des Kanban nécessaire pour chacune des deux boucles :

<i>Boucle 7</i>	<b>R7</b>	<b>2</b>
<i>Boucle 8</i>	<b>R8</b>	<b>2</b>

**Tableau5.12:** Résultats du dimensionnement des boucles 7et 8

## II.2. La prise en considération des aléas

Le dimensionnement des encours entre la machine de coupe et les lignes situées en aval, obtenu à ce stade là, est valable juste dans un univers certain exempt d'aléas. Or on sait bien qu'en production les aléas sont nombreux.

Etant donné que la machine de coupe est un élément névralgique dans la chaîne de production et que son arrêt conduit à l'arrêt de toute la production puisqu'elle est la source d'alimentation de toutes les lignes de de production , il faut obligatoirement alors introduire ses aléas dans le dimensionnement des encours.

Effectivement, la machine de coupe fonctionne en permanence pour satisfaire le cumul de la demande de toutes les lignes de Production , alors il y a une grande probabilité pour qu'elle tombe en panne à n'importe quel moment, le temps d'intervention pour y remédier est plus important ce qui influence le délai d'approvisionnement des postes en aval, donc il est fondamental de prendre en considération un coefficient de sécurité qui permet d'ajouter un encours de sécurité à celui obtenu précédemment pour compenser aux aléas. Ce coefficient de sécurité proportionnel aux aléas est calculé à partir de l'historique des pannes de la machine de coupe. En effet ce coefficient représente le taux d'indisponibilité de la machine, Ce dernier est déduit directement de la disponibilité.

### II.2. 1MTBF, MTTR et disponibilité

#### *a. Indice de fiabilité : MTBF*

Temps moyen entre deux pannes (Mean Time Between Failure), mesure la probabilité d'un dispositif pour qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant un temps donné.

$$MTBF = \frac{\text{Temps de marche total}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

#### *a. Indice de maintenabilité : MTTR*

Temps moyen de dépannage (Mean Time To Repair), mesure la probabilité pour qu'un système réparable en panne soit remis en état dans un délai maximal donné, lorsque l'entretien et la réparation sont faits dans des conditions spécifiées.

$$MTTR = \frac{\text{Temps d'arrêt total}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

### b. Taux de disponibilité

Mesure la probabilité que le système fonctionne correctement à un instant quelconque, lorsqu'il est utilisé et entretenu dans les conditions spécifiées.

$$\text{Disponibilité} = \frac{MTBF}{(MTTR + MTBF)}$$

Le taux d'indisponibilité est égal alors à :

$$\begin{aligned} \text{Le taux d'indisponibilité} &= 1 - \text{Taux de Disponibilité} \\ \rightarrow \text{Coefficient de sécurité} &= 1 + \text{Le taux d'indisponibilité} \end{aligned}$$

Après avoir déterminé le coefficient de sécurité, il reste de multiplier l'encours de chaque Fil par ce coefficient pour être certain que malgré les aléas jamais on tombera dans une rupture de stock.

$$\rightarrow \text{Coefficient de sécurité} = 1.12$$

On calcule la valeur finale des encours pour chaque fil :

Fil « High-Runners »	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Encour Total	5	5	11	3	3	3	3	3

Tableau 5.13: Calcul du nombre total des Kanban avec la prise en compte du coefficient de Sécurité

### Conclusion :

Dans un premier temps, j'ai décrit 'Kanban' comme étant un outil principal pour concrétiser la mise en place de la philosophie Juste à temps.

Après j'ai développé un modèle de calcul des paramètres utilisés dans une boucle Kanban, dont l'originalité réside dans la prise en compte du cas de trois boucles en parallèle. Un calcul de l'index vert, de l'index rouge et de la zone intermédiaire, appelée indicateur de boucle, permet de définir complètement les paramètres de pilotage de la machine située en amont des boucles.

Ensuite j'ai dimensionné toutes les boucles Kanban à l'optimum en appliquant une méthodologie structurée.

# Conclusion et Perspectives

*Dans le présent projet, j'ai montré que le déploiement d'une démarche Lean manufacturing pour l'amélioration des flux permet une meilleure exploitation des ressources propres pour faire face à la conjoncture critique et conduisant à des gains Considérable. Il permet en plus de la réduction des stocks d'en-cours la maîtrise des flux physiques et d'information et une régularisation du fonctionnement des zones de Production.*

*En conclusion, je peux dire que les buts visés au départ sont bien atteints : la bonne exploitation de la surface de la zone T8 Principale, l'équilibrage des lignes Production, la maîtrise des en-cours de fabrication et la prévention des ruptures d'approvisionnement, et enfin la régularisation du fonctionnement de l'unité de production.*

*En effet j'ai pu réaliser les tâches suivantes :*

- Dans le premier temps, j'ai étudié l'implantation de la zone T8 Principale Afin de proposer des solutions pour l'intégration des postes épissures à l'intérieur de la zone, ainsi d'optimiser les flux physiques et informatiques en interne*
- j'ai ensuite pu améliorer la capacité des lignes de Production par équilibrage des charges.*
- Par la suite, j'ai proposé un modèle de mise en place d'un flux tiré pour les activités coupe et Production par déploiement des boucles kanban*

*Pour que cela soit efficace, je Propose, comme perspectives, que ce travail soit une plate forme pour une démarche d'amélioration de la productivité et des conditions de travail de l'unité de production DELPHI. Une démarche qui sera basée sur la mise en œuvre des outils tels que le Kaizen, la TPM et le SMED. Tous ces outils se révèlent utiles dans une démarche Lean Manufacturing globale, afin de pérenniser une dynamique permanente de perfectionnement.*



## Bibliographie

- [1] : LAMRANI Safia, Les systèmes manufacturiers. Note du cours de systèmes de prod  
2008.
- [2] : BELMOKHTAR Sana, Lignes d'usinage avec équipements standard : modélisa  
Configuration et optimisation. Thèse présentée pour le grade de Docteur de l'É  
Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2006.
- [3] : A.DOLGUI et J.M.PROTH, les systèmes de production modernes : conception, ge  
Optimisation, éditions LAVOISIER 2006.
- [4] : VINCENT GIARD, Gestion de la production et des flux, 2003.
- [5] : T.HOUGRON, Conduite de projet, 2005.
- [6] : DUNOD, Organisation de la gestion de production, Cours et exercices corrigés, 2000.
- [7] : DUNOD, Gestion de la production, 1997.
- [8] : SHIN GO (S.), Maîtrise de la production et méthode Kanban – Le cas Toyota, édition  
D'organisation, 1983.
- [9] : Magazine TECHNOLOGIE N°146 Novembre-Décembre, rubrique Techno méca.
- [10] : COURTOIS (A.), MARTIN -BONNE FOUS (C.), PILLET (M.), Gestion de produ  
Éditions d'organisation, 1995 (chap. 8).
- [11] : Techniques d'ingénieurs - Fiabilité. Maintenabilité

## Planning de Production (département de Coupe)

Car Line	Description	PN	DPI	Planner	Wk20	Wk21	Wk22	Wk23	Wk24	Wk25	Wk26	Wk27	Wk28	Wk29	Wk30	Wk31	Wk32	Wk33	Wk34	Wk35	Wk36	Wk37
T8	PRINCIPAL	T8PPL0922	13832060	209	0	0	0	0	264	478	470	406	401	401	401	0	0	331	351	0	397	421
T8	PRINCIPAL	T8PPL0936	13854482	209	0	0	0	0	94	171	173	175	138	138	138	0	0	92	97	0	110	117
T8	PRINCIPAL	T8PPL0937	13854483	209	0	0	0	0	50	89	91	83	54	54	54	0	0	39	42	0	47	50
T8	PRINCIPAL	T8PPL0938	13854484	209	0	0	0	0	8	13	20	20	11	11	11	0	0	8	7	0	9	9
T8	PRINCIPAL	T8PPL0920	13832058	209	0	0	0	0	143	264	256	256	291	291	291	0	0	225	238	0	269	286
T8	PRINCIPAL	T8PPL0921	13832059	209	0	0	0	0	41	68	68	67	89	89	89	0	0	74	79	0	89	94
T8	PRINCIPAL	T8PPL0924	13832062	209	0	0	0	0	9	21	18	19	22	22	22	0	0	20	21	0	24	25
T8	PRINCIPAL	T8PPL0925	13832063	209	0	0	0	0	11	21	20	24	24	24	24	0	0	18	19	0	22	22
T8	PRINCIPAL	T8PPL0923	13832061	209	0	0	0	0	53	96	94	120	140	140	140	0	0	96	103	0	116	123
T8	PRINCIPAL	T8PPL0991	13854480	209	30	64	72	222	198	168	262	294	296	296	296	0	0	212	225	0	254	269
T8	PRINCIPAL	T8PPL1003	13820084	209	4	3	2	5	4	3	3	6	5	5	5	0	0	5	4	0	5	6
T8	PRINCIPAL	T8PPL1004	13820085	209	30	44	36	45	47	52	51	45	48	48	48	0	0	39	41	0	46	49
T8	PRINCIPAL	T8PPL1005	13820086	209	19	32	22	37	32	35	31	30	35	35	35	0	0	31	33	0	37	40
T8	PRINCIPAL	T8PPL1006	13820087	209	15	20	16	17	17	18	16	14	17	17	17	0	0	14	16	0	17	19
T8	PRINCIPAL	T8PPL1007	13820088	209	0	3	1	5	3	2	1	3	3	3	3	0	0	3	3	0	3	4
T8	PRINCIPAL	T8PPL1008	13820089	209	9	13	10	10	4	6	3	7	8	8	8	0	0	6	6	0	6	8
T8	PRINCIPAL	T8PPL1009	13820090	209	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	1	0	2	2
T8	PRINCIPAL	T8PPL1012	13820093	209	22	25	23	30	26	29	30	44	43	43	43	0	0	29	30	0	34	36
T8	PRINCIPAL	T8PPL1014	13820095	209	8	15	9	15	17	18	17	18	15	15	15	0	0	12	13	0	14	15
T8	PRINCIPAL	T8PPL1016	13820097	209	18	13	11	12	33	49	46	35	10	10	10	0	0	9	9	0	10	11
T8	PRINCIPAL	T8PPL1017	13820098	209	0	2	1	2	8	12	12	9	8	8	8	0	0	6	7	0	8	8
T8	PRINCIPAL	T8PPL1021	13820102	209	100	103	90	105	83	79	74	100	123	123	123	0	0	91	96	0	109	115
T8	PRINCIPAL	T8PPL1023	13820104	209	11	22	17	21	16	14	14	13	14	14	14	0	0	13	13	0	16	16
T8	PRINCIPAL	T8PPL1025	13820106	209	48	95	69	87	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	PRINCIPAL	T8PPL1027	13820108	209	35	81	54	81	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	PRINCIPAL	T8PPL1028	13820109	209	18	26	21	30	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	PRINCIPAL	T8PPL1029	13820110	209	13	20	19	23	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	PRINCIPAL	T8PPL1036	13820111	209	39	79	53	72	53	59	48	54	72	72	72	0	0	58	62	0	70	74
T8	PRINCIPAL	T8PPL1037	13820112	209	21	25	23	23	20	18	19	13	18	18	18	0	0	18	18	0	20	22
T8	PRINCIPAL	T8PPL1039	13820114	209	18	27	27	28	19	21	16	24	29	29	29	0	0	20	21	0	24	25
T8	PRINCIPAL	T8PPL1041	13820116	209	18	25	15	28	20	11	10	11	10	10	10	0	0	6	7	0	8	8
T8	PRINCIPAL	T8PPL1042	13820117	209	11	26	17	25	15	19	13	12	14	14	14	0	0	13	13	0	15	16
T8	PRINCIPAL	T8PPL1044	13820119	209	59	103	81	96	74	70	68	55	52	52	52	0	0	42	45	0	51	54
T8	PRINCIPAL	T8PPL1046	13820121	209	144	153	132	150	81	38	36	31	27	27	27	0	0	21	23	0	27	27
T8	PRINCIPAL	T8PPL1018	13820099	209	15	26	17	22	23	28	26	34	34	34	34	0	0	23	24	0	27	29
T8	PRINCIPAL	T8PPL1070	13838380	209	826	819	739	824	632	569	578	672	726	726	726	0	0	0	0	0	0	0
T8	PRINCIPAL	T8PPL1020	13820101	209	234	194	188	191	200	232	229	224	217	217	217	0	0	157	168	0	188	201
T8	PRINCIPAL	T8PPL1071	13838382	209	501	388	381	385	308	291	279	369	461	461	461	0	0	317	336	0	380	403

### Temps de cycle :

	poste de travail	Temps de l'élément	temps de cycle		
Sous Ensemble	Post Seal	120"	122"	Cellules de kitting	
	Cell 01 SE	120"	122"		
	Cell 02 SE	120"	122"		
	Cell 03 SE	120"	122"		
	Post 04 SE	120"	120"		chaîne
	Post 05 SE	120"	122"		
	Post 06 SE	120"	122"		
	Post 07 SE	120"	122"		

	<b>Post 08 SE</b>	121"	<b>122"</b>	
	<b>Post 09 SE</b>	119"	<b>122"</b>	
	<b>Post 10 SE</b>	120"	<b>122"</b>	
	Cell 01	118"	120"	
	Cell 02	120"	122"	
	Cell 03	121"	123"	
	Cell 04	120"	122"	
	Cell 05	120"	122"	
	Cell 06	119"	121"	
	Cell 07	117"	119"	
	Cell 08	119"	121"	
	Cell 09	117"	119"	
	Cell 10-1	117"	119"	
	Cell 10-2	115"	117"	
	Cell 11	118"	120"	
	Cell 12	120"	122"	
	Post 11 Main	118"	120"	
	Post 12 Main	120"	122"	
	Post 13 Main	118"	120"	
	Post 14	120"	122"	
	Post 15 1218s	118"	120"	
	Post 16 6550s	119"	121"	
	Post 17 Main	120"	122"	
	Post 18 Main	120"	122"	
	Post 18-2 Main	119"	121"	
	Post 19 Main	120"	122"	
	Post 20 Main	118"	120"	
	Post 21 Main	120"	122"	
	Post 22 Main	120"	122"	
	Post 23 Main	119"	121"	
	Post 24 Main	120"	122"	
	Post 25 Main	120"	122"	
	Post 26 Main	120"	122"	
	Post 27 Main	119"	121"	
	Post 28 Main	119"	121"	
	Rob1	120"	122"	
	rob2	120"	122"	
	rob3	119"	121"	
	BPGA1	118"	120"	
	BPGA2	122"	122"	
	pack	120"	122"	
	pack2	120"	122"	
	ROB4	120"	122"	
	BPGA3	120"	122"	
	PACK3	120"	121"	
	Label	120"	122"	

**Temps de  
de l'élément +  
déplacement**

Calcul des

sous ensemble

Sous

=

global du câble

Sous

global des cellules

Cellules de kitting

global du sous

global de la  
Cellules de la

global du sous

Flux physiques

**cycle = temps  
temps de**

Proportion :

Temps cycle du

Ensemble %

Temps cycle

Ensemble % =  
= 18.6%

Temps cycle  
366

% =

Temps cycle  
ensemble

= 30%

Temps cycle  
chaîne

chaîne % =

Temps cycle  
ensemble

= 70%

dans la zone de coupe :





