



Année Universitaire : 2016-2017



**Master Sciences et Techniques en Génie Industriel**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Élaboration d'une matrice d'aide à la décision en vue de  
standardiser la chaîne d'assemblage**

**Lieu : YAZAKI MOROCCO Tanger « YMO »**

**Référence : 11 /17-MGI**

**Présenté par :**

**SAMILI Wafae**

**Soutenu Le 14 Juin 2017 devant le jury composé de :**

- **Pr. HAMED L'Habib (encadrant FST)**
- **M. BAKKALI Hicham (encadrant YAZAKI TANGER )**
- **Pr. CHERKANI HASSANI (examineur)**
- **Pr. SQALLI.H Driss (examineur)**



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Nom et prénom : Wafae Samili**

**Année Universitaire : 2016/2017**

**Titre : Assembly line concept standardization : matrice d'aide à la décision dans une démarche d'intégrabilité**

#### **Résumé :**

Étant, un leader dans le domaine « fabrication câblage automobile », YAZAKI MOROCCO s'oriente dans des démarches d'optimisation de son système de production en s'intéressant à l'amélioration de la conception des chaînes d'assemblage considérées processus primordial du système.

Dans ce cadre, L'entreprise a développé des modèles de chaînes nommés dans le contexte « démarche intégrabilité » qui permettent de regrouper la diversité des produits et d'optimiser les coûts de la conception, mais qui présentent une multiplicité accrue dans la décision de choix des processus.

Le présent travail a pour but de réduire cette multiplicité en se basant sur le concept de standardisation en parallèle avec l'analyse multicritère.

La standardisation permet d'avoir des lignes directrices guidant la conception et l'analyse multicritère offre une alternance critère/alternative valable pour chaque situation.

Afin de bien mener ce sujet, j'ai jugé utile de se baser premièrement sur le concept de la chaîne d'assemblage, en donnant une vision théorique globale pour pouvoir comprendre les contraintes liées à ce type de production.

La deuxième étape était de présenter les critères sur lesquels se base le choix du modèle de la chaîne, pour s'intéresser finalement à la standardisation de la démarche d'intégrabilité et résumer tous les cas trouvés dans une matrice de décision qui se base sur une multiplicité des critères relatifs au design des faisceaux de câbles, à leur composition ainsi qu'à la nature de la demande client.

**Mots clés :** chaîne d'assemblage, démarche d'intégrabilité, standardisation, analyse multicritère, matrice de décision.

#### **Abstract:**

As a leader in « automotive wiring manufacturing », YAZAKI MOROCCO is oriented towards the optimization of its production system by focusing on improving the assembly line design.

In this context, The Company has developed line models named « integrability demarch » which allowed grouping all the product diversity and optimizing implementation costs, but presents a greater multiplicity in the choice of processes.

The aim of this subject is to reduce this multiplicity based on standardization concepts in parallel with multicriteria analysis.

Standardization allows having lines implementation guidelines and the multicriteria analysis offers a valid alternation criterion / alternative for each situation.

In order to do this well, I thought it would be useful to rely firstly on the assembly line concept by giving a global theoretical vision in order to understand the constraints related to this type of production.

The second step was to present the criteria on which the choice of the line model is based, to finally take an interest in the standardization of the intgerability demarch, and to summarize all the cases in a decision matrix based on a multiplicity Criteria relating to the wire harnesses design, their composition and the nature of the customer request.

**Keywords:** assembly lines, intgerability demarch, standardization, multicriteria analysis, and decision matrix.



## **Remerciements :**

*Je profite de cette occasion pour exprimer mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de mon stage.*

*Ces remerciements vont tout d'abord au cadre professoral et administratif de la faculté des sciences et techniques de Fès, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Je remercie également tous les membres de jury pour vouloir participer à l'évaluation de mon travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement Mr. L'HABIB HAMEDI, mon encadrant pédagogique, pour son soutien, ses conseils et son encadrement. et le temps qu'il a bien voulu me consacrer tout au long la durée de stage.*

*Finalement, j'exprime ma profonde gratitude à mon tuteur de stage au sein de YAZAKI MORROCO, Mr. HICHAM BAKKALI superviseur service prototype et processus spécifiques. Il m'a fait bénéficier de ses conseils, sa pédagogie et ses compétences qui ont permis à ce travail d'aboutir, et qui m'ont permis d'enrichir le contenu de mon rapport.*

# Table des matières

Liste des tableaux : .....	
Liste des figures : .....	
Liste des formules : .....	
Glossaire : .....	
Étapes du projet : .....	
Introduction générale : .....	1
Chapitre1 : <i>Environnement du projet</i> .....	
<i>Partie A : Présentation de l'entreprise d'accueil</i> .....	2
I.    Présentation du groupe YAZAKI : .....	2
1.    YAZAKI Monde : .....	2
2.    YAZAKI MAROC : .....	2
a.    Fiche signalétique : .....	3
b.    Organigramme général : .....	3
II.   Activités principales d'YMO et processus de production : .....	4
1.    Activité principale de YAZAKI Maroc : .....	4
2.    Généralités sur le câblage automobile : .....	4
a.    Types de câblage : .....	4
b.    Composants d'un câble électrique : .....	4
3.    Flux de fabrication : .....	5
a.    Réception et inspection : .....	5
b.    Coupe : .....	5
c.    Pré assemblage : .....	5
d.    La ligne d'assemblage : ou zone P3 .....	6
e.    L'expédition : .....	6
Conclusion : .....	6
<i>Partie B : Cadre conceptuel du projet</i> : .....	7
I.    Problématique : .....	7
II.   Cadre conceptuel du projet .....	7
1.    Acteurs du projet : .....	7
2.    Contexte pédagogique : .....	7
3.    Stratégie du projet : .....	8
a.    Cahier de charge : .....	8
b.    Démarche utilisée : .....	8

c. Limite de l'étude : .....	9
<b>Conclusion :</b> .....	9
<b>Chapitre 2 : Revue théorique sur la ligne d'assemblage</b> .....	
<b>I. Historique :</b> .....	10
<b>II. Ligne d'assemblage :</b> .....	10
1. Flux continu (one-piece flow): .....	11
2. Concept et terminologie : .....	11
3. Contraintes du temps : .....	11
4. Avantages et inconvénients des lignes d'assemblage : .....	12
5. Types de lignes d'assemblage : .....	12
6. Formes physiques des lignes d'assemblage (Implantation) .....	13
<b>III. Conception des lignes d'assemblage :</b> .....	14
1. Contraintes de conception : .....	14
2. Critères d'optimisation : .....	14
<b>IV. Équilibrage de la ligne d'assemblage</b> .....	14
1. Contraintes d'équilibrage : .....	14
2. Types d'équilibrage : .....	15
a. Équilibrage Lignes mono produits .....	15
b. Équilibrage lignes multi produits : .....	15
<b>V. Performance d'une ligne d'assemblage :</b> .....	16
1. Critères de performance : .....	16
2. Réponse aux demandes d'offres : .....	16
<b>Conclusion :</b> .....	16
<b>Chapitre 3 : « YMO line Concept » : Critères d'optimisation de la conception et critères de choix du type de ligne</b> .....	
<i>Partie A : Les critères d'optimisation de la conception de la chaîne d'assemblage</i> .....	17
<b>I. Introduction</b> .....	17
<b>II. Premier critère : Assurer la flexibilité et l'ajustabilité de la ligne :</b> .....	18
1. Premier indicateur : l'impact des fluctuations de la prévision de demandes : .....	18
a. Rampup Courbe : .....	19
b. NPS file : .....	19
2. Deuxième indicateur : Grandeurs d'impact des changements sur le processus .....	20
a. Gestion des changements internes .....	20
b. Gestion des spécifications client : .....	20
<b>III. Deuxième critère : Optimiser le cout de la mise en place du processus d'assemblage</b> .....	20

1.	Les frais relatifs à la main d'œuvre :	21
2.	Le coût de la superficie prise par la ligne :	21
<b>IV.</b>	<b>Troisième critère : Faciliter le travail de l'opérateur en prenant compte des risques hygiène sécurité :</b>	<b>21</b>
1.	Conditions de workability par rapport au Lay-out :	21
2.	Conditions de workability par rapport au JIG :	22
<b>V.</b>	<b>Quatrième critère : Scénario productif à qualité optimale :</b>	<b>22</b>
1.	DPM :	22
2.	Qualification produit :	23
a.	L'ISIR.....	23
b.	Retex :.....	23
<b>Conclusion :</b>		<b>23</b>
	<i>Partie B : Critères de choix du type de ligne d'assemblage et introduction à la démarche d'intégrabilité.....</i>	<i>23</i>
<b>I.</b>	<b>Chaine d'assemblage dans le système YMO :</b>	<b>23</b>
1.	Définition de la chaine d'assemblage concept câblage.....	23
2.	Critères de choix du modèle de la chaine :.....	24
<b>II.</b>	<b>Introduction à la démarche d'intégrabilité.....</b>	<b>24</b>
1.	Définition de la démarche :.....	24
2.	Avantages de la démarche :.....	25
3.	Différences entre les types de lignes dans la démarche d'intégrabilité.....	25
4.	Lignes à Mix Production.....	26
a.	Caractéristiques : Étude de capacité.....	26
b.	Risques dans les chaînes Mix production :.....	28
<b>Conclusion :</b>		<b>29</b>
	<b>Chapitre 4 : Standardisation de la démarche d'intégrabilité.....</b>	<b>.....</b>
	<b>Partie A: Standard operating procedure:.....</b>	<b>30</b>
<b>I.</b>	<b>Introduction :</b>	<b>30</b>
<b>II.</b>	<b>Raison d'être et définitions :</b>	<b>30</b>
1.	Mission :	30
2.	Raison D'être :	30
3.	Responsabilités :	30
4.	Définitions :	30
<b>III.</b>	<b>Étude de la faisabilité d'intégration :</b>	<b>31</b>
1.	Étude de l'intégrabilité sur JIG :	31
2.	Étude de l'intégrabilité sur processus d'insertion :	32

<b>3. Étude de l'intégrabilité sur machines de joint :</b>	34
a. At line splicing processus :	34
b. In line splicing process :	34
c. On line splicing process :	35
<b>4. Étude du processus de revêtement :</b>	37
a. Structures de gestion des composants :	37
b. Relation entre les inconvénients de la structure traditionnelle et le temps non productif :	39
c. Démarche d'unification des composants	41
<b>5. Étude de l'intégrabilité sur clip checker :</b>	44
<b>IV. Étude de Capacité :</b>	46
<b>Conclusion:</b>	48
<b>Partie B : Matrice de choix dans la démarche d'intégrabilité :</b>	49
<b>I. Introduction :</b>	49
<b>1. Justification du choix de la forme de la matrice :</b>	49
<b>2. Critères et échelle d'évaluation :</b>	49
<b>II. Élaboration de la matrice de décision :</b>	50
<b>1. Contexte d'utilisation et forme générale :</b>	50
a. Contexte d'utilisation de la matrice :	50
b. Forme générale	51
<b>2. Axes: JIG BOARD Integrability et Insertion Process</b>	51
a. Axe : JIG Board Integrability :	51
b. Intégration des processus d'insertion :	52
<b>3. Axes: Splicing process et clip checker testing</b>	53
a. Splicing process:	53
b. Clip checker Testing :	53
<b>4. Gestion des composants:</b>	53
a. Démarche d'unification :	53
b. Structure de gestion des composants	54
<b>5. Axe : différence étude de capacité entre Intégration et Mix Production :</b>	55
a. Matrice de choix du type de la ligne :	55
b. Différence étude de capacité entre l'intégration et le Mix production :	55
Conclusion :	56
<b>Conclusion générale et perspectives :</b>	60
<b>Bibliographie et Webographie :</b>	1
<b>Annexes</b>	2

## Liste des tableaux :

Tableau 1: Fiche signalétique YMO.....	3
Tableau 2: Accessoires câblage.....	5
Tableau 3: Terminologie de l'assemblage .....	11
Tableau 4: Contraintes du temps d'une ligne d'assemblage :.....	12
Tableau 5 : avantages et inconvénients des lignes d'assemblage.....	12
Tableau 6: Répartition demandes pour l'exemple mix production.....	27
Tableau 7: Calcul capacité Mix production.....	27
Tableau 8: Analyse AMDE MIX PRODUCTION.....	28
Tableau 9: Avantages At line .....	34
Tableau 10: Caractéristiques in line .....	35
Tableau 11: Avantages On line .....	35
Tableau 12: Classification machines de joint.....	36
Tableau 13: Inconvénients Structure traditionnelle.....	38
Tableau 14: Avantages wasurembo.....	39
Tableau 15: Mesure temps de déplacement.....	39
Tableau 16: Mesure du temps de déplacement par rapport au degré de qualification.....	40
Tableau 17: Analyse AMDE Clip checker.....	45
Tableau 18: Étude de capacité.....	47
Tableau 19: Calcul du taux d'occupation/shift .....	48
Tableau 20: Critères relatifs à l'évaluation de l'intégration .....	50
Tableau 21: Contexte d'utilisation de la matrice de décision .....	51
Tableau 22: Matrice de choix pour JIGBOARD.....	51
Tableau 23: Légende tableau des risques .....	52
Tableau 24: Tableau analyse des risques scénario 1, JIG BOARD.....	52
Tableau 25: Choix process d'insertion.....	52
Tableau 26: Choix Splicing process.....	53
Tableau 27: Choix du clip checker.....	53
Tableau 28: Démarche unification .....	54
Tableau 29: Légende roue des risques.....	54
Tableau 30: Matrice de choix de la ligne .....	55

## Liste des figures :

Figure 1: Organigramme YAZAKI MORROCO.....	3
Figure 2: Types de câblage automobile.....	4
Figure 3: flux de production câblage.....	5
Figure 4: Bête à cornes : cahier de charge.....	8
Figure 5: Types de lignes d'assemblage.....	13
Figure 6: Schéma hiérarchie critères indicateurs.....	18
Figure 7: Exemple Rampup.....	19
Figure 8: QQQQCP démarche d'intégrabilité.....	25
Figure 9: Types des chaines dans une démarche intégrabilité.....	26
Figure 10: Tronc et branche d'un faisceau.....	31
Figure 11: Différenciation des branches optionnelles par couleur.....	32
Figure 12: On line splicing process.....	36
Figure 13: Structure traditionnelle de gestion des composants.....	37
Figure 14: Plaque wasurembo.....	38
Figure 15: Structure wasurembo.....	38
Figure 16: Temps de déplacement par rapport au temps de travail total.....	40
Figure 17: Rapport entre la qualification des opérateurs et l'augmentation du temps non productif.....	41
Figure 18: Longueur physique des gaines sur tronçon.....	42
Figure 19: Longueur des gaines sur connectique.....	43
Figure 20: Exemple longueur des gaines sur connectique.....	44
Figure 21: Répartition take rate des bases.....	46
Figure 22: Roue d'analyse des risques.....	54
Figure 23 : Capture case différenciation étude de capacité dans la matrice.....	55
Figure 24: Forme générale de la matrice.....	59

## Liste des formules :

Equation 1:Formule du takt time .....	12
Equation 2 : Formule du nombre des opérateurs .....	27
Equation 3:Formule du cycle temps .....	27
Equation 4 :Formule de la production annuelle par produit .....	46
Equation 5:Formule du Man hour pondéré .....	46
Equation 6 : Formule du temps de travail par produit.....	47
Equation 7:Formule du taux d'occupation .....	47

## Glossaire :

- Liste des abréviations :

<b>YMO</b>	<b>YAZAKI MORROCO</b>
<b>FIFO</b>	First In First Out
<b>RFQ</b>	Request for qualification
<b>PFMEA</b>	Process failure mode effects analysis
<b>TT</b>	Takt Time
<b>DPM</b>	Défaut par million
<b>ISIR</b>	Initial sample inspection report
<b>MH</b>	Man Hour
<b>LHD</b>	LEFT HAND DRIVING
<b>RHD</b>	RIGHT HAND DRIVIG
<b>DE</b>	Design Engineering
<b>PE</b>	Process Engineering
<b>NPT</b>	Non productive time
<b>VS</b>	Vinyl sheet
<b>LQC</b>	Line Quality Control
<b>CC</b>	Clip checker
<b>CP</b>	Contre partie
<b>W/H</b>	Wire harness (faisceaux de câbles)
<b>EGI</b>	Electric gasoil injection

- Acronymes :

<b>Shift</b>	<b>Durée de travail</b>
<b>JIG</b>	Tableau d'assemblage
<b>Hight Runner</b>	La base la plus commandée
<b>SPS</b>	Postes d'insertion
<b>Layout</b>	Dessin du Faisceau sur le JIG

## Étapes du projet :

### Intégration dans l'organisme d'accueil

- Etude de flux de production
- Etude du cablage automobile
- Etude des étapes d'assemblage

### Recherche théorique sur la chaîne d'assemblage :

- Etude des origines de la chaîne d'assemblage.
- Etude de types des chaînes.
- Etude des contraintes de conception de la chaîne.

### Etude de la chaîne d'assemblage dans le système "YMO"

- Détermination de la différence entre les différents types de chaînes.
- Implémentation des critères de choix de type de ligne
- Détermination de la situation qui permet d'intégrer plus qu'un produit dans la même chaîne d'assemblage "démarche d'intégrabilité"
  
- Etude de chaque type de chaîne dans la démarche d'intégrabilité différemment.
  
- Etudier les risques du Mix production et des postes fixes.

### Etude des chaînes à intégration

- Observation des projets dont l'intégration est mise en place.
- *Etude du choix des processus (JIG Board, postes d'insertion, machines de joint et clip checker):*
  - -Observation des différents types d'intégration sur le JIG
  - Implémentation des critères de choix.
  - Détermination des alternatives de choix des processus
  
- *Etude des structures de gestion des composants;*
  - Calcul du temps de déplacement des opérateurs
  - Détermination de la structure de gestion optimale
  - Etude sur les guides d'assemblage des faisceaux pour les règles d'unification des composants
- *Implémentation de la démarche d'unification:*
  - Etude sur les guides d'assemblage des faisceaux pour les règles d'unification des composants
  - Implémentation de la démarche d'unification.

### Elaboration de la matrice de décision :

- recherche sur les différents types de matrice de décision
- Détermination de l'échelle d'évaluation et des niveaux des critères.
- Elaboration de la matrice.

## **Introduction générale :**

Ce qui différencie une entreprise d'une autre est l'art avec lequel elle transforme ses ressources en résultat, un système de production est le recueil de cet art. Il est défini comme l'ensemble des pratiques, des règles, des outils et méthodes qui forment la culture industrielle de l'entreprise.

L'excellence opérationnelle d'un système de production est la standardisation de ses processus, leur optimisation pour réaliser les objectifs de la société aussi vite et efficacement que possible.

La standardisation est l'un des outils les plus puissants mais les moins utilisés dans l'approche Lean. C'est une démarche de réduction de diversité surtout dans les systèmes de production caractérisés par des gammes de produits et des processus de fabrication variés tels que les systèmes de chaînes d'assemblage.

Le présent travail, s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études, vient répondre à cette vision en veillant à cerner les décisions prises durant la conception des lignes d'assemblage, processus primordial dans le système de production de YAZAKI Morocco « Tanger ».

Le but de ce projet est d'étudier les chaînes d'assemblage aménagées pour traiter plus qu'un produit et qui sont nommées dans le système de production « YMO » : « démarche d'intégrabilité » pour enfin standardiser le choix des processus dans ce cas en se basant sur l'analyse des critères dans le but de regrouper toutes les alternatives possibles de la démarche d'intégrabilité dans une matrice d'aide à la décision.

Le présent travail est réparti en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une présentation globale de l'entreprise d'accueil et du cadre conceptuel du projet.
- Le deuxième chapitre expose la chaîne d'assemblage du point de vue théorique.
- Le troisième chapitre décrit les critères sur lesquels se base l'optimisation de la conception de la ligne ainsi que le choix du modèle de la chaîne d'assemblage dans le système de production « YMO ».
- Le quatrième chapitre porte sur la standardisation de la démarche d'intégrabilité selon deux étapes : l'analyse des processus sous le cadre d'une « standard operating procedure » et l'élaboration de la matrice d'aide à la décision.

Et enfin une conclusion générale qui résume les résultats principaux du projet.



**Chapitre1 :**

*Environnement du projet*

*Ce chapitre illustre l'arrière-plan du projet, en présentant dans un premier temps l'entreprise d'accueil ainsi que son flux de production puis en surlignant la stratégie du projet, les objectifs et les limites d'étude.*

## ***Partie A : Présentation de l'entreprise d'accueil***

---

### **I. Présentation du groupe YAZAKI :**

#### **1. YAZAKI Monde :**

YAZAKI est une multinationale japonaise spécialisée dans les systèmes de câbles, les systèmes électriques et l'instrumentation. Elle a fait ses débuts en 1929 avec le père SADAMI YAZAKI dans la vente du câblage automobile, pour s'orienter par la suite vers la production de ce dernier.

En 1935, YAZAKI a pu être élargie pour enfin créer YAZAKI ELECTRIC WIRE INDUSTRIAL Co. Ltd avec 70 employés.

En Octobre 1941, YAZAKI est devenue l'un des leaders dans le domaine du câblage, composants pour automobile avec un capital de 3.1915 milliards Yen.

En 1962, le processus de délocalisation de la société a commencé, avec sa filiale THAIYAZAKI ELECTRIC WIRE CO.LTD. Il s'est poursuivi par la création, en octobre 2000, d'une unité de Production au Maroc, sous la dénomination de YAZAKI SALTANO DE Portugal, Succursale MAROC.

#### **2. YAZAKI MAROC :**

Vu les résultats réalisés depuis ses débuts, et sa certification par la maison mère, en Mai 2003, YAZAKI SALTANO DE Portugal s'est transformée en une entité indépendante appelée « YMO : YAZAKI MORROCO S.A ».

La société a poursuivi sa stratégie, par l'ouverture de YAZAKI Kenitra Maroc en 2010. Et en 2013 elle a renforcé son existence par un nouveau site de production à Meknès.

YMO est spécialisée dans la production et le montage du câblage automobile. Ses principaux clients sont NISSAN, PSA (Peugeot & Citroën) et Renault.

a. Fiche signalétique :

Le tableau 1 regroupe les coordonnées nécessaires de l'entreprise, et représente sa fiche signalétique.

Tableau 1: Fiche signalétique YMO

Raison Sociale	YAZAKI Maroc
Forme juridique	Société anonyme
Capital	86025400 DH convertibles.
Chiffre d'affaire	200 M Euros.
N° Patente	50279338
Identification fiscale	04906347
Effectifs	4679
Activité	Câblage automobile

b. Organigramme général :

La structure organisationnelle au sein de YAZAKI MORROCCO est une combinaison entre la structure fonctionnelle et la structure opérationnelle, d'où l'existence de plusieurs départements (figure 1).

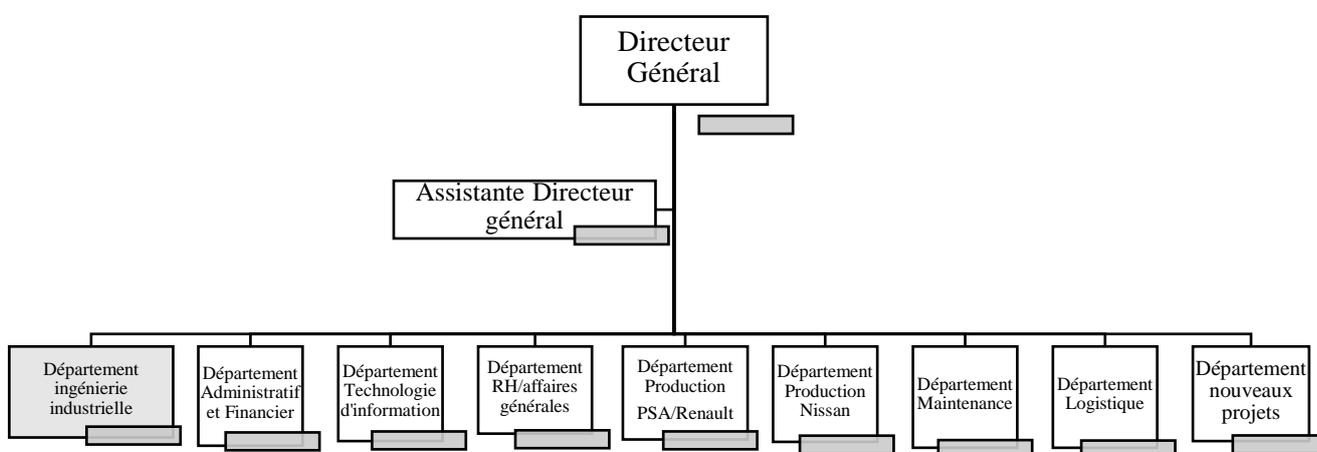


Figure 1: Organigramme YAZAKI MORROCCO

Ce stage est effectué au sein du département ingénierie industrielle.

## II. Activités principales d'YMO et processus de production :

### 1. Activité principale de YAZAKI Maroc :

L'activité de YMO est la production du câblage automobile qui sert à assurer la conductivité électrique entre différents points dans l'automobile à partir de la source d'énergie jusqu'au consommateur de cette énergie.

### 2. Généralités sur le câblage automobile :

Un câblage se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles. Cette division est très utile pour faciliter le montage dans le véhicule ou bien la réparation en cas de panne.

#### a. Types de câblage :

Il existe différents types de câblages comme : le câblage principale (Main), le câblage moteur (Engin), le câblage sol (body), câblage porte (door), etc. .... (Voir figure 2).

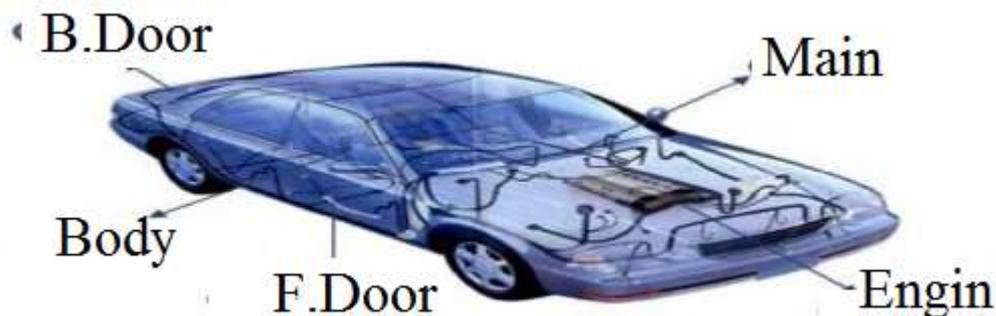
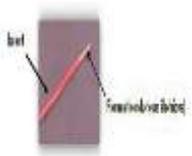


Figure 2: Types de câblage automobile

#### b. Composants d'un câble électrique :

Un câblage est un ensemble de conducteurs électriques, terminaux, connecteurs et matériels de protection. Le tableau 2 regroupe les différents composants du câblage automobile ainsi que leurs fonctions principales.

Tableau 2: Accessoires câblage

Fil électrique	Terminal	Connecteur	Ruban	Tubes	Fusibles	Clips
						
<b>Conduction électrique</b>	Connexion entre un câble et un autre.	Pièces sur lesquels les terminaux sont insérés pour assurer l'interface entre le câblage et l'équipement.	protection et isolation du câblage.	Protection contre les agressions mécaniques.	Couper le courant en cas d'une surcharge ou d'un court circuit	Fixer le câblage à la carrosserie de l'automobile

### 3. Flux de fabrication :

La figure suivante montre les différentes étapes de fabrication d'un câblage automobile, chacune est expliquée dans les sections suivantes.

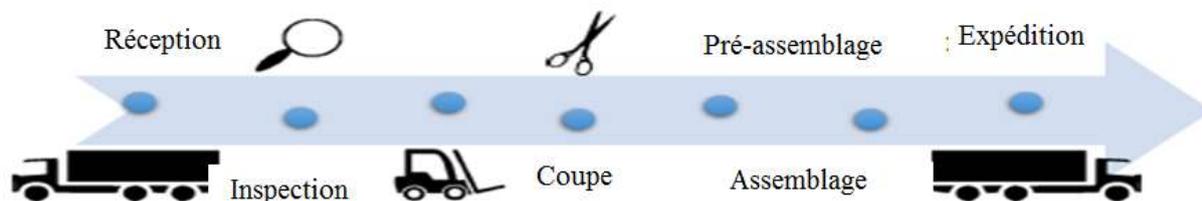


Figure 3: flux de production câblage

a. Réception et inspection :

Une fois la matière première est reçue, sa qualité, ses références et ses quantités sont vérifiées par inspection, puis elle est stockée dans le magasin dans des étagères selon la méthode FIFO.

b. Coupe :

La coupe ou zone P1, est la transformation primaire des fils électriques par la machine Komax, selon une fiche technique du modèle venant du client. La machine permet ainsi le sertissage automatique des fils.

c. Pré assemblage :

Ou bien dite zone « P2 » ; dans laquelle les fils passent par plusieurs étapes comme :

- Sertissage manuelle : c'est l'opération d'insertion des terminaux. Elle permet de déterminer la continuité entre le terminal et le câble.
- Twist : ce sont les machines qui permettent de torsader les fils pour les protéger des champs magnétiques.

d. La ligne d'assemblage : ou zone P3

Les câbles passent généralement par trois étapes principales lors de l'assemblage :

- ✓ L'insertion : cette étape consiste à insérer manuellement les terminaux des fils dans les connecteurs qui leurs correspondent.
- ✓ L'enrubannage : est l'opération qui permet de recouvrir les fils une fois insérés par les rubans et les protecteurs.
- ✓ L'inspection et les tests : qui se base sur les étapes suivantes :
  - Le clip checker : permet de tester la présence de chaque clip dans l'emplacement qui lui est dédié.
  - Test électrique : permet de vérifier l'existence des connexions requises, la présence de court-circuit, etc...
  - Test Vision : est utilisé dans le cas où le faisceau comporte une boîte fusible.
  - Contrôle qualité : permet de vérifier la longueur des branches, la présence de l'enrubannage et des accessoires et le respect de l'architecture finale exigée.

e. L'expédition :

Une fois emballés, les faisceaux sont rassemblés dans des palettes et envoyés à l'expédition. Cette dernière s'occupe de livrer le produit au client conformément à sa demande.

**Conclusion :**

YMO est une filiale de YAZAKI Monde créée en Mai 2003 et spécialisée dans la production de câblage automobile.

Le câblage a pour but d'assurer la conductivité entre les différents points de l'automobile, la principale étape du flux de production d'un faisceau de câbles est l'assemblage.

## ***Partie B : Cadre conceptuel du projet :***

---

### **I. Problématique :**

La chaîne d'assemblage est le processus primordial dans la fabrication des faisceaux de câbles, c'est dans cette étape que tous les éléments se regroupent ensemble, ainsi que toutes les difficultés concernant chaque câble.

La problématique de la ligne d'assemblage est la grande diversité entre les processus spéciaux que nécessite chaque faisceau et entre la capacité qui doit être immobilisée pour chacun ce qui exige la séparation des chaînes d'un faisceau à un autre.

La séparation des chaînes par faisceau engendre des contraintes dans l'utilisation de la surface, et permet d'augmenter l'ignorance du concept de la ligne d'assemblage.

L'intérêt est orienté vers l'optimisation de la conception de la chaîne d'assemblage à partir de la mise en place des critères d'évaluation sur lesquels s'appuient la décision et des lignes directrices concernant la diversité et réduisant l'ignorance sur le concept.

Ce projet a pour but de réaliser ses points pour le cas de la démarche d'intégrabilité qui a comme objet l'intégration de plusieurs produits dans la même chaîne d'assemblage et qui vise à minimiser les contraintes de surface.

### **II. Cadre conceptuel du projet**

#### **1. Acteurs du projet :**

Maitre d'œuvre : La Faculté des sciences et techniques de Fès (FSTF), département génie industriel, cycle Master sciences et techniques, filière génie industriel, représentée par l'élève lauréat WAF AE SAMILI avec le suivi et l'encadrement de Mr le professeur L'Habib HAMED I.

Maitre d'ouvrage : YAZAKI Morocco, société spécialisée dans la fabrication des faisceaux électriques et installée à Tanger ; Département ingénierie représenté par Mr .Hicham BAKKALI.

#### **2. Contexte pédagogique :**

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études, programmé dans le cursus des lauréats Master en génie industriel à la FST de Fès.

L'objectif principal de ce projet est de s'intégrer dans le monde des entreprises industrielles, pour pouvoir valider la formation acquise à la FST.

### 3. Stratégie du projet :

a. Cahier de charge :

Le schéma Bête à cornes suivant, représente une vue globale du cahier de charge du projet, les sections importantes ainsi que les objectifs.

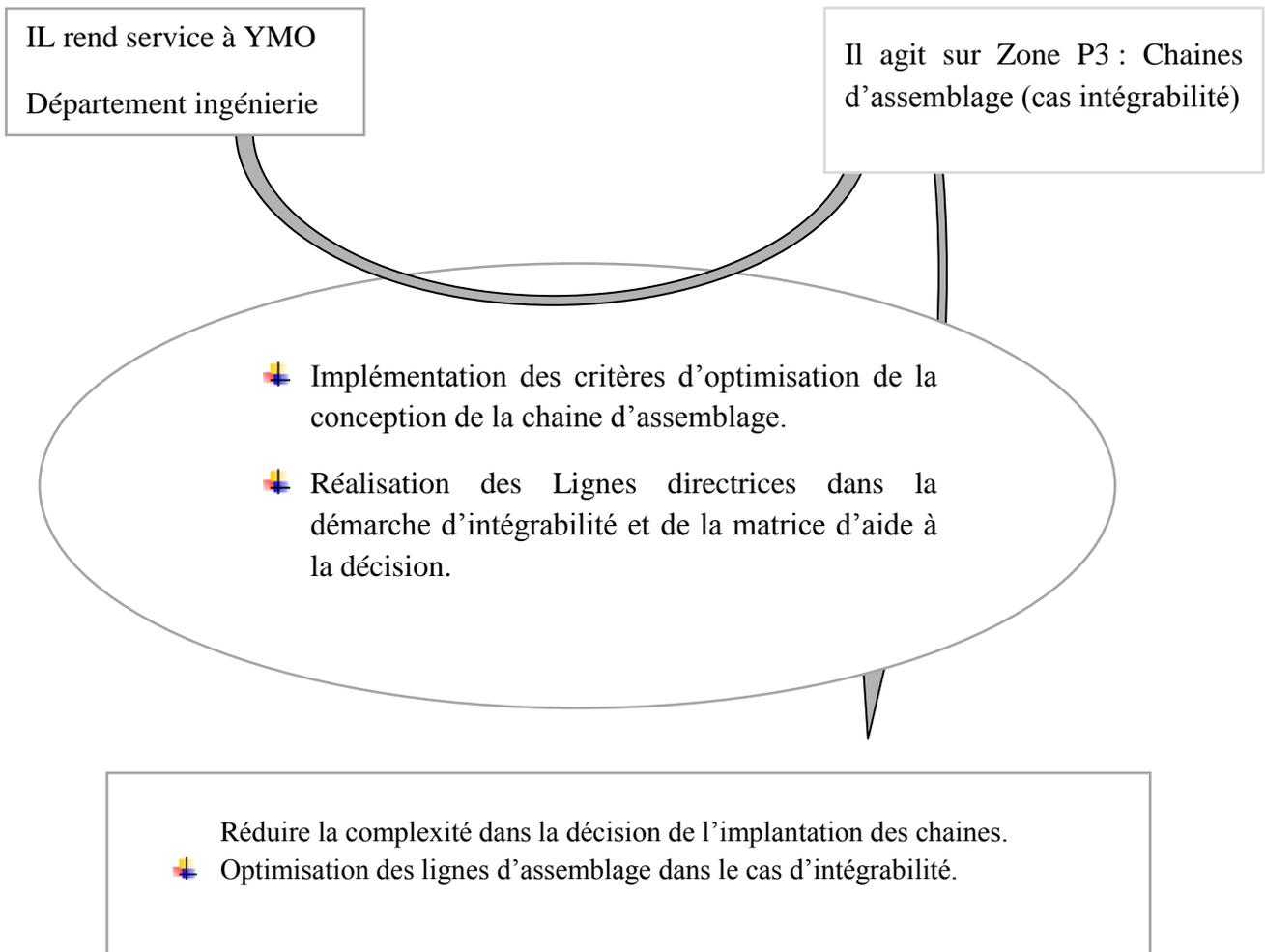


Figure 4: Bête à cornes : cahier de charge

b. Démarche utilisée :

Le sujet est abordé d'une manière systématique, en étudiant d'abord la théorie de la ligne d'assemblage et les contraintes de mise en place. Puis en mettant le point sur la ligne d'assemblage dans le domaine câblage automobile selon deux étapes principales, les critères d'optimisation de la conception et les critères de choix de types de lignes, ensuite en posant les lignes directrices dans la démarche d'intégrabilité afin de concevoir une matrice d'aide à la décision dans cette démarche.

c. Limite de l'étude :

Les limites suivantes sont prises en considération dans l'élaboration du projet en fonction des objectifs déclarés :

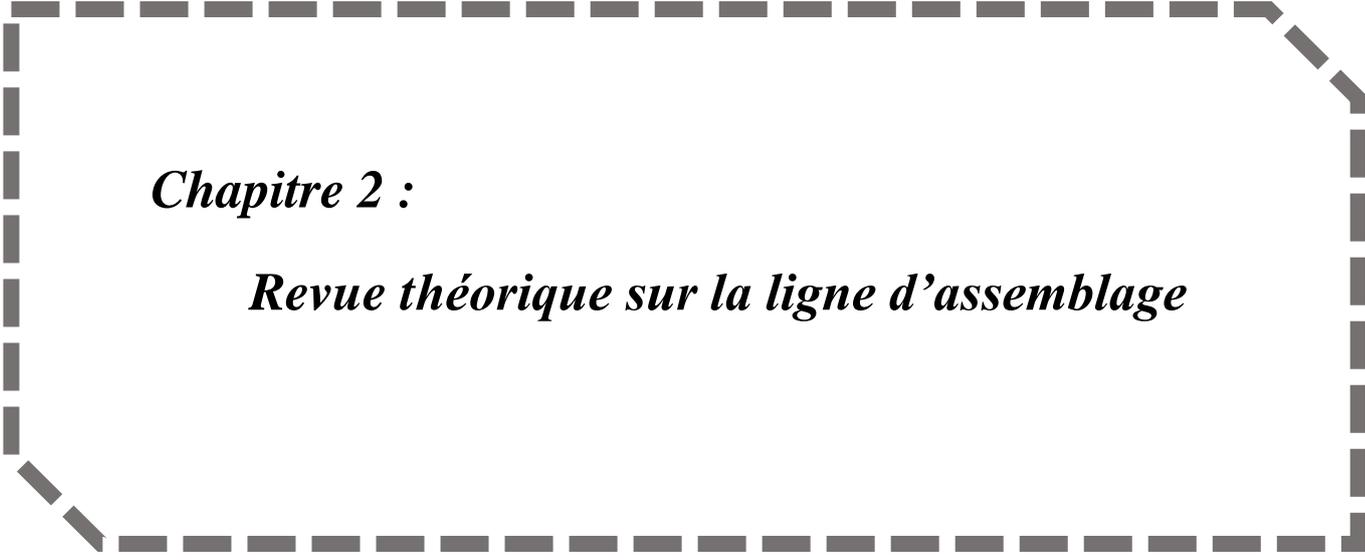
- ✚ Dans le temps : Quatre mois.
- ✚ Dans l'espace : Zone P3 (chaines d'assemblage).
- ✚ Vise principalement à donner des directives applicables lors de la conception d'une nouvelle ligne d'assemblage.
- ✚ L'analyse des processus est de plus qualitative que quantitative.
- ✚ Cette étude n'implique pas la mise en œuvre effective des lignes directrices, cependant cela implique des suggestions de mise en œuvre.
- ✚ La matrice n'effectue pas la décision définitive, mais juste aide dans la décision.

### **Conclusion :**

La problématique de la chaîne d'assemblage est la diversité entre les processus que nécessite chaque faisceau, cette diversité conduit à des contraintes de surface et de gestion de la conception.

Le but de sujet est d'implémenter des critères d'optimisation de la conception pour réduire les contraintes de gestion en s'intéressant aux chaînes aménagées pour traiter plus qu'un produit ou bien dites « démarche d'intégrabilité ».

La première étape de l'étude revient à répondre aux questions : que peut-on dire sur une chaîne d'assemblage ? Et Quelles sont les contraintes de conception de ce système ?



***Chapitre 2 :***

***Revue théorique sur la ligne d'assemblage***

*Ce chapitre présente une brève étude théorique sur le concept de la ligne d'assemblage, l'historique, les différents types, les caractéristiques et les contraintes de conception de ce système de production.*

## **I. Historique :**

Un des systèmes de production les plus importants dans le secteur automobile est la chaîne de montage ou la ligne d'assemblage (assembly line). Un long chemin a été parcouru par ce système depuis les écrits de Frédéric Winslow Taylor jusqu'au système de production Toyota. À partir des années 1880, Taylor a mis en place la théorie de la division de travail dans le cadre de l'OST selon deux axes ; la décomposition du processus de la production en une succession de tâches élémentaires distinctes et la hiérarchisation des fonctions et des responsabilités de la direction jusqu'à l'ouvrier.

La technique du travail à la chaîne comme étant une application de la division du travail, a été imaginée par Louis Renault en 1898, pour être mise en œuvre en 1913 par Henry Ford pour la production de la première voiture abordable, le modèle T Ford. (1)

Grâce à cette innovation, le temps de construction de la Ford "T" est considérablement réduit : il passe de 6 heures à 1h30 et la productivité de l'usine est multipliée par quatre. (1)

Avec le contexte toyotisme, le travail à la chaîne a connu des innovations tout en introduisant les concepts de flux tendu et du juste à temps.

La ligne d'assemblage est donc l'application rationnelle d'une division du travail selon une série de tâches prédéfinies avec la mise en place des concepts d'amélioration continue et du juste à temps. Elle est définie comme l'ensemble de postes de travail spécialisés disposés dans un ordre préétabli correspondant à la succession des opérations d'assemblage des composants d'un produit.

Dans ce qui suit, les concepts et les mots clés pour une ligne d'assemblage sont introduits.

## **II. Ligne d'assemblage :**

Un système productif est organisé en ligne de production lorsque l'agencement des équipements est réalisé de telle sorte qu'un flux continu et régulier de produits puisse passer d'un poste de travail au suivant.

### 1. Flux continu (one-piece flow):

Produire en flux continu c'est effectuer les opérations sur un produit, successivement sans arrêter la production entre chaque opération et sans stocker les encours de fabrication. Il exige la conception des lignes et le regroupement de toutes les opérations en détaillant le processus et en divisant les étapes en tâches élémentaires.

### 2. Concept et terminologie :

Afin d'établir la dynamique de la chaîne de montage, il est essentiel de se familiariser avec les concepts et les éléments impliqués dans le processus d'assemblage qui sont regroupés dans le tableau 3. (2)

Tableau 3: Terminologie de l'assemblage

<b>Produit</b>	un bien qui est offert sur un marché dans le but de satisfaire les besoins d'un client. La plupart des produits sont formés d'unités regroupées pour former le produit final.
<b>Assemblage</b>	l'opération qui amène toutes les unités d'un produit ensemble soit manuellement, soit automatiquement.
<b>Pré-assemblage</b>	l'assemblage des unités séparément, ces unités seront conçues pour être incorporés avec d'autres unités pour former le produit final.
<b>Poste de travail</b>	segment de la ligne d'assemblage où un ensemble d'éléments de travail sont réalisés.
<b>Élément de travail</b>	partie distincte d'un travail donné choisie parce qu'elle se prête à l'observation, à la mesure et à l'analyse.
<b>Tâche</b>	regroupement d'éléments de travail, permettant de constituer un poste de travail.
<b>Segment de ligne</b>	groupe de centres de charge consécutifs situé sur une ligne d'assemblage entre deux postes tampon.
<b>Tampon</b>	poste de ligne d'assemblage sur lequel aucune opération n'est exécutée, où les ordres attendent leur passage au poste suivant.

### 3. Contraintes du temps :

Le tableau 4 décrit les différentes contraintes temporelles qui se produisent dans une chaîne d'assemblage. (3)

Tableau 4: Contraintes du temps d'une ligne d'assemblage :

Temps cycle	l'intervalle de temps où une unité du produit est fabriquée à un poste de travail.
Temps d'opération	Le temps du cycle de vie d'une opération dans une station de travail.
Temps de travail	période entre l'entrée du produit dans la station de travail et la sortie.
Temps Takt (TT)	rythme de sortie du système imposé par les ventes. Il est calculé selon l'équation 1: $\text{Takt time} = \frac{\text{Temps de travail/shift}}{\text{demande client} \times \text{nombre de shifts}}$
Le temps d'inactivité	temps non productif des employés ou/et de machines en raison d'un arrêt de travail de toute cause.
Man Hour (MH)	Le temps moyen nécessaire pour un opérateur qualifié pour effectuer l'assemblage d'une pièce. Il est utilisé pour estimer la quantité totale de la main d'œuvre nécessaire pour effectuer le montage

En connaissant la terminologie du concept de la chaîne, il paraît nécessaire d'avoir une vision sur les caractéristiques de ce système en termes avantages et inconvénients.

#### **4. Avantages et inconvénients des lignes d'assemblage :**

Ce tableau regroupe les avantages et les inconvénients de la ligne d'assemblage.

Tableau 5 : avantages et inconvénients des lignes d'assemblage.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Faible stock	Flexibilité limitée
Débit matière première régulier et simple	Exigence de capital élevé pour l'installation du système.
Flux facile à identifier	Risque de défaillance du système du aux machines
Moins d'espace pour le stockage et le déplacement des matériaux	Risque de défaillance du à la qualité.

Malgré leur manque de flexibilité, les chaînes d'assemblage ont été adaptées au contexte de la diversification des produits tout en développant différents types de lignes.

#### **5. Types de lignes d'assemblage :**

Selon la stratégie de production et la variété de produits, les chaînes de montage sont divisées en trois catégories principales : à modèle unique, multi modèles et à modèles mixtes. (4)

- Ligne d'assemblage à modèle unique : la ligne est dédiée à un modèle, toutes les opérations aux mêmes stations de la ligne sont standards et identiques, et les outputs sont identiques.
- Ligne d'assemblage à modèles mixtes : l'assemblage de différents produits qui subissent des processus similaires, mais peuvent avoir des temps de fonctionnement différents.
- Ligne d'assemblage à modèles multiples : l'assemblage de différents produits qui subissent différents processus d'assemblage avec un séquençement de lots.

La figure 5 montre la différence entre les types différents modèles de chaînes d'assemblage.

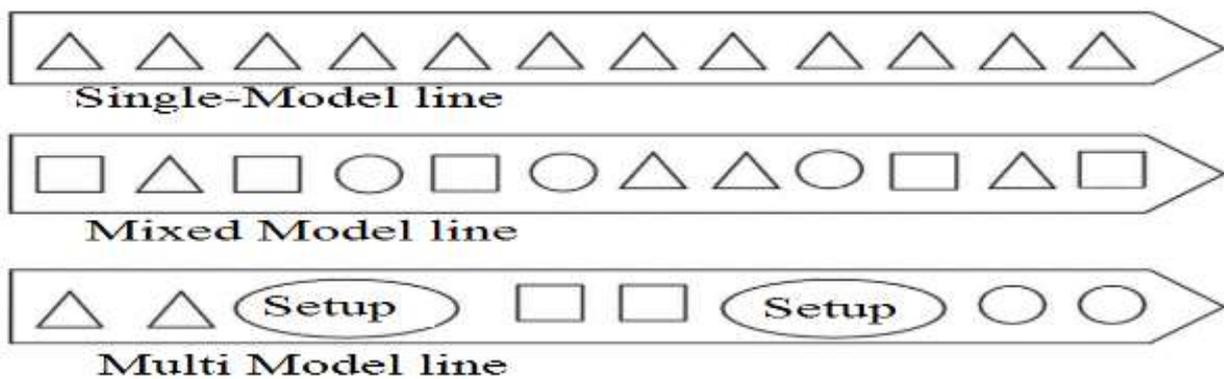


Figure 5: Types de lignes d'assemblage

La stratégie de l'entreprise, et les contraintes de son système déterminent ainsi la forme physique de la chaîne à considérer.

## 6. Formes physiques des lignes d'assemblage (Implantation)

L'implantation est l'organisation physique des éléments d'un système de production en tenant compte des contraintes physiques, des besoins en ressources et des résultats attendus du système.

Parmi les formes d'implantation les plus communes :

- Écoulement en I (débit direct) : ou en série, chaque machine effectue certaines opérations pour compléter la pièce et il n'y a qu'un seul chemin d'écoulement. Ce type est rentable pour une production à volume moyen ou élevé. (5)
- U-Ligne : la meilleure disposition pour les lignes de fabrication manuelle, permet l'adaptabilité de la capacité, l'optimisation des approvisionnements et le travail en équipe autonome.

Après avoir compris le concept général de la chaîne d'assemblage, la section suivante s'intéresse à la conception de celle-ci.

### III. Conception des lignes d'assemblage :

La structure d'une ligne d'assemblage est principalement déterminée par rapport aux contraintes de conception et aux critères d'optimisation.(6)

#### 1. Contraintes de conception :

Les chaînes d'assemblage représentent des contraintes majeures lors de la conception concernant les ressources matérielles et du temps de ce système. Ces contraintes sont :

- Les contraintes d'antériorité entre tâches d'assemblage : les tâches qui doivent être affectées aux postes de travail sont soumises aux contraintes d'antériorité.
- Les contraintes sur les équipements : trois éléments définissent ces types de contraintes qui sont les types d'opérateurs accessibles, les outils disponibles et les temps d'exécution.
- Les contraintes spatiales : à chaque poste d'assemblage est imposé un seuil pour la superficie de l'espace qu'il occupe.
- Les contraintes temporelles : la conception est soumise à un objectif de production prévu, qui est exprimé par un volume de production annuel et par un temps de cycle maximal imposé au système. (6)

#### 2. Critères d'optimisation :

Les critères d'optimisation de la conception des lignes d'assemblage sont : (6)

- ✚ Les critères techniques qui visent à minimiser le nombre de postes de travail en introduisant le maximum de tâches à un poste et en assurant un temps de travail inférieur ou égale au temps cycle imposé.
- ✚ Les critères économiques : qui visent à optimiser le coût de la conception d'une manière à ce que le coût d'investissement ne dépasse pas le coût d'exploitation.

### IV. Équilibrage de la ligne d'assemblage

L'équilibrage de la ligne consiste à définir le nombre d'opérateurs et à répartir l'ensemble des opérations élémentaires sur les postes telles que la ligne d'assemblage soit capable de produire les volumes demandés à un cout de fabrication minimal.

#### 1. Contraintes d'équilibrage :

La perte d'équilibrage dans une chaîne d'assemblage est inévitable. Elle est due aux différents contraintes existants dans la chaîne d'assemblage tels que :

- ✚ Les contraintes de zonage qui obligent une ou plusieurs tâches à être effectuées dans une zone, i.e. un emplacement le long de la ligne d'assemblage.

- ✚ La position du poste de travail par rapport au convoyeur qui dépend du côté de la pièce ou des opérations devra être réalisée.
- ✚ Les contraintes de compatibilité qui forcent le regroupement au sein d'un poste quelconque d'une ou plusieurs opérations.
- ✚ Les contraintes de groupe d'employés qui visent à s'assurer qui ont pour but de regrouper au sein d'un même poste les éléments de travail qui nécessitent les mêmes compétences.

Les temps d'inactivité sont les principaux indicateurs de perte d'équilibrage dans la ligne d'assemblage, ils indiquent qu'il y a un excès de capacité ce qui n'est pas souhaité, il faut donc répartir la charge entre les postes pour atteindre un cycle inférieur au Takt time.

## 2. Types d'équilibrage :

La difficulté d'équilibrage se diffère d'une situation à une autre ainsi que d'un modèle de ligne à un autre.

### a. Équilibrage Lignes mono produits

Pour les lignes mono produit, l'objectif est d'affecter les opérations aux stations de travail, de manière à satisfaire les contraintes de précedence et que chaque opérateur ait le temps de réaliser, durant le temps de cycle, l'ensemble des opérations qui lui sont affectées.

L'équilibrage d'une ligne à produit unique a deux degrés de liberté :

- ✚ L'équilibrage statique, équilibrage des charges de la ligne qui consiste à définir les effectifs et à répartir les opérations aux différents postes de travail, il consiste à trouver la meilleure organisation possible en s'affranchissant d'une situation connue.
- ✚ Le séquençement ou l'équilibrage dynamique qui consiste à ajuster l'organisation de la ligne en fonction des aléas ou des variations commerciales, et consiste à déterminer l'ordre de passage des véhicules sur la ligne d'assemblage.

### b. Équilibrage lignes multi produits :

Pour les lignes à produits mixtes, deux techniques existent :

- ✚ L'ordonnancement qui détermine la séquence des items à produire. La technique est dite Heijunka qui est une technique de lissage de production par le volume, les volumes de commandes sont pris sur une période donnée de temps et lissés pour s'assurer de fabriquer chaque jour la même quantité et le même mix produit.

Le séquençement qui consiste à ordonner jour par jour les items produits, ou par le cadencement qui permet de réordonner les flux des véhicules à l'aide de stocks.

Pour vérifier la conception optimale de la chaîne d'assemblage il faut mesurer sa performance.

## **V. Performance d'une ligne d'assemblage :**

Une ligne d'assemblage est performante si elle a la capacité d'agir selon des critères d'optimalité très variés afin d'atteindre un résultat qui permet de répondre à la diversité des demandes clients. La performance se base sur les critères de performance et sur la réponse aux RFQ. (Request for qualification).

### **1. Critères de performance :**

Les principaux critères de performance d'une chaîne d'assemblage sont :

- La productivité : l'output qu'un opérateur produit dans une unité de temps.
- La disponibilité (Availability) : c'est une mesure de performance qu'on obtient en divisant la durée durant laquelle le système est opérationnel par la durée totale durant laquelle on aurait souhaité qu'il le soit.
- La qualité : qui est calculée en tenant compte des pertes de qualité dans le système.

### **2. Réponse aux demandes d'offres :**

Le client fait parvenir des RFQ qui sont un dossier demandé par une entreprise à plusieurs fournisseurs potentiels préalablement identifiés, sur les estimations des coûts qui seront engendrés pour la réalisation d'un nouveau produit ou d'une prestation de service.

Pour répondre aux demandes d'offres avec des délais de plus en plus courtes, les entreprises se doivent être de plus réactives et capables d'augmenter le volume de production de leur ligne d'assemblage avec un moindre coût et une meilleure qualité.

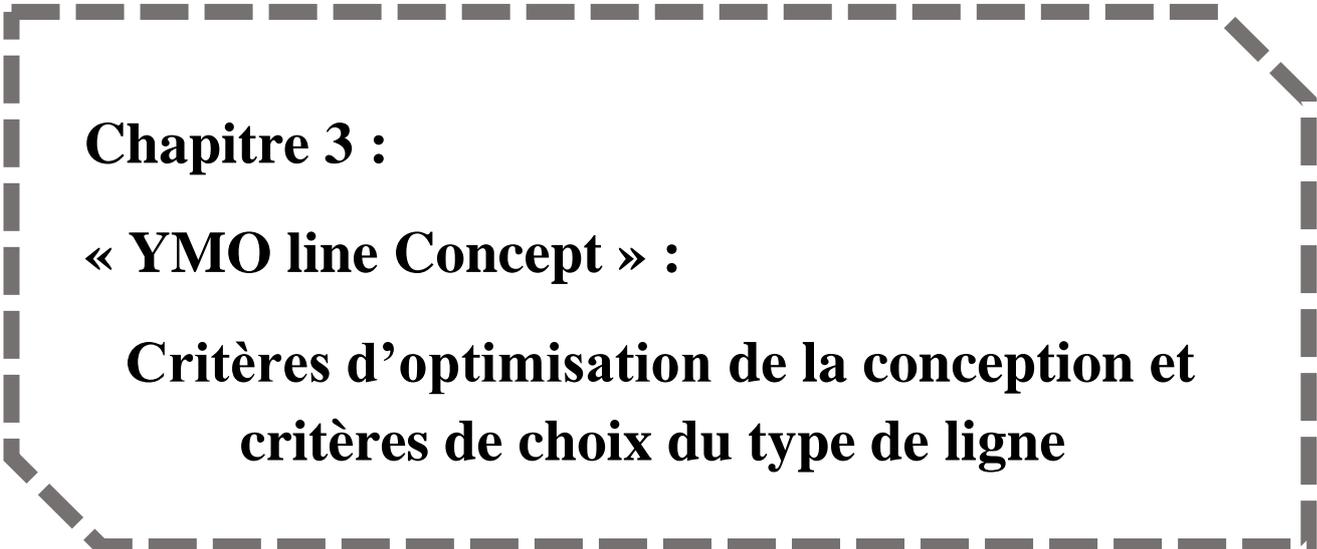
### **Conclusion :**

En conclusion, la ligne d'assemblage est indispensable dans la production des produits volumineux, comme le cas du câblage automobile. Elle est incluse dans le système fordiste et a connu plusieurs améliorations avec le toyotisme.

Le plus nécessaire dans le concept de la chaîne d'assemblage est l'optimisation de la conception en considérant les contraintes mentionnées précédemment et les critères d'optimisation et de performance.

Sur la base de cela, pour parvenir à l'optimisation de ce concept dans le système production YMO, la première étape est de mettre le point sur les critères d'optimisation pour s'intéresser après aux contraintes de conception et surtout les contraintes de choix des équipements.

Donc qu'elles sont les critères d'optimisation de la mise en place des lignes dans le système « YMO » ?



**Chapitre 3 :**

**« YMO line Concept » :**

**Critères d'optimisation de la conception et  
critères de choix du type de ligne**

*Le chapitre suivant est divisé en deux parties, la première expose les critères d'optimisation de la conception de la chaîne d'assemblage et la deuxième donne une vision précise sur la ligne d'assemblage domaine câblage, sur les critères de choix du modèle de la chaîne ainsi que l'importance de la démarche d'intégrabilité.*

## ***Partie A : Les critères d'optimisation de la conception de la chaîne d'assemblage***

---

### **I. Introduction**

Pour déterminer les critères d'optimisation de la conception de la chaîne, une analyse multicritère a été menée.

L'analyse multicritère est une analyse qui vise à expliciter une famille cohérente de critères pour permettre de concevoir, justifier et transformer les préférences au sein du processus de décision concernant la chaîne d'assemblage.

Dans ce contexte, la première étape de l'analyse multicritère est le choix des principes sur lesquels va s'appuyer la décision et qui légitiment le choix des indicateurs et critères. (7)

Pour parvenir à une conception optimisée de la ligne d'assemblage il faut :

- ✚ Choisir le bon scénario de positionnement de la ligne en assurant la disponibilité des équipements et processus et en bien gérer les stocks et les moyens de manutention.

La figure suivante représente l'analyse hiérarchique-critères/indicateurs du principe de la conception de la ligne d'assemblage dans le système production « YMO ».

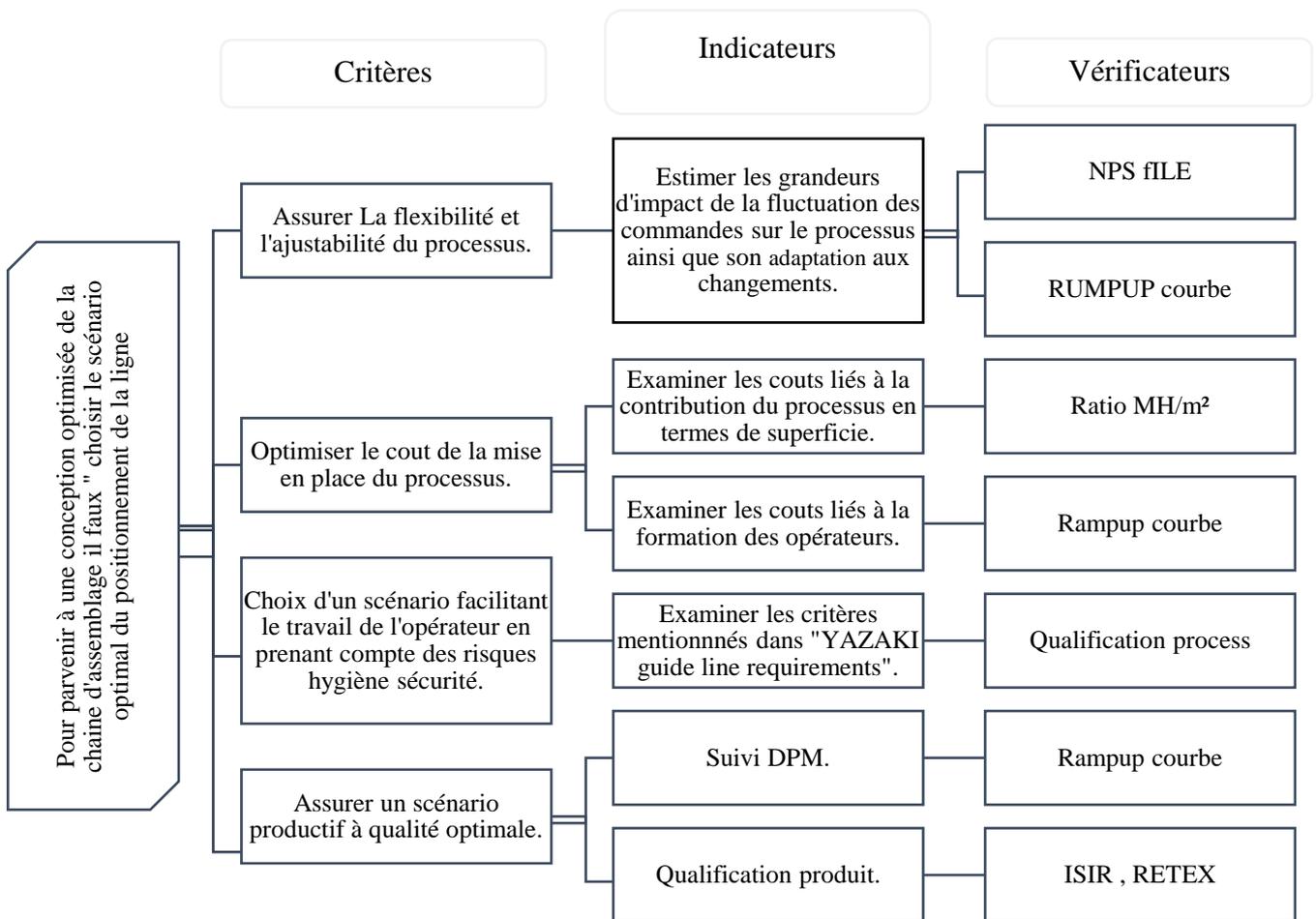


Figure 6: Schéma hiérarchie critères indicateurs

Dans le but de comprendre chaque critère, les parties suivantes donnent une vision sur chacun en expliquant les indicateurs et les vérificateurs.

## II. Premier critère : Assurer la flexibilité et l'ajustabilité de la ligne :

Assurer la flexibilité revient à avoir la possibilité de reconfigurer la ligne et à mettre en place des modes de production ajustables, recomposables et optimaux.

Pour mesurer l'assurance du critère de flexibilité, il est nécessaire de faire recours à la vérification des grandeurs d'impact des fluctuations des commandes et l'adaptation du système aux changements des consignes de fabrication.

### 1. Premier indicateur : l'impact des fluctuations de la prévision de demandes :

La production dans YMO est dépendante de la production de ses clients. Les demandes clients changent selon ses prévisions sur le marché automobile, ce qui exige l'adaptation de la capacité de la manière qui diminue l'impact de ses fluctuations sur le processus de l'entreprise. La gestion de la prévision client est contrôlée par les dossiers standards de YMO tels que :

a. Rampup Courbe :

Le Rampup prévisionnel est le moyen qui indique la moyenne des commandes client pour les différentes phases du projet. La courbe permet de déterminer est ce qu'il y a stabilité ou bien fluctuation dans les commandes et donne une vision globale sur les actions à prévenir pour mettre face à tout type de changements. La figure 7 montre un exemple du Rampup courbe.

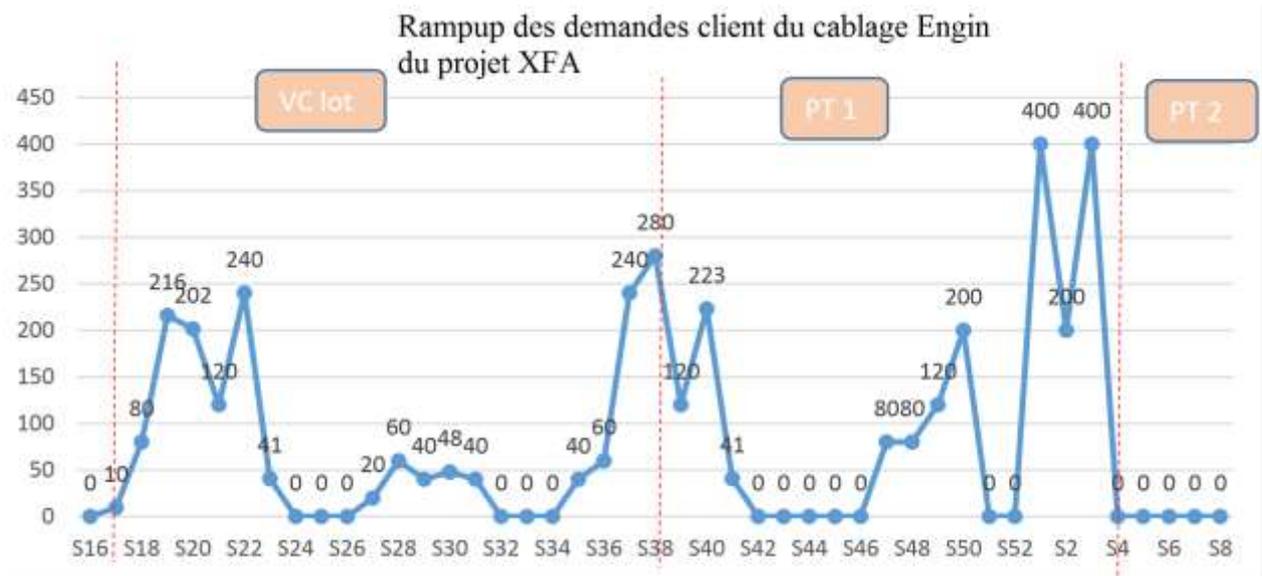


Figure 7: Exemple Rampup

b. NPS file :

Le NPS file est un fichier qui regroupe des données sur la quantité produite par le client et la capacité de production de YMO.

Le fichier permet ainsi de vérifier l'atteinte de la capacité déterminée par le suivi des quantités produites et de contrôler l'état de stock en fonction de la demande client afin d'éviter toute sorte de rupture ou d'excès.

Le contrôle du stock permet de prévoir les actions nécessaires pour confronter les problèmes dus aux fluctuations de la demande comme l'anticipation de l'intégration de nouvelles équipes.

Le suivi par le NPS est hebdomadaire.

Pour assurer la flexibilité, il est nécessaire ainsi de prendre compte des changements sur le processus.

## **2. Deuxième indicateur : Grandeurs d'impact des changements sur le processus**

Les changements sur le processus peuvent influencer l'ajustabilité de la ligne, il faut les gérer de la manière la plus optimale qui minimise leur impact.

Les changements sur le processus peuvent être soit des changements de spécifications de produit ou des changements internes proposés.

### **a. Gestion des changements internes**

La première étape dans la gestion des changements internes est d'analyser le flux de production, les lay-out des chaînes et de l'usine et d'analyser les risques de changements par un dossier PFMEA, afin de vérifier la faisabilité de la proposition.

La deuxième étape est de vérifier si le changement nécessite l'approbation client pour lui envoyer les documents nécessaires et avoir son accord (Liste des familles affectées, planning capacité, PFMEA, etc....).

La troisième étape est l'approbation du changement, suivie de l'actualisation des flux et de l'application de la proposition. (8)

### **b. Gestion des spécifications client :**

Pour bien gérer les changements des spécifications clients, il faut les analyser dans un premier temps pour déterminer celles relatives au dessin du faisceau, à sa composition ou à ses processus, pour ensuite créer un dossier des risques relatives à chaque spécification et enfin appliquer les appliquer en informant tous le personnel.

Après avoir pris les mesures nécessaires pour assurer une conception flexible de la chaîne d'assemblage, il faut s'assurer du coût de sa mise en place tout en faisant recours au deuxième indicateur.

## **III. Deuxième critère : Optimiser le coût de la mise en place du processus d'assemblage**

La performance opérationnelle d'une entreprise revient à concevoir ses lignes de production à coût constant et optimal. L'optimisation du coût revient à examiner deux paramètres principaux qui sont :

## **1. Les frais relatifs à la main d'œuvre :**

Il faut prévoir la main d'œuvre directe et indirecte nécessaire pour réaliser le programme de production et assurer la formation nécessaire à celle-ci pour pouvoir réussir l'assemblage du faisceau.

La gestion de la main d'œuvre se fait en fonction des données prises du NPS file ou du Rampup. En fonction de la demande client et de l'état de stock ; les gestionnaires peuvent prévoir soit l'anticipation de l'ajout de nouvelles équipes, soit de programmer des jours de formation ou d'augmenter la polyvalence.

La gestion de la main d'œuvre repose ainsi sur l'augmentation de sa capacité de travail qui nécessite des conditions optimales relatives au troisième critère.

## **2. Le coût de la superficie prise par la ligne :**

La superficie est une grande contrainte dans le concept assemblage faisceaux automobiles.

Toute surface prise par une ligne ou par un équipement doit être amortie par le profit du produit fabriqué dans ceux-ci.

La vérification de l'optimisation de la surface est faite par le ratio MH/m<sup>2</sup> qui exige le fait qu'il faut 33 MH/m<sup>2</sup>.

## **IV. Troisième critère : Faciliter le travail de l'opérateur en prenant compte des risques hygiène sécurité :**

L'entreprise doit mettre en place tous les facteurs permettant à l'opérateur de réussir sa tâche en améliorant les conditions de motivation, de sécurité etc...

Les conditions qui facilitent le travail de l'opérateur sont indiquées dans les « Guide line requirements » :

### **1. Conditions de workability par rapport au Lay-out :**

Le lay-out ou le dessin du faisceau sur le JIG est considéré comme un aide visuel permet aux opérateurs de réaliser les opérations d'assemblage avec performance en respectant les conditions suivantes : (10)

- Permettre aux opérateurs de trouver facilement et efficacement les informations nécessaires pour leurs opérations ;
- ne placer que les informations d'aide nécessaires pour éviter la confusion ;

- la visibilité et la résolution des couleurs ;
- la visibilité et la lisibilité des symboles en termes de mots, lettres et nombres ;
- la position correcte et la visibilité des nombres de branches ;
- séparation des parts optionnels par différentes couleurs.

## 2. Conditions de workability par rapport au JIG :

Le JIG considéré comme étant le tableau qui assure l'assemblage des faisceaux doit répondre aux conditions suivantes :

- La compatibilité de la position des composants et outils du JIG avec le sens des opérations dans le convoyeur.
- La hauteur du JIG est entre 450mm à 1200 mm compatible avec les conditions d'ergonomie européen. (Annexe 2).
- La vitesse du déplacement du convoyeur doit être compatible avec la capacité de l'opérateur.
- La disponibilité des composants auprès du JIG.
- La perpendicularité des outils du JIG.

L'optimisation de l'espace du travail et l'assurance de workability, l'ajustabilité de la ligne et la production à moindre coût sont nécessairement suivis par l'assurance de la qualité du produit et processus pour permettre la performance et la productivité.

## V. Quatrième critère : Scénario productif à qualité optimale :

Le processus de la ligne d'assemblage doit être capable de répondre aux exigences qualité contractuelle avec le client, dans les trois sens : produit, processus et délai de livraison. Le contrôle de la qualité est suivi par les indicateurs :

### 1. DPM :

Le DPM : nombre de défauts dans un échantillon multiplié par un million.

$$DPM = \frac{\text{nombre de défauts}}{\text{quantité produite}} / 1\text{million}$$

Le suivi DPM est vérifié par la courbe de RAMPUP.

## **2. Qualification produit :**

La vérification de la qualité revient à qualifier le premier faisceau produit soit par L'ISIR ou le RETEX.

### **a. L'ISIR**

Initial sample inspection report ; ou rapport d'inspection du câble initiale, contient les problèmes détectés par le service qualité lors de la première inspection du câble et les actions à menées déterminées par l'ingénierie.

### **b. Retex :**

Le Retex est un plan d'action qui décrit les problèmes et les risques détectés lors de l'assemblage du premier produit faisceau d'un projet, ainsi que les recommandations qui permettent d'éliminer ces risques. Le Retex est élaboré par le service prototype.

## **Conclusion :**

En conclusion , pour optimiser la conception de la chaine d'assemblage il faut bien établir le scénario de positionnement de la ligne en prenant compte des critères de flexibilité de la chaine, d'optimisation du coût de la main d'œuvre et de superficie, d'ergonomie et de qualité.

La deuxième étape dans l'étude de la chaine d'assemblage dans le système « YMO » est la détermination des critères de choix du type de ligne d'assemblage.

## ***Partie B : Critères de choix du type de ligne d'assemblage et introduction à la démarche d'intégrabilité***

---

## **I. Chaîne d'assemblage dans le système YMO :**

### **1. Définition de la chaîne d'assemblage concept câblage**

C'est une ligne rotative, dont les postes de travail sont les JIGBoards et les équipements hors ligne (postes d'insertion et tests).

Les JIGBoards sont les tableaux d'assemblage des faisceaux qui permettent d'avoir les dimensions et les orientations correctes, et de performer les opérations d'enrubannage et de cheminement des fils. (11)

La chaîne est conçue de manière à produire un nombre spécifique de faisceaux (output) par rotation du convoyeur.

La production est contrôlée par un cycle de temps déterminé en se basant sur la demande client. La vitesse de la rotation du convoyeur est fixée selon ce cycle de temps. Il est nécessaire d'équilibrer les opérations d'assemblage pour chaque poste de travail pour ne pas avoir des postes goulots ou en retard.

## 2. Critères de choix du modèle de la chaîne :

Différents modèles de lignes sont conçus pour s'adapter à la demande client. Le choix se base sur l'analyse des critères mentionnés ci-dessous :

- ✚ Le design du faisceau : Le design du faisceau donne une idée sur la complexité de son assemblage, le besoin en matières premières et en processus à utiliser.
- ✚ Le Man hour : Forme une vision sur le nombre des opérateurs nécessaires pour l'assemblage du produit, la longueur de la ligne et même la superficie prise par celle-ci.
- ✚ Take rate : permet de prévoir l'importance du produit fabriqué pour le client.
- ✚ Volume journalier : La demande journalière à livrer.
- ✚ Cycle time : le cycle temps de la ligne doit être compris entre *1.5 min et 4 min*, pour assurer la workability de l'opérateur.

Selon ces critères ; le choix est orienté vers quatre types de lignes : Chaîne standard, chaînes à production mix, chaînes à intégration et postes fixes.

Remarque : Les cas chaînes à intégration, chaînes à production mixte et postes fixes sont inclus dans la démarche d'intégrabilité.

## II. Introduction à la démarche d'intégrabilité

### 1. Définition de la démarche :

Afin de donner une vision globale sur la démarche d'intégrabilité, et pour pouvoir s'approfondir dans l'étude de cette démarche, une analyse QQQCP a été abordée selon la figure suivante.

QUOI?	De quoi s'agit-il ? • Il s'agit de la démarche d'intégrabilité qui consiste à l'intégration de différents produits faisceaux dans la même chaîne d'assemblage.
Qui?	Qui est concerné ? • Département ingénierie et production.
Où?	Où cela se produit-il ? • Zone P3 ( chaînes d'assemblage).
Quand ?	Quand on pense à ? • La demande client des produits n'est pas suffisante pour couvrir le coût de la ligne.
Comment ?	Comment on l'applique? • soit en MixProduction ou en production multiples( chaînes à intégration)
Pourquoi ?	Pourquoi on pense à ? • Pour se confronter aux contraintes de surface et pour répondre à la diversité des demandes avec moindre coût.

Figure 8: QOOQCP démarche d'intégrabilité

Pour bien comprendre l'importance de la démarche d'intégrabilité, la partie suivante met les points sur ses principaux avantages.

## 2. Avantages de la démarche :

Les avantages de la démarche d'intégrabilité sont :

- L'optimisation de la surface.
- Minimisation de nombres de chaînes d'assemblages et de moyens immobilisés.
- Permet de faire correspondre la production à l'évolution des exigences des clients tout en gardant de petites tailles de stock.

La démarche d'intégrabilité se caractérise ainsi par l'existence des différents types de lignes, dont chacun a ses propres caractéristiques.

## 3. Différences entre les types de lignes dans la démarche d'intégrabilité

La démarche d'intégrabilité par rapport à un produit, se base sur le niveau des critères mentionnés précédemment. Le choix peut être selon la figure suivante :

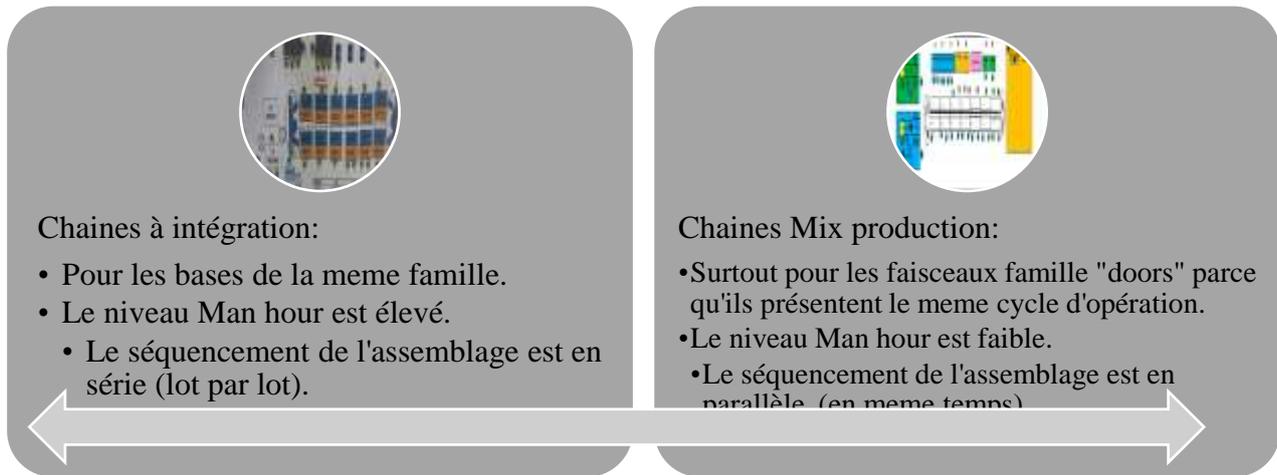


Figure 9: Types des chaines dans une démarche intégrabilité

L'intégration est utilisée fréquemment que le mix production, elle est valable pour toute famille de faisceaux, dans le cas d'intégration des deux bases (Left Hand Driving (LHD), Right Hand Driving(RHD)) d'un produit faisceau, ou lors de l'intégration des différents produits faisceaux de la même famille.

Avant de s'intéresser à la standardisation du cas chaines à intégration, nous donnons une idée sur le Mix production.

#### **4. Lignes à Mix Production**

Cette partie met en lumière le cas de la production mixte en signalant les caractéristiques et les risques engendrés par ce type.

##### **a. Caractéristiques : Étude de capacité**

L'étude de capacité de ce type de lignes repose sur la détermination des nombres d'opérateurs pour chaque produit différemment puis d'ajuster le cycle de temps par rapport au produit « high runner ».

Par exemple si pour un « Car model » la demande pour les produits « A, B, C, D » est répartie selon le tableau 6.

Tableau 6: Répartition demandes pour l'exemple mix production

	<b>Take rate</b>	<b>MH (min)</b>
<b>A</b>	40%	18,3
<b>B</b>	30%	17
<b>C</b>	25%	12
<b>D</b>	5%	4,02
	<b>100%</b>	

Pour le produit D, Le take rate est faible et le MH n'est pas représentatif, l'assemblage se fera en postes fixes, c'est-à-dire les opérations de montage sont effectuées par les opérateurs dans un poste stationnaire, car il est non performant d'immobiliser une chaîne pour ce produit puisque le cycle de temps va être très faible et risque la sécurité des opérateurs.

Les autres produits sont intégrés dans une même chaîne, comme c'est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 7: Calcul capacité Mix production

<b>Produit</b>	<b>MH (min)</b>	<b>Shift</b>	<b>Volume journalier</b>	<b>Takt time (min)</b>	<b>Opérateurs</b>	<b>Temps cycle</b>	<b>Ajustement nombres opérateurs</b>	<b>Temps cycle (min)</b>
<b>A</b>	18,3	2	800	1,15	16	1,15	17	1,07
<b>B</b>	17	2	800	1,15	15	1,13	16	1,07
<b>C</b>	12	2	800	1,15	10	1,2	11	1,07

La première étape est le calcul du Takt time avec l'équation 1,

Puis, le nombre des opérateurs correspondant selon l'équation 2:

$$\text{Nombre des opérateurs} = \frac{\text{MH} * \text{volume journalier}}{\text{working time} * \text{nombre de shifts}}$$

Si le produit A est le produit « High runner » dont le take rate est le plus élevé, on ajuste le nombre des opérateurs pour avoir un cycle temps inférieur au takt time selon l'équation 3:

$$\text{cycle time} = \frac{\text{MH}}{\text{Nombre d'opérateurs}}$$

Puis pour les autres produits, le nombre d'opérateurs est calculé pour ce cycle de temps. La répartition des ressources est selon le besoin de chaque produit. La ligne est conçue de la manière qui permet de différencier les opérateurs de chaque produit. L'équilibrage des opérateurs se base sur les conditions d'ergonomie afin de ne pas influencer le travail des opérateurs.

b. Risques dans les chaînes Mix production :

Le tableau suivant se base sur une analyse AMDE (Analyse des modes de défaillance et de leurs effets), c'est une analyse qualitative qui ne nécessite pas le calcul de la criticité. (12)

Tableau 8: Analyse AMDE MIX PRODUCTION

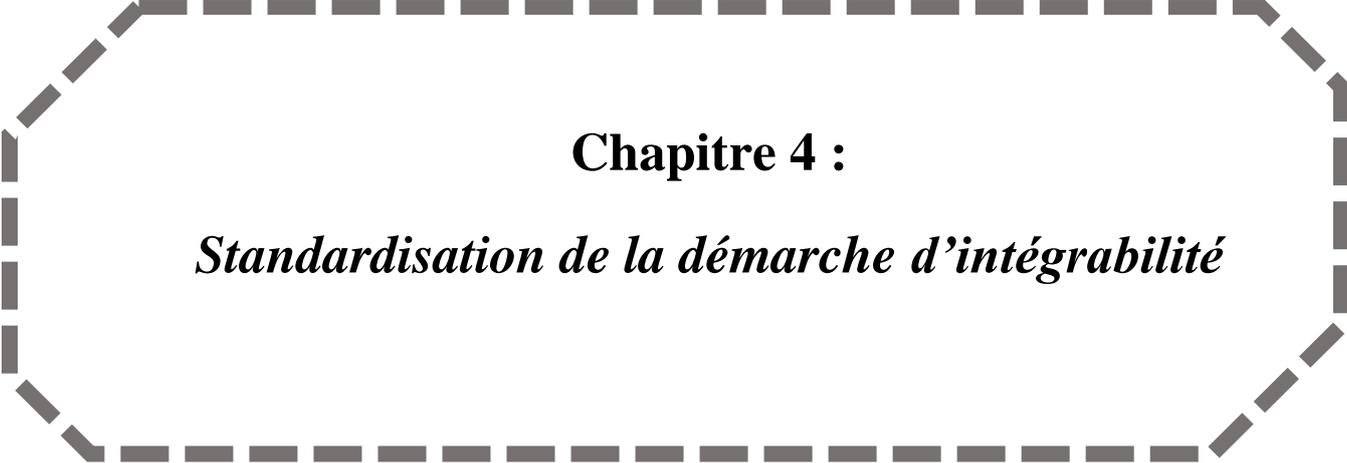
Fonctions	Modes de défaillance	Effets de la défaillance	Causes potentielles
Assurer la production des différents produits de la famille en même temps sans MUDA et sans risques de fluctuations.	Fluctuation des flux	Mélange des produits durant l'inspection	Même sortie "output" pour différents produits.
		Faux produit dans l'emballage	Identification fautive du produit.
		Difficulté dans la gestion	Un seul chef de ligne pour une chaîne pour différents produits.
	Diminution de la productivité de la famille ayant le cycle de temps faible	Retard dans la livraison	Ajustement selon la famille qui a le cycle de temps élevé.  Goulots dans une famille qui influence la production des autres.
Éviter la défaillance qualité des produits à cause de leur production dans la même chaîne avec des autres	Confusion des fils niveau insertion	Difficulté dans l'assemblage	Mélange des bases d'insertion et différenciation qu'avec couleurs.
	défaillance enrubannage	Produit défaillant	Invisibilité de la différence entre les produits dans le lay-out.
			Faire l'enrubannage de toutes les familles dans le même JIG.  différents produits dans le même JIG.

Les flux de produits dans les chaînes à production mixte, doivent se différencier pour chaque référence, pour éliminer les risques qui peuvent se produire dans ce cas.

**Conclusion :**

Le type de ligne d'assemblage est déterminé selon les critères design du faisceau, MH, take rate, volume journalier et cycle temps. Selon le niveau de ces critères et lorsque le take rate est inférieur à 100%, la démarche d'intégrabilité peut être menée en assemblant plusieurs produits dans une même chaîne d'assemblage avec un séquençement de lots et c'est le cas des chaînes à intégration.

Le chapitre suivant a pour but la standardisation des chaînes à intégration.



**Chapitre 4 :**

*Standardisation de la démarche d'intégrabilité*

*Le chapitre suivant est divisée en deux parties, la première partie portera sur la procédure standard de la démarche d'intégrabilité pour le cas « chaines à intégration » et la deuxième sur la matrice d'aide à la décision.*

## **Partie A: Standard operating procedure:**

---

### **I. Introduction :**

Dans le but de la standardisation de la démarche d'intégrabilité, Cette section est sous forme d'une Standard operating procedure ou « procédure opérationnelle permanente » qui est un guide de travail dans lequel les processus répétitifs de la démarche sont consignés (13), ainsi que les directives de travail détaillant toutes les étapes de la procédure. La procédure présente les définitions nécessaires ainsi que le choix des procédures selon les critères.

### **II. Raison d'être et définitions :**

#### **1. Mission :**

La présente procédure décrit le concept d'intégration de plusieurs bases des faisceaux dans la même chaîne de production.

#### **2. Raison D'être :**

- De nombreux articles n'ont pas une demande suffisante pour couvrir à 100 % la capacité d'une chaîne de montage.
- Une démarche d'optimisation pour un ratio MH/m<sup>2</sup> rentable.

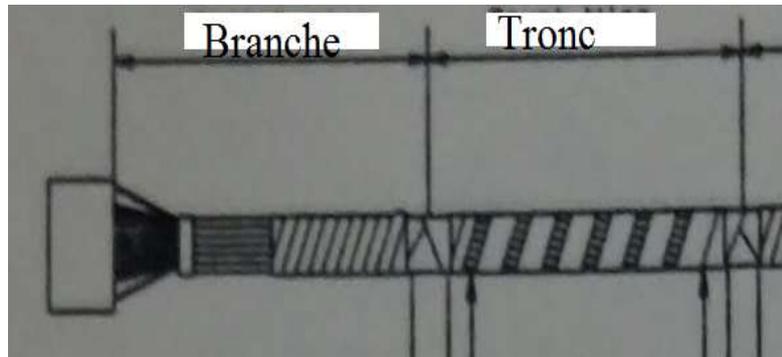
#### **3. Responsabilités :**

New Project, DE Engineering, REFA, PE Engineering.

#### **4. Définitions :**

- L'intégrabilité est la capacité d'assembler plusieurs bases d'une famille des faisceaux pour même modèle de voiture dans la même chaîne de montage.
- Ces bases doivent partager un pourcentage de similarité au niveau du design-produit, process, nombres de fils, matières premières, habillage, Man hour, etc...
- Take rate : Taux de pénétration de chaque base regardant les volumes journaliers à produire durant un temps de travail global.
- La démarche d'intégrabilité est basée sur un effectif fixe (direct et indirect) mais un temps cycle varié selon le MH pondéré par base à produire.

- Tronc d'un faisceau(Trunk) : la partie de faisceau limitée par deux points de dérivation (nœud /nœud). (touron, tronçon)
- Branche : la partie de faisceau limitée par un point de dérivation et la connectique (nœud/connecteur). (La figure 10 montre la différence entre un tronc et une branche d'un faisceau).
- Dérivation : tous les détournements d'un ou plusieurs conducteurs dans une direction autre que la direction normale du tronc principal.



*Figure 10: Tronc et branche d'un faisceau*

La mise en place de l'intégration revient à étudier la faisabilité de celle-ci pour chaque processus et à étudier la capacité de la chaîne.

### III. Étude de la faisabilité d'intégration :

#### 1. Étude de l'intégrabilité sur JIG :

L'étude de l'intégrabilité sur JIG repose sur les trois critères mentionnés ci-dessous :

L'espace occupé par base faisceaux sur JIG : elle a pour le but de sélectionner le nombre de JIGs à mettre en place en assurant un champ de travail performant par opérateur , et juger la longueur optimale de la chaîne de production afin de ne pas contraindre le management visuel.

L'étude géométrique comparative des bases à intégrer : permet de choisir le type d'intégration à faire, en étudiant la similarité des parties tronc de chaque base.

- En cas de similarité des troncs basiques : l'intégration pourra être réalisée sur la même face du tableau d'assemblage, en différenciant les branches non communes par des trajets avec une matrice de couleurs. (Voir figure 11).

En cas de non similarité : l'intégration sur la même face peut créer un espace insuffisant pour effectuer les opérations et un risque de cheminement erroné ce qui engendre des défauts qualité dans le produit. Il sera donc préférable de la faire dans l'autre face du tableau et que celui-ci soit rotatif.

L'étude de la partie connectique des bases : sert à identifier le besoin à approvisionner en termes des contres partis en cas d'une différence partielle au niveau connectique. Ainsi de prévoir l'intégrabilité de la partie optionnelle sur le lay-out objet de l'intégration tout en évitant des branches croisées, des dérivations inférieures à 90° et des opérations d'enrubannage situé au top du JIG.

### Conclusion :

L'étude sur JIG permet de donner une vision globale sur l'image que va prendre la chaine en termes longueurs, nombres de JIGs et type d'intégration.

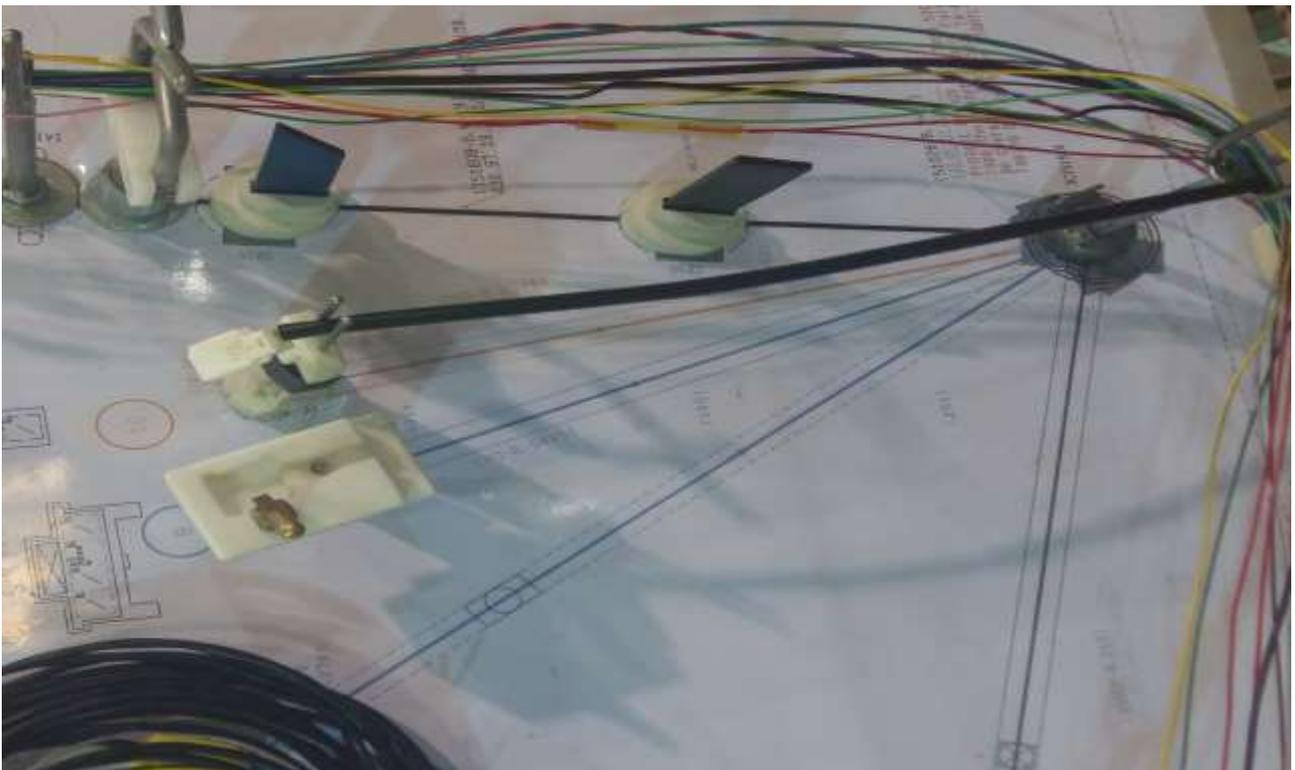


Figure 11: Différenciation des branches optionnelles par couleur

## **2. Étude de l'intégrabilité sur processus d'insertion :**

Dans une démarche d'intégrabilité, il faut prendre en compte la détermination des processus d'insertion en se basant sur plusieurs indicateurs qui sont :

*Le nombre des fils par base à intégrer* : sert à donner une visibilité sur la complexité du processus d'insertion, mais ça reste juste un facteur qui nécessite l'étude des autres facteurs expliqués ci-dessous.

*Le pourcentage des fils communs* : une étude préliminaire sur ce pourcentage donnera une visibilité claire sur la capacité de la structure en question qui permettra d'absorber la globalité des circuits en prenant en considération les facteurs ergonomie et répétabilité.

- ✓ Un pourcentage élevé des fils communs favorise l'intégration sur une seule face de la structure (B02E Engine).
- ✓ Dans le cas d'un pourcentage élevé des fils non communs et en prenant en considération des alimentations spécifiques (Support des fils longues/fils à deux positions) le choix peut être orienté pour des structures à deux faces (X12G/X12K Engine).

*La longueur des fils* : permet de prévoir les emplacements à définir par poste de travail à partir du maximum des fils à stocker par emplacement car par exemple une structure de trente-six emplacements peut être non capacitaire pour trente-six fils à cause de la spécificité d'alimentation exigée par la longueur des fils.

*La couleur des fils* : la mise en place des fils intégrés sur la structure doit être sécurisée contre un usage ou alimentation erroné due à la similarité des couleurs et contacts en considérant les règles suivantes :

- Il est primordial d'avoir une séquence d'emplacements des fils selon l'ordre d'insertion sur le connecteur.
- Pour la base la plus commandée "Hight runner", les fils doivent être les plus accessibles pour l'opérateur puisqu'il les utilise couramment.
- Les emplacements des fils de chaque base doivent être différenciés selon une matrice couleur connue par l'opérateur.
- Une aide visuelle doit être prévue pour différencier la composition connecteur par rapport à chaque base..

*Temps cycle* : doit être pris en considération dans la définition de la structure d'insertion car un temps cycle élevé au niveau du processus d'insertion veut dire un nombre important des fils à insérer par la suite un nombre équivalent des emplacements à définir et une fréquence d'alimentation faible.

*Volume/shift* : Le ratio « volume / occupation d'espace » doit être toujours pris en considération lors de l'étude de l'intégrabilité.

Un projet à faible volume exige un temps cycle élevé et un espace d'occupation optimisé pour garantir une meilleure rentabilité financière, ce qui nous fait retourner vers les résultats du temps cycle.

### Conclusion :

Pour déterminer la structure d'insertion optimale dans le cas d'intégration, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des critères mentionnés précédemment afin de déterminer :

- Le nombre d'emplacements par rapport aux critères nombres des fils et longueurs des fils.
- Type d'intégration dans les processus d'insertion selon le pourcentage des fils commun.
- Attacher les pagodes ou non.

### **3. Étude de l'intégrabilité sur machines de joint :**

L'étude d'intégrabilité doit prendre en compte la mise en place du processus de jointure, en considérant les critères : complexité des joints ; opérations additionnels (séparation) qui sont non comptabilisés sur le man hour splicing et diversité des splices en termes des compositions de fils.

Le choix par rapport à ces critères peut s'orienter vers trois types de processus qui sont :

a. At line splicing processus :

Un processus dédié pour les soudures des joints nommés non-complicés en termes des nombres de fils additionnels et sensibilité des terminaux et bouchons sur les deux extrémités.

Il est recommandé dans le processus P2 car il présente les avantages soulignés dans la figure suivante :

<b>niveau P2</b>	<p>Le taux d'occupation de la machine sera élevé grâce à la minimisation MUDA de préparation, séparation, vérification minimisés.</p> <p>Optimisation en termes des emplacements des fils additionnels sur les pagodes parce que le nombre maximum de ces derniers ne peut dépasser cinq.</p> <p>Favorise l'affectation des totales sections par machine en respectant l'ordre de séquençement (de la petite section vers la grande section).</p>
<b>niveau P3</b>	<p>Accessibilité durant l'alimentation et l'usage ainsi risque qualité maîtrisé.</p>

Tableau 9: Avantages At line

b. In line splicing process :

Une machine de joint spécifique pour les jonctions à complexité majeure, intégrée dans la chaîne d'assemblage et permet d'effectuer les opérations de jointure sur le tableau d'assemblage en utilisant un ruban au lieu d'un shrink comme élément de protection..

Elle présente les caractéristiques mentionnées dans le tableau 10.

---

*Avantages :*

- Allègement des postes d'insertion en diminuant la complexité liée au nombre des fils additionnels.
- One piece Flow.
- Optimisation de la surface d'emplacement ( la machine est attaché au convoyeur).

---

*Risques:*

- Surpoids de la machine.
- Risque affectation du Takt time à cause de la difference entre les niveaux des splices.
- Mauvaises conditions de travail dans l'isolation des fils.
- Problème de rectification des produits en cas de défaut qualité de la jointure.
- Arret production en cas du panne de la machine.

Tableau 10: Caractéristiques in line

c. On line splicing process :

Une Machine de joint, intégrée dans le process P3 et recommandée pour les jonctions à moyen complexité en termes des nombres de fils additionnels car elle génère les avantages représentés dans le tableau 11. La figure 12 est une image du On line splicing process.

---

**Avantages  
On Line**

Les emplacements des fils sont permanents.

---

Une production à one piece flow sans génération de stock.

---

Possibilité d'intégration dans un processus SPS en cas d'une grande diversité des exigences (joint twist avec taping ou shrink)

---

Taux d'occupation moyen avec une flexibilité élevée ce qui permet l'augmentation de la productivité en ajoutant les opérations d'insertion ou d'alimentation des taoufix

---

Tableau 11: Avantages On line



Figure 12: On line splicing process

Conclusion :

Le tableau 12 résume la classification des machines de joint selon les indicateurs mentionnés précédemment.

Tableau 12: Classification machines de joint

Critères Choix	Complexité de joints	Taux d'occupation de la machine	Flux
At line machine	Mineur	Elevé	stock
On line machine	Moyen	Moyen	One piece flow
In line machine	Majeur	Moyen	One piece flow

Pour mettre en place un process splicing dans le cas d'intégration il faut :

- ❖ D'abord sélectionner les joints de chacune des bases par rapport aux critères complexité et Take Rate pour sélectionner le process (soit at line, on line ou in line).
- ❖ Étude capacitaire afin de déterminer le besoin nécessaire en termes de machines et d'emplacements.
- ❖ Puis la validation du process en éliminant les risques qualité.

#### 4. Étude du processus de revêtement :

Dans une démarche d'intégrabilité une analyse des "exigences en terme revêtement" est nécessaire pour :

- Sélectionner les types de rubans basiques pour les opérations d'enrubannage.
- Avoir une idée sur les "Taping complexité" par rapport à chaque base afin de prévoir les risques engendrés et prendre les mesures nécessaires (intégration de l'enrubannage sur le process d'insertion, création d'espace dans le JIG).
- Prévoir les opérations hors flux d'enrubannage tel que la fixation des protecteurs, gromets, etc...

Il est nécessaire d'assurer la performance d'enrubannage en éliminant les problèmes qualité qui se produisent souvent quand les conditions optimales du travail n'existent pas au moment de l'opération, telles que la disponibilité des éléments d'habillage.

La diversité au niveau des types des accessoires, de sections et de longueurs est grande dans le cas d'intégration et la structure de gestion doit permettre de différencier le besoin par rapport à chaque base.

##### a. Structures de gestion des composants :

Le choix de la structure d'insertion est orienté vers soit la structure traditionnelle soit la structure wasurembo.

- La structure traditionnelle :

La structure traditionnelle permet de classer les stocks des accessoires en étagères en haut du convoyeur comme s'est présenté dans la figure 13 :



Figure 13: Structure traditionnelle de gestion des composants

Cette structure présente dans le cas d'intégration, les inconvénients regroupés dans le tableau 13.

Tableau 13: Inconvénients Structure traditionnelle

<b>Au niveau gestion</b>	<b>Niveau workability et ergonomie</b>
Difficulté du management visuel. Flux d'alimentation compliqué.	Difficulté d'accès aux accessoires stockés dans les hauteurs élevés. MUDA de déplacement pour la recherche des compo

- La structure wasurembo :

La structure "wasurembo" assure l'alimentation en tubes selon trois zones distinguées par rapport à une division des opérations dans le lay-out des faisceaux. Pour chaque zone sont dédiés des cartes Kanban permettant d'enseigner sur le besoin en composants (type, section et longueur) par rapport à chaque base.

Un opérateur est chargé de l'alimentation des plaques par les tubes selon la carte Kanban. (Voir figures 14 et 15).



Figure 14: Plaque wasurembo



Figure 15: Structure wasurembo

*Questionnaire* : Une enquête autour des lignes d'assemblage à intégration a été menée pour collecter les avis des opérateurs sur les avantages du système wasurembo.

Tableau 14: Avantages wasurembo

Questions	Line Quality Control	Opérateur 1	Opérateur 2	Opérateur 3
<b>En quoi le système wasurembo est performant pour vous ?</b>	Permet d'éviter le risque de mélange parce que les composants sont disponibles par rapport aux séquences des opérations.	Minimise le temps des déplacements qui augmente le temps de retard de la chaîne.	Réduit la fatigue liée au déplacement et permet l'application du 5S.	Minimise le temps de déplacement et améliore le degré de workability.

b. Relation entre les inconvénients de la structure traditionnelle et le temps non productif :

Pour vérifier la relation entre le déplacement des opérateurs et l'augmentation du temps non productif, une analyse était menée dans une chaîne qui utilise le système d'alimentation traditionnelle en chronométrant pour un opérateur qualifié son temps de déplacement pour l'obtention des composants. Les données sont regroupées dans le tableau 15.

Tableau 15: Mesure temps de déplacement

nombre de fois	durée de déplacement (s)	Nombre de fois	Durée de déplacement (s)
1	20	6	17
2	12	7	17
3	22	8	23
4	18	9	22
5	17	10	22

Analyse : Le tableau permet de remarquer qu'en moyenne l'opérateur se déplace pour 19 s afin d'apporter les composants nécessaires pour une seule pièce.

Le temps cycle de la chaîne est 3.95 min. Donc pendant un shift de travail de 460 min, le nombre de pièces à produire est  $460/3.95 = 116$  pièces.

Donc le temps non-productif pour un opérateur par shift est :  $19 * 116 = 2204$  s = 36.73 min par opérateur. Ce qui veut dire pour la chaîne (ensemble de 15 opérateurs utilisant les tubes) :  $15 * 38.95 = 584,95$  min

Le temps de déplacement représente 8% du temps de travail total pour un opérateur, donc permet d'augmenter le temps non productif comme c'est représenté dans la figure 16.

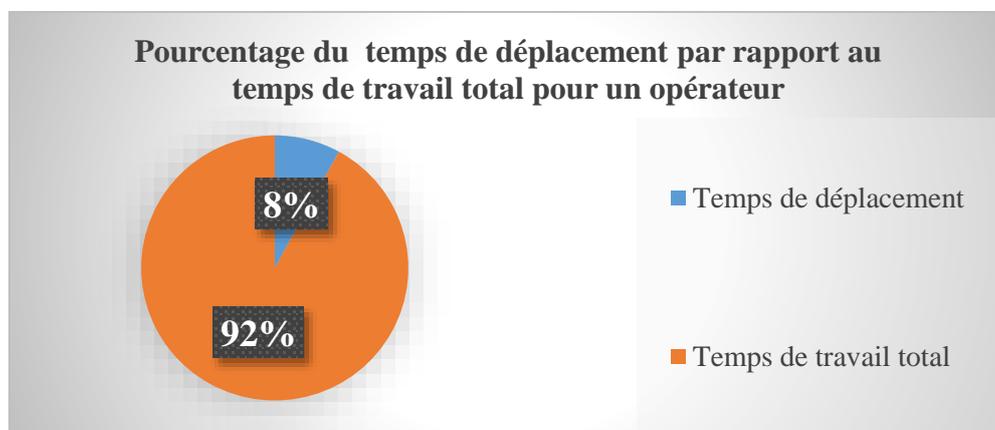


Figure 16: Temps de déplacement par rapport au temps de travail total

Remarque : Une analyse sur le terrain a permis de conclure que le temps de déplacement des opérateurs pour chercher les tubes se diffère selon le degré de qualification, la distance à parcourir et l'état d'esprit de chaque opérateur, et il augmente quand le niveau de qualification diminue (mesures du tableau 16).

Tableau 16: Mesure du temps de déplacement par rapport au degré de qualification

Types de qualification	polyvalent	Opérateur qualifié	Opérateur en cours de formation
Durée de déplacement/pièce	3s	19 s	2 min
Durée de déplacement/ temps de travail total	5,8 min	36,73 min	232 min
Pourcentage du temps de déplacement/ temps de travail total	1,26%	7,98%	50,43%

La figure 17, montre l'augmentation du pourcentage du temps de déplacement par rapport à la qualification des opérateurs.

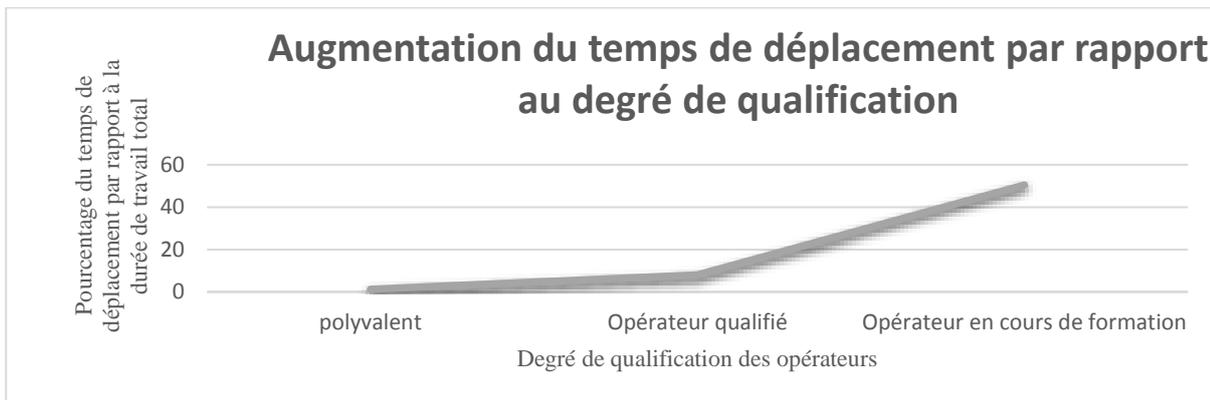


Figure 17: Rapport entre la qualification des opérateurs et l'augmentation du temps non productif

Conclusion : Le système d'alimentation traditionnelle impacte la performance des opérateurs, ainsi la performance de la chaîne car il augmente la non productivité liée au degré de qualification des opérateurs. Il est nécessaire dans le cas d'intégration de mettre en place le système wasurembo parce qu'il permet la diminution du nombre des emplacements, il est indépendant de la qualification des opérateurs, donc réduit les 8% du temps non productif lié au temps de déplacement.

c. Démarche d'unification des composants

Pour réduire la diversité des composants dans le cas d'intégration, il est nécessaire d'effectuer une unification en termes :

Des sept codifications fonctionnelles (esthétiques, acoustiques, thermiques, souplesse, dynamique, chimiques et mécaniques) en proposant différentes alternatives de composants assurant les mêmes fonctions (par exemple pour une utilisation acoustique, altérer entre la feutrine et la mousse).

De diamètre : en suivant les règles pour pouvoir unifier les composants à diamètre différent :

Utiliser le diamètre du tube qui convient avec le diamètre de la branche ou du toron en assurant un taux de remplissage inférieur ou égal à 80% par rapport au diamètre intérieur.

Exemple : Étude à faire en cas d'avoir deux tubes avec deux différents diamètres et même longueur utilisés pour deux différentes bases.

De largeur des feutrine et mousses et VS (Vinyl sheet) : en cas d'un montage en clip ou en drapeau de l'un des éléments mentionnés, la règle de la mise en œuvre selon les spécifications clients permet une étude d'unification tout en respectant la longueur nécessaire de la partie adhésive..

Règle : La largeur du recouvrement soit égale à 25 % de la circonférence du faisceau avec 5% de tolérance. Donc : possibilité d'exploiter de 5% de la tolérance et d'y aller jusqu'à 30% de recouvrement pour pouvoir unifier les composants).

De longueur des gaines : Unifier les composants à longueurs différentes en considérant l'une des deux règles :

Longueur physique des gaines entre toron : La longueur des gaines entre tronçon est définie à l'aide d'un logiciel qui considère :

- la mesure définie sur plan client (cote Y' définie entre les nœuds de séparation des torons).
- Le diamètre des deux dérivation encadrant le toron en question.
- Le jeu de translation de la gaine par rapport aux extrémités internes des deux dérivation.

Analyse : Comme c'est indiqué dans la figure 18, la longueur définie par le client est la longueur Y', nous devons utiliser des Gainses à longueur X, ce qui nous offre des marges au niveau rayon des deux extrémités et au niveau jeu de translation d'un intervalle de (0-10mm).

$$\left\{ \begin{array}{l} X = Y - \text{jeu de translation} \\ Y = Y' - (a/2) - (b/2) \end{array} \right.$$

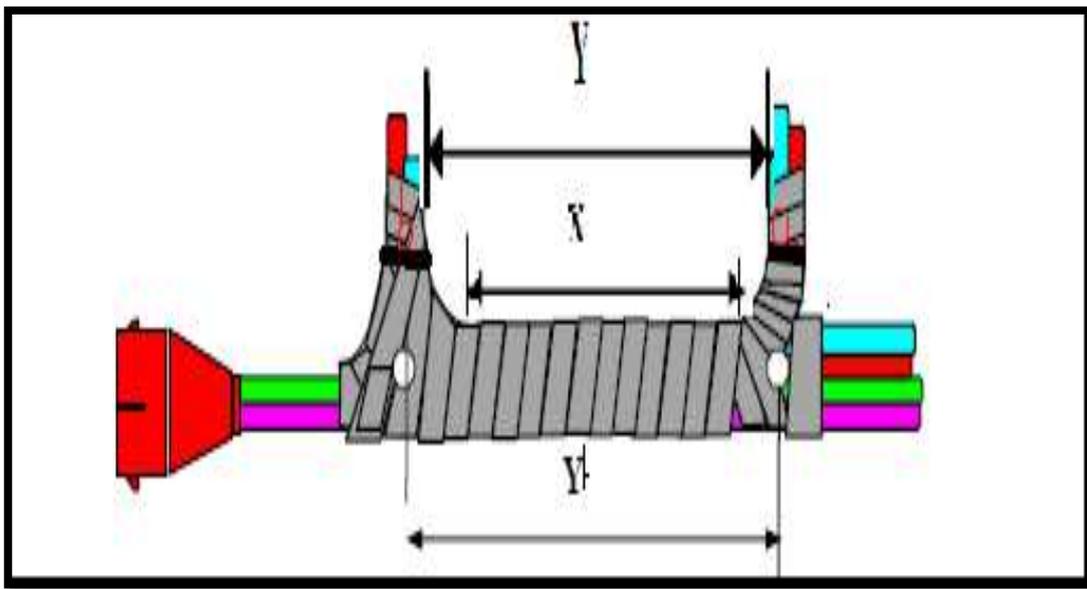


Figure 18: Longueurs physiques des gaines sur tronçon

Conclusion : Dans le cas d'intégrabilité, on parle d'une diversité faisceau, donc une diversité au niveau nombres des fils par la suite une différence de diamètres des dérives. Une différence qui peut être exploitée en prenant en compte les critères mentionnés pour agrandir l'opportunité d'unification.

Longueur physique des gaines sur arrière connecteur : Elle est définie en considérant :

\*\*La longueur non-protégée qui doit être égale à la longueur entre les conducteurs extrêmes des connecteurs pour ne pas contraindre les conducteurs. ( $L2=L3$ ). (Figure 19).

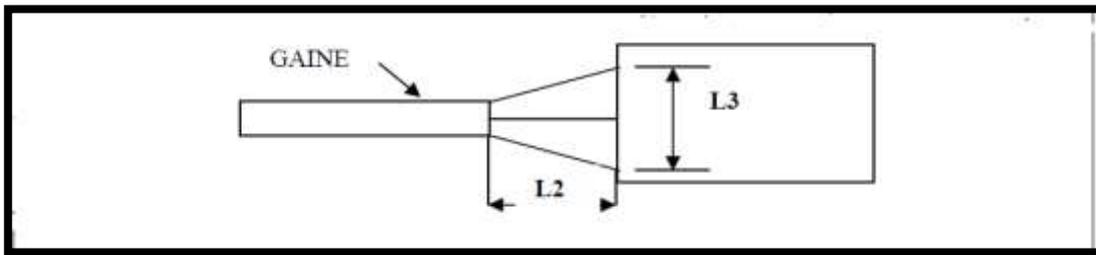


Figure 19: Longueur des gaines sur connectique

\*\*Que la longueur spécifiée de la branche ou tronc est prise du centre de point de croisement des branches.

- Ces critères (longueur de la partie non-protégée, rayon du point de croisement) peuvent être exploités pour définir des opportunités d'unification des gaines à longueurs différentes et à même diamètre pour différents bases.

Exemple : Dans le cas indiqué sur la figure 20 :

- ✚ la longueur spécifiée de la branche est : 253 mm.
- ✚ La longueur entre les extrémités du connecteur est 3 mm donc la longueur de la partie non protégée doit être : 3 mm.
- ✚ Le rayon du point de croisement : 10 mm.

→ La longueur de la gaine est 240 mm.

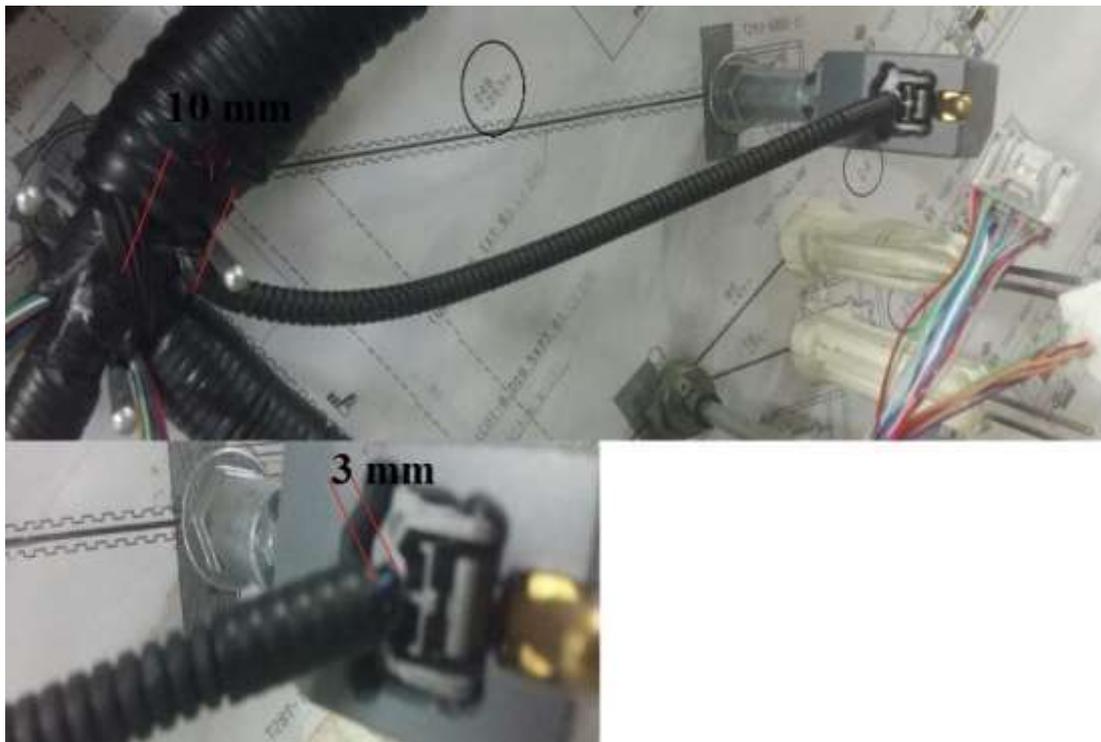


Figure 20: Exemple longueur des gaines sur connectique

Conclusion : La démarche d'unification permet la diminution de la diversité des composants dans le cas d'intégrabilité donc la réduction du nombre des emplacements des composants et l'optimisation du flux logistique. Elle est ainsi bénéficiaire en terme réduction de cout parce qu'elle permet de respecter la qualité contractuelle.

## **5. Étude de l'intégrabilité sur clip checker :**

L'étude de l'intégrabilité du process "Clip checker testing" doit prendre en compte les critères :

- Similarité du cheminement des clips : dans le but de déterminer le type d'intégrabilité à faire.
- Vues des clips : afin de déterminer l'orientation des contres pièces par rapport à chaque base.
- Nombre des clips : afin de déterminer le nombre des contres pièces par base et le nombre des emplacements des clips par base.

Dans le cas de la différence entre les cheminements des clips de chaque base : le choix est orienté vers un clip checker rotatif.

Éléments à prendre en compte dans le cas du CC rotatif : La gestion des emplacements des clips en prenant en compte la différence des types des clips entre les bases, d'une manière qui ne gêne pas le travail de l'opérateur et qui n'ajoute pas du temps additionnel lors du changement de la base.

- ✚ Dans le cas de similarité : L'intégration est sur la même face avec différenciation des orientations des capteurs de détection et identification des positions des clips optionnels par rapport à chaque base selon une matrice de couleur.

Analyse des risques dans le cas même clip checker pour les deux bases :

Une analyse des modes de défaillance et de leurs effets a été menée pour mentionner les risques dans le cas même face du clip checker. Cette analyse est représentée dans le tableau 17.

Tableau 17: Analyse AMDE Clip checker

les activités du processus	les modes de défaillance	les effets du mode défaillance	les causes probables du mode de défaillance	Actions pour réduire le mode de défaillance
<b>Assurer les exigences client en termes de cotation, direction et bon composant.</b>	Vue erroné du clip	Difficulté dans l'assemblage	Manque indication sur le sens de la fermeture de la ceinture	Contre pièce (CP) avec un guide pour la direction de la ceinture.
	Clip mesure hors tolérance		Mauvaise emplacement du clip par rapport à son point de repérage	Chaque CP du clip est lié à son point de repérage.
	Clip erroné		Similitude forme externe des clips	Verrouillage de l'assemblage de la zone de contact d'une manière à ne pas accepter le mauvais clip.
<b>Le clip checker doit inclure toutes les bases W/H (assurer le bon positionnement du W/H dans le clip checker)</b>	Affectation des bases	Produit défaillant	L'espace occupé par les contre pièce et les fourches d'une base ne permet pas l'intégration de l'autre base.	Améliorer le lay-out du Clip checker pour créer de l'espace pour chaque base
			Contres pièces qui peuvent mal s'orienter et influencer l'autre base.	Fixer le système de rabattage à l'aide d'une goupille

Conclusion : Avant de s'insérer dans l'analyse de l'intégrabilité sur Clip Checker une étude design faisceau est nécessaire pour analyser la faisabilité de l'intégration sur CC, afin d'éviter les risques liés à ce processus.

#### IV. Étude de Capacité :

L'étude de capacité repose sur la détermination des nombres d'opérateurs et du cycle temps de la chaîne de manière à éviter le déséquilibre dans la ligne d'assemblage influençant sa productivité. Dans le cas d'intégration, en supposant l'intégration de trois bases de faisceaux A, B, C dont le take rate est tel qu'il est représenté dans la figure 21 :

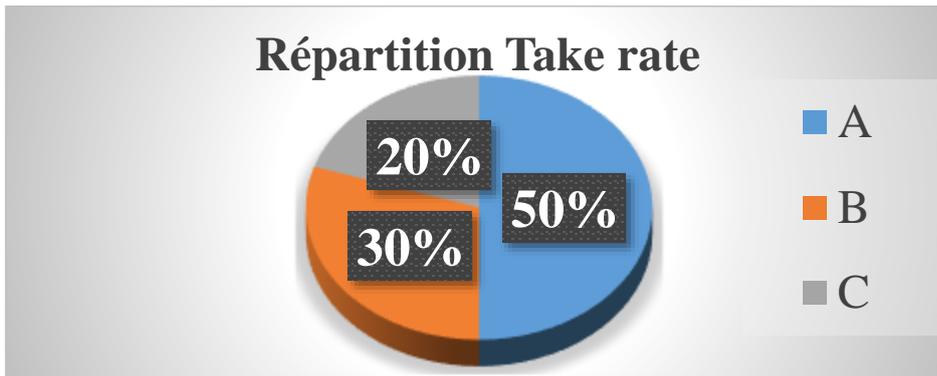


Figure 21: Répartition take rate des bases

Dans un premier temps ; la production annuelle par rapport à chaque produit est calculée selon l'équation 4 :

$$\text{Production annuelle} = \text{Volume annuel} * \text{Take rate}$$

Ensuite, la détermination du takt time selon l'équation 1. Et du Man hour pondéré selon l'équation 5:

$$\text{MH pondéré} = \sum(\text{Man Hour} * \text{Take rate})$$

Tout cela dans le but de calculer un nombre commun d'opérateurs pour tous les produits selon l'équation 2.

Enfin déterminer le cycle temps nécessaire pour chacun selon l'équation 3 : (Voir tableau 18)

Tableau 18: Étude de capacité

		Temps de travail /shift par minute					460 min		
		Jours de travail /année					264		
<b>Volume annuel</b>		65472							
<b>Références</b>	Take rate	MH (min)	Production annuelle	Production journalière par base	Production journalière	TT	MH pondéré	Nombre des opérateurs	cycle time
<b>A</b>	50%	61,2	32736	124	248	1,85	68,94	37	1,65
<b>B</b>	30%	87	19641	74.4				37	2.34
<b>C</b>	20%	61,2	13094	49.6				37	1.65

**Remarque :**

La performance de l'intégrabilité revient à avoir 100% le taux d'occupation du temps de travail par l'ensemble des produits.

Pour l'exemple mentionné précédemment ; dans un temps de travail de 460 min, la production programmée est : 248 pièces.

Le temps de travail par chaque produit est calculé selon l'équation 6 :

$$\text{Temps de travail par produit} = \frac{\text{Production journalière} * \text{temps de travail total}}{\text{Production journalière totale}}$$

La détermination du taux d'occupation est selon l'équation 7:

$$\text{Taux d'occupation} = \frac{\text{Temps de travail pour chaque produit}}{\text{Temps de travail total}}$$

Pour le cas de l'exemple mentionné, la détermination du taux d'occupation est dans le tableau 19.

Tableau 19: Calcul du taux d'occupation/shift

Références	Production journalière	Temps de travail	Production journalière totale (min)	Temps de travail pour chaque produit	Taux d'occupation
<b>A</b>	124	460 min	248	230	50%
<b>B</b>	74.4			138	30%
<b>C</b>	49.6			92	20%
<b>Taux d'occupation total</b>					100%

**Conclusion:**

Pour concevoir une chaîne à intégration, il faut premièrement choisir les processus (JIG, postes d'insertion, machines de joint et clip checker) convenables à des situations caractérisés par plusieurs critères, deuxièmement déterminer la structure de gestion de composants et enfin affecter un nombre d'opérateurs commun pour l'ensemble des produits faisceaux à intégrer.

Le choix des processus reste une source de confusion entre une multiplicité des critères et alternatives, sans l'élaboration d'un processus de décision logique permettant de cerner les diversités. Le processus choisi est la matrice de choix objet de la section suivante.

## **Partie B : Matrice de choix dans la démarche d'intégrabilité :**

---

### **I. Introduction :**

Afin de simplifier la décision dans la démarche d'intégrabilité, l'intérêt est d'élaborer une matrice qui sert à donner une vision sur l'ensemble des options offertes dans le choix des processus, en prenant en considération les niveaux multiples des critères et les caractéristiques déterminés par chacun d'eux.

#### **1. Justification du choix de la forme de la matrice :**

Le défi rencontré dans l'élaboration de la matrice est le choix de la forme optimisée qui permettra de réduire la complexité de la décision. La plupart des matrices multicritères sont des matrices basées sur la pondération des critères, et effectuent le choix selon la somme trouvée par rapport à chacun.

Dans ce cas le modèle choisi est un modèle qualitatif pour le choix sans se baser sur la pondération car :

- il est difficile de comparer les critères puisque chacun est important dans son contexte et chacun détermine une caractéristique ;
- le choix de certains processus ne repose pas sur plusieurs critères.

La matrice sera une matrice sélective, reposant sur des scénarios niveaux des critères et déterminant le processus correspondant à chaque scénario.

La première étape est la détermination des niveaux des critères et de l'échelle d'évaluation.

#### **2. Critères et échelle d'évaluation :**

L'évaluation des critères repose sur une échelle d'appréciation pictographique (\*), composée de deux échelons. Un échelon est un élément gradué qui correspond à divers degrés de possession de la qualité visée par le critère. (14)

Dans le but de clarifier les critères sur lesquels se base le choix des processus dans le cas d'intégrabilité. Le tableau 20 les regroupe en mettant le point sur les niveaux correspondants et l'échelle relative à chaque niveau.

Tableau 20: Critères relatifs à l'évaluation de l'intégration

Critères	Niveau	Échelle dichotomique correspondant
<b>Macro critère : Design du faisceau</b>		
<b>Espace pris par le faisceau sur JIG</b>	Espace pris par le faisceau dans le JIG est grand.	**
	Espace pris par le faisceau sur JIG est petit	*
<b>Similarité tronc basique</b>	Grande différence entre les troncs basiques (non similarité)	*
	Similarité des troncs basiques	**
<b>Similarité de la partie connectique</b>	Grande différence entre la partie connectique des deux bases (non similarité).	*
	Similarité de la partie connectique	**
<b>Similarité cheminement des clips</b>	Différence entre les cheminements des clips pour les bases	*
	Similarité du cheminement des clips	**
<b>Macro critère : Composants</b>		
<b>Pourcentage des fils communs</b>	Un pourcentage des fils communs faible (<50%)	*
	Un pourcentage des fils communs grand (>50%)	**
<b>Complexité nombre des fils additionnels</b>	Une complexité moyenne (4<fils additionnels<9)	*
	Complexité majeure (>9)	**
<b>Macro critère : Demande client</b>		
<b>Take rate</b>	Take rate très faible $\leq 10\%$	*
<b>Volume /shift</b>	Volume journalier faible (cycle temps élevé)	*
	Volume journalier élevé (cycle temps faible)	**
<b>Macro critère : Capacité</b>		
<b>Man hour</b>	Le Man hour est faible (<30 min)	*
	Le Man hour (>30 min)	**
<b>Cycle de temps</b>	Temps cycle faible (entre 1,5 et 2)	*
	Temps cycle élevé (entre 3 et 4 min)	**

## II. Élaboration de la matrice de décision :

Avant de procéder dans l'élaboration de la matrice de décision, il importe de préciser le contexte et le but d'utilisation.

### 1. Contexte d'utilisation et forme générale :

a. Contexte d'utilisation de la matrice :

Le tableau 21 contient le contexte d'utilisation et le but de la matrice de décision.

Tableau 21: Contexte d'utilisation de la matrice de décision

	Contexte d'utilisation	But
Matrice	Simplifier la décision lors d'une démarche d'intégrabilité.	Choisir les processus convenant à une situation caractérisée par des niveaux des critères donnés.

b. Forme générale

La matrice comporte six axes, les quatre premiers pour les processus de la chaîne, le cinquième pour la gestion des composants et le dernier permet la différenciation entre les différents types des chaînes dans la démarche d'intégrabilité. Le choix est effectué selon les critères déterminés précédemment dans « La Standard operating procedure ». (Voir figure 24).

Dans ce qui suit, la forme de la matrice pour chacun des axes.

## 2. Axes: JIG BOARD Integrability et Insertion Process

Pour les axes : JIG et processus d'insertion, le choix est par scénario suite à la multiplicité des critères.

a. Axe : JIG Board Integrability :

La forme de la matrice pour cet axe est représentée dans le tableau 22, regroupe les trois scénarios des critères (Espace pris par le faisceau sur le JIG, similarité du tronc basique et similarité de la partie connectique).

Pour le premier scénario : Espace pris par le faisceau grand, non similarité des troncs basiques et non similarité de la partie connectique, un tableau d'analyse des risques est élaboré pour montrer la situation (le tableau 22).

Tableau 22: Matrice de choix pour JIGBOARD

<b>JIG BOARD Integrability</b>				
	Espace pris par le faisceau sur JIG.	Similarité Tronc Basique	Similarité partie connectique	Choix
<b>Cas 1</b>	**	*	*	JIG rotatif
<b>Cas 2</b>	**	**	**	Même Face du JIG (un seul Layout)
<b>Cas 3</b>	*	*	*	Même Face du JIG (deux lay-out).

Le tableau 23 est la légende du tableau d'analyse des risques.

Tableau 23: Légende tableau des risques

	Risques liés au critère : similarité partie connectique.
	Risques liés au critère : similarité tronc basique
	Risques liés au critère : Espace pris par le faisceau sur JIG
	Risque commun.

Tableau 24: Tableau analyse des risques scénario 1, JIG BOARD

Assemblage incorrect	Cheminement erroné	Chevauchement des branches	Plusieurs contres pièces (diminution de l'ergonomie)
Contraindre l'optimisation de la surface.	Espace insuffisant pour réaliser l'assemblage	Influence sur la workability des opérateurs	

b. Intégration des processus d'insertion :

Le choix du processus d'insertion doit se baser sur la partie de la matrice représentée par le tableau 25, selon quatre scénarios des critères pourcentage des fils similaires, temps cycle et volume journalier.

Tableau 25: Choix process d'insertion

Insertion process						
	Nombre des fils	Longueur des fils	Pourcentage des fils similaires	Cycle de temps	Volume journalier	Choix
<b>Cas 1</b>	Définir si la structure est à 36 ou 72 emplacements et prévoir les emplacements spécifiques aux fils longs.		*	*	**	Structures à deux faces pagodes intégrées
<b>Cas 2</b>			**	*	**	Structures à une seule face+ pagodes intégrés
<b>Cas 3</b>			**	**	*	Structures à une seule face+ pagodes non intégrés
<b>Cas 4</b>			*	**	*	Structures à deux faces + pagodes non intégrés.

### 3. Axes: Splicing process et clip checker testing

#### a. Splicing process:

À propos du Splicing process, La matrice offre une idée sur la caractéristique à déterminer par rapport à chaque critère, et montre les alternatives possibles dans le cas d'intégrabilité selon les niveaux du critère, complexité des joints au niveau nombre des fils additionnels.

Tableau 26: Choix Splicing process

Splicing process					
	Take rate des joints	Complexité des joints	Nombre des joints	Man hour joints	Choix
<b>Cas 1</b>	Sélectionner les joints selon leur importance	*	Déterminer la capacité nécessaire en termes machines et emplacements		On Line
<b>Cas 2</b>		**			In line

#### b. Clip checker Testing :

Pour l'axe du clip checker testing, la matrice fait la correspondance entre un niveau du critère similarité du cheminement des clips et l'alternative optimale dans son cas (tableau 27).

Tableau 27: Choix du clip checker

	Clip checker rotatif	Même face du clip checker
<b>Cheminement des clips non similaire.</b>		
<b>Cheminement des clips similaire</b>		

### 4. Gestion des composants:

L'axe est composé de deux cases, une relative à la démarche d'unification et l'autre contient une roue d'analyse des risques.

#### a. Démarche d'unification :

Dans le cas de la démarche d'unification. La matrice permet d'avoir une idée sur le type d'unification à faire pour chaque composant (tableau 28).

Tableau 28: Démarche unification

Composants similaires au niveau codification fonctionnelle	Gaines	Tubes	Feutres/Mousses
<b>Unification fonctionnelle</b>	Unification selon la longueur sur tronçon.	Unification diamètre	Unification largeur
	Unification selon la longueur sur connectique.		

b. Structure de gestion des composants

Pour montrer l'importance de la gestion des composants dans le cas d'intégration, une forme réduite de la roue d'analyse des risques est incluse dans la matrice de décision. La roue est représentée dans la figure 22.

Elle contient :

Tableau 29: Légende roue des risques

	Risque :
	Cause du risque
	Méthode de réduction du risque
	Méthodes de prévention pour éliminer le risque.

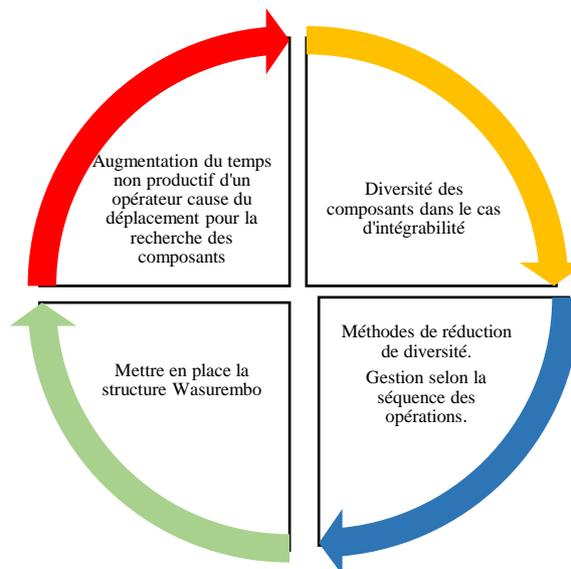


Figure 22: Roue d'analyse des risques

5. Axe : différence étude de capacité entre Intégration et Mix Production :

Cet axe est divisé en deux parties. La première montre la différence entre les scénarios du choix de chaque type de ligne de la démarche d'intégrabilité, la deuxième pour montrer la différence dans l'étude de capacité.

a. Matrice de choix du type de la ligne :

Le tableau suivant représente la partie de la matrice relative aux scénarios critères qui permettent le choix de chaque type de ligne dans la démarche d'intégrabilité

Tableau 30: Matrice de choix de la ligne

	Take rate	Man hour	Famille/Design	Choix
<b>Cas 1</b>		**	Bases	Intégration
<b>Cas 2</b>		*	Doors	Mix Production
<b>Cas 3</b>	*	*	Small	Postes fixes

b. Différence étude de capacité entre l'intégration et le Mix production :

Cette case est relative à la différenciation dans l'étude de capacité entre le Mix production et les chaînes à intégration (figure 23).

Nombre opérateurs		Commun	Différent
Cycle time			
	<i>Commun</i>		<b>Mix Production</b>
	<i>différent pr chaque produit</i>	<b>Intégration</b>	

Figure 23 : Capture case différenciation étude de capacité dans la matrice

## Conclusion :

La matrice permet le choix du type d'intégrabilité pour chaque processus selon une échelle d'évaluation dichotomique caractérisée par deux échelons. La matrice contient les différents scénarios de critères qui permettent de choisir chaque type de processus ainsi que les risques liés à chaque alternative. Le choix prend en compte les critères :

- la faisabilité d'intégration ;
- l'optimisation de la surface ;
- la visibilité des lay-out ;
- l'ergonomie/ Workability ;
- l'accessibilité des composants ;
- le taux d'occupation par shift.

Cur Model		Bases à Régler		Date: Elaboré par: SAMU WAFÉ		
<i>Integrability demarche choice Matrix</i>						
<b>JIG board integrability</b>						
<b>Critères</b>	<b>Espace pris par le faisceau sur le JIG</b>	<b>Similarité Tronc basique</b>	<b>Similarité partie connectique.</b>	<b>Choix</b>	<b>Consignes</b>	
<b>Scénarios</b>				<b>Jig rotatif</b>	<b>Assemblage incorrect</b> <b>Cheminement erroné</b> <b>Chevauchement des branches</b> <b>Plusieurs contres pièces (diminution de l'ergonomie)</b>	
<i>Cas 1</i>	**	*	*		Espace insuffisant pour réaliser l'assemblage Influence sur la Workability des opérateurs	
<i>Cas 2</i>	**	**	**	<b>Meme face du JIG (Un seul Layout)</b>	Contraindre l'optimisation de la surface. Contraindre la gestion et la gestion visuelle (Longueur grande de la ligne)	
<i>Cas 3</i>	*	*	*	<b>Meme face du JIG (deux layouts)</b>	<b>Ce cas favorise l'intégration et permet de gagner en termes des ressources , de superficie etc ...</b>	
<i>Cas 4</i>					<b>Eviter le chevauchement des branches.; effectuer l'intégration si l'assemblage n'influence pas sur l'autre</b>	
<b>INSERTION PROCESS</b>						
<b>Critères</b>	<b>Nombre des fils</b>	<b>Longueur des fils</b>	<b>Pourcentage des fils similaires</b>	<b>Cycle temps</b>	<b>Volume journalier</b>	
<b>Scénarios</b>	[ Nombre des emplacements]		Type intégration	Emplacements/ Intégration pagodes ou no	<b>Choix</b>	
<i>Cas 1</i>	Définir si la structure est à 36 ou 72 emplacements et prévoir les éléments spécifiques au stockage des fils		*	*	**	Structure à deux faces parallèles + pagodes intégrés
<i>Cas 2</i>			*	**	*	Structure à deux faces + pagodes non intégrés
<i>Cas 3</i>			**	*	**	Structure à une seule face + pagodes non intégrés
<i>Cas 4</i>			**	**	*	Structure à une seule face+ pagodes non intégrés
<b>TESTING PROCESS</b>						
<b>Critères</b>	<b>Take rate des joints</b>	<b>Complexité des joints</b>	<b>Nombre des joints</b>	<b>Man Hour joints</b>	<b>Choix</b>	
<b>Scénarios</b>	Selectionner les joints selon leur importance .	Déterminer la capacité nécessaire en termes machines et emplacements .			<b>On line</b>	
<i>Cas 1</i>		*			<b>In line</b>	
<i>Cas 2</i>		**				
<b>ALTERNATIVES</b>						
<b>Critères</b>	<b>niveau critère cheminement des clips</b>	<b>Alternatives</b>	<b>Clip rotatif</b>	<b>Meme face du clip checker</b>		
<b>Scénarios</b>	*		<b>X</b>			
<i>Cas 2</i>	**			<b>X</b>		
<b>REMARQUE : DIFFERENCE ETUDE CAPACITÉ MIX PRODUCTION/ INTÉGRATION</b>						
<b>Critères</b>	<b>Take rate</b>	<b>Man hour</b>	<b>famille/design</b>	<b>Choix</b>		
<b>Scénario</b>						
<i>Cas 1</i>		**	Bases	<b>Intégration</b>		
<i>Cas 2</i>		*	Doors	<b>Mix Production</b>		
<i>Cas 3</i>	*	*	smalls	<b>Postes fixes</b>		
<b>REMARQUE : DIFFERENCE ETUDE CAPACITÉ MIX PRODUCTION/ INTÉGRATION</b>						
<b>Critères</b>	<b>Cycle time</b>	<b>Nombre opérateurs</b>	<b>Commum</b>	<b>Différent</b>		
<b>Scénario</b>						
<i>Cas 1</i>		Commum		<b>Mix Production</b>		
<i>Cas 2</i>		différent pr chaque produit	<b>Intégration</b>			
<i>Cas 3</i>						

Figure 24: Forme générale de la matrice

## **Conclusion générale et perspectives :**

La thématique principale de ce projet de fin d'étude était l'élaboration d'une matrice d'aide à la décision qui a pour but de standardiser la conception d'une ligne d'assemblage et plus précisément le cas des lignes d'assemblage aménagées pour traiter plus qu'un produit ou bien dites « démarche d'intégrabilité ».

Pour commencer, une description d'YMO, de son organigramme principale et du flux de production du câblage automobile dont la principale étape est l'assemblage a été effectuée (chapitre 1). Cette première partie a permis de préciser la problématique de la chaîne d'assemblage associée à la diversité des processus que nécessite chaque câblage. Nous avons mis en évidence les contraintes liées à cette problématique qui sont les contraintes de surface et de gestion de la conception.

Les résultats obtenus à l'aide de l'étude théorique de la chaîne d'assemblage ont permis de mettre en évidence l'importance des systèmes fordiste et toyotisme dans la conception du concept de la chaîne d'assemblage, et ont permis de mettre le point sur les contraintes de conception d'une chaîne qui sont les contraintes des équipements, d'antériorité, etc...

Sur la base du concept théorique de la chaîne d'assemblage, nous avons étudié celle-ci dans le système de production YMO, en posant dans un premier temps les critères d'optimisation de la conception de la chaîne d'assemblage qui se basent sur le bon établissement du scénario de positionnement de la chaîne (chapitre 3, partie A). Dans une deuxième partie nous avons implémenté les critères de choix du type de ligne qui sont : le design faisceau, le MH, le cycle temps, le take rate et le volume journalier. Ces critères permettent d'effectuer la démarche d'intégrabilité lorsque le niveau du take rate est inférieur à 100%.

Au début du chapitre 4, nous avons mis en place une procédure qui standardise les étapes de la conception d'une chaîne à intégration, qui est un type de lignes dans la démarche d'intégrabilité. Ces étapes sont l'étude de la faisabilité d'intégration pour chaque processus de la ligne et la détermination du nombre des opérateurs et du cycle temps. Sur la base de cette procédure nous avons élaboré la matrice de décision qui contient toutes les alternatives possibles dans le choix des processus selon les niveaux différents des critères et selon une échelle dichotomique d'évaluation dont l'échelon est le signe(\*). La matrice contient ainsi des consignes relatives à chaque scénario de niveau des critères.

Comme perspectives de ce travail nous envisageons de standardiser le choix des processus dans le cas du Mix production en élaborant une matrice de décision regroupant les alternatives relatives à ce cas.

## Bibliographie et Webographie :

1. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne\\_de\\_montage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_de_montage). [En ligne] [Citation : 15 02 2017.]
2. RAJA, RANJITH. *Assembly line design and balancing* . SWEDEN : Chalmers Library, 2015.
3. TORENLI, ARTUN. *Assembly line Design and optimization*. SWEDEN : Chalmers Library , 2009.
4. HELLIMAN, FILIP. *Miixed Model Assembly line at Volvo Construction*. SWEDEN : Chalmers Library , 2011.
5. All About Lean . [En ligne] <http://www.allaboutlean.com/line-layout-i-s-u-l-lines/>.
6. *Détermination systématique des graphes de précédence et équilibrage des lignes d'assemblage*. s.l. : HAL, Antoncta liana Bratcu.
7. *Application de l'analyse multicritère à l'évaluation des critères et indicateurs*. s.l. : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement., 2000.
8. YMO. *Procédure: Gestion des changements process*.
9. —. *Procédure :Gestion des spécifications client*.
10. YEL. *Visual aid information for jigs boards layout drawings* .
11. Ayala, Carlos. *Automotive Wiring Harness*. s.l. : ECE 539, 1999.
12. [http://www.ineris.fr/centredoc/rapport\\_omega\\_7-2.pdf](http://www.ineris.fr/centredoc/rapport_omega_7-2.pdf). [En ligne]
13. WIKIPEDIA. WIKIPEDIA . [En ligne] [Citation : 10 04 2017.]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_operating\\_procedure](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_operating_procedure).
14. ECEM. *Elaboration d'une grille d'évaluation* .



# **Annexes**

# Annexe 1 : Revue sur les conditions d'ergonomie

L'ergonomie est l'étude scientifique de la relation entre l'homme et ses moyens, méthodes et milieux de travail, et l'application de ces connaissances à la conception de systèmes qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité que par le plus grand nombre.

L'ergonomie physique : s'intéresse aux caractéristiques anthropométriques et biomécaniques de l'homme dans leur relation avec l'activité physique par exemple : « les postures de travail, les manipulations d'objets, les mouvements répétitifs etc... »

L'ergonomie cognitive : concerne les processus mentaux liés à l'activité de travail tels que la perception, la mémoire, le raisonnement, le langage et les réponses motrices.

Conditions d'ergonomie européennes :

La figure suivante montre les conditions d'ergonomie d'un poste de travail qui permettent d'alléger le travail de l'opérateur.

