

## *Dédicace*

*A dieu source de toute connaissance*

*Je n'aurais pas fait cela sans la grâce de Dieu. Louange a dieu pour le début et la fin....*

*Je dédie ce travail à mes chers parents :*

*A ma mère*

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance je vous porte. Vous êtes vraiment la lumière qui ma guide vers le chemin de ma réussite. En témoignage. Je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de votre sacrifices consentis.*

*Mon cher papa*

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime et de mon respect. Merci pour chaque sourire, chaque conseil et chaque moment partager aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments. Vous êtes la plus important personne dans ma vie.*

*A mon cher frère*

*Mon complice de toujours, je vous envoie tout mon amour et ma gratitude.*

*Tu es mon bouclier protecteur et la source de joie dans ma vie et tu es aujourd'hui demain et toujours mon meilleur ami.*

*A mes sœurs*

*Vous êtes la lumière qui éclaire mes journées sombres et la source de mes beaux souvenirs. Avec amour et gratitude, je dédie ces mots pour vous connaître l'importance de votre présence dans ma vie.*

*A mes amis*

*Chaque moment passé avec vous est un trésor. je vous suis reconnaissance votre amitié inestimable.*

*Shirine zidani*

## *Dédicace*

*A dieu source de toute connaissance*

*Je n'aurais pas fait cela sans la grâce de Dieu. Louange a dieu pour le début et la fin....*

*Je dédie ce travail à mes chers parents :*

*A ma mère « Ayda »*

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance je vous porte. Vous êtes vraiment la lumière qui ma guide vers le chemin de ma réussite. En témoignage. Je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de votre sacrifices consentis.*

*Mon cher papa « Riadh »*

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime et de mon respect. Merci pour chaque sourire, chaque conseil et chaque moment partager aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments. Vous êtes la plus important personne dans ma vie.*

*A mes frères « Kacem » et « Mohamed »*

*Mes complices de toujours, je vous envoie tout mon amour et ma gratitude.*

*Vous étés mes boucliers protecteurs et la source de joie dans ma vie et vous êtes aujourd'hui, demain et toujours mes meilleurs amis.*

*A mes sœurs « Ferdwes » et « Balcem »*

*Vous êtes la lumière qui éclaire mes journées sombres et la source de mes beaux souvenirs. Avec amour et gratitude, je dédie ces mots pour vous connaitre l'importance de votre présence dans ma vie.*

*A mes amis*

*Chaque moment passé avec vous est un trésor. je vous suis reconnaissance votre amitié inestimable.*

*Rihen Abdessalem*

## **REMERCIEMENT**

*Nous dédions nos sincères remerciements ainsi que notre gratitude à tous ceux qui nous ont permis d'effectuer notre stage au sein de la société industriel **SANCELLA** de Ksibet el Medyouni dans des bonnes conditions.*

*Nous tenons à remercier aussi **M. BEN AHMED MONDHER** et **Mme. CHOUCHE HOUDA** vous nous avez fait un honneur en acceptant de diriger ce travail et de nous faire bénéficier de vos connaissances et de vos compétences. Nous avons pour vous le respect qu'imposent votre mérite et vos qualités humaines aussi bien que Professionnelles.*

*Ainsi que, l'équipe de service d'entretien qui nous ont aidés et qui nous ont assuré les conditions les plus favorables pour la réalisation de ce stage.*

*Nous remercions en particulier à notre encadreur industriel **M. MANSOUR NACER** pour ses précieux conseils et qui a consacré le maximum de son temps et son aide dans le domaine professionnel.*





## Introduction général

Le groupage des produits industriels est une étape fondamentale dans la chaîne de production et de distribution. Il consiste à rassembler différents produits ou composants pour former des unités de transport plus grandes et plus faciles à gérer. Initialement, cette tâche était effectuée manuellement, les ouvriers assemblant les produits et les plaçant sur des palettes ou dans des conteneurs à la main. Avec le temps, l'automatisation a révolutionné ce processus, permettant des gains significatifs en efficacité et en précision. Les systèmes automatisés utilisent des convoyeurs, des robots et des logiciels sophistiqués pour grouper les produits. Dans la société SANCELLA, où on va effectuer notre projet de fin d'étude, le groupage des produits est essentiel pour assurer leur protection lors du transport et pour faciliter leur manipulation. Ce processus se décompose du différent bloc qui sont : le redresseur, le convoyeur, l'élévateur et le bloc soudure, ces blocs contribuent à garantir la cohésion et la sécurité des produits assurant ainsi un résultat fiable et bien organiser. Comme avec tous autres processus, lors du groupement des produits plusieurs problèmes peuvent survenir à certain bloc. Dans ce projet, nous abordons les problèmes rencontres aux niveaux du convoyeur pour étudier et développer des solutions innovantes, garantissant ainsi un fonctionnement plus efficace du système du groupage. Notre étude se divise en plusieurs chapitre, le premier étant consacré sur la présentation de la société, le second présente l'étude bibliographique des blocs de système du groupage, suivi l'analyse fonctionnelle qui nous permettra de détecter les différents problèmes et anomalie confronte le mécanisme de groupage, ainsi de choisir les solutions les plus appropriées pour chaque problème, et à partir de là, nous passerons à l'étape suivante où nous procéderons à tous calcul et dimensionnement des solutions adoptées. À la fin du projet, nous présenterons le dossier technique et les gammes d'usinages nécessaires pour faire la réalisation du notre solution.

# **CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ**

## **I. Introduction :**

Ce chapitre est dédié à une présentation brève et ciblée de notre organisme d'accueil, lieu où nous avons accompli notre projet de fin d'étude.

## **II. Présentation de la société SANCELLA Ksibet el Madiouni :**

### **1. SANCELLA : Culture et valeurs :**



**Figure 1 : SANCELLA**

SANCELLA (Sanitaire **C**ellulose **A**rticles) Tunisie fabrique et commercialise Pour le marché de la Tunisie et pour les pays du Maghreb et l'Afrique de l'ouest une large gamme de produits d'hygiène à usage unique à savoir les couches bébés sous la marque LIBERO PEAUDOUCE, les serviettes périodiques sous la marque NANA, les couches pour incontinence sous la marque TENA ainsi qu'une large gamme de papier domestique à usage individuel et destinée aux collectivités sous les marques LOTUS et TORK.



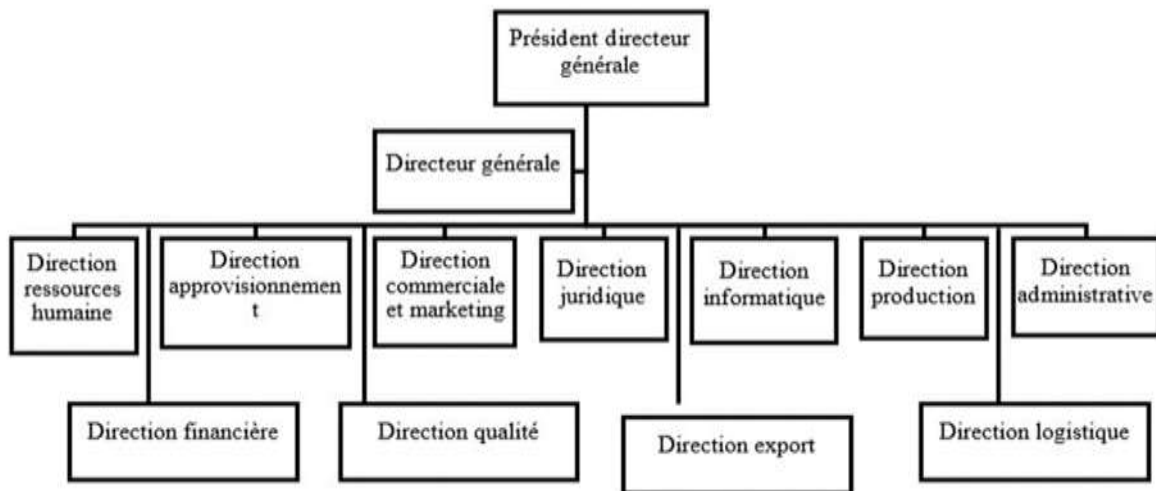
**Figure 2 : Les produits et les marques de SANCELLA**



## **2. Historique du groupe :**

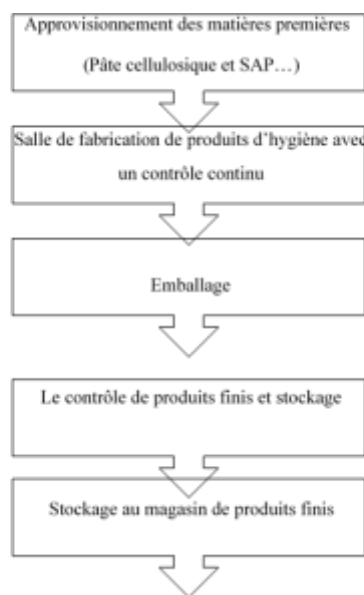
- ❖ **1970** : création de la SOTUPA (société tunisienne de pansements) avec la production du coton (Hydrex&Ouatex) et compresses stériles+bandes à gaz (SOTUPA)
- ❖ **1975** : création de la SPAH, filiale de la SOTUPA dont l'activité était la production des premières couches bébé rectangulaires et serviettes féminines.
- ❖ **1978** : lancement de la production de la gamme papier sous la marque **TOP &/SNO**.
- ❖ **1988** : Lancement de la production des couches bébé sous licence de la marque leader en France PEAUDOUCE.
- ❖ **1989** : Lancement de la production des serviettes féminines sous la marque **NINA**
- ❖ **1990** : Développement de l'activité à l'export, notamment vers la LIBYE, le MAROC et l'AFRIQUE de l'OUEST (Sénégal et Côte d'ivoire).
- ❖ **1994** : Lancement sous licence de la production des serviettes féminines sous la marque **NANA** en remplacement de **NINA**.
- ❖ **1995** : création de SANCELLA Tunisie en joint-venture (JVC) avec SCA Sweden (Bébé et Féminine).
- ❖ **2001** : Extension de la JVC à la catégorie Papier.
- ❖ **2002** : Intégration du département papier Sotupa dans SANCELLA.
- ❖ **2016** : Délocalisation de l'activité Papier au site de Sancell.
- ❖ **2017** : Création de SENSEA LAB spécialisée dans la production des produits de soins capillaires et corporels de la marque SENSEA.
- ❖ **2021** : le groupe suédois d'hygiène Essity (Ex SCA) a cédé sa participation de 49% dans SANCELLA Tunisie au Groupe SOTUPA.

### 3. Organigramme :



**Figure 3 :** *l'organigramme de l'entreprise*

### 4. Cycle de fabrication de produits d'hygiène :



**Figure 4 :** *Les étapes de fabrication de produits d'hygiène*

### III. Conclusion :

Durant ce chapitre, nous avons élaborer une vue globale sur la société SANCELLA, sa spécialité, ses produits et ses départements. Dès ce qui suit, on va entamer l'état de l'art du mécanisme du transport et ses difficultés.

## **CHAPITRE 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I. Introduction :**

La ligne de groupement du produit fini destiné à l'emballage commence par le redressement du produit, le convoyage, l'élévation et finalement l'arrivée au bloc soudure.

Ce chapitre d'état de l'art définit en détail le principe fondamental de ces mécanismes ainsi que leurs multitudes types.

## **II. Les mécanismes de Redressement :**

Un redresseur est utilisé pour orienter correctement les produits avant de les déplacer vers un convoyeur. Ce processus est essentiel pour assurer que les produits sont alignés de manière cohérente et stable pour les étapes suivantes.

Il existe différents types de redresseur :

### **a. Redresseur à bande transporteuse :**

Le redresseur à bande transporteuse utilise plusieurs bandes transporteuses inclinées ou configurées pour orienter les produits. Les bandes peuvent être réglées à différentes vitesses pour aligner les produits.

### **b. Redresseur à tambour rotatif :**

Ce type de redresseur utilise un tambour rotatif qui capte les produits et les aligne correctement.

### **c. Redresseur à guide mécanique :**

Le redresseur à guide mécanique utilise des guides et des rails pour forcer les produits à s'aligner en les déplaçant vers le convoyeur.

## **III. Les mécanismes de convoyage :**

Les convoyeurs sont des équipements industriels essentiels, utilisés pour déplacer efficacement une variété de matériaux sur de courtes ou longues distances dans divers secteurs, de la production manufacturière à la distribution, offrant une solution de transport fiable et économique.

Il existe différents types de convoyeurs industriels adaptés à divers secteurs d'activité :

**a. Convoyeurs à rouleaux :**

Ces convoyeurs utilisent des rouleaux pour transporter les matériaux le long d'une trajectoire. Ils sont souvent utilisés pour le transport de charges légères à moyennes dans des entrepôts, des centres de distribution et des usines.



**Figure 5:** *convoyeur à rouleaux*

**b. Convoyeur à chaîne :**

Comme leur nom l'indique, les convoyeurs à chaîne utilisent une chaîne pour initier un mouvement servant à transporter des matériaux. La chaîne passe sur des engrenages à chaque extrémité de la ligne et peut être équipée d'accessoires spéciaux.

L'application la plus courante des convoyeurs à chaîne est le déplacement de charges lourdes, c'est-à-dire de matériaux volumineux très larges tels que les conteneurs industriels et les palettes.



**Figure 6 :** *convoyeur à chaîne*

**c. Convoyeurs à vis :**

Convoyeurs à vis (tarière) L'un des premiers convoyeurs inventés, convoyeurs à vis existent depuis l'Antiquité (la vis d'Archimède a été créée dans la Grèce antique). Le mécanisme de ce système consiste en une lame hélicoïdale (vis ou tarière) qui déplace des matériaux liquides ou granulaires, généralement dans un tube.



**Figure 7:** *convoyeur à vis*

**d. Convoyeur à spirale :**

Ces convoyeurs utilisent une spirale pour élever ou abaisser les matériaux sur une surface inclinée. Ils sont souvent utilisés dans les installations de manutention des matériaux où l'espace est limité.



**Figure 8 :** *convoyeur à spirale*

**e. Un convoyeur à bande :**

Ce sont les types les plus courants de convoyeurs industriels. Ils utilisent une ceinture en caoutchouc ou en PVC pour transporter les matériaux. Les convoyeurs à bande sont utilisés dans une large gamme d'applications, de l'industrie minière à l'industrie alimentaire.



**Figure 9 :** *convoyeur à bande*

**f. Convoyeur à courroie Rond :**

Les convoyeurs à courroie ronde, également connus sous le nom de convoyeurs à bande ronde, sont un type spécifique de système de convoyage utilisé pour le transport de produits légers à modérément lourds. Ils sont caractérisés par l'utilisation de courroies rondes en nylon ou en caoutchouc.



**Figure 10 :** Convoyeur à courroie ronde

**IV. Les mécanismes d'élévation :**

Les mécanismes d'élévation, aussi appelés des convoyeurs verticaux, qui sont utilisés pour transporter le produit en vrac verticalement.

Il existe différents types de convoyeurs industriels verticaux adaptés à divers secteurs d'activité :

**a. Élévateur à godets à chaîne :**

Ce type de convoyeur utilise des godets fixés à une chaîne pour transporter des matériaux en vrac verticalement. Il est souvent utilisé dans les industries agricoles pour le transport de grains.



**Figure 10 :** *Élévateur à godets à chaîne :*

**b. Élévateur à godets à courroie :**

Ces convoyeurs utilisent une courroie robuste avec des godets fixés pour transporter efficacement les matériaux en vrac à des hauteurs considérables.

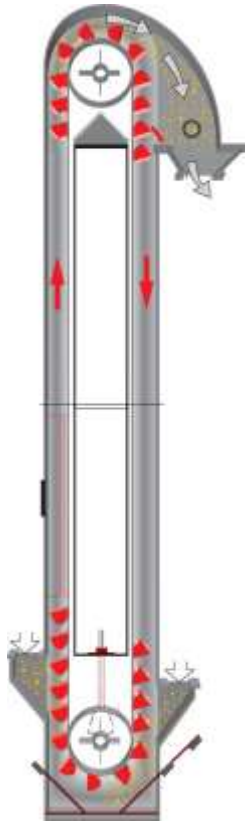




**Figure 11 :** *Élévateur à godets à courroie*

**c. Élévateur à godets à vis :**

Ce convoyeur utilise une vis sans fin avec des godets fixés pour soulever les matériaux en vrac de manière efficace. Il est couramment utilisé dans les usines de traitement des aliments et des produits chimiques.



**Figure 12 :** *Élévateur à godets à vis*

**d. Elévateur à essorage :**

Est un équipement industriel utilisé pour transporter des produits dans le sens vertical.

Il est généralement utilisé pour le transport de produits légers tels que les rouleaux et les paquets de papier.



**Figure 13 :** *Elévateur à essorage*

## **V. Les blocs soudures :**

Les blocs soudures sont des composants essentiels pour assurer une emballage solide et sécurisée.



**Figure14 :** *le bloc soudure*

## **VI. Conclusion :**

A travers ce chapitre, nous avons appris la fonction principale, les différents types de bloc de groupage de produit fini. En effet, cette étude approfondie va nous aider à améliorer les systèmes existant tout en tenant en considération les problèmes détectés.

# **CHAPITRE 2 : ETUDE DE L'EXISTANT ANALYSE FONCTIONNELLE**

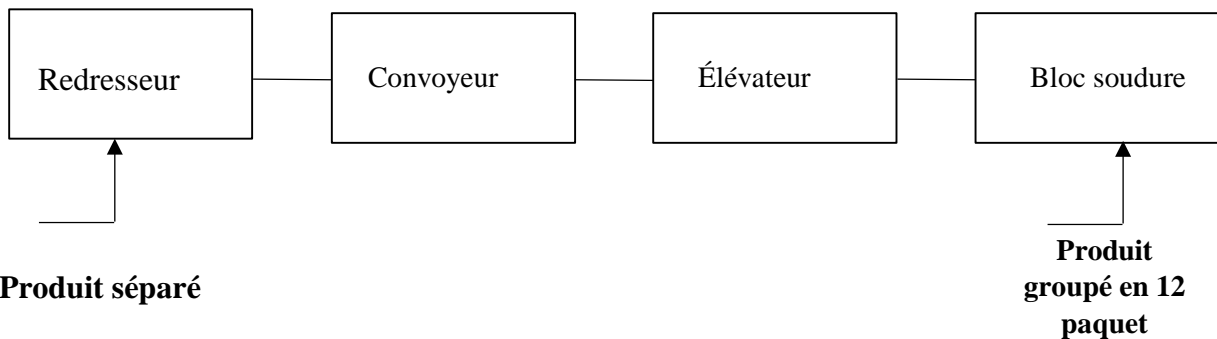
## **I. Introduction :**

La première partie de ce chapitre est dédiée à l'étude approfondie de la ligne de groupage existante en révélant les problèmes de dis fonctionnent et anomalies des blocs constitutifs. Tandis que, la deuxième partie sera consacré en fait à l'analyse fonctionnelle qui touchent les solutions technologiques amélioratives de notre ligne de groupages.

## **II. Etude de l'existant :**

### **1. Description du fonctionnement :**

Comme c'était détaillé auparavant la ligne de groupage du produit est composé de différents blocs : le redresseur, le convoyeur, l'élévateur et finalement le bloc de soudure.



### **2. Problématique :**

Le service de contrôle a détecté par plusieurs reprise une non-conformité qui touche le nombre de lots par sac (11 au lieu de 12).

Cette grave anomalie peut certainement causer un grand problème de crédibilité chez les clients de SANCELLA d'où l'intervention paraît urgente.

### **3. Diagnostique :**

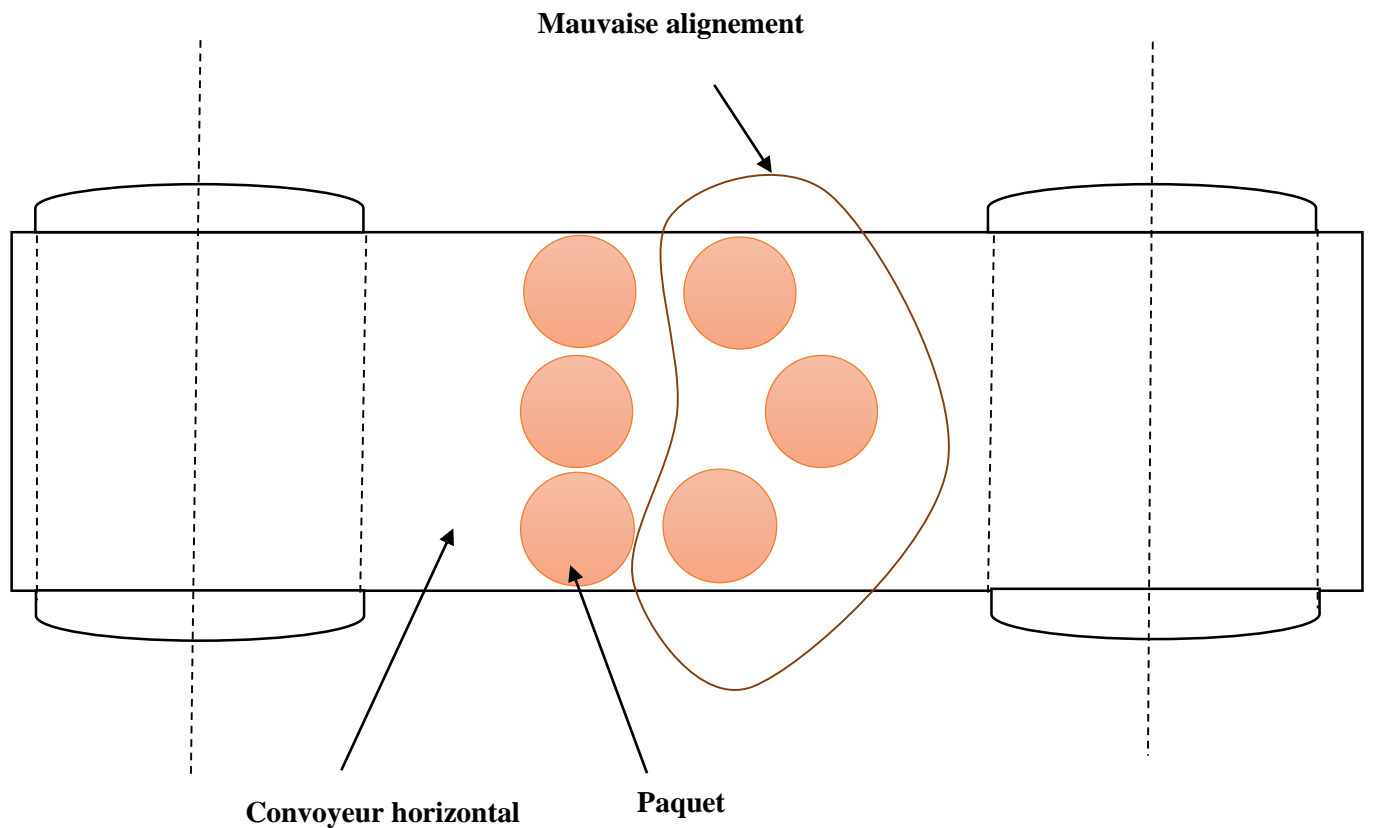
L'étude approfondi des différents blocs de groupage a révélé. Des anomalies qui touchent les 2 blocs : **Convoyeur horizontal**

**L'élévateur (convoyeur verticale)**

#### **3.1. Analyse d'anomalie au niveau de convoyeur horizontal :**

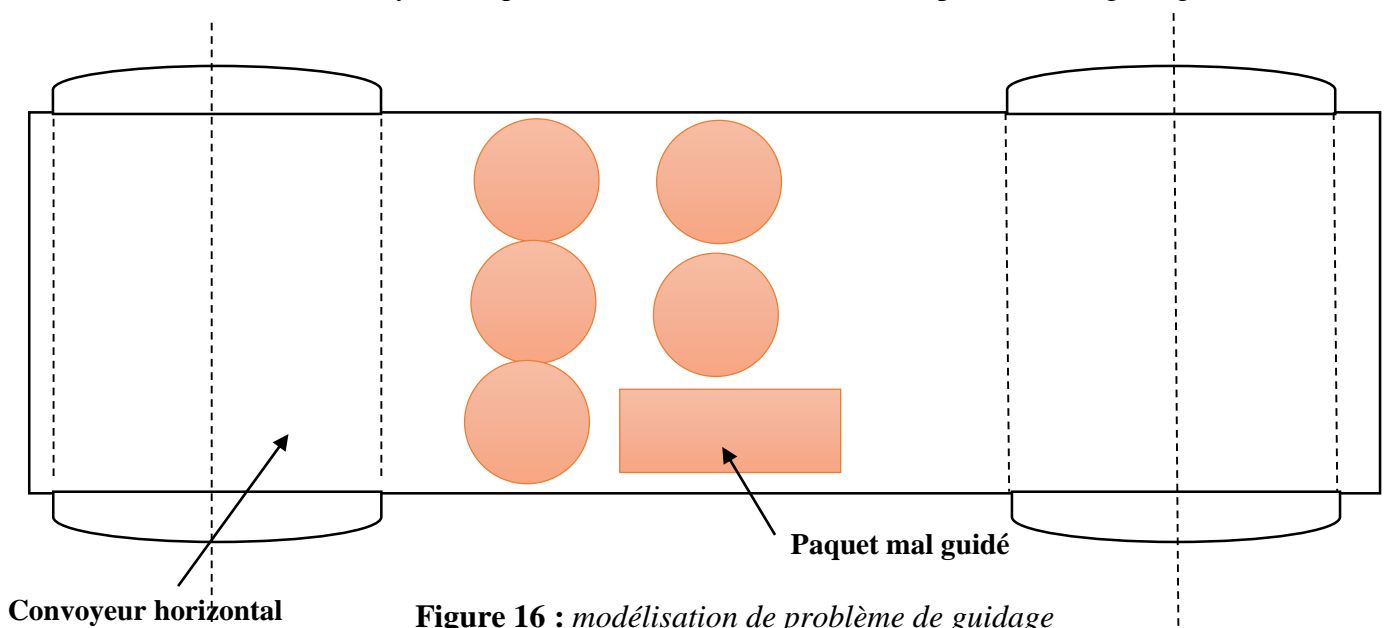
Ces problèmes se manifestent en premier lieu par un faut d'emplacement du produit à groupés.

Cet alignement de favorable peut certainement diminuer le nombre de rouleaux par lot.



**Figure 15 : modélisation de problème d'alignement**

En outre on a pu détecter un autre problème flagrant lors de déplacement, Il y a un risque à cause des vibrations de système que l'un des rouleaux tombe dû le problème de guidage.



**Figure 16 : modélisation de problème de guidage**

### 3.2. Analyse d'anomalie au niveau de l'élévateur :

Lorsque les paquets seront transferts verticalement on remarque qu'il y'aura des chutes répétitives des rouleaux cela est généré généralement à cause de la légèreté et la hauteur du rouleau.



**Figure 17 :** *Problème de chargement*

→ Dès ce que suit, on s'intéresse unique à l'analyse fonctionnelle de la partie convoyage vertical et horizontal. Etudiant l'existant et en proposant ultérieurement les améliorations.

### III. Analyse fonctionnelle externe de l'Existant :

#### 1. Analyse de besoin bête à corne :

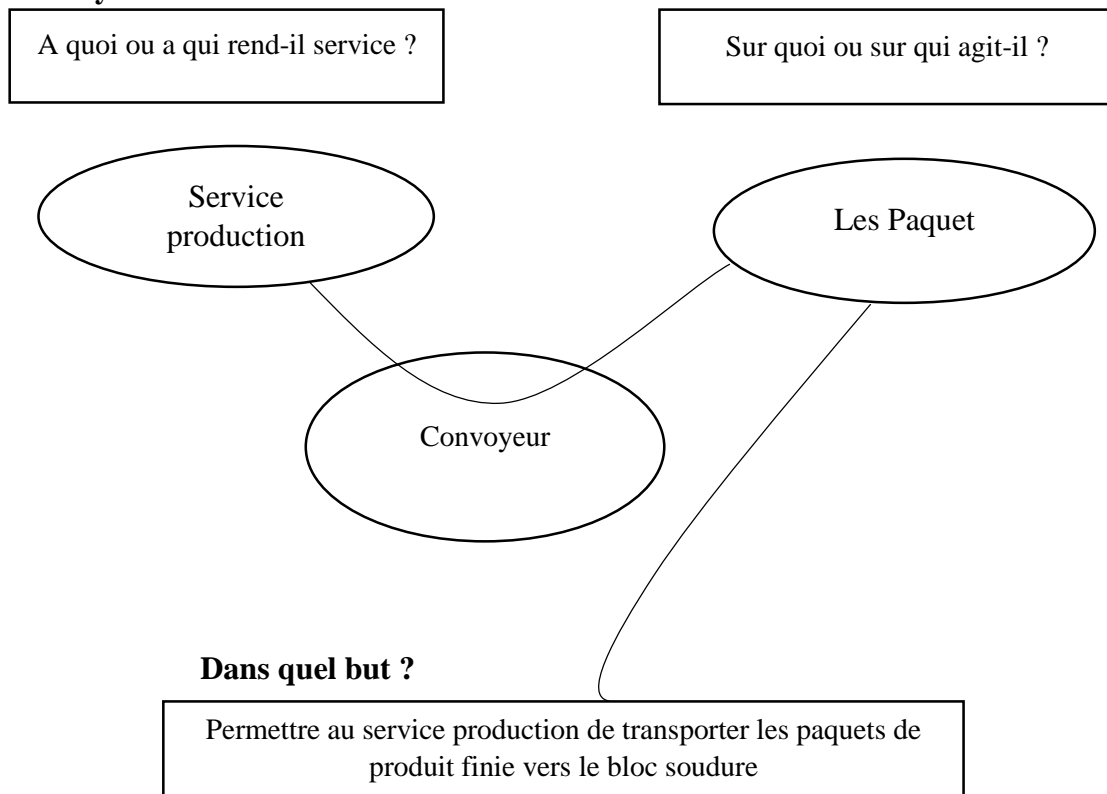


Figure 18 : Diagramme bête à cornes

#### 2. Validation de besoin :

##### • Pourquoi le besoin existe-t-il ?

✓ Transporter les paquets de produit finie vers le bloc soudure.

##### • Pensez-vous que les risques de voir disparaître ou évoluer ce besoin sont réels dans un prochain avenir ?

✓ Non, car d'après l'évolution conçue dans le domaine de l'industrie, ce produit ne peut pas disparaître.

##### • Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer ou disparaître ?

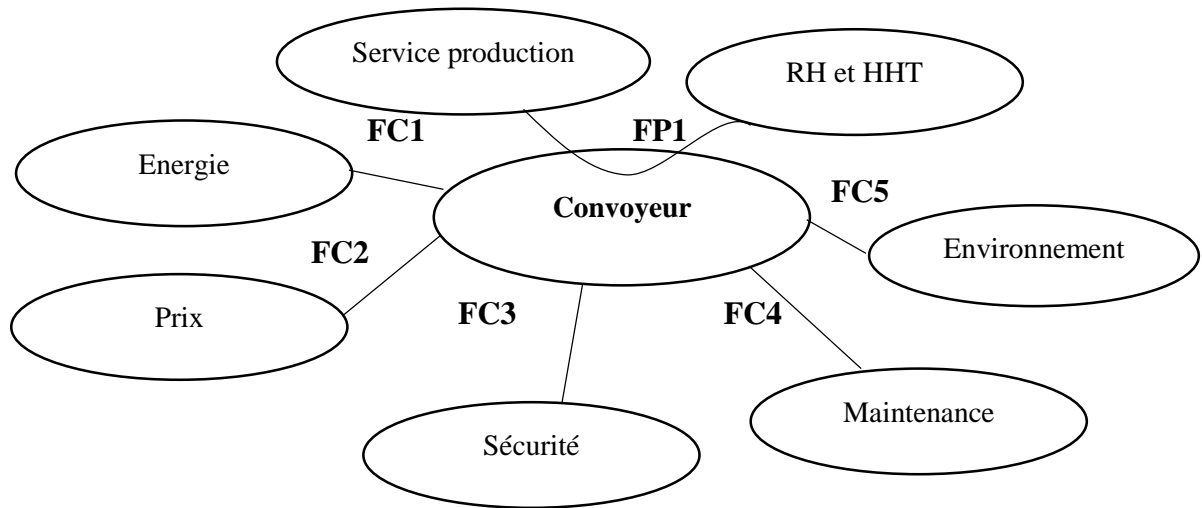
✓ Satisfaction de l'entreprise

➤ Le besoin existe, il ne disparaît à moyen terme, donc le besoin est valide.

#### 3. Recensement des fonctions de services :

##### a. Le diagramme de pieuvre :





**Figure 19:** *diagramme pieuvre*

**b. Identification des fonctions de service :**

**FP1 :** Permettre au service production de transporter les paquets de produit finie vers le bloc soudure

**FC1 :** S'adapter à l'énergie disponible.

**FC2 :** Avoir un prix favorable.

**FC3 :** Respecter les normes ISO de sécurité.

**FC4 :** être facile à maintenir.

**FC5 :** S'adapter à l'environnement.

**c. Valorisation des fonctions de services :**

Pour la hiérarchisation des fonctions de service on utilise l'outil de tri croisé qui consiste à comparer ces fonctions entre elle et attribuer à chaque fois une note de supériorité allant entre 0 et 3.

0 : pas de supériorité

1 : légèrement supérieur

2 : moyennement supérieur

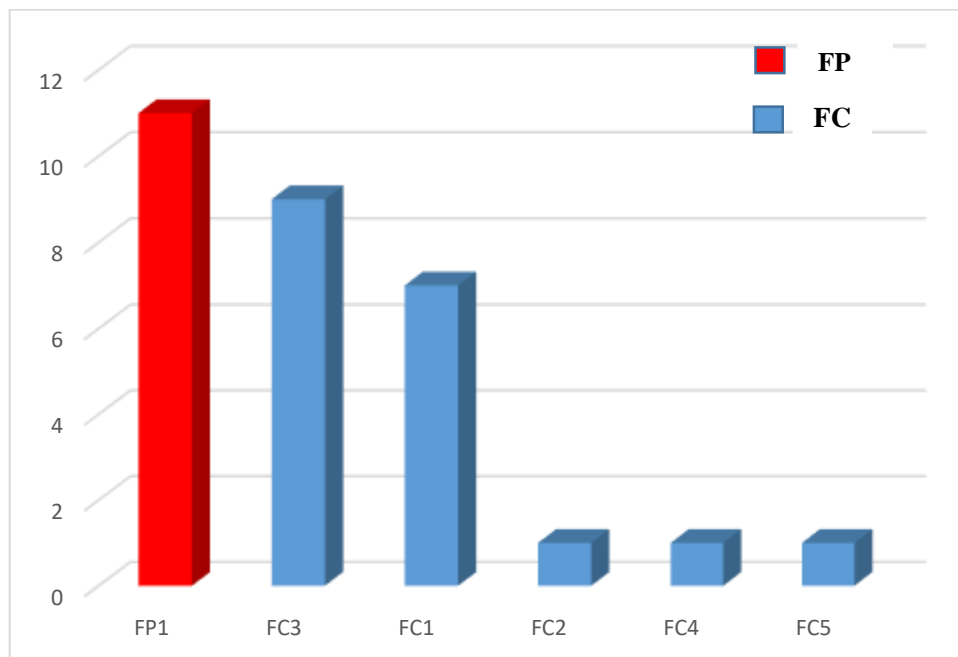
3 : nettement supérieur

	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	TOT
<b>FP1</b>	FP1/1	FP1/3	FP1/1	FP1/3	FP1/3	11
	<b>FC1</b>	FC1/2	FC3/1	FC1/2	FC1/3	7
		<b>FC2</b>	FC3/3	FC4/1	FC2/1	1
			<b>FC3</b>	FC3/3	FC3/2	9
				<b>FC4</b>	FC5/1	1
					<b>FC5</b>	1

**Tableau 1 : Tri croisé**

**d. Hiérarchisation des fonctions de service :**

Hiérarchisation des fonctions de service est exprimée sous forme d'histogramme pour évaluer son importance.



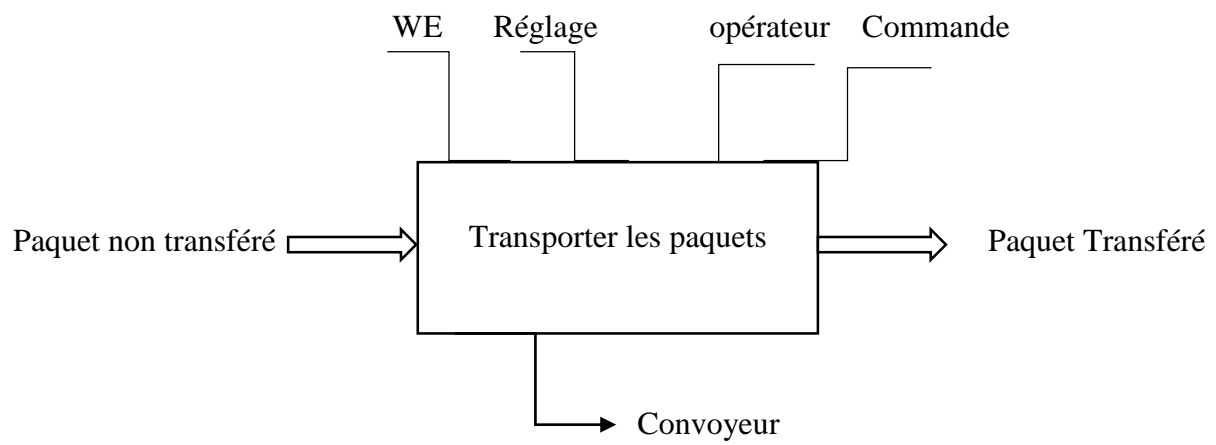
**Figure 20 : Hiérarchisation des fonctions de service**

**IV. Analyse fonctionnelle interne de l'existant :**

**1. Diagramme SADT : Analyse fonctionnelle descendante :**

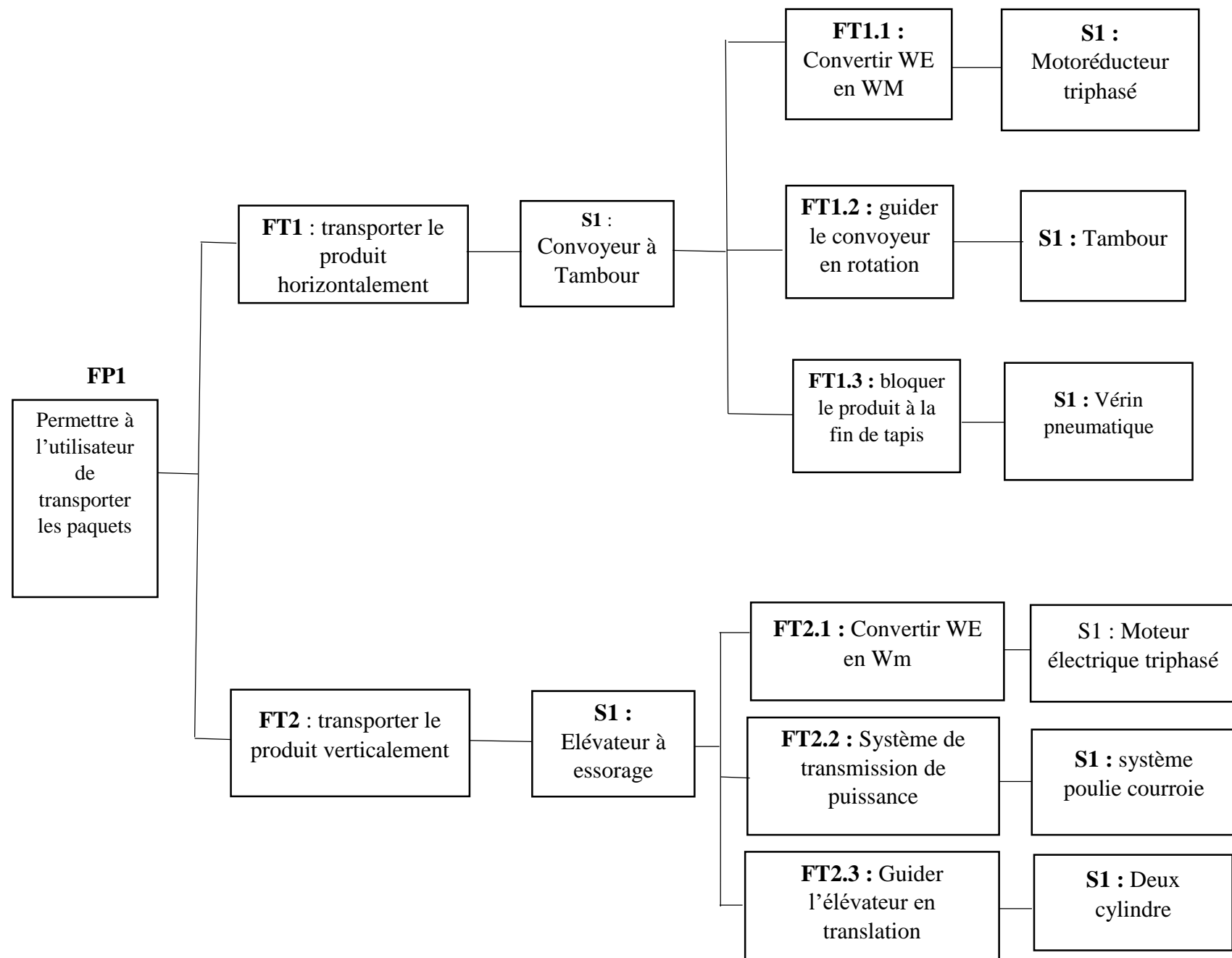
**1.1. Modélisation globale : Diagramme A-0**

L'analyse descendante permet de modéliser et de décrire graphiquement des systèmes. Elle analyse le flux de matière d'œuvre en allant de plus général au plus détaillé.

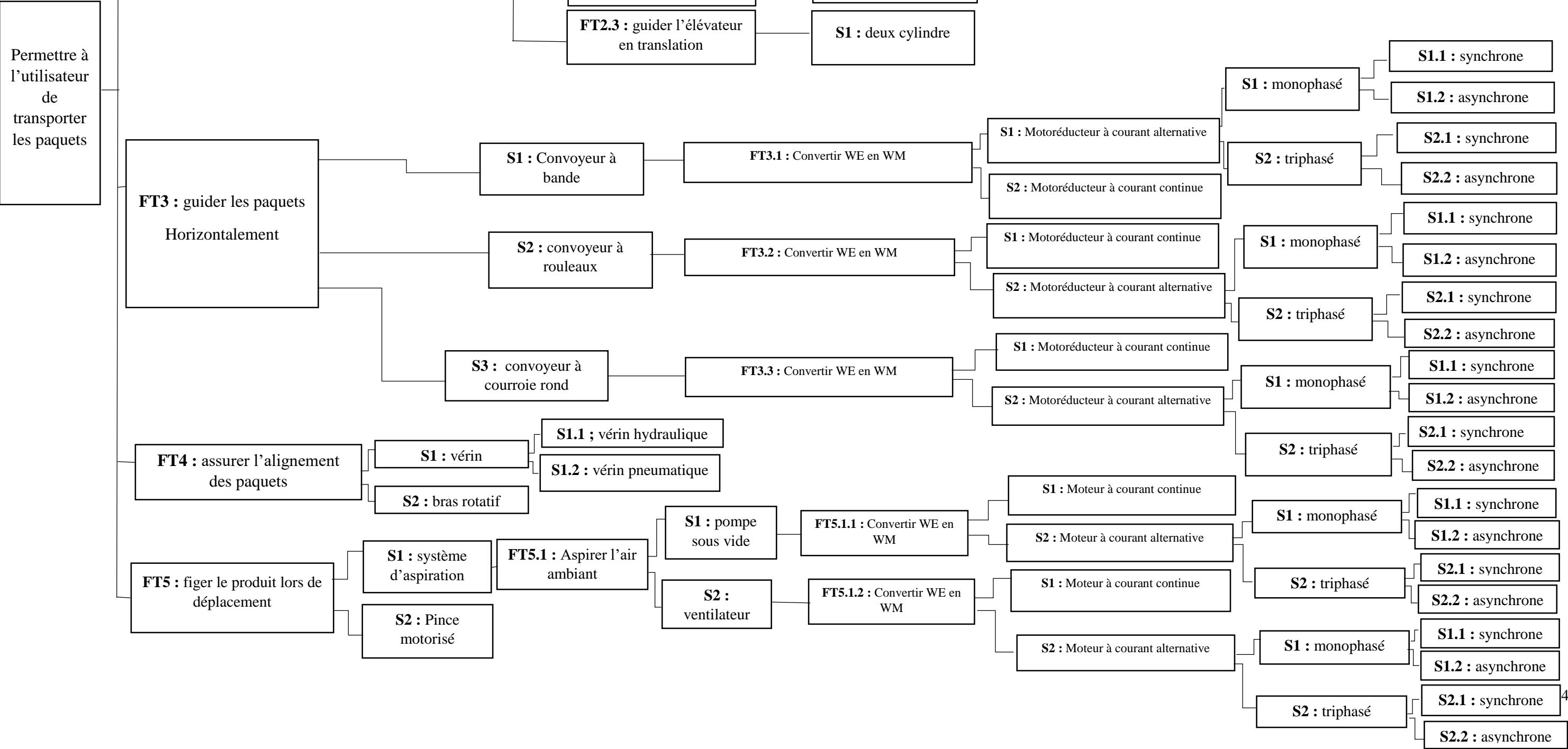


**Figure 21 :** *Diagramme A-0*

## 1.2. FAST Existant :



1.3. FAST Améliorer :



## 2. Choix de solution :

Les intérêts adaptés sont les suivants :

Note	Intérêt de la solution
1	Douteux
2	Moyenne
3	Bien adapter

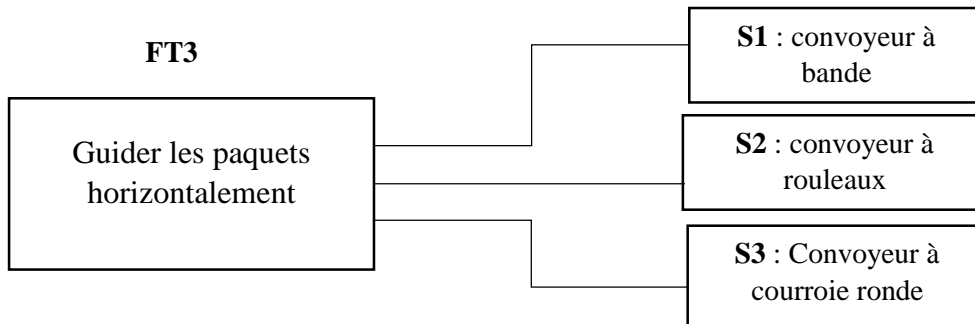
**Tableau 3 :** *Les intérêts de la solution*

La valorisation globale tient compte de la qualité d'une solution vis-à-vis d'un critère et de l'importance de chacune de ses critères.

k	Importance de critère de service
1	Utile
2	Nécessaire
3	Important
4	Très important
5	Vitale

**Tableau 4 :** *Les critères de choix*

### 2.1.Choix de système de guidage :



**Figure 22 :** *Analyse de FT3*

#### ❖ Les critères des choix :

- C1 : Prix
- C2 : maintenabilité
- C3 : encombrement

Le tableau suivant représente la valorisation par critère pour **FT3** :

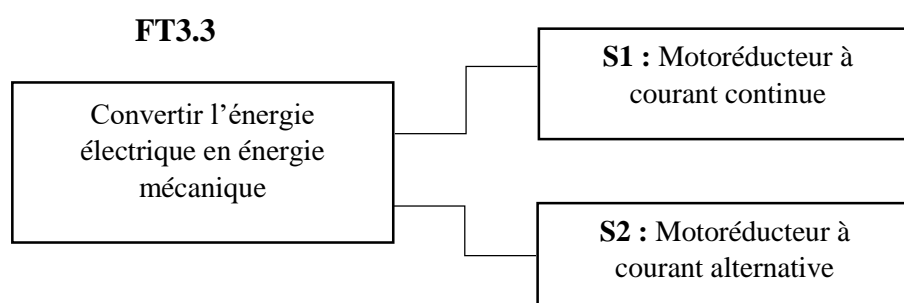
Critère	Coefficient	Convoyeur à bande		Convoyeur à rouleau		Convoyeur à courroie ronde	
		Note	pondération	Note	pondération	Note	pondération
<b>C1</b>	4	2	8	2	8	3	12
<b>C2</b>	3	2	6	2	6	2	6
<b>C3</b>	3	2	6	2	6	3	9
<b>Total</b>			20		20		30

**Tableau 5 : valorisation globale de FT3**

- **La solution S3** : c'est globalement la plus intéressante pour notre système pour cela la Solution optimale sera par la convoyeur à courroie ronde.

## 2.2.Choix de type motoréducteur de convoyeur à courroie ronde :

### 2.2.1. Type de courant :



**Figure 23 : Analyse de FT3.3**

### ❖ Les critères des choix :

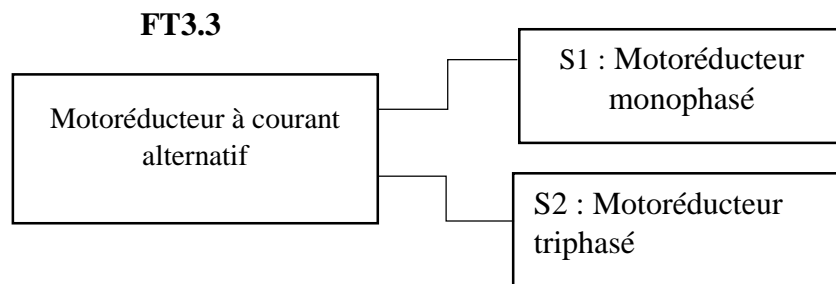
- **C1** : Prix
- **C2** : Puissance
- **C3** : Disponibilité à la source
- **C4** : Vitesse couple

critère	coefficient	Motoréducteur courant contenu		Motoréducteur courant alternatif	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	5	3	15	4	20
$C_2$	4	2	8	4	16
$C_3$	3	2	6	3	9
$C_4$	2	3	6	3	6
Total			35		51

**Tableau 6 : valorisation globale de FT3.3**

➤ Donc la solution adaptée est **moto réducteur à courant alternatif**.

#### 2.2.2. Type de tension :



#### ❖ Les critères des choix :

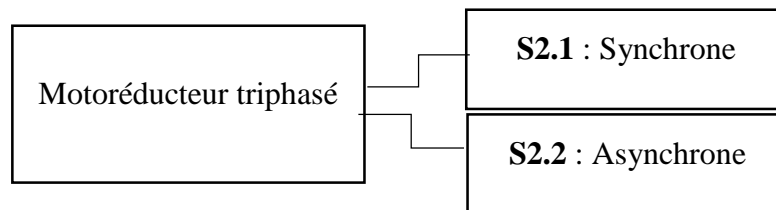
- **C1** : Puissance
- **C2** : Régularité de vitesse de rotation
- **C3** : Durabilité
- **C4** : Prix



critère	coefficient	Motoréducteur monophasé		Motoréducteur triphasé	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	4	2	8	3	12
$C_2$	3	2	6	3	9
$C_3$	2	2	4	3	6
$C_4$	3	3	9	2	6
Total			27		33

➤ La solution adaptée est **Motoréducteur triphasé**.

### 2.2.3. Type de synchronisation :

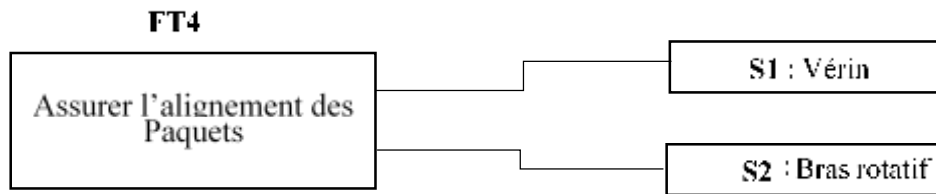


- **C1** : rendement
- **C2** : vitesse de rotation
- **C3** : maintenabilité
- **C4** : Prix

critère	coefficient	Motoréducteur synchrone		Motoréducteur asynchrone	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	4	2	8	3	12
$C_2$	3	3	9	2	6
$C_3$	4	1	4	3	12
$C_4$	4	3	12	2	8
total			33		38

➤ La solution adaptée est **Moto réducteur asynchrone**

### 2.3.Choix de système d'alignement :



**Figure 24 : Analyse de FT4**

❖ **Les critères des choix :**

- **C1** : Prix
- **C2** : maintenabilité
- **C3** : encombrement

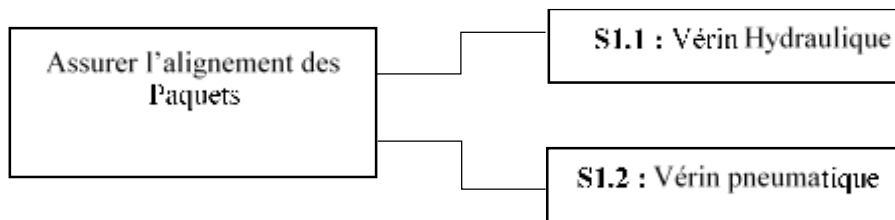
critère	coefficient	Vérin		Bras rotatif	
		note	pondération	note	pondération
C1	4	3	12	2	8
C2	3	3	9	2	6
C3	4	2	8	1	4
total			29		18

**Tableau 7 : valorisation globale de FT4**

- **La solution S1** : c'est globalement la plus intéressante pour notre système pour cela la Solution optimale sera par le vérin.

### 2.3.1. Choix de vérin :

#### FT4



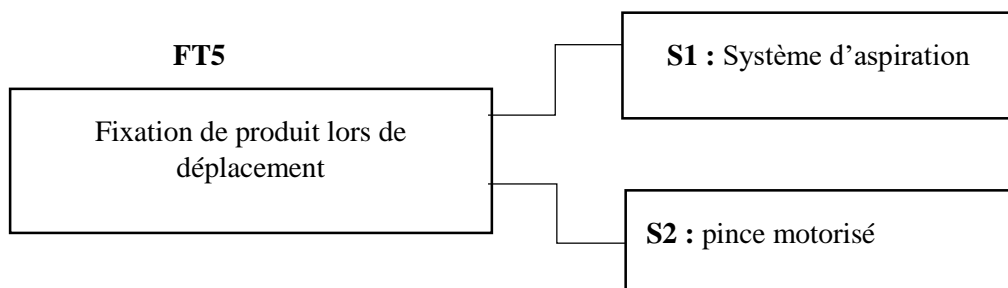
#### ❖ Les critères des choix :

- C1 : prix
- C2 : charge
- C3 : disponibilité de source

critère	coefficient	Vérin hydraulique		Vérin pneumatique	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	3	2	6	3	9
$C_2$	3	3	9	2	6
$C_3$	3	2	6	3	9
total			21		24

➤ Alors on admet **S12** comme solution finale.

### 2.4.Choix de système de chargement :



**Figure 25 : Analyse de FT5**

❖ **Les critères des choix :**

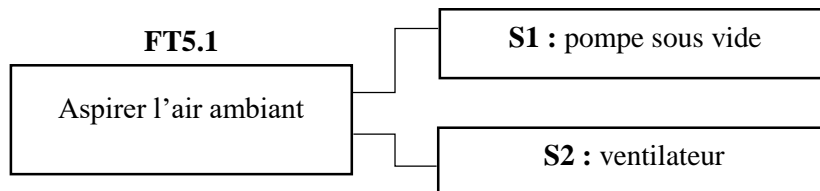
- **C1** : Prix
- **C2** : encombrement
- **C3** : disponibilité de source

critère	coefficient	Système d'aspiration		Pince motorisé	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	3	3	9	1	3
$C_2$	2	3	6	2	4
$C_3$	3	3	9	2	6
total			24		13

**Tableau 8 :** valorisation global de FT5

- **La solution S1** : c'est globalement la plus intéressante pour notre système pour cela la Solution optimale sera par le système d'aspiration.

**2.5.Choix de système d'aspiration :**



**Figure 26 :** Analyse de FT5.1

❖ **Les critères des choix :**

- **C1** : Prix
- **C2** : efficacité
- **C3** : Durabilité

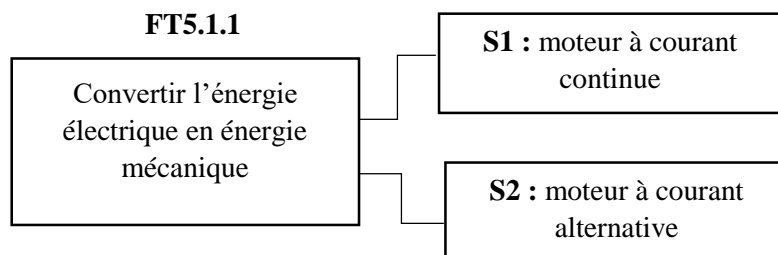
critère	coefficient	Pompe à vide		Ventilateur	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	3	2	6	3	9
$C_2$	2	3	6	1	2
$C_3$	3	3	9	2	6
total			21		17

**Tableau 9 : valorisation globale de FT5.1**

- **La solution S1** : c'est globalement la plus intéressante pour notre système pour cela la solution optimale sera par la pompe sous vide.

## 2.6. Choix de moteur de pompe sous vide :

### 2.6.1. Type de courant :



**Figure 27 : Analyse de FT5.1.1**

### ❖ Les critères des choix :

- **C1** : Prix
- **C2** : puissance
- **C3** : disponibilité à la source
- **C4** : vitesse couple

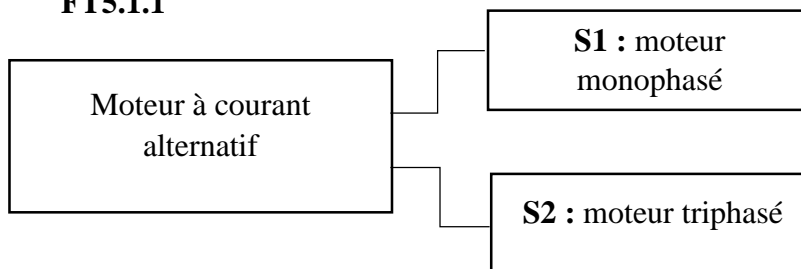
critère	coefficient	Motoréducteur courant contenu		Motoréducteur courant alternatif	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	5	3	15	4	20
$C_2$	4	2	8	4	16
$C_3$	3	2	6	3	9
$C_4$	2	3	6	3	6
Total			35		51

**Tableau 10 : valorisation globale FT5.1.1**

- Donc la solution adaptée est **moteur à courant alternatif**.

### 2.6.2. Type de tension :

#### FT5.1.1



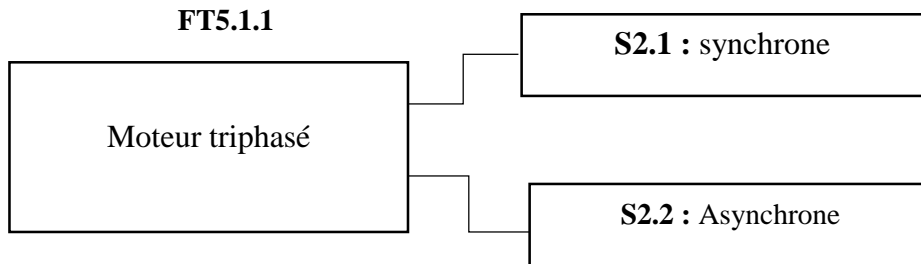
#### ❖ Les critères des choix :

- **C1** : Puissance
- **C2** : régularité de vitesse de rotation
- **C3** : durabilité
- **C4** : prix

critère	coefficient	Motoréducteur monophasé		Motoréducteur triphasé	
		note	pondération	note	pondération
$C_1$	4	2	8	3	12
$C_2$	3	2	6	3	9
$C_3$	2	2	4	3	6
$C_4$	3	3	9	2	6
Total			27		33

➤ **S2** : la solution adaptée.

### 2.6.3. Type de synchronisation :



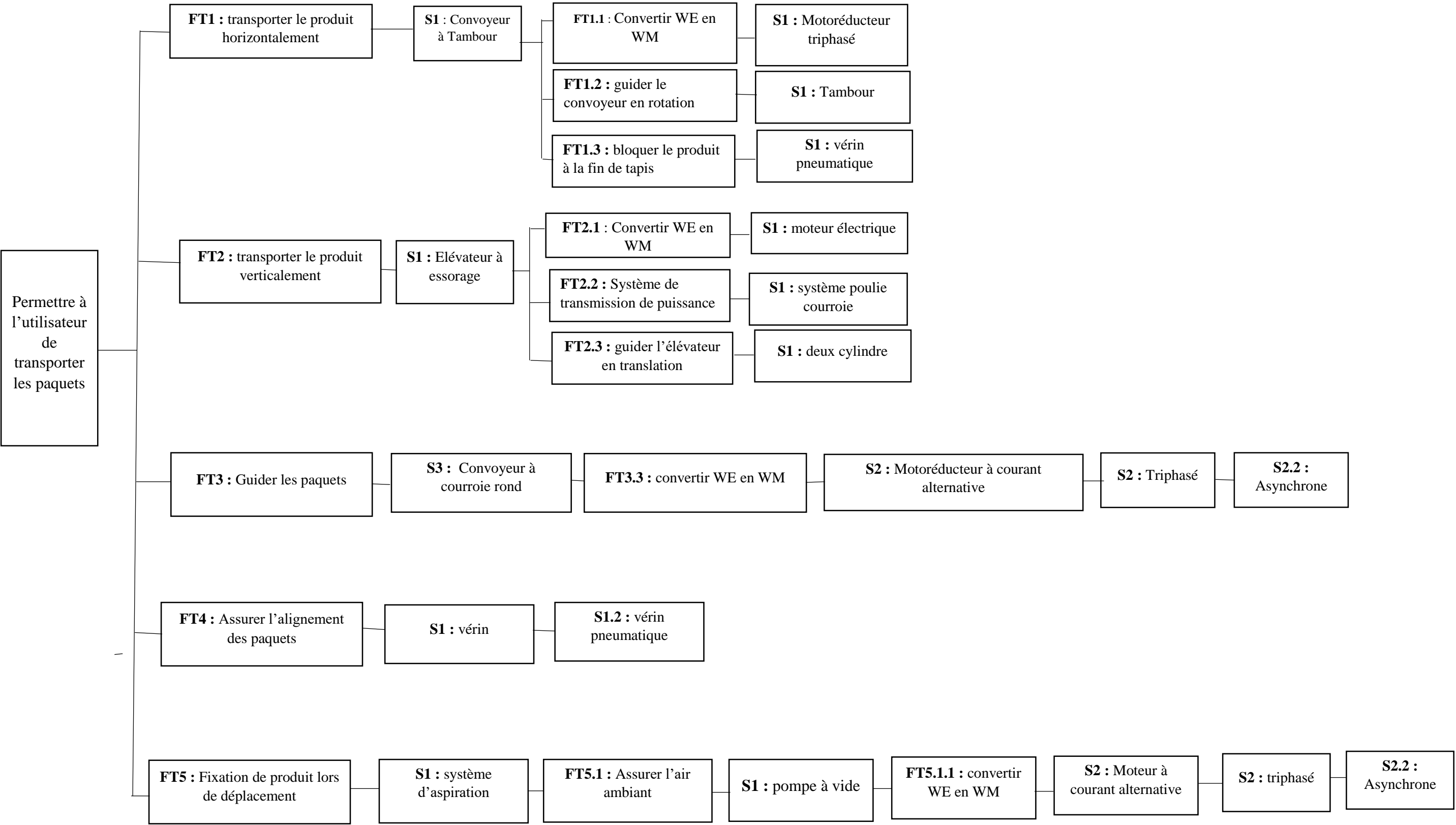
❖ **Les critères des choix :**

- **C1** : Rendement
- **C2** : vitesse de rotation
- **C3** : maintenabilité
- **C4** : prix

critère	coefficient	Motoréducteur synchrone		Motoréducteur asynchrone	
		note	pondération	note	pondération
<b>C<sub>1</sub></b>	4	2	8	3	12
<b>C<sub>2</sub></b>	3	3	9	2	6
<b>C<sub>3</sub></b>	4	1	4	3	12
<b>C<sub>4</sub></b>	4	3	12	2	8
total			33		38

➤ La solution adaptée est **moteur asynchrone** .

3. FAST Final

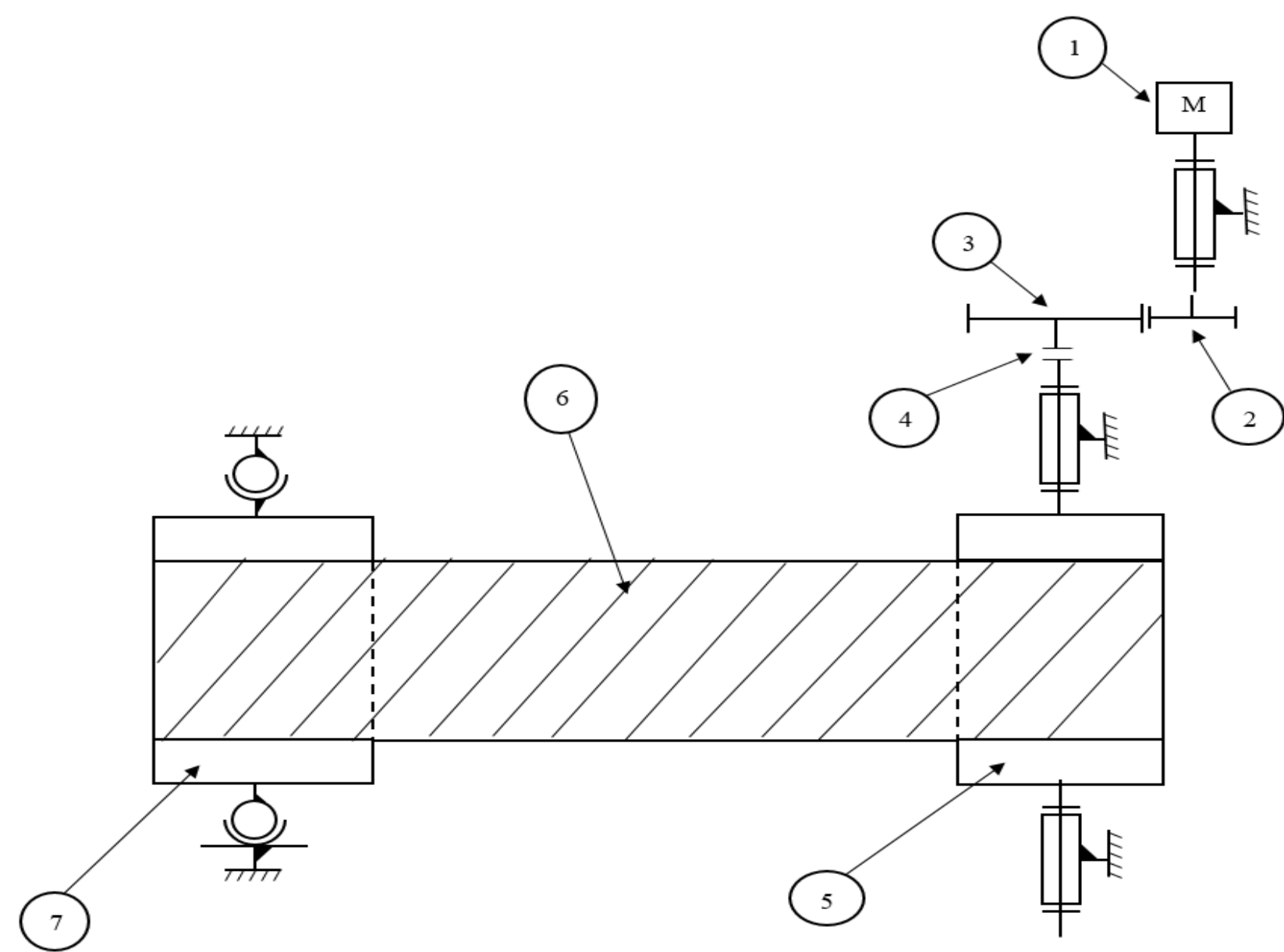




4. Schémas cinématique :

4.1. Schémas cinématique de l'existant :

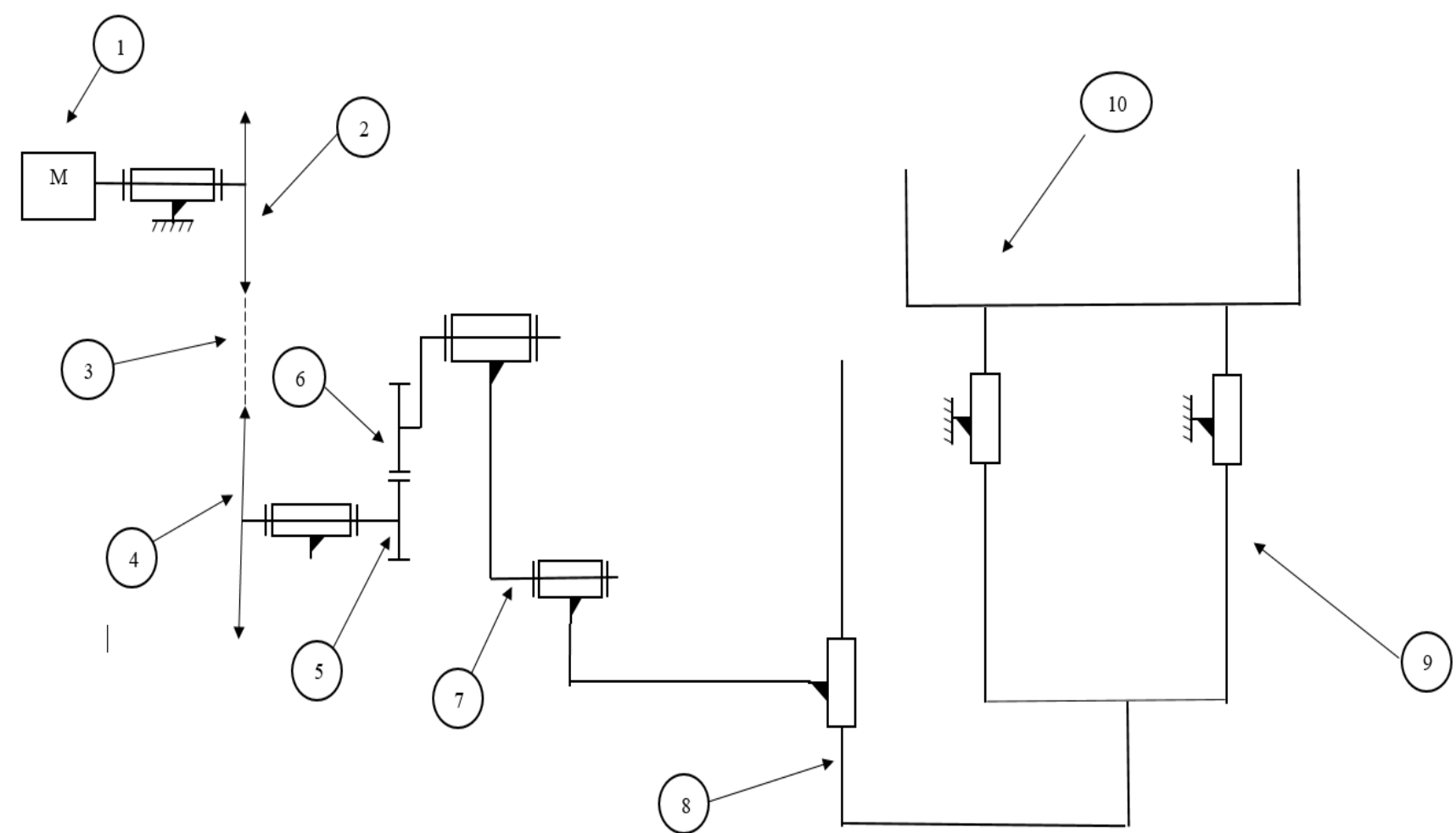
❖ Bloc 1 : convoyeur Horizontal :



Numéro	Nom de composant
1	moteur
2	Roue dentée
3	Roue dentée
4	Accouplement
5	Tambour motrice
6	Tapis roulant
7	Tambour réceptrice

Figure 28 : schémas cinématique de bloc1

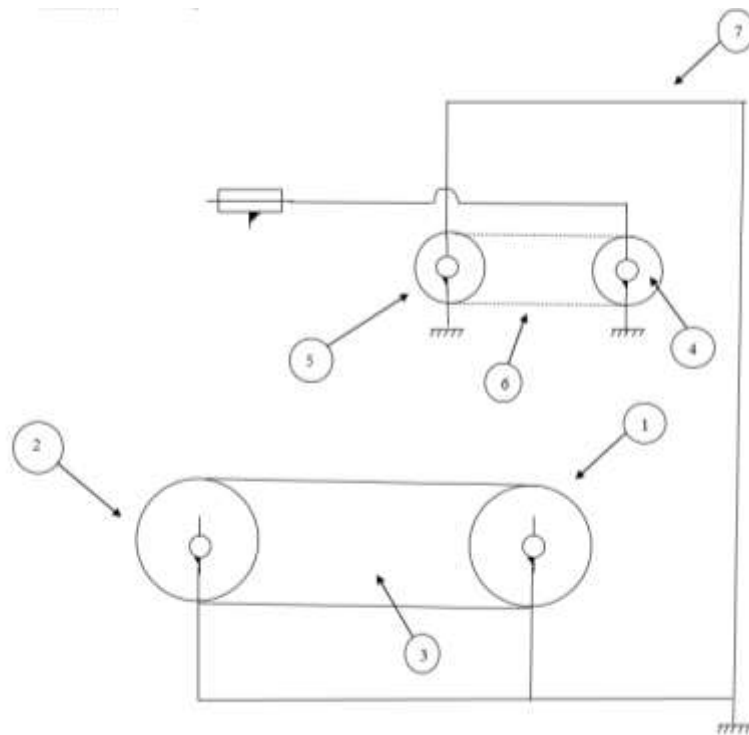
❖ Bloc 2 : élévateur (Convoyeur vertical )



Numéro	Nom de composant
1	Moteur
2	Poulie motrice
3	Courroie
4	Poulie réceptrice
5	Roue dentée
6	Roue dentée
7	Tige
8	Pièce de guidage
9	Cylindre
10	Elévateur

Figure 29 : schéma cinématique de bloc 2

#### 4.2.Schémas cinématique améliorer :



**Figure 30 : schéma cinématique améliorer**

<b>Numéro</b>	<b>Nom de composant</b>
<b>1</b>	Tambour motrice de convoyeur
<b>2</b>	Tambour réceptrice de convoyeur
<b>3</b>	Convoyeur
<b>4</b>	Tambour motrice de courroie rond
<b>5</b>	Tambour réceptrice de courroie rond
<b>6</b>	Courroie rond
<b>7</b>	Bâti

## **V. Conclusion :**

Ce chapitre d'étude et d'analyse, nous a permis d'identifier les anomalies et les dysfonctionnements des 2 blocs de convoyages, on a proposé par la suite des solutions correctives suivies par une analyse fonctionnelle et

Le chapitre traitera le calcul et le dimensionnement des mécanismes amélioratifs du système.

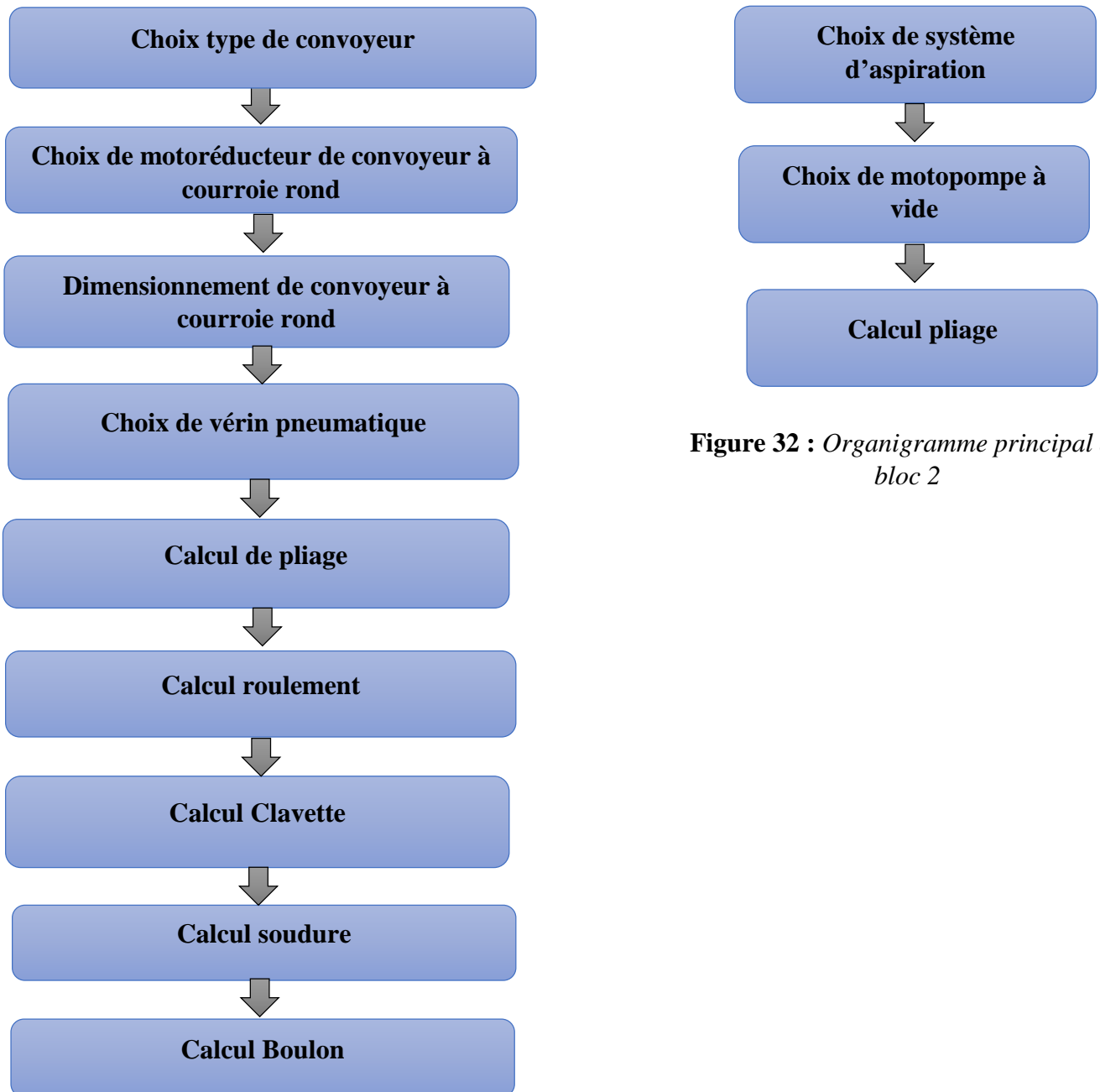
# **CHAPITRE 3 : ETUDE DE LA PARTIE OPÉRATIVE**

## **I. Introduction :**

Dans ce chapitre on va mettre l'accent sur les différents calculs nécessaires pour choisir les composants du système avec précision et éviter toute erreur de fonctionnement ou sous dimensionnement.

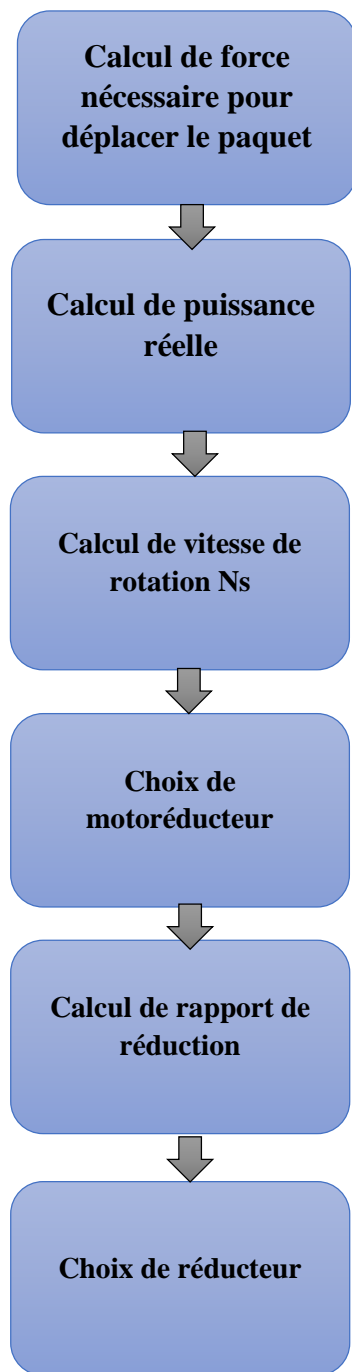
## **II. Dimensionnement des solutions adaptées :**

Le démarche de calcul nécessaires pour déterminer les dimensions des solutions choisis dans les deux blocs sera présenté dans les diagrammes suivants :

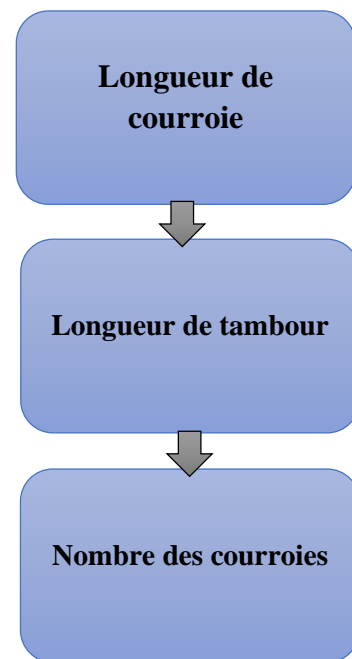


**Figure 32 :** *Organigramme principal de bloc 2*

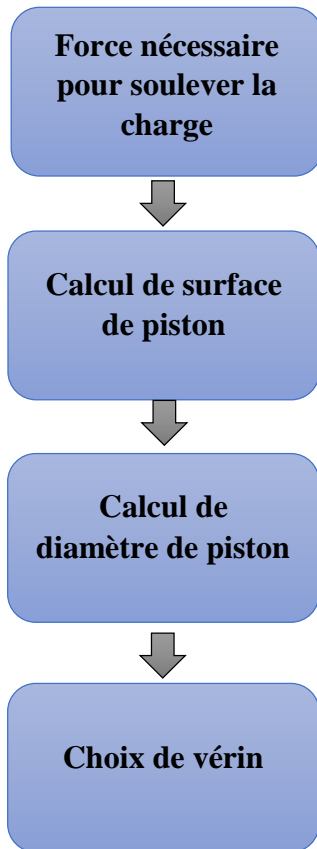
**Figure 31 :** *organigramme principal de bloc 1*



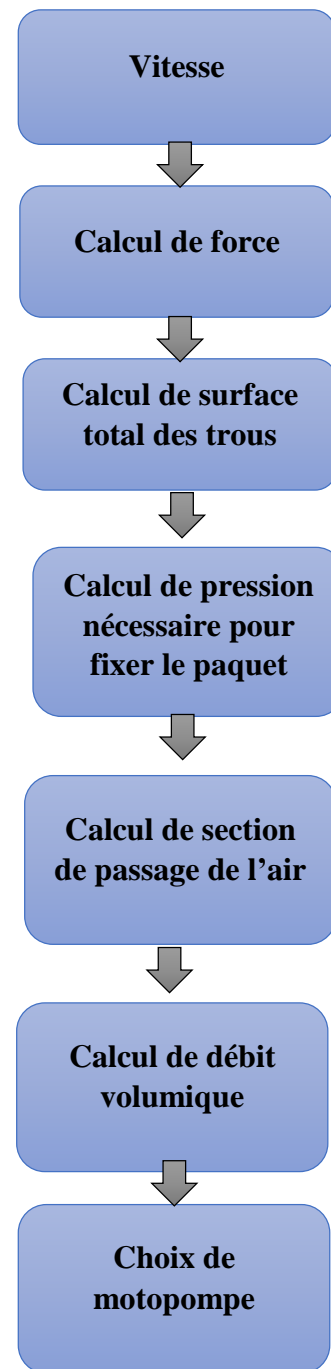
**Figure 33 :** *Organigramme choix de motoréducteur*



**Figure 34 :** *Organigramme de dimensionnement de convoyeur à courroie rond*

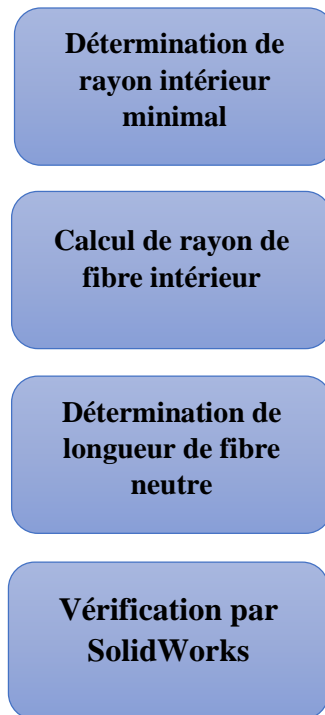


**Figure 35 :** *Organigramme choix de vérin*



**Figure 36 :** *Organigramme choix de Motopompe*





**Figure 37 :** *Organigramme de calcul de pliage*

### III. Choix de motoréducteur de convoyeur courroie rond :

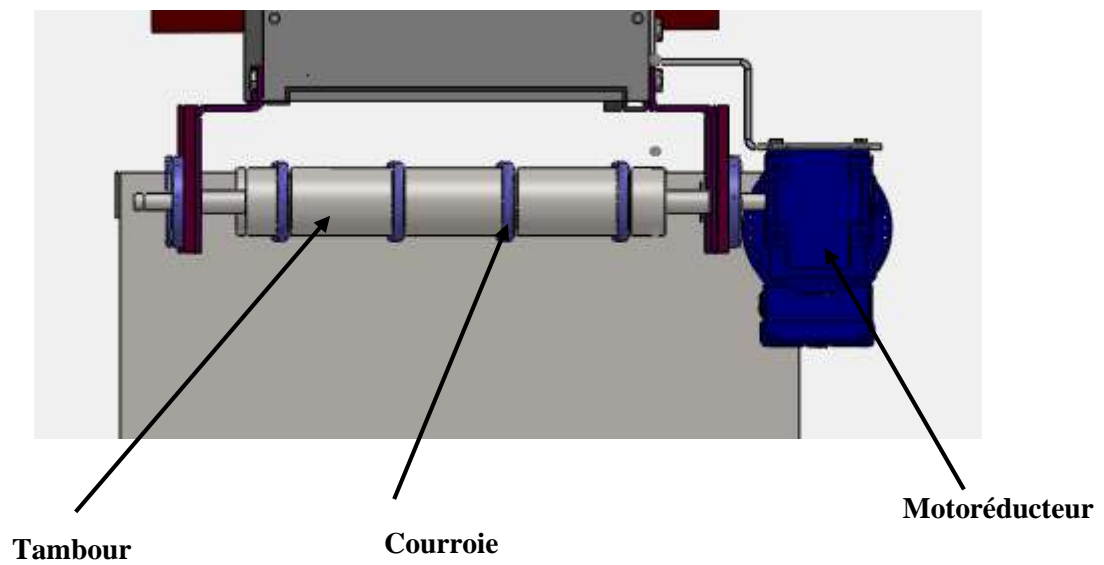
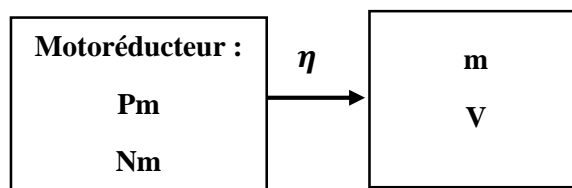


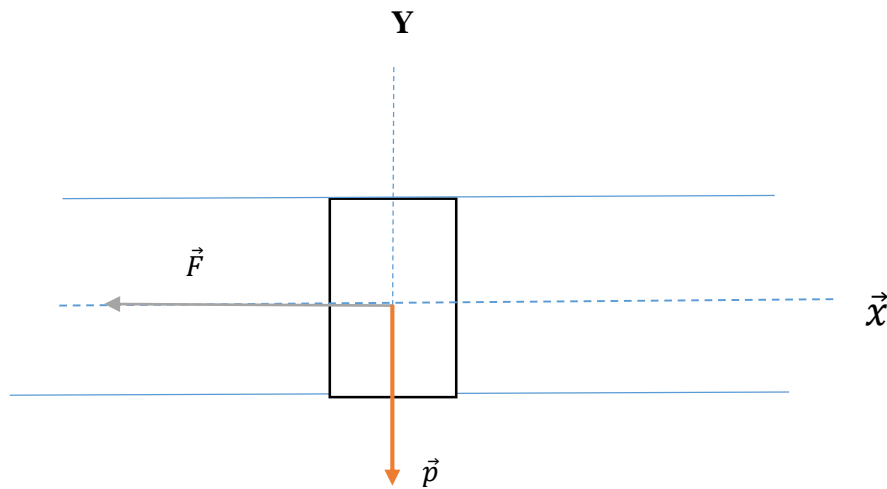
Figure 38 : Convoyeur courroie rond



$$\eta = \frac{P_s}{P_m} \rightarrow P_m = \frac{P_s}{\eta}$$

- **$P_m$**  : Puissance moteur
- **$N_m$**  : vitesse de rotation de moteur
- **$\eta$**  : Rendement
- **$P_s$**  : Puissance de sortie
- **$m$**  : Masse de paquet
- **$V$**  : vitesse

### 1. Calcul de la force nécessaire pour déplacer le paquet :



**Figure 39 :** bilan des forces

- Le matériau de paquet est en plastique
- Coefficient de frottement  $\mu = 0.25$  (Annexe 1)
- La masse d'un seul paquet  $m = 250\text{g}$
- $g = 10 \text{ m. s}^{-2}$

Le nombre total de paquet sur le long de courroie rond :

$$n_{\max} = \frac{l_{\text{courroie}}}{L_{\text{paquet}}}$$

$$= \frac{1000}{140} * \frac{420}{140} = 21.4$$

$$n_{\max} = 21 \text{ paquet}$$

$$F = \mu \times P$$

$$F = \mu \times m_{\text{total}} \times g$$

AN

$$F = 0.3 \times 0.25 \times 21 \times 10 = 15,75 \text{ N}$$

$$F = 15.75 \text{ N}$$

**2. Puissance sortie :**

$$P_s = F \times v \text{ Avec } v=0.5\text{m/s}$$

AN

$$P_{th} = 15.75 \times 0.5$$

$$P_s = 7.875 \text{ W}$$

**3. Puissance réelle :**

$$p_m = \frac{p_s}{\eta} \text{ avec le rendement global } \eta = 0.98$$

Alors

$$p_m = \frac{7.875}{0.98}$$

$$p_m = 8.03 \text{ W}$$

**4. Vitesse angulaire sortie :**

$$V_s = R \times \omega_s \rightarrow \omega_s = \frac{V_s}{R} = \frac{2 \times V_s}{d}$$

AN

$$\omega_s = \frac{2 \times 0.5}{15 \times 10^{-3}} = 26.6 \text{ rad/s}$$

$$\omega_s = 26.6 \text{ rad/s}$$

**5. Vitesse de rotation sortie :**

$$\omega_s = \frac{2\pi \times N_s}{60} \rightarrow N_s = \frac{60 \times \omega_s}{2\pi}$$

AN

$$N_s = \frac{60 \times 26.6}{2\pi} = 254 \text{ tr/min}$$

$$N_s = 254 \text{ tr/min}$$

D'après un catalogue on a choisi le moteur **CBM402 (Annexe2)** de :

- $Nm = 3000tr/min$
- $Pm = 0.97Kw$
- $Cm = 35.1N. m$
- $Ns = 254tr/min$

#### 6. Rapport de réduction :

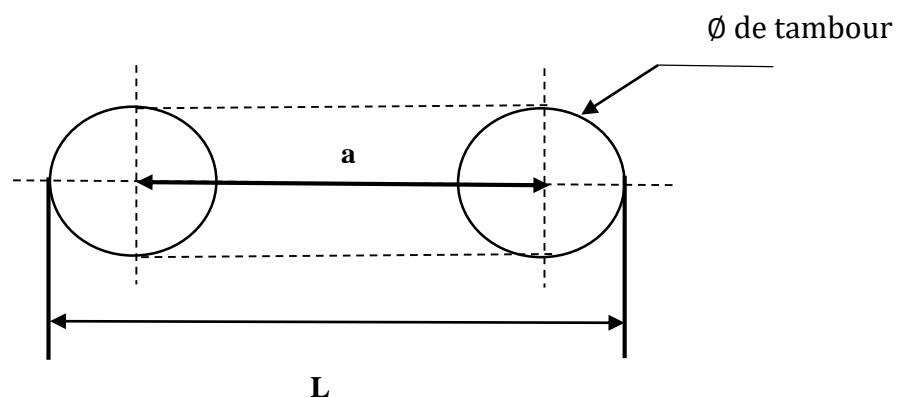
$$r = \frac{Ns}{Nm}$$

AN

$$r = \frac{254}{3000} = \frac{1}{12}$$

→ A partir de rapport de réduction on a choisi **un réducteur à vis sans fin.**

#### IV. Les dimensions de convoyeur à courroie rond :



**Figure 40 :** Dimensionnement de convoyeur courroie rond

##### a. Longueur de courroie :

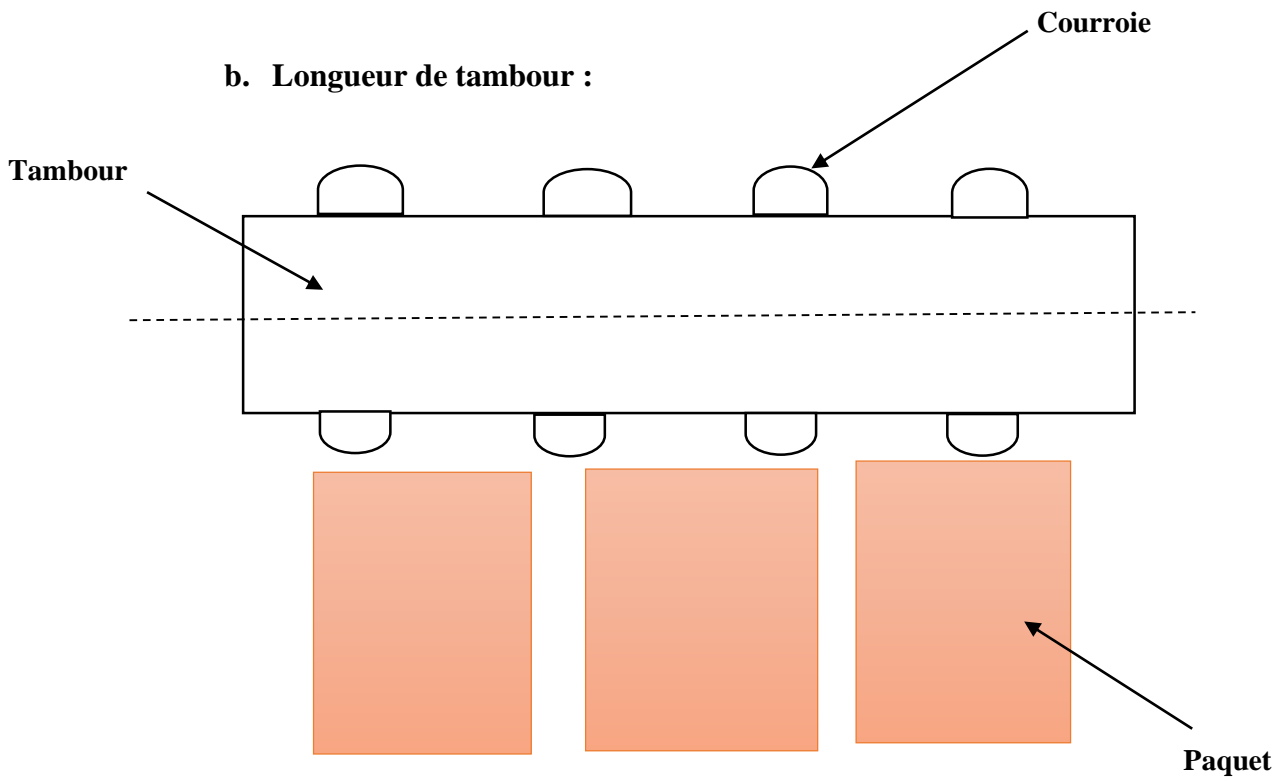
On a  $a=950\text{ mm}$  ,  $\varnothing\text{ tambour} = 50\text{mm}$

$$L=2 \times R_{tambour} + a$$

AN

$$L = 2 \times 25 + 950 = 1000\text{mm}$$

$$L = 1 \text{ mètre}$$



**Figure 41 : Vue en coupe de Tambour**

On a :

- Nombre de paquet par ligne = 3 paquet
- $\varnothing$  Paquet = 140 mm

$$L \text{ tambour} = \varnothing \text{ Paquet} \times \text{nombre de paquet par ligne}$$

AN

$$L \text{ tambour} = 140 \times 3 = 420\text{mm}$$

$$L \text{ tambour} = 420\text{mm}$$

### c. Nombre des courroies :

Nombre des courroies selon la zone de travail :

Pour déterminer le nombre de courroie on a utilisé la condition suivante :

**Distance entre les courroies < Ø Paquet**

$$\frac{\text{longueur de tambour}}{\text{nombre des courroies}} < \text{Ø Paquet}$$

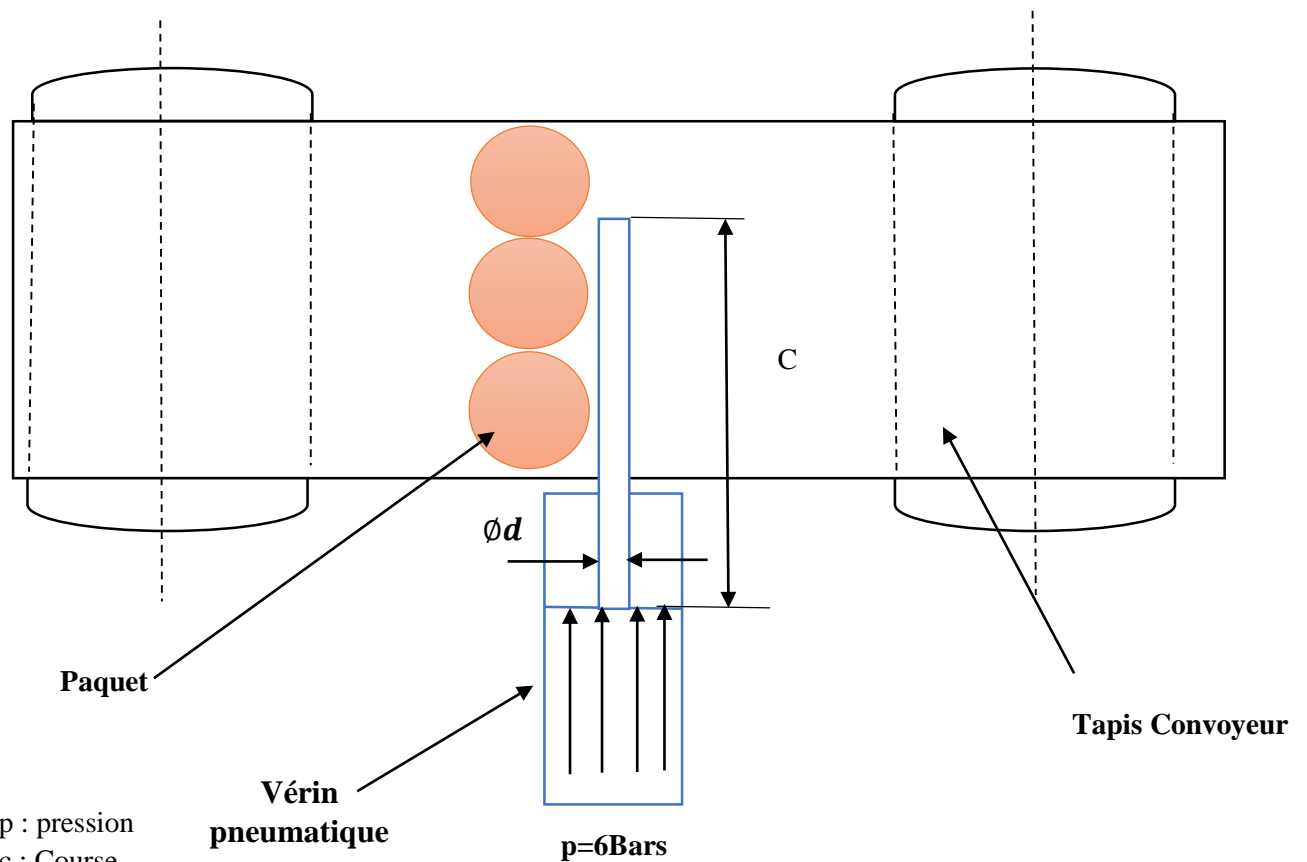
$$\frac{420}{n} < 140$$

$$n > \frac{420}{140}$$

$$n > 3$$

n= 4 courroies

### V. Choix de vérin pneumatique :

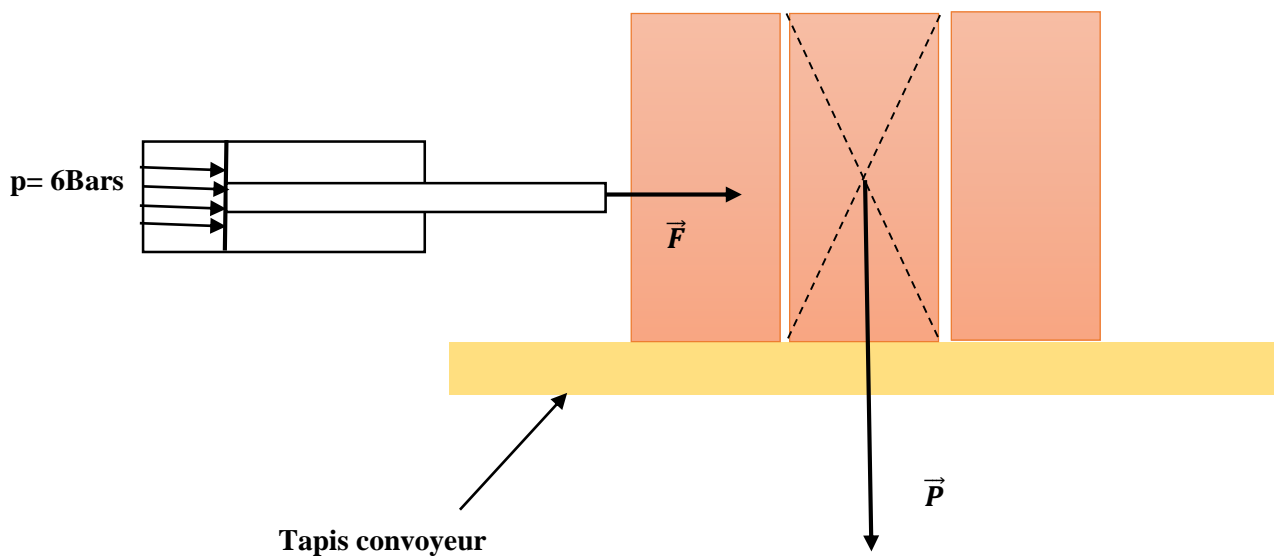


**Figure 42 : Modélisation de vérin pneumatique**

Considérons une application dans laquelle un cylindre pneumatique est utilisé pour soulever une charge.

On a :

- La pression **p= 6bars.**
- La force nécessaire pour déplacer le paquet :  $F_1=3\text{KN}$
- La force nécessaire pour soulever la charge  $F >$  Force nécessaire pour déplacer le paquet.



**Figure 43 : bilan des force**

On suppose que La force nécessaire pour soulever la charge  $F = 5\text{KN}$

**1. Calcule de surface de piston :**

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow S = \frac{F}{p}$$

AN

$$S = \frac{5000}{6 \times 10^5}$$

$$S = 0.008 \text{ m}^2$$

**2. Calcule de diamètre de piston :**

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} \rightarrow 4 \times S = \pi \times d^2$$



$$d^2 = \frac{4 \times S}{\pi}$$

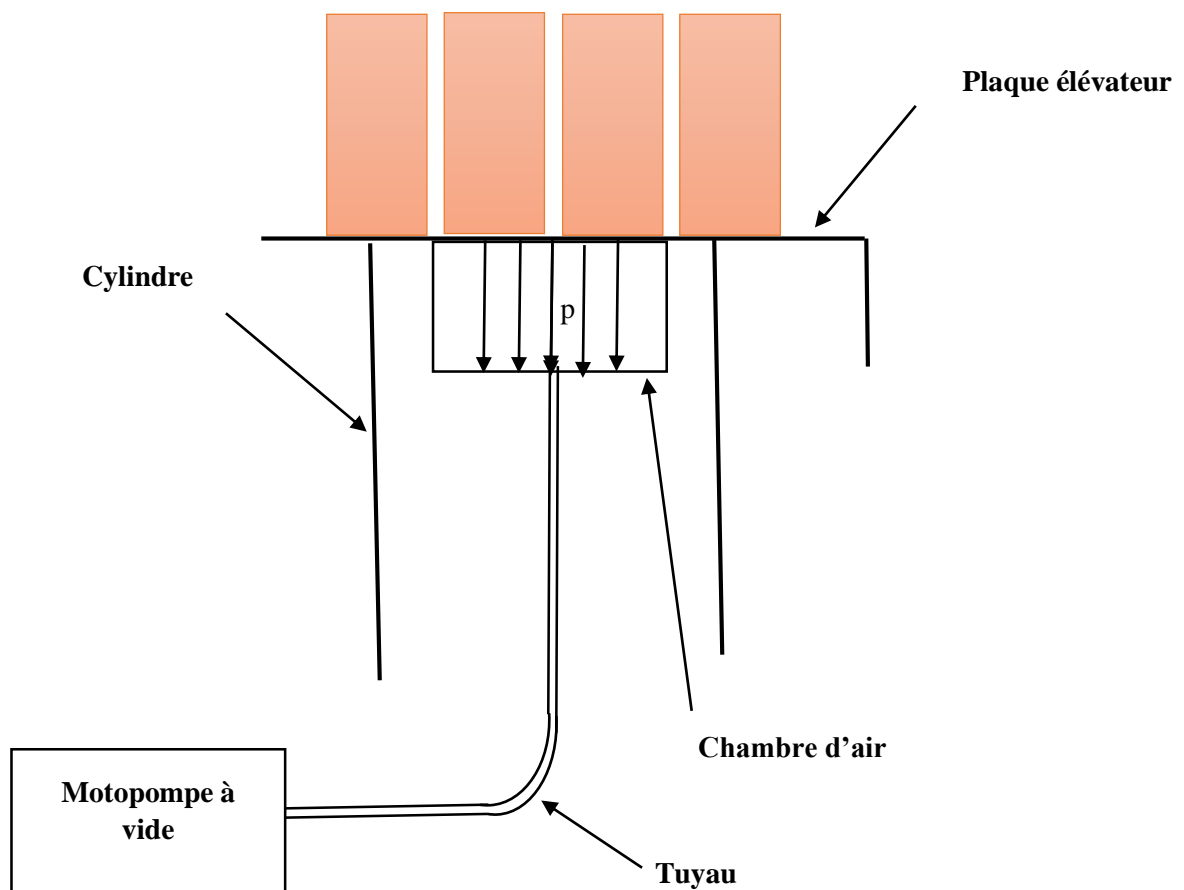
$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \times S}{\pi}}$$

$$\text{AN} \quad d = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0.008}{\pi}} = 100 \text{ mm}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

D'après le catalogue on a choisi le vérin **DNC-100-PPV** de course **C= 800mm** (Annexe 3)

#### VI. Calcul nécessaire pour choisir la motopompe à vide :



**Figure 44 : Modélisation de pompe à vide**

**1. Calcul de pression nécessaire pour fixer les paquets :**

$$p = \frac{F}{S}$$

Avec

- $F = m \times g$
- $m$  : masse des paquets
- $S$  : Surface Total de trou

○ **Calcul de surface total de trou :**

$$S = n \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Avec

- $n$  : nombre des trous
- $d$  : diamètre de trou

AN

$$S = 50 \times \frac{\pi \times 20^2}{4} = 0.0157 \text{ m}^2$$

$$S = 0.0157 \text{ m}^2$$

**Donc**

$$p = \frac{F}{s} = \frac{m \times g}{s}$$

AN

$$p = \frac{250 \times 12 \times 10}{0.0157} = 2000 \text{ Pa}$$

$$p = 2000 \text{ Pa}$$

## 2. Calcul de débit volumique :

$$Qv = S \times V$$

Avec

- S : Section de passage d'air
- V : Vitesse,  $V=2.5\text{m/s}$
- Section de passage de l'air :

$$S = L \times l \times h$$

AN

$$S = 560 \times 420 \times 50 = 0.01176\text{m}^3$$

Donc

$$Qv = 0.01176 \times 2.5 = 105.84\text{m}^3/h$$

$$Qv = 105.84\text{m}^3/h$$

D'après le calcul on va choisir une motopompe qui correspond aux données que nous avons trouvées. Étant donné que l'entreprise dispose d'un atelier, nous avons trouvé ce qui correspond à nos besoins et qui possède les caractéristiques suivantes :

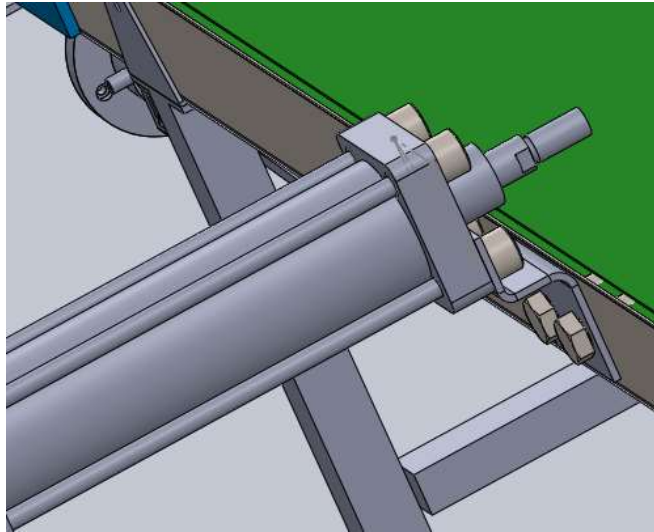
- $Qv=100/125 \text{ m}^3/h$
- $p= 400/380 \text{ mbar}$



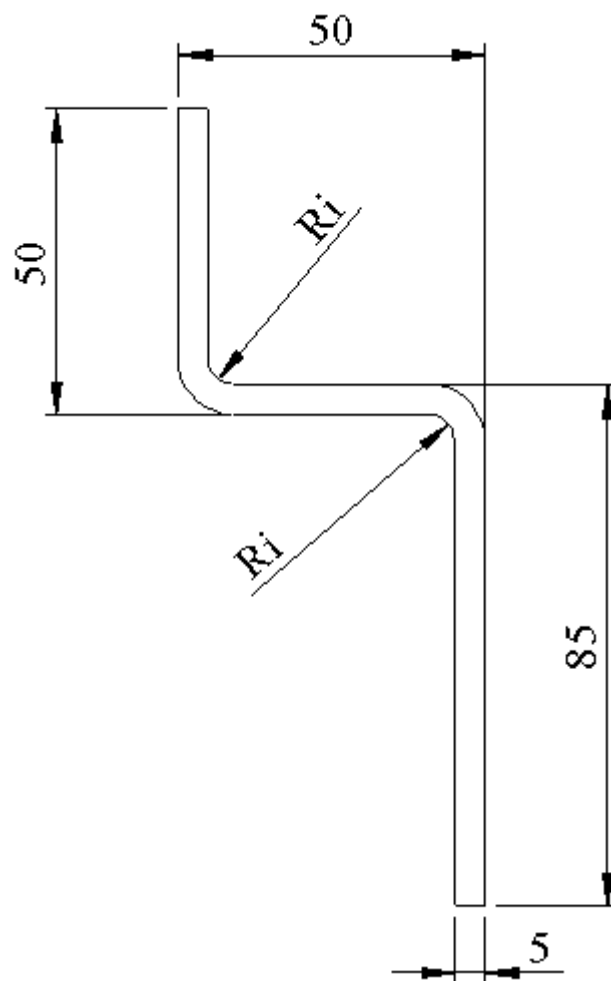
Figure 45 : motopompe choisie

**VII. Calcule de pliage :**

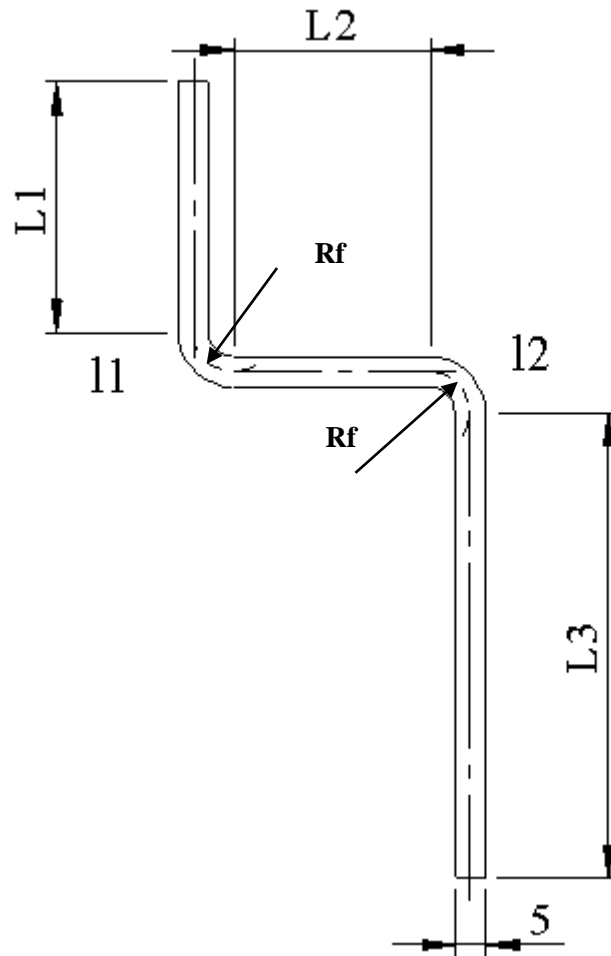
**1. Calcule de tôle de fixation de vérin :**



**Figure 46 : tôle de fixation de vérin**



**Figure47 : dessin de définition de tôle de fixation de vérin**



**Figure 48 :**

### **1.1. Détermination de Rayon intérieur minimal :**

Pour déterminer le rayon intérieur minimal on a utilisé la condition suivante :

$$Ri \geq Rmin$$

Avec

$$Rmin = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \times \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

- **e** : épaisseur de la tôle (5mm)
- **A** : Allongement pourcent du matériau.
- **Z** : coefficient de striction du matériau.

Le matériau de la tôle : S235 donc A= 26% et Z= 60%

AN

$$R_{min} = \frac{5}{\left(\frac{26-4}{100-60}\right) \times \left(\frac{26-4}{100-60} + 2\right)} = 3.5mm$$

$$Ri \geq 3.5$$

$$Ri = 4mm$$

### 1.2. Calcul de Rayon fibre intérieur :

$$Rf = Ri + K \times e$$

**K** : coefficient de proportionnalité dont sa valeur dépend de  $\frac{Ri}{e}$

$$\frac{Ri}{e} = \frac{4}{5} = 0.8 > 0.62$$

D'après l'annexe 4 : **K= 0.3**

AN

$$Rf = 4 + (0.3 \times 5)$$

$$Rf = 5.5mm$$

### 1.3. Détermination de Longueur de fibre neutre :

Lorsque l'angle est 90° donc  $L = A - (Ri + e)$

- $L1 = A1 - (Ri + e)$

AN  $L1 = 50 - (5 + 4) = 41mm$

$$L1 = 41mm$$

- $L2 = A1 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L2 = A1 - (2 \times 4 + 2 \times 5) = 32mm$

$$L2 = 32mm$$

- $L3 = A3 - (Ri + e)$

AN  $L3 = 85 - (5 + 4) = 76mm$

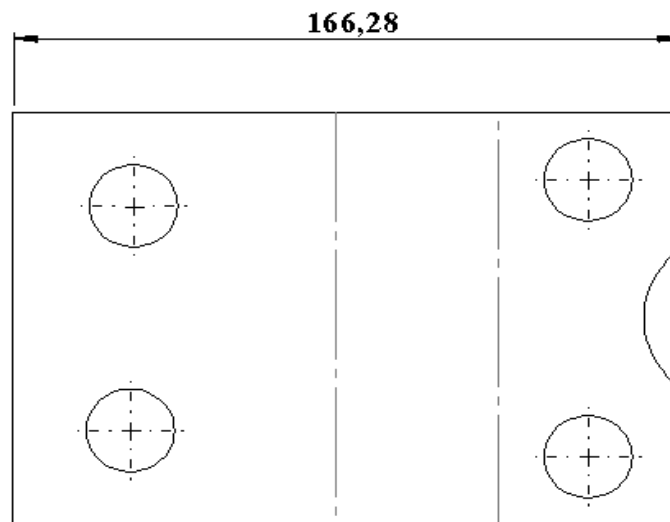
$$L3 = 76mm$$

➤  $L_f = L_1 + L_2 + L_3 + l_1 + l_2$  Avec  $l = R_f \times \frac{\pi}{2}$

AN  $L_f = 41 + 32 + 76 + (2 \times 5.5 \times \frac{\pi}{2}) = 344.9 \text{ mm}$

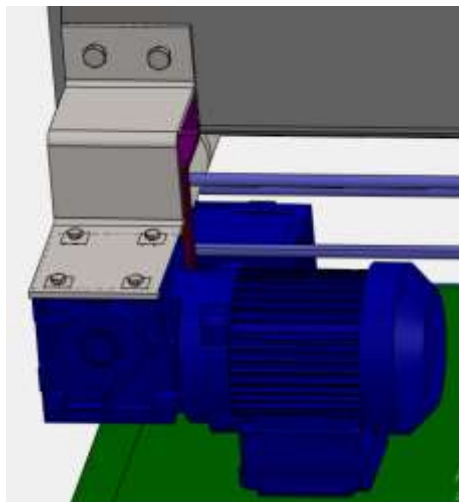
$L_f = 166.28 \text{ mm}$

#### 1.4. Vérification par SolidWorks :

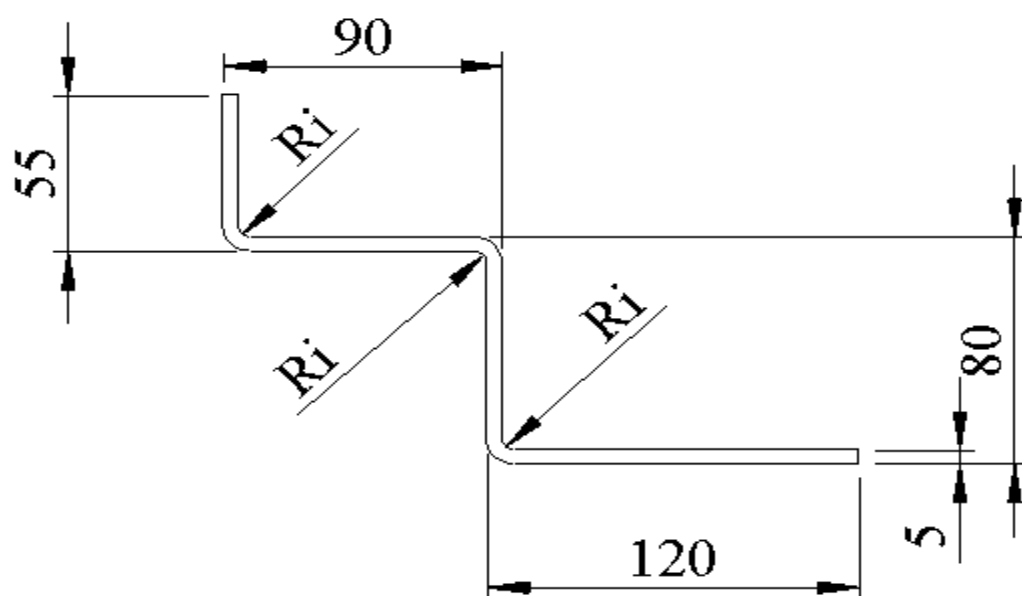


**Figure 49 :** *vérification par SolidWorks*

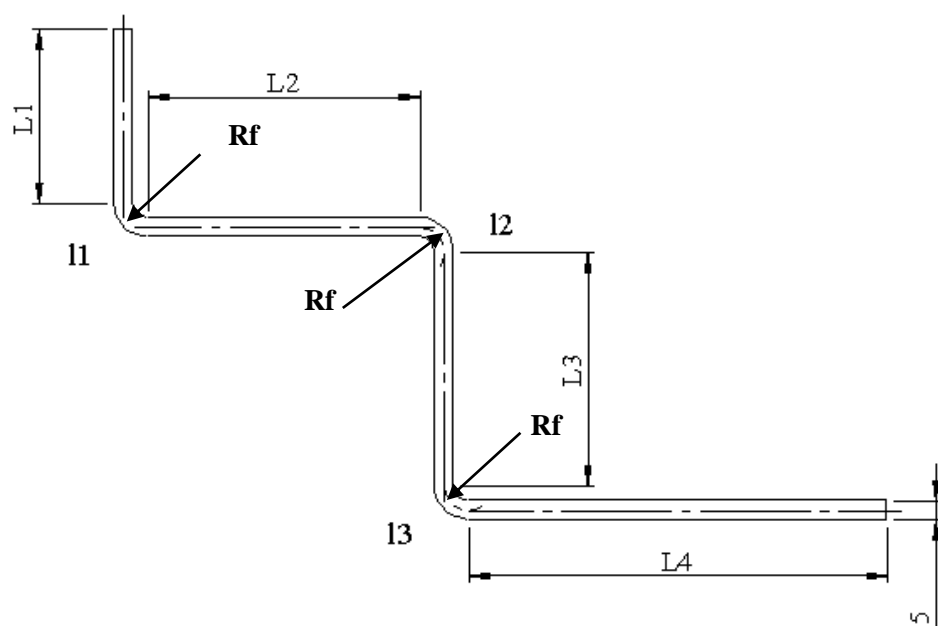
## 2. Calcul de support moteur



**Figure 50 :** *support Moteur*



**Figure 51 :** *dessin de définition de support moteur*



**Figure 52 :**



### 2.1. Détermination de Rayon intérieur minimal :

$$Ri \geq Rmin$$

$$Rmin = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \times \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

Le matériau de la tôle : S235 donc A= 26% et Z= 60%

AN

$$Rmin = \frac{5}{\left(\frac{26-4}{100-60}\right) \times \left(\frac{26-4}{100-60} + 2\right)} = 3.5mm$$

$$Ri \geq 3.5$$

$$Ri = 4mm$$

### 2.2. Calcul de Rayon fibre intérieur :

$$Rf = Ri + K \times e$$

**K** : coefficient de proportionnalité dont sa valeur dépend de  $\frac{Ri}{e}$

$$\frac{Ri}{e} = \frac{4}{5} = 0.8 > 0.62$$

D'après l'annexe 4 : **K= 0.3**

AN

$$Rf = 4 + (0.3 \times 5)$$

$$Rf = 5.5mm$$

### 2.3. Détermination de Longueur de fibre neutre :

Lorsque l' angle est 90° donc L= A-(Ri + e)

- $L1 = A1 - (Ri + e)$

AN  $L1 = 55 - (5 + 4) = 46mm$

$$L1 = 46mm$$

- $L2 = A2 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L2 = 90 - (2 \times 5 + 2 \times 4) = 72mm$

$$L2 = 72\text{mm}$$

- $L3 = A3 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L3 = 80 - (2 \times 5 + 2 \times 4) = 62\text{mm}$

$$L3 = 62\text{mm}$$

- $L4 = A4 - (Ri + e)$

AN  $L4 = 120 - (5 + 4) = 111\text{mm}$

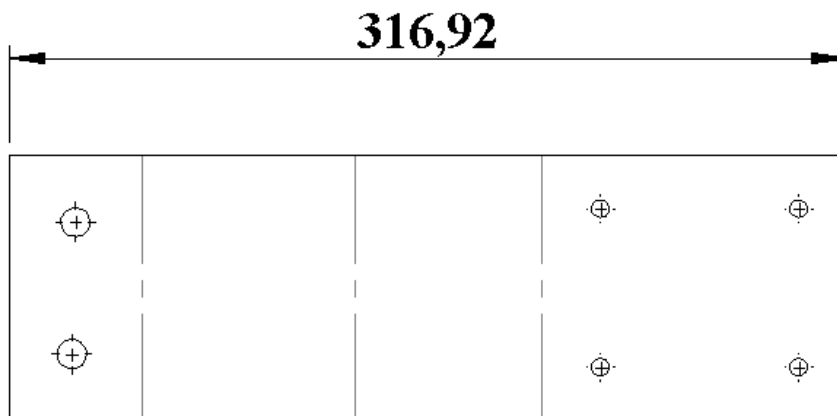
$$L4 = 111\text{mm}$$

➤  $Lf = L1 + L2 + L3 + L4 + l1 + l2 + l3$  Avec  $l = Rf \times \frac{\pi}{2}$

AN  $Lf = 46 + 72 + 62 + 111 + (3 \times 5.5 \times \frac{\pi}{2}) = 316.918\text{ mm}$

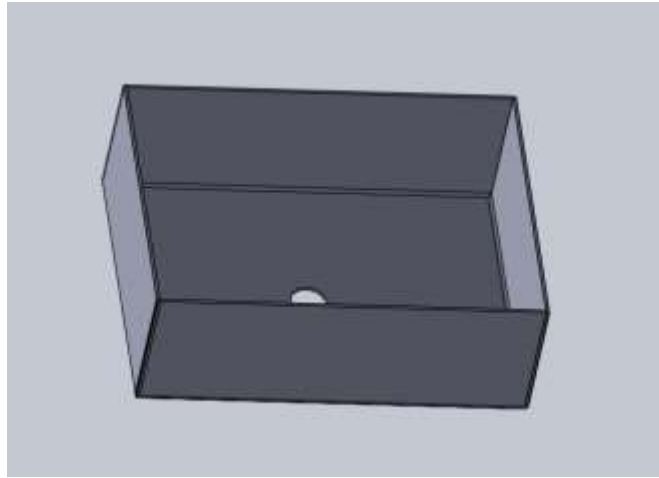
$$Lf = 316.92\text{ mm}$$

#### 2.4.Vérification par SolidWorks :

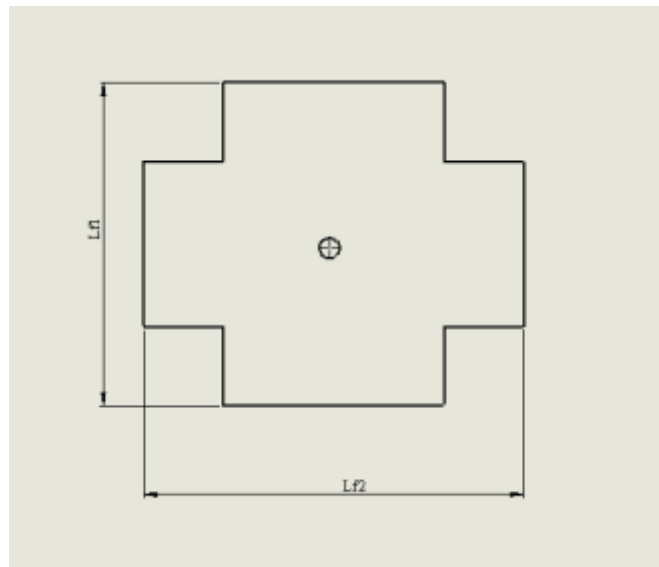


**Figure 53 : vérification par SolidWorks**

### 3. Calcule de chambre d'air :



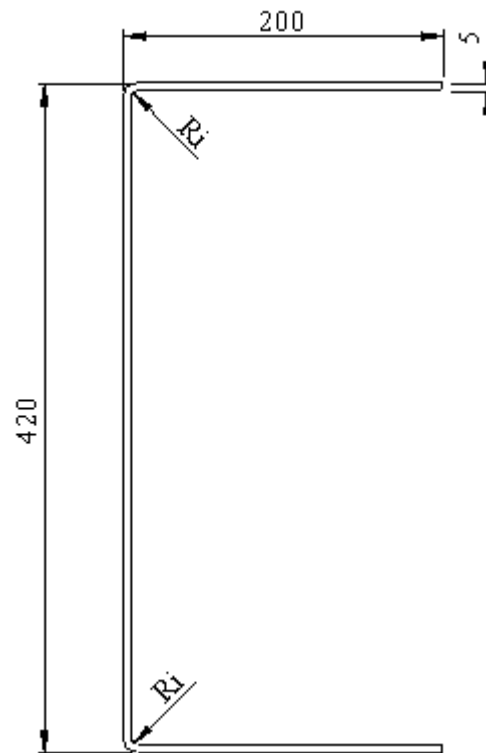
**Figure 54 :** *chambre d'air*



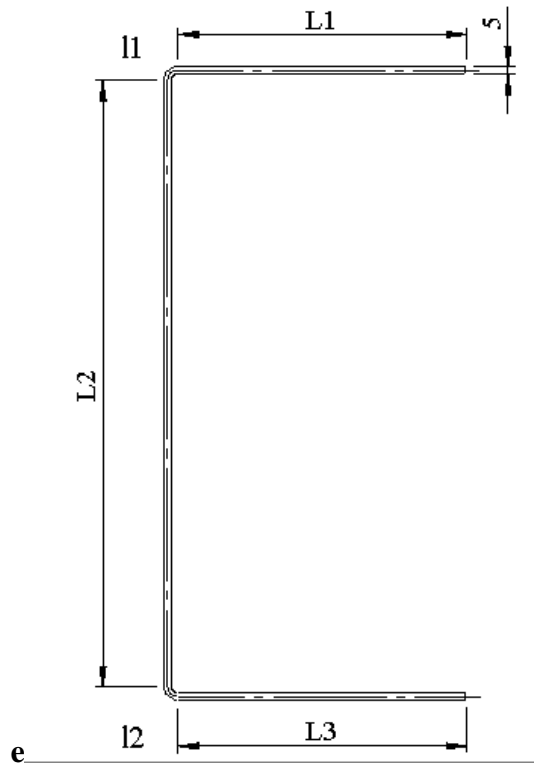
**Figure 55 :** *dessin de définition de tôle de chambre d'air*

Pour déterminer les longueurs de fibre neutre **Lf1** et **Lf2** on a décomposé la tôle en deux Partie :

### 3.1.Détermination de Lf1 :



**Figure 56 :** *Partie 1 de tôle*



**Figure 57 :**

### 3.1.1. Détermination de rayon intérieur minimal :

$$Ri \geq Rmin$$

$$Rmin = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \times \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

Le matériau de la tôle : S235 donc A= 26% et Z= 60% et l'épaisseur = 5mm

AN

$$Rmin = \frac{5}{\left(\frac{26-4}{100-60}\right) \times \left(\frac{26-4}{100-60} + 2\right)} = 3.5mm$$

$$Ri \geq 3.5$$

$$Ri = 4mm$$

### 3.1.2. Calcul de Rayon fibre intérieur :

$$Rf = Ri + K \times e$$

**K** : coefficient de proportionnalité dont sa valeur dépend de  $\frac{Ri}{e}$

$$\frac{Ri}{e} = \frac{4}{5} = 0.8 > 0.62$$

D'après l'annexe 4 : **K= 0.3**

AN

$$Rf = 4 + (0.3 \times 5)$$

$$Rf = 5.5mm$$

### 3.1.3. Détermination de longueur de fibre neutre :

Lorsque l'angle est 90° donc  $L = A - (Ri + e)$

- $L1 = L3 = A1 - (Ri + e)$

AN  $L1 = L3 = 200 - (5 + 4) = 191mm$

$$L1 = L3 = 191mm$$

- $L2 = A2 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L2 = 420 - (2 \times 5 + 2 \times 4) = 402mm$

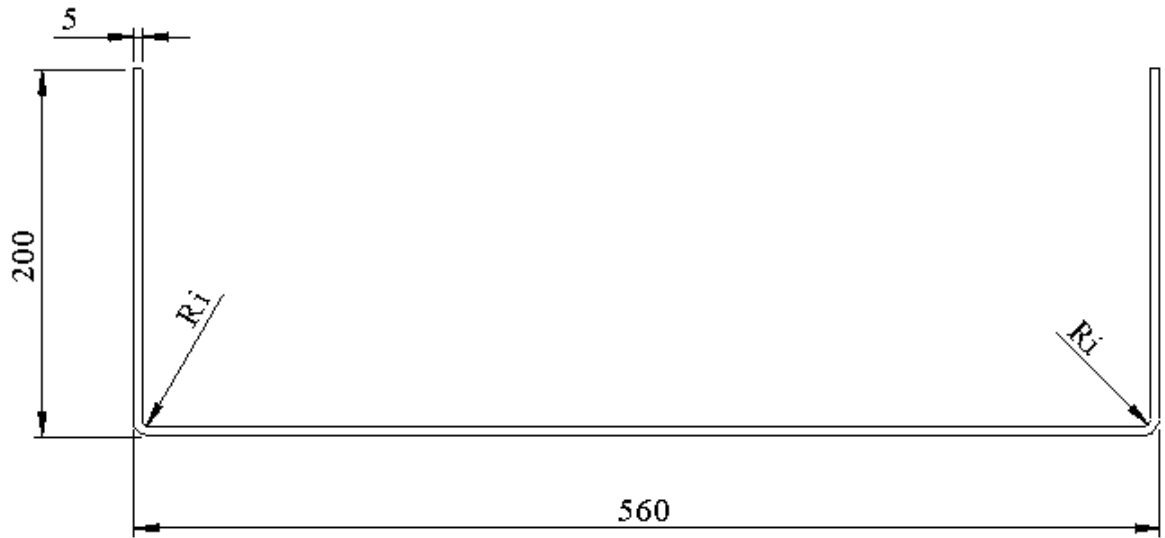
$$L2 = 402mm$$

➤  $Lf = L1 + L2 + L3 + l1 + l2$  avec  $l = Rf \times \frac{\pi}{2}$

AN  $Lf = 191 + 191 + 402 + (2 \times 5.5 \times \frac{\pi}{2}) = 801.28mm$

$$Lf = 801.28 mm$$

### 3.2. Détermination de Lf2 :



**Figure 58 : Partie 2 de tôle**



**Figure 59 :**

### 3.2.1. Détermination de rayon intérieur minimal :

$$Ri \geq Rmin$$

$$Rmin = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \times \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

Le matériau de la tôle : S235 donc A= 26% et Z= 60% et l'épaisseur = 5mm

AN

$$Rmin = \frac{5}{\left(\frac{26-4}{100-60}\right) \times \left(\frac{26-4}{100-60} + 2\right)} = 3.5mm$$

$$Ri \geq 3.5$$

$$Ri = 4mm$$

### 3.2.2. Calcul de Rayon fibre intérieur :

$$Rf = Ri + K \times e$$

**K** : coefficient de proportionnalité dont sa valeur dépend de  $\frac{Ri}{e}$

$$\frac{Ri}{e} = \frac{4}{5} = 0.8 > 0.62$$

D'après l'annexe 4 : **K= 0.3**

AN

$$Rf = 4 + (0.3 \times 5)$$

$$Rf = 5.5mm$$

### 3.2.3. Détermination de longueur de fibre neutre :

Lorsque l'angle est 90° donc  $L = A - (Ri + e)$

- $L1 = L3 = A1 - (Ri + e)$

AN  $L1 = L3 = 200 - (5 + 4) = 191mm$

$$L1 = L3 = 191mm$$

- $L2 = A2 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L2 = 560 - (5 \times 2 + 2 \times 4) = 542 mm$

$$L2 = 542mm$$

➤  $Lf = L1 + L2 + L3 + l1 + l2$  Avec  $l = Rf \times \frac{\pi}{2}$

AN  $Lf = 191 + 191 + 542 + (2 \times 5.5 \times \frac{\pi}{2}) = 941.28mm$

$$Lf = 941.28mm$$



#### 4. Vérification par SolidWorks

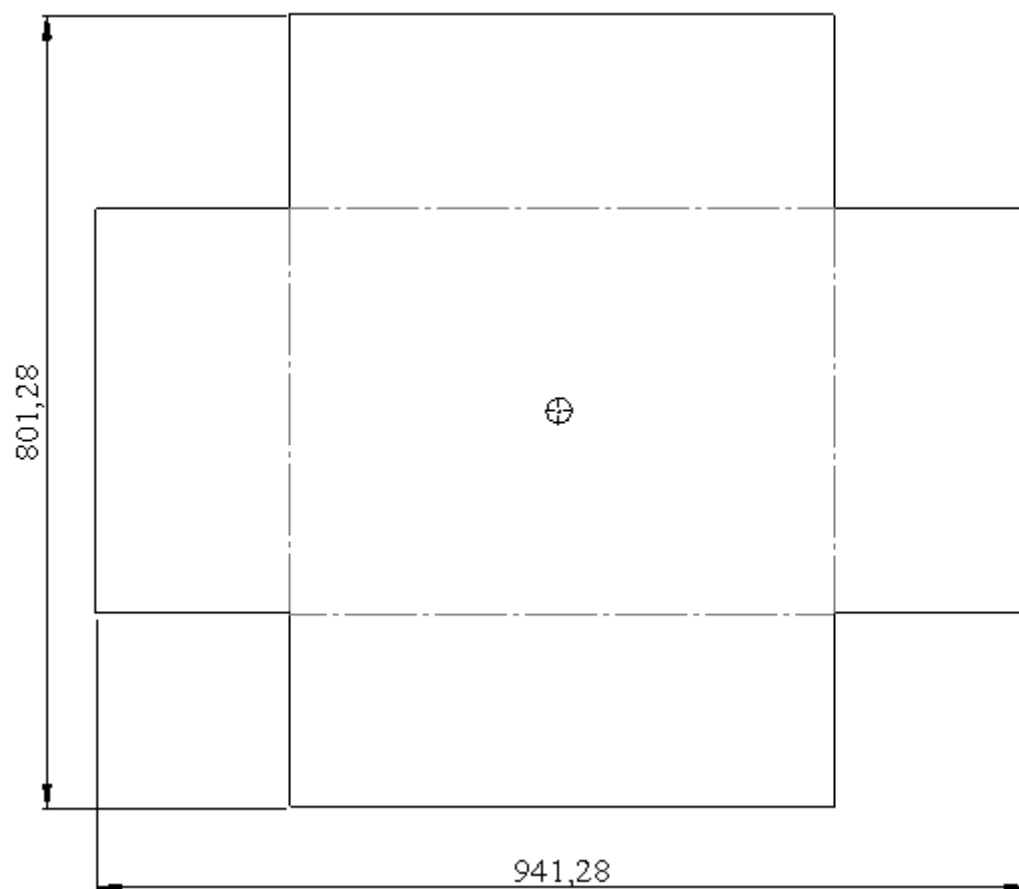


Figure 60 : vérification par SolidWorks

#### 5. Calcul de support courroie rond :

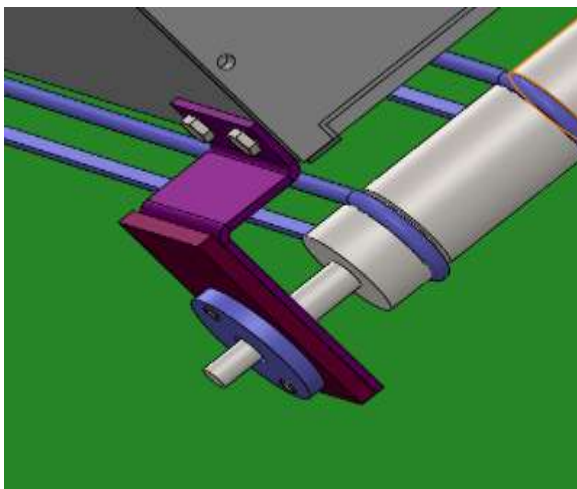
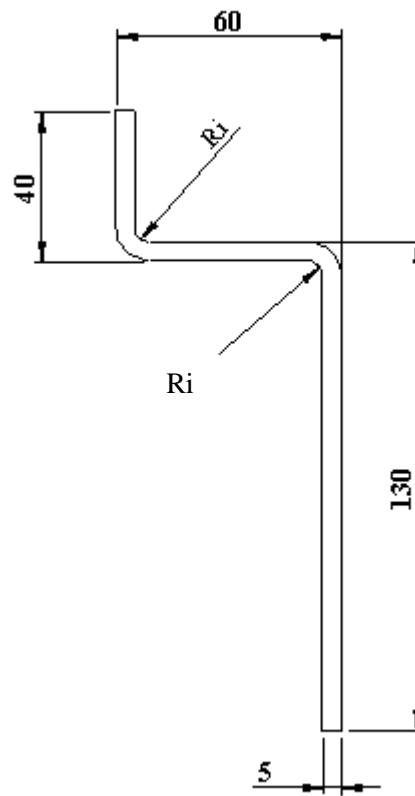


Figure 61 : *support convoyeur à courroie ronde*



**Figure 62 :** *dessin de définition de support convoyeur à courroie ronde*

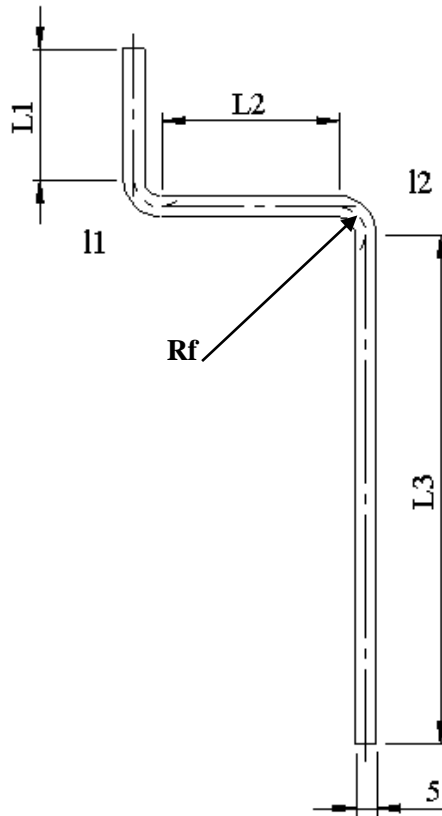


Figure 63 :

### 5.1.Détermination de Rayon intérieur minimal :

$$Ri \geq Rmin$$

$$Rmin = \frac{e}{\left(\frac{A-4}{100-Z}\right) \times \left(\frac{A-4}{100-Z} + 2\right)}$$

Le matériau de la tôle : S235 donc A= 26% et Z= 60%

AN

$$Rmin = \frac{5}{\left(\frac{26-4}{100-60}\right) \times \left(\frac{26-4}{100-60} + 2\right)} = 3.5mm$$

$$Ri \geq 3.5$$

$$Ri = 4mm$$

### 5.2. Calcul de Rayon fibre intérieur :

$$Rf = Ri + K \times e$$

**K** : coefficient de proportionnalité dont sa valeur dépend de  $\frac{Ri}{e}$

$$\frac{Ri}{e} = \frac{4}{5} = 0.8 > 0.62$$

D'après l'annexe 4 : **K= 0.3**

AN

$$Rf = 4 + (0.3 \times 5)$$

$$Rf = 5.5mm$$

### 5.3. Détermination de Longueur de fibre neutre :

Lorsque l'angle est 90° donc  $L = A - (Ri + e)$

- $L1 = A1 - (Ri + e)$

AN  $L1 = 40 - (5 + 4) = 31mm$

$$L1 = 31mm$$

- $L2 = A2 - (2 \times Ri + 2 \times e)$

AN  $L2 = 60 - (2 \times 5 + 2 \times 4) = 42mm$

$$L2 = 42mm$$

- $L3 = A3 - (Ri + e)$

AN  $L1 = 130 - (5 + 4) = 121mm$

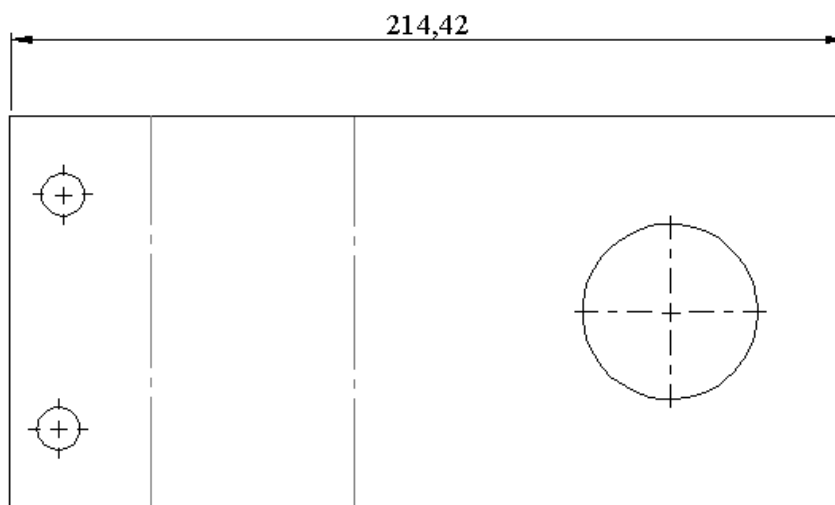
$$L1 = 121mm$$

➤  $Lf = L1 + L2 + L3 + l1 + l2$  Avec  $l = Rf \times \frac{\pi}{2}$

AN  $Lf = 31 + 42 + 121 + (2 \times 5.5 \times \frac{\pi}{2}) = 214.42mm$

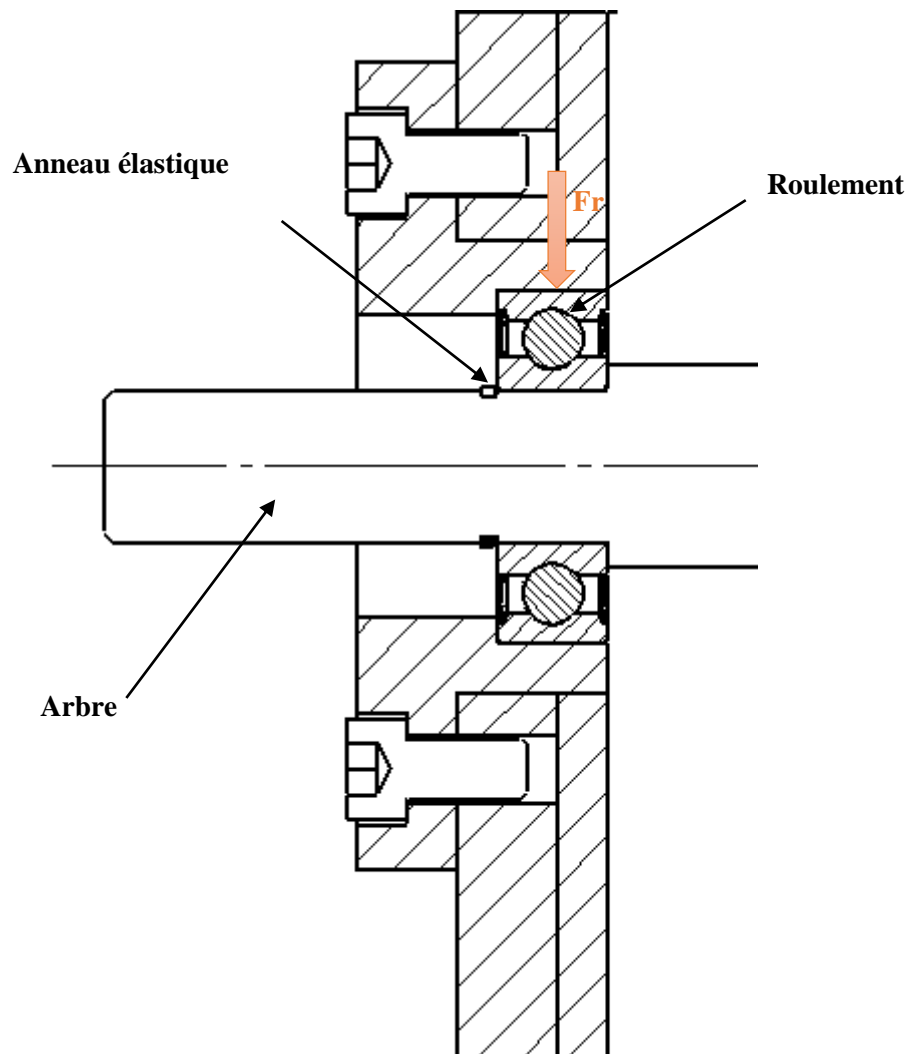
$$Lf = 214.42 mm$$

#### 5.4.Vérification par SolidWorks :



**Figure 64:** *vérification par SolidWorks*

## VIII. Calcul de roulement :



**Figure 65 :** *Montage de Roulement*

### 1. Calcul de la charge dynamique équivalent P :

La charge équivalente P est une charge radiale pure, donnant exactement la même durée de vie que la combinaison charge axiale  $F_a$  plus charge radiale  $F_r$  réellement exercée sur le roulement.

P est différente de la charge combinée F

Avec des butées ne supportant que des charges radiales :  $F_a = 0$  et  $P = F_r$ ,  $F_a$  et

$F_r$  étant connus, la charge est calculée à l'aide de la relation :

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

X et Y sont des coefficients normalisés liés à la nature de roulement et à ses dimensions  
(Tableau des valeurs des coefficients X et Y) (**voir annexe 5**)

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e$$

Donc  $X = 1$  ;  $Y = 0$

$$\Rightarrow P = F_r$$

On va choisir un palier de roulement à contact radial à une rangée de bille, ce roulement est soumis à une force  $F_r = 1575\text{N}$  et le nombre de tour

$Nt = 19000\text{tour}/\text{min}$  ;  $C = 7800\text{N}$  et  $C_0 = 3750\text{N}$ . (**Voir annexe 6**).

La charge  $P = F_r =$  avec P : est la charge radiale équivalente.

## 2. Calcul de durée de vie de roulement :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$$

- $L_{10}$  : Durée de vie de roulement en millions de tours
- $C$  : Charge dynamique de base  $C = 7800\text{N}$
- $P$  : Charge équivalente exercée sur le roulement
- $n$  : 3 pour les roulements à billes (**Annexe 7**)

AN

$$L_{10} = \left(\frac{7800}{15.75}\right)^3 = 121462477.1 \text{ millions de tours}$$

## 3. Durée de vie **L10 H** en heures de fonctionnement :

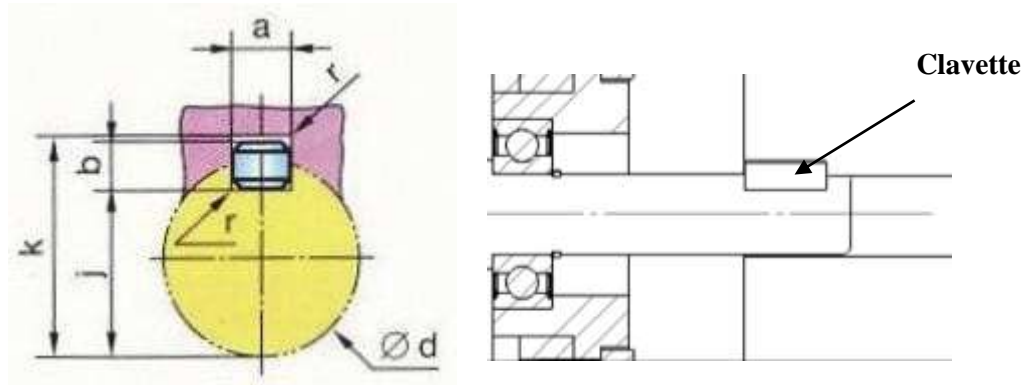
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \times \frac{10^6}{60 \times N}$$

Avec :

**N** : vitesse de sortie en tour/min

$$L_{10} = 121462477.1 \times \frac{10^6}{60 \times 254} = 7969978812 \text{ Heures}$$

## IX. Calcul de clavette :



**Figure 66 : choix de clavette**

### 1. Dimensionnement de clavette :

On a le diamètre de l'arbre **15mm**

Alors d'après l'**annexe 8** :

- $a=5\text{mm}$
- $b=5\text{mm}$
- $J= d-3$
- $K=d+2.3$

L de 10 et 56 mm On propose que  $L= 25\text{mm}$  (**Annexe 8**)

### 2. Vérification de résistance au cisaillement :

#### ▪ Surface de cisaillement :

$$Sc = a \times L$$

AN

$$Sc = 5 \times 25 = 110\text{mm}^2$$

#### ▪ Effort appliqué :

Couple  $C=35.1 \text{ N.m}$

$D=15\text{mm}$



$$F = \frac{2 \times C}{D}$$

AN

$$F = \frac{2 \times 35.1}{15 \times 10^{-3}} = 4680N$$

- **La contrainte de cisaillement :**

$$\tau = \frac{F}{S_c}$$

AN

$$\tau = \frac{4680}{110} = 42.54MPa$$

- **La condition de résistance au cisaillement :**

$R_e = 235MPa$

$S=2$

$$R_{eg} = 0.5 \times R_e \text{ (*Annexe 9*)}$$

$$R_g = 0.5 \times 235 = 117.5MPa$$

$$R_{pg} = \frac{R_g}{S} = \frac{117.5}{2} = 58.75MPa$$

$\tau = 42.54 < R_{pg} = 58.75 \rightarrow$  **Condition vérifiée**

### 3. Vérification de matage :

- **Surface matée :**

$$S_m = \frac{b \times L}{2}$$

$$S_m = \frac{5 \times 25}{2} = 62.5mm^2$$

- **L'effort appliqué sur le clavette :**

$$P_m = \frac{F}{S_m}$$

$$P_m = \frac{4680}{62.5} = 74.88MPa$$

Type de montage : clavetage Fixe de 80 à 150 MPa (**Annexe 10**)

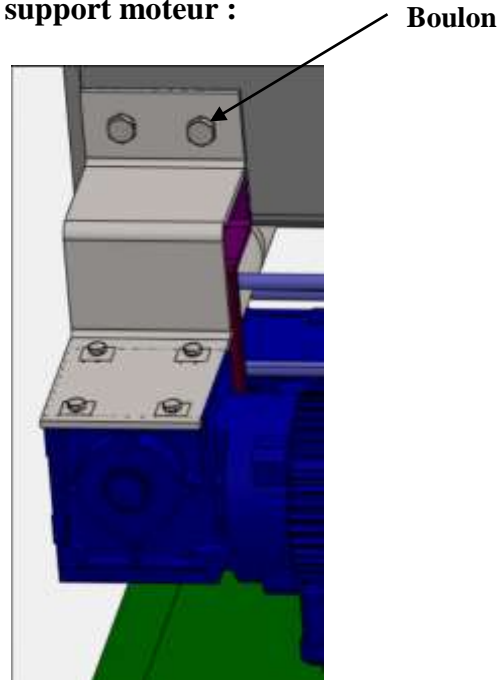
$$80 < Pm < 150$$

→ **Donc le clavette résiste au matage.**

## **X. Calcul de Boulon :**

Pour un système démontable, on va choisir l'assemblage par boulon.

### **a. Calcul de boulon de support moteur :**



**Figure 67 :** *boulon de support moteur*

On va prendre un boulon de diamètre  $d=20\text{mm}$

### **i. Calcul de contrainte de traction : (Annexe 11 et 12 et 13)**

$$\sigma_0 = \frac{N_0}{\frac{\pi \times d^2}{4}}$$

Avec  $N_0 = F$  : Effort de traction

$$C = (0.16P) + (0.583 \times f_f \times d^2) + (0.5 \times f_t \times D_m) \times F$$

D'où

$$F = \frac{C}{(0.16P) + (0.583 \times f_f \times d^2) + (0.5 \times f_t \times D_m)}$$

Avec

**C** : Couple de serrage **C=494. 210N.m**

**P** : Pas P=2.5mm

**$f_f$**  : frottement au niveau de filetage  **$f_f = 0.2$**

**$f_t$**  : frottement entre tête (vis) et support moteur  **$f_t = 0.3$**

**$D_m$**  : diamètre moyen de la tête de la vis  **$D_m=r_m \times 2=12.89 \times 2 = 25.78mm$**

**d2** : diamètre de flan d2=18.376mm

**Nombre de boulon : 2**

Charge : 100N

AN

$$F = \frac{494.210 \times 10^3}{(0.16 \times 2.5) + (0.583 \times 0.2 \times 18.37) + (0.5 \times 0.3 \times 25.78)} = 77112N \geq \frac{100}{2} = 50N$$

$$F=77112N$$

Alors

$$\sigma_0 = \frac{F}{\frac{\pi \times d^2}{4}} = \frac{4 \times F}{\pi \times d^2}$$

AN

$$\sigma_0 = \frac{4 \times 77112}{\pi \times (18.376)^2} = 290N/mm^2$$

$$\sigma_0 = 290N/mm^2$$

**ii. Calcul de contrainte de torsion :**

$$\tau_0 = \frac{16 \times M_0}{\pi \times d^3}$$

Avec  $M_0 = C = 494.210 N.m$

AN

$$\tau_0 = \frac{16 \times 494.210 \times 10^3}{\pi \times (25.78)^3} = 147 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = 147 \text{ MPa}$$

**iii. Calcul de la contrainte idéale :**

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_0^2 + (4 \times \tau_0^2)}$$

AN

$$\sigma_i = \sqrt{290^2 + (4 \times 147^2)} = 412.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_i = 412.8 \text{ MPa}$$

**iv. Condition de résistance :**

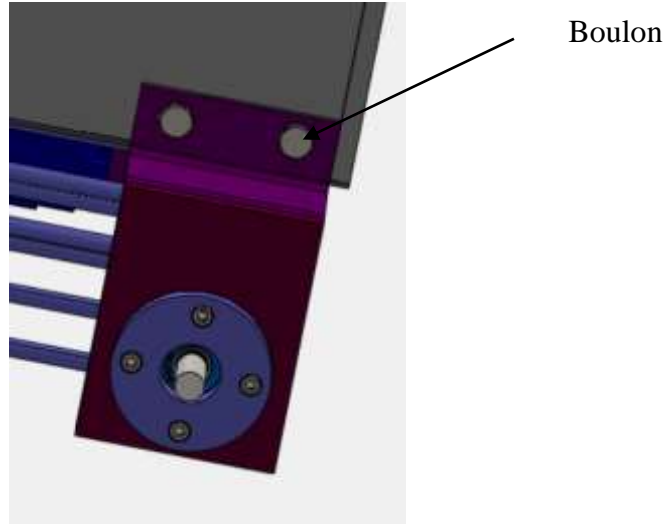
$$\sigma_i \leq Rpe = \frac{Re}{s}$$

- $Re = 640 \text{ MPa}$  car la classe de qualité de boulon 8.8
- $S = 2$
- Alors  $Rpe = 320 \text{ MPa}$

**NB :** Nous constatons que la condition de résistance n'est pas vérifiée. En effet, cela s'explique que les calculs ont été fait sur un seul boulon. Ainsi pour que la condition soit

vérifiée, nous allons jouer sur le nombre de boulon c'est pourquoi nous choisissons 2 boulons pour réaliser cet assemblage.

**b. Calcul de boulon de fixation de convoyeur à courroie ronde :**



**Figure 68 :** *boulon de fixation de convoyeur à courroie ronde*

On va prendre un boulon de diamètre  $d=16\text{mm}$

**i. Calcul de contrainte de traction : (Annexe)**

$$\sigma_0 = \frac{N_0}{\frac{\pi \times d^2}{4}}$$

Avec  $N_0 = F$  : Effort de traction

$$C = (0.16P) + (0.583 \times f_f \times d^2) + (0.5 \times f_t \times D_m) \times F$$

D'où

$$F = \frac{C}{(0.16P) + (0.583 \times f_f \times d^2) + (0.5 \times f_t \times D_m)}$$

Avec

**C** : Couple de serrage **C=252. 999N.m**

**P** : Pas **P=2mm**

$f_f$  : frottement au niveau de filetage  $f_f = 0.2$

$f_t$  : frottement entre tête (vis) et support moteur  $f_t = 0.3$

$D_m$  : diamètre moyen de la tête de la vis  $D_m = r_m \times 2 = 10.28 \times 2 = 20.56 \text{ mm}$

$d_2$  : diamètre de flan  $d_2 = 14.701 \text{ mm}$

Nombre de boulon : 8

Charge : 800N

AN

$$F = \frac{252.999 \times 10^3}{(0.16 \times 2) + (0.583 \times 0.2 \times 14.701) + (0.5 \times 0.3 \times 20.56)} = 45900 \text{ N} \geq \frac{800}{8} = 100 \text{ N}$$

$$F = 45900 \text{ N}$$

Alors

$$\sigma_0 = \frac{F}{\frac{\pi \times d^2}{4}} = \frac{4 \times F}{\pi \times d^2}$$

AN

$$\sigma_0 = \frac{4 \times 45900}{\pi \times (14.701)^2} = 270 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_0 = 270 \text{ N/mm}^2$$

ii. Calcul de contrainte de torsion :

$$\tau_0 = \frac{16 \times M_0}{\pi \times d^3}$$

Avec  $M_0 = C = 252.999 \text{ N.m}$

AN

$$\tau_0 = \frac{16 \times 252.999 \times 10^3}{\pi \times (20.56)^3} = 148 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = 148 \text{ MPa}$$

iii. Calcul de la contrainte idéale :

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_0^2 + (4 \times \tau_0^2)}$$

AN

$$\sigma_i = \sqrt{270^2 + (4 \times 148^2)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_i = 400 \text{ MPa}$$

iv. Condition de résistance :

$$\sigma_i \leq Rpe = \frac{Re}{s}$$

- Re= 640 MPa car la classe de qualité de boulon 8.8
- S=2
- Alors Rpe=320MPa

**NB :** Nous constatons que la condition de résistance n'est pas vérifiée. En effet, cela s'explique que les calculs ont été fait sur un seul boulon. Ainsi pour que la condition soit vérifiée, nous allons jouer sur le nombre de boulon c'est pourquoi nous choisissons 8 boulons pour réaliser cet assemblage.

## XI. Calcul de soudure :

- Calcul de cordon de soudure pour l'axe et le tambour :

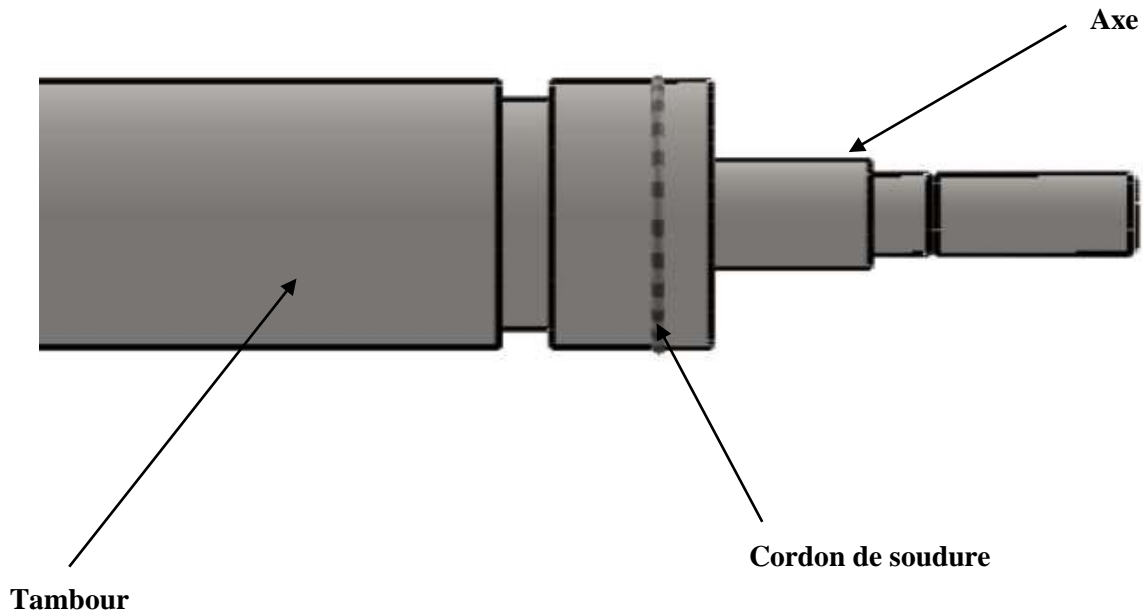


Figure 69 : cordon de soudure

On va utiliser le torsion (Annexe)

$$\tau \leq Rpg$$

$$\frac{M_t}{a \times \frac{I_{UG}}{V}} \leq Rpg$$

Avec

$$I_{UG} = \frac{\pi \times d^4}{64}, V = \frac{\pi \times d^2}{32}, M_t = 35.1 \text{ N.m}$$

$$\frac{M_t \times V \times 64}{a \times \pi \times d^4} \leq Rpg$$

$$\frac{M_t \times \frac{\pi \times d^2}{32} \times 64}{a \times \pi \times d^4} \leq Rpg$$

$$\frac{2 \times M_t}{a} \leq Rpg$$



$$a \geq \frac{2 \times M_t}{R_{pg}}$$

$R_{pg} = \frac{Reg}{S}$  avec  $Reg = 0.5 \times Re$  car le matériau utilisé est S235 donc

$$R_{pg} = \frac{0.5 \times 235}{2} = 58.75 \text{ Mpa}$$

Donc

$$a \geq \frac{2 \times 35.1}{58.75} = 1.19$$

$$a \geq 1.19$$

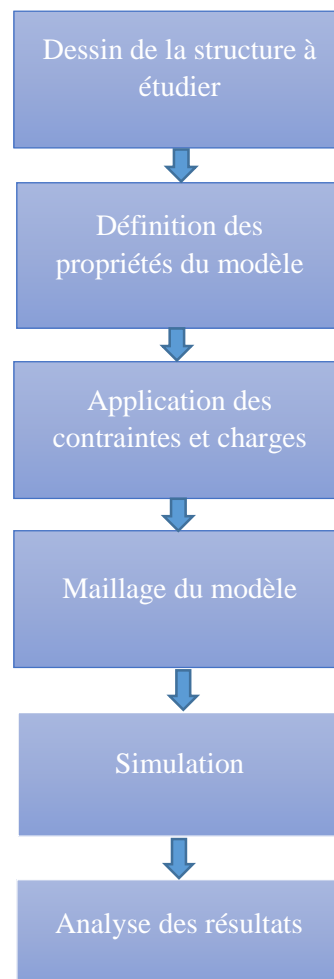
→ On va choisir **a=2**

## **XII. Modélisation par élément finis :**

Pour analyser le comportement mécanique des matériaux de certaines pièces d'un mécanisme de convoyage, nous avons utilisé la modélisation par éléments finis avec le logiciel de conception mécanique SolidWorks. Nous avons porté une attention particulière aux pièces les plus sollicitées de la chaîne de convoyage afin de vérifier leur résistance et leur durabilité.

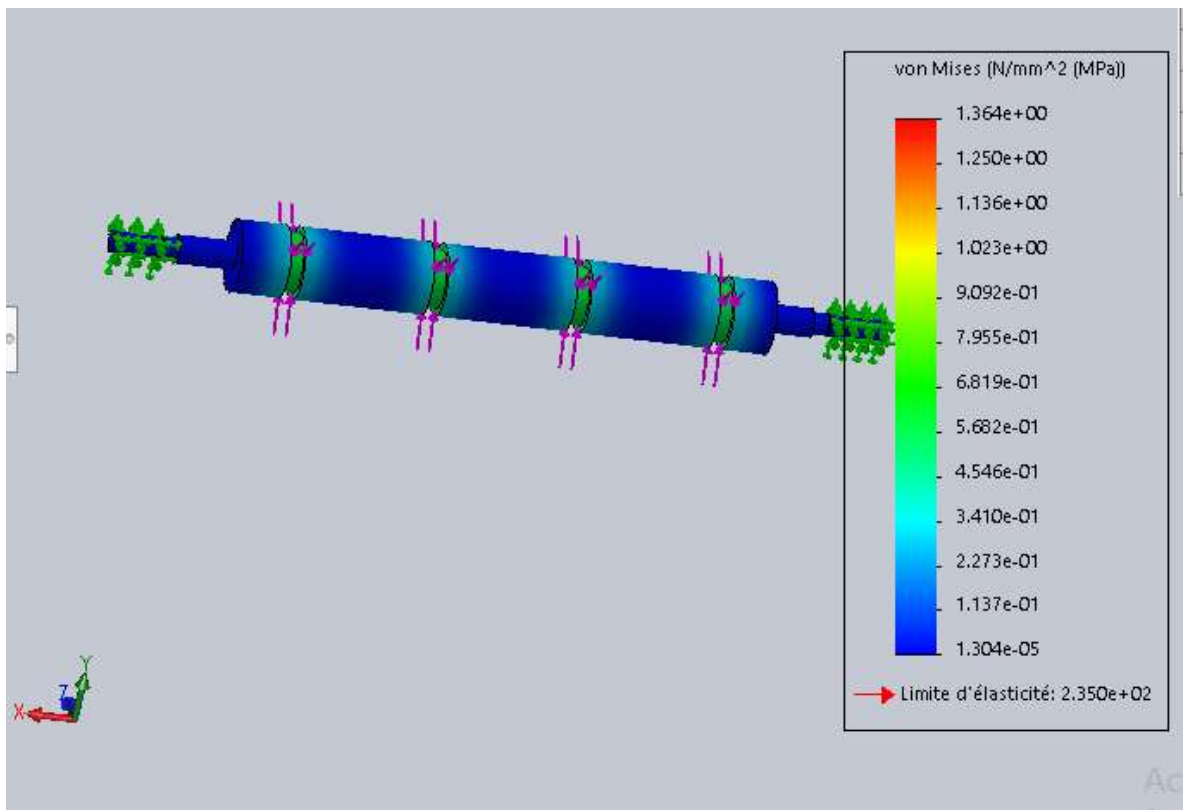
- Tambour
- Pieds de structure

En effet, la simulation repose sur les étapes suivantes :



**Figure 70 : les étapes de simulation**

## 1. Simulation 1 : Tambour :

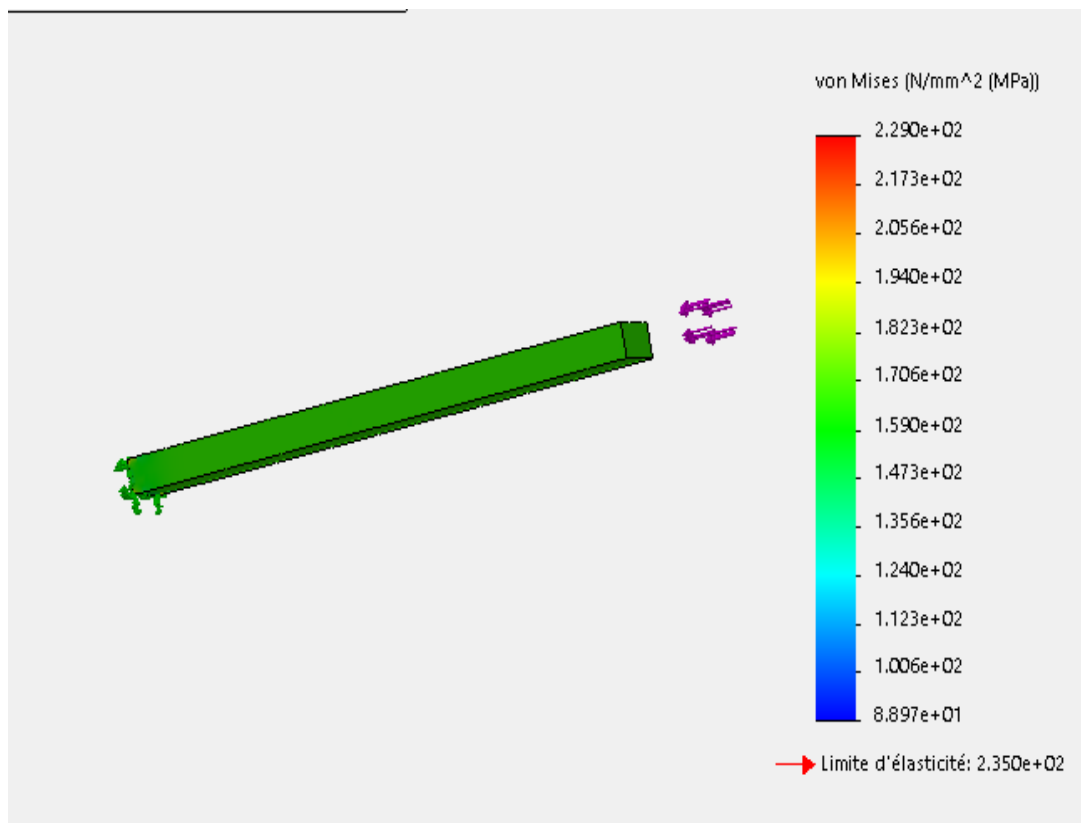


### 1.1. Interprétation :

A partir de cette simulation, on prouve que la condition de résistance de flexion simple est vérifiée, en effet :

$$\sigma_{max} = 90 \text{ Mpa} < R_{pe} = 235 \text{ Mpa}$$

## 2. Simulation 2 : Pieds de structure :



### 2.1. Interprétation :

A partir de cette simulation, on prouve que la condition de résistance de flexion simple est vérifiée, en effet :

$$\sigma_{max} = 180 \text{ Mpa} < R_{pe} = 235 \text{ Mpa}$$

# Conclusion Générale

En conclusion de notre projet de fin d'études, nous avons abordé le groupage et les problèmes associés, qui se manifestent généralement dans le convoyage. L'analyse fonctionnelle effectuée sur le convoyage nous a permis d'identifier précisément ces problèmes et de proposer les solutions appropriées. Nous avons réalisé les calculs nécessaires pour vérifier l'efficacité et la performance de ces solutions. Pour valider cette efficacité, nous avons également utilisé la simulation. A la fin du projet, nous avons préparé un dossier technique ainsi que la gamme d'usinage pour chaque pièce à fabriquer.