



# **PROJET DE FIN D'ÉTUDES**

**Fait à :**

**Société Marocaine de Constructions Automobiles (SOMACA)**

**En vue de l'obtention du**

**Diplôme :**

**Master Sciences et Techniques**

**Spécialité :**

**Ingénierie Mécanique**

**Thème :**

**Contrôle Réglementaire des  
Installations Usine SOMACA**

**Présenté par :**

**- CHAREF Mohammed Amine**

**Encadré par :**

**- Mr. ELKHALFI Ahmed (FST)**

**- Mr. ELHAKIMI Abdelhadi (SOMACA)**

**- Mr. DKHISSI Mohammed (SOMACA)**

**Soutenu le : 21 Juin 2010**

**Le Jury :**

**- Mr. Professeur ELKHALFI Ahmed**

**- Mr. Professeur ABOUTAJEDDINE Ahmed**

**- Mr. Professeur HARRAS Bilal**

**Année Universitaire 2009-2010**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي

وَأُحِلِّ عَقْدَةً مِنْ لِسَانِي يَفْقَهُوا قَوْلِي »

سورة طه

رَبَّنَا عَلِّمْنَا مَا يَنْفَعُنَا وَنَفِّعْنَا بِمَا عَلَّمْتَنَا، إِنَّكَ  
أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

وعاء نبوي

## Dédicaces

*Je dédie le fruit des efforts investis dans ce travail, ainsi que  
ceux de toute ma formation à :*

*A tous ceux qui se dévouent sans cesse pour m'éclaircir la voie  
et les immenses horizons du savoir et dont la vocation mérite  
largement mes respects,*

*A ma Mère que Dieu ait son âme,*

*A mon Père, mon Oncle et ma Sœur qui m'ont toujours apporté  
soutiens, encouragements et réconforts,*

*A ma famille et tous mes amis.*

*CHAREF Mohammed Amine*

# Remerciements

Au terme de ce travail, je présente mes vifs remerciements à tous mes enseignants de la Faculté des Sciences et Technique Fès-saïs (Département Génie Mécanique) qui m'ont préparé théoriquement et pratiquement durant ma formation en **Master Ingénierie Mécanique**, ainsi que tout le corps administratif de la Faculté.

Je remercie chaleureusement Mr. **EL KHALFI Ahmed** de m'avoir accordé ce projet de fin d'études et pour son encadrement, ses conseils et sa contribution à l'aboutissement de ce travail.

Je témoigne ma profonde gratitude à mes parrains Mr. **EL HAKIMI Abdelhadi** Chef Atelier « Bâtiment & Structure » et Mr. **DKHISSI Mohammed** Chef Atelier « Fluide » pour leurs serviabilités, leurs suivis pas à pas pendant l'élaboration de ce travail et leurs conseils qu'ils n'ont pas cessé de prodiguer le long de mon projet.

Mr. **ERRAJI Hassan**, Mr. **NADI Soufiane** ainsi que Mr. **SKKINE Abdeloïhed** sont vivement remerciés pour les facilités qu'ils m'ont accordées.

Par la même occasion je remercie toute l'équipe du département « **Maintenance Centrale** » ainsi que l'ensemble des personnels qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Finalement à tout ceux qui m'ont soutenu et ont cru en mes capacités, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mes remerciements.

*CHARAF Mohammed Amine*

# Résumé

Ce Projet de Fin d'Études effectué au sein de la **SO**ciété **MA**rocaïne de **CO**nstruction Automobile (SOMACA) a pour but d'étudier la conformité des contrôles et des vérifications périodiques réglementaires des appareils de levage, des appareils à pression de vapeur et à pression de gaz au niveau de l'usine en respectant les exigences spécifiées par les réglementations Marocaines et les réglementations respectées par le Standard Renault.

Afin de mener à bien ce projet, l'étude a commencée par l'élaboration des modes opératoires concernant le contrôle de chaque type d'installations ensuite par un diagnostique et une critique de l'existant en tenant comptes des spécifications exigées par les réglementations en vigueur et qui a prie fin par la proposition des actions correctives et amélioratives pour traiter toutes les non conformités techniques soulevées. Par la suite et en termes d'organisation, gestion et management l'élaboration d'une procédure qui pourrait contribuer à une meilleurs gestion des contrôles réglementaires au niveau de l'usine en définissant toutes ses étapes et en précisant tous les acteurs intervenant ainsi que leurs rôles dans la synoptique.

Finalement, le projet se clôturé par une étude de la mise en conformité réglementaire du palan électrique de la zone de stockage des trains arrière près du magasin de montage L90.

## ملخص

يهدف مشروع إختتام البحث الدراسي الذي تم بالشركة المغربية لصناعة السيارات (SOMACA) إلى دراسة مدى إلتزام و مطابقة المراقبات الموسمية للآلات الرافعة وأجهزة الضغط البخارية والغازية بالمصنوع لمتطلبات القوانين المغربية و معايير رونو. و لتحقيق المبتغى من هذا المشروع ، إستهلّت الدراسة بوضع مجموعة من الإجراءات العملية لمراقبة كل نوع من المعدات و تشخيصها مع مراعات القوانين والمعايير المعمول بها. بعد ذلك تم إقتراح إجراءات و تعديلات لإصلاح حالات عدم التطابق التقني للآلات و الأجهزة المراقبة. أما فيما يتعلق بالجانب التنظيمي ، فقد تم وضع خطة ملائمة وفعالة لتطوير وتحسين المراقبات القانونية بالمصنوع مع تحديد كل مراحلها و تدقيق أدوار المتدخلين و الفاعلين فيها. أخيرا، تم ختم هذا المشروع بدراسة المطابقة القانونية لرافعة كهربائية لمكان تخزين Trains arrière بقسم التركيب L90.

# Abstract

The purpose of this Project of the End of Studies made within the MOROCCAN SOCIETY of Car manufacturing (SOMACA) aims at studying the conformity of the Controls and the Statutory periodic checks of hoists, devices with pressure of vapor and with gas pressure at the level of the factory by respecting the requirements specified by the Moroccan regulations and the Regulations respected by the Standard Renault.

To bring to a successful conclusion this project, the study began with the elaboration of the Operating Modes concerning the control of every type of installations then by a diagnosis and a criticism of the existing by taking into account specifications required by regulations in force and who has prays at the end by the proposition of corrective actions and amélioratives to treat all nonconformity lifted techniques. Afterward and in terms of organization, management the elaboration of a procedure which could contribute in one better management of regulatory controls at the level of the factory by defining all its stages and by specifying all the actors occurring as well as them roles in overview diagram.

Finally, the project ends with a study of the statutory conformity of the electric tackle of the zone of storage of trains defer in the store of assembly L90.

# Liste des Figures

<b>Fig. 1 : Historique de Renault .....</b>	<b>16</b>
<b>Fig. 2 : Parts de marché des constructeurs automobiles en Europe.....</b>	<b>16</b>
<b>Fig. 3 : Usines Renault dans le monde.....</b>	<b>17</b>
<b>Fig. 4 : Historique de la SOMACA .....</b>	<b>18</b>
<b>Fig. 5 : Plan de l'usine SOMACA .....</b>	<b>21</b>
<b>Fig. 6 : Organigramme de l'usine SOMACA .....</b>	<b>21</b>
<b>Fig. 7 : Atelier Tôlerie .....</b>	<b>22</b>
<b>Fig. 8 : Tunnel de Traitement de Surface T.T.S.....</b>	<b>23</b>
<b>Fig. 9 : Phase Cataphorèse .....</b>	<b>23</b>
<b>Fig. 10 : Phase Mastic .....</b>	<b>24</b>
<b>Fig. 11 : Phase Apprêt.....</b>	<b>24</b>
<b>Fig. 12 : Phase Laque .....</b>	<b>24</b>
<b>Fig. 13 : Atelier Montage .....</b>	<b>25</b>
<b>Fig. 14 : Processus de production à l'usine SOMACA .....</b>	<b>25</b>
<b>Fig. 15 : Organigramme service Ingénierie Maintenance .....</b>	<b>26</b>
<b>Fig. 16 : Planning du jalonnement du projet .....</b>	<b>30</b>
<b>Fig. 17 : Diagramme Gantt du projet.....</b>	<b>30</b>
<b>Fig. 18 : Répartition des normes Marocaines par secteur.....</b>	<b>35</b>
<b>Fig. 19 : Processus de déroulement du contrôle réglementaire (CR) .....</b>	<b>40</b>
<b>Fig. 20 : Pourcentage des appareils de levage contrôlés et incontrôlés .....</b>	<b>44</b>
<b>Fig. 21 : Pourcentage des appareils à pression de gaz contrôlés et incontrôlés.....</b>	<b>47</b>
<b>Fig. 22 : Pourcentage des appareils à pression de vapeur contrôlés et incontrôlés.....</b>	<b>47</b>
<b>Fig. 23 : Plan d'action des appareils de levage non réalisé.....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 24 : Plan d'action des appareils à pression de gaz non réalisé .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 25 : Diagramme Radar d'avancement des actions recommandées.....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 26 : Diagramme Radar d'avancement des actions amélioratives .....</b>	<b>50</b>
<b>Fig. 27 : Indicateur du pourcentage de conformité à atteindre fin 2010.....</b>	<b>50</b>
<b>Fig. 28 : Logigramme d'enchaînement des étapes de la procédure de gestion des CR .....</b>	<b>53</b>
<b>Fig. 29 : Palan électrique concerné .....</b>	<b>57</b>
<b>Fig. 30 : Palan électrique après sa mise en place près du magasin de montage L90 .....</b>	<b>58</b>
<b>Fig. 31 : Plan d'action mis en place pour mettre en conformité le palan électrique.....</b>	<b>60</b>

# Liste des Tableaux

<b>Tableau. 1 : Différentes marques montées en SOMACA depuis 1962.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau. 2 : Fiche signalétique de la SOMACA .....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau. 3 : Etat avant recensement des appareils de levage soumis au CR.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau. 4 : Planning de recensement des appareils de levage soumis au CR.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau. 5 : Etat après recensement des appareils de levage soumis au CR.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau. 6 : Etat avant recensement des appareils à pression soumis au CR.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau. 7 : Planning de recensement des appareils à pression soumis au CR.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau. 8 : Etat après recensement des appareils à pression soumis au CR .....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau. 9 : Champ de travail du palan électrique.....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau. 10 : Caractéristiques du palan électrique .....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau. 11 : Caractéristiques des épreuves statiques et dynamiques.....</b>	<b>59</b>

# SOMMAIRE

Introduction général .....	13
<i><u>Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil</u></i>	
I. Présentation du groupe Renault.....	15
1. Historique .....	16
2. Place actuelle dans le marché automobile.....	16
II. Présentation de la SOMACA.....	17
1. Historique .....	18
2. Années de lancement des différentes marques .....	19
3. Fiche signalétique de la SOMACA .....	20
4. Plan de l'usine SOMACA .....	21
5. Organigramme de l'usine SOMACA .....	21
III. Processus de production à la SOMACA.....	22
1. Département Tôlerie (Ferrage).....	22
2. Département Peinture.....	22
2.1 Tunnel de Traitement de Surface (T.T.S).....	23
2.2 Cataphorèse .....	23
2.3 Mastic .....	23
2.4 Apprêt .....	24
2.5 Laque.....	24
2.6 Finition et retouches (Pourcentage d'Acceptation Directe) .....	24
3. Département Montage .....	25
4. Processus de production à l'usine SOMACA .....	25
IV. Département Maintenance Centrale.....	26
1. Mission du service GATM .....	27
<i><u>Chapitre 2 : Présentation du Sujet</u></i>	
I. Mise en situation .....	29
II. Cahier des charges.....	29
III. Planning et jalonnement du projet .....	30
1. Planning du projet .....	30
2. Diagramme Gantt du projet.....	30

### ***Chapitre 3 : Contrôle Réglementaire des Installations Usine SOMACA***

<b>I.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>32</b>
<b>II.</b>	<b>Normalisation, norme et système normatif .....</b>	<b>32</b>
	<b>1. La normalisation .....</b>	<b>32</b>
	<b>2. La norme .....</b>	<b>33</b>
	<b>3. Les organes chargés de normalisation .....</b>	<b>34</b>
	<b>4. Bases juridiques de la normalisation.....</b>	<b>34</b>
	<b>5. Répartition des normes Marocaines par secteur .....</b>	<b>35</b>
	<b>6. Quelques normes Marocaines relatives aux appareils de levage et à pression.....</b>	<b>35</b>
	<b>6.1 Appareils de levage .....</b>	<b>35</b>
	<b>6.2 Appareils à pression.....</b>	<b>36</b>
<b>III.</b>	<b>Contrôle industriel, réglementation et contrôle réglementaire .....</b>	<b>36</b>
	<b>1. Caractéristique d'un contrôle industriel.....</b>	<b>36</b>
	<b>2. Réglementation.....</b>	<b>37</b>
	<b>3. Définitions relatives à la réglementation.....</b>	<b>37</b>
	<b>4. Réglementation et normalisation .....</b>	<b>37</b>
	<b>5. Contrôle réglementaire.....</b>	<b>38</b>
	<b>5.1 Définition .....</b>	<b>38</b>
	<b>5.2 Organismes ou bureaux de contrôle.....</b>	<b>38</b>
	<b>6. Les principaux types de contrôle ou vérifications techniques.....</b>	<b>39</b>
	<b>7. Les documents formalisant les contrôles réglementaires .....</b>	<b>39</b>
	<b>7.1 Registres des contrôles techniques .....</b>	<b>39</b>
	<b>7.2 Rapports de vérification .....</b>	<b>40</b>
	<b>8. Processus de déroulement du contrôle réglementaire .....</b>	<b>40</b>
<b>IV.</b>	<b>Contrôles non destructifs .....</b>	<b>41</b>
<b>V.</b>	<b>Contrôle réglementaire des appareils de levage .....</b>	<b>42</b>
	<b>1. Modes opératoires du CR des appareils de levage.....</b>	<b>42</b>
	<b>2. Appareils de levage soumis à la réglementation.....</b>	<b>42</b>
	<b>3. Documents à exiger lors de l'achat d'un appareil de levage .....</b>	<b>43</b>
	<b>4. Etat des lieux.....</b>	<b>43</b>
<b>VI.</b>	<b>Contrôle réglementaire des appareils à pression de vapeur et de gaz.....</b>	<b>45</b>
	<b>1. Modes opératoires du CR des appareils à pression .....</b>	<b>45</b>
	<b>2. Appareils à pression soumis à la réglementation .....</b>	<b>45</b>
	<b>3. Documents à exiger lors de l'achat d'un appareil à pression .....</b>	<b>46</b>
	<b>4. Etat des lieux.....</b>	<b>46</b>
<b>VII.</b>	<b>Constatations et critiques de l'état actuel .....</b>	<b>47</b>

<b>VIII.</b>	<b>Actions recommandées et Améliorations proposées .....</b>	<b>49</b>
1.	Actions recommandées .....	49
2.	Améliorations proposées.....	49
<b>IX.</b>	<b>Prévision et l'état prévu .....</b>	<b>50</b>
	<b><i>Chapitre 4 : Procédure Pour Gérer le Contrôle Réglementaire au Niveau de</i></b>	
	<b><i>L'usine</i></b>	
<b>I.</b>	<b>Généralités.....</b>	<b>52</b>
1.	Cadre réglementaire .....	52
2.	Identification des équipements et installations.....	52
3.	Responsabilités .....	52
3.1	Organisme.....	52
3.2	Pilote.....	52
3.3	Correspondant.....	53
4.	Logigramme de la procédure .....	53
5.	Description des étapes et rôle des acteurs.....	54
	<b><i>Chapitre 5 : Etude du cas pratique : palan électrique de la zone de Stockage des</i></b>	
	<b><i>trains AR près du magasin montage L90</i></b>	
<b>I.</b>	<b>Description technique et objectif du projet.....</b>	<b>57</b>
1.	Objectif.....	57
2.	Installation concernée .....	57
<b>II.</b>	<b>Contrôle réglementaire et constat de conformité du palan électrique .....</b>	<b>58</b>
1.	Cadre réglementaire .....	58
2.	Identification de l'équipement .....	58
3.	Examen de l'état de conservation et installation électrique du palan.....	59
4.	Epreuves statique et dynamique.....	59
2.1	Résultats des épreuves .....	59
2.2	Autres observations et remarques.....	59
5.	Résultats de la vérification ou du contrôle.....	59
6.	Plan d'action.....	59
	<b>Conclusion générale &amp; Perspective .....</b>	<b>61</b>
	<b>Bibliographie &amp; Webographie .....</b>	<b>62</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>63</b>

# Introduction générale

Dans un milieu industriel caractérisé par une compétitivité acharnée, l'entreprise se trouve aujourd'hui, plus que jamais, dans l'obligation de satisfaire les impératifs : Qualité, Coût et Délai. Afin de conserver cet équilibre, elle cherche à éliminer toutes les anomalies existantes dans ses outils de production, d'augmenter leurs fiabilité, d'améliorer leurs maintenabilité, d'assurer leurs disponibilité et d'évaluer leurs conformité vis-à-vis des exigences réglementaires ou des standards en intégrant toutes les activités de la maintenance dans une logique d'amélioration continue.

Dans cette optique, la SOciété MArocaïne de Construction Automobile a visé d'assurer et de maintenir la fiabilité des ses installations et d'augmenter leurs niveau requis de sûreté et de sécurité en donnant une importance primordiale aux contrôles et aux vérifications périodiques réglementaires.

De ce fait, mon projet de fin d'études a pour finalité d'épauler la SOMACA à évaluer la conformité de ses appareils et installations par rapport aux exigences réglementaires Marocaines et celles respectées par le Standard Renault et donc d'élever le taux, le pourcentage de réalisation et de conformité des vérifications périodiques réglementaires au niveau de l'usine.

Le présent rapport s'articulera donc, autour des points suivants:

- Présentation de l'organisme d'accueil à savoir la SOMACA ainsi que Renault, actionnaire majoritaire.
- Présentation du sujet à travers la mise en situation du projet et la définition du cahier des charges ;
- Présentation de l'étude détaillée du projet ;
- Présentation de la procédure mise en place pour gérer les contrôles et les vérifications périodiques réglementaires au niveau de l'usine ;
- Etude du cas pratique : la mise en conformité réglementaire du projet : palan électrique de la zone de stockage des trains AR près du magasin Montage L90.

Et il se terminera par une conclusion générale.

## Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil

*Ce Premier chapitre est dédié à la présentation générale de l'organisme d'accueil, à savoir SOMACA ainsi que Renault actionnaire Majoritaire à 80%.*

*Il est dédié aussi à la présentation du département d'accueil : Maintenance centrale*

L'industrie automobile au Maroc constitue une activité économique importante amenée à se développer de manière croissante au cours des prochaines années. Elle représente près de 5% du PIB industriel, assure 14% des exportations industrielles et entraîne une grande partie de l'économie Marocaine. Cette activité comporte plus d'une centaine d'entreprises dont près de 85 unités spécialisées entre constructeurs et équipements, occupant près de 20.000 personnes en emplois directs.

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

L'histoire de Renault a débuté en 1898 dans un modeste atelier de Billancourt, dans lequel Louis Renault construit seul un véhicule équipé d'un moteur fourni par Dion Bouton. L'année suivante, en association avec son frère, il fonde l'usine Renault Frères afin de commercialiser ses voitures en série et de dépasser le stade artisanal des prototypes. Si l'heure n'est pas encore à la production de masse, Renault se positionne sur des segments de marchés importants, comme la fourniture des véhicules pour les compagnies de taxis parisiennes et londoniennes.

A la veille de la seconde guerre mondiale, Renault est le premier constructeur automobile français. Cette position, ainsi que les faits de collaboration qui sont reprochés à Louis Renault, justifient aux yeux des autorités politiques la nationalisation de l'entreprise en 1945 et Renault devient ainsi la Régie nationale des usines Renault. Le secteur de l'automobile représente à l'époque, une industrie en pleine croissance, et l'entreprise devient l'un des symboles de la politique industrielle conduite par l'État actionnaire.

Depuis une quinzaine d'années, Renault vit au rythme de la restructuration : dans un premier temps industriel et technique (Renault a fortement repensé ses gammes de véhicules), puis sociale (les réductions d'effectifs ont été particulièrement importantes) à voir même juridique. En effet, la régie est devenue, en 1990 une société anonyme qui relève depuis 1996 du droit commun, l'État ayant engagé depuis 1994 une politique de privatisation partielle par étapes.

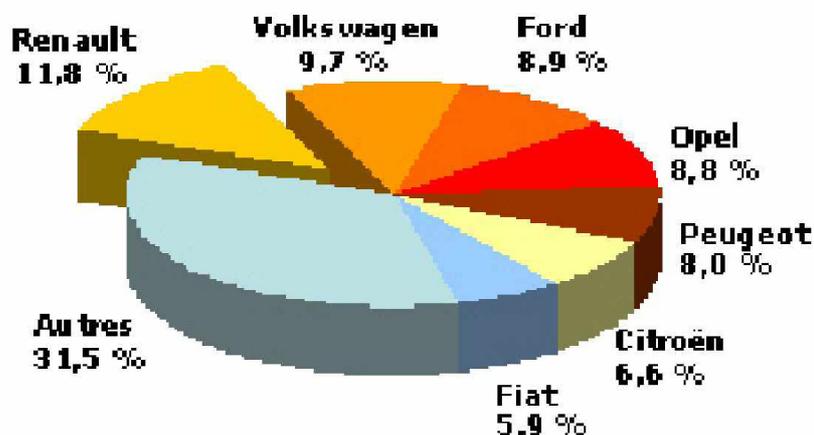
## 1. Historique :

1928	Introduction de Renault au Maroc sous le nom SOMAR.
1966	Signature d'un contrat de licence de montage et d'assistance technique avec SOMACA et SOMAR.
1967	SOMAR devient Renault Maroc, détenu à 50% par Renault et 50% par SNI.
1996	Signature du contrat "Véhicule Economique Léger" entre Renault Maroc et les autorités marocaines.
1999	Début de la fabrication de Kangoo V.U. Economique Léger.
2000	Renault porte sa participation dans Renault Maroc à hauteur de 80%. Renault Maroc reprend 100% de SIAB (importateur de Nissan au Maroc).
2002	Introduction de la marque Dacia et commercialisation de la gamme Pick-up et Supernova.
2003	Introduction de la marque Renault Samsung Motors et commercialisation de la SM5.
2004	Signature de la convention Voiture Economique Renault Kangoo. Lancement de la SM3. Annonce du lancement de Logan en 2005.
2005	Lancements de Laguna II ph 2 (mai), Logan Essence (juillet), Modus (novembre).
2006	Lancement de Logan 1.5 dCi, Clio III, Mégane II ph.2 et de Clio Classic Ph. 2
2007	Lancement de Scénic II ph.2 Création en Octobre de RCI Finance Maroc (filiale de RCI Banque). Signature d'un protocole d'intention entre l'Alliance Renault-Nissan et le Royaume du Maroc pour l'implantation du complexe industriel « Renault Tanger Méditerranée » dans le nord du Maroc.
2008	Signature des accords définitifs entre l'Alliance Renault-Nissan et le Royaume du Maroc confirmant la réalisation du projet d'implantation d'un complexe industriel « Renault Tanger Méditerranée ».

**Fig. 1 : Historique de Renault**

## 2. Place actuelle dans le marché automobile :

Renault représente aujourd'hui plus de 25% du marché de l'automobile en France et un peu plus de 10% du marché Européen.



**Fig. 2 : Parts de marché des constructeurs automobiles en Europe**

Présent dans plus de 100 pays à travers le monde, Renault est aujourd'hui un groupe automobile généraliste et multimarque. Il a acquis une dimension mondiale avec l'alliance Renault-Nissan (4ème acteur mondial en volume de production derrière General Motors, Ford et Toyota), l'acquisition du constructeur Roumain Dacia et la création de la société Sud-Coréenne Renault Samsung Motors.



**Fig. 3 : Usines Renault dans le monde**

## **II. Présentation de la SOMACA :**

La SOciété MARocaine de Construction Automobile (SOMACA) a été créée en 1959, par l'intermédiaire du bureau des études et de participation industrielle (B.E.P.I), organisme chargé de promouvoir le développement industriel du Maroc.

Elle dispose à Casablanca d'une importante usine dont la superficie couverte est de 90000 m<sup>2</sup> et qui génère une production de 60 000 véhicules par an.

La SOMACA est spécialisée dans le montage des voitures. Elle opère, dans le cadre des contrats de montage avec deux principaux concessionnaires qui sont : RENAULT Maroc (Kango Logan et Sandro) et SOPRIAM (Citroën Berlingo et Peugeot Partner).

SOMACA assure seulement le montage des voitures, et les concessionnaires s'occupent de la commercialisation, qui le facture en forfait de montage à la charge des constructeurs étrangers qui délivrent toutes les modalités de production à suivre.

En effet la SOMACA ne fait que de la sous-traitante qui est payée par les constructeurs des marques pour service de montage.

La SOMACA est considérée à juste titre comme le moteur de développement industriel du pays car plus de 60 entreprises qui fabriquent plus d'une cinquantaine pièces mécaniques, électroniques, en caoutchouc, en plastique et en verre.

### **1. Historique :**

1959	Création de l'usine de Casablanca.
1966	Signature d'une convention entre l'Etat marocain et Renault portant sur l'assemblage de véhicules Renault à la SOMACA.
1996	Signature de la Convention Véhicules Utilitaires Légers Economiques avec l'Etat marocain et lancement de l'assemblage de Renault Express à la SOMACA, dans le cadre de cette convention.
1999	Lancement de l'assemblage de Kangoo.
2001	Certification ISO 9002.
2003	26 juillet : signature d'un protocole d'accord entre Renault et l'Etat marocain pour la reprise par Renault en deux étapes de 38% du capital de la SOMACA. D'ici 2005, Renault prévoit d'investir 22 millions d'euros pour moderniser l'usine et la préparer à accueillir la Logan. Lancement de l'assemblage de Kangoo et Kangoo Express phase 2.
2004	Renault rachète 38% du capital de la SOMACA détenue par l'Etat marocain, en deux temps : 26% depuis septembre 2003 et 12% au deuxième semestre 2004. 1 <sup>er</sup> janvier : arrêt des activités industrielles de Fiat à la SOMACA. Janvier : Signature entre l'Etat Marocain et Renault de la Convention « Voiture Economique Renault Kangoo ».
2005	27 avril : Renault rachète la part de 20% détenue par Fiat au capital de la SOMACA. Le Groupe Renault porte ainsi sa participation dans SOMACA à hauteur de 54%. 27 octobre : Renault rachète les 12% restants de la participation de l'Etat marocain dans Somaca.
2006	Renault reprend les 14% du capital de SOMACA, détenu par des actionnaires privés. Lancement de Logan 1.5 dCi.
2007	Exportation pendant quelques mois de Logan vers les marchés français et espagnols. Certification Iso 14.001 de l'usine.
2008	Certification SMR (Système Management Renault). Lancement de la Logan Phase II.
2009	Lancement de la Sandero.

**Fig. 4 : Historique de la SOMACA**

## 2. Années de lancement des différentes marques :

Depuis sa création, plusieurs marques de voitures ont été montées au niveau de l'usine, le tableau ci-dessous indique l'année de lancement des différentes marques depuis 1962 :

1962	 	SIMCA, FIAT
1966		RENAULT
1970		OPEL
1980		PEUGEOT
1986		CITROEN
1995		VOITURE ECONOMIQUE (FIAT UNO)
1996	 	VEHICULE UTILITAIRE LEGER RENAULT EXPRESS & C 15)
1997		WORLD CAR (FIAT SIENA)
1998		WORLD CAR (FIAT PALIO)
1999	 <b>Kangoo</b>	RENAULT KANGOO
2000	 <i>Berlingo</i> 	PEUGEOT PARTNER CITROEN BERLINGO
2005	  <b>LOGAN</b>	DACIA LOGAN BY RENAULT
2009		DACIA SANDERO BY RENAULT

**Tableau. 1 : Différentes marques montées en SOMACA depuis 1962**

### 3. Fiche signalétique de la SOMACA :

<b>Détermination sociale</b>	<b>SOMACA : Société MARocaine des Constructions Automobiles</b>
<b>Siège social</b>	Km 12, Autoroute de Rabat, Casablanca
<b>Superficie totale</b>	316.144 m <sup>2</sup> dont 110.000 m <sup>2</sup> bâtis
<b>Puissance installée</b>	11.740 K.V.A
<b>Forme juridique</b>	Société Anonyme régie par le Dahir n° 1-81-306 du 6 mai 1982 relatif aux industries de montage de véhicules automobiles. La société a mis en harmonie ses statuts en 1999, conformément à la loi n°17-95 relative aux sociétés anonymes.
<b>Date de constitution</b>	24-juil-1959
<b>N° de registre du commerce</b>	26 963
<b>Exercice social</b>	Du 1er janvier au 31 décembre
<b>Objet social (Article 3 des statuts)</b>	<p>« La société a pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les opérations de montage et d'assemblage de pièces, ensemble mécanique et de carrosseries de voitures de tourisme, utilitaires légers ou autre pour toutes sociétés de montage ou constructeurs.</li> <li>- La représentation au Maroc de tout constructeur avec lequel il sera établi des contrats spécifiques.</li> <li>- L'importation au Maroc en provenance de n'importe quels constructeurs ou fournisseurs spécialement désignés à cet effet, de voitures complètes sous formes de CKD (complet kit démonté) ou totalement éclatées.</li> <li>- L'approvisionnement au Maroc des pièces de fabrication locale destinées à être intégrées aux véhicules importés en CKD ou pièces détachées pour les constructeurs représentés ou les sociétés de montage.</li> <li>- La distribution au Maroc ou à l'exportation de tous véhicules portant la marque du constructeur représenté.</li> <li>- L'importation et la distribution au Maroc des pièces de rechanges de services.</li> <li>- L'acquisition, la construction, l'installation, l'exploitation, la vente, la prise à bail, la location de tous locaux, terrains ou immeubles.</li> <li>- La prise de participation dans toutes sociétés, ou la création de toutes filiales ayant une activité similaire, connexe ou complémentaire.</li> <li>- .... »</li> </ul>
<b>Capital social</b>	60.000.000 Dhs entièrement libéré représenté par 600.000 actions au nominal de 100 Dhs chacune portant les numéros de 1 à 600 000.

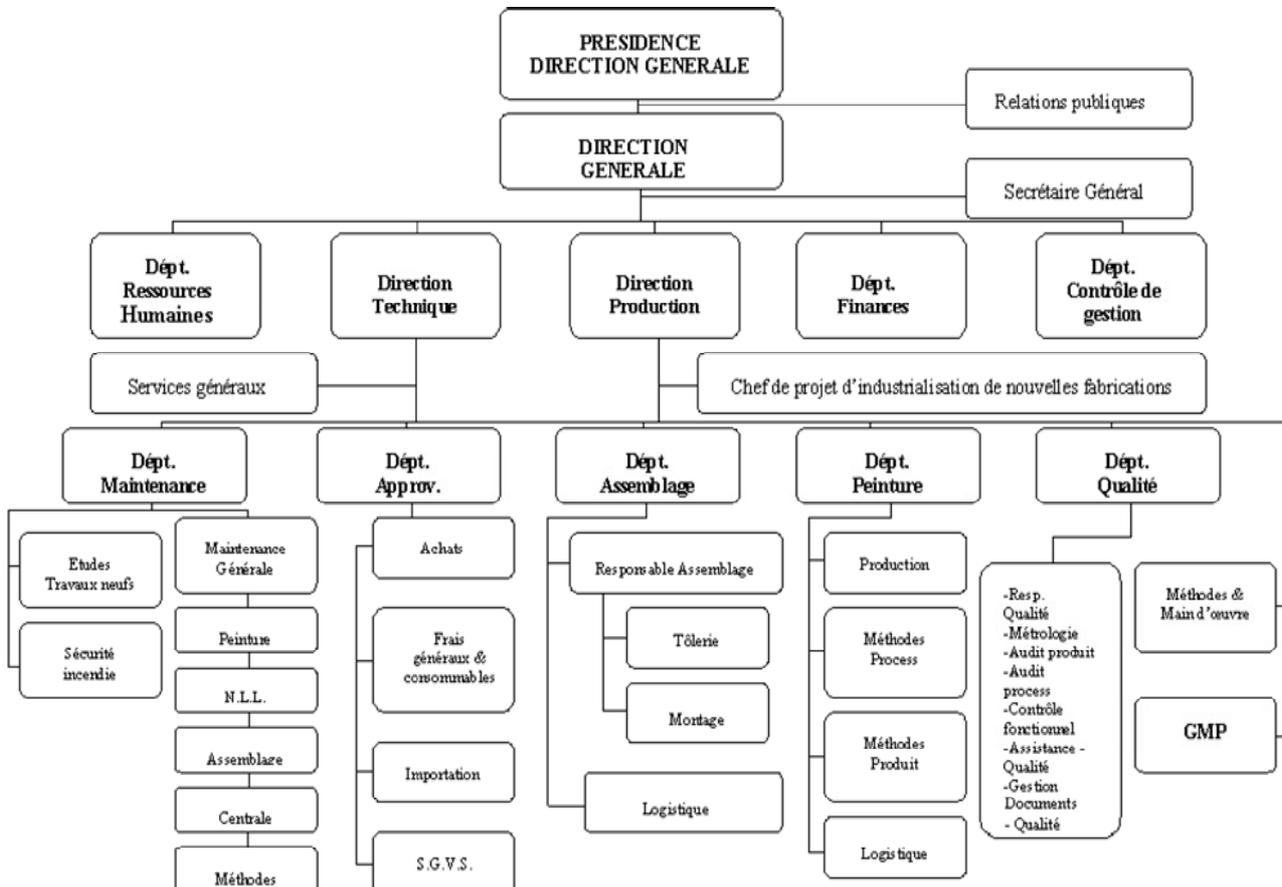
**Tableau. 2 : Fiche signalétique de la SOMACA**

#### 4. Plan de l'usine SOMACA :



**Fig. 5 : Plan de l'usine SOMACA**

#### 5. Organigramme de l'usine SOMACA :



**Fig. 6 : Organigramme de l'usine SOMACA**

### **III. Processus de production à la SOMACA :**

La production d'une automobile est un processus complexe. Une usine terminale comporte un ensemble de lignes de production peu flexibles très sensibles aux aléas départ la nature des moyens de convoyage.

La production des véhicules à la SOMACA consiste en l'assemblage d'éléments CKD (Completely knocked down) approvisionnés en lots et de pièces fabriquées localement. A l'arrivée, tout l'approvisionnement passe à travers un contrôle de réception quantitatif et qualitatif. Le processus fabrication est composé de trois départements successifs :

**Département Tôlerie (Ferrage), Département Peinture, Département Montage.**

#### **1. Département Tôlerie (Ferrage) :**

Le ferrage est la première étape du processus de fabrication des véhicules. Il consiste à assembler la carrosserie de la voiture à partir des éléments dits CKD (Complete Knock Down) en utilisant la technologie de soudure et des moyens industriels adaptés à chaque modèle (berceaux, gabarieries.....).



**Fig. 7 : Atelier Tôlerie**

Les technologies de soudure utilisées sont :

- ✚ La soudure par points ;
- ✚ La soudure à l'arc électrique.

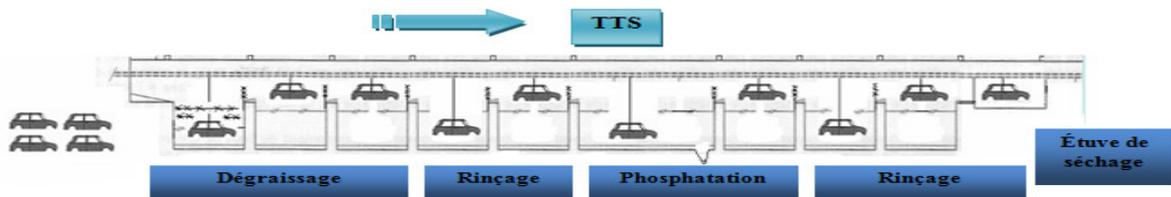
#### **2. Département Peinture :**

C'est la deuxième étape du processus de fabrication. On y fait subir au véhicule des traitements de surfaces pour améliorer sa résistance à la corrosion et aux attaques chimiques.

Le processus permet aussi de renforcer les points de soudures entre les éléments soudés par points. La caisse passe par six étapes avant d'être livrée aux chaînes de garnissage :

## 2.1 Tunnel de Traitement de Surface (T.T.S) :

Ce tunnel est composé de plusieurs baigns dans lesquels la voiture est immergée et cela dans le but de nettoyer la surface de la tôle. La tôle est traitée par phosphatation (phosphate de zinc, phosphate de fer) pour la préparer aux traitements qui suivent.



**Fig. 8 : Tunnel de Traitement de Surface T.T.S**

Le tunnel de traitement de surface - où le traitement anti-oxydation est effectué - est composé de 9 stades. Ces stades se regroupent en trois phases :

### ✚ Phase de pré-phosphatation :

Cette phase comporte plusieurs stades, elle consiste à la préparation de la tôle pour accepter la couche de phosphatation.

### ✚ Phase de phosphatation :

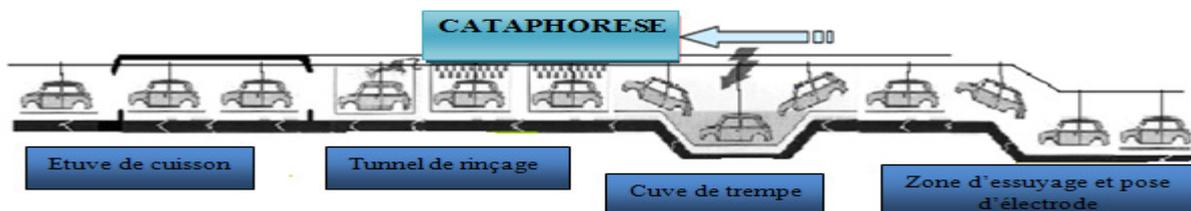
Ce procédé consiste à recouvrir la tôle d'une couche de phosphate assurant une très bonne tenue à la corrosion.

### ✚ Phase post-phosphatation :

Elle se déroule en trois stades : le rinçage, la passivation et le rinçage final, permettant ainsi l'uniformité de la couche de phosphatation déposée sur la surface métallique.

## 2.2 Cataphorèse :

Il s'agit de déposer sur la caisse par immersion totale une couche de peinture organique.

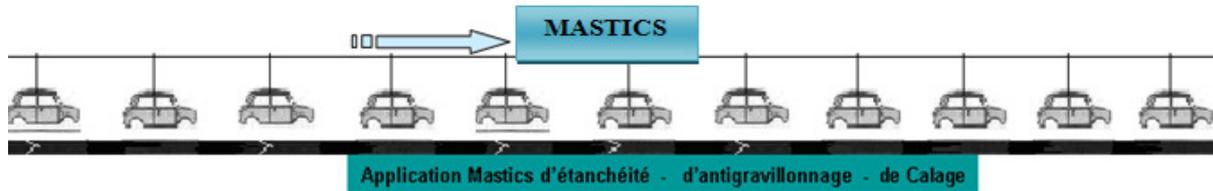


**Fig. 9 : Phase Cataphorèse**

## 2.3 Mastic :

Le masticage est réalisé pour renforcer les soudures entre les différents organes de la caisse. Il consiste à l'application de différents types de mastic et la mise en place des insonorisants et des obturateurs.

L'ensemble de ces opérations permet de conférer à la caisse des qualités d'anti-bruits et d'étanchéité, tout en empêchant les fuites et la corrosion.

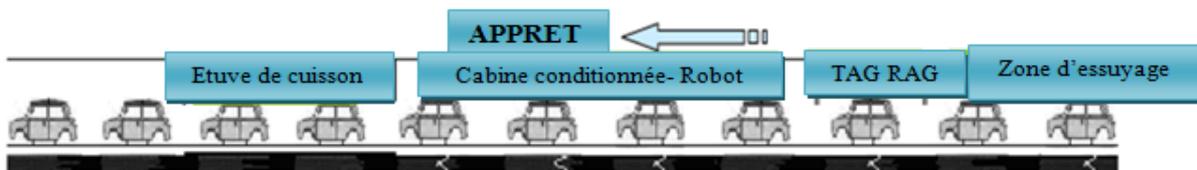


**Fig. 10 : Phase Mastic**

### 2.4 Apprêt :

L'apprêt est une couche de substance qui protège la surface de la tôle de toute attaque par corrosion. Elle consiste à l'application d'une peinture intermédiaire l'épaisseur suffisante dans le but de :

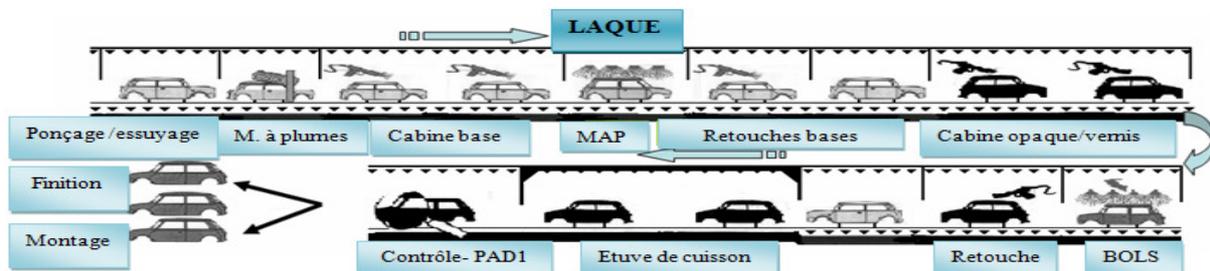
- ◆ Assurer le garnissage nécessaire pour éliminer les défauts d'aspect de surface.
- ◆ Favoriser la protection anti-gravillonnage.



**Fig. 11 : Phase Apprêt**

### 2.5 Laque :

Dans cette phase, on applique d'abord une base (teinte colorée) sur la partie superficielle apparente de la voiture pour lui procurer la couleur désignée par le client, ensuite on utilise un vernis qui d'un côté joue le rôle de protecteur de la base et de l'autre donne un aspect brillant à la caisse.



**Fig. 12 : Phase Laque**

### 2.6 Finition et retouches (Pourcentage d'Acceptation Directe) :

Après séchage de la laque dans un four électrique, la caisse est acheminée vers la dernière opération (Finition) avant sa livraison à la chaîne de garnissage.

La voiture est enchaînée par la suite vers la chaîne de montage.

### 3. Département Montage :

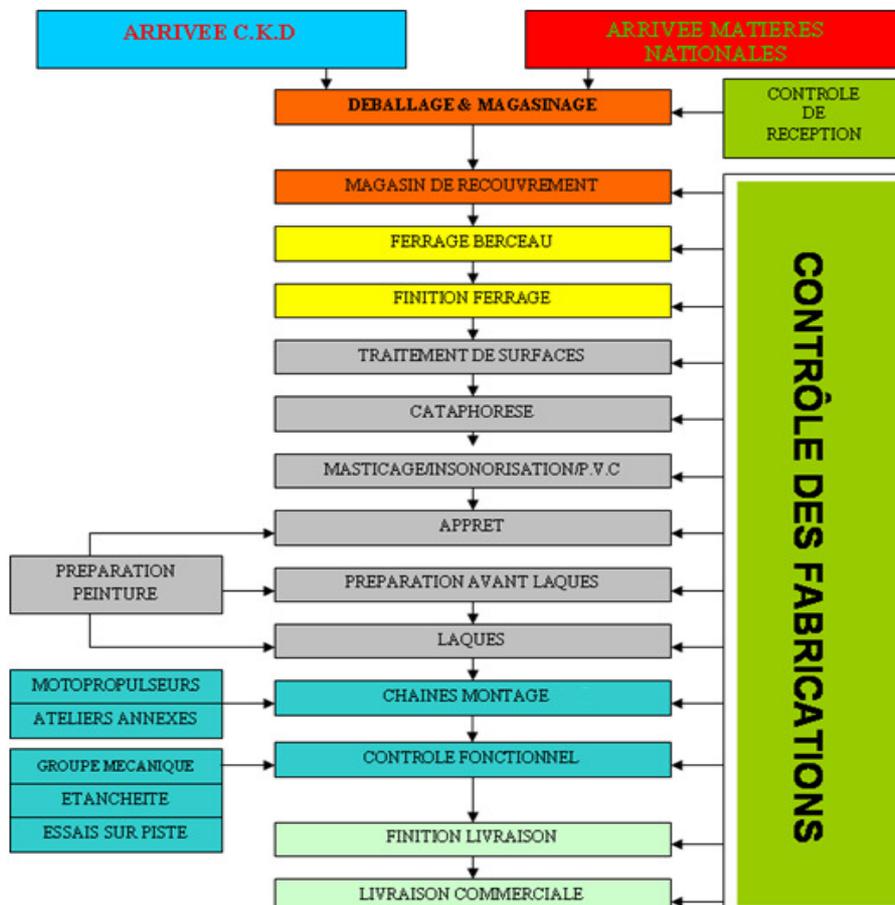
L'atelier de montage est composé de deux chaînes de montage B et C. La chaîne B qui est réservée aux véhicules utilitaires (Renault Kongo, Citroën Berlingo, et Peugeot Partner) tandis que la chaîne C est destinée au montage de la Logan L90 et de la Sandero B90.



**Fig. 13 : Atelier Montage**

À la fin de la chaîne, le véhicule subit une série de contrôles afin de vérifier le niveau de qualité du produit et procéder aux retouches si nécessaires.

### 4. Processus de production à l'usine SOMACA :



**Fig. 14 : Processus de production à l'usine SOMACA**

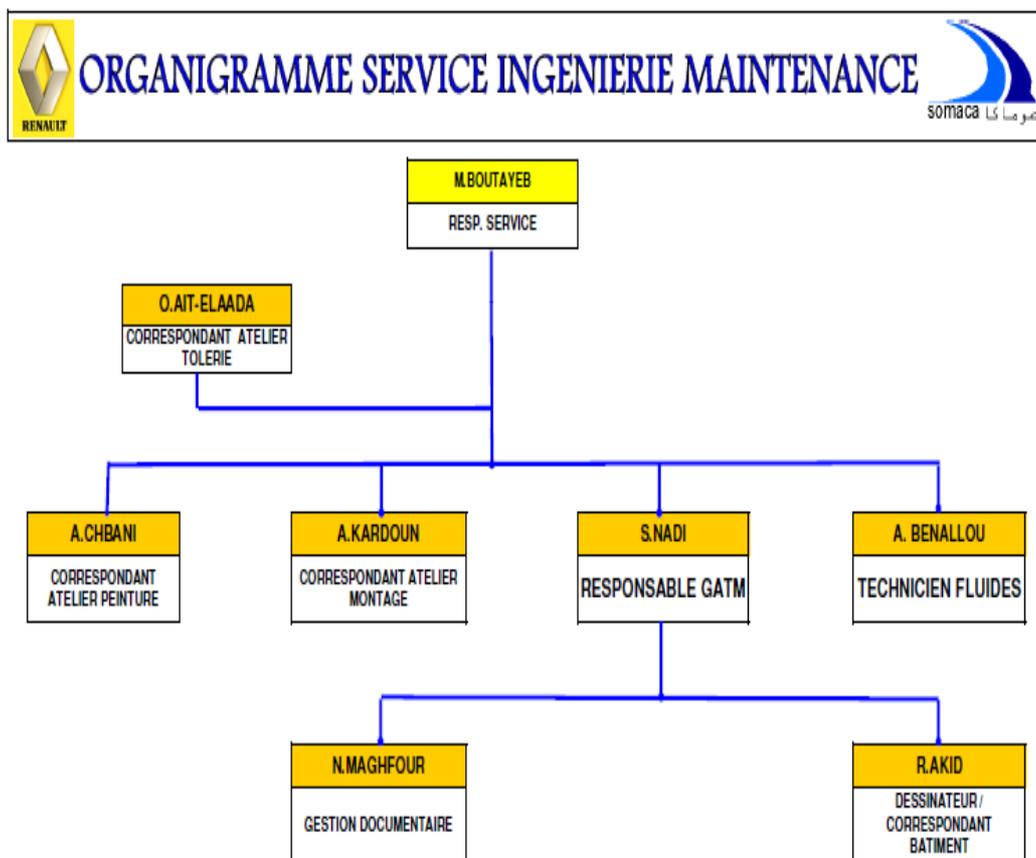
#### IV. Département Maintenance Centrale :

C'est le dernier département créé au sein de la Direction Technique. Il se compose de plusieurs sous ensembles nommés Unités Élémentaires de Travail (UET).

Il se charge du maintien à niveau des installations de manutention (chariots élévateurs, Ponts élévateurs,...), des portes automatiques, des rampes de déchargements, des chaudières, Il a également pour mission d'assurer la production et la distribution des fluides énergétiques et de maintenir les voies, les plateaux, les espaces verts et l'extérieur de l'usine.

Il est en relation adéquate avec toutes les directions et services pour assurer la mise en place de la téléphonie, les emplacements des unités de travail,...etc.

Mon stage de fin d'études s'inscrit dans le cadre du service d'ingénierie Maintenance et plus précisément dans l'unité GATM « Groupe d'Assistance Technique et Maintenance », dont l'effectif se répartit entre équipes Achats et équipes techniques.



**Fig. 15 : Organigramme service Ingénierie Maintenance**

## **1. Mission du service GATM :**

Les missions du service sont séparées en trois grandes parties :

### **A)-Partie achats :**

- Création et suivi des demandes d'achats du DMC jusqu'à l'établissement de la commande et la réception sur système SAER interactif ;
- Lancement et suivi des demandes d'engagement de dépenses (DED) de fonctionnement dans l'application eDOA pour les DA qui font l'objet des PdR avec des montants qui dépassent 3K euro, et les DA qui font l'objet des prestations externes avec des montants qui dépassent 10 K euro ;
- Établissement des DED investissement et suivi des coûts CPI Département maintenance centrale ;
- Établissement, Suivi des ordres de dépannages et création de leur DA avant 48h ;
- Établissement Rapport Hebdomadaire des DA en cours ;
- Classement et Suivi des bons de sortie matériel ;
- Établissement et Suivi des accords de paiement des factures fournisseurs ainsi que les FSR.

### **B)-Partie de la maintenance préventive :**

- Élaboration et suivi des PMP, fiches de suivi PMP, circuit de visite et planning maintenance préventive atelier fluides ;
- Élaboration des FOS Procédure ateliers fluides ;
- Suivi des travaux de la maintenance hebdomadaire DMC ;
- Établissement et suivi des demandes de gestion des pièces de rechanges ;
- Établissement des CdC des travaux annuels de la maintenance préventive ;
- Assistance technique avec les sous-traitants et fournisseurs.

### **C)-Partie du contrôle réglementaire :**

- Assistance technique avec le contrôleur du bureau VERITAS au moment de la vérification des installations ;
- Réception des rapports de vérification ;
- Établissement et suivi des plans d'actions relatifs aux contrôles réglementaires pour corriger les anomalies détectées par VERITAS au niveau Maintenance centrale & Maintenance sectorielle.

## Chapitre II : Présentation du Sujet

*Ce chapitre est consacré à la présentation du sujet traité pendant la période du stage de fin d'études.*

## **I. Mise en situation :**

Dans le cadre d'une politique générale de Renault visant l'amélioration de la compétitivité et l'augmentation de sa part du marché mondial, SOMACA s'inscrit dans cette perspective en assurant un produit de meilleure qualité, cela revient à améliorer, garantir la disponibilité et la fiabilité de l'ensemble de ses équipements et d'installations conformément à des exigences spécifiques.

Mon projet a été décidé dans une optique d'aider la SOMACA à mieux examiner, juger et améliorer le taux conformité des Contrôles Réglementaires (CR) des appareils de Levage, appareils à pression de vapeur et à pression de gaz effectués par un bureau de contrôle par rapport aux réglementations Marocaines et aux réglementations respectées par le Standard Renault

D'autre part d'améliorer la méthodologie de gestion et de management de ses vérifications périodiques au niveau de l'usine en répondant aux exigences du cahier des charges ci-dessous.

## **II. Cahier des charges :**

Durant la période de réalisation du Projet de Fin d'Études, il m'a été confié de répondre aux exigences du cahier des charges suivant :

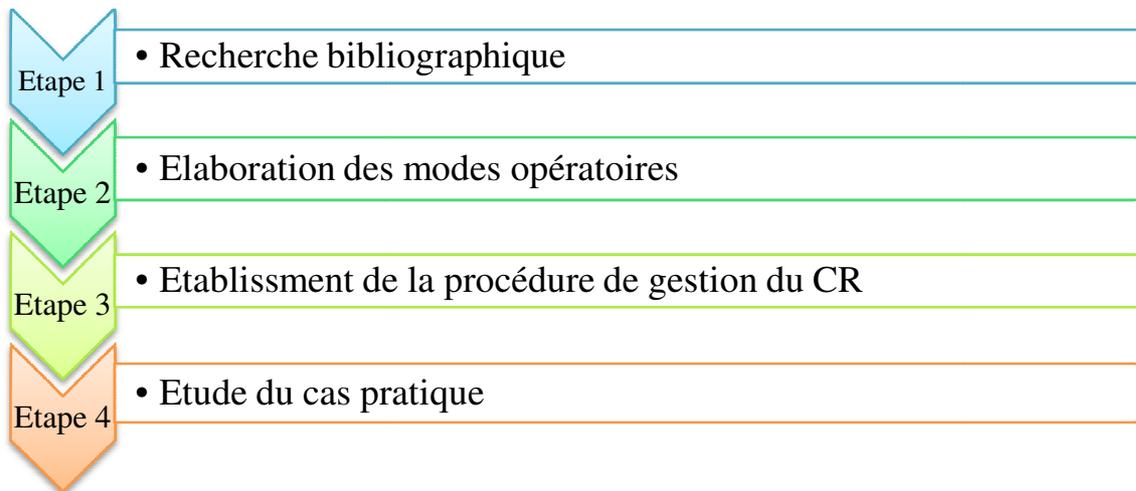
**Vérification de la conformité des Contrôles Réglementaires (CR) des appareils de levage, des appareils à pression de vapeur et à pression de gaz vis-à-vis des réglementations Marocaines et des réglementations respectées par le Standard Renault, et ceci par le biais de :**

- Recherche Bibliographique des réglementations Marocaines et celles respectées par le standard Renault ;**
- Elaboration des modes opératoires pour le contrôle pour chaque type d'appareil ;**
- Etablissement d'une Procédure pour la gestion et le management du Contrôle Réglementaire au niveau de l'usine ;**
- Etude du cas Pratique : la mise en conformité réglementaire du projet : palan électrique de la zone de stockage des trains AR près du magasin montage L90.**

### III. Planning et jalonnement du projet :

#### 1. Planning du Projet :

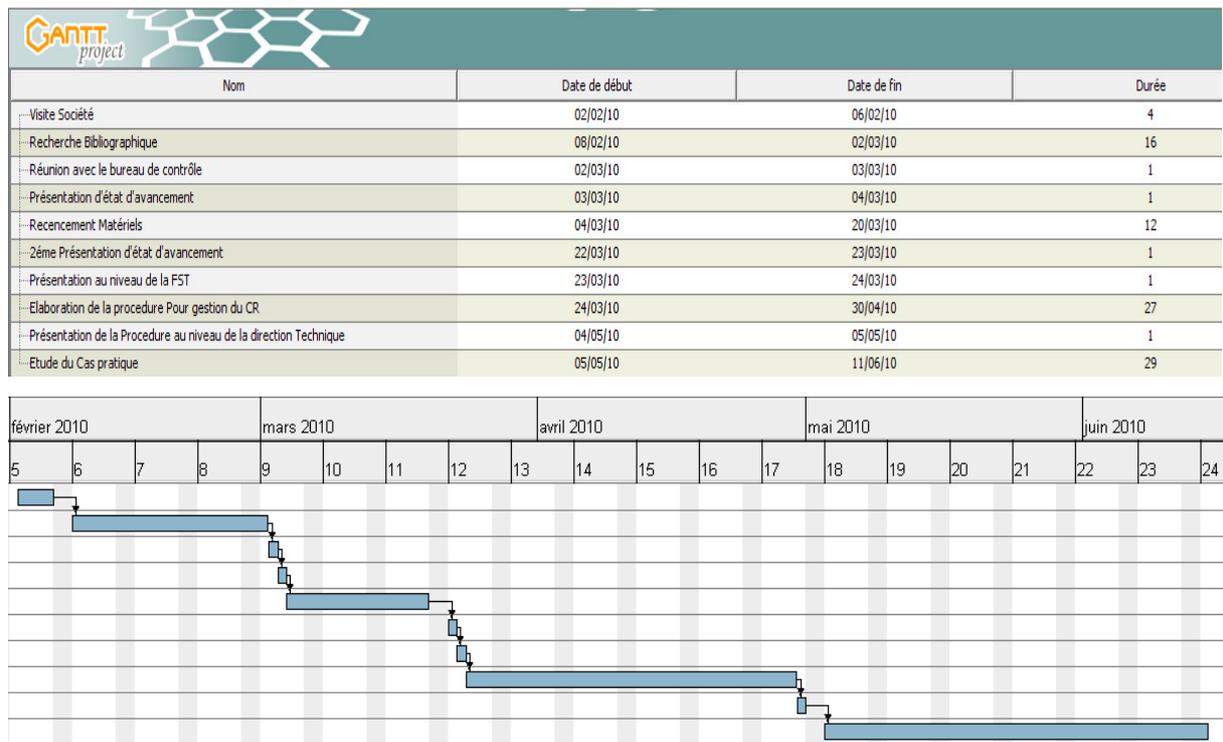
Pour atteindre l'objectif de mon projet de fin d'études j'ai suivi le planning suivant :



**Fig. 16 : Planning du jalonnement du projet**

#### 2. Diagramme Gantt du projet :

Le jalonnement des tâches durant la période de stage est présenté dans le diagramme Gantt ci-dessous :



**Fig. 17 : Diagramme Gantt du projet**

**Chapitre III : Contrôle**  
**Réglementaire des**  
**Installations Usine**  
**SOMACA**

*Ce chapitre est  
réservé à  
l'étude détaillé  
de mon projet  
de fin d'études  
qui s'intitule :  
« Contrôle  
Réglementaire  
des  
Installations  
Usine  
SOMACA »*

## **I. Introduction :**

Partout dans le monde l'intérêt de la normalisation a énormément évolué au cours de ces dernières années. Aucune entreprise, ni aucune administration ne peut ignorer la normalisation, sous-estimer son importance, car elle a une incidence directe sur le développement industriel ainsi que sur la dynamique de l'économie nationale, comme elle se situe dans la logique de la globalisation.

Cependant, chaque entreprise cherche à se développer de plus en plus afin de livrer un produit de meilleure qualité en s'assurant de ses installations, de leur conformité ainsi que du maintien de leur niveau requis de sûreté et de sécurité. De ce fait, il est nécessaire de contrôler périodiquement les organes et les caractéristiques de ses installations.

La nature et la périodicité de ses contrôles, essais sont, soit imposées par des normes ou par des textes à caractère réglementaire, soit définies à partir des enseignements tirés du retour d'expérience ou de l'exploitation.

Conscient de la protection des travailleurs, des biens et de l'importance de l'optimisation des coûts, SOMACA ne cesse de diminuer les frais indirects de production en améliorant la fiabilité de l'ensemble des équipements et d'installations, tout en coopérant avec les spécialistes du domaine (bureaux de contrôles) pour assurer l'entretien de ses dernières, aussi bien leur surveillance que leurs contrôles réglementaires associés conformément aux règles, décrets et normes en perpétuelle évolution.

## **II. Normalisation, norme et système normatif :**

Malgré la prolifération des normes européennes et leur perpétuelle évolution, les activités nationales de normalisation ne se sont pas pour autant arrêtées depuis la création du Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA) qui dépend du Ministère du Commerce et de l'Industrie en juillet 1970. En effet, pas plus de 700 normes figuraient au catalogue national en 1993 et il a fallu attendre le milieu des années 90 pour que la production de normes décolle vraiment de 926 normes fin 1995 à 2601 normes en 2000, et de 5 778 fin 2005 à un chiffre promu à doubler d'ici fin 2010.

### **1. La normalisation :**

La normalisation est un élément essentiel de la stratégie de développement économique, elle constitue un outil de dialogue entre les producteurs, leurs clients et les autres partenaires.

Ceux-ci définissent en commun un vocabulaire, des dimensions, des caractéristiques, des méthodes d'essai, des règles diverses, qui facilitent les échanges, l'interchangeabilité des

produits et la standardisation, c'est-à-dire la réduction de la variété, source d'économies d'échelle.

En d'autres termes, la normalisation a pour objet de fournir des documents de référence appelés **normes** comportant des solutions à des questions techniques et commerciales concernant des produits, des biens, des équipements ou des services et des réponses aux besoins de l'industrie et ses partenaires tout en conservant les grands principes qui l'ont fondée et qui s'avèrent toujours d'actualité.

## **2. La norme :**

La norme est un langage commun, une référence pratique qui facilite la communication, les échanges.

Plus précisément, la norme est un document technique établi pour des usages répétitifs qui est approuvé par un organisme de normalisation officiel et établi par un groupe d'experts représentant les différents intérêts socio-économiques concernés.

La norme est élaborée par consensus de l'ensemble des acteurs d'un marché (fabricants, utilisateurs, pouvoirs publics, laboratoires, consommateurs, ...).

Outil de dialogue entre les fabricants, leurs clients et les autres partenaires, elle est le fruit d'un choix collectif et raisonné et représente le meilleur compromis entre besoins des clients et possibilités des fabricants ; elle représente un savoir-faire, une technologie et n'est jamais neutre. Une norme de produits engage en effet toute une profession dans une voie qui peut être décisive pour son développement industriel.

Facteur de qualité, de sécurité et plus généralement de confiance, la norme permet de réduire les entraves techniques aux échanges, d'optimiser les relations clients / fournisseurs, de simplifier la rédaction des cahiers des charges techniques, de maîtriser les caractéristiques techniques des produits.

Elle constitue une base d'échange : elle permet d'établir un référentiel pour la valorisation des produits et services, d'économiser des essais supplémentaires, de satisfaire le client, de garantir la sécurité.

En matière de **normalisation**, on distingue quatre types de normes :

- **Les normes fondamentales :** Elles donnent les règles en matière de terminologie, sigles, symboles, métrologie (ISO 31 : grandeurs et unités).

- **Les normes de spécifications :** Elles indiquent les caractéristiques, les seuils de performance d'un produit ou d'un service (exemple : EN 2076-2 : Série aérospatiale - Lingots et pièces moulées en alliages d'aluminium et de magnésium - Spécification technique - Partie 2 - Lingots pour refusions).
- **Les normes d'analyse et d'essais :** Elles indiquent les méthodes et moyens pour la réalisation d'un essai sur un produit (exemple : ISO 6506-1 : Matériaux métalliques - Essai de dureté Brinell - Partie 1 : Méthode d'essai).
- **Les normes d'organisation :** Elles décrivent les fonctions et les relations organisationnelles à l'intérieur d'une entité (exemple : ISO 9001 : Systèmes de management de la qualité – Exigences).

### **3. Les organes chargés de normalisation :**

Ce sont des unités d'organisation habilitées à déclarer ou à déroger un produit ou un domaine d'application normalisé créé vers le début des années 1970 ; à savoir :

- ✚ **Conseil Supérieur Interministériel de la Qualité et de La Productivité (C.S.I.Q.P) :** Il a pour mission d'établir les directives en matière de normalisation et de donner un avis autorisé sur les projets de normes marocaines en vue de leur homologation ;
- ✚ **Comités Techniques d'élaboration des Normes (C.T.N) :** Sont composés de représentants des Administrations intéressées, de ceux de la profession, des laboratoires et des utilisateurs concernés par le produit à normaliser. Ils sont chargés de l'élaboration des projets de normes ;
- ✚ **Service de la Normalisation Industrielle MARocaine (SNIMA) :** Joue le rôle de coordination des activités de la normalisation, et assure la diffusion de normes auprès des opérateurs économiques.

### **4. Bases juridiques de la normalisation :**

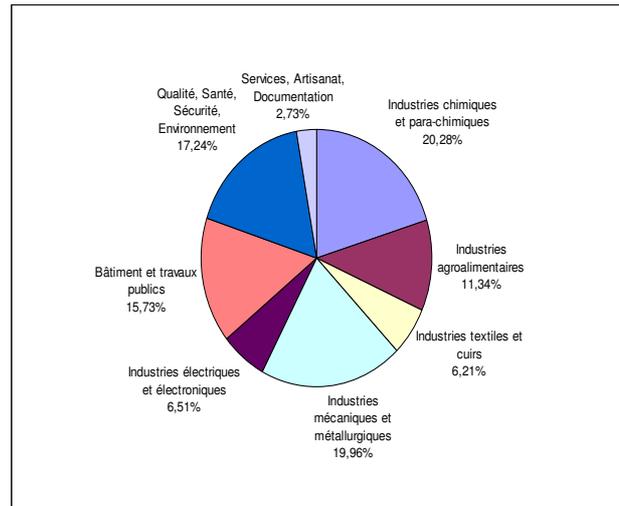
Sont des lois, des décrets ou des arrêtés régissant l'activité de normalisation, certification, accréditation ; à savoir :

- ✚ **Dahir n° 1.70.157 du 26 jourmada I 1390 (30 juillet 1970) relatif à la **normalisation industrielle**, en vue de la **recherche de la qualité et de l'amélioration de la productivité**.**
- ✚ **Dahir portant loi n° 1.93.221 du 22 rabia I 1414 (10 Septembre 1993) modifiant le dahir n° 1.70.157 du 26 jourmada I 1390 (30 juillet 1970) relatif à la **normalisation industrielle** en vue de la **recherche de la qualité et l'amélioration de la productivité**.**

- ✚ Décret n°2.70.314 du 8 Octobre 1970 fixant la composition et les attributions des organismes de la normalisation industrielle.
- ✚ Décret n° 2.93.530 du 3 rabi'a II 1414 (20 septembre 1993) portant sur la certification de conformité aux normes.

### 5. Répartition des normes Marocaines par secteur :

Secteur	Nombre de comités	Total des normes homologuées
Industries chimiques et para-chimiques	8	1172
Industries agroalimentaires	22	655
Industries textiles et cuirs	2	359
<b>Industries mécaniques et métallurgiques</b>	<b>15</b>	<b>1153</b>
Industries électriques et électroniques	6	376
Bâtiment et travaux publics	17	909
Qualité, Santé, Sécurité, Environnement	11	996
Services, Artisanat, Documentation	6	158
Total	87	5778



**Fig. 18 : Répartition des normes Marocaines par secteur**

### 6. Quelques normes Marocaines relatives aux appareils de levage et à pression :

#### 6.1 Appareils de levage :

NM 02.6.001-2000 Appareils de levage - Classification - 11p.

NM ISO 2374-2001 Appareils de levage - Gamme des charges nominales pour les modèles de base (IC : NM 02.6.010) - 06p.

NM ISO 4301-5-2001 Appareils de levage à charge suspendues - Classification - Partie 5 : Ponts roulants et ponts portiques (IC : NM 02.6.012) - 07p.

NM ISO 4304-2001 Appareils de levage autre que grues mobiles et grues flottantes - Exigences générales relatives à la stabilité (IC : NM 02.6.013) - 08p.

NM 02.6.018-2003 Levage et manutention-Palans électriques-Terminologie et caractéristiques générales - 06p.

NM 02.6.020-2003 Ponts roulant-Généralités-Terminologie-13p.

NM 02.6.021-2000 Accessoires de levage -Crochet à bec et à tige en acier au carbone -p.

NM 02.6.022-2000 Accessoires de levage -Crochet à bec et à tige en acier allié -p.

NM 02.6.024-2000 Accessoires de levage-Crochets de levage-Linguet de crochet-10p.

**NM 02.6.025-2000** Accessoires de levage-Essais et aptitude à l'emploi- Terminologie-04p.

**NM 02.6.026-2000** Accessoires de levage-Essais statiques de résistance à la traction des accessoires de levage isolés-07p.

**NM 02.6.027-2000** Accessoires de levage-Essais de résistance à la fatigue des accessoires de levage isolés-07p.

**NM ISO 12478-1-2001** Appareils de levage à charge suspendue -Manuel de maintenance - Partie 1 : Généralités (IC : NM 02.6.044)-11p.

**NM ISO 9927-1-2003** Appareils de levage à charge suspendue - Vérifications -Généralités (IC : NM 02.6.049)-06p.

**NM ISO 8306-2004** Appareils de levage-Ponts roulants et ponts portiques-Tolérances des appareils de levage et des voies de roulement (IC : NM 02.6.065)-09p.

**NM ISO 4310-2005** Appareils de levage-Code et méthodes d'essai (IC 02.6.116)-6p.

### **6.2 Appareils à pression :**

**NM 02.3.001-1998** Chaudières fonctionnant aux combustibles solides liquides ou gazeux-35p.

**NM 02.3.004-1999** Code de construction des générateurs de vapeur-Matériaux-34p.

**NM 02.3.005-1998** Code de construction de générateurs de vapeur-Calcul de résistance des éléments soumis à une pression intérieure-66p.

**NM 02.3.006-1998** Prescriptions particulières aux chaudières à tube de fumée-49p.

**NM 02.3.007-1999** Code de construction des générateurs de vapeur- Fabrication-32p.

**NM 02.3.009-1999** Code de construction des générateurs de vapeur-Qualification d'un mode opératoire de soudage-22p.

## **III. Contrôle industriel, réglementation et contrôle réglementaire :**

Contrôle industriel, est la vérification de la conformité d'un produit, d'un service ou d'une installation à des spécifications préétablies et incluant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche, autrement dit c'est un acte technique ou activités permettant de déterminer la conformité d'un produit ou autre par des mesures, essais et comparer les résultats aux exigences spécifiées (par exemple : Réglementations).

### **1. Caractéristique d'un contrôle industriel :**

Un contrôle est défini par un certains nombre de paramètres :

- La fréquence de contrôle ;
- La ou les caractéristiques du produit ou d'installations qui doivent être contrôlées ;
- Le type de contrôle ou essai ;

- La méthode de contrôle : par mesure, par comparaison ou par appréciation (contrôle visuel) ;
- Les moyens de contrôle à utiliser : appareil de mesure, référentiel ;
- L'entité qui réalise le contrôle : personnel spécialisé, machine (automatisation du contrôle)...etc.

## **2. Réglementation :**

Appelée aussi texte réglementaire : c'est un ensemble d'indications, de lois, de prescriptions, de règles, rédigées par des administrations compétentes, afin d'imposer le respect de certaines spécifications techniques dans un contexte donné.

## **3. Définitions relatives à la réglementation :**

- **Règlement** : Disposition réglementaire à caractère obligatoire. Elle ne nécessite pas de créer de législation nationale.
- **Directive** : Disposition réglementaire à caractère obligatoire. Elle concerne le résultat et laisse le libre choix aux instances nationales de la forme et des moyens à utiliser.
- **Décision** : Disposition réglementaire pour tous ceux qu'elle concerne. Elle ne nécessite pas de créer une législation nationale.
- **Recommandation** : Disposition politique .Elle n'a aucun caractère obligatoire ou juridique.
- **Loi** : Règle nationale obligatoire promulguée par l'autorité souveraine qui ordonne, permet, défend et punit.
- **Décret** : Décision du Roi, Président de la République ou du Premier Ministre dont les effets sont semblables à ceux de la loi.
- **Arrêté** : Décision nationale des autorités administratives (ministères, préfecture...).
- **Instruction technique** : Dispositions relatives à une action à mener.
- **Notice technique** : Note qui explique, sur le plan technique, un arrêté ou un décret.
- **Circulaire** : Document adressé à plusieurs personnes pour un même objet.

## **4. Réglementation et normalisation :**

Une norme fixe un cadre de référence, assimilable aux règles de l'art et dont l'application reste **volontaire**. A l'inverse, une réglementation établit des prescriptions qui ont un caractère **obligatoire**.

Les normes, pour l'essentiel, sont d'application volontaire mais elles constituent néanmoins un mode d'accès à la réglementation et de respect de celle-ci.

## **5. Contrôle réglementaire :**

Selon leurs configurations et l'usage qu'il en est fait, les installations et les équipements peuvent faire l'objet de diverses réglementations et être soumis à plusieurs vérifications et contrôles dont les objectifs seront différents :

- Protection des travailleurs ;
- Protection du public ;
- Protection de l'environnement ;
- Protection des biens.

Il en existe différents types de contrôles ou vérifications :

- Vérification de l'état de conformité d'un équipement par rapport aux règles de conception ;
- Lors d'une première mise en service et après une remise en service (arrêt prolongé, déplacement d'appareil...) ;
- Après une modification importante ;
- Après un accident ;
- Suite à une mise en demeure ;
- Pour s'assurer du maintien en conformité (contrôles périodiques ou réglementaire).

### **5.1 Définition :**

Les **Contrôles Réglementaires** (CR) sont généralement des vérifications ou contrôles **périodiques (annuel, semestriel ou décennal)** régies par des **Réglementations** et qui s'effectuent le plus fréquemment par un organisme (**bureaux de contrôles**) agréé de contrôle technique ou par l'administration.

Autrement dit ces « **contrôles** » ou ces « **vérifications de conformité** » sont une estimation de la conformité d'un matériel ou d'une situation à des exigences souvent d'ordre réglementaire.

Ils ont pour finalité de **s'assurer du maintien en conformité** des équipements et installations **à des seuils de rendement**, et d'intervenir en cas de défektivité.

### **5.2 Organismes ou bureaux de contrôle :**

Se sont des organismes agréés par l'état (VERITAS, APAVE, DEKRA Industriel Maroc, BCI-Inspection...etc) charger de procéder à la vérification de l'état de conformité des équipements et des installations soumises à des réglementations ou à des textes pararéglementaires.

## **6. Les principaux types de contrôle ou vérifications techniques :**

Les réglementations imposent que les équipements et les moyens de production mis en service ou utilisés dans les établissements doivent être conçus, équipés, installés, utilisés, réglés et maintenus de manière à préserver la sécurité et la santé des travailleurs.

Ceci afin de renforcer la responsabilité du constructeur, du vendeur, de l'installateur, du loueur et du cédant, lors de la réalisation ou de la modification d'installation, ou lors de la vente de la location ou le prêt d'équipements de travail ou de moyens de protection et aussi pour effet de responsabiliser encore plus l'utilisateur quant aux moyens qu'il met à la disposition de ses employés ou de sous traitants.

Il convient en outre de rappeler que ses vérifications techniques doivent s'insérer dans une action plus complète visant à assurer la sécurité d'exploitation des installations pour le personnel qui aura à les utiliser, les régler, les nettoyer ou les entretenir.

En effet les réglementations distinguent plusieurs types de contrôles ou vérifications techniques selon leurs périodicités, leurs contenus précis et selon les équipements de travail ou les catégories d'équipements qui y sont soumis.

- **La vérification initiale réglementaire** ne constitue qu'une partie de l'opération de réception d'une installation. Cette réception doit en plus permettre de s'assurer que le cahier des spécifications, établi à la commande en tenant compte des conditions d'exploitation et de sécurité propres à l'entreprise, est bien respecté ;
- **La vérification périodique** n'est qu'un constat qui doit obligatoirement être complété par la remise en état en cas d'anomalies constatées et d'une façon générale par une action de maintenance permanente qui concerne toutes les installations.

## **7. Les Documents formalisant les contrôles réglementaires :**

Les résultats des vérifications et contrôles sont inscrits sur un registre spécial tenu sous la responsabilité du chef d'établissement.

### **7.1 Registres des contrôles techniques :**

Ces registres ne comprennent pas de mesures techniques mais la date des vérifications, l'identité des vérificateurs et la liste des installations vérifiées. Ils peuvent être rassemblés en un seul, comprenant les divers chapitres de vérifications.

## 7.2 Rapports de vérification :

Ces rapports de vérification doivent révéler d'une part les points d'écart avec la réglementation et les normes obligatoires, et d'autre part, les défauts et lacunes pouvant affecter la sécurité d'utilisation des installations.

Les travaux réalisés (plans d'actions) pour la mise en conformité et l'élimination des défauts doivent être justifiés (factures ou annotations portées sur le rapport).

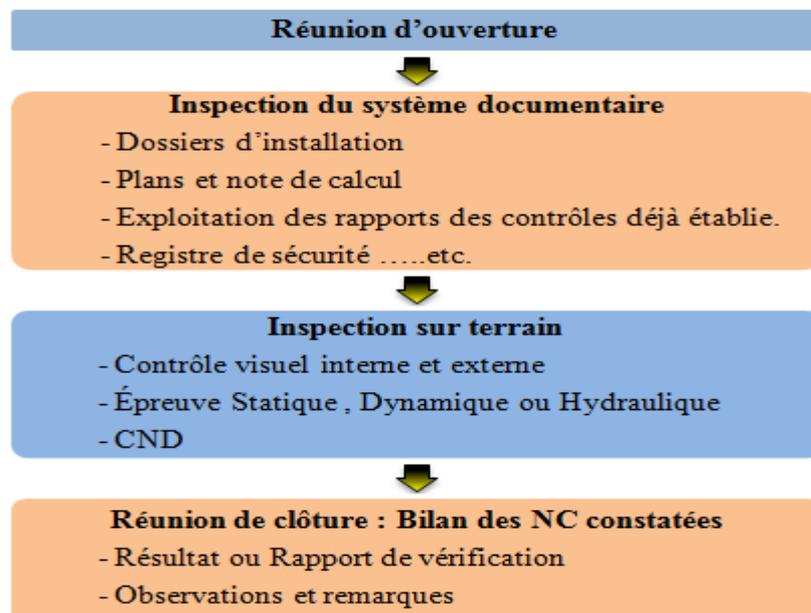
## 8. Processus de déroulement du contrôle réglementaire :

C'est un processus que se compose de 4 étapes essentielles :

- **Réunion d'ouverture ;**
- **Inspection du système documentaire :** C'est une inspection là ou le contrôleur vérifie le dossier d'installation ou des installations qui vont subir le contrôle en termes de dessin, plan, note de calcul et registre de sécurité...etc ;
- **Inspection sur terrain :** C'est l'étape la plus importante du processus dans laquelle le contrôleur effectue des inspections et des contrôles pour vérifier la conformité et le niveau de sécurité des installations vis-à-vis des réglementations ou des exigences spécifiées ;

Ces contrôles sont des contrôles visuels, des essais, des épreuves ou des contrôles non destructifs (CND). (ces contrôles non destructifs ne sont pas exigés par les réglementations mais ils sont effectués lorsque les contrôles et les inspections effectués par le contrôleur préjugent leur nécessité) ;

- **Réunion de clôture et bilan des non-conformités constatées.**



**Fig. 19 : Processus de déroulement du contrôle réglementaire (CR)**

#### **IV. Contrôles non destructifs :**

Le contrôle non destructif est un ensemble de méthodes d'investigation qui permet d'examiner, sonder l'état des pièces mécaniques sans les détruire, ainsi, il permet de savoir leur aptitude à remplir la fonction à laquelle sont destinées.

Les techniques du contrôle non destructif les plus couramment employées sont constituées de deux phases essentielles :

- 1-Perturbation : définir la pièce et l'anomalie qu'elle contient ;
- 2-Révélation : la détection et la visualisation de l'anomalie.

Et elles sont surtout basées sur le traitement des signaux et les données recueillies par des capteurs, on y discerne plusieurs types :

- **Contrôle Visuel (VT) :** C'est le plus simple des procédés de contrôle et le plus général puisque c'est aussi le point final de la majorité des autres procédés de contrôle.
- **Contrôle par Ressuage (PT) :** Permet de localiser la discontinuité et les fissures débouchant à la surface des pièces. Ces types de contrôle sont basés sur le phénomène de capillarité.
- **Contrôle par Magnétoscopie (MT) :** Ce type de contrôle est basé sur le phénomène de magnétisme observé, pour la première fois, en magnésie (Turquie) d'où le nom de magnétoscopie.
- **Contrôle par Courant de Foucault (ECT) :** Le principe de cette méthode se base sur la création d'un courant de Foucault par une bobine qui est parcourue par un courant sinusoïdal, et en contact avec une pièce métallique.
- **Contrôle par Radiographie (RT) :** Le contrôle par radiographie met à profit l'absorption de la matière des rayonnements X et Gamma de longueur d'ondes échelonnées entre 0,1 et 0,001 mm.
- **Contrôle par Ultrasons (UT) :** Le contrôle par ultrasons consiste à envoyer une onde ultrasonore dans la pièce à contrôler, et la recueillir soit avec le traducteur ou un autre récepteur.
- **Contrôle par Thermographie (IRT) :** Consiste à exciter un matériau ou une structure par un apport d'énergie (mécanique, photonique, chauffage par induction, air chaud...). La diffusion de la chaleur dans le matériau et l'impact qu'elle a sur la distribution de température de surface renseignent sur les propriétés thermo-physiques des matériaux et sur d'éventuels défauts.

- **Contrôle Par Magnétographie :** Technique d'impression sans impact, par transfert sur un papier ordinaire, d'une image matricielle composée et encrée magnétiquement sur un support intermédiaire d'enregistrement magnétique.
- **Contrôle Par Emission Acoustique (AT) :** Consiste à recueillir l'émission d'une pièce ou structure soumise à sollicitation, par exemple lors d'une épreuve hydraulique ou pneumatique. La propagation des ondes ultrasonores élastiques dans le matériau, détectée par un maillage de capteurs, peut conduire à une localisation des sources d'endommagement du matériau en temps réel (fissuration...) et à une évaluation de leur sévérité.

## **V. Contrôle réglementaire des appareils de levage :**

La SOMACA dispose d'une grande famille d'appareils de levage qui joue un rôle très important et incontournable dans son processus industriel de fabrication et qui doivent être soumis au contrôle réglementaire afin d'assurer leurs fiabilité, leurs disponibilité, de garantir un niveau de sécurité optimale et d'être dans les règles de l'art.

Ce contrôle réglementaire se fait conformément à la réglementation Marocaine notamment **l'arrêté viziriel du 09 septembre 1953** et **l'arrêté viziriel du 3 novembre 1953** et celle respectée par le standard Renault notamment **l'arrêté du 09 Juin 1993 modifié par l'arrêté du 25 Juin 1999** et **l'arrêté du 1<sup>er</sup> Mars 2004** et cela dans le but de prévenir les chutes de charge dues à la rupture des chaînes ou câbles, au relâchement des freins ou aux fausses manœuvres.(détails des arrêtés viziriel : voir CD).

### **1. Modes opératoires du CR des appareils de levage :**

Basés sur les réglementations Marocaines et celles respectées par le standard Renault, Ils permettent de vérifier la conformité de la procédure d'exécution du contrôle réglementaire vis-à-vis des exigences préconisées par les réglementations ou les spécifications en vigueur (modes opératoires : voir Annexe 1).

### **2. Appareils de levage soumis à la réglementation :**

- Treuils, palans, vérins et leurs supports ;
- Tirefort de levage, pull-lifts, crics de levage ;
- Grues portuaires, grues sur support flottant ;
- Débardeuses pour les travaux forestiers ;
- Plans inclinés ;

- Ponts élévateurs de véhicule ;
- Monorails, portiques, poutres et ponts roulants ; poutres de lancement, blondins, mâts de levage, installations de levage ;
- Grues potences, grues sapines, grues derricks, grues à tour équipées le cas échéant de dispositifs de contrôle d'interférence ;
- Grues mobiles automotrices ou sur véhicule porteur, grues auxiliaires de chargement de véhicules ;
- Bras ou portiques de levage pour bennes amovibles ;
- Tracteurs poseurs de canalisations (pipe layers) ;
- Engins de terrassement équipés pour la manutention d'objets ;
- Tables élévatrices, hayons élévateurs ; monte matériaux, monte meubles, skips ;
- Chariots automoteurs élévateurs à conducteur porté ou non, gerbeurs ;
- Transstockeurs avec conducteur embarqué ;
- Elévateurs de postes de travail tels qu'échafaudages volants motorisés ou non, plates-formes d'élevant le long de mâts verticaux, plates-formes élévatrices mobiles de personnes automotrices ou non ou installés sur véhicules porteurs, appareils de manutention à poste de conduite élevant ;
- Appareils assurant le transport en élévation des personnes tels qu'ascenseurs de chantier, plans inclinés accessibles aux personnes ;
- Manipulateurs mus mécaniquement ;
- Appareils en fonctionnement semi-automatique ;
- Chargeurs frontaux conçus pour être assemblés sur les tracteurs agricoles et équipés pour le levage ;
- Equipements interchangeables installés sur les tabliers de chariots élévateurs à flèche télescopique ou non.

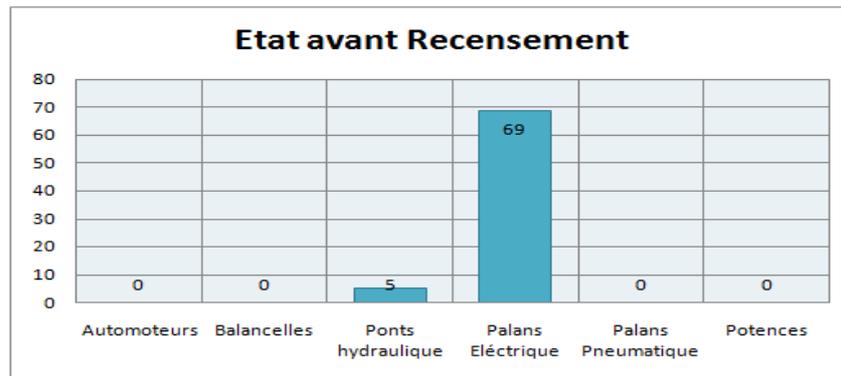
### **3. Documents à exiger lors de l'achat d'un appareil de levage :**

La réglementation n'exige pas de documents, mais il est recommandé d'exiger le manuel d'entretien, de sécurité et le registre d'entretien réglementaire de l'appareil lors de son achat.

### **4. Etat des lieux :**

#### **➤ Etat avant recensement :**

Le graphique ci-dessous présente le nombre d'appareils de levage au niveau de l'usine qu'ils étaient soumis au contrôle réglementaire.



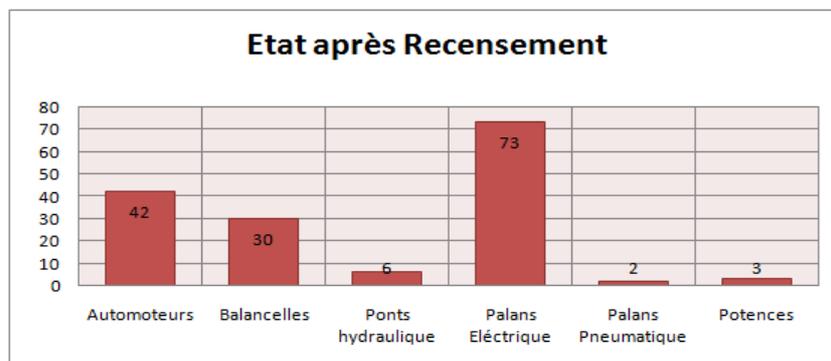
**Tableau. 3 : Etat avant recensement des appareils de levage soumis au CR**

➤ **Etat après recensement :**

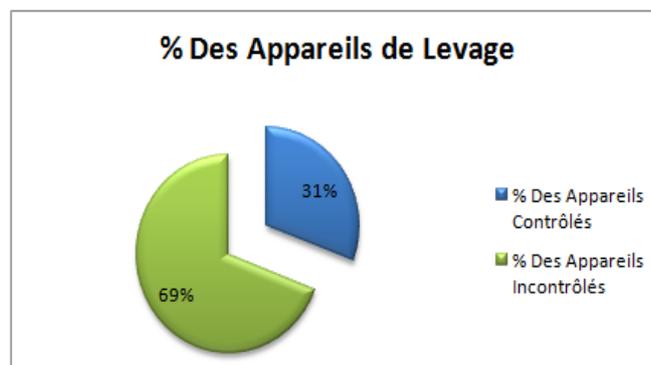
Les graphiques ci-dessous illustrent tous les appareils de levage recensés au niveau de l'usine et qu'ils doivent faire l'objet du contrôle réglementaire avec les pourcentages des appareils qui sont contrôlés et ceux non contrôlés.

Semaines	Départements									
	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16		
Tôlerie										
Peinture										
Montage										
M.C										

**Tableau. 4 : Planning de recensement des appareils de levage soumis au CR**



**Tableau. 5 : Etat après recensement des appareils de levage soumis au CR**



**Fig. 20 : Pourcentage des appareils de levage contrôlés et incontrôlés**

### ➤ Observations :

On peut remarquer que plus de **69%** des appareils de levage au niveau de l'usine sont **incontrôlés** et cela revient :

- Non Identifications des emplacements des installations et des appareils au niveau de l'usine ;
- Non numérotation ou codification de toutes les installations et les appareils pour faciliter leurs repérages ;
- Manques des dossiers techniques des installations.

## **VI. Contrôle réglementaire des appareils à pression de vapeur et de gaz :**

L'usine SOMACA possède un grand nombre d'appareils à pression (compresseurs, chaudières...etc.) qu'ils ont un rôle important (la fourniture de la vapeur ou de l'air comprimé pour les différents départements) dans le processus de fabrication dont ils doivent faire l'objet du contrôle réglementaire afin d'assurer leurs fiabilité, leurs disponibilité et de garantir un niveau de sécurité optimale.

Le contrôle réglementaire des ses installations se fait conformément à la réglementation Marocaine notamment le **Dahir du 22 juillet 1953 réglementant les appareils à vapeur** et le **Dahir du 12 janvier 1955 réglementant les appareils à gaz** et celle respectée par le Standard Renault notamment le **Décret du 13 Décembre 1999 modifié par le Décret du 22 Décembre 2003 et l'arrêté du 15 Mars 2000** et cela pour prévenir les explosions dues à l'énergie emmagasinée sous forme de pression à l'intérieur des appareils, pour préserver les vies humaines contre les pertes ou blessures par explosion et brûlures (détails des Dahirs et des Décrets : voir CD).

### **1. Modes opératoires du CR des appareils à pression :**

Se sont des modes opératoires réalisés à base des exigences préconisées par les réglementations Marocaines et celles respectées par le standard Renault dans le but de vérifier la conformité de la procédure d'exécution du CR (modes opératoires : voir Annexe 2).

### **2. Appareils à pression soumis à la réglementation :**

- **Appareils à vapeur :**  $P \geq 0,33 \text{ bar}$ ,  $T \geq 100^\circ\text{C}$ ,  $V \geq 25 \text{ l}$  pour les générateurs et  $V \geq 100 \text{ l}$  pour les récipients.
- **Appareils à gaz :**  $P \geq 4 \text{ bar}$  et  $P (\text{bar}) \times V (\text{litre}) \geq 80 \text{ bar.l}$ .

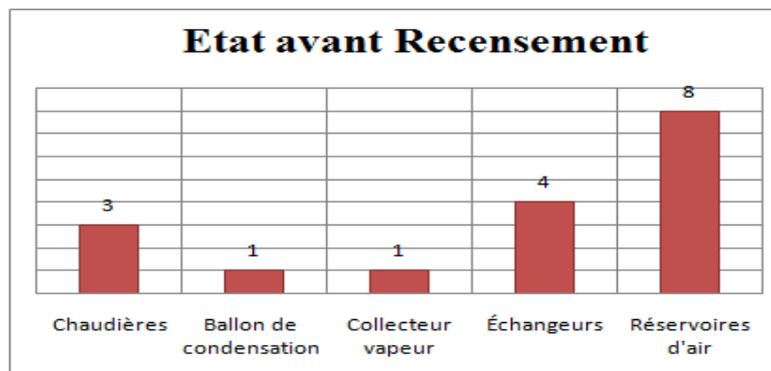
### 3. Documents à exiger lors de l'achat d'un appareil à pression :

- Un plan d'ensemble détaillé de l'appareil ;
- Les notes de calcul détaillées faisant ressortir clairement le coefficient de soudure ;
- L'état descriptif de l'appareil.

### 4. Etat des lieux :

#### ➤ Etat avant recensement :

Le graphique ci-dessous présente le nombre d'appareils à pression soumis au contrôle réglementaire, recensés au niveau de l'usine.



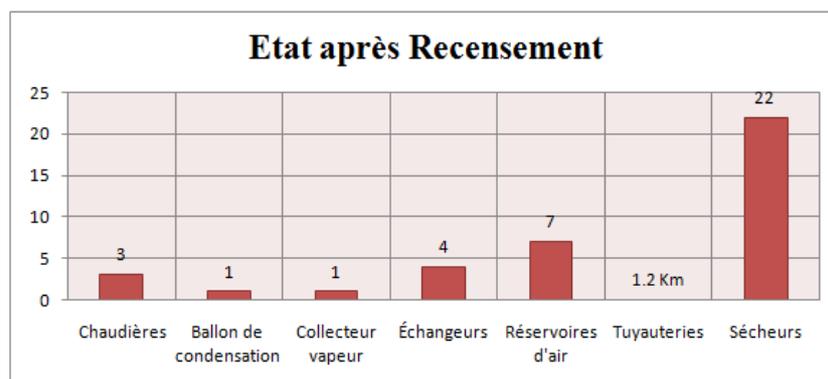
**Tableau. 6 : Etat avant recensement des appareils à pression soumis au CR**

#### ➤ Etat après recensement :

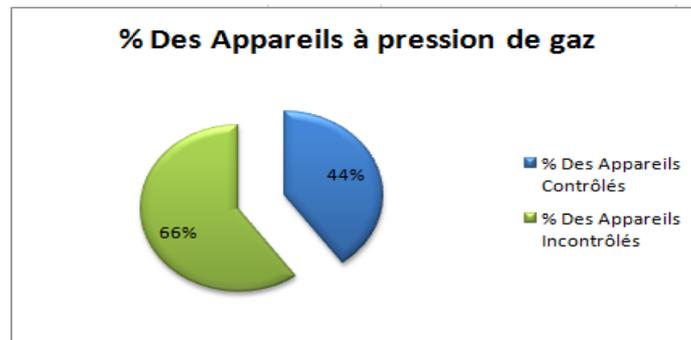
Le graphique ci-dessous illustre tous les appareils à pression au niveau de l'usine qu'ils doivent faire l'objet du contrôle réglementaire.

Semaines	Départements	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
	Tôlerie								
	Peinture								
	Montage								
	M.C								

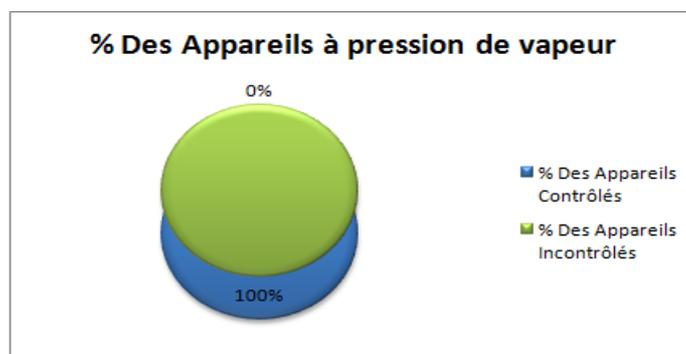
**Tableau. 7 : Planning de recensement des appareils à pression soumis au CR**



**Tableau. 8 : Etat après recensement des appareils à pression soumis au CR**



**Fig. 21 : Pourcentage des appareils à pression de gaz contrôlés et incontrôlés**



**Fig. 22 : Pourcentage des appareils à pression de vapeur contrôlés et incontrôlés**

➤ **Observations :**

On peut visualiser que toutes les installations à pression de vapeur sont soumises au contrôle réglementaire, en revanche il y a un très grand nombre d'appareils à pression de gaz presque **66%** au niveau de l'usine sont **incontrôlés** et cela est dû précisément :

- Manques des dossiers techniques des installations (dessin, plan, note de calcul, plaque signalétique, ...etc.).

**VII. Constatations et critiques de l'état actuel :**

D'après le recensement et l'étude effectuée on a pu constater qu'il ya un pourcentage important des installations au niveau de l'usine qui ne sont pas contrôlées et donc non conformes vis-à-vis des exigences réglementaires et des réglementations.

D'autre part même les installations qui subissent le contrôle réglementaire, leurs plans d'actions établi pour l'élimination des anomalies ne sont pas suivi, non plus traité.

Donc on peut constater que le taux de conformité des CR au niveau de l'usine est très faible et cela est dû à :

- Non maîtrise des contrôles réglementaires ;
- Manque de formations relatives au CR ;

- Absence d'une communication régulière entre les CA de chaque département ;
- Absence des réunions et des animations relatives au CR ;
- Manque d'un planning générale pour le suivi des rapports de contrôles et l'établissement des plans d'actions ;
- Manque des fiches de suivi des plans actions correctives ;
- Manque des indicateurs de réalisation des actions correctives et donc de pourcentage de conformité a atteindre mensuellement ;
- Manque de pilote et des correspondants sectoriels pour le suivi et la mise en place des actions correctives ;
- Manque de procédure d'organisation et de gestion du CR et de ses plans d'actions .

SOMACA		PLAN D'ACTION			N° :	Date : 24/11/2009 Page : 1/1		
Groupe de travail : DEBDOUBI - TECHNICIENS					Animateur : SAIR			
N°	Désignation	Actions	Type C P	Responsable	Délai	Suivi	Efficacité	
1	Palan Electrique 2x500Kg. DEMAG Atelier Application – Zone CIRE.	-Appareil est nouvellement installé : Prévoir des essais statiques et dynamiques avant la mise en service. -Afficher la charge nominale sur le rail. -Placer des tampons aux deux extrémités. -Remplacer le câble d'alimentation SE1V (Gris) dont la tension est 500V par du câble U1000. -Prévoir la fin de course haute		DEBDOUBI	S03/10			
2	Palan Electrique 1000Kg. DEMAG Atelier Fond – entrée CATA.	-Remplacer le câble de retenue mécanique. -Placer un arrêt d'urgence cassé sur le boîtier de commande. -Entretien le mécanisme en translation. -Placer la presse étoupe à l'entrée du câble. -Afficher la charge nominale sur le rail. -Placer des tampons aux deux extrémités. -Remplacer le câble d'alimentation SE1V (Gris) dont la tension est 500V par du câble U1000. -Prévoir la fin de course haute		DEBDOUBI	S04/10			

Efficacité :

L'action entamée :  
A permis d'atteindre l'objectif visé : ++ / A amélioré la situation actuelle : + / N'a pas d'effet : = / A dégradé la situation : --

Type :

C : Action corrective / P : Action préventive

MàJ le 13/12/2004

Doc. QUA 09/D

Folio 1/1

C.KHACHANE/DQP/A.HERRADI

**Fig. 23 : Plan d'action des appareils de levage non réalisé**

SOMACA		PLAN D'ACTION			N° :	Date : 10/10/2009 Page : 1/1		
Groupe de travail : DKHISSI / DEBDOUBI / KHADROUF					Animateur : SAIR			
N°	Désignation	Actions	Type C P	Responsable	Délai	Suivi	Efficacité	
<b>Département Peinture</b>								
1	Echangeur TTS	Epreuve hydraulique décennale à effectuer.		Debdoubi	S52			
2	Réservoir compresseur 5.	Epreuve hydraulique décennale à effectuer.		Debdoubi	S52			
3	Réservoir compresseur 3	Prévoir une visite interne		Debdoubi	S52			
4	Réservoir compresseur 1&2	Fixation à revoir Prévoir une visite interne Epreuve hydraulique décennale à effectuer le 30/11/2009.		Debdoubi Debdoubi Debdoubi	S52 S52 S52			
<b>Département Montage</b>								
3	Réservoir compresseur 1	Fixation à revoir Prévoir une visite interne Epreuve hydraulique décennale à effectuer le 30/11/2009.		Khadruf Khadruf Khadruf	S52 S52 S52			

Efficacité :

L'action entamée :  
A permis d'atteindre l'objectif visé : ++ / A améliorer la situation actuelle : + / N'a pas d'effet : = / A dégradé la situation : --

Type :

C : Action corrective / P : Action préventive

MàJ le 13/12/2004

Doc. QUA 09/D

Folio 1/1

C.KHACHANE/DQP/A.HERRADI

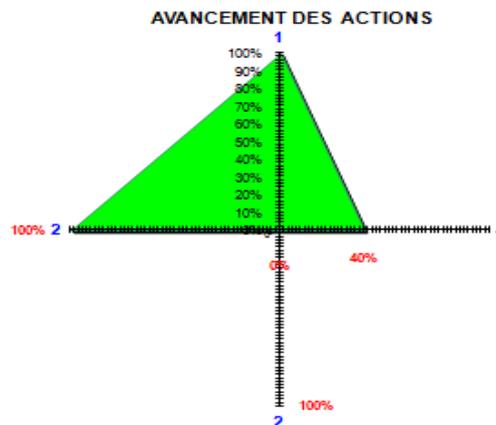
**Fig. 24 : Plan d'action des appareils à pression de gaz non réalisé**

## VIII. Actions recommandées et améliorations proposées :

### 1. Actions recommandées :

Pour l'élévation des observations citées précédemment et rendre les installations qui ne possèdent pas des prés-requis conformes aux exigences spécifiques pour qu'ils subissent le contrôle réglementaire on a procédé au actions cité ci-dessous :

- 1- Consultation des fournisseurs pour la récupération des documents et des dossiers techniques relatifs aux installations ;
- 2 - Remplacement et achat des installations non identifiées et qui ne possèdent pas de plaque signalétique, non plus des dossiers techniques (voir DA Annexe 3) ;
- 3- Consultation et Contacte des bureaux d'études pour l'élaboration des notes de calcule pour les installations dont les fournisseurs ne les possèdes plus ;
- 4- Etablissement d'une Codification ou d'une numérotation pour le repérage des installations au niveau de l'usine.



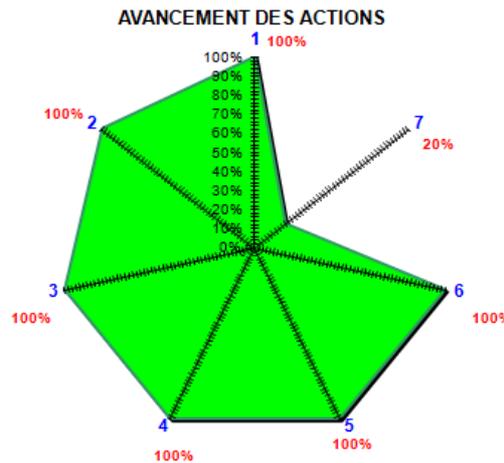
**Fig. 25 : Diagramme Radar d'avancement des actions recommandées**

### 2. Améliorations proposées :

Dans le but de l'amélioration de la situation actuelle et d'augmenté le pourcentage et le taux de conformité réglementaire des installations au niveau de l'usine on a procédé aux actions amélioratives suivantes :

- 1- MEP d'une procédure d'organisation et de gestion du CR et des plans d'actions pour la remise en conformité des installations (voir chapitre suivant).
- 2- Désignation d'un responsable des contrôles réglementaires ;
- 3- Animations des réunions relatives au CR dans le QRQM ;
- 4- MEP d'un planning générale pour le suivi des rapports de contrôles et l'établissement des plans d'actions (voir Annexe 4) ;

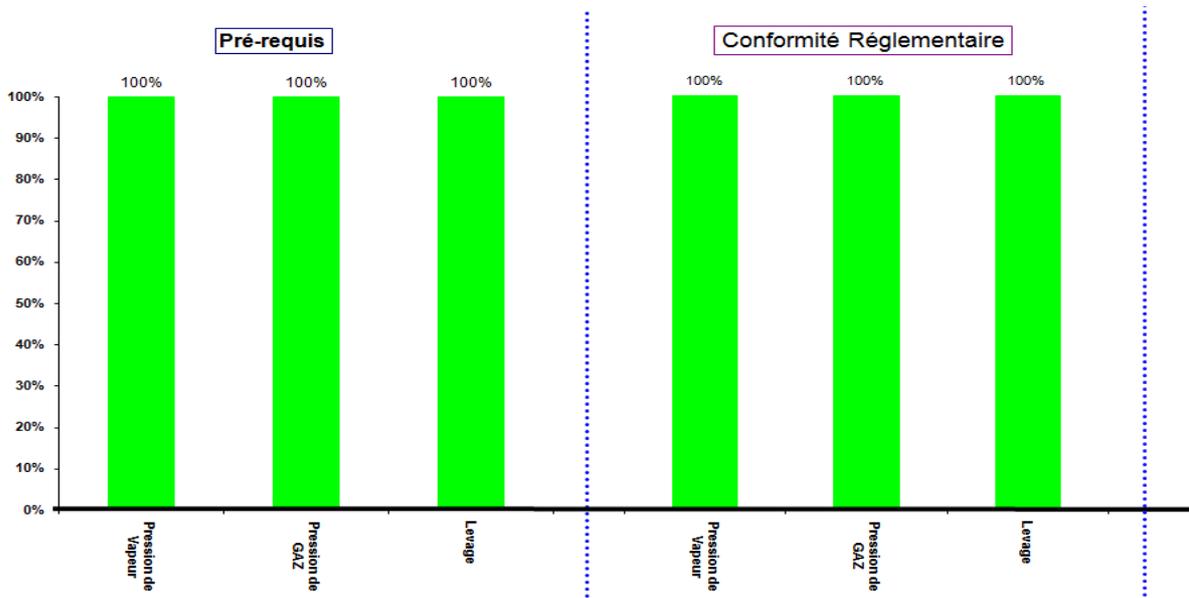
- 5- MEP des fiches de suivi des plans actions correctives (voir CD) ;
- 6- MEP d'un indicateurs DOPA présentant le pourcentage de conformité à atteindre mensuellement ;
- 7- Planification des formations relatives au CR.



**Fig. 26 : Diagramme Radar d'avancement des actions amélioratives**

### IX. Prévision et l'état prévu :

En intégrant toutes les activités de la maintenance dans une logique de progression et d'amélioration continue et en tenant compte de la synoptique établie pour gérer le CR au niveau de l'usine (présentée dans le chapitre suivant) ainsi que toutes les actions amélioratives présentées précédemment, la SOMACA prévoit le passage d'un pourcentage de conformité réglementaire très faible à un pourcentage de 100% d'ici la fin de 2010.



**Fig. 27 : Indicateur du pourcentage de conformité à atteindre fin 2010**

**Chapitre IV : Procédure**  
**Pour Gérer le Contrôle**  
**Réglementaire au Niveau**  
**de L'usine**

*Ce chapitre est  
réservé à la  
procédure mise  
en place pour  
la gestion du  
contrôle  
réglementaire  
des  
équipements et  
des  
installations au  
niveau de  
l'usine*

## **I. Généralités :**

L'objectif de cette procédure est de décrire l'organisation qui doit être mis en place pour gérer les vérifications périodiques réglementaires des équipements et installations industrielles au niveau de l'usine.

### **1. Cadre réglementaire :**

Le contrôle réglementaire est issu d'une obligation légale liée à la réglementation. SOMACA est tenue de réaliser le contrôle réglementaire de ses équipements et installations industrielles.

### **2. Identification des équipements et installations :**

Pour intégrer tous les équipements et installations dans les vérifications périodiques ou les contrôles réglementaires il faut :

- ✚ Lister les catégories d'équipement à vérifier
- ✚ Lister les matériels à vérifier

En s'assurant que celles-ci a fait l'objet préalablement des contrôles à la mise en service ou remise en service, conformément à la réglementation en vigueur.

### **3. Responsabilités :**

#### **3.1 Organisme :**

Le contrôle des équipements et installations industrielles est effectués par un organisme agréé, accompagné du pilote ou du correspondant sectoriel.

#### **3.2 Pilote :**

Les pilotes s'assurent pour l'ensemble de l'usine que les contrôles réglementaires relatifs aux équipements et installations industrielles sont réalisés conformément à la réglementation en vigueur.

En collaboration avec les correspondants de chaque département/service, le pilote :

- Permet aux organismes agréés d'inspecter tous les équipements soumis aux visites obligatoires ;
- Vérifie que les rapports faisant état d'équipements non conformes sont suivis de plan d'actions correctives ;
- Contrôle que les actions correctives sont mises en œuvre dans les délais impartis ;
- Gère la liste des correspondants ;
- Archive les documents relatifs aux contrôles réglementaires.

### 3.3 Correspondant :

Chaque correspondant, en relation avec le pilote usine assure pour son secteur le suivi des équipements conformément à la réglementation en vigueur, il :

- Effectue le recensement et l'inventaire des Equipements et installations dans sont secteurs qui doit faire l'objet du CR ;
- Définit le repérage selon un principe d'identification ou une codification retenu ;
- Présente les équipements à l'organisme,
- Suit les plans d'actions et la mise en place des actions correctives.

### 4. Logigramme de la procédure :

C'est un logigramme qui définit l'enchaînement des étapes constituant la procédure pour gérer les CR au niveau de l'usine.

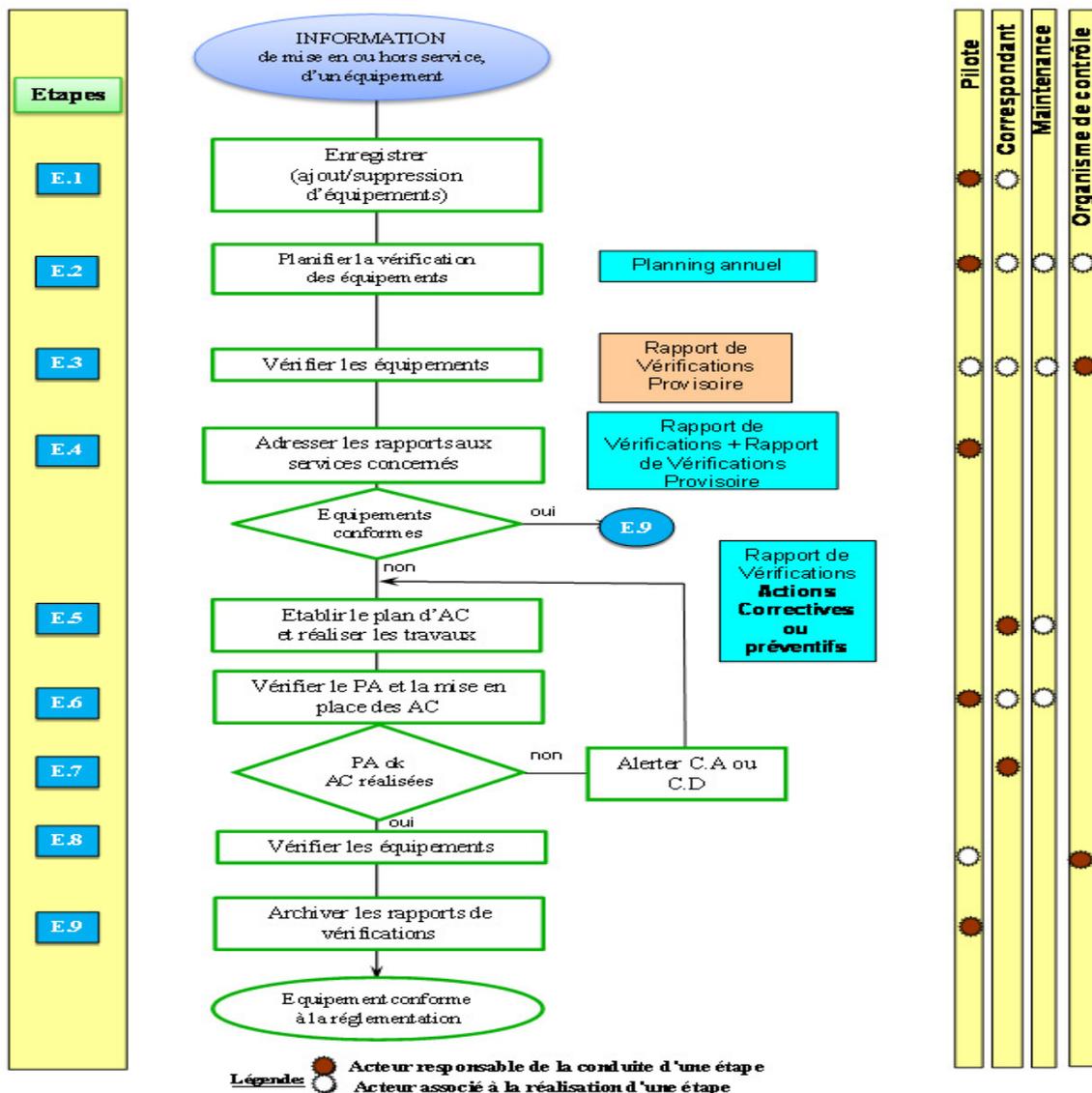


Fig. 28 : Logigramme d'enchaînement des étapes de la procédure de gestion des CR

## **5. Description des étapes et rôle des acteurs :**

### **+ E1 – Enregistrer (Ajout / Suppression d'équipements) :**

- Chaque correspondant sectoriel doit mettre à jour (annuellement) la liste des équipements faisant l'objet du CR par l'ajout d'un nouveau matériel ou sa suppression.

### **+ E2 - Planifier la vérification des équipements :**

- En début d'année, le pilote établie en collaboration avec les correspondants sectoriel un planning annuel prévisionnel des vérifications périodiques des équipements et le diffuse vers les services maintenance et l'organisme de contrôle.

### **+ E3 - Vérifier les équipements :**

- Planning des contrôles mis à disposition ;
- L'organisme prend contact avec le pilote puis avec le correspondant qui doit assurer ou déléguer la présentation des équipements et accessoires à l'organisme ;
- Les équipements contenus dans le précédent rapport et ceux contenus dans la liste des équipements mis en service depuis le dernier contrôle sont contrôlés lors de cette visite ;
- Après la vérification de ses équipements, l'organisme rédige un rapport et le transmet au pilote dans un délai de 1 mois ;
- L'organisme rédige et remet immédiatement au service maintenance ainsi qu'au pilote un rapport provisoire comportant les observations auxquelles il y aura lieu de remédier (intervention immédiate pour la remise en conformité ou mise à l'arrêt et condamnation de l'équipement).

### **+ E4 - Adresser les rapports aux services concernés :**

- Les contrôles sont réalisés ;
- Le pilote, dès réception des rapports de vérifications (rapports provisoires compris), retransmet aux correspondants les documents pour prise en compte par les services concernés.

### **+ E5 - Etablir les plans d'actions correctives et réaliser les travaux :**

- Rapport de contrôles réglementaire pour correction ;
- Le correspondant pilote dans son département ou service assure la mise en œuvre des actions correctives en réponse aux écarts mentionnés sur le rapport ;

- Après réalisation des travaux, le correspondant renvoie au pilote les rapports de vérifications dûment complétés de la désignation des travaux, de leur date de réalisation et validés par le suiveur des travaux ou le responsable du service maintenance.

#### **E6 - Vérifier le plan d'action et la mise en place des actions correctives :**

- Plans d'actions connus ;
- Le pilote assure la mise en place des actions en collaboration avec chaque correspondant sectoriel et le service maintenance pour la mise en conformité des installations et des équipements.

#### **E7 - Alérter le C.A ou C.D :**

- Retard dans les plans d'actions ;
- Une alerte est donnée au C.A et C.D sur le retard et risques encourus.

#### **E8 - Vérifier les équipements :**

- Le correctif est terminé ;
- Le pilote prend contact avec l'organisme agréé puis avec le correspondant qui doit assurer ou déléguer la présentation des équipements à l'organisme ;
- L'équipement est validé après correctif par l'organisme de contrôle.

#### **E9 - Archiver les rapports de vérifications :**

- Réception des rapports de contrôles dont les équipements sont réglementaires ;
- Le pilote archive tous les documents liés aux vérifications périodiques ;
- Les rapports de contrôles sont accessibles et consultables.

**Chapitre VI : Etude du**  
**cas pratique : palan**  
**électrique de la zone de**  
**Stockage des trains AR**  
**Prés du magasin**  
**montage L90**

*Ce chapitre est consacré à l'étude effectuée pour la mise en conformité réglementaire du projet : palan électrique de la zone de stockage des trains AR prés du magasin Montage L90.*

## I. Description technique et objectif du projet :

### 1. Objectif :

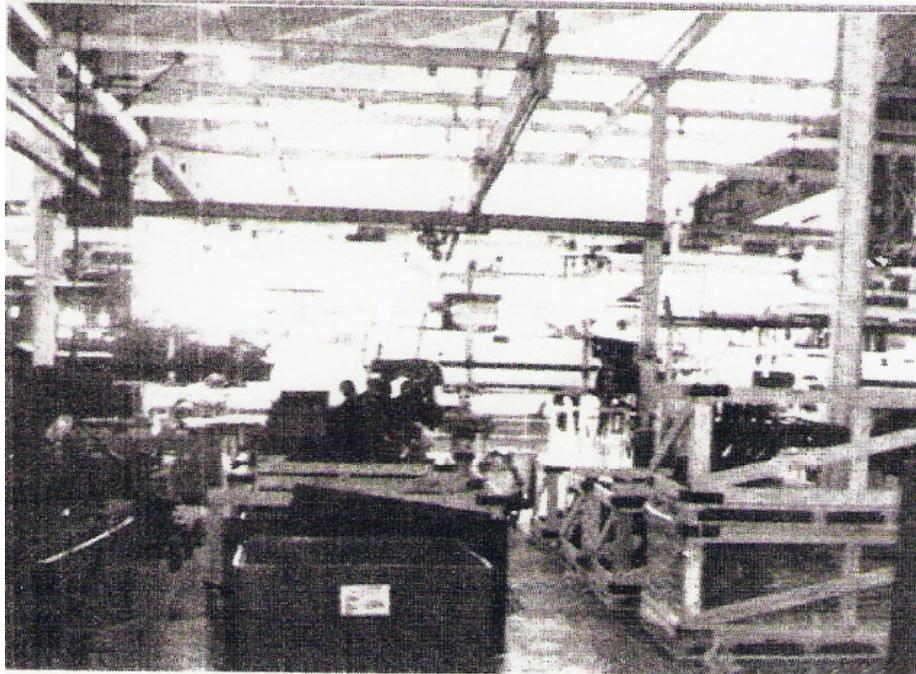
L'objectif du projet c'est de mettre en place un palan à caractéristique électrique (à charge 125kg) **récupéré** de la GMP VUL pour la création d'un picking train AR X76 avec le champ de travail suivant :

Longueur	Largeur	Hauteur
06 m	06 m	03 m

**Tableau.9 : Champ de travail du palan électrique**

Il a pour objet d'optimiser le taux d'engagement, d'économiser de l'espace et d'éliminer le risque d'accident.

### 2. Installation concernée :



**Fig. 29 : Palan électrique concerné**

Après démontage et récupération du palan électrique avec tous ses moyens (voir cahier des charges annexe 5) la mise en place de la nouvelle installation comprend :

- La faisabilité (en tenant compte des conditions et des exigences définies dans le CDC) ;
- Les études (voir note calcul partie mécanique du palan annexe 7) ;
- Les modifications et la mise en place ;
- Contrôle réglementaire.



**Fig. 30 : Palan électrique après sa mise en place près du magasin de montage L90**

## **II. Contrôle réglementaire et constat de conformité du palan électrique :**

### **1. Cadre réglementaire :**

Suite au démontage suivi du remontage de l'appareil, la réglementation Marocaine en vigueur et plus précisément l'arrêté viziriel du 09 septembre 1953 et celui du 3 novembre 1953 exigent que l'appareil doit subir en plus de l'examen de ses accessoires de sécurité (examen annuel) des épreuves statique et dynamique.

### **2. Identification de l'équipement :**

<b>Constructeur</b>	<b>DEMAG</b>
<b>N° Fabrication</b>	<b>63057800</b>
<b>Date de Fabrication</b>	<b>1999</b>
<b>Type</b>	<b>DKM1-80KV1FU</b>
<b>Charge Maximum</b>	<b>125 Kg</b>
<b>Hauteur</b>	<b>03 m</b>
<b>Portée</b>	<b>06 m</b>
<b>Diamètre du cable</b>	<b>10 mm</b>

**Tableau. 10 : Caractéristiques du palan électrique**

### **3. Examen de l'état de conservation et installation électrique du palan :**

Voir Annexe 6.

### **4. Epreuves statique et dynamique :**

Epreuve Statique			
Sur charge %	Charge appliquée	durée	Résultat
33%	166,25 Kg	1 h	Bonne tenue des mécanismes à la charge appliquée
Epreuve dynamique			
Sur charge %	Charge appliquée	Mouvements utilisés	Résultat
10%	137,5 Kg	Levage	Bonne tenue des mécanismes à la charge appliquée

**Tableau. 11 : Caractéristiques des épreuves statiques et dynamiques**

#### **4.1 Résultats des épreuves :**

Les organes et mécanismes du palan ont résisté sans rupture ni déformation permanente aux contraintes des charges d'essai appliquées.

#### **4.2 Autres observations et remarques :**

Voir annexe 6.

### **5. Résultats de la vérification ou du contrôle :**

L'appareil ne peut pas être maintenu en service sous réserve que toutes les observations et remarques ci-après soient satisfaites.

### **6. Plan d'action :**

Suite aux résultats d'inspection et de vérification effectuée par le bureau de contrôle le palan électrique ne peut être maintenu en service qu'après le soulèvement des observations et remarques mentionnées dans le rapport du contrôle.

De ce fait, j'ai procédé à l'élaboration du plan d'action ci-dessous :

SOMACA		PLAN D'ACTION			N° :	Date : 03/05/2010 Page : 1/1				
Groupe de travail : KHADROUF - TECHNICIENS						Animateur :				
N°	Désignation	Actions	Type		Responsable	Délai	Suivi	Efficacité		
			C	P						
1	<u>Palan électrique 150kg DEMAG Picking train arrière X76 près du magasin montage L 90</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afficher la charge utile maximale sur le crochet.</li> <li>- Afficher les consignes d'exploitations du pont.</li> <li>- Relier le coffret électrique au circuit de mise à la terre.</li> <li>- Dispositifs de coupure électrique différentielle à placer dans le coffret.</li> <li>- Placer des butoirs sur les voies de guidage de translation.</li> <li>- Mettre en service les fins de courses.</li> <li>- Relier le pont au circuit de mise à la terre.</li> <li>- Prévoir une coupure d'urgent omnipolaire au pied de l'appareil.</li> <li>- Revoir l'état de fixation du chariot de levage (placer des rondelles sur les axes qui support le chariot).</li> <li>-Changer le câble d'alimentation par un autre de type guirlande.</li> </ul>	X		KHADROUF	S22/10	100%	++		
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++
			X							++

**Efficacité :**

L'action entamée :

A permis d'atteindre l'objectif visé : ++ / A amélioré la situation actuelle : + / N'a pas d'effet : = / A dégradé la situation : --

**Type :**

C : Action corrective / P : Action préventive

MàJ le 13/12/2004

Folio 1/1

C.KHACHANE/DOP/A.HERRADI

Doc. QUA 09/D

**Fig. 31 : Plan d'action mis en place pour mettre en conformité le palan électrique**

Finalemnt et suite au suivi et à la réalisation des actions correctives et préventives du plan d'action, le palan électrique est devenu conforme aux exigences de la réglementation en vigueur et il a pu être mis en service.

## Conclusion générale & Perspective

Au terme de ce projet de fin d'études, un bref récapitulatif permet de dresser le bilan du travail effectué avec ses difficultés, ses contraintes, mais aussi et surtout le complément si riche sur le plan organisationnel et de gestion que j'ai pu en tirer et qui m'a appris d'une part à comment m'imprégner du milieu professionnel et de me soumettre à des défis en améliorant mon aptitude d'analyse et de résolution des problèmes, d'autre part comment adapter mes connaissances au contexte de travail sur les projets, en perfectionnant mon relationnel avec l'ensemble des collaborateurs et en travaillant en équipe.

Sur le plan technique, le cahier des charges qui m'a été confié, j'espère que ce travail a pu satisfaire dans une large mesure ses exigences. D'un côté, j'ai réussi à proposer des solutions à toutes les anomalies qui entravaient la remise en conformité réglementaire des installations au niveau de l'usine.

Mon ambition et celle de mes encadreurs est d'augmenter d'avantage le pourcentage de conformité des contrôles réglementaires au niveau de l'usine, cela m'a amené à proposer la perspective suivante :

### **La mise en place d'une procédure pour gérer les contrôles et les vérifications périodiques réglementaires au niveau de l'usine.**

Et finalement, j'espère que mon projet aidera la SOMACA dans son évolution et son progrès pour devenir l'un des leaders de la construction automobile Marocaine.

# Bibliographie & Webographie

- [1] **Professeur A. ABOUTAJDINE, Notes de cours « Management de Projets de Conception (MPC) » VERSION 2008.**
  
- [3] **Professeur A. EL BARKANY, Notes de cours « Éléments de machines, Organes de transmission de puissance, Les Roulements et Engrenages » VERSION 2009.**
  
- [3] **<http://www.intra.renault.fr/> (Intranet Renault)**
  
- [4] **<http://www.bci-inspection.com/>**
  
- [5] **<http://www.drivre.gouv.fr/>**
  
- [5] **<http://www.techniques-ingenieur.fr>**
  
- [6] **<http://www.wikipedia.fr>**

# Annexes

## **Annexe 1 :**

### **Mode Opérateur** **Pour appareils de Levage** **(Réglementation Marocaine)**

Le contrôle réglementaire des appareils de Levage se fait conformément à la réglementation marocaine notamment l'arrêté viziriel du 09 septembre 1953 et l'arrêté viziriel du 3 novembre 1953. Il porte essentiellement sur :

#### **❖ L'état d'installation de l'appareil et Voies de roulement :**

- Passerelles et Supports
- Chemins de roulement et dispositifs d'atténuation de choc

#### **❖ L'état d'installation Électrique de l'appareil :**

- Dispositifs de Protection contre les contacts directs
- Dispositifs de Protection des Organes de l'appareil de levage et les charges suspendues avec des conducteurs électriques
- Dispositifs d'isolement de l'appareil des sources d'énergie : interrupteurs, contacteurs et disjoncteurs
- État de la mise à la terre des masses métalliques

#### **❖ L'état de fonctionnement des dispositifs mécaniques et de sécurité :**

- Galets de Roulement, organes mobiles des moteurs
- Crochets de suspension, chaînes, câbles
- Dispositifs de freinages
- Limiteurs de vitesse et dispositifs contrôlant la descente de charge
- Dispositifs de sécurité : Limiteurs de course, limiteurs de relevage et limiteurs d'orientation
- Poulies de mouflages

#### **❖ La présence et l'état de l'affichage des indications et consignes de sécurité :**

- Indication du poids de la charge maximale portée par l'appareil ou ses accessoires marqué en chiffres ou lettres sur une plaque ou anneau

#### **❖ Épreuves Statique et Dynamique :**

- L'épreuve statique d'un appareil consiste à lui faire supporter la charge d'épreuve, sans la faire mouvoir, pendant une heure au moins (la charge d'épreuve statique = 1,5 pm)
- L'épreuve dynamique d'un appareil consiste à faire mouvoir la charge d'épreuve de façon à placer cette charge dans toutes les positions qu'elles peuvent occuper (la charge d'épreuve dynamique = 1,2 pm)

## **Mode Opérateur** **Pour appareils de Levage** **(Standard Renault)**

Le contrôle réglementaire des équipements de Levage de charges se fait conformément aux Réglementations Respectées par le Standard Renault et notamment **l'arrêté du 09 Juin 1993 modifié par l'arrêté du 25 Juin 1999 et l'arrêté du 1<sup>er</sup> Mars 2004.**

Il comporte **l'examen de l'état de conservation** et les **essais de fonctionnement** ci-dessous :

### **❖ Examen de l'état de conservation et l'Essai de fonctionnement :**

Sont les examens qui ont pour objet de vérifier le bon état de conservation de l'appareil de levage et de ses supports et de détecter toute détérioration susceptible d'être à l'origine de situations dangereuses intéressant notamment les éléments essentiels suivants :

- A faire mouvoir dans les positions les plus défavorables, par l'appareil de levage éventuellement muni de ses accessoires, la charge d'essai susceptible de solliciter les organes mécaniques aux valeurs maximales de la capacité prévue par le fabricant.
- Freins ou dispositifs équivalents destinés à arrêter, puis à maintenir, dans toutes leurs positions, la charge ou l'appareil ;
- Dispositifs contrôlant la descente des charges ;
- Poulies de mouflage ;
- Limiteurs de charge et de moment de renversement ;
- Dispositifs limitant les mouvements de l'appareil de levage et de la charge tels que limiteurs de course, limiteurs de relevage, limiteurs d'orientation, dispositifs anticollision... ;
- Crochets et appareils de préhension ;
- Câbles et chaînes de charge.

### **❖ Vérification lors de la mise en service :**

La vérification lors de la mise en service d'un appareil de levage doit être effectuée :

- En cas de changement de site d'exploitation ou des conditions d'utilisation sur un même site, tels que la modification des voies de roulement ou le changement de configuration des appareils ;
- A la suite d'un démontage suivi d'un remontage de l'appareil de levage ;

- Après tout remplacement, réparation ou transformation importante intéressant les organes essentiels de l'appareil de levage ;
- A la suite de tout accident provoqué par la défaillance d'un organe essentiel de l'appareil de levage.

Elle comprend :

- Examen d'adéquation
- L'examen de montage et d'installation
- Examen de l'état de conservation
- Epreuves statique et dynamique

On y discerne plusieurs cas selon l'état de l'appareil ou d'accessoire :

- Pour les **appareils neufs** dont on s'est assuré de leurs aptitudes de fonctionnement et de leurs configurations d'utilisation sont soumis :
  - Examen d'adéquation
  - Essai de fonctionnement
- Pour les **appareils neufs** dont on ne s'est pas assuré de leurs aptitudes de fonctionnement et de leurs configurations d'utilisation sont soumis :
  - Examen d'adéquation
  - Epreuves statique et dynamique
- Pour les **accessoires neufs** dont on s'est assuré de leurs aptitudes de fonctionnement sont soumis :
  - Examen d'adéquation
- Pour les **accessoires neufs** dont on ne s'est pas assuré de leurs aptitudes de fonctionnement sont soumis :
  - Examen d'adéquation
  - Epreuve statique
- Pour les **appareils d'occasion mus par une énergie autre que la force humaine** sont soumis :
  - Examen d'adéquation
  - Essai de fonctionnement
- Pour les **accessoires d'occasion** sont soumis :
  - Examen d'adéquation
  - Epreuve Statique

**N.B :**

- On entend par « **examen d'adéquation d'un appareil de levage** » l'examen qui consiste à vérifier qu'il est approprié aux travaux que l'utilisateur prévoit d'effectuer ainsi qu'aux risques auxquels les travailleurs sont exposés et que les opérations prévues sont compatibles avec les conditions d'utilisation de l'appareil définies par le fabricant.
- On entend par « **examen de montage et d'installation d'un appareil de levage** » l'examen qui consiste à s'assurer qu'il est monté et installé de façon sûre, conformément à la notice d'instructions du fabricant.
- On entend par « **épreuve statique** » d'un appareil de levage : l'épreuve qui consiste à faire supporter à l'appareil de levage, muni de tous ses accessoires, et à ses supports la charge maximale d'utilisation, multipliée par le coefficient d'épreuve statique, sans la faire mouvoir pendant **1 heure** au moins. Ce coefficient est égal à 1,5 pour les appareils de levage mus par la force humaine employée directement et à **1,25** pour les autres appareils de levage.
- On entend par « **épreuve dynamique** » d'un appareil de levage : l'épreuve qui consiste à faire mouvoir l'appareil de levage, la charge maximale d'utilisation, multipliée par le coefficient d'épreuve dynamique de façon à amener cette charge dans toutes les positions qu'elle peut occuper, sans qu'il soit tenu compte ni de la vitesse obtenue, ni de l'échauffement de l'appareil. Ce coefficient est égal à **1,1**.
- On entend par « **examen d'adéquation d'un accessoire de levage** » l'examen en vue de vérifier :
  - a) qu'il est approprié aux différents appareils de levage sur lesquels il sera utilisé, ainsi qu'aux travaux à effectuer et aux risques auxquels les travailleurs sont exposés.
  - b) qu'il peut être utilisé et accomplir les fonctions prévues en toute sécurité conformément à la notice d'instructions du fabricant.
- On entend par « **épreuve statique d'un accessoire de levage** » l'épreuve qui consiste à faire supporter à l'accessoire la charge maximale d'utilisation, multipliée par le coefficient d'épreuve statique, sans la faire mouvoir, pendant **un quart d'heure**. Ce coefficient est égal à **1,5**.

## **Annexe 2 :**

### **Mode Opérateur** **Pour appareils à Vapeur et à Pression de Gaz** **(Réglementation Marocaine)**

Le contrôle réglementaire des appareils à Vapeur et à Pression de Gaz se fait conformément à la réglementation marocaine notamment les **DAHIR du 22 Juillet 1953 et du 12 Janvier 1955**. Il porte essentiellement sur :

#### **❖ Vérification de la situation réglementaire de l'équipement :**

Le contrôleur doit vérifier et s'assurer que l'équipement en service a fait l'objet d'une déclaration au Service Régional est accompagné d'un dossier descriptif (un dessin d'ensemble, spécification des matériaux, formes, dimensions, ainsi que la constitution des rivures, l'emplacement et le procédé d'exécution des soudures et les dispositions de tous autres assemblages) d'un certificat d'épreuve, rapport de visite et registre d'entretien.

Dans le cas d'un équipement importée, l'importateur fournit, outre l'état descriptif, un certificat officiel visé par les autorités du pays d'origine et attestant que la qualité des matériaux et le modèle de construction sont conforme aux règles en vigueur Marocaine.

#### **❖ L'identification de l'équipement :**

- L'équipement présenté à l'épreuve doit porter une plaque d'identité fixé au moyen de rivets en cuivre ou d'un système équivalent et indiquant en caractères indélébiles très apparents :

1° Présence du poinçon d'un organisme agréé par le Ministère de l'Energie et des Mines ;

2° Le nom du constructeur ;

3° Le lieu, l'année et le numéro d'ordre de fabrication ;

4° Dates d'épreuves et Pression de timbre ou Médaille de timbre poinçonnée et indiquant la pression effective qu'on ne doit pas dépasser.

#### **❖ Visite, examen réglementaire :**

D'une part, ils ont pour but de détecter les défauts de réparations éventuelles et d'en apprécier leurs gravités, d'autre part de constater le fonctionnement (bon ou mauvais) des organes de sécurité (soupapes, manomètre, indicateurs du niveau de l'eau ... etc.) et donc de s'assurer que l'appareil est toujours apte à remplir la fonction pour laquelle il a été conçu.

La vérification est réalisée sur l'équipement à l'arrêt isolé (réseau de distribution), ouvert, démonté (trous de poing, trou de tête, trou d'homme... etc.), accessible et bien nettoyé.

## ❖ Epreuve Hydraulique :

Toute épreuve est précédée d'une visite complète de l'appareil afin de vérifier les conditions de sécurité de son emploi (paroi extérieure est rendue visible par mise à nu et démontage des éléments gênants, Les accessoires amovibles sont démontés ou convenablement isolées....etc).

L'épreuve consiste à soumettre l'appareil à une pression hydraulique supérieure à la pression effective (**la pression maximum en service doit être au plus égale aux deux tiers de la pression d'épreuve**) qui ne doit pas être dépassée dans le service. Cette pression d'épreuve est maintenue pendant le temps nécessaire à l'examen de toutes ses parties pendant l'épreuve.

L'épreuve sera considérée comme effectuée avec succès si l'appareil supporte la pression d'épreuve sans fuite ni déformation permanente.

### Annexe 3 :

	DEMANDE D'ACHAT N° 1002606957		DU 24.05.2010			
	Acheteur : WAKKAK Abdel-Hakim		Code : RT0			
E-mail : abdel-hakim.wakkak@renault.com						
Demandeur : AX12440		Société : 0528 SOMACA		CASA BLANCA		
		Division : SO02 SOMACA		Maroc		
Réceptionnaire : Nadi Soufiane						
Point de déchargement : MASOMBUR						
REFERENCE DESIGNATION	GRUPE	DATE LIVRAISON	QUANTITE UQ	PRIX UNITAIRE ESTIME	PAR	MAD
00010 RESERVOIR AIR COMPRIME GALVANI	ART-KO	05.05.2010	8 PCE	40.000,00	1	320.000,00
<u>Imputations</u>						
Compte général :	921541					
Immobilisation :	64004501-0	Lot de 8 réservoirs d'air comprimé.				
Projet :	MI/0208	Remise en conformité reseau électrique				
*Fourniture de 8 réservoirs d'air comprimé en acier galvanisé						
NB:Vous trouverez en PJ la DED signée par controle de gestion						
<b>TOTAL ESTIME HORS TAXES</b>					MAD	320.000,00
<b>TOTAL ESTIME HORS TAXES</b>					EUR	28.693,89
<b>VALIDATION ELECTRONIQUE</b>						
	Statut/Info	Nom	Date de validation			
Valideur1	Validé par	AHABCHANE	03.05.2010			
Valideur2	Validé par	DKHISSI	03.05.2010			
Valideur3	Validé par	BOUTAYEB	03.05.2010			
Responsable final	Validé par	HERRADI	03.05.2010			
	Abdelhakim c'est hyper urgent / Impact securité : Préférence SMAC					
Acheteur	Validé par	WAKKAK	04.05.2010			



**Annexe 5 :**



**Cahier des charges**

N° CDC	001_2010
Résumé	Mise en place d'un picking des trains arrière X76
Champ d'application	Zone de stockage des trains AR dans le magasin allée
Emetteur	Direction Fabrication - Montage -
Confidentialité	Interne Renault, ne peut être communiqué à l'extérieur que pour les besoins du partenariat.

	Nom	Fonction	Signature	Date signature
Approuvé par :	DRIDI CRISTOPHE	CHEF DEPARTEMENT		
	AHMED SOUHAILI	CHEF D'ATELIER		

Validé par :		Expert Technique (Renault Maroc)		
--------------	--	----------------------------------	--	--

Validé par :	Fonction :	Date :
Rédigé par : BOUHOUTE	Fonction : CUET FAB	Date : 02-03-2010
SADIK BOUHOUTE	CHÉF UET FABRICATION	DATE : 02-03-2010

	Indice	Application	Objet des principales modifications	Rédacteur
Historique des versions	A	02-03-2010	Création d'une nouvelle version.	S.BOUHOUTE

## Cahier des charges

<b>Chef de projet</b>	SADIK BOUHOUTE
	Usine : SOMACA Tél : +212 661 758735 Email : <a href="mailto:sadik.bouhout@renault.com">sadik.bouhout@renault.com</a>
<b>Correspondant achat</b>	Sans objet (investissements en interne)

Ind	Date	Chapitres	Libellé
A	02/03/2010		Création

CAHIER DES CHARGES VALIDE PAR :

<b>Maintenance Centrale</b>	<b>Environnement</b>	<b>Prévention Incendie</b>
M.HAKIMI /M DKHISSI	M. Latifa RABI	M. Mohamed BOUCHIBA
Le : 03/03/2010	Le : 03/03/2010	Le :
Signature :	Signature :	Signature :
<b>SECURITE ET CONDITIONS DE TRAVAIL</b>	<b>MAINTENANCE INT</b>	<b>LOGISTIQUE</b>
M. HASSAN JAAFAR	M. KHADROUF	M. ALI LEMJOUNAH
Le :	Le :	Le : 03/03/2010
Signature :	Signature :	Signature :
<b>FABRICATION</b>	<b>DIVD MONTAGE</b>	<b>DIVD LOGISTIQUE</b>
M. SOUHAILI	M. HICHAM AKRARAI	M AHMED IDLFQUIF
Le : 03/03/2010	Le : 03/03/2010	Le : 03/03/2010
Signature :	Signature :	Signature :

## 1. DESCRIPTIF TECHNIQUE DÉTAILLÉ

### 1.1. OBJET

Le présent cahier des charges a pour objet :

- Mise en place d'un picking trains AR X76
- Optimiser le taux d'engagement DLI.
- Economiser l'espace et éliminer le risque d'accident.

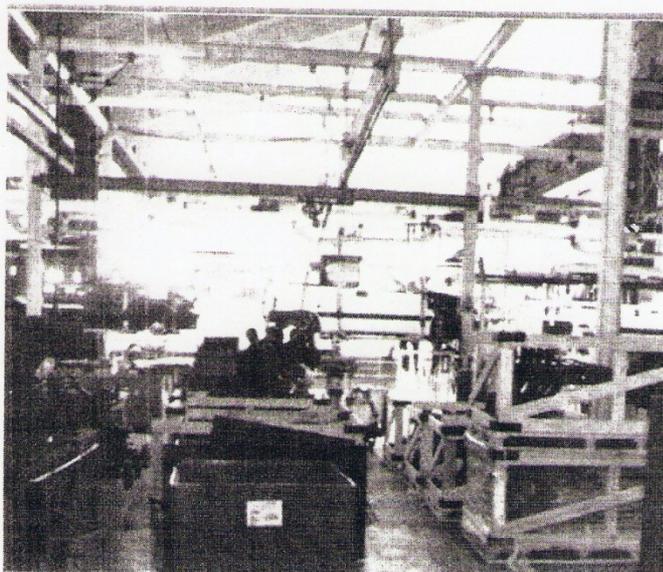
La nouvelle installation comprend :

La faisabilité
Les relevés sur lieu d'application
Les études
La réalisation
Les modifications, la mise en place
L'assistance technique
NB : toutes ces actions à assurer en interne

## 2. INSTALLATIONS CONCERNEES

### 2.1. SCHEMA D'IMPLANTATION DU PALAN :

VOIR PHOTO



020 2009 - Ind A

Page : 3/5

## 2.2. TRAVEAUX DEMANDÉS :

- MEP d'un palan pour la création d'un picking train AR X 76 avec le champ de travail suivant :

Longueur	Largeur	Hauteur
06 m	06 m	3 m

### Besoins :

### Moyens :

- 1) Palan : a charge minimale 100 kg  
A caractéristique électrique (voir P.S)  
A récupérer palan non utilisé en GMP VUL
- 2) trois Railles à récupérer de la GMP VUL
- 3) MEP charpente métallique supportant (voir ex : charpente qui supporte L'assistante montage PDB X90)
- 4) Alimentation Electrique (source et armoire)
- 5) Configuration PSFP (imprimante de picking) ;  
Prévoie connexion réseau + imprimante
- 6) éclairage zone picking

### Environnement et sécurité

- 1) Vérification caractéristiques citerne gasoil  
Distance minimale entre la citerne et le palan et 30 m
- 2) Prévoir des moyens de protection incendie
- 3) Identifier Allée d'évacuation
- 4) Définir besoin en EPI
- 5) Mep garde corps du poste picking prévu
- 6) Audit sécurité -> avec un rapport de sécurité a communiqué.
- 7) Mep moyens de tri déchets générés au poste de travail

## 3. DÉLAIS ET PLANNINGS

### 3.1. DÉLAIS

A définir dans une réunion de lancement

### 3.2. PLANNING

- Un planning prévisionnel d'étude de chantier accompagnera la proposition.
- Un planning définitif où figurera l'effectif présent sur le chantier, sera établi par les fonctions support après la mise en place du planning d'avancement des travaux.

### 3.3. CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION

- Respecter les consignes environnementales fixées par La SOMACA

- Pour toute demande de dérogation au descriptif joint, contacter le chef de projet désigné.

#### 3.4. CONDITIONS GÉNÉRALES DE RÉCEPTION – GARANTIE

- Les différentes phases de réception et les constats de conformité se dérouleront en respectant les étapes décrites dans la procédure (Acceptation de moyens).
- Constat de conformité sécurité :  
La réception se fera pendant une période qui sera définie par le chef de projet avec des objectifs de fiabilité contractuels atteints et par validation APS

**Annexe 6 :**

Affaire n° : 4005110  
Page n° : 1/3

  
**BUREAU VERITAS**

**RAPPORT DE VERIFICATION PERIODIQUE REGLEMENTAIRE D'UN APPAREIL DE LEVAGE**

Type de référence : Arrêté du 09 Septembre 1967

**PALAN ELECTRIQUE**

<p><b>Renseignements généraux :</b></p> <p>Etablissement : Lieu d'intervention : Date de la vérification <i>avant mise en service</i> : Date d'intervention : Repère utilisateur :</p> <p><b>Identification de l'appareil :</b></p> <p>Constructeur ou installateur : N° de fabrication : Date de fabrication : Type : Implantation : Charge maximum : Hauteur sous crochet (mètres) : Portée (mètres) : Diamètre du câble (mm) :</p> <p><b>Examen de l'état de conservation :</b></p> <p>Etat du crochet : Fonctionnement du levage : Ouverture du crochet (norme) : Indication de la charge sur le moufle : Jeu vertical dans le roulement du crochet : Freinage de l'écrou de crochet : Affichage des consignes de sécurité : Registre de sécurité :</p> <p><b>Installations électriques :</b></p> <p>Armoire électrique d'alimentation : Coupure omnipolaire et accessibilité : Etat des conducteurs : Prise de terre, continuité électrique des masses : Protection contre les contacts directs avec les lignes nues d'alimentation : Protection contre les risques de contacts entre les éléments de l'appareil et des conducteurs électriques : Arrêt d'urgence :</p>	<p>SOMACA ATELIER MONTAGE NC 31/07/2010 /</p> <p>DEMA 63057800 1999 DKM1-80/CV1FU / 125Kg 3 m 6 m 10</p> <p>voir observation sans observation Normale voir observation Satisfaisant Assuré A afficher par l'utilisateur A prévoir et à signer</p> <p>voir observation voir observation voir observation voir observation</p> <p>voir observation</p> <p>voir observation voir l'ordre de travail</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Résultat de la vérification :**

L'appareil ne peut pas être maintenu en service sous réserve que toutes les observations ci-après soient satisfaites.





Affaire n° : 400511

Page n° : 2/

**BUREAU  
VERITAS**

Observations et remarques :

- Indépendamment de notre vérification annuelle, un examen suivi d'une épreuve doit être effectué:
  - à la suite d'un démontage suivi d'un remontage;
  - à la suite d'un accident provoqué par la défaillance d'un organe essentiel;
  - après toute réparation ou transformation importante intéressant les organes essentiels.

**TABEAU DES CHARGES :**

Configuration de l'appareil	Portée (m)	Position de la charge	Charge (kg)
Pont roulant	6 m	Au centre	125Kg

**EPREUVE STATIQUES :**

Sur charge %	Charge appliquée (Kg)	Durée (h)	Résultat
33%	166,25Kg	1h	Bonne tenue des mécanismes à la charge appliquée

**EPREUVES DYNAMIQUES :** la charge d'épreuve a été déplacée dans toutes les positions permises par la disposition des lieux et l'encombrement de la charge.

Sur charge%	Charge appliquée (Kg)	Mouvements utilisées	Résultat
10%	137,5Kg	levage	Bonne tenue des mécanismes à la charge appliquée

**RESULTATS DES EPREUVES :**

Les organes et mécanismes du palan ont résisté sans rupture ni déformation permanente aux contraintes de la charge d'essai appliquée.



BUREAU  
VERITASAffaire n° : 400511  
Page n° : 3Observation et remarque :

- Afficher la charge utile maximale sur le crochet (125Kg).
- Afficher les consignes d'exploitation du pont.
- Relier le coffret au circuit de mise à la terre.
- Dispositifs de coupure électrique différentielle à placer dans le coffret.
- Placer des butoirs sur les voies de guidage de translation.
- Mettre en service les fins de courses.
- Relier le pont au circuit de mise à la terre.
- Prévoir une coupure d'urgence omnipolaire au pied de l'appareil.
- Revoir l'état de fixation du chariot de levage (placer des rondelles sur les axes qui support le chariot).
- Changer le câble alimentation par un autre de type guirlande.
- Relier le coffret électrique au circuit de mise à la terre.

Fait à CASABLANCA, le 23 Avril 2010

Le vérificateur : A. BOUDDROUB

Chef de service Electricité / Levage

S. AGTOUF



## **Annexe 7 :**

### **I. Cahier de charge initiale du palan Électrique :**

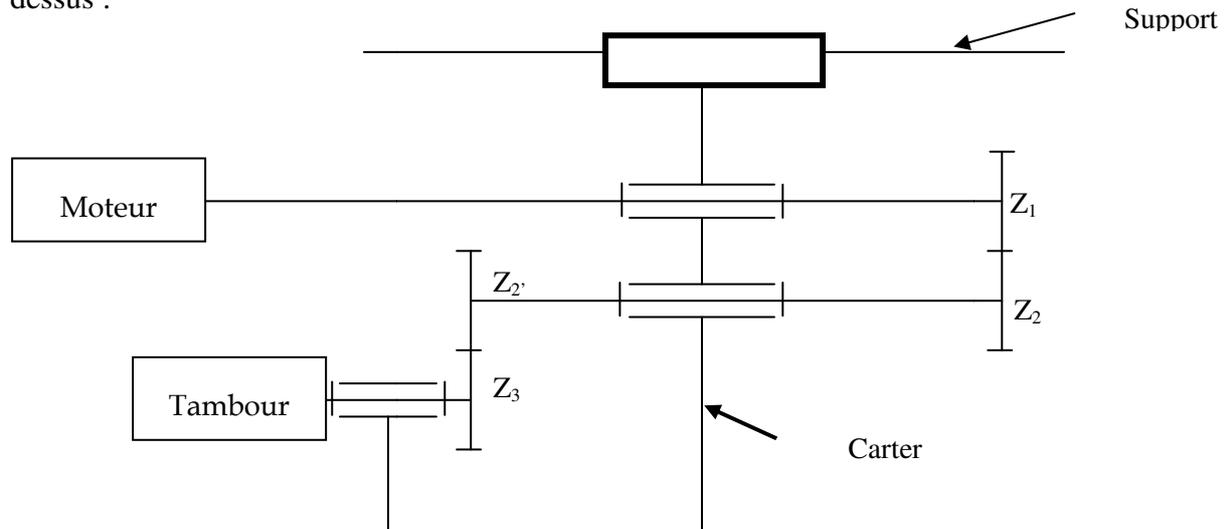
Il s'agit de faire l'étude d'un palan électrique de la **zone de stockage des trains AR près du magasin de montage L90** pour lever une charge de **125 Kg = 1250 N** à la vitesse minimale  $V_{\min} = 0.1 \text{ m/s}$ . La hauteur de déplacement est environ **3 m**.

Le moteur électrique du palan est équipé d'un frein assurant le maintien de la charge en position désirée. La transmission est assurée par des engrenages dont leur caractéristiques : ( $Z_1 = 12$ ,  $Z_2 = 109$ ,  $Z_2' = 14$ ,  $Z_3 = 68$ ).

Le diamètre du tambour est de  $D = 60 \text{ mm}$ . Le câble utilisé a pour diamètre  $d = 10 \text{ mm}$ .

**Cette étude est faite dans le but d'élaborer les notes de calculs du palan électrique pour satisfaire les critères pour qu'il subit le contrôle réglementaire.**

Son principe de fonctionnement est défini par le schéma cinématique fonctionnel ci-dessus :

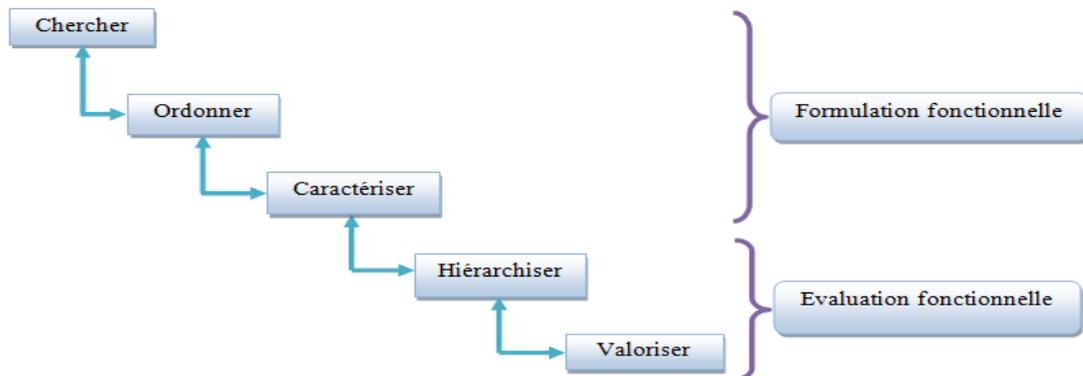


### **II. Analyse fonctionnelle :**

#### **1. Origines de l'Analyse Fonctionnelle :**

L'analyse fonctionnelle est l'une des méthodes ou les démarches systématique les plus utilisés au début d'un projet pour créer (conception) ou améliorer (re-conception) un produit, autrement dit elle permet au concepteur d'analyser et disséquer les besoins à satisfaire en les séparant des diverses solutions susceptibles d'y répondre pour tendre à l'optimisation du couple besoin-solution.

Elle est composée de cinq principales étapes, les trois premières visent à formulée le plus précisément possible les fonctions alors que les deux dernières permettent de les évaluer.



## 2. Analyse Fonctionnelle du palan électrique :

Produit : **Palan Electrique.**

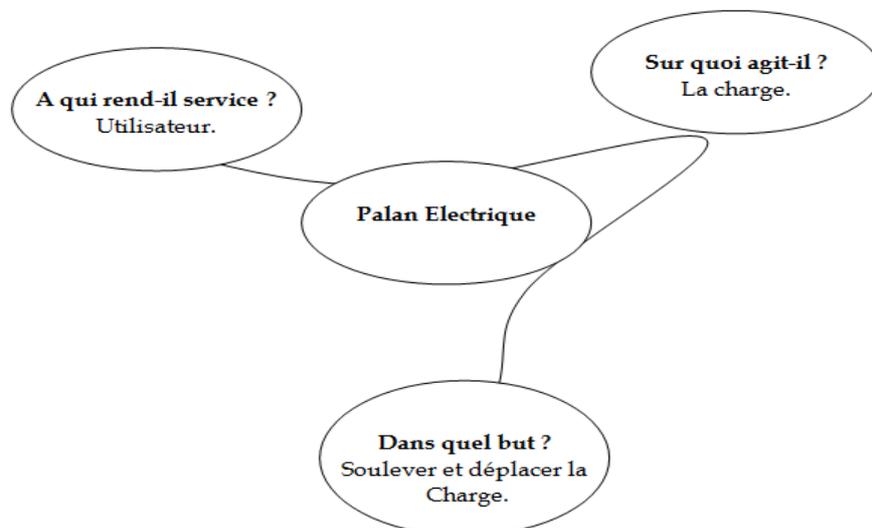
**Question 1 :** quel est le but et la raison pour lesquels ce produit existe ?

- **But :** soulever et déplacer des charges.
- **Raison :**
  - Il y a des charges difficiles à lever et à déplacer.
  - Pour gagner du temps.
  - Ce système est économique en termes d'argent.

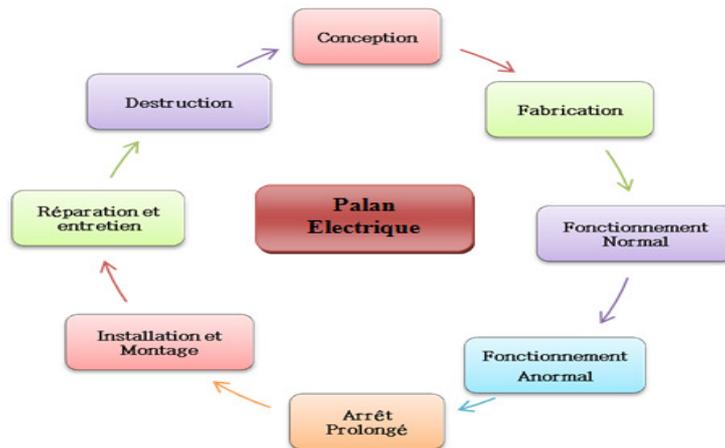
**Question 2 :** Qu'est ce qui pourrait le faire évoluer ou disparaître ?

- Ce produit va travailler dans un temps illimité.
- Selon l'évolution de la technologie, ce produit peut être amélioré pour satisfaire certains besoins.

### 2.1 Diagramme bête à cornes :

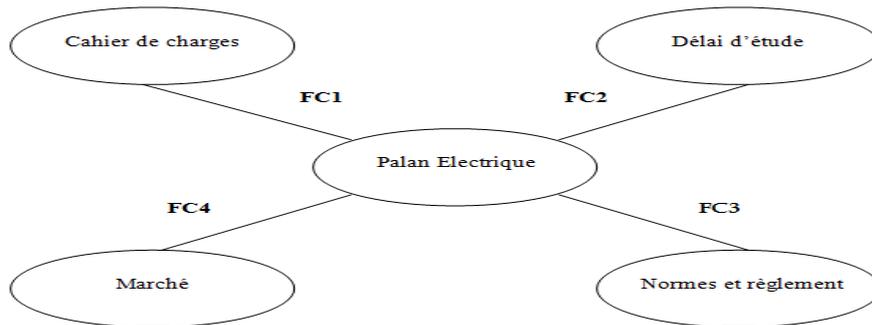


## 2.2 Cycle de vie du palan Electrique :



### 2.2.1 Identification des interateurs et Fonctions d'interactions :

#### 1-Conception et fabrication :



#### ✚ Fonctions de contraintes :

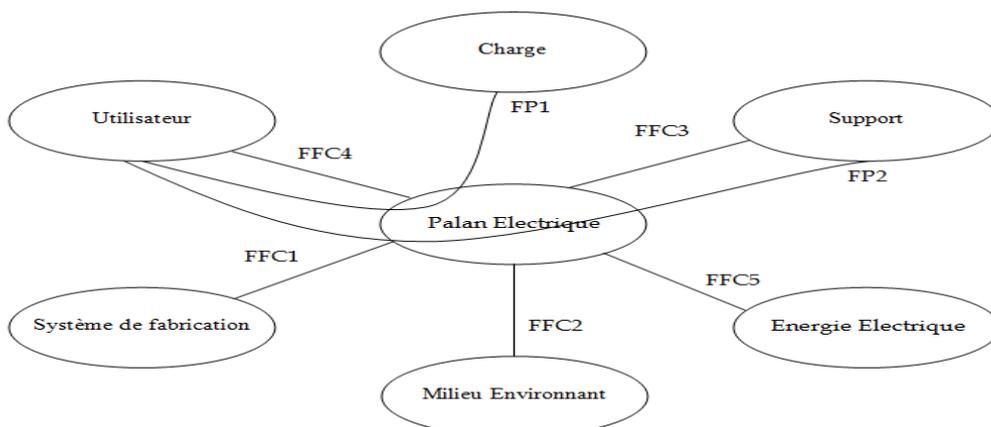
FC1 : Respecter le cahier de charges.

FC2 : Respecter le délai pour l'étude.

FC3 : Respecter les normes et les règlements.

FC4 : concevoir pour un prix optimal.

#### 2-Fonctionnement normale :



**Fonctions de service :**

FP1 : soulever la charge.

FP2 : Déplacer le palan.

**Fonctions de contraintes :**

FFC1 : Limiter les pertes énergétiques.

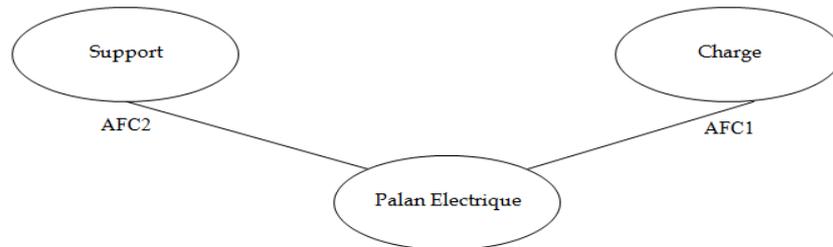
FFC2 : Résister au milieu environnant.

FFC3 : S'adapter au support.

FFC4 : Commander le palan.

FFC5 : Etre alimenté en énergie.

**3- Fonctionnement anormal :**

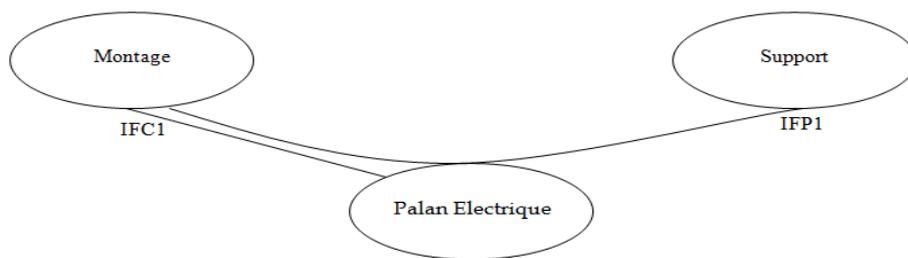


**Fonctions de contraintes :**

AFC1 : S'adapter à la charge.

AFC2 : Résister aux vibrations.

**4-Installation et montage :**



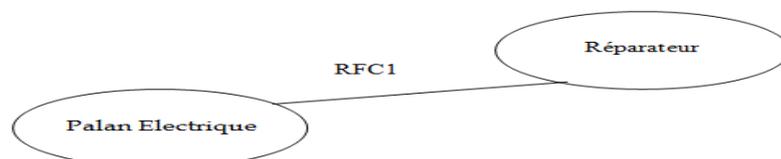
**Fonction de service :**

IFP1 : Permettre l'adaptation au support.

**Fonction de contrainte :**

IFC1 : Utiliser des outillages standards.

**5-Réparation et entretien :**



**Fonction de contrainte :**

RFC1 : Assurer l'interchangeabilité des pièces.

**2.3 Enumération et hiérarchisation des contraintes :**

FC1 : Respecter le cahier de charges.

FC2 : Respecter le délai pour l'étude.

FP1 : Soulever la charge.

FP2 : Déplacer le palan.

FC4 : Concevoir pour un prix optimal.

FC3 : Respecter les normes et les règlements.

FFC3 : S'adapter au support.

FFC5 : Etre alimenté en énergie électrique.

FFC4 : Commander le palan.

AFC1 : S'adapter à la charge.

IFC1 : Utiliser des outillages standards.

AFC2 : Résister aux vibrations.

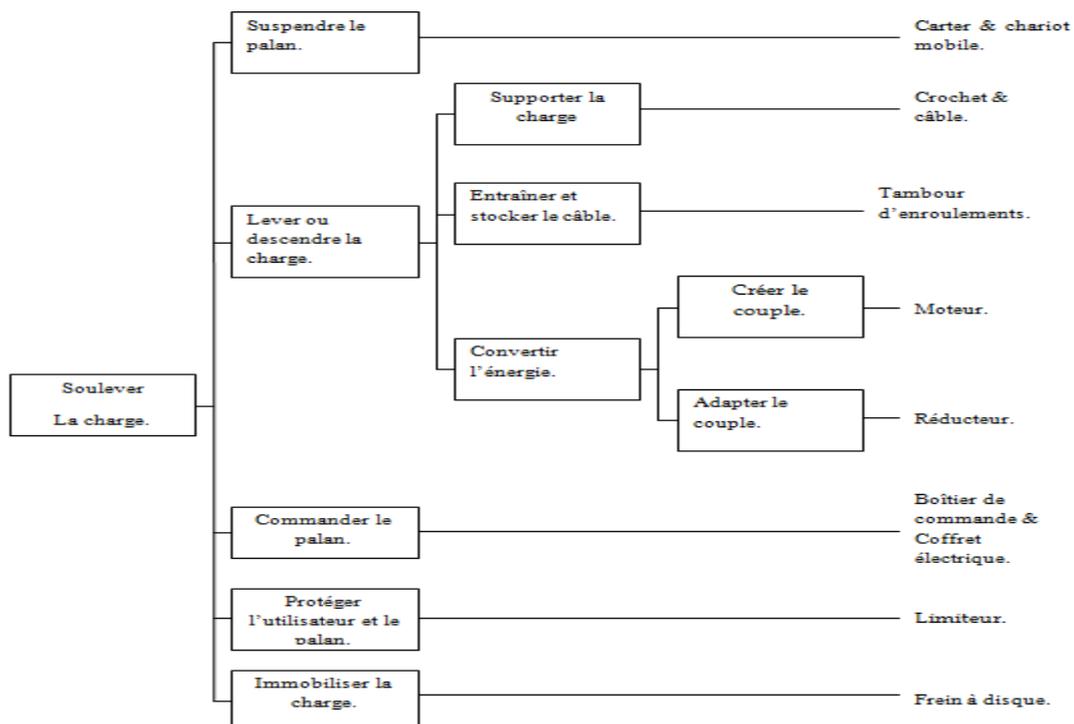
FFC1 : Limiter les pertes énergétiques.

FFC2 : Résister au milieu environnant.

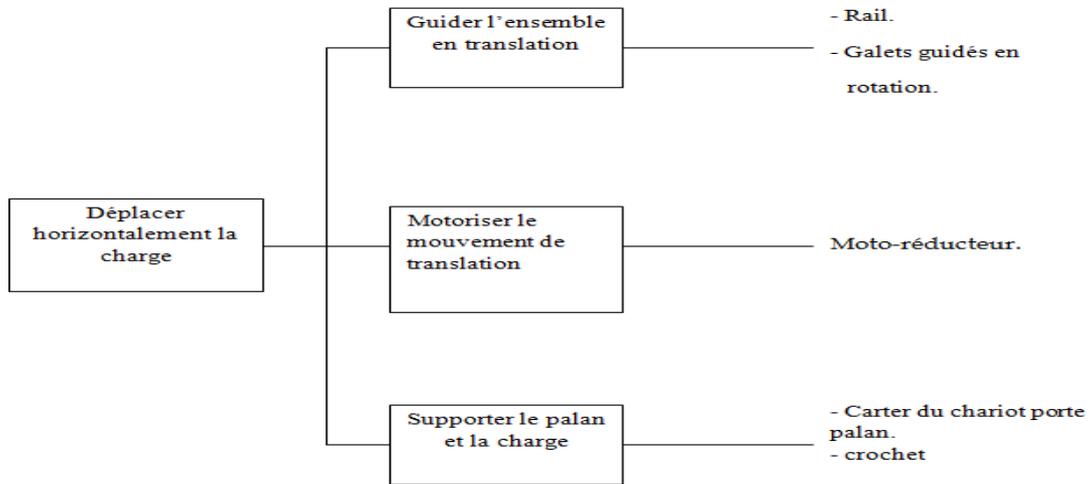
**2.4 Diagramme FAST :**

**2.4.1 Digrammes FAST des fonctions de services :**

**1-La fonction de service FP1 :**

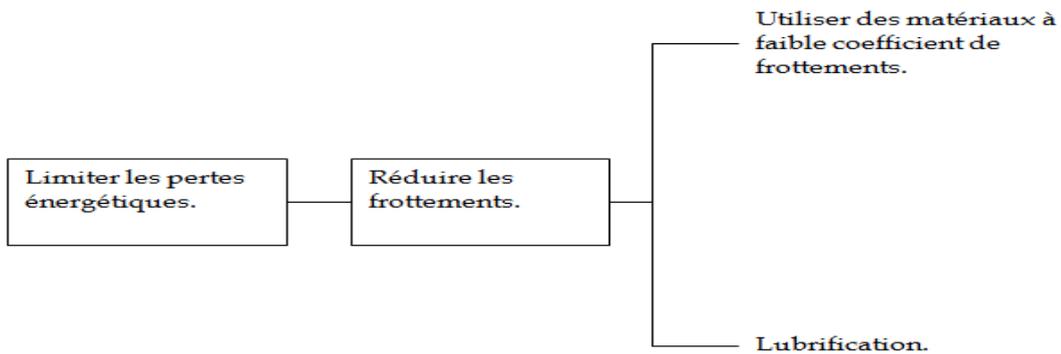


**2-La fonction technique FP2 :**

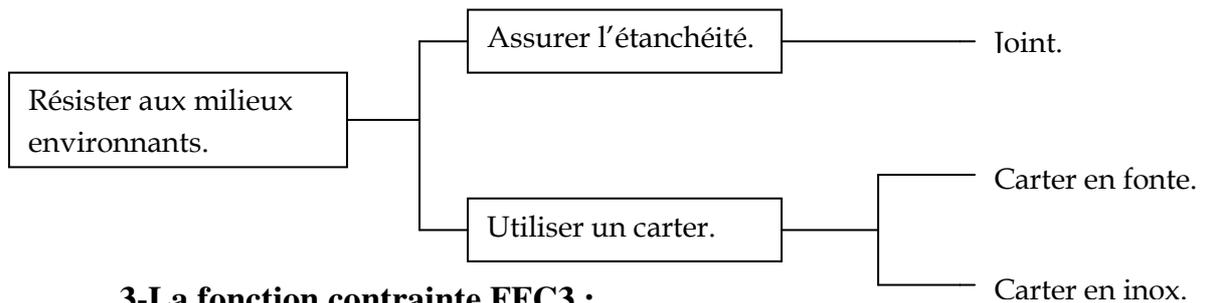


**2.4.2 Digrammes FAST des fonctions contraintes :**

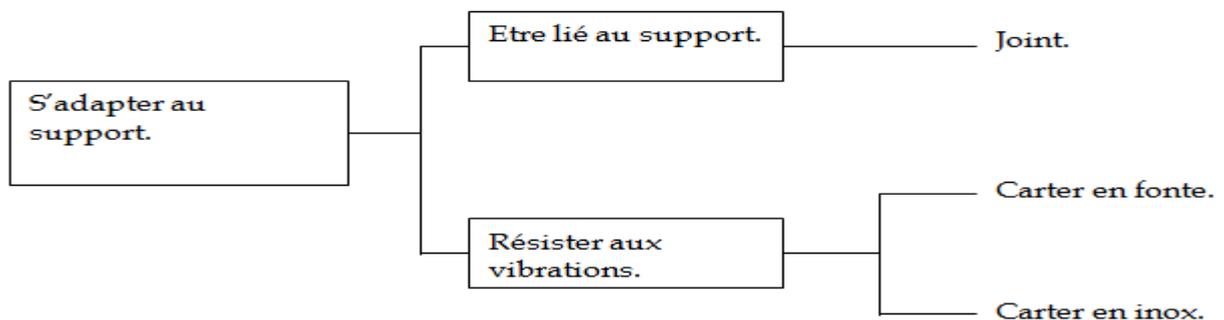
**1-La fonction contrainte FFC1 :**



**2-La fonction de contrainte FFC2 :**



**3-La fonction contrainte FFC3 :**



### 2.4.3 Cahier de charge fonctionnel :

Fonctions	Critères d'appréciation	Niveau	Flexibilité
Suspendre le palan	-Poids. - Hauteur. - Vitesse. - Crochet	-1250 N. - 3m. - $V > 0.1 \text{ m.s}^{-1}$ -----	$F_{\max} = 1250 \text{ N.}$ $\pm 5 \text{ mm}$ $V_{\min} = 0.1 \text{ m.s}^{-1}$ P1 (flexibilité faible)
Entraîner et stocker le câble	- Diamètre de câble. - Diamètre du tambour	10 mm 52 mm	$\pm 0,1 \text{ mm}$ $\pm 1.5 \text{ mm}$
Créer le couple	-Couple de démarrage -Fréquence de rotation en régime permanent.	Cm Nm	$\pm 5 \%$ $\pm 5 \%$
Adapter le couple	-Couple de sortie -Fréquence de rotation de sortie	Cs Ns	$\pm 5 \%$ $\pm 5 \%$
Protéger le palan et l'utilisateur	-Couple de tarage	doit permettre de lever une charge maxi = 1250 N.	P1 (flexibilité faible)
Immobiliser la charge	-Temps de freinage	$t = 0,5 \text{ s}$ sous charge maximal	P1 (flexibilité faible)
Commander le palan	-Ergonomie -Sécurité	Utilisable par un personnel qualifié	P1 (flexibilité faible)

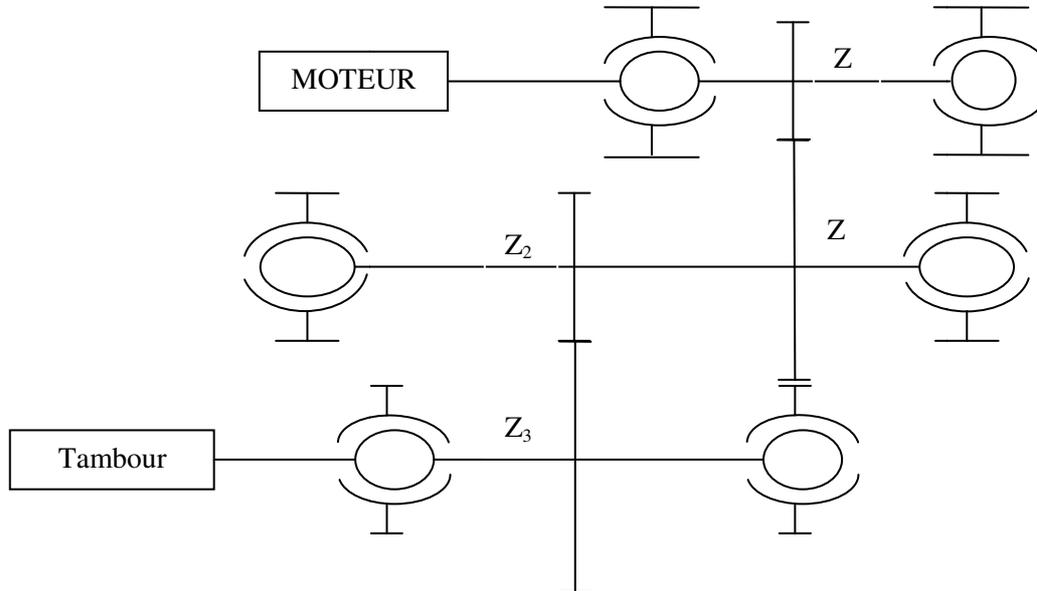
### 2.4.4 Choix des solutions :

D'après le diagramme FAST on constate que plusieurs solutions se présentent, pour chaque fonction technique, on a à faire un choix qui convient au mécanisme étudié.

Fonction technique	Solution choisie	Commentaires
Créer le couple	Moteur asynchrone	On dispose d'un réseau alternatif triphasé, et que les machines asynchrones sont destinées à fonctionner en vitesse variable.
Adapter le couple	Réducteur	Pour obtenir la vitesse de levage souhaitée.
Entraîner et stocker le câble	Tambour	-----
Supporter la charge	Crochet et câble	-----
Réduire les frottements	Lubrification	Economique et parce qu'on si on utilise des matériaux à faible coefficient de frottement on aura un problème de transmettre le couple pour lever la charge
Assurer l'étanchéité	Joint	-----
Utiliser un carter	Carter en fonte	Economique
Guider l'ensemble en translation	Rail et 4 Galets guidés en rotation	Pour déplacer le palan
Commander le palan	Coffret électrique & Boîtier de commande	Economique et sécurisé
Protéger l'utilisateur et le palan	Limiteur électromécanique de charge	Sécurité
Immobiliser la charge	Frein à disque	Moins encombrants

### III. Choix et caractéristiques des éléments du palan Électrique :

#### 1. Schéma architectural :



#### 2. Choix et caractéristiques du câble :

D'après le cahier de charge le diamètre du câble est **d =10 mm** et il doit supporter une charge maximale **F = 1250 N**.

Or 
$$\sigma_{\text{traction}} = \frac{F}{S} \Rightarrow \sigma_{\text{traction}} = \frac{1250}{\pi \cdot 5^2} = 15,91 \text{ MPa}$$

On choisit un coefficient de sécurité de S=10 alors : 
$$\sigma_{\text{Rupture du câble}} = S \cdot \sigma_{\text{traction}}$$

Donc 
$$\sigma_{\text{Rupture}} \text{ du câble} = 159.1 \text{ MPa}$$

D'après la norme NF A47-151: on choisit un câble rigide en acier à un toron de 7 fils (1+6) qui possède les caractéristiques suivantes :

Diamètre nominal du câble (mm)	Diamètre du fil (mm)	Section théorique du câble (mm <sup>2</sup> )	Masse au mètre du câble (Kg/m)	Charge de rupture effective (K.N)	
				Acier doux	Fil de 157 à 176 MPa
10	3.4	63.6	0.540	35.8	95.3

**Désignation du câble : Toron de 10-clair**

### 3. Caractéristique du tambour :

Selon les catalogues les tambours, généralement sont constitués d'un tube résistant, fileté pour recevoir le câble.

Cherchons L la longueur du tambour :

On a :  $d=10$  mm le diamètre du câble

Or  $D = 60$  mm le diamètre du tambour, Avec  $h = 3$  m la hauteur de levage.

Le câble fait  $h / \pi D$  tours autour du tambour, comme  $h / \pi D = L/D$  donc  $L = h \cdot d / \pi D$

$$A.N \quad \Rightarrow \quad L = 159.2 \text{ mm}$$

Donc on adopte comme tambour celui à deux pistes d'enroulement avec une longueur :

$$\Rightarrow \quad L = 160 \text{ mm et } D = 60 \text{ mm}$$

**Désignation du Tambour : D60 x 160 mm**

### 4. Choix du moteur frein :

Pour soulever la charge et la maintenir immobile on a choisit un moteur frein, ce dernier est constitué d'un moteur triphasé rotor à cage et d'un frein électromagnétique, à disque, à manque de courant.

Le frein délivre son couple de freinage à l'arrêt du moteur. Les ressorts appliquent une force sur le disque de friction qui est mobile axialement et produit ainsi à travers les garnitures de freinage le couple de freinage.

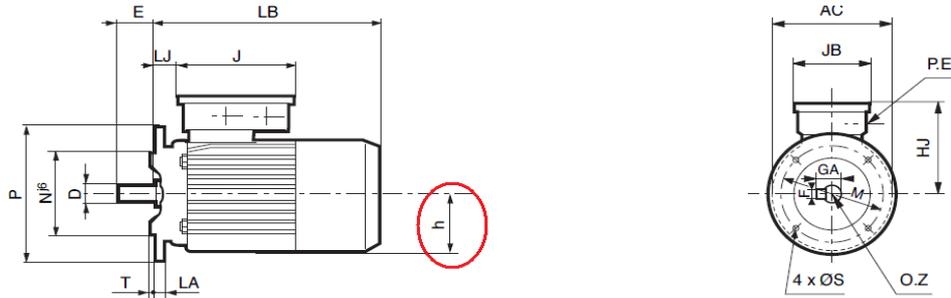
Le couple de freinage est transmis à l'arbre du moteur par l'intermédiaire du disque support de garnitures. L'application d'une tension continue sur la bobine frein provoque un champ magnétique qui attire le disque de friction. Ce dernier libère ainsi le disque support de garniture afin que le moteur puisse démarrer.

La puissance nécessaire pour pouvoir soulever une charge  $F = 1250$  N avec une vitesse minimale  $V_{\min} = 0.1$  m/s est égale à 0.125 KW, et d'après le catalogue **LEROY SOMER**, on a choisit le moteur ayant les caractéristiques suivantes :

- Type : LS 63
- Type de frein : FMC 25
- Puissance : 0.18 KW
- Vitesse de rotation : 1390 tr/min
- Rendement : 63%
- $\cos \varphi$  : 0,65
- Couple de démarrage : 2,7 N.m
- Couple nominale : 1,25 N.m
- Couple de freinage : 2.5 N.m

### 5. Choix des glissières pour le moteur frein :

Pour la fixation du moteur frein on choisit une glissière de type G normalisée qui convient pour toutes les applications telles que transmission poulie courroie, moteurs réducteur...



Moteurs asynchrones frein														
Type	AC	HJ	h	J	I	II	LB	LJ	D	E	F	G	GD	O.p
LS 56 FMC	110	90	55	86	43	43	206	16	9/6	20	3	7	3	M4 x 10
LS 63 FMC	124	110	62	86	43	43	222	26	11/6	23	4	8,5	4	M4 x 10
LS 71 FMC	140	129	70	86	43	43	233	21	14/6	30	5	11	5	M5 x 15

Le moteur à une hauteur d'axe de 62 mm, donc il convient de choisir une glissière de référence G71/6PM.

hauteur d'axe	G	W
63-71	G71/6PM	-

### 6. Choix et caractéristiques des engrenages :

On adopte les engrenages droits à dents droites parce que on a que des efforts radiaux et sachant que ce type d'engrenage supporte ce type de charge.

CARACTERISTIQUES ET FORMULES DES ENGRENAGES DROITS A DENTURE DROITE						
Caractéristiques	Symboles ISO	Formule	Roue 1	Roue 2	Roue 2'	Roue 3
Module	m	M	1	1	1,25	1,25
Pas primitif	P	$P = \pi \cdot m$	3,14	3,14	3,92	3,92
Nombre de dents	Z	Z	$z_1 = 12$	$z_2 = 109$	$z_{2'} = 14$	$z_3 = 68$
Diamètre primitif	d	$d = m \cdot Z$	12	109	17,5	85
Largeur de la dent	b	$b = k \cdot m$ $7 \leq k \leq 12$	K	k	1,25.k	1,25.k
Saillie	$h_a$	$h_a = m$	1	1	1,25	1,25
Creux	$h_f$	$h_f = 1,25m$	1,25	1,25	1,56	1,56
Hauteur de la dent	h	$h = 2,25m$	2,25	2,25	2,81	2,81
Diamètre de la tête	$d_a$	$d_a = d + 2 \cdot m$	14	111	20	87,5
Diamètre de pied	$d_f$	$d_f = d - 2,25 \cdot m$	9,5	106,5	14,37	81,87
Angle de pression	$\alpha$	$\alpha = 20^\circ$ Valeur Usuelle	20°	20°	20°	20°

## IV. Etude cinématique :

### 1. Calcul des vitesses de rotation des arbres :

#### ➤ Vitesse de rotation de l'arbre tambour :

On a  $v_{\min} = 0.1 \text{ m/s}$  pour lever une charge maximale  $F = 1250 \text{ N}$

Or  $v = r \cdot \omega = D/2 \cdot \omega$ , alors la vitesse de rotation du tambour est :  $\omega_T = \frac{2}{D} \cdot v_{\min}$

Avec  $D$  : diamètre du tambour = 60 mm

Donc la vitesse de rotation de l'arbre tambour est :  $\omega_T = 3.33 \text{ rad.s}^{-1}$

#### ➤ Vitesse de rotation de l'arbre intermédiaire :

Pour l'engrènement entre l'arbre du tambour est l'arbre intermédiaire on a la relation

suivante :  $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_3}$  Or  $\omega_T = \omega_3$  et  $\omega_2 = \omega_1$  Avec  $\omega_1$  : vitesse de rotation de l'arbre

intermédiaire.

$$\Rightarrow \omega_1 = \frac{Z_3 \cdot \omega_T}{Z_2} \Rightarrow \omega_1 = 16.17 \text{ rad.s}^{-1}$$

#### ➤ Vitesse de rotation de l'arbre moteur :

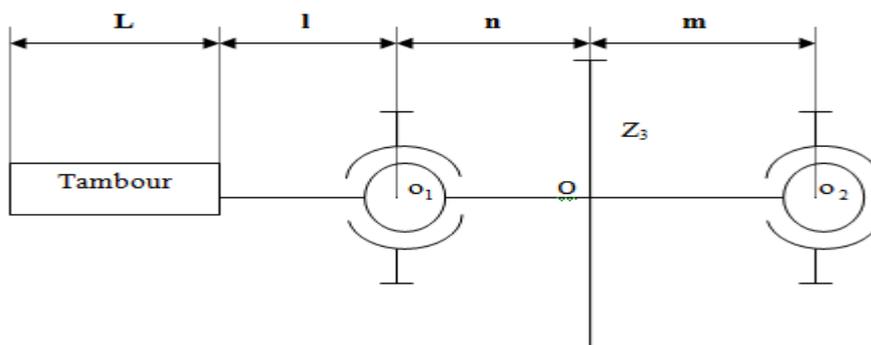
Pour l'engrènement entre l'arbre du tambour est l'arbre intermédiaire on a la relation

suivante :  $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$  or  $\omega_1 = \omega_2$  et  $\omega_{\text{moteur}} = \omega_m = \omega_1$

$$\Rightarrow \omega_m = \frac{Z_2 \cdot \omega_1}{Z_1} \Rightarrow \omega_m = 146.87 \text{ rad.s}^{-1}$$

### 2. Calcul des efforts :

#### ➤ Arbre tambour :



• **Action du 1<sup>er</sup> roulement :**

$$\text{on a } \{z_1\}_{o_1} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_1} + \overrightarrow{OO_1} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - n \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= -n \cdot y_1 \cdot \vec{k} + n \cdot z_1 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_1\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ n \cdot z_1 \\ -n \cdot y_1 \end{array} \right\}_o$$

• **Action du 2<sup>ème</sup> roulement :**

$$\text{on a } \{z_2\}_{o_2} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_2 \\ z_2 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{o_2}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_2} + \overrightarrow{OO_2} \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 + m \cdot \vec{i} \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= m \cdot y_2 \cdot \vec{k} - m \cdot z_2 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_2\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_2 \\ z_2 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ -m \cdot z_2 \\ m \cdot y_2 \end{array} \right\}_o$$

• **Action de l'engrenage 3 :**

$$\text{on a } \{z_3\}_I = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ R_t \\ R_r \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_I \quad \text{avec } I: \text{ point de contact entre l'engrenage 2' et l'engrenage 3}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_o &= \vec{M}_I + \overrightarrow{OI} \wedge (R_t \cdot \vec{j} + R_r \cdot \vec{k}) \\ &= 0 + R_3 \cdot \vec{k} \wedge (R_t \cdot \vec{j} + R_r \cdot \vec{k}) \quad \text{avec } R_3 : \text{ rayon de l'engrenage 3} \\ &= -R_3 \cdot R_t \cdot \vec{i} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_3\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ R_t \\ R_r \end{array} / \begin{array}{l} -R_3 \cdot R_t \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_o$$

• Action du tambour :

On a  $\{z_4\}_j = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F/0 \end{array} \right\}_j$  avec j: point de contact

$\Rightarrow \vec{M}_G = \vec{M}_j + \vec{Gj} \wedge (-F.\vec{k})$   
 $= 0 + (R + 2.r).\vec{j} \wedge (-F.\vec{k})$  avec  $R$  : rayon du tambour  
 $= -F.(R + 2.r).\vec{i}$   $r$  : rayon du cable

$\Rightarrow \{z_4\}_G = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F/0 \end{array} \right\}_G$  avec  $G$  : centre de gravité du tambour

Donc le torseur au point o est :

Comme  $\vec{M}_o = \vec{M}_G + \vec{OG} \wedge (-F.\vec{k})$   
 $= -F.(R + 2.r).\vec{i} - (L/2 + l + n).\vec{i} \wedge (-F.\vec{k})$   
 $= -F.(R + 2.r).\vec{i} - (L/2 + l + n).F.\vec{j}$

$\Rightarrow \{z_4\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F/0 \end{array} \right\}_o$

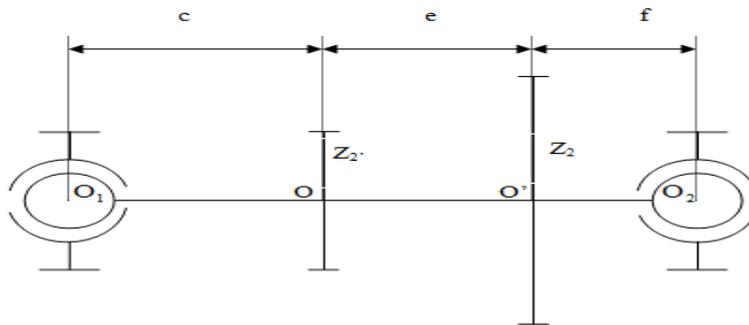
On applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$\sum_{i=1}^4 \{z_i\}_o = \{0\}_o$   
 $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} \right\}_o + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_2 \\ z_2 \end{array} \right\}_o + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ R_t \\ R_r \end{array} \right\}_o + \left\{ \begin{array}{l} -F.(R + 2.r) \\ F.(L/2 + l + n) \\ -F \end{array} \right\}_o = \{0\}_o$

Alors  $\begin{cases} y_1 + y_2 + R_t = 0 \\ z_1 + z_2 + R_r - F = 0 \\ -R_3.R_t - F.(R + 2.r) = 0 \\ n.z_1 - m.z_2 + F.(L/2 + l + n) = 0 \\ -n.y_1 + m.y_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_t = \frac{-F.(R + 2.r)}{R_3} \\ R_r = R_t.\tan \alpha = \frac{-F.(R + 2.r).\tan \alpha}{R_3} \\ y_1 = \frac{-m.R_t}{m + n} \\ y_2 = \frac{-n.R_t}{m + n} \\ z_1 = \frac{(L/2 + l + n + m).F}{n + m} - \frac{m.R_r}{m + n} \\ z_2 = \frac{-(L/2 + l).F}{m + n} - \frac{n.R_r}{m + n} \end{cases}$

$$A.N \Rightarrow \begin{cases} R_t = -1176.47 \text{ N} \\ R_r = -428.20 \text{ N} \\ y_1 = 588.23 \text{ N} \\ y_2 = 588.23 \text{ N} \\ z_1 = 2151.6 \text{ N} \\ z_2 = -1526.6 \text{ N} \end{cases} \text{ avec } \begin{cases} L = 160 \text{ mm} \\ l = 25 \text{ mm} \\ n = 25 \text{ mm} \\ m = 25 \text{ mm} \\ F = 1250 \text{ N} \\ R_3 = 42.5 \text{ mm} \\ r = 5 \text{ mm} \\ R = 30 \text{ mm} \end{cases}$$

➤ Arbre intermédiaire :



• Action du 1<sup>er</sup> roulement :

$$\text{on a } \{z_1\}_{o_1} = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_1 & & 0 \\ z_1 & & 0 \end{Bmatrix}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_1} + \vec{OO}_1 \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - c \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= -c \cdot y_1 \cdot \vec{k} + c \cdot z_1 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_1\}_o = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_1 & & c \cdot z_1 \\ z_1 & & -c \cdot y_1 \end{Bmatrix}_o$$

• Action du 2<sup>ème</sup> roulement :

$$\text{on a } \{z_2\}_{o_2} = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_2 & & 0 \\ z_2 & & 0 \end{Bmatrix}_{o_2}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_2} + \vec{OO}_2 \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 + (e + f) \cdot \vec{i} \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= (e + f) \cdot y_2 \cdot \vec{k} - (e + f) \cdot z_2 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_2\}_o = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_2 & & -(e + f) \cdot z_2 \\ z_2 & & (e + f) \cdot y_2 \end{Bmatrix}_o$$

• **Action de l'engrenage 2' :**

on a  $\{z_3\}_I = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ P_t / 0 \\ P_r / 0 \end{array} \right\}_I$  avec I: point de contact entre l'engrenage 2' et l'engrenage 3

et comme 
$$\begin{aligned} \vec{M}_O &= \vec{M}_I + \vec{OI} \wedge (P_t \cdot \vec{j} + P_r \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - R_{2'} \cdot \vec{k} \wedge (P_t \cdot \vec{j} + P_r \cdot \vec{k}) \quad \text{avec } R_{2'} : \text{rayon de l'engrenage } 2' \\ &= R_{2'} \cdot P_t \cdot \vec{i} \end{aligned}$$

Donc on a :  $\{z_3\}_O = \left\{ \begin{array}{l} 0 / R_{2'} \cdot P_t \\ P_t / 0 \\ P_r / 0 \end{array} \right\}_O$

• **Action de l'engrenage 2 :**

on a  $\{z_4\}_I = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_t / 0 \\ T_r / 0 \end{array} \right\}_I$  avec I: point de contact entre l'engrenage 2 et l'engrenage 1

et comme 
$$\begin{aligned} M_{O'} &= M_I + \vec{O'I} \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k}) \\ &= 0 + R_2 \cdot \vec{k} \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k}) \quad \text{avec } R_2 : \text{rayon de l'engrenage } 2 \\ &= -R_2 \cdot T_t \cdot \vec{i} \end{aligned}$$

Donc on a :  $\{z_4\}_{O'} = \left\{ \begin{array}{l} 0 / -R_2 \cdot T_t \\ T_t / 0 \\ T_r / 0 \end{array} \right\}_{O'}$

et comme 
$$\begin{aligned} \vec{M}_O &= \vec{M}_{O'} + \vec{OO'} \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k}) \\ &= -R_2 \cdot T_t \cdot \vec{i} + e \cdot \vec{i} \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k}) \\ &= -R_2 \cdot T_t \cdot \vec{i} + e \cdot T_t \cdot \vec{k} - e \cdot T_r \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_4\}_O = \left\{ \begin{array}{l} 0 / -R_2 \cdot T_t \\ T_t / -e \cdot T_r \\ T_r / e \cdot T_t \end{array} \right\}_O$$

On applique le principe fondamental de la statique on obtient :

$$\sum_{i=1}^4 \{z_i\}_O = \{f\}_O$$

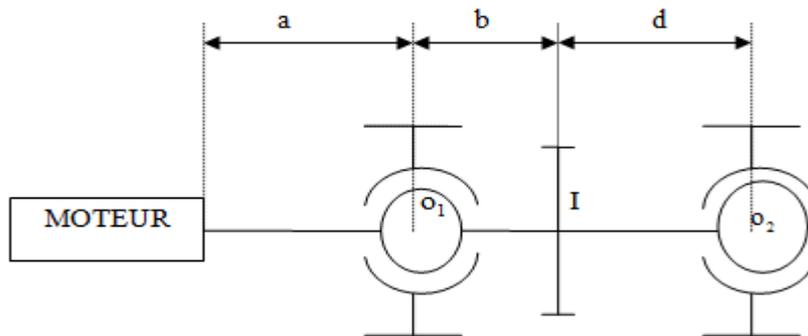
$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 / c \cdot z_1 \\ z_1 / -c \cdot y_1 \end{array} \right\}_O + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_2 / -(e+f) \cdot z_2 \\ z_2 / (e+f) \cdot y_2 \end{array} \right\}_O + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ P_t \\ P_r \end{array} \right\}_O + \left\{ \begin{array}{l} 0 / R_{2'} \cdot P_t \\ T_t / -e \cdot T_r \\ T_r / e \cdot T_t \end{array} \right\}_O = \{f\}_O$$

$$\text{Alors } \begin{cases} y_1 + y_2 + P_t + T_t = 0 \\ z_1 + z_2 + P_r + T_r = 0 \\ R_2' \cdot P_t - R_2 \cdot T_t = 0 \\ c \cdot z_1 - (e + f) \cdot z_2 = 0 \\ -c \cdot y_1 + (e + f) \cdot y_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_t = \frac{R_2'}{R_2} \cdot P_t \\ T_r = T_t \cdot \tan \alpha = \frac{R_2'}{R_2} \cdot P_t \cdot \tan \alpha \\ y_1 = \frac{-(R_2 + R_2') \cdot (e + f)}{R_2 \cdot (e + f + c)} \cdot P_t \\ y_2 = \frac{-(R_2 + R_2') \cdot c}{R_2 \cdot (e + f + c)} \cdot P_t \\ z_1 = \frac{-(R_2 + R_2') \cdot (e + f)}{R_2 \cdot (e + f + c)} \cdot P_r \\ z_2 = \frac{-(R_2 + R_2') \cdot c}{R_2 \cdot (e + f + c)} \cdot P_r \end{cases}$$

avec  $P_t = -R_t$ ,  $P_r = -R_r$  et  $f = 25 \text{ mm}$ ,  $e = 39 \text{ mm}$ ,  $c = 20 \text{ mm}$

$$\text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} T_t = 188,88 \text{ N} \\ T_r = 68,74 \text{ N} \\ P_t = 1176,47 \text{ N} \\ P_r = 428,20 \text{ N} \\ y_1 = -1040,26 \text{ N} \\ y_2 = -325,08 \text{ N} \\ z_1 = -378,62 \text{ N} \\ z_2 = -118,32 \text{ N} \end{cases}$$

➤ Arbre moteur :



• Action du moteur :

$$\{z_0\}_I = \begin{Bmatrix} 0 & / & c \\ 0 & / & 0 \\ 0 & / & 0 \end{Bmatrix}_I \quad \text{Avec } c = P / \omega_m = F \cdot V / \omega_m = 0.85 \text{ N.m}$$

• **Action du 1<sup>er</sup> roulement :**

$$\text{on a } \{z_1\}_{o_1} = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_1 & 0 \\ z_1 & 0 \end{array} \right\}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_I &= \vec{M}_{o_1} + \vec{IO}_1 \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - b \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= -b \cdot y_1 \cdot \vec{k} + b \cdot z_1 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_1\}_I = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_1 & b \cdot z_1 \\ z_1 & -b \cdot y_1 \end{array} \right\}_I$$

• **Action du 2<sup>ème</sup> roulement :**

$$\text{on a } \{z_2\}_{o_2} = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_2 & 0 \\ z_2 & 0 \end{array} \right\}_{o_2}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_I &= \vec{M}_{o_2} + \vec{IO}_2 \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 + d \cdot \vec{i} \wedge (y_2 \cdot \vec{j} + z_2 \cdot \vec{k}) \\ &= d \cdot y_2 \cdot \vec{k} - d \cdot z_2 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_2\}_I = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_2 & -d \cdot z_2 \\ z_2 & d \cdot y_2 \end{array} \right\}_I$$

• **Action de l'engrenage 1 :**

$$\text{on a } \{z_3\}_o = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ F_t & 0 \\ F_r & 0 \end{array} \right\}_o \quad \text{avec } o : \text{point de contact entre l'engrenage 1 et l'engrenage 2}$$

$$\begin{aligned} \text{et comme } \vec{M}_I &= \vec{M}_o + \vec{IO} \wedge (F_t \cdot \vec{j} + F_r \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - R_1 \cdot \vec{k} \wedge (F_t \cdot \vec{j} + F_r \cdot \vec{k}) \quad \text{avec } R_1 : \text{rayon de l'engrenage 1} \\ &= R_1 \cdot F_t \cdot \vec{i} \end{aligned}$$

$$\text{Donc on a : } \{z_3\}_I = \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & R_1 \cdot F_t \\ F_t & 0 \\ F_r & 0 \end{array} \right\}_I$$

On applique le principe fondamental de la statique au point I on obtient :

$$\sum_{i=0}^3 \{z_i\}_I = \{0\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & c \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_I + \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_1 & b \cdot z_1 \\ z_1 & -b \cdot y_1 \end{array} \right\}_I + \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & 0 \\ y_2 & -d \cdot z_2 \\ z_2 & d \cdot y_2 \end{array} \right\}_I + \left\{ \begin{array}{l|l} 0 & R_1 \cdot F_t \\ F_t & 0 \\ F_r & 0 \end{array} \right\}_I = \{0\}$$

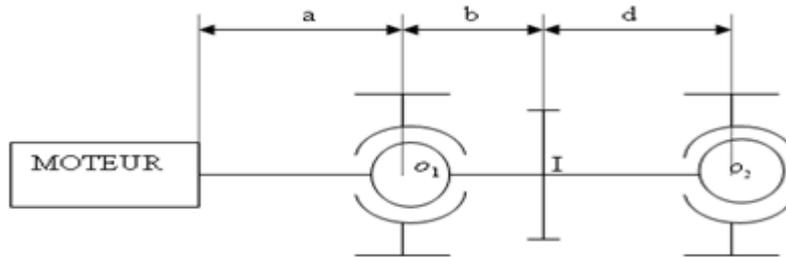
$$\text{Alors } \begin{cases} y_1 + y_2 + F_t = 0 \\ z_1 + z_2 + F_r = 0 \\ c + R_1 \cdot F_t = 0 \\ b \cdot z_1 - d \cdot z_2 = 0 \\ -b \cdot y_1 + d \cdot y_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c = R_1 \cdot F_t \\ F_r = F_t \cdot \tan \alpha \\ y_1 = \frac{-F_t \cdot d}{d + b} \\ y_2 = \frac{-F_t \cdot b}{d + b} \\ z_1 = \frac{-F_r \cdot d}{d + b} \\ z_2 = \frac{-F_r \cdot b}{d + b} \end{cases}$$

avec  $F_t = -T_t$  et  $F_r = -T_r$

$$\text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} F_t = -188,88 \text{ N} \\ F_r = -68,74 \text{ N} \\ c = 1,13 \text{ N.m} \\ y_1 = 94,44 \text{ N} \\ y_2 = 34,37 \text{ N} \\ z_1 = 34,37 \text{ N} \\ z_2 = 12,50 \text{ N} \end{cases} \text{ avec } \begin{cases} R_1 = 6 \text{ mm} \\ a = b = d = 25 \text{ mm} \end{cases}$$

**V. Calcul des différentes sollicitations par la Méthode des sections :**

➤ Arbre moteur :



- Soit  $0 \leq x < a$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts extérieurs sont : Action du moteur :  $\{z_o\}_o = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} / \begin{pmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_o$

- les efforts intérieurs sont : Torseur de cohésion :  $\{z_c\}_o = \begin{pmatrix} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{pmatrix} / \begin{pmatrix} M_t \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{pmatrix}_o$

avec : o point du segment  $[0, a]$

On applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_o\}_o + \{z_c\}_o = \{\vec{0}\}_o \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 0 \\ T_2 = 0 \\ M_{f1} = 0 \\ M_{f2} = 0 \\ M_t = -c \end{cases}$$

$$\text{or } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \quad \text{et } M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2} \quad \text{alors : } \begin{cases} |T| = 0 \\ |M_f| = 0 \\ |M_t| = c = 1,13 \end{cases}$$

▪ Soit  $a \leq x < a+b$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts intérieurs sont :

$$\bullet \text{ Torseur de cohésion : } \{z_c\}_o = \begin{Bmatrix} 0 & / & M_t \\ T_1 & / & M_{f1} \\ T_2 & / & M_{f2} \end{Bmatrix}_o \quad \text{avec : o point du segment } [a, a + b]$$

- les efforts extérieurs sont :

$$\bullet \text{ Action du moteur : } \{z_o\}_o = \begin{Bmatrix} 0 & / & c \\ 0 & / & 0 \\ 0 & / & 0 \end{Bmatrix}_o$$

$$\bullet \text{ Action du premier roulement : } \{z_1\}_{o_1} = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_1 & / & 0 \\ z_1 & / & 0 \end{Bmatrix}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{or } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_1} + \overrightarrow{OO_1} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - x \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= -x \cdot y_1 \cdot \vec{k} + x \cdot z_1 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_1\}_o = \begin{Bmatrix} 0 & / & 0 \\ y_1 & / & x \cdot z_1 \\ z_1 & / & -x \cdot y_1 \end{Bmatrix}_o$$

on applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_o\}_o + \{z_c\}_o + \{z_1\}_o = \{\vec{0}\}_o \Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 \\ T_2 = -z_1 \\ M_{f1} = -x \cdot z_1 \\ M_{f2} = +x \cdot y_1 \\ M_t = -c \end{cases}$$

$$\text{or } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \quad \text{et } M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2} \quad \text{alors :}$$

$$\begin{cases} |T| = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} \\ |M_f| = \sqrt{x^2 (y_1^2 + z_1^2)} = T \cdot |x| \\ |M_t| = c \end{cases} \quad \text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} |T| = 100,50 \\ |M_f| = 100,50 \cdot |x| \\ |M_t| = 1,13 \end{cases}$$

- Soit  $a+b \leq x < a+b+d$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts intérieurs sont :

$$\bullet \text{ Tenseur de cohésion } : \{z_c\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{array} / \begin{array}{l} M_{t1} \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{array} \right\}_o$$

avec : o point du segment  $[a + b, a + b + d]$

- les efforts extérieurs sont :

$$\bullet \text{ Action du moteur } : \{z_0\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} / \begin{array}{l} c \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_o$$

$$\bullet \text{ Action du premier roulement } : \{z_1\}_{o_1} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{or } \vec{M}_o &= \vec{M}_{o_1} + \vec{OO}_1 \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= 0 - (x + b) \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k}) \\ &= - (x + b) \cdot y_1 \cdot \vec{k} + (x + b) \cdot z_1 \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_1\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} / \begin{array}{l} 0 \\ (x + b) \cdot z_1 \\ - (x + b) \cdot y_1 \end{array} \right\}_o$$

$$\bullet \text{ Action de l'engrenage 1 } : \{z_3\}_1 = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ F_t \\ F_r \end{array} / \begin{array}{l} R_1 \cdot F_t \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_1$$

$$\begin{aligned} \text{or } \vec{M}_o &= \vec{M}_1 + \vec{OI} \wedge (F_t \cdot \vec{j} + F_r \cdot \vec{k}) \\ &= R_1 \cdot F_t \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{i} \wedge (F_t \cdot \vec{j} + F_r \cdot \vec{k}) \\ &= R_1 \cdot F_t \cdot \vec{i} - x \cdot F_t \cdot \vec{k} + x \cdot F_r \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_3\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ F_t \\ F_r \end{array} / \begin{array}{l} R_1 \cdot F_t \\ x \cdot F_r \\ - x \cdot F_t \end{array} \right\}_o$$

on applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_0\}_o + \{z_c\}_o + \{z_1\}_o + \{z_3\}_o = \{\vec{0}\}_o \Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 - F_t \\ T_2 = -z_1 - F_r \\ M_{f1} = -(x + b) \cdot z_1 - x \cdot F_r \\ M_{f2} = (x + b) \cdot y_1 + x \cdot F_t \\ M_t = -c - R_1 \cdot F_t \end{cases}$$

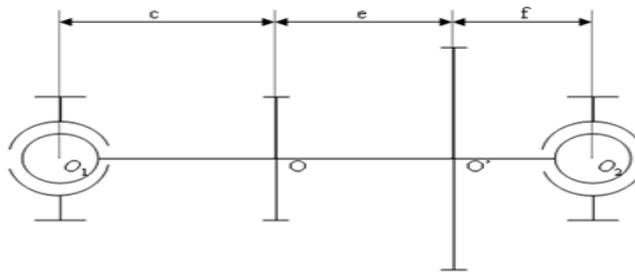
or  $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$  et  $M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$

alors :

$$\begin{cases} |T| = \sqrt{(y_1 + F_t)^2 + (z_1 + F_r)^2} \\ |M_f| = \sqrt{((x + b).z_1 + x.F_r)^2 + ((x + b).y_1 + x.F_t)^2} \\ |M_t| = |c + R_1.F_t| \end{cases}$$

A.N  $\Rightarrow \begin{cases} |T| = 100,50 \\ |M_f| = |100,50.x - 7,53| \\ |M_t| = 0 \end{cases}$

➤ Arbre intermédiaire :



- Soit  $0 \leq x < c$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts intérieurs sont :

- Torseur de cohésion :  $\{z_c\}_o = \begin{Bmatrix} 0 \\ T_1 \\ T_2 \\ M_{f1} \\ M_{f2} \\ M_t \end{Bmatrix}_o$

- les efforts extérieurs sont :

- Action du premier roulement :  $\{z_1\}_{o_1} = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_{o_1}$

or  $\vec{M}_o = \vec{M}_{o_1} + \overrightarrow{OO_1} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k})$

$$= 0 - x \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k})$$

$$= -x \cdot y_1 \cdot \vec{k} + x \cdot z_1 \cdot \vec{j}$$

$\Rightarrow \{z_1\}_o = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \\ 0 \\ -x \cdot z_1 \\ -x \cdot y_1 \end{Bmatrix}_o$  avec : o point du segment  $[0, c]$

on applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_c\}_o + \{z_1\}_o = \vec{0}_o$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 \\ T_2 = -z_1 \\ M_{f1} = -x \cdot z_1 \\ M_{f2} = x \cdot y_1 \\ M_t = 0 \end{cases}$$

or  $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$  et  $M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$

alors : 
$$\begin{cases} |T| = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} \\ |M_f| = \sqrt{x^2(y_1^2 + z_1^2)} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} \cdot |x| \\ |M_{f1}| = 0 \end{cases}$$

A.N  $\Rightarrow \begin{cases} |T| = 1107,02 \\ |M_f| = 1107,02 \cdot |x| \\ |M_{f1}| = 0 \end{cases}$

- Soit  $c \leq x < c+e$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts intérieurs sont :

- Torseur de cohésion :  $\{z_c\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} M_{f1} \\ M_{f2} \end{Bmatrix}_G$

- les efforts extérieurs sont :

- Action du premier roulement :  $\{z_1\}_{o_1} = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_{o_1}$

or  $\vec{M}_G = \vec{M}_{o_1} + \vec{GO}_1 \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k})$

$$= 0 - (x + c) \cdot \vec{i} \wedge (y_1 \cdot \vec{j} + z_1 \cdot \vec{k})$$

$$= - (x + c) \cdot y_1 \cdot \vec{k} + (x + c) \cdot z_1 \cdot \vec{j}$$

$\Rightarrow \{z_1\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} 0 \\ (x + c) \cdot z_1 \\ - (x + c) \cdot y_1 \end{Bmatrix}_G$

- Action de l'engrenage 2' :  $\{z_{2'}\}_o = \{z_{2'}\}_o = \begin{Bmatrix} 0 \\ P_t \\ P_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} R_{2'} \cdot P_t \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_o$

or  $\vec{M}_G = \vec{M}_o + \vec{GO} \wedge (P_t \cdot \vec{j} + P_r \cdot \vec{k})$

$$= R_{2'} \cdot P_t \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{i} \wedge (P_t \cdot \vec{j} + P_r \cdot \vec{k})$$

$$= R_{2'} \cdot P_t \cdot \vec{i} - x \cdot P_t \cdot \vec{k} + x \cdot P_r \cdot \vec{j}$$

$\Rightarrow \{z_{2'}\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ P_t \\ P_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} R_{2'} \cdot P_t \\ x \cdot P_r \\ - x \cdot P_t \end{Bmatrix}_G$  avec : G point du segment  $[c, c + e]$

on applique le principe fondamental de la statique au point G on obtient :

$$\{z_c\}_G + \{z_1\}_G + \{z_{2'}\}_G = \vec{0}_G \Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 - F_t \\ T_2 = -z_1 - F_r \\ M_{f1} = -(x + c) \cdot z_1 - x \cdot P_r \\ M_{f2} = (x + c) \cdot y_1 + x \cdot P_t \\ M_t = -R_{2'} \cdot P_t \end{cases}$$

$$\text{or } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \quad \text{et } M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$$

$$\text{alors : } \begin{cases} |T| = \sqrt{(y_1 + P_t)^2 + (z_1 + P_r)^2} \\ |M_f| = \sqrt{((x + c)y_1 + x.P_t)^2 + (x.P_r + (x + c)z_1)^2} \\ |M_t| = R_2.P_t \end{cases}$$

$$\text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} |T| = 144,95 \\ |M_f| = |144,95.x + 11,59| \\ |M_t| = 10.29 \end{cases}$$

- Soit  $c+e \leq x < c+e+f$ :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les effort interieurs sont :

$$\bullet \text{ Torseur de cohésion : } \{z_c\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} M_t \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{Bmatrix}_G$$

- les effort extérieurs sont :

$$\bullet \text{ Action du premier roulement : } \{z_1\}_{o_1} = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_{o_1}$$

$$\begin{aligned} \text{or } \vec{M}_G &= \vec{M}_{o_1} + \overrightarrow{GO_1} \wedge (y_1.\vec{j} + z_1.\vec{k}) \\ &= 0 - (x + c + e).\vec{i} \wedge (y_1.\vec{j} + z_1.\vec{k}) \\ &= -(x + c + e).y_1.\vec{k} + (x + c + e).z_1.\vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_1\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} 0 \\ (x + c + e).z_1 \\ -(x + c + e).y_1 \end{Bmatrix}_G$$

$$\bullet \text{ Action de l'engrenage } 2' : \{z_{2'}\}_o = \{z_{2'}\}_o = \begin{Bmatrix} 0 \\ P_t \\ P_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} R_2.P_t \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_o$$

$$\begin{aligned} \text{or } \vec{M}_G &= \vec{M}_o + \overrightarrow{GO} \wedge (P_t.\vec{j} + P_r.\vec{k}) \\ &= R_2.P_t.\vec{i} - (x + e).\vec{i} \wedge (P_t.\vec{j} + P_r.\vec{k}) \\ &= R_2.P_t.\vec{i} - (x + e).P_t.\vec{k} + (x + e).P_r.\vec{j} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \{z_2\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ P_t \\ P_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} R_2.P_t \\ (x + e).P_r \\ -(x + e).P_t \end{Bmatrix}_G \quad \text{avec : } G \text{ point du segment } [c + e, c + e + f]$$

• Action de l'engrenage 2 :  $\{z_2\}_{O'} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_t \\ T_r \end{array} \middle/ \begin{array}{l} R_2 \cdot T_t \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{O'}$

or  $\vec{M}_G = \vec{M}_{O'} + \vec{GO}' \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k})$   
 $= R_2 \cdot T_t \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{i} \wedge (T_t \cdot \vec{j} + T_r \cdot \vec{k})$   
 $= R_2 \cdot P_t \cdot \vec{i} - x \cdot T_t \cdot \vec{k} + x \cdot T_r \cdot \vec{j}$

$\Rightarrow \{z_2\}_G = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_t \\ T_r \end{array} \middle/ \begin{array}{l} R_2 \cdot T_t \\ x \cdot T_r \\ -x \cdot T_t \end{array} \right\}_G$

on applique le principe fondamental de la statique au point G on obtient :

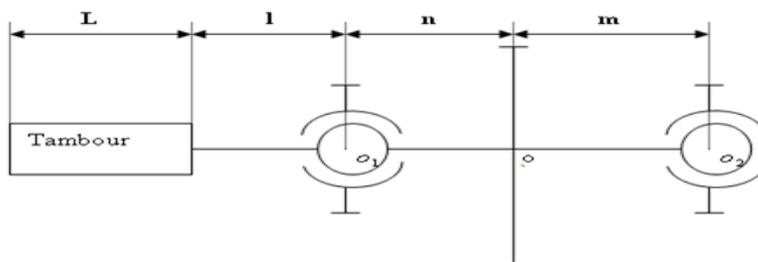
$$\{z_c\}_G + \{z_1\}_G + \{z_2\}_G + \{z_2\}_G = \vec{0}_G \Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 - T_t - P_t \\ T_2 = -z_1 - T_r - P_r \\ M_{f1} = -(x+c+e) \cdot z_1 - x \cdot T_r - (x+e) \cdot P_r \\ M_{f2} = (x+c+e) \cdot y_1 + x \cdot T_t + (x+e) \cdot P_t \\ M_t = -R_2 \cdot P_t - R_2 \cdot T_t \end{cases}$$

or  $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$  et  $M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$

alors :  $\begin{cases} |T| = \sqrt{(y_1 + T_t + P_t)^2 + (z_1 + T_r + P_r)^2} \\ |M_f| = \sqrt{((x+c+e) \cdot y_1 + x \cdot T_t + (x+e) \cdot P_t)^2 + ((x+e) \cdot P_r + x \cdot T_r + (x+c+e) \cdot z_1)^2} \\ |M_t| = R_2 \cdot P_t + R_2 \cdot T_t \end{cases}$

A.N  $\Rightarrow \begin{cases} |T| = 345,95 \text{ N} \\ |M_f| = |345,95 \cdot x + 36,32| \\ |M_t| = 43,92 \end{cases}$

➤ Arbre tambour :



▪ Soit  $0 \leq x < L+l$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les effort interieurs sont :

• Torseur de cohésion :  $\{z_c\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{array} \middle/ \begin{array}{l} M_t \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{array} \right\}_o$

- les effort exterieurs sont :

$$\bullet \text{ Action du tambour : } \{z_4\}_G = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F \end{array} \middle/ \begin{array}{l} -F.(R + 2.r) \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_G$$

$$\text{or } \vec{M}_o = \vec{M}_G + \vec{GO} \wedge (-F.\vec{k})$$

$$= -F.(R + 2.r) \vec{i} - x.\vec{i} \wedge (-F.\vec{k})$$

$$= -F.(R + 2.r).\vec{i} - (x - L/2).F.\vec{j}$$

$$\Rightarrow \{z_4\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F \end{array} \middle/ \begin{array}{l} -F.(R + 2.r) \\ -(x - L/2).F \\ 0 \end{array} \right\}_o \text{ avec : } o \text{ point du segment } [0, L + 1]$$

on applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_c\}_o + \{z_4\}_o = \{\vec{0}\}_o$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1 = 0 \\ T_2 = F \\ M_{f1} = (x - L/2).F \\ M_{f2} = 0 \\ M_t = F.(R + 2.r) \end{cases}$$

$$\text{or } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \text{ et } M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$$

$$\text{alors : } \begin{cases} |T| = \sqrt{0 + F^2} = F \\ |M_f| = \sqrt{((x - L/2).F)^2} = F.(x - L/2) \\ |M_t| = F.(R + 2.r) \end{cases}$$

$$\text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} |T| = 1250 \\ |M_f| = |1250.x - 100| \\ |M_t| = 50 \end{cases}$$

- Soit  $L+1 \leq x < L+1+n$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts interieurs sont :

$$\bullet \text{ Torseur de cohésion : } \{z_c\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{array} \middle/ \begin{array}{l} M_t \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{array} \right\}_o$$

- les efforts exterieurs sont :

$$\bullet \text{ Action du tambour : } \{z_4\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -F \end{array} \middle/ \begin{array}{l} -F.(R + 2.r) \\ -(x + L/2 + 1).F \\ 0 \end{array} \right\}_o$$

$$\bullet \text{ Action du premier roulement : } \{z_1\}_o = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{array} \middle/ \begin{array}{l} 0 \\ x.z_1 \\ -x.y_1 \end{array} \right\}_o$$

avec : o point du segment  $[L + 1, L + 1 + n]$

on applique le principe fondamental de la statique au point o on obtient :

$$\{z_c\}_o + \{z_1\}_o + \{z_4\}_o = \{0\}_o$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1 = y_1 \\ T_2 = F - z_1 \\ M_{f1} = (x + L/2 + l).F - x.z_1 \\ M_{f2} = x.y_1 \\ M_t = F.(R + 2.r) \end{cases}$$

or  $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$  et  $M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$

alors :

$$\begin{cases} |T| = \sqrt{y_1^2 + (F - z_1)^2} \\ |M_f| = \sqrt{(x.y_1)^2 + ((x + L/2 + l).F - x.z_1)^2} \\ |M_t| = F.(R + 2.r) \end{cases}$$

A.N  $\Rightarrow \begin{cases} |T| = 1245,05 \text{ N} \\ |M_f| = |1245,05.x + 100| \\ |M_t| = 50 \end{cases}$

▪ Soit  $L+l+n \leq x < L+l+n+m$  :

Les efforts appliqués sur ce tronçon sont :

- les efforts intérieurs sont :

• Torseur de cohésion :  $\{z_c\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ T_1 \\ T_2 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} M_t \\ M_{f1} \\ M_{f2} \end{Bmatrix}_G$

- les efforts extérieurs sont :

• Action du tambour :  $\{z_1\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -F \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} -F.(R + 2.r) \\ -(x + L/2 + l + n).F \\ 0 \end{Bmatrix}_G$

• Action du premier roulement :  $\{z_2\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} 0 \\ (x + n).z_1 \\ -(x + n).y_1 \end{Bmatrix}_G$

• Action de l'engrenage 3 :  $\{z_3\}_o = \begin{Bmatrix} 0 \\ R_t \\ R_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} -R_3.R_t \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_o$

$$\Rightarrow \{z_3\}_G = \begin{Bmatrix} 0 \\ R_t \\ R_r \end{Bmatrix} / \begin{Bmatrix} -R_3.R_t \\ x.R_r \\ -x.R_t \end{Bmatrix}_G \text{ avec : } G \text{ point du segment } [L + l, L + l + n]$$

on applique le principe fondamental de la statique au point G on obtient :

$$\{z_c\}_G + \{z_1\}_G + \{z_2\}_G + \{z_3\}_G = \{0\}_G$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1 = -y_1 - R_t \\ T_2 = F - z_1 - R_r \\ M_{f1} = (x + L/2 + l + n).F - (x + n).z_1 - x.R_r \\ M_{f2} = (x + n).y_1 + x.R_t \\ M_t = F.(R + 2.r) + R_3.R_t \end{cases}$$

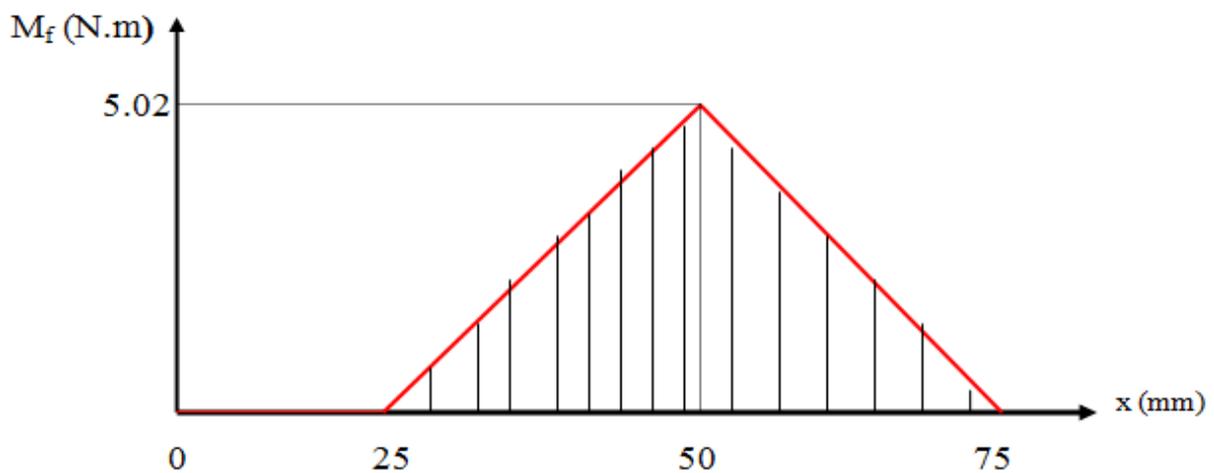
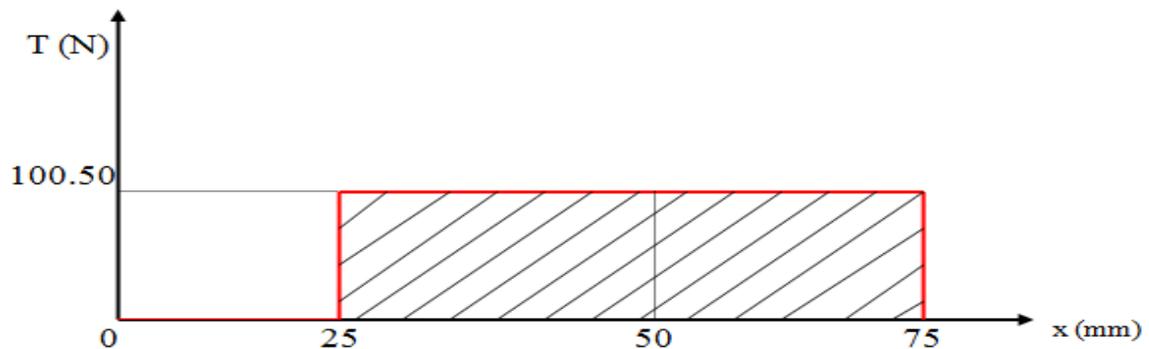
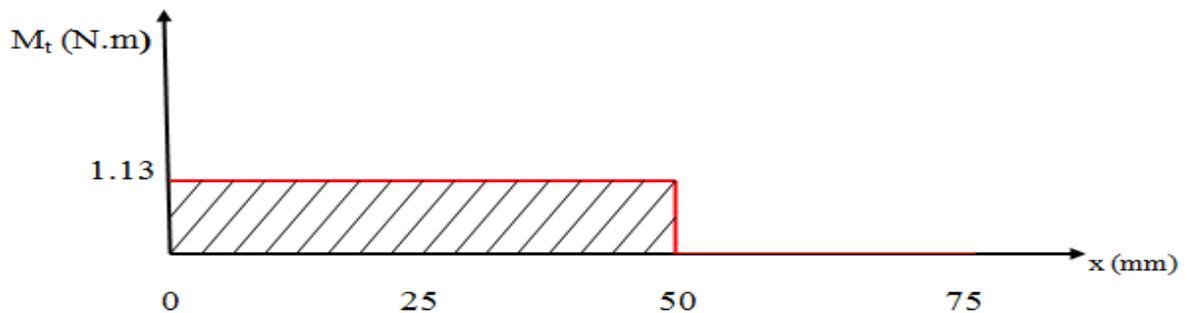
$$\text{or } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \quad \text{et } M_f = \sqrt{M_{f1}^2 + M_{f2}^2}$$

$$\text{alors : } \begin{cases} |T| = \sqrt{(y_1 + R_t)^2 + (F - z_1 - R_r)^2} \\ |M_f| = \sqrt{((x + L/2 + l + n).F - (x + n).z_1 - x.R_r)^2 + ((x + n).y_1 + x.R_t)^2} \\ |M_t| = F.(R + 2.r) + R_3.R_t \end{cases}$$

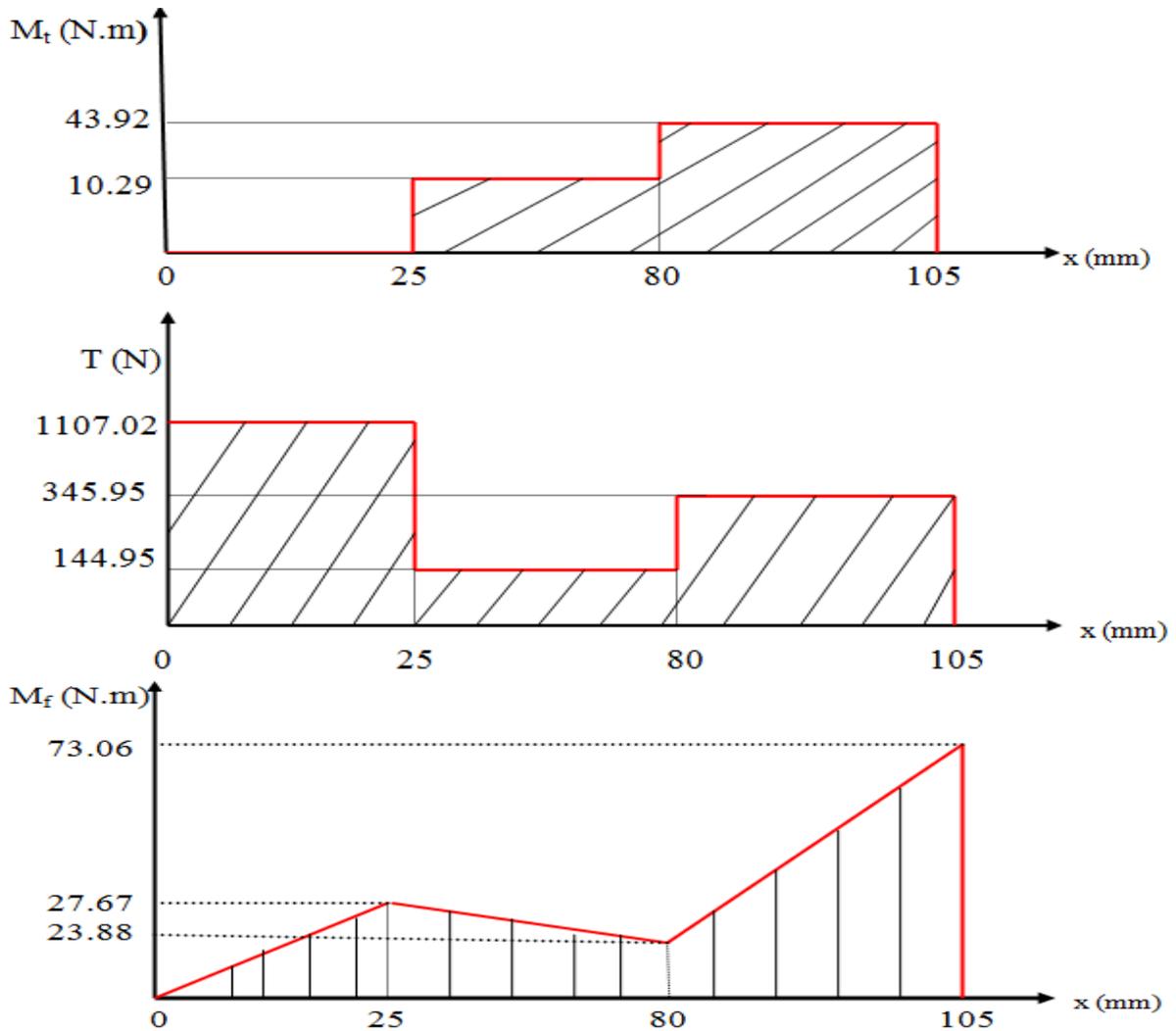
$$\text{A.N } \Rightarrow \begin{cases} |T| = 1635,02 \\ |M_f| = |1635,02.x - 159,36| \\ |M_t| = 0 \end{cases}$$

## VI. Représentation des différentes sollicitations :

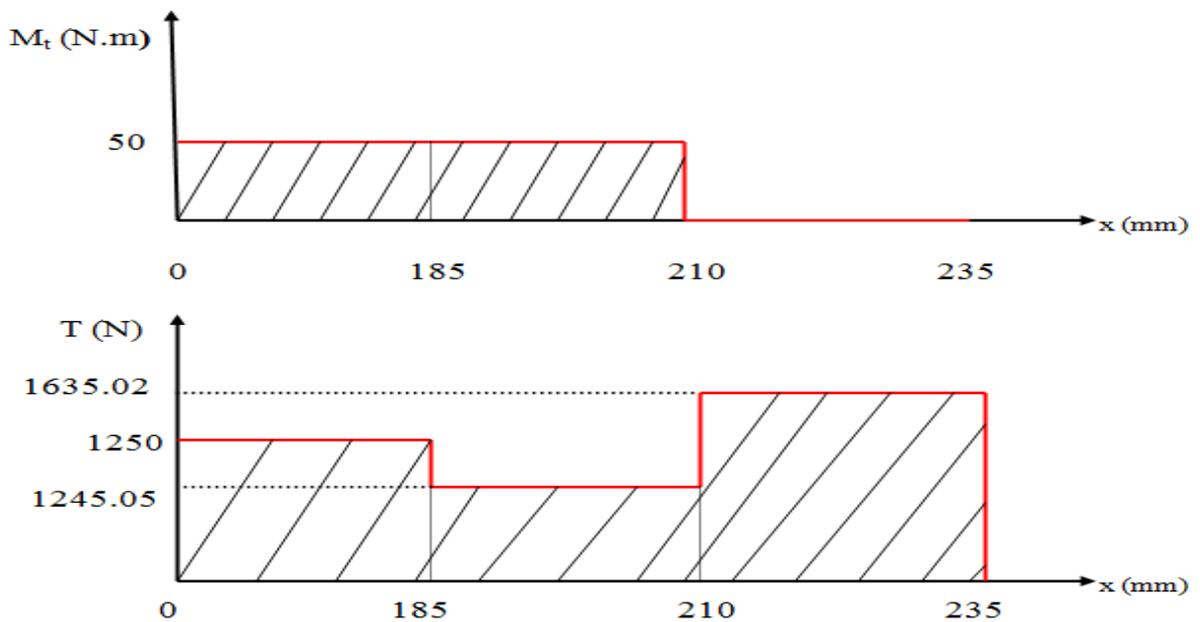
➤ Arbre Moteur :

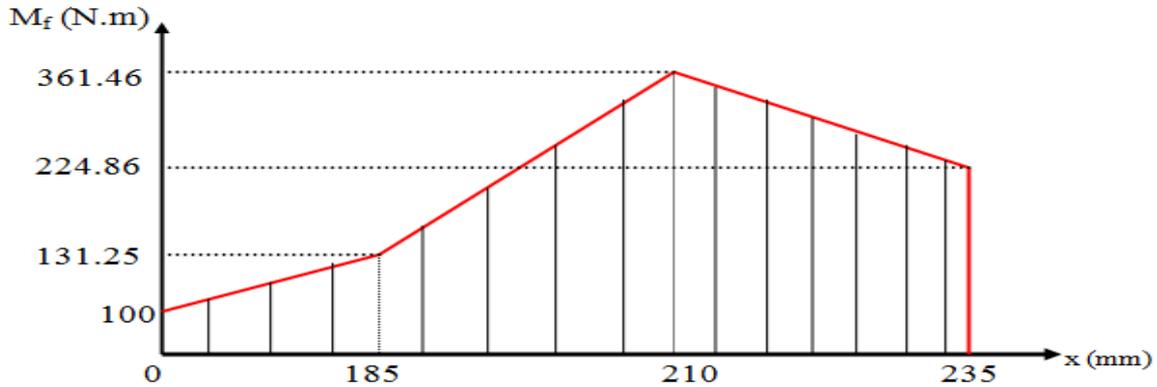


➤ Arbre intermédiaire :



➤ Arbre Tambour :





### VII. Calcul des diamètres des arbres :

Pour chercher le diamètre minimal des arbres qui résiste aux différentes sollicitations, on a choisi comme matériau pour ses arbres d'après le livre « calcul-construction industrielle » l'acier pour traitement thermique suivant « **XC 38 (38C2)** » et qui possède les caractéristiques suivantes :

Nuance	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>e</sub> (MPa)	A %
XC38 (38C2)	750	560	14

**Utilisation :** En construction mécanique générale, **pièces de petites et moyennes dimensions soumises a des efforts modérés**, vilebrequins bielles, **arbres**, essieux colonnes de presses, pièces de machines outils broches, arbres .... Etc.

Pour des raisons de sécurité, on prend un coefficient de sécurité  $s = 5$

Selon le critère de “**VON-MISES**” pour un système soumis à une **flexion** (générant une contrainte normale maximale  $\sigma_{\max}$ ) et à une **torsion** (générant une cission maximale  $\tau_{\max}$ ) on a la relation suivante (forme de Huber) :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{tx} + \sigma_{fx})^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$$

$$\text{Or } \begin{cases} \sigma_{tx} = N \\ \sigma_{fx} = \frac{32 \cdot M_{f_{\max}}}{\pi \cdot d_{\min}^3} \\ \tau_{xy} = \frac{16 \cdot M_{t_{\max}}}{\pi \cdot d_{\min}^3} \end{cases} \text{ avec } \begin{cases} N = 0 \text{ pas d'effort de traction} \\ M_{f_{\max}} : \text{Moment de flexion de la section dangereuse} \\ M_{t_{\max}} : \text{Moment de torsion de la section dangereuse} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32 \cdot M_{f_{\max}}}{\pi \cdot d_{\min}^3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot M_{t_{\max}}}{\pi \cdot d_{\min}^3}\right)^2}$$

Or  $\sigma_{eq} \leq R_{pe}$  (domaine élastique) où  $R_{pe} = \frac{R_e}{s}$  avec  $\begin{cases} R_e : \text{limite élastique du matériau} \\ s : \text{coefficient de sécurité} \end{cases}$

$$\text{Alors } \sigma_{eq}^2 \leq \left(\frac{R_e}{s}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{32.M_{f_{max}}}{\pi.d_{min}^3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16.M_{t_{max}}}{\pi.d_{min}^3}\right)^2 \leq \left(\frac{R_e}{s}\right)^2$$

$$\text{Soit } \left(\frac{32.M_{f_{max}}}{\pi.d_{min}^3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16.M_{t_{max}}}{\pi.d_{min}^3}\right)^2 = \left(\frac{R_e}{s}\right)^2 \Rightarrow d_{min}^6 = \frac{s^2}{(\pi.R_e)^2} \left[ (32.M_{f_{max}})^2 + 3.(16.M_{t_{max}})^2 \right]$$

$$\text{donc } \left[ d_{min} = \sqrt[6]{\frac{s^2}{(\pi.R_e)^2} \left[ (32.M_{f_{max}})^2 + 3.(16.M_{t_{max}})^2 \right]} \right] \quad \text{Relation (I)}$$

➤ Arbre moteur :

$$\text{On a d'après la relation (I) } d_{min} = \sqrt[6]{\frac{s^2}{(\pi.R_e)^2} \left[ (32.M_{f_{max}})^2 + 3.(16.M_{t_{max}})^2 \right]}$$

Or d'après le diagramme représentant l'évolution du moment on a la section dangereuse correspond à  $M_{f_{max}} = 5.02 \text{ N.m}$  et  $M_{t_{max}} = 1.13 \text{ N.m}$

Comme on  $R_e = 560 \text{ MPa}$  et  $s = 5$

$$\text{A.N } \Rightarrow \boxed{d_{min} = 7.749 \text{ mm}}$$

➤ Arbre intermédiaire :

$$\text{On a d'après la relation (I) } d_{min} = \sqrt[6]{\frac{s^2}{(\pi.R_e)^2} \left[ (32.M_{f_{max}})^2 + 3.(16.M_{t_{max}})^2 \right]}$$

Or d'après le diagramme représentant l'évolution du moment on a la section dangereuse correspond à  $M_{f_{max}} = 73.06 \text{ N.m}$  et  $M_{t_{max}} = 43.92 \text{ N.m}$

Comme on  $R_e = 560 \text{ MPa}$  et  $s = 5$

$$\text{A.N } \Rightarrow \boxed{d_{min} = 18.977 \text{ mm}}$$

➤ Arbre tambour :

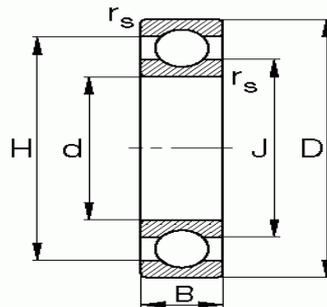
$$\text{On a d'après la relation (I) } d_{min} = \sqrt[6]{\frac{s^2}{(\pi.R_e)^2} \left[ (32.M_{f_{max}})^2 + 3.(16.M_{t_{max}})^2 \right]}$$

Or d'après le diagramme représentant l'évolution du moment on a la section dangereuse correspond à  $M_{f_{max}} = 361.46 \text{ N.m}$  et  $M_{t_{max}} = 50 \text{ N.m}$

$$\text{Comme on } R_e = 560 \text{ MPa} \text{ et } s = 5 \quad \text{A.N } \Rightarrow \boxed{d_{min} = 32.11 \text{ mm}}$$

### VIII. Choix des roulements :

On adopte les roulements à bille rigide à une rangée de billes car ce type de roulement est le plus adéquat à notre cas parce qu'on a que des charges radiales. Alors d'après le catalogue constructeur « **FAG** » roulement à billes à gorges profondes à une rangée de billes on a choisi les roulements qui ont les caractéristiques suivantes :



➤ Arbre moteur :

Référence « FAG »	Série	Arbre	Dimension (mm)			Capacités de charge (KN)		Vitesse Limite ( $\text{min}^{-1}$ )	H (mm)	J (mm)	$r_s$ (mm)
			d	D	B	C	$C_0$				
6000	60	10	10	26	8	4.55	1.96	34000	21.39	14.65	0.3

Remarque : Ce choix est pour les deux roulements.

➤ Arbre intermédiaire :

Référence « FAG »	Série	Arbre	Dimension (mm)			Capacités de charge (KN)		Vitesse Limite ( $\text{min}^{-1}$ )	H (mm)	J (mm)	$r_s$ (mm)
			d	D	B	C	$C_0$				
6004	60	20	20	42	12	9.3	5	20000	35.47	26.6	0.6

Remarque : Ce choix est pour les deux roulements.

➤ Arbre tambour :

Référence « FAG »	Série	Arbre	Dimension (mm)			Capacités de charge (KN)		Vitesse Limite ( $\text{min}^{-1}$ )	H (mm)	J (mm)	$r_s$ (mm)
			d	D	B	C	$C_0$				
6007	60	35	35	62	14	16	10.2	28000	53.27	43.2	1

Remarque : Ce choix est pour les deux roulements.

## IX. Validation des choix des roulements :

La durée de vie des roulements destiné à l'emploi pour des palans électrique est comprise entre :

$$1000 \text{ h} \leq L_{10h} \leq 15000 \text{ h}$$

Comme

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60.n} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^\beta$$

Avec :  $\beta = 3$  (Utilisation des roulements à billes)

P : la Force équivalente  $P = Fr$  (Car on a que des charges radiales)

Comme

$$F_r = \sqrt{y^2 + z^2} \quad \text{alors} \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60.n} \cdot \left( \frac{C}{\sqrt{y^2 + z^2}} \right)^3$$

### 1. Arbre moteur :

#### ➤ Premier roulement :

on a  $F_{r1} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$  or  $y_1 = 94.44 \text{ N}$  et  $z_1 = 34.37 \text{ N}$

A.N  $\Rightarrow F_{r1} = 100.50 \text{ N} \Rightarrow P = 100.50 \text{ N}$

or  $C = 4.55 \text{ KN}$  et  $n_m = 1403.21 \text{ tr/min}$

alors A.N  $\Rightarrow L_{10} (h) = 1,10.10^6 \text{ h}$

Comme  $L_{10}(h) > 1000 \text{ h}$  alors **le choix de roulement est validé.**

#### ➤ Deuxième roulement :

on a  $F_{r2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$  or  $y_2 = 34.37 \text{ N}$  et  $z_2 = 12.50 \text{ N}$

A.N  $\Rightarrow F_{r1} = 36.57 \text{ N} \Rightarrow P = 36.57 \text{ N}$

or  $c = 4.55 \text{ KN}$  et  $n_m = 1403.21 \text{ tr/min}$

alors A.N  $\Rightarrow L_{10} (h) = 22,87.10^6 \text{ h}$

Comme  $L_{10}(h) > 1000 \text{ h}$  alors **le choix de roulement est validé.**

### 2. Arbre intermédiaire :

#### ➤ Premier roulement :

on a  $F_{r1} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$  or  $y_1 = -1040.26 \text{ N}$  et  $z_1 = -378.62 \text{ N}$

A.N  $\Rightarrow F_{r1} = 1107.02 \text{ N} \Rightarrow P = 1107.02 \text{ N}$

or  $c = 9.3 \text{ KN}$  et  $n_1 = 154.49 \text{ tr/min}$

alors A.N  $\Rightarrow L_{10} (h) = 63,96 .10^3 \text{ h}$

Comme  $L_{10}(h) > 1000 \text{ h}$  alors **le choix de roulement est validé.**

➤ **Deuxième roulement :**

on a  $F_{r2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$  or  $y_2 = -325.08$  N et  $z_2 = -118.32$  N

A.N  $\Rightarrow F_{r2} = 345.94$  N  $\Rightarrow P = 345.94$  N

or  $c = 9.3$  KN et  $n_1 = 154.49$  tr/min

alors A.N  $\Rightarrow L_{10}(h) = 2,09.10^6$  h

Comme  $L_{10}(h) > 1000$  h alors **le choix de roulement est validé.**

**3. Arbre tambour :**

➤ **Premier roulement :**

on a  $F_{r1} = \sqrt{y_1^2 + z_1^2}$  or  $y_1 = 588.23$  N et  $z_1 = 215.16$  N

A.N  $\Rightarrow F_{r1} = 626.34$  N  $\Rightarrow P = 626.34$  N

or  $c = 16$  KN et  $n_T = 31.81$  tr/min

alors A.N  $\Rightarrow L_{10}(h) = 8,73.10^6$  h

Comme  $L_{10}(h) > 1000$  h alors **le choix de roulement est validé.**

➤ **Deuxième roulement :**

on a  $F_{r2} = \sqrt{y_2^2 + z_2^2}$  or  $y_2 = 588.23$ N et  $z_2 = -152.66$ N

A.N  $\Rightarrow F_{r2} = 607.71$  N  $\Rightarrow P = 607.71$  N

or  $c = 16$  KN et  $n_T = 31.81$  tr/min

alors A.N  $\Rightarrow L(h) = 9,56.10^6$  h

Comme  $L_{10}(h) > 1000$  h alors **le choix de roulement est validé.**