



Table des matières

Table des matières	4
Liste des Figures.....	7
Table des tableaux	8
Introduction générale	9
CHAPITRE I-GENERALITE SUR L' ENTREPRISE	12
I Introduction.....	12
II. Place actuelle du groupe Renault dans le marché Renault	12
III. Présentation de la société	13
3.1 Fiche signalétique de SOMACA	13
3.2. Historique	15
3.3. Organigramme de la société	16
3.4. Département maintenance centrale	17
3.4.1. Organigramme de département maintenance centrale	17
3.4.2. Fonction de la maintenace centrale	17
3.4.3. Mission de la maintenace centrale	18
IV- Process d'assemblage de la SOMACA	19
4.1. Atelier ferrage.....	19
4.2. Atelier peinture	20
4.3 Atelier montage.....	20
conclusion.....	20
CHAPITRE II- PRESENTATION DU SUJET	21
2.1. Exposé du sujet	21
2.2. Présentation du cahier de charge.....	21
2.3. Besoin exprimé	23
2.4. Analyse fonctionnelle.....	24
2.4.1 Analyse du besoin	24
2.4.2 Validation des besoins	24
2.3.3. Recherche les fonctions	25
CHAPITRE III- PRODUCTION D'AIR COMPRIME	26
Introduction	27
3.1. Air comprimé.....	27
3.2. Généralités sur les compresseurs	27
3.2.1. Aperçu les principaux types des compresseurs.....	27
3.3. Compresseurs à SOMACA.....	28
3.3.1 Définition	28
3.3.2. Les centrales de compression à l'atelier peinture.....	28
3.4. Principe de fonctionnement compresseurs exempt d'huile	30
3.5. Mesure des débits des compresseurs.....	31
3.6. Définition de puissance	32
3.7. Puissance spécifiques des compresseurs	33
3.7.1. Généralité.....	33
3.7.2 Définition	33
3.8. Calcul de taux de charge.....	34
3.9. Calcul de débit moyen.....	36



3.10.	Shématisation du circuit de l' air comprimé de l'atelier peinture.....	37
CHAPITRE IV- BEOINS DE L' AIR COMPRIME A L' ATELIER PEINTURE		39
	Introduction	39
4.1	Besoin des lignes de production	39
4.1.1	Besoin en air comprimé de traitement de surface	39
4.2.1.	Besoin en air comprimé de la ligne Cataphorèse	41
4.1.3.	Besoin en air comprimé de la ligne de l'Apprêt	41
4.1.4.	Besoin en air comprimé d'egrainage	43
4.1.5	Besoin en air comprimé de la ligne mastic	43
4.1.6.	Besoin en air comprimé de la ligne de retouche	45
4.1.7.	Besoin en air comprimé de la zone de bouclier	45
4.1.8.	Besoin en air comprimé de la zone de finition peinture	47
4.1.9.	Besoin en air comprimé de la zone de la laque.....	48
4.1.10.	Besoin en air comprimé de la centrale dilution.....	49
4.1.11.	Autre alimentation de l'atelier peinture.....	50
4.2.	Consommation des équipements pneumatiques totale de l'atelier peinture.....	51
4.3.	Calcul du besoin de l'atelier peinture.....	52
4.3.1.	Calcul du besoin maximum	52
4.4.2.	Calcul du besoin réel	52
4.5.3.	Calcul du besoin dans les jours de weekend	53
	Conclusion	54
CHAPITRE V- OPTIMISATION AMELIORATION & DIMENSIONNEMENT		55
	Introduction	55
5.1.	Identification des pertes de la ligne à l'atelier peinture	56
5.2.	Perte de charge à l'atelier peinture.....	60
5.2.1.	Pression d'utilisation	61
5.2.2.	Calcul des pertes de charge	61
5.3.	Shéma optimisé de l'atelier peinture.....	62
5.4.	Dimensionnement de reseaux de distribution d'air comprimé	63
5.4.1.	Méthode du calcul	64
5.7.	Coût perdu énergétique	66
5.8.	Coût des conduites supplémentaires	66
	Conclusion.....	66
CHAPITRE VI- FUITES D' AIR COMPRIME		67
	Introduction	67
6.1.	Détection des fuites à l'atelier peinture.....	67
6.2.	Méthode de calcul les fuites dans l'atelier	68
6.3.	Conclusion	69
CHAPITRE VII-AMELIORATION RESEAU D' AIR COMPRIME		71
	Introduction	71
7.1	Cause des fuites d'air comprimé.....	72
7.2	Recommandation	72
7.3.	Exigence de standard Renault.....	73
7.3.1	Standard Renault pour le refoulement des compresseurs	73
7.3.2	Standard Renault pour le reseau d'air en aval des sécheurs	73
7.3.3	Standard Renault pour le les lignes de départ de la centrale de production	73
7.4	Centralisation des compresseurs.....	74
7.5.	Dimension des reservoirs	75
7.6.	Planification	77



CHAPITRE VIII - TECHNICO-ECONOMIQUE DE LA CENTRALISATION.....	78
Introduction	78
8.1 Coût de controle des fuites	78
8.2 Coût d'investissement des appareils manquants	78
8.3 Indicateur sur la consommation électrique	79
8.4. Indicateur sur le taux des fuites	80
8.5. Rentabilité du projet	80
Conclusion générale.	82
Références bibliographiques	84
ANNEXE	85



Liste des figures

Figure 1.1 : Parts de marché des constructeurs automobiles en 2004 en Europe	12
Figure 1.2 : Usines Renault dans le monde.....	13
Figure 1.3 : Organigramme de SOMACA.....	16
Figure 1.4 : Organigramme de la maintenance centrale	17
Figure 1.5 : Processus de production à la SOMACA	19
Figure 1.6 : Atelier Tôlerie	20
Figure 2.1 : Objectif du problème	22
Figure 2.2 : Analyse du besoin.....	23
Figure 2.3 : Détermination des fonctions.....	24
Figure 3.1 : Le parc des compresseurs à l'atelier peinture	29
Figure 3.2 : les étapes de compression de l'air comprimé	30
Figure 3.3 : Vue interne des compresseurs	30
Figure 3.4 : Représentation graphique de taux de charges	35
Figure 3.5 : Schématisation du circuit d'air comprimé à l'atelier peinture	37
Figure 3.6 : schéma de parc des compresseurs ateliers peinture.....	38
Figure 4.1 : électrovannes & vannes pneumatiques	39
Figure 4.2 : Machine Honeywell	40
Figure 4.3 : Les pistolets pulvérisés	42
Figure 4.4 : Robot de l'apprêt	42
Figure 4.5 : Ponceuse.....	43
Figure 4.6 : pistolets de la ligne de Mastic	43
Figure 4.7 : pompe de Mastic.....	44
Figure 4.8 : machine de Poinçonnage.....	46
Figure 4.9 : Robot de flammage.....	46
Figure 4.10 : Marmites de la ligne de bouclier	47
Figure 4.11 : Machine à bol de la ligne de la laque.....	47
Figure 4.12 : Pistolets de la laque.....	48
Figure 4.13 : les pompes principales & pompes à membranes	49
Figure 4.14 : Différentes consommation des lignes de production à l'atelier peinture.....	51
Figure 5.1 : Identification des pertes de la ligne de traitement de surface	55
Figure 5.2 : Identification des pertes de la ligne de cataphorèse.....	56
Figure 5.3 : Identification des pertes de la ligne de mastic.....	57
Figure 5.4 : Identification des pertes de la ligne bouclier.....	58
Figure 5.5 : Identification des pertes de la ligne de la finition peinture	58
Figure 5.6 : Identification des pertes de la ligne de l'apprêt.....	59
Figure 5.7 : Identification des pertes de la ligne de la laque.....	59
Figure 5.8 : les conduites souterraines de l'atelier	62
Figure 5.9 : Schéma de l'atelier peinture optimisé.....	63
Figure 6.1 : Mesure de la diminution en fonction du temps	68
Figure 7.1 : Conception technique de la production de l'air comprimé	75
Figure 8.1 : Graphique de la consommation électrique souhaitée	79



Liste des tableaux

Tableau 2.1	: Les fonctions principales et les fonctions des contraintes	25
Tableau 3.1	: Caractéristiques des compresseurs de l'atelier peinture	29
Tableau 3.2	: Débit de la sortie des compresseurs	32
Tableau 3.3	: Consommation électrique des compresseurs.....	32
Tableau 3.4	: la puissance spécifique des compresseurs	33
Tableau 3.5	: Représentation graphiques de taux de charge	34
Tableau 3.6	: Evolutionde rendement énergétique de compression à 7 bar.....	34
Tableau 3.7	: Calcul le débit moyen produit par les compresseurs.....	36
Tableau 4.1	: La consommation de l'air comprimé de la ligne de traitement de surface.....	41
Tableau 4.2	: La consommation de l'air comprimé de la ligne de cataphorèse.....	42
Tableau 4.3	: La consommation de l'air comprimé de la ligne de l'apprêt	43
Tableau 4.4	: La consommation de l'air comprimé de la zone d'égrainage	43
Tableau 4.5	: La consommation de l'air comprimé de la ligne de mastic	44
Tableau 4.6	: La consommation de l'air comprimé de zone de retouche	45
Tableau 4.7	: La consommation de l'air comprimé d'accessoire plastiques	47
Tableau 4.8	: La consommation de l'air comprimé de la zone de finition peinture.....	47
Tableau 4.9	: La consommation de l'air comprimé de la ligne de la laque	49
Tableau 4.10	: La consommation de l'air comprimé de la centrale dilution	50
Tableau 4.11	: La consommation de l'air comprimé du bout d'usine.....	50
Tableau 4.12	: La consommation de l'air comprimé Contrôle Livraison Commerciale.....	50
Tableau 4.13	: La consommation totale de l'air comprimé	51
Tableau 4.14	: La consommation maximale de l'air comprimé.....	51
Tableau 4.15	: Le besoin réel de l'atelier peinture	53
Tableau 4.16	: La consommation dans les jours de weekend	54
Tableau 5.1	: Identification des pertes des conduites de traitement de surface	55
Tableau 5.2	: Identification des pertes des conduites de cataphorèse	56
Tableau 5.3	: Identification des pertes des conduites de mastic.....	57
Tableau 5.4	: Identification des pertes des conduites de bouclier	58
Tableau 5.5	: Identification des pertes des conduites de la finition peinture.....	58
Tableau 5.6	: Identification les pertes des conduites de l'apprêt	59
Tableau 5.7	: Identification les pertes des conduites de la laque	60
Tableau 5.8	: Chute de pression à l'atelier peinture	61
Tableau 5.9	: dimensions des conduites.....	65
Tableau 5.10	: Perte des conduites inutiles.....	66
Tableau 6.1	: Les fuites atelier peinture.....	67
Tableau 6.2	: Depense annuelle en énergie due aux fuites	69
Tableau 8.1	: Le prix des équipements de la centralisation des compresseurs	78
Tableau 8.2	: La consommation électrique souhaitée.....	79
Tableau 8.3	: Le nombre des compresseurs fonctionnant à l'atelier peinture.....	80
Tableau 8.4	: Resultat de l'étude	81



Introduction

Dans un milieu industriel de plus en plus 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 tous les dysfonctionnements et les gaspillages existants de la production de l'air comprimé dans ses ateliers ; partant du principe que tout « problème » est une opportunité d'amélioration et doit être abordé comme une chance dans son activité.

L'air comprimé est une forme d'énergie utilisable, c'est une énergie potentielle très utilisée dans les sites de SOMACA. Ses propriétés le rendent irremplaçable dans la mise en œuvre de nombreuses applications de ses lignes de production des caisses ,mais les plus intéressantes sont celles dans lesquelles l'air comprimé entre en concurrence avec d'autres formes d'énergie comme l'électricité.il est nécessaire d'effectuer une analyse précise dans un souci de rentabilité .l'énergie électrique relativement élevée due à la production de l'air comprimé est compensés par des éléments comme la vitesse de travail ,fiabilité .frais de la maintenance.

Donc, les impératifs économiques incitent les utilisateurs à mieux anticiper les coûts de production afin de maîtriser les dépenses en énergie électrique.

Au fur et à mesure que les utilisations de l'air comprimé se développent, SOMACA installe dans son usine des différentes zones centrales d'air comprimé et des réseaux de distribution.

Ainsi la production de l'air comprimé trouve nécessairement des compresseurs pour le produire et pour assurer le fonctionnement de différentes machines pneumatiques par un réseau des conduites métalliques ,dont l'objectif est de transmettre l'énergie pneumatique des compresseurs à faible énergie électrique et de faciliter la source d'alimentation et la maintenance , aussi pour assurer un débit et une pression d'air suffisant et réduire l'énergie électrique consommée par la réduction de nombre de compresseurs à fonctionner et l'élimination des pertes des conduites inutiles à l'atelier peinture.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce Projet Industriel de Fin d'Etudes dont l'objectif est étude technico-économique d'une mise en place d'une centrale air comprimé. Afin de mener à bien ce sujet, j'ai commencé tout d'abord par un diagnostic de l'existant ce qu'on appelle l'état des lieux de l'atelier peinture par l'élaboration une cartographie de réseau d'air comprimé permettant de déceler les pistes de progrès afin de remédier les diverses anomalies au niveau de réseau et la production de l'air comprimé des compresseurs de l'atelier peinture et qui influent sur sa productivité.



Le présent rapport explicite la démarche adoptée afin de répondre à l'objectif de ce sujet. Il est structuré en sept chapitres :

- Le premier chapitre décrit la présentation sur sujet en présentant le cahier de charge de SOMACA, ses objectifs et les moyens utilisés pour son déploiement.
- Le deuxième chapitre vise principalement à refléter sur le calcul de production de l'air comprimé aussi l'état des lieux par la réalisation de la cartographie du circuit d'air comprimé.
- Le troisième chapitre explicite le calcul de besoin de l'air comprimé à l'atelier pour réduire le nombre des compresseurs à fonctionner.
- Quatrième chapitre l'optimisation du schéma en dimensionnant et l'élimination les conduites inutiles aussi les gaspillages d'énergie électriques.
- Le cinquième chapitre d'économiser l'énergie en éliminant les fuites à l'atelier peinture.
- Le sixième chapitre de mettre le point sur les actions d'amélioration et de proposition sur la production de l'air comprimé.
- Le septième chapitre technico-économique de la centralisation des compresseurs.



CHAPITRE I

Généralités

I. INTRODUCTION

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.

II. Place actuelle du groupe Renault dans le marché automobile :

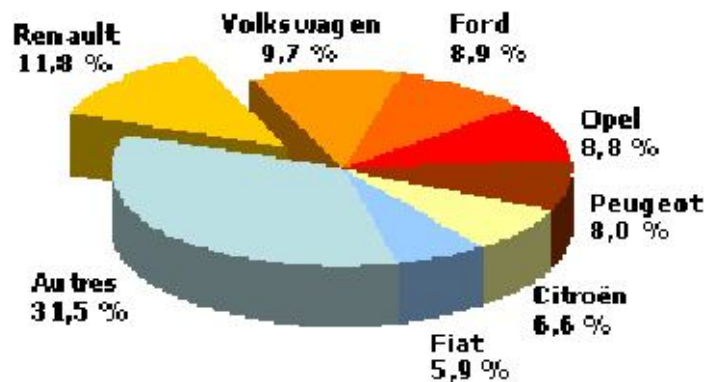


Figure 1.1 : Parts de marché des constructeurs automobiles en 2004 en Europe.

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 (4^{ème} 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.



Figure 1.2 : Usines Renault dans le monde,

Pour offrir à une clientèle mondiale de plus en plus diversifiée des véhicules innovants et de qualité, Renault s'appuie sur une organisation industrielle rationalisée, maîtrisant la qualité, les coûts et les délais de production. Le Système de Production Renault (SPR) est une démarche de management centrée sur le progrès continu qui mobilise l'ensemble des acteurs du système industriel : acheteurs et fournisseurs, logisticiens, concepteurs produits-process et fabricants.

Commun à l'ensemble des usines du groupe dans le monde, le SPR est déployé à tous les niveaux de la production. Source de rationalisation et de productivité, cette organisation constitue un soutien efficace à l'internalisation du groupe et contribue à la convergence des systèmes de production de Renault et de Nissan.

III. 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 comporte actuellement environ de 1800 employés. Son activité est l'assemblage des véhicules Renault (Kangoo et LOGAN) et PSA (Citroën Berlingo, et Peugeot Sandero).

3.1-Fiche signalétique de SOMACA

La fiche signalétique de SOMACA est décrite ci-dessous



SIEGE SOCIALE	KM 12 AUTOROUTE RABAT
VILLE	CASABLANCA
ACTIVITE DE L'ENTREPRISE	MONTAGE DE VOITURE
FORME JURIDIQUE	SOCIETE ANONYME
PRESIDENT DIRECTEUR GENERAL	LARBI BELARBI
DIRECTEUR GENERAL	PHILIPPE LOISELLE
MARQUE DE VOITURES ASSEMBLÉES	RENAULT-PEUGEOT- CITROEN -
CAPITAL	60 000 000 DHS
DATE DE CREATION	1959
ANNEE DE PRODUCTION	1962
BOITE POSTALE	2628
REGISTRE COMMERCIAL	26963
TELEX	25 825 / 27 686 M
FAX	(212) (022) 5.75.48.22
TELEPHONE	(212) (022) 5.75.48.48
C.N.S.S	1663229
PATENTE	330007250



3.2 – Historique

1959	Création de l'usine de Casablanca.
1966	Signature d'une convention entre l'État marocain et Renault portant sur l'assemblage de véhicules Renault à la SOMACA
1996	Signature de la Convention Véhicules Utilitaires Légers Economiques avec l'État marocain et lancement de l'assemblage de Renault Express à la SOMACA, dans le cadre de cette convention.
1999	Lancement de l'assemblage de Kango.
2001	Certification ISO 9002.
2003	<p>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.</p> <p>Lancement de l'assemblage de Kango et Kango Express phase 2.</p> <p>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.</p>
2004	<p>1^{er} janvier : arrêt des activités industrielles de Fiat à la SOMACA</p> <p>Janvier : Signature entre l'Etat Marocain et Renault de la Convention « Voiture Economique Renault Kangoo ».</p>
2005	<p>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%.</p> <p>27 octobre : Renault rachète les 12% restants de la participation de l'Etat marocain dans Somaca.</p>
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.



3-3 Organigramme de la société

L'organigramme de la SOMACA est le suivant :

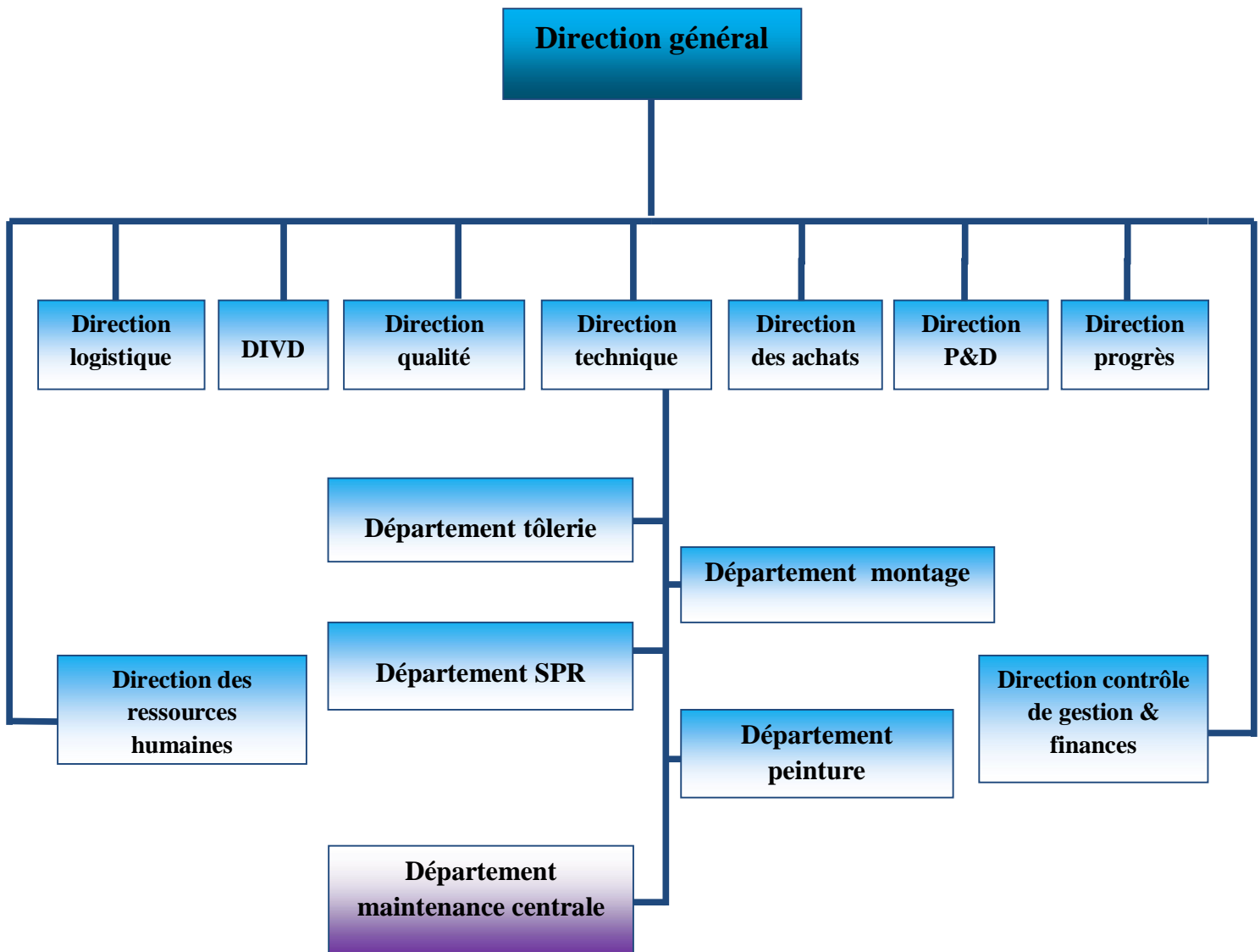


Figure 1.3 : Organigramme de la SOMACA



3.4- département maintenance centrale

Mon stage s'est déroulé au service au sein de la maintenance centrale implanté au fond de l'usine, le département a des ramifications dans tous les secteurs de la production. Il assure en coordination avec les autres départements la maintenance des matériels et des bâtiments de l'usine.

La maintenance centrale distribue tous les fluides nécessaires au fonctionnement des installations de l'usine :

- ✚ L'électricité Haute et Basse tension (HT-BT) ;
- ✚ Le gaz naturel et les gaz de soudures ;
- ✚ L'eau (potable, industrielle, déminéralisée, incendie et chaude pour le chauffage) ;
- ✚ L'air comprimé.

3.4.1- Organigramme de département maintenance centrale

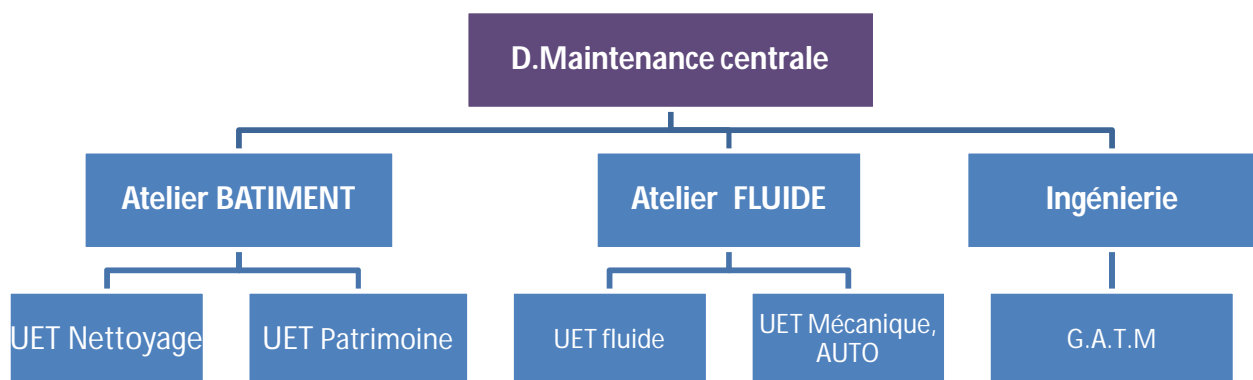


Figure 1.4 : Organigramme de la maintenance centrale

3.4.2-Ses fonctions de la maintenance centrale

Département centrale pour ses fonction comme suit :

- ✚ Gérer les professions de maintenance dans l'usine ;
- ✚ Animer et faciliter avec les départements et services la mise en place de T.P.M. (Totale Productive Maintenance).
- ✚ Coordonner un dépannage rapide des moyens de production.
- ✚ Prévoir, planifier ou effectuer un entretien préventif destiné à permettre un fonctionnement régulier des installations.
- ✚ Assurer, sous-traiter l'entretien afin de conserver la valeur du patrimoine De l'usine.
- ✚ distribuer les fluides nécessaires à l'usine (électricité, air Comprimé, gaz, eau...).



- ✚ Coordonner avec les autres services les actions de sous-traitances.
- ✚ Coordonner les actions de prévention et de protection contre la pollution.
- ✚ Développer les relations avec les fournisseurs de biens d'équipements et de Composants pour améliorer les performances actuelles futures des installations sur les aspects de fiabilité et de maniabilité.
- ✚ La maintenance des installations de production et de distribution des fluides.
- ✚ La coordination avec les autres services des actions de sous-traitance de Travaux neufs ou de maintenance fluides et bâtiments.

3.4.3-Mission du groupe d'assistance technique

Le groupe GATM se considère l'unité d'ingénierie du service de la maintenance ses missions dans le standard Renault sont les suivantes :

- ✚ Suivre les contrôles légaux sur les appareils ou les installations soumis à réglementation.
- ✚ Gérer les investissements en termes de révisions générales, gros entretien et évolution des installations.
- ✚ Gérer et suivre les contrats de sous-traitance de maintenance.
- ✚ Gérer et mettre à niveau les plans des installations et réseaux de fluides.
- ✚ Préparation maintenance en Projet (Participation au projet, à la réception des moyens et validation technique).
- ✚ Réaliser les cahiers de charges et appels d'offre auprès du service d'achats, gestion et suivre les commandes.
- ✚ Rédiger et mettre à jour des procédures de fonctionnement.
- ✚ Déploiement des systèmes d'information de la maintenance, gestion de la documentation technique (Réception, mise à jour, archivage)
- ✚ Gestion des pièces de rechange (Expression de besoin, codification)
- ✚ Élaboration du plan de maintenance.
- ✚ Suivi des indicateurs de performance (basés sur les relevés de fabrication...)
- ✚ Analyse et traitement des problèmes
- ✚ Validation de l'efficacité des solutions retenues, suivi des plannings



IV-Processus d'assemblage de la SOMACA

Introduction

L'assemblage des véhicules à l'usine de SOMACA passe par trois ateliers principaux : le ferrage, où sont soudés les éléments de la caisse de la voiture, la peinture et le montage. La figure ci-dessous décrit les différents processus de production des voitures :

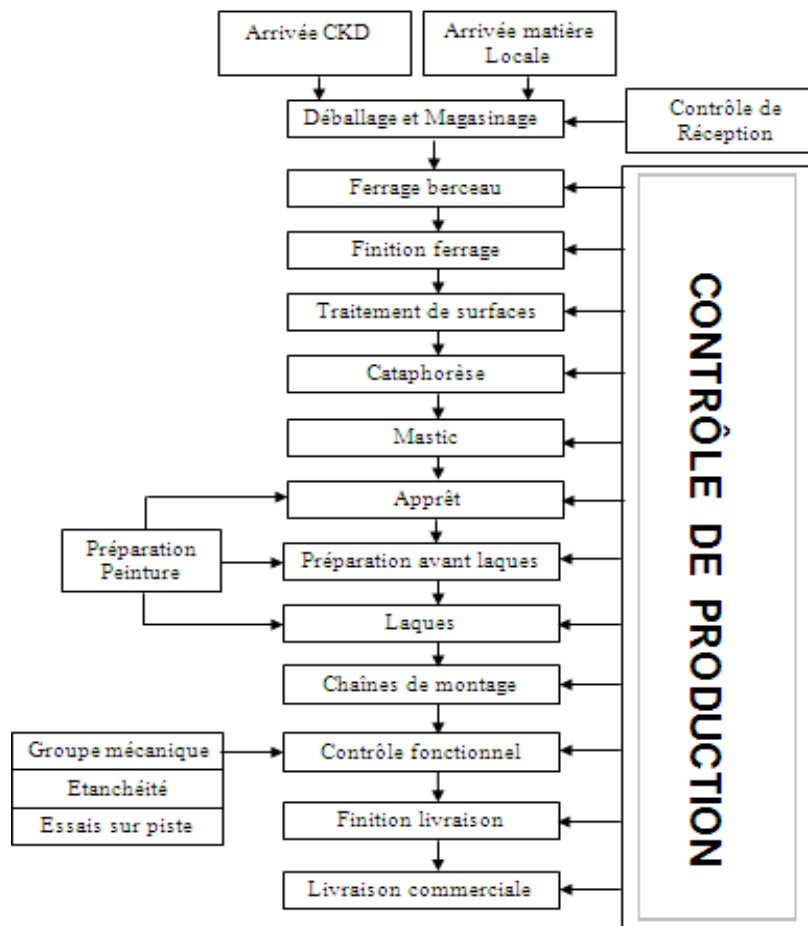


Figure 1.5.: Processus de production à la Somaca

4.1- Atelier « ferrage (tôlerie) »

C'est le premier stade de montage de la voiture. Afin d'avoir une caisse finie ; les éléments de la carrosserie sont reçus en pièces C.K.D. Puis ils sont assemblés dans des JIG (systèmes de montage) par la soudure.

Les technologies de soudure utilisées sont les suivantes :

- La soudure par points,
- La soudure électrique à l'arc.



Figure 1.6 : Atelier Tôlerie.

4.2- Atelier « peinture »

C'est la deuxième étape du processus de fabrication. On 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 voiture passe par six étapes avant d'être livrée aux chaînes de garnissage :

- Tunnel de Traitement de Surface (T.T.S).
- Cataphorèse.
- Mastic.
- Apprêt.
- Laque.
- Finition et retouches.

4.3 -Atelier 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) tandis que la chaîne C est destinée au montage de la Logan L90 et Sandero .

Conclusion

La SOMACA est la première entreprise constitutive des automobiles au Maroc, elle joue un rôle marquant dans l'industrie du pays.son processus de production est organisé selon trois principaux est organisé départements en série : tôlerie, peinture et montage.



CHAPITRE II

Présentation du sujet

2.1-Exposé du sujet

A l'occasion de mon stage au sein de la société de SOMACA, La première réunion avec mon encadrant a permis d'énumérer un certain nombre des problèmes rencontrés au niveau de la décentralisation du parc des compresseurs ,et du circuit de l'air comprimé ,qui sont le gaspillage lié aux fuites observées au niveau des conduites, et à leur non utilisation optimale par des machines pneumatiques ,aux quels s'ajoute le manque des schémas des divers circuits de l'air comprimé ainsi que l'ancienneté des installations qui remontent à l'époque des usines SIMCA,UNO et FIAT...(etc).

Etant donné la grande consommation d'énergie résultant du gaspillage sus-décrié, et le coût élevé de la maintenance qui en découle, monsieur EL-HAKIMI ABDEL-HADI, et MASSOUD MOHAMMED m'ont proposé de réaliser une étude technico-économique sur la centralisation des compresseurs à fin de minimiser la facture énergétique.

Mon travail consiste à évaluer d'abord la production de l'énergie d'air comprimé des compresseurs, ensuite à réaliser une cartographie du circuit de l'air comprimé, puis estimer les besoins de consommation de l'atelier peinture en air comprimé et chercher à diminuer les fuites d'air comprimé, et terminer par technico-économique de la centralisation des compresseurs.

Pour aborder le sujet, on a rédigé un plan d'action sous forme d'un cahier de charge pour traiter le problème étape par étape.

2.2- Présentation du cahier des charges



Problématique :

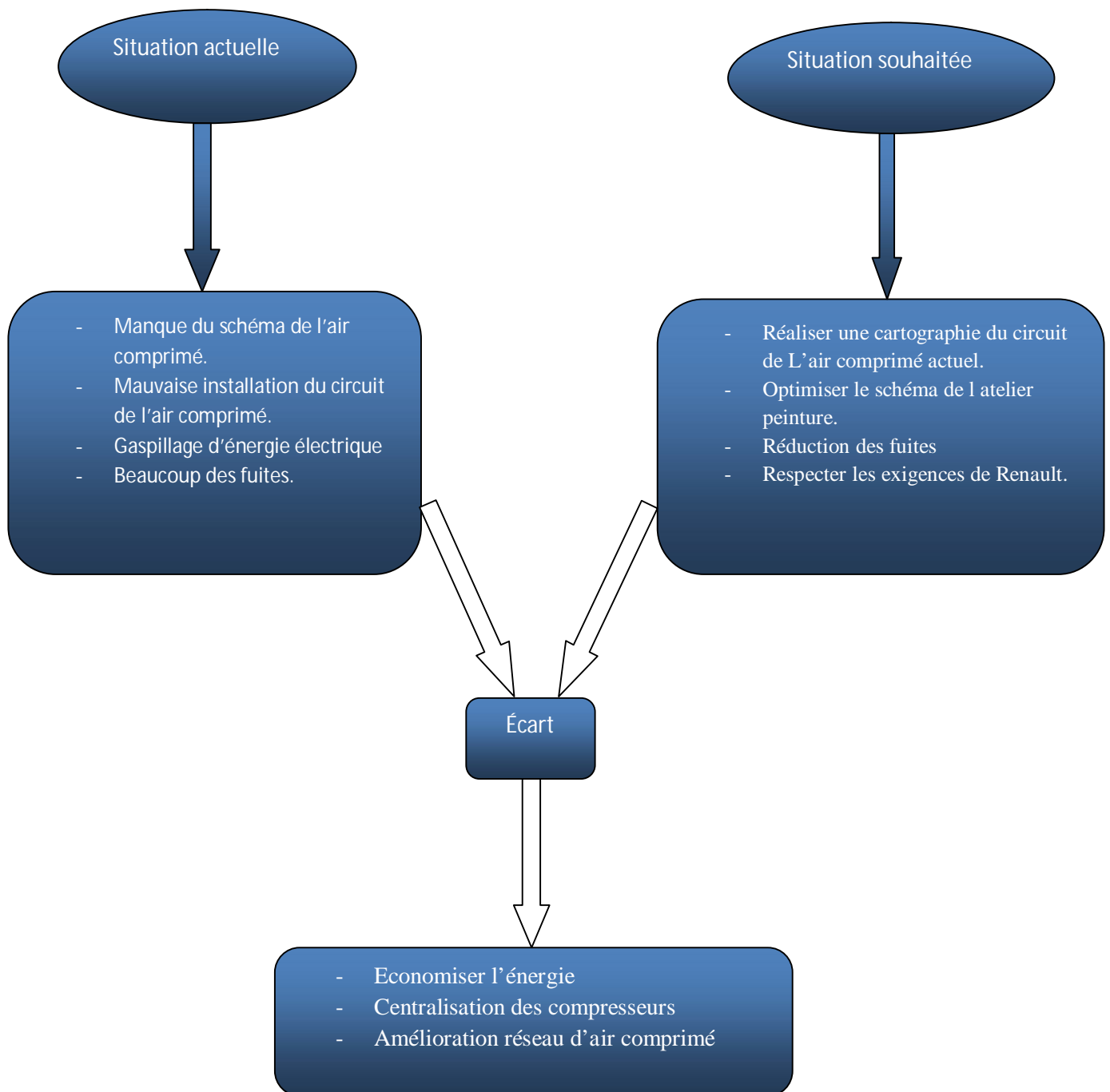


Figure 2.1 : objectif du problème



2.3-Besoin exprimé

Le besoin exprimé SOMACA est réaliser le schéma actuel et centraliser le groupe des compresseurs et l'élimination gaspillage d'énergie de l'air comprimé.

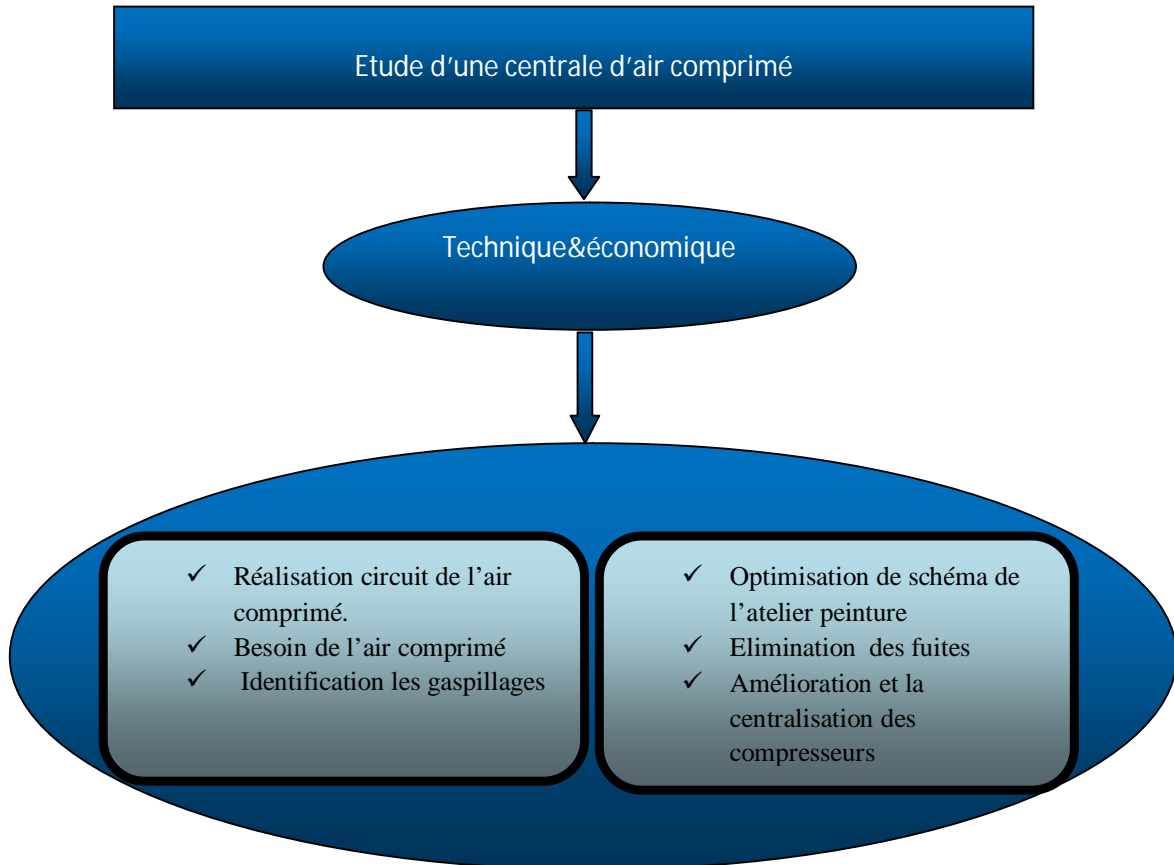


Figure 2.2 : objectif du problème

Les différentes taches liées au cahier des charges peuvent être résumées comme suit :

- ✚ réaliser l'état des lieux du circuit de l'air comprimé de L'atelier peinture.
- ✚ Etude de fonctionnement du groupe des compresseurs en fonction des besoins de Lair comprimé.
- ✚ Identification des machines pneumatiques leurs consommations de l'air comprimé dans chaque ligne de l'atelier peinture.
- ✚ Etude de centralisation des compresseurs de l'atelier peinture et dimensionner quelques conduites de réseau de l'air comprimé.
- ✚ Optimisation du circuit de l'air comprimé.
- ✚ Elimination des fuites.
- ✚ Etude économique de nouvelle centralisation de l'air comprimé ainsi les frais des travaux.



2.4- Analyse de fonctionnelle

Introduction

La centralisation des compresseurs à la SOMACA, Présente Une installation à étudier, cette installation qui a été choisi par les responsables du département maintenance centrale. Compte tenu de faciliter la maintenance et le coût de maintenance ainsi économiser l'énergie.

2.4.1-Analyse du besoin

Quelle est son utilité ?

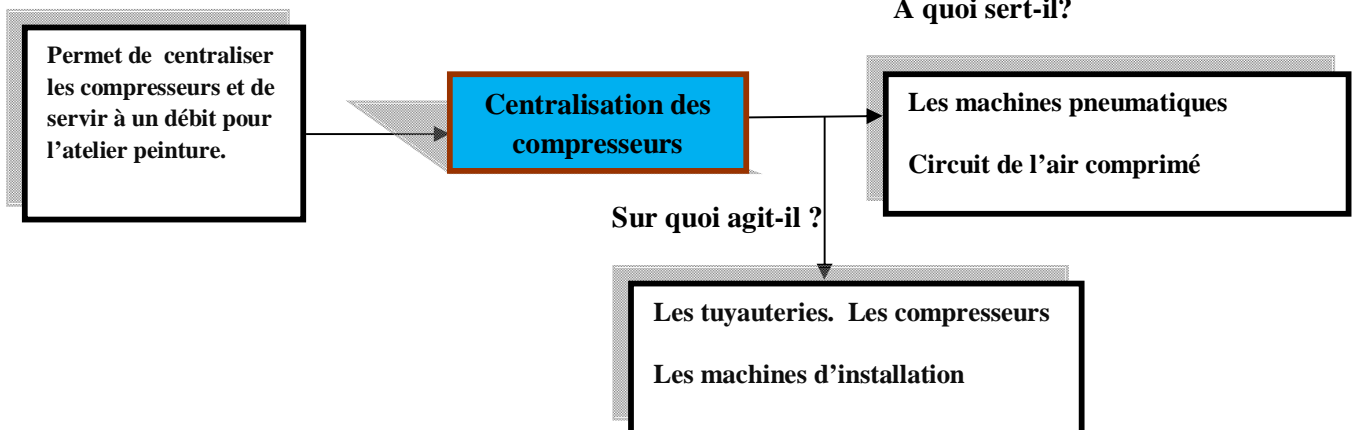


Figure 2.2 : analyse du besoin

- A quel besoin de base agit-il ? : économiser l'énergie électrique

2.4.2-validation des besoins :

- ✚ Qu'est ce qui peut modifier le besoin ?
 - Contraintes de sécurité
 - Modification du cahier de charge fonctionnel du produit à grainer
 - Modification de l'équipement de base.
 - Baisse de la MTBF
- ✚ Qu'est ce qui peut reporter le besoin ?
 - Contraintes économiques
 - Moyens d'exécution non prêts
- ✚ Qu'est ce qui peut annuler le besoin ?
 - Découverte de nouvelles technologies
 - Prix d'exploitation en hausse
 - MTBF de l'équipement complet.



2.4.3-recherche des fonctions

Diagramme de pieuvre :

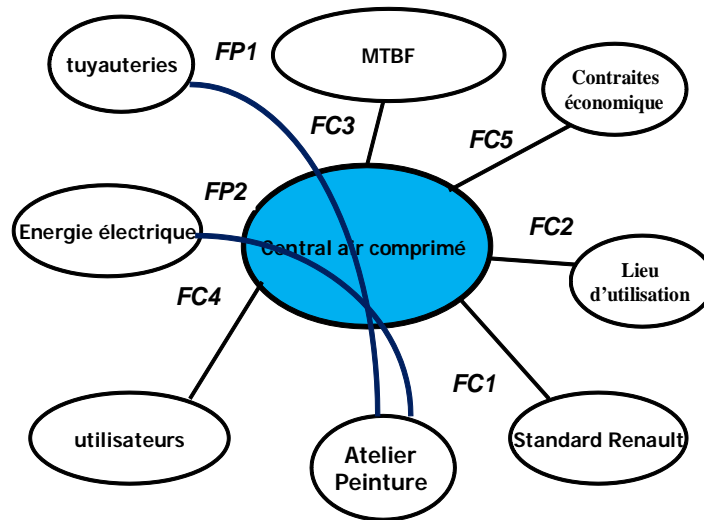


Figure 2.3:détermination les fonctions

Les fonctions principales et secondaires dans le tableau suivant :

fonction	commentaires
fonction principales	Economiser l'énergie électrique
	Déterminer le coût des conduites inutiles
	Centraliser les compresseurs
	Optimiser schéma de l'atelier peinture
FC 1	Respecter exigence de standard Renault
FC 2	Etre Proche et propre de l'atelier peinture
FC3	MTBF imposé au constructeur.
FC4	Réduire le nombre d'opérateur
FC5	Diminuer les coûts (coût de fonctionnement, coût de maintenance).

Tableau 2.1 : les fonctions principales et les fonctions des contraintes



CHAPITRE III

Production d'air comprimé

Introduction

La distribution de l'air comprimé dans le secteur automobile est une opération de base aussi vitale la distribution d'électricités .de la chaleur de l'eau.

L'air comprimé peut être considéré comme un prolongement des réseaux de distribution de force motrice

L'omniprésence de l'air comprimé est incontestée dans l'industrie et sur les chantiers cependant air comprimé est coûteux .sa production exige la transformation de l'énergie électrique ou thermique en énergie pneumatiques avec un rendement énergétique de 55 à 60 % environ .sa distribution donne lieu à des pertes d'énergies de l'ordre de 3 à 4%, vu que l'air est très fluide il est difficile à étranger. Enfin les outils pneumatiques n'utilisent qu'une faible partie du travail de détente et leur rendement ne dépasse pas les 30%.si bien que le rendement global d'une installation pneumatiques se situe entre 15 et 20% dans les meilleures conditions.

Toute fois utilisation de l'air comprimé permet :

- ✓ De réaliser des outils pneumatiques à faible puissance massique, à couple élevé, à vitesse en charges réglable à une valeur pratiquement constante, possédant une très grande souplesse de fonctionnement.
- ✓ De disposer d'outils portatifs à percussion légers et robustes dont les puissances de frappe s'échelonnent sur une gamme extrêmement étendue.

Le prix du m³ d'air comprimé étant élevé, cela exige un contrôle permanent de la part de l'utilisateur pour un emploi rationnel de cette énergie.

3.1-Air comprimé

Son impact sur la qualité de production, la consommation électrique et la productivité sont souvent mal perçus bien qu'une optimisation d'une installation air comprimé puisse améliorer sensiblement la performance d'une activité industrielle.

Une installation de l'air comprimé doit répondre à de nombreuses sollicitations de la part de la production industrielle, fiabilité et disponibilité sont les maîtres mots. Tout manquement peut déstabiliser l'activité et avoir un impact sur la fabrication.



Actuellement, SOMACA ne pourrait pas être produit des caisses sans air comprimé des compresseurs

3.2-Compresseurs

Introduction

Dans le domaine industriel, le but est de construire des usines de plus en plus importantes avec un nombre considérable d'équipement les plus en plus fiables.

La fiabilité des machines dans ces types d'usines est calculée en terme de durée de vie, associée au maximum de profit que la compagnie en tire .dans le domaine de la production d'énergies en air comprimé .l'élément le plus important est le compresseur.

Le choix du type de compresseur doit répondre aux conditions d'utilisations de procédé le premier pas à faire est de définir aux conditions d'utilisations de procédé .le premier pas est à faire et de définir les types des compresseurs ainsi que leurs principales caractéristiques.

3.2.1-Aperçu les principaux types de compresseurs :

Les compresseurs volumétriques alternatifs

Ces machine réalisent la compression de l'air par diminution progressive de volume au moyen d'un couple piston cylindre. Le fonctionnement des modèles fixes est généralement base sur le système de compression de l'air en deux étages avec refroidissement base sur le système de compression de l'air en l'étages avec refroidissement intermédiaire entre l'étage basse pression et l'étage haute pression.de cette façon, on réalise une économie d'énergie non négligeable par rapport à la compression à un seul étage.

La disposition des cylindres haute et basse pression qui domine aujourd'hui est celle en V ; on réalise ainsi des groupes plus compactes et plus équilibrés.les compresseurs alternatifs dont la puissance dépasse généralement 300 cv, conviennent mieux aux faibles vitesses et sont entraînés directement par des moteurs synchrones. Le contrôle de la pression se fait normalement via une vanne de décharge.

Les principaux inconvénients de ce type de compresseur sont liés au coût élevé et à la nécessité d'un réservoir de refoulement pour stabiliser le débit.

Contrairement aux compresseurs centrifuges .le débit de refoulement est constant.

Un compresseur volumétrique engendre. A vitesse constant. Un débit lui-même constant, par contre la pression au refoulement est variable et dépend de l'installation dans laquelle le compresseur est intégrée, en réalité les fuites internes augmentent avec la pression, on a aussi un réseau de droites parallèles légèrement inclinées sur la verticale.



✚ Compresseurs volumétriques rotatifs

On s'intéressera, en particulier, au compresseur à vis .dans ce cas, la compression est obtenue par diminution graduelle du volume de la chambre dans laquelle l'air est aspiré ; mais cette compression se fait dans une chambre mobile est à dire l'espace peu à peu décroissant délimité par les hélices des deux vis.

Les compresseurs à vis ont les mêmes courbes caractéristiques que les compresseurs à piston .ils s'adaptent mieux aux variations de la vitesse d'entraînement comme dans le cas de la turbine à vapeur, ce qui n'est pas le cas pour les compresseurs à piston.

Comme il n'existe pas de contact entre les éléments tournants dans l'espace de compression, il y a moins de risques de vibrations, d'usures et de frottement .généralement, l'huile froide servant à la lubrification est injectée dans la chambre de compression ou elle se mélange intimement à l'air et absorbe la chaleur produite.il en résulte un refroidissement de l'air. Le mélange air huile est ensuite dirigé vers le réservoir séparateur où l'huile est récupérée en quasi totale est séparée de l'air comprimé qui est acheminé vers le refoulement.

3.3- Compresseurs à SOMACA

3.3.1- Définition

Ces compresseurs sont souvent bi-étagés pour des pressions requises entre 5 et 10,5 bars et possèdent donc un meilleur rendement que les machines lubrifiées à un seul étage de compression.

3.3.2-Les centrales de compression à l'atelier peinture

Les centrales de compression à l'atelier peinture est :

Afin de subvenir à ses besoins en air comprimé. L'atelier peinture dispose cinq compresseurs sont :

- ✚ quatre compresseurs bi-étager de type à vis non lubrifié appelé exempt d'huile entraînés par un moteur électrique de puissance **132 kW**, les compresseurs sans refroidis par air.

- ✚ Un compresseur bi-étager de type à vis non lubrifié appelé exempt d'huile entraînés par un moteur électrique de puissance **90 kW**, compresseur sans refroidis par air.

Les compresseurs installés dans le parc, peuvent être classés dans le groupe : volumétrique rotatifs (à vis).

tous compresseurs à vis sont entraînés par des moteurs asynchrones et fonctionnent à une vitesse de rotation d'environ **2980 tr/min** pour **ZT 132** et un compresseur **2970 tr/min** pour **ZT90** .



Figure 3.1 : le parc des compresseurs à l'atelier peinture

On résume les caractéristiques des compresseurs de l'atelier peinture dans le tableau suivant :

N	Compresseurs	caractéristiques techniques	Puissance
1	COMPRESSEURS exempt d'huile ZT132	Type ZT 132	p=132KW
		P.max=7.5 BAR	
		V. rotation=2980 tr /min	
2	COMPRESSEURS exempt d'huile ZT90	TYPE ZT90	p=90KW
		P.max=7.5 BAR	
		V. rotation =2970 tr/min	
3	COMPRESSEURS exempt d'huile ZT132	TYPE ZT132	p=132KW
		P.MAX=7.5 BAR	
		V. rotation=2980 tr /min	
4	COMPRESSEURS exempt d'huile ZT132	TYPE ZT132	p=132KW
		P.MAX=7.5 BAR	
		V. rotation=2980 tr /min	
5	COMPRESSEURS exempt d'huile ZT132	TYPE ZT132	p=132KW
		P.MAX=7.5 BAR	
		V. rotation=2980 tr /min	

Tableau 3.1 : caractéristiques des compresseurs de l'atelier peinture



3.4- Principe de la compression à air exempt d'huile

Le principe de compression est simple. Deux rotors hélicoïdaux, l'un à quatre lobes et l'autre à six cannelures, tournent l'un par rapport à l'autre. La première tourne à une vitesse supérieure de 50 % à celle de l'autre. L'air aspiré est comprimé entre les rotors et leurs carters (voir figure).

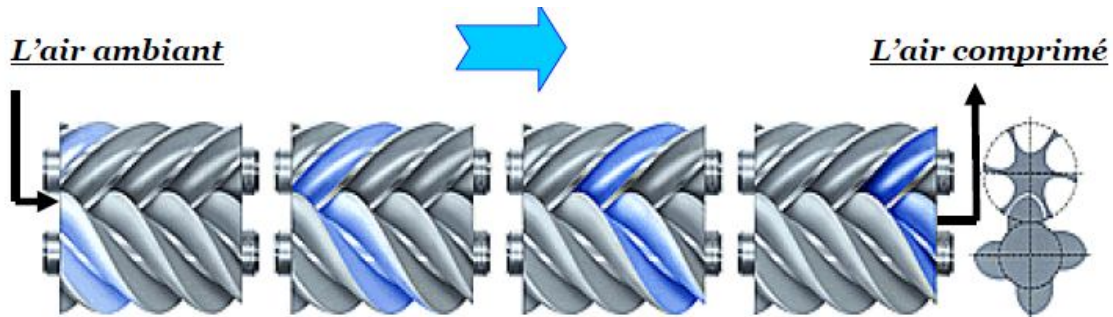


Figure 3.2 : les étapes de compression l'air comprimé

Les rotors de compression tournent l'un par rapport à l'autre sans contact, grâce aux Engrenages de synchronisation dont la précision d'usinage permet de maintenir des jeux minimes entre les surfaces. L'usure est donc éliminée et aucune lubrification n'est requise dans l'espace de compression. Des joints spéciaux empêchent les fuites d'air le long de l'arbre du rotor tandis que des joints spécifiques éliminent complètement le risque de voir l'huile lubrifiant les Roulements, s'écouler dans la chambre de compression. Le résultat obtenu est un air 100 % exempt d'huile et sans pulsation de pression.

Vue interne du compresseur (ou un étage)

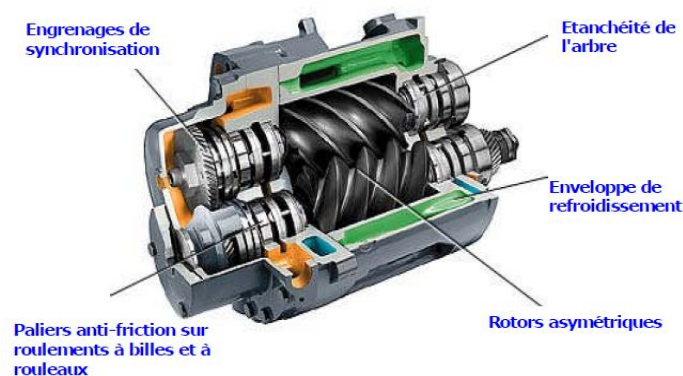


Figure 3.3 : vue interne des compresseurs

Avantages

- Moins sensibles que les compresseurs centrifuges à la variation de masse Molaire du gaz .



- Peu sensibles à l'encrassement et acceptent des entraînements de liquides ou Poussières.
- Plus efficaces que les compresseurs à anneau liquide.
- Plus petits et moins coûteux que les compresseurs alternatifs.

Inconvénients

- La température au refoulement est limitée.
- Les performances se dégradent rapidement en cas de corrosion ou usure des vis ou du stator.
- Ils génèrent un bruit important et des vibrations.
- Le choix des matériaux de construction est limité.
- Le contrôle du débit est plus difficile qu'avec un compresseur centrifuge.

3.5-Mesure des débits des compresseurs :

Différentes méthodes sont utilisées pour la mesure des débits de gaz. Les méthodes qui sont directes permettent, moyennant un appareil approprié (tuyère), de mesurer le débit moyen sur une période donnée. Celles qui sont dites indirectes consistent à mesurer une ou plusieurs grandeurs physiques reliées au débit et facilement mesurables (température, pression).

Essais de mesure

Ne pouvant pas profiter des tuyères installées sur chaque installation à cause de l'indisponibilité, on utilisera une méthode indirecte basée sur le principe d'augmentation de la pression dans un réservoir de capacité V connue en fonction du temps (essai de gonflage).

Pendant un temps dt , le compresseur, de débit Q , produit un volume $Q \cdot dt$ si on ferme les vannes du réservoir la consommation est nulle, l'augmentation effective de la quantité d'air dans le réservoir, la tuyauterie est donc $Q \cdot dt = V \cdot dp$.

On obtient alors la relation qui lie la pression P , le temps dt et le débit Q :

$$Q = V \cdot dp / dt$$

Avec :

dp : la vitesse de montée de la pression.

La démarche de l'essai se résume comme suit :

Arrêter le compresseur.

- Vider le réservoir et la tuyauterie :



- Fermer les vannes de refoulement de telle façon à avoir un volume (réservoir, et tuyauterie) vide de l'air comprimé.
- Mettre en marche le compresseur.
- Chronométrer l'augmentation de la pression d'un bar dans le réservoir.

Exploitation des résultats :

Le débit de chaque compresseur sera déterminé pour une pression manométrique de 7 bars.

Le débit Q sera donné par la formule suivante :

$$Q = V * 60/t$$

Avec :

V en (m³)

T en (seconde)

Q en (m³/mn)

compresseur	1- ZT132	2- ZT 90	3- ZT 132	4- ZT 132	5- ZT 132
débit à 7 bars en m ³ /min	22.9	13	22.9	22.9	22.9

Tableau 3.2 : débit de la sortie des compresseurs

3.6- puissance électrique

La puissance électrique consommée par le moteur d'entraînement du compresseur :

$$P_e = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

La puissance électrique des moteurs asynchrones des parcs des compresseurs est :

compresseur	U	I	cosΦ	Pe en KW
1. Compresseurs ZT 132	380	212.7	0.9	125.9
2. Compresseurs ZT 90	380	141.2	0.9	83.64
3. Compresseurs ZT 132	380	201.1	0.9	119,12
4. Compresseurs ZT 132	380	214.4	0.9	127
5. Compresseurs ZT 132	380	211.9	0.9	125.52

Tableau 3.3 : puissance d'entraînement des moteurs électriques des compresseurs



Consommation des compresseurs



L'**estimation** de la production journalière se basera sur les heures de marche mensuelle des compresseurs correspondant à un relevé des mesures à partir de l'affichage les heures de marche en charge et les heures de marche total de l'afficheur des compresseurs :

	HMC	HMV	HMT	Jour fonctionnement	KWTH/jour	KWTH/mois
compresseurs.1	16	3	21	24	2229.19	53500,56
compresseurs.2	9	8	21	24	1310.45	31450,8
compresseurs.3	18	6	24	24	2636.8	63283,2
compresseurs.4	13	4	23	24	1788,74	42929,76
compresseurs.5	15	4	22	24	1112.47	26699,28
					somme	217,86MWH

Tableau 3.4 : consommation électrique des compresseurs

HMC : heure de marche en charge

HMV : heure de marche à vide

HMT : heure de marche totale

La consommation électrique des cinq compresseurs représente **9,58%** de la consommation électriques total de l'usine SOMACA (**2272201 kWh** en janvier représente à un prix **2 200 000 DH/mois**). Ce qui correspond à un montant de **174288 DH/mois pour l'atelier peinture**

NB. Le coût d'électricité sera fixé à 0,8 DH/ kwh qui est une moyenne calculée sur la base de la consommation électrique de toute la SOMACA

3.7-Puissance spécifique

3.7.1-Généralités

Le ratio énergétique spécifique globalise des rendements intermédiaires liés à la compression, au refroidissement du compresseur et au traitement de l'air comprimé (séchage...). La distribution ne peut transparaître dans le calcul de ce ratio. Toutefois, l'incidence énergétique du compresseur et de son dimensionnement est primordiale, devant le séchage de l'air comprimé et le refroidissement des compresseurs. Donc, la connaissance de la seule puissance abordée par les compresseurs demeure un bon indicateur pour qualifier la performance énergétique du central air comprimé de l'atelier peinture.

3.7.2-Définition





Le ratio énergétique permet visualiser la consommation électrique du Parc des compresseurs par rapport au débit fourni dans une journée, une semaine ou un mois.

$$P_s = P_e / Q$$

- ✚ P_e = puissance d'entraînement de moteur asynchrones des compresseur
- ✚ Q = débit d'un compresseur

Ce ratio est représentatif de la qualité de la conception et de la gestion de l'installation d'air comprimé. Ainsi. Représente la consommation électrique de produire 1 Nm³ de l'air comprimé. On résume la puissance spécifique pour chaque compresseur de l'atelier dans le tableau suivant :

compresseurs	1- ZT 132	2- ZT 90	3- ZT 132	4- ZT 132	5- ZT 132
Puissance spécifique kWh/Nm ³	329,86	386,03	312,1	332,75	328,87

Tableau 3.5 : la puissance spécifique des compresseurs

Cette variation du ratio se traduit par une augmentation de frais de consommation électrique du parc.

NB : Selon la norme ISO 12.17, le m³/min est mesuré à une température de 20°C. Le Nm³/min est mesuré à une température de 0°C - **1 m³/h** équivaut environ à **0,97 Nm³/h**.

3.8-Calcul de taux de charge

Le calcul de taux de charge signifie l'état des compresseurs en fonctionnement dans une journée déterminée.

$$TAUX = H_c / \sum(H_c + H_v)$$

	taux de charge
compresseur .1 ZT132	84%
compresseur.2 ZT 90	52%
compresseur.3 ZT 132	75%
compresseur.4 ZT 132	76%
compresseur.5 ZT 132	78%

Tableau 3.6 : Évolution du rendement énergétique de compression à 7 bars

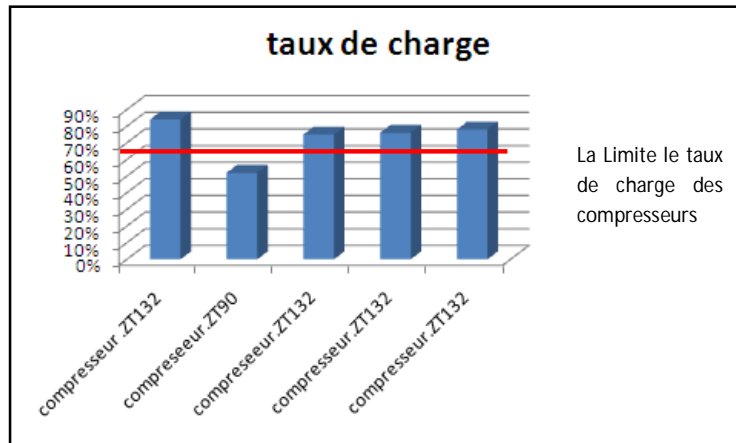


Figure 3.4: représentation graphiques de taux de charges

✚ Les causes :

➤ **Echauffement des compresseurs :**

L'échauffement des compresseurs qui n'est pas rare, surtout si le circuit de refroidissement est absent, et aussi il cause la mise hors service des compresseurs et par conséquent l'arrêt des équipements pneumatiques d'air comprimé.

L'échauffement des compresseurs peut être imputé et à plusieurs cause à savoir :

- ✓ Réfrigération insuffisante du fluide de refroidissement.
- ✓ L'emplacement des compresseurs n'est pas aéré et n'est pas propre.
- ✓ Le besoin de l'air comprimé à l'atelier peinture n'est pas identifié.
- ✓ Taux de fuite est élevé.
- ✓ Le circuit d'installation des compresseurs est mal dimensionné.

L'analyse de toutes ces causes a relevé que l'échauffement anormal réside dans le fait que le taux de charge des compresseurs dépasse 70% donné par le constructeur, en raison d'une demande croissante.

Ceci implique en plus l'insuffisance du débit d'air comprimé à l'atelier peinture.

N.B

On ne peut pas agir directement d'une façon précise sur la variation de la pression de Service, car les consommateurs manifestent aléatoirement c'est à dire que le besoin n'est pas maîtrisé de l'air comprimé de l'atelier. C'est pour cela on calcule le besoins de l'air comprimé dans le chapitre suivants.

➤ **Qualité de l'air**

Il est préférable d'aspirer un air propre et sec. Quoique son effet soit faible dans la Plupart des cas, l'humidité dans l'air fait perdre du débit massique à l'aspiration. Les Poussières, elles, colmatent le filtre d'aspiration, créant ainsi une dépression nuisible au rendement et à la longévité du compresseur. L'air doit également être exempt de fumées ou de vapeurs



inflammables (par exemple Des solvants) qui peuvent provoquer un incendie intérieur ou une explosion des réservoirs.

3.9-Calcul de débit moyen

Le débit moyen des compresseurs sert à connaître le débit des compresseurs entre les heures en charges et les heures à vide d'atelier peinture.

$$Q \text{ moyen} = T \times Q$$

-T=taux de charge

-Q=débit nominal

Le débit moyen pour chaque compresseur est résumé dans le tableau suivant :

	débit moyen en (m ³ /min)
1-compresseur ZT132	19,236
2-compresseur ZT 90	6,76
3-compresseur ZT 132	17,17
4-compresseur ZT 132	17,4
5-compresseur ZT 132	17,86

Tableau 3.7 : calcul de débit moyen produit par les compresseurs

3.10-Réalisation une cartographie du circuit de l'air comprimé à l'atelier peinture.

L'objectif de schématisation de l'atelier peinture est de déterminer la source d'alimentation des machines pneumatiques et la maintenance des équipements pneumatiques en cas des panne, et d'identifier les conduites inertes et leurs dimensions, et d'optimiser ce schéma en se basant sur l'aide du standard Renault, enfin proposer quelques améliorations, ainsi l'estimation financières de la centralisation des compresseurs.

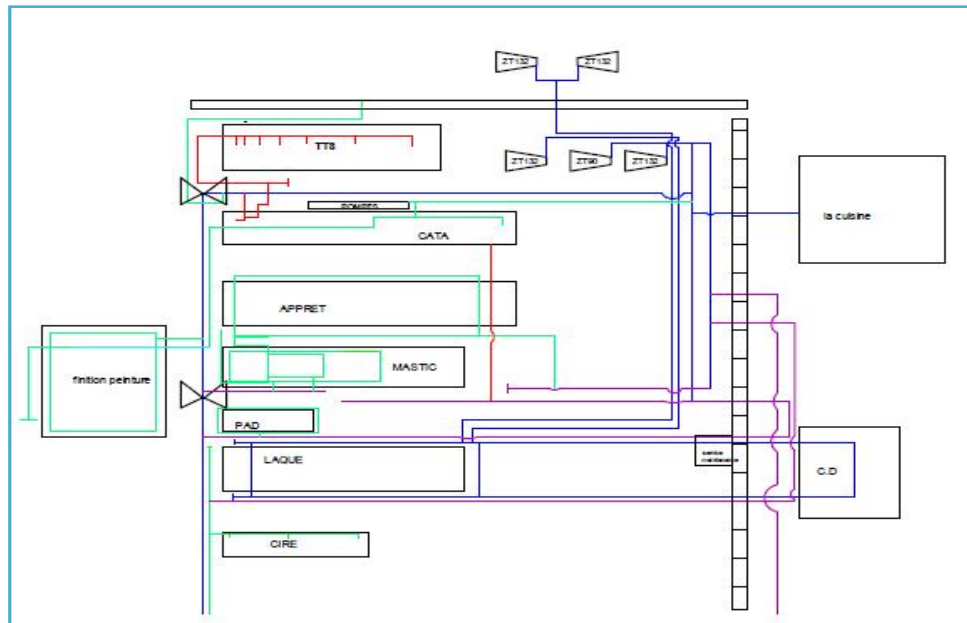


Figure 3.5 : schéma du circuit de l'air comprimé

➤ **Commentaire**

Le schéma de l'atelier peinture de l'air comprimé montre que les cinq compresseurs alimentent toutes les lignes de production, on résume quelque remarque sur le circuit de l'air comprimé.

- ✚ Le circuit de l'air n'est pas fermé, ce qui implique d'augmenter la perte de charge
- ✚ Beaucoup des conduites supplémentaires et inutiles augmentent la perte d'énergie.
- ✚ le matériau des conduites est en acier noir peut nuire à la qualité de l'air comprimé de peinture sur les caisses.
- ✚ la zone de la cire est alimentée par les compresseurs de montage cela aussi augmente la perte d'énergie au cours des jours de weekend car aucune chaîne ne travaille ce jour là.
- ✚ le circuit de l'air comprimé est mal dimensionné ce qui augmente la perte de charge de pression et d'énergie.

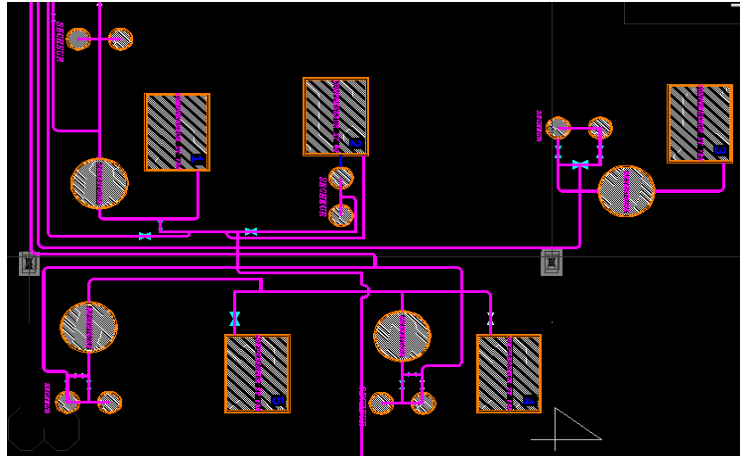


Figure 3.6: schéma de parc du compresseur atelier peinture

- ✚ l'installation de parc des compresseurs et des réservoirs est mal dimensionnée au niveau des conduites de refoulement des compresseurs, donc il n'est pas conforme à celle donnée par l'exigence de standard Renault.
- ✚ manque des équipements nécessaires pour le traitement d'air comprimé à atelier peinture (ultra filtre ...etc).
- ✚ Le matériau des conduites et les réservoirs de l'air comprimé en acier noir, on sait que l'air comprimé à la sortie du compresseur n'est pas sec, donc l'humidité va provoquer la condensation d'eau dans le réservoir et les conduites et par conséquent va provoquer des fuites, des corrosions ou des explosions des réservoirs.



CHAPITRE IV

Besoin de l'atelier peinture

Introduction :

L'objectif du calcul le besoin à l'atelier peinture c'est d'identifier le nombre des compresseurs à fonctionner pour alimenter l'atelier. En se basant sur la consommation des machines pneumatique ainsi des quelques méthodes pour calculer le besoin maximum et efficace. Enfin le besoin des zones dans les jours des weekends.

4.1-besoin des lignes de production

4.1.1- Besoin en air pneumatique de traitement de surface

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ **Electrovanne & Vanne pneumatiques :**

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre des bains de rinçage de la ligne de traitement de surface par une action mécanique par la circulation d'un fluide ou dans un circuit.

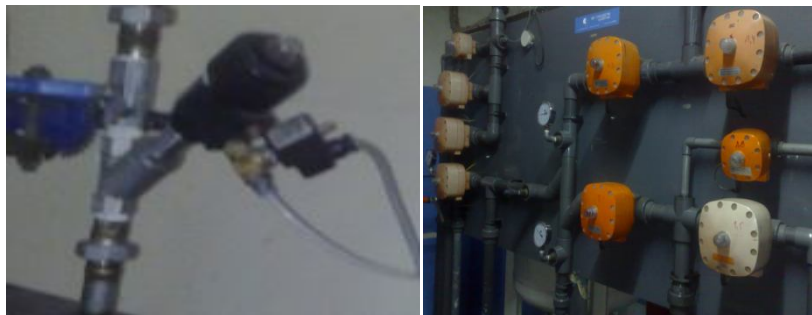


Figure 4.1: les électrovannes & les vannes pneumatiques

✓ **Machine Honeywell :**

Se sont des électrovannes machines qui chauffent pneumatiquement l'eau après une détection de refroidissement.



Figure 4.2: Machine Honeywell

A la ligne de traitement de surface on calcule la quantité des machines qui consomment l'air comprimé résumée dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air /unité	débit (m ³ /min)
Stade.1 dégraissage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
	machine Honeywell	1	100 l/min	0.1
Stade.2 dégraissage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
	machine Honeywell	1	100 l/min	0.1
Stade.3 dégraissage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
	machine Honeywell	1	100 l/min	0.1
Stade.4 rinçage	Electrovanne	1	100 l/min	0.1
Stade.5 Affineur	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
Stade.6 phosphatation	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
	machine Honeywell	1	100 l/min	0.1
Stade.6 phosphatation	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
	machine Honeywell	1	100 l/min	0.1
Stade.6 phosphatation	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
Stade.7 rinçage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
Stade.8 rinçage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
Traitement des eaux	Vanne pneumatiques	17	100 l/min	1.7

Tableau 4.1 : la consommation de l'air comprimé de la ligne de traitement de surface

La consommation d'air comprimé totale des électrovannes et machines Honeywell de la ligne de traitement de surface est :

$$D= 3,02 \text{ m}^3/\text{min}$$



4.1.2-Besoin en air pneumatique de cataphorèses

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Electrovanne

A la ligne de cataphorèse il y a le même type qu'à ligne de traitement de surface d'électrovannes qui ont la même consommation de l'air comprimé.

✓ Pistolet de soufflage

Les pistolets de soufflage à air comprimé a pour objectif d'éliminer rapidement et efficacement dans les caisses l'humidité les poussières après le traitement chimique de la surface des caisses.

A la ligne de cataphorèse on calcule la quantité des machines qui consomment l'air comprimé résumée dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air /unité	débit (m ³ /min)
Rinçage	Electrovanne	3	80 l/min	0.24
Rinçage	Electrovanne	2	80 l/min	0.16
étuve de trempe	Electrovanne	3	80 l/min	0.24
Essayage	Electrovanne	1	80 l/min	0.08
contrôle de TTS	pistolet de soufflage	1	120 l/min	0,12
Sortie de cataphorèse	pistolet de soufflage	1	120 l/min	0,12

Tableau 4.2 : la consommation de l'air comprimé de la ligne de cataphorèse

La consommation d'air comprimé totale des électrovannes et des pistolets de soufflage de la ligne de cataphorèse est :

$$D= 0,96 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.3-Besoin en air pneumatique de la ligne de l'apprêt

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Pistolet de peinture

Le pistolet à peinture est un outil utilisé pour pulvériser des peintures sur tous types pulvérisateur HVLP et conventionnels.



Figure 4.3 : les pistolets pulvérisés

✓ Le robot

Robots pneumatiques de l'atelier peinture dont dispose SOMACA sont des robots qui permettent d'améliorer la performance de peinture tout en réduisant le temps. Ce robot permet d'obtenir une qualité d'aspect de finition de peinture constante.



Figure 4.4: robot de l'apprêt

A la ligne de l'apprêt, on calcule la quantité des machines qui consomment l'air comprimé résumée dans le tableau suivant :

zone	noms	machines	quantité	consommation d'air /unité	débit (m ³ /min)
Tack rag	DEVELBISS	pistolet	4	280 l/min	1.12
Cabine d apprêt	IRB 5400-12 Slim arm	robot	2	60 m ³ /h	2
retouche	DEVELBISS	pistolet	4	280 l/min	1.12

Tableau 4.3 : la consommation de l'air comprimé de la ligne de l'apprêt

La consommation d'air comprimé totale des machines pneumatiques de la ligne de l'apprêt est :



$$D= 4,24 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.4-Besoin en air pneumatique de la zone d'égrainage

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Ponceuse

Une ponceuse est une machine utilisée pour poncer une surface, c'est-à-dire pour la polir, la décaper ou modifier son état de surface. La fonction de cette Machine pneumatique est indiquée pour le travail des grandes surfaces planes



Figure 4.5: Ponceuse

Le besoin pneumatique de la zone d'égrainage résumé dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air /unité	débit (m ³ /min)
égrainage	ponceuse	1	0.35 m ³ /min.	0.35

Tableau 4.4 : la consommation de l'air comprimé de la zone d'égrainage

La consommation d'air comprimé totale des de la zone égrainage est :

$$D= 0,35 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.5-Besoin en air pneumatique la ligne de mastic

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Pistolet :



Ce pistolet est livré avec des différents types buses, tel que extrudé, pulvérisée anti-gravionnage Habituellement employée pour des produits de masticage appliqués sur les caisses.



Figure 4.6 : pistolets de la ligne de Mastic

✓ **Pompe :**

Les pompes volumétriques GRACO destinées pour les fluides abrasifs pour le produit du mastic fonctionnent pour le refoulement le masticage à la ligne du mastic elles demandent une quantité d'air comprimé nécessaire pour refouler le produit.



Figure 4.7: pompe de Mastic

A la ligne du mastic on calcule la quantité de machines qui consomment l'air comprimé résumé dans le tableau suivant :

machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
1-pistolet	12	280 l/min	3.36
2-pistolet	16	280 l/min	4,48
pompe	4	300 l/min	1,2

Tableau 4.5 : la consommation de l'air comprimé de la ligne de mastic



La consommation d'air comprimé totale des pistolets et les pompes de la ligne mastic est :

$$D= 9,04 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.6-Besoin en air pneumatique de la ligne retouche

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ **Pistolet :**

Se sont des dispositifs à haute qualité de finition après la dernière peinture de la laque des caisses.

A la ligne de zone de retouche on calcule la quantité des machines qui consomment l'air comprimé résumée dans le tableau suivant :

machines	quantité	consommation d'air	débit (m^3/min)
pistolet 2	13	120 l/min	1.56
ponceuse	5	0.35 m^3/min	1.75

Tableau 4.6 : la consommation de l'air comprimé de zone de retouche

La consommation d'air comprimé totale de la ligne de zone de retouches est :

$$D= 3.31 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.7-Besoin en air pneumatique de la zone de bouclier

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ **Pistolet :**

Même pistolet des autres lignes de peinture de la ligne laques et de l'apprêt

✓ **Poinçonnage :**

C'est une machine de poinçonner et de découper par presse pneumatique des pare-chocs des caisses.



Figure 4.8: machine de Poinçonnage

➤ **Robot de flammage**

Le robot de flammage ceci élimine les gaz du pare-chocs des caisses et donne une bonne fixation de la peinture l'apprêt.

N.B Le flammage utilise les capacités ionisantes d'une flamme en léger excès d'air (dégagement d'oxygène libre). Le flammage va permettre, par oxydation de la surface, d'augmenter la tension superficielle du support et favoriser ainsi l'étalement de la peinture. D'où l'importance de la maîtrise du réglage de la combustion au brûleur, donc il nécessite une quantité de l'air comprimé.



Figure 4.9 : Robot de flammage

➤ **Marmite :**

Sont des agitateurs qui indiquent la présence des mélanges des produits de peinture dans un pot dans lequel l'agitateur fonctionne pneumatiquement par un arbre vers le bas dans le but de mélanger les produits.



Figure 4.10 : marmites de la ligne de bouclier

A la ligne de bouclier on calcule la quantité des machines qui consomment l'air comprimé résumée dans le tableau suivant :

machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
fanuc robot RI 16L	1	26 m ³ /h	0,36
pistolet cabine d apprêt	2	280 l/min	0.56
pistolet base vernit	2	280 l/min	0.84
ponceuse	2	0.35 m ³ /min	0.7
pompe	1	200 l/min	0.2
poinçonnage	2	0.8 m ³ /min	1.6
marmite	4	120 l/min	0.48
un pistolet de soufflage	1	80 l/min	0,08

Tableau 4.7 : la consommation de l'air comprimé d'accessoire plastiques

La consommation d'air comprimé totale de la zone d'accessoire plastique est :

$$D = 4,62 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.8-Besoin en air pneumatique de la zone finition peinture

➤ Identification des machines pneumatiques

La zone de finition peinture dispose des pistolets et des ponceuses de même type que les lignes de retouches. La consommation pneumatique des machines est résumée dans le tableau suivant:

machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
pistolet	12	140 l/min	1.68
ponceuse	4	0.35 m ³ /min	1.8

Tableau 4.8 : la consommation de l'air comprimé de la zone de finition peinture



La consommation d'air comprimé totale de la zone d'accessoire plastique est :

$$D= 3,48 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.1.9-Besoin en air pneumatique de la zone de la laque

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Machine à bol :

C'est une machine électrostatique qui contient des Bols à la place du pistolet, et la pulvérisation de la peinture est créée par le mouvement rotatif des bols. Cette machine fonctionne en mode électro- statiquement pneumatiques.



Figure 4.11: machine à bol de la ligne de la laque

✓ Robots

Ces machines à six axes comprennent deux applications ainsi qu'une interface utilisateur graphique basée sur une programmation intuitive et un apprentissage automatique des trajectoires. Ce robot permet d'obtenir une qualité de peinture constante.

✓ Pistolets

Se sont des pistolets pulvérisateur de peinture à travail régulier et rapide et à haute qualité de peinture sur les caisses, ils donnent une surface de peinture bien finie sur la ligne de la laque.



Figure 4.12: pistolets de la laque



On résume la consommation pneumatique de la ligne de la laque dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
la laque	robot px*5400	2	45 m ³ /h	1.5
		2	95 m ³ /h	3.17
la laque	machine à Pol	1	90 m ³ /h	1.5
la laque	pistolet	90	230 l/min	20,7
l'apprêt	pistolet de soufflage	2	80 l/min	0.16
l'apprêt	ponceuse	4	0.35 m ³ /min	1.4

Tableau 4.9 : la consommation de l'air comprimé la ligne de la laque

La consommation d'air comprimé totale de la zone d'accessoire plastique est :

$$D= 28,43 \text{ m}^3/\text{min.}$$

4.1.10-Besoin en air pneumatique de la zone centrale dilution

➤ Identification des machines pneumatiques

✓ Pompe Les pompes volumétriques GRACO

Les pompes principales servent au laboratoire de centrale dilution pour le pompage dans le domaine de préparation de peinture et pour le transfert de produit vers les appareils et les machines des robots pour la ligne de la laque.

✓ Les pompes pneumatiques à membranes

Se sont des pompes aussi utilisées pour transférer des fluides tels que les produits chimiques, ou les acides concentrés dans les phases de préparation de la peinture et dans le cas des pannes les pompes principales.





Figure 4.13: les pompes principales & pompes à membranes

A la ligne de la centrale dilution on calcule la quantité de machines qui consomment l'air comprimé résumé dans le tableau suivant :

machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
pompe principales	19	25 m ³ /h	7.91
pompes à membranes	21	8 m ³ /h	2.8

Tableau 5.10 : la consommation de l'air comprimé de la centrale dilution

La consommation d'air comprimé totale de la ligne de la laque est :

$$D= 10,71\text{m}^3/\text{min}$$

4.1.11-Autre alimentation de l'atelier peinture

Les compresseurs de peinture alimentent d'autres zones telles que la zone du bout d'usine ainsi que de contrôle livraison commerciale, ces zones ont justes des pistolets et des ponceuses.

Le bout d'usine dispose des pistolets et aussi des pompes du mastic, la consommation des équipements pneumatiques se résume dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
bout d'usines	ponceuse	1	0.35 m ³ /min	0.35
	pompes	1	200 l/min	0.2
	pistolet	24	120 l/min	2,88

Tableau 4.11 : la consommation de l'air comprimé de bout d'usine

La consommation d'air comprimé totale des machines pneumatiques de la zone de bout d'usine est :

$$D= 3.43 \text{ m}^3/\text{min}$$

La zone de contrôle dispose des pistolets, la consommation des équipements pneumatiques se résume dans le tableau suivant :

zone	machines	quantité	consommation d'air	débit (m ³ /min)
CLE	pistolet	14	140 l/min	4,26

Tableau 4.12 : la consommation de l'air comprimé CLE



La consommation d'air comprimé totale de la zone d'accessoire plastique est :

$$D = 4,26 \text{ m}^3/\text{min}$$

4-2. Consommation équipements pneumatiques totale de d'atelier peinture

La consommation des équipements pneumatiques totale de L'atelier peinture est :

LIGNES	Consommation de l'air comprimé
LA LAQUE	28,43 m ³ /min.
T.T.S	3,02 m ³ /min.
CATA	0,96 m ³ /min.
L' APPRET	4,24 m ³ /min.
Egrainage	0,35 m ³ /min.
MASTIC	9,01 m ³ /min.
P.A.D	3,31 m ³ /min.
Finition peinture	3,48 m ³ /min.
Centrale dilution	10,71 m ³ /min.
Accessoire plastique	4,62 m ³ /min.
Bout d'usine	3,43 m ³ /min.
CLE	4,26 m ³ /min
TOTAL (ATLIER PEINTURE)	75,82 m³/min

Tableau 4.13 : la consommation de l'air comprimé

On résume la consommation totale de l'atelier peinture dans le graphe suivant

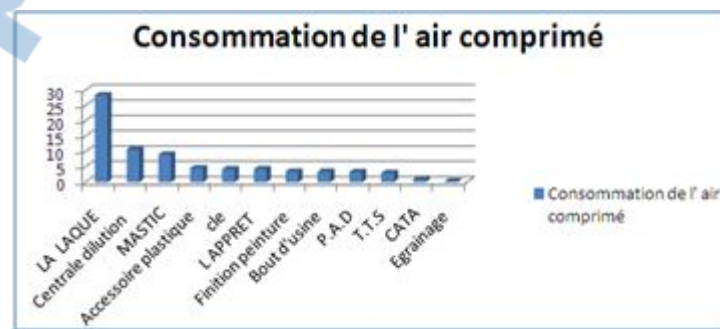


Figure 4.14 : Différentes consommation des lignes de production à l'atelier peinture



4.3-Calcul du besoin de l'atelier peinture

Introduction

Le débit dépend de la consommation instantanée des diverses machines pneumatiques aussi dépend le temps d'utilisation et le nombre des piquages dans les lignes de production et la consommation dans le jour de weekend.

- le débit maximum.
- le débit efficace.
- le débit en période du jour de weekend

4.3.1-Le besoin maximum de l'atelier peinture

La consommation pneumatique maximale de l'atelier peinture calculée à partir du nombre de piquage aussi la consommation des machines pneumatiques maximale branchée pour chaque piquage sur le circuit principal d'alimentations de la ligne de production d'air comprimé.

On résume le calcul dans le tableau suivant :

ligne	piquage	consommation (m ³ /min)
la laque	19	9,39
mastic	14	9,04
pad	9	1,31
cataphorèse	9	0,91
Traitement de surface	19	3,02
l'apprêt	10	4,24
finition peinture	12	1,68
Contrôle commerciale livraison	9	1,26
bout d'usine	5	0,68
centrale dilution	-	10,71
Accessoire plastiques	11	3,71
	somme	45,95 m ³ /min

Tableau 4.14 : la consommation maximale de l'atelier peinture

Besoin réel d'atelier peinture

Besoin maximum de l'atelier peinture est 45,95 m³/min, ce qui représente que deux compresseurs seulement suffisent pour alimenter l'atelier peinture.

4.3.2-Calcul du besoin réel

Pour trouver le besoin réel de l'atelier, on calcule le coefficient d'utilisation à cause du travail des opérateurs de façon discontinue des machines pneumatiques par la formule suivante :

L'inventaire des besoins est dressé en précisant pour chaque utilisation :



- le débit instantané (consommation).
- le coefficient d'utilisation.

Le besoin réel calculé à l'aide de formule :

$$T = t \times F / c \times C / h$$

t=la durée de l'opération

F=fréquences d'utilisations/unité de la caisse.

C=Cadence de chaque ligne de production/heure.

Les résultats suivants représentent le débit de l'air comprimé efficace journalière pour les machines pneumatiques:

ligne	débit m ³ /min	T. efficace de l'opération (min/h)	T. efficace de l'opération (h/j)	Coefficient d'utilisation	Débit. efficace
mastic	7,84	10,2 min /h	2,72	0.17	1.33 m ³ /min
cata	4,24	18,66 min/h	5,28	0.311	1.31 m ³ /min
TTS	3.02	17,33 min/h	4,9	0.28	0.84 m ³ /min
l'apprêt	4,24	13,33 min/h	3,55	0.22	0.93 m ³ /min
la laque	9.39	37,5 min/h	10	0,63	5,91 m ³ /min
PAD	3,31	10,66 min/h	2,84	0.177	0.554 m ³ /min
bout d'usine	0,68	-	-	-	0,68 m ³ /min
CLE	4,26	3 min/h	0,8	0.016	0.068 m ³ /min
F peintures	3,48	5,5 min/h	1,46	0.091	0.316 m ³ /min
C. dilution	10,71	-	-	-	10,71 m ³ /min
A.P	4,62	-	-	-	4,62 m ³ /min
pompe mastic	1,2	-	-	-	1,2 m ³ /min
			somme (m³/min)		28.47 m³/min

Tableau 4.15 : le besoin réel de l'atelier peinture

Le besoin de consommation de l'air comprimé réel à cause de travail discontinu est :

$$D = 28.47 \text{ m}^3/\text{min}$$

Le débit réel signifie que Le besoin d'atelier peinture diminue à cause de travail discontinu les machines pneumatiques pour chaque ligne de l'atelier, aussi Ce débit signifie que les compresseurs va travailler en fonction les besoin et en fonctions la cadence et les heures des pointes.



4.4.3-Besoin en air comprimé le jour de week end

On identifie les zones qui travaillent les jours des weekends on trouve :

La ligne	consommation (m ³ /min)
cata	0,91
traitement des eaux	1.44
centrale dilution	10,71
La cire	0,045
Somme	12,86 m ³ /min

Tableau 4.16 : la consommation dans les jours de weekend

Les jours de weekend nécessitent qu'un compresseur de type ZT 90 est alimente suffisamment l'atelier peinture

Conclusion

Le besoin réel qu' on peut utiliser pour alimenter l'atelier peinture est **28,47m³/min** équivaut de deux compresseurs .Un compresseur de type ZT132 de débit constant et un compresseur à vitesse variable travaillent en fonction du besoin de l'atelier ,donc on a seulement deux compresseurs ,et les trois compresseurs de type ZT 132 resteront en backup en cas de panne de l'un des compresseurs, ce qui va réduire la consommation électrique et aussi le fonctionnement des compresseurs .

D'alimenter l'atelier peinture de deux compresseurs de type ZT 132 et un compresseur de type ZT 90 , représente **84,95MWH/mois équivaut de 3,73%** de la consommation électrique totale de l'usine, ce qui correspond à un montant **67 960 DH/mois**.

le besoin dans les jours de weekend est de **12,86 m³/min** équivaut d'un compresseur de type ZT 90 à vitesse variable au lieu de quatre compresseurs ;trois compresseurs de peinture et un compresseur de montage pour alimenter, la cire ,traitement des eaux ,cataphorèse ,centrale dilution) le jour de weekend.



CHAPITRE.V

Optimisation amélioration & dimensionnement

Circuit de l'air comprimé

5.1-Introduction

L'optimisation des conduites dans son système est un outil très important pour augmenter l'efficacité des installations industrielles dans la technique de l'air comprimé, aussi d'optimiser au maximum la consommation en vue de réduire la dépenses énergétiques, d'améliorer la fiabilité des installations de l'atelier peinture d'air comprimé.

Ce chapitre consiste à étudier le schéma actuel de l'atelier peinture, identifier le gaspillage des conduites et redimensionner quelques conduites à cause de la grande perte de charge, à l'aide de l'exigence de standard Renault. Consiste aussi à économiser l'énergie des compresseurs de l'atelier, déterminer le gain en terme du coût des conduites et en terme de perte de charge de l'énergie électrique gaspillée.

5.1.1-Identification des pertes de traitement de surface

La ligne de traitement de surface alimentée par une conduite de 0.5 pouces de matériaux acier noir. On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de TTS dans le schéma suivant:



Figure 5.1 : identification des pertes de la ligne de traitement de surface

On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	Longueur(m)	volume l'air comprimé
0,5pouce	acier noir	20	2,53

Tableau 5.1: identification des pertes des conduites de traitement de surface



- ✚ Calcul la perte de charge des conduites supplémentaires

Pour le calcul de perte de charge on utilise l'abaque (annexe 2)

- Pour $Q = 3,02 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 0,5$ pouce, pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est $\Delta P = 190$ mbar

5.1.2-Identification des pertes de la ligne cataphorèse

La ligne de cataphorèse alimentée par une conduite d'un pouce, on identifie les conduites supplémentaires de la ligne de cataphorèse dans le schéma suivant :



Figure 5.2: identification des pertes de la ligne de cataphorèse

On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	Longueur(m)	volume l'air comprimé
1 pouce	acier noir	216	109,39

Tableau 5.2 : identification des pertes des conduites de cataphorèse

- ✚ La perte de charge dans la conduite inutile

- Pour $Q = 0,97 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 1$ pouce, pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites inerte est $\Delta P = 0,210$ bar.

5.1.3-Identification des pertes de la ligne de mastic

La ligne de mastic est alimentée par une conduite de un pouce. On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de mastic est :



Figure 5.3: identification des pertes de la ligne de Mastic

On résume les conduites inertes aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	longueur	volume l'air comprimé
1 pouce	acier noir	10	5,06 l
4 pouces	acier noir	48	388,9 l
2 pouces	acier noir	72	145,85 l

Tableau 5.3 : identification des pertes des conduites de mastic

✚ La perte de charge des conduites inutiles

- Pour $Q = 9,01 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 4$ pouce, pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est $\Delta P = 3,21$ mbar
- Pour $Q = 9,01 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 2$ pouce, pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est $\Delta P = 172,6$ mbar.
- Pour $Q = 9,01 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 1$ pouce, pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est $\Delta P = 0,85$ bar

5.1.4-Identification des pertes de la zone de bouclier

La ligne de la zone bouclier alimentée par une conduite de trois pouces. On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de la zone de boucliers dans le schéma suivant :



Figure 5.4: identification des pertes de la ligne bouclier



On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	Longueur(m)	volume l'air comprimé
2 pouces	acier noir	48	97,23
3 pouces	acier noir	102	464,49

Tableau 5.4 : identification des pertes des conduites de bouclier

✚ La perte de charge des conduites inutiles

- Pour $Q= 4,62 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 2 \text{ pouce}$, pression effective est $p_e=6 \text{ bar}$ la perte de charge de conduites est $\Delta P= 0,03 \text{ bar}$.
- Pour $Q= 4,62 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 3 \text{ pouce}$, pression effective est $p_e=6 \text{ bar}$ la perte de charge de conduites est $\Delta P= 7,93 \text{ mbar}$.

5.1.5-Identification des pertes de la zone de finition

La ligne de la zone finition peinture alimentée par une conduite de deux pouces de longueur 84 mètre On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de la zone de finition dans le schéma suivant :

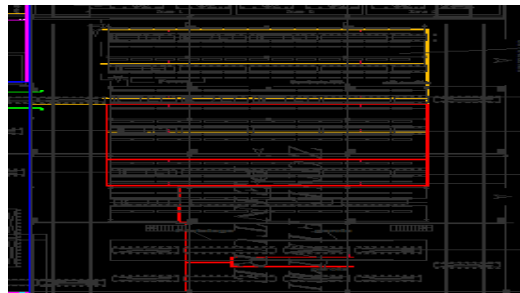


Figure 5.5: identification des pertes de la ligne de la finition peinture

On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	Longueur(m)	volume l'air comprimé
2 pouces	60 m	121,15 l

Tableau 5.5 : identification des pertes des conduites de finition peinture

✚ La perte de charge des conduites inutiles

- Pour $Q= 3,48 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 2 \text{ pouce}$, pression effective est $p_e=6 \text{ bar}$ la perte de charge de conduites est $\Delta P= 21,4 \text{ mbar}$.



5.1.6-Identification des pertes de la ligne de l'apprêt

La ligne de la zone de L'apprêt alimentée par une conduite de deux pouces .On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de l'apprêt dans le schéma suivant:

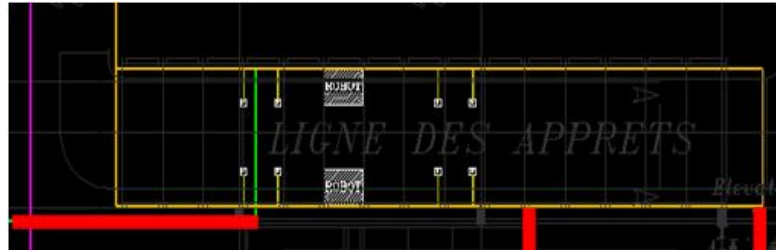


Figure 5.6: identification des pertes de la ligne de l'apprêt

On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	longueur (m)	volume l'air comprimé
0,5 pouces	acier noir	6	0,75 l
1 pouce	acier noir	30	15,19 l

Tableau 5.6 : identification des pertes des conduites de la ligne de l'apprêt

✚ La perte de charge des conduites inutiles

- Pour $Q= 4,24 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 1 \text{ pouce}$, pression effective est $p_e=6 \text{ bar}$ la perte de charge de conduite est $\Delta P= 0,1 \text{ bar}$

5.1.7-Identification des pertes de la ligne de la laque

La ligne de la laque alimente par une conduite par une conduite de 2 pouces. On identifie les conduites supplémentaires de la ligne de la ligne de laque dans le schéma suivant:

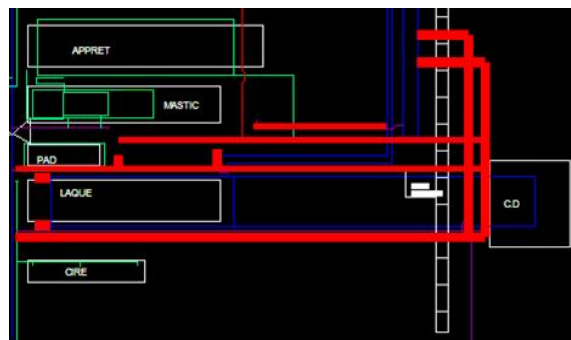


Figure 5.7: identification des pertes de la ligne de la laque



On résume les conduites supplémentaires aussi le volume de l'air comprimé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	longueur	volume l'air comprimé
4 pouces	acier noir	300	2430,96 l
3 pouces	acier noir	198	902,4 l
2 pouces	acier noir	30	15,19 l

Tableau 5.7 : identification des pertes des conduites de la ligne de la laque

✚ La perte de charge des conduites inutiles

- Pour $Q = 28,43 \text{ m}^3/\text{min}$ $\varnothing = 4$ pouce , la pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est
 $\Delta P = 0,2$ bar
- Pour $Q = 28,43 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 3$ pouce , pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est :
 $\Delta P = 0,58$ bar
- Pour $Q = 28,43 \text{ m}^3/\text{min}$, $\varnothing = 2$ pouce , pression effective est $p_e = 6$ bar la perte de charge de conduites est :
 $\Delta P = 0,7$ bar

5.2-Perte de charge à l'atelier peinture

Généralités

Lorsqu'on considère un fluide compressible comme l'air comprimé les pertes d'énergie spécifiques ou bien comme on les appelle souvent, les pertes de charge dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la canalisation, de la vitesse d'écoulement et de la viscosité du liquide et la valeur de la pression qui règne dans le liquide.

La différence de pression $\Delta P = p_1 - p_2$ entre deux points (1) et (2) d'un circuit pneumatique .

5.2.1-Pression de l'utilisation

Les machines et les outils de l'atelier peinture requièrent une surpression d'exploitation comprise entre 6 et 6,3 bars. Une pression trop élevée (supérieure à 6,3 bars) réduit la performance de l'outil, écourte sa durée de vie et diminue la sécurité de l'alimentation, tandis que les coûts énergétiques et d'exploitation grimpent. C'est pour cela l'exigence de standard choisis une pression d'utilisations 6,3 bar.



5.2.2 Perte de charge à l'atelier peinture

Dans notre cas la pression des lignes de production qui dispose la zone d'accessoire plastique et la zone de finition peinture, le manomètre affichent des valeurs moins que celle donnée **6.3 bar** de standard Renault, cela indique par le standard de perte de charge au niveau des conduites linéaire et singulière.

La pression de sortie des machines pneumatiques est moins la pression admissible et de consommation optimale pneumatique, on résume la grande perte charge pour quelque zone dans le tableau suivant :

zone	pression de la sortie en bar	pression admissible en bar	Chute de pression en bar
accessoire plastique	5,9	6,3	1,1
finition peinture	5,6	6,3	1,4
la laque	6,4	6,3	0,6
mastic	4,8	6,3	2,2
l'apprêt	6,1	6,3	0,9
retouche	5,8	6,3	1,2
pad	5,9	6,3	1,1

Tableau 5.8: chute de pression à l'atelier peinture

On constate que les pertes de charge dépendent des éléments suivants :

- ✦ La perte de charge est logiquement proportionnelle à la longueur de la canalisation : elle augmente quand la longueur de canalisation augmente.
- ✦ Existences des Conduites supplémentaires et inutiles dans l'atelier peinture sans alimentation des machines pneumatiques.
- ✦ Mauvaise installation des conduites, certaines conduites sont enterrées pour alimenter certaines zones.
- ✦ Beaucoup des fuites dans l'atelier peinture contribuent à augmenter les pertes de charge de l'air comprimé dans l'atelier peinture.

Il faut redimensionner ces conduites et déterminer les diamètres principaux et secondaires de faible perte de charge exigée par le standard Renault.



Figure 5.8: les conduites souterraines

5.3-Schéma optimisé de l'atelier peinture

Après l'identification des conduites à enlever du schéma de l'atelier peinture, on propose quelques améliorations au niveau alimentation des quelques zones, la zone de bouclier cataphorèse ainsi la conduite qui alimente la ligne de l'apprêt, mastic, et la zone de retouche.

On a montré que le besoin réel de l'atelier peinture de consommation réel pneumatique est de $28,47\text{m}^3/\text{min}$ cela représente que deux compresseurs largement suffisants d'alimenter l'atelier peinture, ainsi l'objectif de cette proposition de cette amélioration est de trouver un schéma pour faire fonctionner un seul compresseur le jour de weekend pour alimenter juste les zones cataphorèse, le traitement des eaux, la centrale dilution et la cire, au lieu de trois compresseurs. Cette amélioration a pour objectif d'économiser l'énergie des compresseurs.

On résume l'amélioration des conduites qui répond à l'exigence du standard Renault par le schéma suivant comme suit :

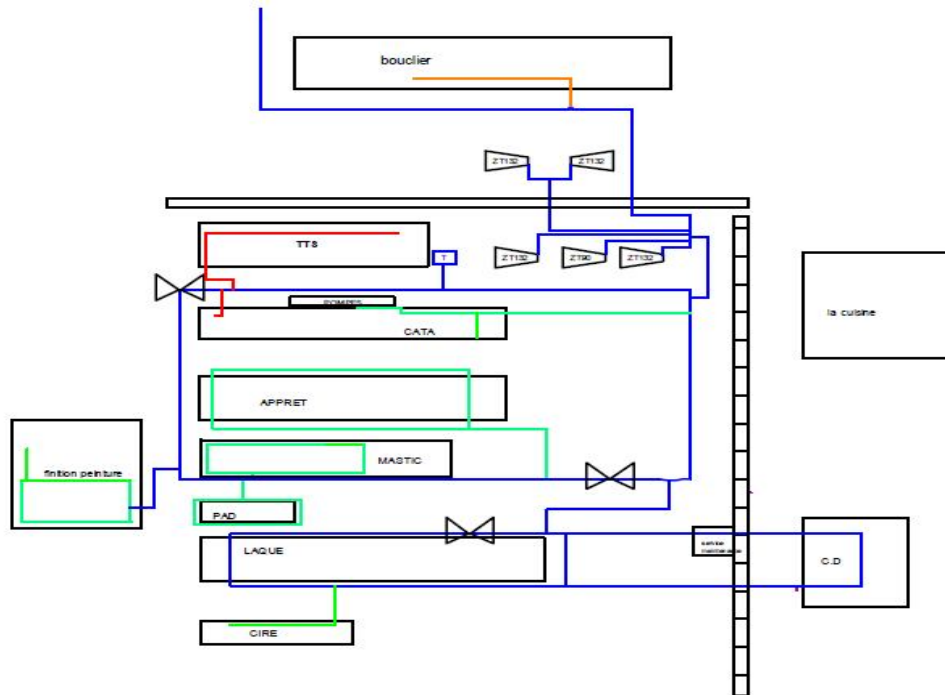


Figure 5.9 : schéma de l'atelier peinture optimisé

Le circuit de l'air comprimé devient un circuit fermé aussi, la cire est alimentée par les compresseurs de l'atelier peinture.

Le circuit de L'air comprimé des lignes de traitement de surface, cataphorèse, la cire et la zone de retouche est distribué avec un réseau disposé en antennes.

Le circuit de L'air comprimé des lignes d'apprêt, de la laque de matériaux des conduites en inox et distribué avec un réseau fermé.

La proposition du schéma optimisé répond totalement à l'exigence de standard Renault de manière que le circuit doit être fermé .

5.4-Dimensionnement de réseaux de distribution d'air comprimé

➤ Méthode de dimensionnement

La planification adéquate d'un réseau à une influence directe sur la performance des machines et sur le coût de production de l'air comprimé, donc les conduites de l'air comprimé est choisie par standard Renault, de déterminer le diamètre en considérant le débit volumétrique, débit requis par les lignes de production et la chute de pression.

Le dimensionnement du réseau de tuyauterie doit en tout cas être déterminé par un calcul prenant pour base une chute de pression donnée par le standard Renault entre le compresseur et les outils pneumatiques.





La chute de pression donnée par le standard Renault est :

- 0,2 bar pour les conduites principales .
- 0,3 bar pour les conduites secondaires pour les lignes de production de l'atelier peinture

La pression est donnée par le standard Renault est 6,3 bar pour l'atelier peinture.

5.6.1-Méthode de calcul

➤ Diamètre de la tuyauterie

Il est déterminé en fonction du débit, de la longueur et des accidents (Coudes, raccord, robinetterie, etc.).

Dans la pratique, on utilise des formules empiriques, la plus simple étant celle d'Aubrey :

$$P_2^2 - P_1^2 = 0.432 \frac{Q^2 * l}{D^{5.16}}$$

D (cm) diamètre intérieur,

L (km) longueur.

Q (m³/h) débit à 15°C.

P₁ (bar) pression absolue à l'entrée de la tuyauterie,

P₂ (bar) pression absolue à la sortie de la tuyauterie

On peut l'écrire en prenant la pression moyenne $p = (p_1 + p_2)/2$:

$$\Delta P = \frac{0.216 * \Phi^2 * L}{D^{5.16} * P}$$

$p = p_2 - p_1$ la différence de pression entre deux point donne dans la conduites

➤ Dimensionnement à l'atelier peinture

Dans notre cas on applique le dimensionnement pour la conduite principale du réseau et les conduites secondaires d'alimentation des lignes de production pour les conduites qui sont mal dimensionnées.

✚ Le dimensionnement pour la conduite de distribution pour la ligne de mastic apprêt, la zone Pad

- Pour Q= 16,56 m³/min, pression optimale demandée est $p_e = 6,3$ bar la perte de charge de la conduite selon le standard on a : $\Delta P = 0.2$ bar



A.N

D= 71,92 mm  D = 3 pouces

✚ Le dimensionnement pour la conduite de distribution pour la ligne de finition peinture

- Pour $Q=4,62 \text{ m}^3/\text{min}$, pression optimale demandée est $p_e=6,3 \text{ bar}$ la perte de charge de la conduite selon le standard est $\Delta P= 0,3 \text{ bar}$

A.N

D=32,26 mm  D= 1pouce ½

✚ Le dimensionnement pour la conduite de distribution pour la ligne d'accessoire plastiques

- Pour $Q= 3,48 \text{ m}^3/\text{min}$, pression optimale demandée est $p_e=6,3 \text{ bar}$ la perte de charge de la conduite selon le standard est $\Delta P= 0,3 \text{ bar}$

A.N

D =30,183 mm  D=1 pouce ¼

On résume la dimension à l'atelier peinture dans le tableau suivant :

zone	diamètre
la laque	2 pouces
l'apprêt	2 pouces
mastic	1 pouce
cataphorèse	1 pouce
traitement de surface	1/2 pouce
finition peinture	1 pouce 1/2
accessoire plastiques	1 pouce 1/4
la cire	1 pouce
PAD	1 pouce 1/2

Tableau 5.9 : dimensions des conduites

5.7-Coût perdu énergétique

A l'atelier peinture, le gaspillage de l'air comprimé est plus élevé dans les conduites à supprimer existantes sans utilisation à chaque jour de fonctionnement des cinq compresseurs.

La consommation électrique perdue des cinq compresseurs due à la perte de volume $V=4,45 \text{ Nm}^3$ de l'air comprimé dans les conduites inutiles représente **76,57 MWH/mois**, cette perte est de l'ordre **3,36 %** de la consommation électrique totale de l'usine SOMACA.



5.8-Coût des conduites supplémentaires

Pertes totales des conduites inertes de l'atelier peinture est très grand aussi le volume gaspillés de l'air comprimé est résumé dans le tableau suivant :

conduite	matériaux	longueur (m)
0.5 pouces	acier noir	26
1 pouce	acier noir	262
2 pouces	acier noir	186
3 pouces	acier noir	334
4 pouces	Acier noir	300

Tableau 5.10 : perte des conduites inutiles

Conclusion

Les pertes totales des conduites en terme du coût est de l'ordre de **157.45 KDH** de l'atelier peinture, ces pertes seulement pour les conduites droites sans vanne et coude sont aussi à éliminer, c'est pour ce là la vraie perte financière est estimée de l'ordre **200 000 DH** dans l'atelier peinture.

Vu que les dépenses énergétiques de l'air comprimé à cause ces pertes des conduites **sont 76,57 MWH/mois**, représente **3.36%** de la consommation totale de la facture d'électricité de l'usine.

Les pertes mensuelles sont chiffrées à **61 256 DH/mois** pour l'atelier peinture, sans prendre compte des pertes des fuites à l'atelier peinture.



CHAPITRE VI

Fuite d'air comprimé

Introduction

Parmi les causes essentielles de la chute de débit au niveau du réseau de distribution d'air comprimé, l'existence des fuites dont le taux peut atteindre 5% à 10 % du débit total d'installation des compresseurs. Ces fuites engendrent une baisse considérable de la puissance des outils pneumatiques, et par conséquent une baisse de leur productivité.

L'aspect général des fuites, c'est qu'elles se produisent d'une façon continue, ce qui augmente les frais d'entretien et de surveillance du réseau. Il ne faut pas oublier que réduire les fuites à des valeurs très faibles est souvent difficile et conduit à une augmentation des coûts. Le taux de fuite admissible est relatif d'une part aux frais d'entretien du réseau autre part au prix d'énergies consommées pour la production de l'air comprimé.

Généralement pour des réseaux qui s'étalent sur des longueurs importantes comme celui de la l'atelier peinture, on peut tolérer un taux allant jusqu' à 15% du débit total produit.

6.1-Détection des fuites

A l'atelier peinture on a trouvé un nombre important des fuites résumées dans le tableau suivant :

zone	quantité	type de fuite
TTS	2	vanne, raccord, filtre
	1	
zone de compresseur	2	vanne, conduites cassées
	2	
bouclier	1	raccord
la laque	1	filtre
égrainage	1	raccord de ponceuse
pad	1	filtre, raccord du pistolet
	3	
finition peinture	2	pompe de mastic, filtre
	2	
l'apprêt	2	filtre

Tableau 6.1 : les fuites de l'atelier peinture

On a vingt fuite d'air comprimé à l'atelier peinture signifie que l'importance des pertes d'énergie à l'atelier.



6.2-Méthode de calcul des fuites d'air comprimé à l'atelier peinture

La méthode pour déterminer le taux des fuites dans le réseau de distribution se base sur l'emploi d'un compresseur de capacité connue.

Méthode de la vidange des réservoirs

Une façon simplifiée de déterminer les fuites consiste à mesurer le temps de vidange des réservoirs d'air comprimé, pour réaliser cette mesure, on aura besoin que d'une montre et d'un manomètre, il vous faut connaître le volume des réservoirs et la pression du réseau. la mesure est réalisée de la façon suivante, régler la et du réservoir à la pression maximum admissible en veillant à ce que tous les récepteurs soient hors service, puis mettre le compresseur hors service de façon à ce que le réseau ne soit plus alimenté .mesurer ensuite le temps nécessaire pour que la pression diminue de 1 à 2 bar en raison des fuites.

Remarques : la pression sera augmentée jusqu'à la pression maximum du réservoir, on mesure le temps nécessaire à une baisse de pression.



Figure 6.1 : mesure de la diminution de pression dans le système compresseur coupe en fonction du temps.

Avec les données de la pression maximale de réservoir et minimal pour déclencher le compresseur, le temps nécessaire cette diminution de pression et le volume du réservoir, la quantité d'air perdue à cause des fuites peut être calculé à l'aide de formule suivante :

$$Q_{\text{fuites}} = \frac{Q \cdot (p_a - p_e)}{t}$$

Q fuite =débit de fuite

V=volume de réservoir

Pa= pression dans le réservoir au début de la mesure

Pe=pression dans le réservoir à la fin de la mesure



T=temps de la mesure

-Réservoir de compresseur.2 ZT132 et ZT90

$Q= 35,9 \text{ m}^3/\text{min}$, $T=11$, $P_a=9,2\text{bar}$, $P_e=8,1\text{bar}$

$Q=3,59 \text{ m}^3/\text{min}$

-Réservoir de compresseur .3 ZT132

$Q= 22,9 \text{ m}^3/\text{min}$, $T=15 \text{ s}$, $P_a=6,8\text{bar}$, $P_e=6,1\text{bar}$

$Q=1.06 \text{ m}^3/\text{min}$

-Réservoir de compresseur. 4 ZT132

$Q= 22,9\text{m}^3/\text{min}$, $T=29 \text{ s}$, $P_a=6,7\text{bar}$, $P_e=6,4\text{bar}$

$Q=0.23\text{m}^3/\text{min}$

-Réservoir de compresseur. 4 ZT132

$Q= 22, 9 \text{ m}^3/\text{min}$, $T=47 \text{ s}$, $P_a=6,8\text{bar}$, $P_e=6, 5 \text{ bar}$

$Q=0,14 \text{ m}^3/\text{min}$

Pendant un arrêt de production de l'usine ou d'une section de l'usine, on mesure les variations de pression au réservoir d'air afin d'évaluer les fuites dans le système.

Le tableau suivant illustre l'importance des fuites selon les débits et des pertes annuelles en DH.

	D .du compresseur	Débit, fuite	Puissance en KW	Perte annuelle en DH /AN
Compresseur.1 & 2	25,9	3,59	20,69	101298,24
Compresseur.3	22,9	1.06	6,11	29914,56
Compresseur.4	22,9	0.23	1,84	9008,64
Compresseur.5	22,9	0,14	0,74	3623,04

Tableau 6.2 : dépense annuelle en énergie due au fuite (sans cout d'achat ou maintenance)

La perte annuelle est : $0.8 * \text{kW} * 6120 \text{ heures/AN}$



Conclusion

Le débit de fuite total est de l'ordre **5,02 m³/min**, ce qui représente **4,79%** de débit moyen produit par les compresseurs.

Les mesure de l'essai de détermination de débit de fuite ne prenant pas en considération les fuites qui existent au niveau des flexibles des raccords et des outils pneumatiques en amont du stockage est pour cela que le vrai taux de fuite de l'atelier peinture est estimé à 10 % du débit moyen produit

Étant donne que la consommation spécifique est de l'ordre **3502,02kWh/m³** de la perte mensuelle en énergie électrique est évaluée à **31110 kWh/mois**

Vu que les dépenses énergétiques représentant **90 %** des frais de la production de L'air comprimé, les pertes mensuelles sont chiffrées à **24 888,4 DH/mois** pour un atelier de peinture.

Ces chiffres doivent sensibiliser personnel technique au problème des fuites et au manque à gagner qu'on pourra encaisser en cas de diminution taux de fuite une campagne de chasse à la fuite doit être lancé dans des meilleurs délais.

Pour ce faire, il faut résoudre le problème à la source et chercher la vraie cause responsable de ce taux de fuites élevé .les différentes propositions et recommandations seront étudiées dans le prochain chapitre.



CHAPITRE VII

Étude d'améliorations & la centralisation

Les compresseurs

Introduction

Les réseaux d'air comprimé sont destinés à distribuer l'air comprimé aux différents points d'utilisation. L'air comprimé doit être de quantité, de qualité et de pression suffisante pour faire fonctionner les composants utilisés. L'alimentation en air comprimé représente un coût important. Un réseau d'air comprimé mal conçu peut accroître le coût de consommation d'énergie, diminuer le bon fonctionnement des équipements, réduire l'efficacité de la production et augmenter les frais d'entretien est pour cela ajout d'autre équipement est Généralement, il est reconnu que les coûts supplémentaires engendrés par l'amélioration d'un réseau d'air comprimé s'avèrent être payants au fil du temps. L'air comprimé est utilisé dans beaucoup d'installations industrielles et est indispensable à la production.

Comment réduire les fuites, reste le souci primordial du mineur, vu les pertes considérables causées par les fuites qui se reflète sur les coûts énergétiques pour la production pour la production de l'air comprimé, et aussi sur la production des différents outils pneumatiques utilisés.

7.1-Cause des fuites

Le premier pas consiste à dévoiler les vrais facteurs responsables de l'augmentation du taux des fuites

En ce qui concerne l'atelier peinture ; les vraies causes se résument dans les points suivants :

Fuites au niveau des compresseurs. et qui sont dues au débit de retour à l'intérieur du compresseur lui-même

✚ Fuites au niveau du réseau de distribution provoquées par :

- Manque d'étanchéité des joints
- Présence des vannes défectueuses
- Existence des trous occasionnés par la corrosion ou par dégradation forcée.
- Fuite au niveau Machine pneumatique
- Fuite au niveau du purgeur de réservoir
- Fuite au niveau des filtres des sécheurs
- Fuite au niveau des conduites à air comprimé endommagées.



- Fuites au niveau des fuites pneumatiques et leur accessoire (flexible. Raccord, vanne.)

-Purge âge de l'air comprimé

La présence de l'eau à des conséquences graves sur efficacité d'une installation d'air comprimé à savoir ; la corrosion de toute les réservoirs et la tuyauterie .ce qui est considéré comme étant la cause principale des fuites et des explosions des réservoirs .la diminution des performances des différents outils pneumatiques ; et même l'usure de ses pièces.

Lorsqu' on comprime un certain volume d'air comprimé de la pression atmosphérique à une certaine pression, la quantité de vapeur d'eau reste constante pour une même température.

A température d'aspiration de 25 °C .la quantité d'eau dans l'air est donnée par la courbe de rosé. Elle vaut 22,830 g/m³, or humidité relative de l'air à la sortie de compresseur est estimé de 18 %, ce qui donne une quantité d'eau à une pression de 7 bar et à une température de 27 °C est 4,92g/m³.en réalité le phénomène est masque par élévation de la température au niveau du compresseur, mais une fois dans le réseau de distribution, la température va diminuer, ce qui engendra la condensation des 4,92 g/m³.

7.2-Recommandation

Etant donné l'état actuel du réseau, caractérisé par sa longueur et l'ancienneté de sa tuyauterie, on peut tolérer un taux de fuites de 10%.

Ramener les taux de fuites actuelles à 10%, n'est pas difficile à réaliser, sans pour autant engager des dépenses excessives d'entretien et de maintenance.

On recommande

- L'entretien de l'étanchéité des joints.
- L'entretien de la tuyauterie.
- Le bon soudage au niveau des raccords de la tuyauterie ou bien prévoir un autre système au lieu de souder (raccord ou bien mettre des colliers).
- L'élimination des trous de fuites au maximum au niveau de la tuyauterie par un soudage approprié.
- La résolution du problème de la transportant l'air comprimé au d'issus de celle alimentant les différents chantiers par l'eau de formation.
- Le purgeâge des aux condensées à l'intérieur de la tuyauterie, et qui sont dues à humidité de l'air.
- Placer des manomètres à la sortie des compresseurs.
- L'installation des débitmètres à la sortie du chaque réservoir d'air de l'atelier.
- Installation des purgeurs de condensat à la sortie du compresseur
- Remplacer les raccords par un équipement à faibles pertes.
- Souscription de contrat de maintenance pour le matériel de production.
- Intégration de la maintenance de l'Air Comprimé au niveau global de l'usine.



- Souscription de contrat de sous-traitance pour la détection des fuites.
- Création de poste en interne de l'entreprise dédié entièrement à la maintenance de l'Air Comprimé.

✚ Remplacer les purgeurs de condensat temporisés

Les purgeurs de condensat temporisés évacuent le condensat par l'ouverture périodique de la soupape d'évacuation. Si la soupape s'ouvre en l'absence de condensat, de l'air comprimé s'échappe. L'air ainsi expulsé sans être utilisé augmente considérablement les coûts d'exploitation. C'est pourquoi il faudrait remplacer les purgeurs de condensat temporisés par des purgeurs pilotés électroniquement en fonction du niveau de condensat atteint.

✚ contrôle les machines pneumatiques à l'atelier peinture

Nombre de machines abritent des consommateurs d'air comprimé non pilotés. Ces consommateurs incontrôlés consomment également de l'air comprimé coûteux alors même que la machine n'est pas en exploitation et qu'un véritable besoin d'air comprimé n'existe pas (les buses soufflantes et les injecteurs à vide sont des exemples typiques de consommateurs incontrôlés de la ligne de mastic et de la zone retouche PAD finition peinture). De tels consommateurs permanents accroissent massivement les coûts d'exploitation et les coûts énergétiques.

Il serait préférable de mise en place la centrale d'air comprimé qui répond l'exigence de standard Renault)

7.3-Exigence de Standard Renault

D'aspiration d'air des compresseurs doit toujours comprendre un système de filtration. Toutefois, selon le Constructeur du compresseur, le filtre peut être incorporé à la machine ou séparé mais fourni avec la Machine.

7.3.1-Standard Renault pour le refoulement des compresseurs

- ✚ L'air comprimé avant déshydratation est refoulé dans une tuyauterie en acier inoxydable (L'air comprimé au refoulement du compresseur étant saturé en eau, il existe un risque réel de corrosion).
- ✚ D'une purge reliée au réseau d'évacuation des condensats De vannes d'isolement
- ✚ Manomètre
- ✚ D'un thermomètre à doigt de gant.
- ✚ D'un comptage (tout type sauf à turbine) avec correction de température et de pression locale ou délocalisée.

Chaque ligne de refoulement est raccordée à une nourrice commune à tous les compresseurs. Cette nourrice est capacitaire pour un compresseur supplémentaire



Chaque départ pour un sécheur est connecté à la nourrice précédente par une tuyauterie pourvue d'une vanne d'isolement.

7.3.2 Standard pour les réseaux d'air en aval des dés hydrateurs En aval des hydrateurs.

L'air comprimé déshydraté est refoulé dans une tuyauterie en inox et équipée de vannes D'isolement.

7.3.3-Standard pour les lignes de départ de la centrale de production d'air comprimé déshydraté

Chaque ligne d'air comprimé déshydraté au départ de la centrale de production à l'atelier peinture est pourvue :

- ✚ D'un manomètre.
- ✚ D'un thermomètre.
- ✚ D'un comptage avec correction de température et de pression locale ou délocalisée.
- ✚ D'une sonde de température.
- ✚ D'une sonde de pression qui servira à la régulation de marche des compresseurs.
- ✚ D'une sonde d'hygrométrie.

7.4-Centralisation des compresseurs

Il va de soi que plus la production d'air sera proche des postes consommateurs, moins il y aura de déperdition. Chaque fois que cela est possible, la production d'air soit donc située en position centrale par rapport aux utilisations. Sauf cas particulier, il est préférable d'installer une seule centrale de compression par site, afin de faciliter la maintenance et la régulation de l'ensemble, ce qui limitera la consommation d'énergie.

La centrale d'air comprimé des compresseurs est constituée de cinq compresseurs d'une puissance de **618 kWh**, deux compresseurs alimentent l'atelier peinture ,un compresseur de type **132 KW** et autre de **90 kW** avec une vitesse variable et les trois compresseurs en rouge restent backup en cas de panne de l'un des compresseurs ou d'autre besoin ; ainsi cette centralisation respecte tous les équipements nécessaires de l'exigence de standard Renault qui répondent sur la qualité de l'air à l'atelier peinture .

Le schéma ci-dessous définit les paramètres de l'étude. Il s'agit de déterminer les Caractéristiques technico-économiques d'une installation de production air comprimé Par site. Cette installation est caractérisée par les éléments Suivants :

- ✚ centrale air comprimé des cinq compresseurs.
- ✚ ensemble des équipements pour chaque compresseur.
- ✚ un réservoir de stockage de l'air comprimé en aval des compresseurs
- ✚ Les sécheurs pour chaque compresseur.
- ✚ Un stockage tampon permettant de stocker l'air comprimé à sa pression de Production avant de l'utilisation à l'atelier peinture.

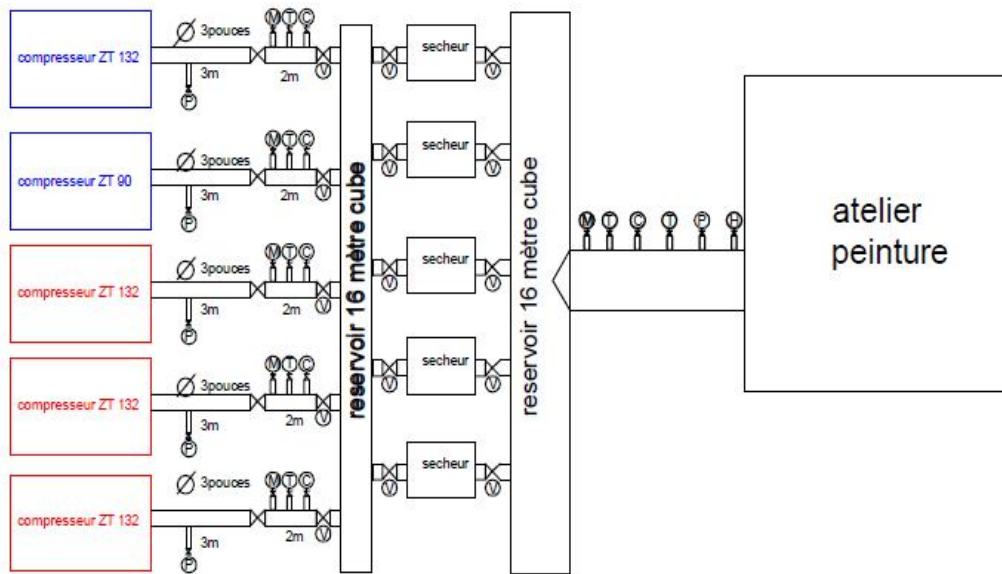


Figure 7.1 : Conception technique de la production de l'air comprimé

Cette proposition de la centralisation suit l'exigence de standard Renault (GE07-037R et GE07-039R) pour l'atelier peinture et des équipements nécessaires à respecter:

7.5-Dimension de réservoir

Le réservoir tampon centralise des cinq compresseur d'une station des compression sert d'abord a minimiser la fréquence d'utilisation des compresseur ,grâce à cela il empêche les grandes variations de pression dans le système, il devrait être choisis en conformité avec les formules dévaluation .un dimensionnement plus important que la valeur minimale calculée au moyen des formules ,permet d'améliorer la rentabilité de la station de compression.

$$V = \frac{Q \cdot (X - X^2)}{Z \cdot \Delta P} \quad \text{avec } X = \frac{Q_2}{Q_1}$$

V: volume de réservoir de l'air comprimé en m³

Q2=consommation maximale moins la consommation moyenne en m³/min

Q1=quantité débitée à partir des compresseurs en fonctionnement en m³/min

X : facteur d'utilisation

Z. Fréquence de cumulation

ΔP : Chute de pression.

Pour les compresseur à vis on Z=45



La chute de pression à la sortie des compresseurs est calculé à l'aide de

$$\Delta P = \frac{450 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{D^5 \cdot P}$$

L : longueur de tuyau de refoulement de compresseur en mètre

D : diamètre de la conduite de refoulement en mm

P : pression de compresseur en bar

Q : débit de l'air comprimé en l/s

✚ Pour la chute de pression à le refoulement de compresseur zt 132

L=5 m; p =7 bar, D=76, 2 mm, Q=13 m³/min

$$\Delta P = 7,49 \cdot 10^{-3} \text{ Bar}$$

L=5 m; p =7 bar, D=76, 2 mm, Q=22, 9 m³/min

$$\Delta P = 2,63 \cdot 10^{-3} \text{ Bar}$$

La chute de pression totale est :

$$\Delta P = 4 * \Delta P \text{ zt } 132 + \Delta P \text{ zt } 90$$

$$\Delta P = 0.03 \text{ bar}$$

Pour la dimension de réservoir est :

On a la consommation maximale est Q=45,95 m³/min

La consommation moyenne est des compresseurs est Q moyen=15,68 m³/min

$$X = \frac{Q_2}{Q_1}$$

A.N

$$X = \frac{45,95 - 15,68}{104,6}$$

$$X = 0,289$$

A.N

$$V = \frac{104,6 \cdot (0,29 - 0,29^2)}{45,0,03}$$

$$V = 15,95 = 16 \text{ m}^3$$



Le matériau de toute la tuyauterie en inox exigé par standard Renault pour la qualité de l'air comprimé demandée par l'atelier peinture uniquement.

Chaque compresseur est équipé par un sécheur en adsorption car le débit est supérieur de 1000 h/min.

7.6-Planification et gestion

Il convient de préparer à l'avance un planning détaillé des visites au fond à fin d'effectuer aussi bien des interventions pour l'entretien du réseau que des essais de mesure des fuites

Des rapports sur l'état du réseau et des différents travaux exécutés doivent être établis par des agents du service maintenance « air comprimé».

On devra mettre à jour un stock de pièce de rechange qui assurera l'approvisionnement en différents accessoires concernant le réseau (tuyauteries ; joints, flexible, raccord et appareil de mesure des fuites) à chaque fois que le besoin d'améliorations se fait sentir.

On insiste également sur l'entretien des différents outils pneumatiques, en particulier ; pistolet ; ponceuse afin de diminuer le débit des fuites à l'intérieur de ces appareils.

Il faut aussi signaler l'importance de lancer des séances d'informations pour tout le personnel de la maintenance sur l'impact de l'air comprimé les dépenses énergétiques qui en découlent.



CHAPITRE VIII

Technico-économique de la centralisation des compresseurs

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons établir des indicateurs de performances pour nous permettre d'évaluer les gains à travers les améliorations que j'ai proposée. Ces gains seront évalués en termes de coût, de temps et de qualité.

Dans ce qui suit nous allons chiffrer le gain pour les actions d'améliorations qu'on a établies au niveau de production air comprimé des compresseurs.

8.1-Coût de contrôler des fuites

Pour le contrôle des fuites et l'entretien aussi l'élimination des conduites supplémentaires du réseau de transport de l'air comprimé, on aura besoin que de la mobilisation d'une chaudronnerie et des opérateurs de maintenance centrale. Il faut en outre prendre en considération les dépenses concernant l'utilisation des bouteilles d'acétylène et d'oxygène.

8.2-Coût d'investissement de la centralisation des compresseurs.

Nous allons établir une liste des équipements nécessaires de la centralisation qui manquent, pour nous permettre d'évaluer les gains à travers les améliorations de la qualité d'air comprimé que nous avons proposées.

équipement	quantité	Prix (DH)/unité	prix
sonde de pression	1	2000	2000
thermomètre	5	500	2500
manomètre	5	500	2500
purgeur de condensat	5	500	2500
comptage	5	4500	22500
réservoir en galvanisé	2	122000	244000
sécheur	1	320000	320000
sonde de température	1	2000	2000
sonde hygrométrie	1	2000	2000
conduites	40 mètre	300	12000
		somme	612000 DH

Tableau 8.1 : le prix des équipements de la centralisation des compresseurs



Dépenses d'investissement

➤ Installation

Les coûts d'installation et les travaux de la centralisation des compresseurs s'élèvent à **684 000 DH**.

8.3-Indicateur de la consommation électrique :

Pour chiffrer le gain réalisé, nous allons :

- Chiffrer la différence entre la consommation de l'état des lieux et la consommation prévue
- Chiffrer le gain de taux d'élimination des fuites d'air comprimé

L'étude de la centralisation des cinq compresseurs indique une faible consommation d'électricité de **3,42%** pour les jours ouvrables et la consommation électrique pour les jours de weekend représente **0,46%**.

On souhaite atteindre **3,88%** représente la consommation totale de l'usine des compresseurs de l'atelier peinture.

	situation actuelle	Situation souhaitée
Consommation électrique	9,58%	3,88%

Tableau 8.2: la consommation électrique souhaitée

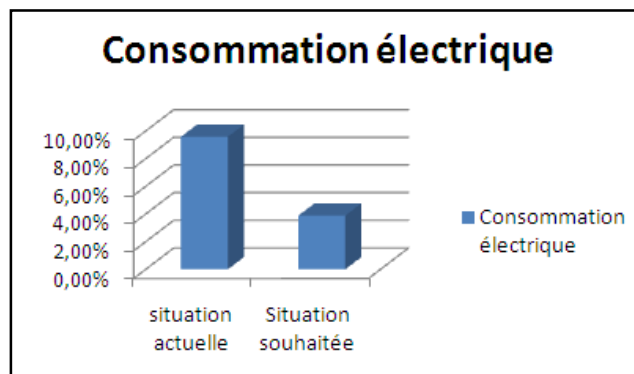


Figure 8.1 : graphique de la consommation électrique souhaitée

NB : cette consommation peut être diminuée si on installe des compresseurs à vitesse variable.



Cette étude réduit le nombre de fonctionnement des compresseurs comme il est montré dans le tableau suivant :

	Etat actuel		Etat désiré	
	jour ouvrable	jour de weekend	jour ouvrable	jour de weekend
nombre des compresseurs	3	4	2	1

Tableau 8.3 : le nombre des compresseurs souhaités à fonctionner

Cette réduction s'explique par un meilleur rendement et de bon fonctionnement des cinq compresseurs.

Le gain annuel il est chiffré :

$$5,7 * 0,01 * 0,8 \text{ DH/ KWh} * 2227201 \text{ KWh / mois} * 12 = 1\ 243\ 348,4 \text{ DH/AN}$$

8.4-Indicateur du taux des fuites:

Une diminution du taux de fuites est de l'ordre de **5%** de débit total produit par les cinq compresseurs, engendra une économie d'énergie de **179 805,6 kWh /AN** diminuant la consommation spécifique totale de l'atelier peinture:

Le gain financier est équivalent :

$$14983,8 \text{ kWh / mois} * 0,8 \text{ DH/ KWh} * 12 = 143\ 844,48 \text{ DH/AN}$$

Le gain total de la consommation électrique il est chiffrée de :

$$\text{Gain total} = 143\ 844,48 \text{ DH/AN} + 1\ 243\ 348,4 \text{ DH/AN} = 1\ 387\ 192,9 \text{ DH/AN}$$

8.5- rentabilité du projet

Le délai de récupération des capitaux investis (DRCI) est le temps nécessaire pour que Le total des recettes procurées par le projet atteigne le montant des investissements réalisés.



Donc

$$\text{Le nombre des mois} = \frac{12 \cdot 684\,000}{1\,387\,192,9} = 5,91 \approx 6 \text{ mois}$$

C'est-à-dire cinq mois au cours desquels le projet procure suffisamment de ressources afin que la somme investie soit récupérés

➤ **Cash-flows :**

Un flux de trésorerie au sens original anglo-saxon est la différence Encaissements (recettes) et des décaissements (dépenses) générés par l'activité d'une organisation.

Le cash-flow généré par le projet est la différence des flux ci-après :

- Flux des sorties (charges) induit par l'engagement de l'investissement.
- Flux des entrées (recettes) résultant de l'exploitation de l'investissement.

$$\text{CF} = \text{Recettes} - \text{Charges}$$

	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	n ^{ième} année
gain annuel (DH)	703 192,9	1387192,9	1387192,9

Tableau 8.4: résultat de l'étude

Gain escomptes

- Facture électrique réduite.
- Meilleure qualité d'air, élimination des effluents polluants (condensats, huiles).
- Meilleures disponibilité et fiabilité des ressources Air Comprimé.
- Gain en matériel de production (élimination d'un compresseur).
- Diminution du bruit ambiant.
- Limitation des usages de l'Air Comprimé.
- Réduction des pertes de charges.
- Assouplissement de la consommation spécifique ou ratios énergétiques.
- Limitation des fonctionnements à vide, amélioration de la régulation de compresseurs.
- Ajustement des pressions et débits pour les lignes de la production.
- Rééquilibrage de la distribution d'Air Comprimé.
- Réduction des pannes des compresseurs.
- Réduction des fuites grâce des équipements de traitement d'air comprimé.



Conclusion générale

En guise de conclusion, ce projet a permis de mettre la lumière sur l'état actuel de la production de l'air comprimé et le circuit d'air comprimé à l'atelier peinture. En effet vu le rôle capital que joue dans le processus de production des caisses, elle assure une disponibilité qualifiée et élevée d'air comprimé surtout pour l'atelier peinture. Cette qualité demandée reste une préoccupation majeure.

Les objectifs fixés dans le cahier de charge ont été atteints.

Pour mener à bien ce projet nous avons établi un planning des actions à effectuer. Nous avons commencé par réaliser une étude critique de l'état des lieux par la réalisation du schéma actuel et de l'établir dans le plan de masse de SOMACA pour déceler les causes principales. Grâce à cette étude nous avons déterminé les points essentiels sur lesquels notre étude va se focaliser.

L'étude technico-économique de mise en place d'une centrale air comprimé au sein de la société SOMACA nous a permis de mettre en évidence la nécessité de voir le circuit et l'améliorer, éliminer les fuites et les contrôler, Identifier le besoin d'air comprimé à l'atelier peinture afin d'économiser l'énergie électrique due au gaspillage et les pertes.

Au niveau de l'état actuel, nous avons dimensionné les besoins, amélioré, optimisé le circuit. En se basant sur le standard Renault pour l'objectif d'augmenter et satisfaire la qualité d'air demandée pour l'atelier peinture, et l'efficacité de l'air comprimé et des matières en assurant la disponibilité de l'air comprimé à l'endroit et au moment requis.

La deuxième étape était de proposer une centralisation et amélioration de l'installation des compresseurs en se basant sur le standard Renault qui montre l'avantage de cette centralisation, et la chiffrer aussi les travaux en terme de coût. Afin de mettre les actions et le gain déterminé par la réduction du nombre de fonctionnement des compresseurs journalier. L'une des principales innovations de ce nouvel aménagement c'est l'utilisation d'air comprimé à faible coût, par rapport à la rentabilité des années prochaines.

En effet, technico-économique de la centralisation est rentable par rapport à l'état actuel de la société, du fait que nous avons pu réaliser un bénéfice total de plus de **1 387 192, 9 DH** par an pour l'atelier peinture.



Ce travail m'a permis de vivre une expérience très pertinente dans le domaine de la production d'air comprimé dont la perfection et la haute technologie des compresseurs est une des préoccupations majeures.

Enfin, le projet m'a permis d'avoir des contacts avec le monde industriel, et D'échanger des informations avec personnel qui m'a guidé vers un esprit de traitement des problèmes plutôt pratique que purement académique.

J'espère que mon projet aidera la SOMACA dans son évolution et son progrès pour demeurer leader dans la construction automobile marocaine.



Bibliographie

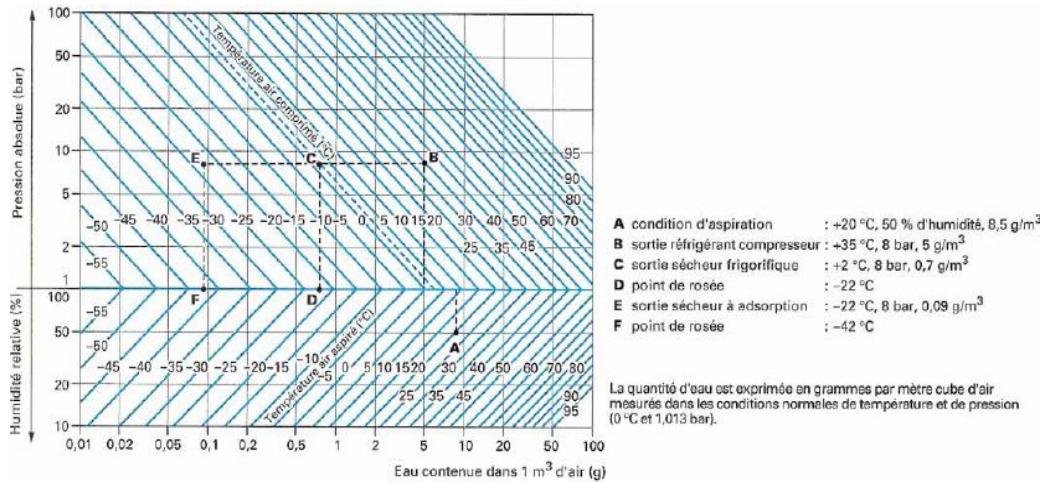
- [1] Compresseurs & turbine ; série de la gestion de l'énergie .
- [2] Standard Renault, Production et distribution de l'air comprimé Préconisations techniques.
- [3] Standard Renault D. fondamentaux de la distribution des fluides
- [4] Guide d'optimisation en matière d'air comprimé.
- [5] PHILIPPE TAILLARD¹ ; Guide de dimensionnement La production d'énergie pneumatique
- [6] Guide technique Réduction des fuites d'air comprimé

Sites Internet

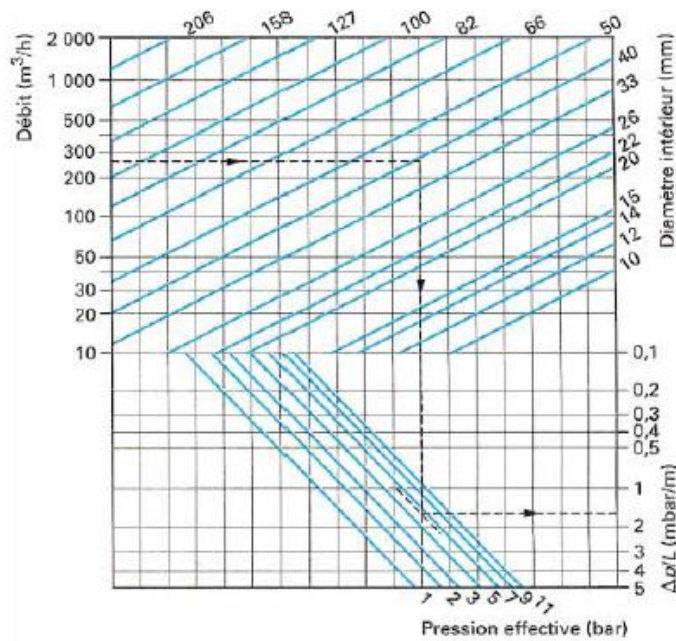
- [7] <http://www.kaser.fr>
- [8] <http://www.ademe.fr>
- [9] <http://www.air.comprime.ch>
- [10] <http://www.renault.com>
- [11] <http://www.thermexel.com>
- [12] www.druckluft.ch/fr
- [13] www.techniques-ingenieur.fr, machines volumétriques, air comprimé dans l'industrie
- [24] <http://www.wikipedia.fr>



Annexes



Annexe -1 : Calcul l'humidité de l'air comprimé



Annexe -2 : Calcul les pertes de charge de l'air comprimé